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

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

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 1
3. Descrizione degli interventi a progetto 1
4. Descrizione del tratto di alveo oggetto di intervento 3
5. Criticità idrauliche 8
6. Normativa urbanistica vigente 10
6.1. Leggi e normative idrauliche 10
6.2. Piano Territoriale di Coordinamento Paesistico – PTCP 10
6.3. Piano di Bacino – PdB 12
6.4. Piano Urbanistico Comunale Vigente – PUC Vigente 17
7. Interventi previsti 19
7.1. Criteri progettuali 19
7.2. Descrizione degli interventi 21
8. Verifiche idrauliche 22
8.1. Portate di riferimento 22
8.2. Metodo di calcolo 23
8.3. Parametri e configurazione di verifica 25
8.4. Risultati 26
8.5. Considerazioni in merito ai ponti a progetto ed ai relativi franchi 30
9. Considerazioni sulla morfologia dell'alveo e sulla stabilità del fondo 32
10. Analisi morfodinamica 37
10.1. Idrogrammi di riferimento 37
10.2. Determinazione dei sedimentogrammi di calcolo 42
10.3. Analisi della capacità di trasporto 43
11. Considerazioni conclusive 47
12. Allegato A – Risultati in forma numerica e grafica 49
12.1. Risultati analisi allo stato attuale 49
12.2. Risultati analisi allo stato di progetto 80

2. Oggetto della relazione

Oggetto della presente relazione è la verifica idraulica di un tratto di Rio Fegino, affluente in sponda destra del Torrente Polcevera, della lunghezza di circa 535 m compreso tra la sezione idraulica **SEZ-19** (posta a monte, in corrispondenza del primo tornante di Via Borzoli, in prossimità dell'innesto di Salita alla Chiesa di Fegino) e la sezione idraulica **SEZ-0.30** (posta a valle, circa 70 m più a valle del ponte carrabile dell'IPLOM).

Per la verifica idraulica del tratto di Rio Fegino più a monte della sezione SEZ-19 e dei suoi due affluenti (ramo sinistro denominato "*Rio Fegino di monte*" e ramo destro denominato "*Rio Burlo*") si rimanda al documento "*RELAZIONE IDRAULICA - integrazione per estensione incarico a monte della sez. 20*".

Il progetto tiene conto del progetto del "ponte Via E. Ferri sul Rio Fegino – Adeguamento Idraulico" redatto dall'ing. Roberto Naso (e della sua variante, oggi realizzato), progetto finalizzato alla risoluzione del nodo di Via Ferri sia dal punto di vista idraulico (sistemazione del Rio Fegino), sia da quello della viabilità (ponte di Via Ferri e incrocio con Via Borzoli).

Al fine di tenere in considerazione nella modellazione del tratto di rio in esame dell'eventuale "influenza di bordo", si è modellata idraulicamente una sezione di controllo di monte SEZ-20 (posta a circa 10 m più a monte della SEZ-19) ed alcune sezioni di valle (dalla SEZ-0.29 alla SEZ-0.24) già nella loro configurazione di progetto (di cui al suddetto progetto dell'ing. Roberto Naso e successiva variante).

La modellazione idraulica in oggetto è stata svolta mediante il software di simulazione idraulica HEC-RAS (nella versione 5.0.7 del Marzo 2019), software per il calcolo dell'andamento dei profili di rigurgito in moto permanente gradualmente variato in alvei naturali o canali artificiali con riferimento alle portate di progetto 50-ennale, 200-ennale e 500-ennale risultanti dal *Piano di Bacino del torrente Polcevera*, approvato con Delibera del Consiglio Provinciale n. 14 del 02/04/2003 e successive integrazioni e modificazioni.

Le verifiche idrauliche sul tratto di rio Fegino compreso tra la sezione SEZ-19 e la sezione SEZ-0.30 sono state svolte sia allo *stato attuale* (considerando presente tra la sezione SEZ-0.30 e la sezione SEZ-0.29 la briglia esistente e, dalla sezione SEZ-0.29 fino alla sezione SEZ-0.24, il rio nella sua configurazione di cui al progetto dell'ing. Roberto Naso) sia allo *stato di progetto* (considerando ultimate tutte le opere idrauliche previste a progetto ed illustrate nel seguente capitolo).

3. Descrizione degli interventi a progetto

Le opere idrauliche a progetto si inseriscono in un tratto del Rio Fegino fortemente antropizzato e recepiscono senza sostanziali cambiamenti quelle previste dal "*Progetto Preliminare di Sistemazione idraulica del rio Fegino nel tratto*

È vietata la riproduzione di questo documento, senza autorizzazione scritta

compreso tra la cabina Enel ed il civ. 92 di Via Borzoli in Comune di Genova" a firma dello studio Sibilla Associati s.r.l.

Proprio la notevole antropizzazione dei luoghi e la presenza di numerosissimi vincoli fisici (tra i quali si citano per esempio la presenza di una strettoia in corrispondenza del ponte ferroviario della linea Genova-Ovada, la presenza dell'adiacente Via Borzoli con i relativi accessi carrabili a molte attività private, diversi ponti e passerelle, la presenza di utenze sia in alveo che in strada e la posizione obbligata in pianta principalmente dell'argine in sponda destra) ha portato il progetto preliminare ad assumere l'unica possibile configurazione per il rio in esame. In fase di progettazione definitiva, *affinati i rilievi topografici e verificate le succitate interferenze e vincoli, si è giunti alla definizione della presente configurazione del progetto di sistemazione idraulica con la convinzione che sia sostanzialmente l'unica possibile*.

Gli interventi previsti a progetto sono mirati all'abbassamento del fondo alveo in continuità con quanto già realizzato a valle della sezione SEZ-0.3 e al mantenimento della pendenza media attuale del tratto di rio in oggetto. Oltre alla regolarizzazione della pendenza del fondo alveo è prevista anche la regolarizzazione delle larghezze, oggi molto variabili (variabilità di circa 9.5 m) da un minimo di 3.83 m (in corrispondenza del restringimento sotto il ponte ferroviario) ad un massimo di 13.15 m (in corrispondenza della SEZ-0.33) in modo che risultino più uniformi; è infatti prevista una larghezza minima di 5.60 m (in corrispondenza della sezione SEZ-15 dove le sponde sono obbligate dalla presenza degli argini esistenti) ed una larghezza massima di 9.01 m (in corrispondenza della sezione SEZ-0.32, poco prima dell'innesto nel tratto di rio già oggetto di opere di adeguamento idraulico), con conseguente minimizzazione della variabilità a circa 3.50 m.

Il progetto prevede:

- il *rifacimento degli argini* con la costruzione di nuovi muri in cemento armato (contrapposti e contrastati tra loro da puntoni in cemento armato posti ad interasse di circa 3 m al di sotto dell'alveo) in aderenza agli argini esistenti (talvolta anche internamente all'attuale alveo nei punti di maggior larghezza, in modo da ottenere la suddetta regolarizzazione delle larghezze);

- la realizzazione *nel tratto di maggior criticità* (compreso circa tra la SEZ-11 e la SEZ-8, in corrispondenza del ponte ferroviario) *di una tombinatura*, tale da consentire il mantenimento di una larghezza d'alveo adeguata ed eliminare l'attuale criticità massima; posizionando infatti la sede stradale al di sopra della tombinatura si riesce a soddisfare sia le esigenze idrauliche che quelle di viabilità nel rispetto del vincolo imposto dal manufatto ferroviario sovrastante. Inoltre, laddove necessario, si procederà con l'innalzamento della quota della sede stradale (fino ad un massimo di circa 1.0 m) in modo da consentire la traslazione verso l'alto degli attraversamenti carrabili per l'ottenimento dei necessari franchi

È vietata la riproduzione di questo documento, senza autorizzazione scritta

idraulici. Ne conseguono alcune sistemazioni in piazzali privati finalizzate ai necessari raccordi stradali.

4. Descrizione del tratto di alveo oggetto di intervento

Il Rio Fegino è un affluente di destra del torrente Polcevera che scende dalla collina di Borzoli; esso drena una superficie di 2.4 km^2 con una lunghezza dell'asta principale di 3.4 km circa.

Il tratto del rio Fegino oggetto di verifica è compreso tra la SEZ-0.30 (circa 70 m più a valle del ponte carrabile dell'IPLOM) e la SEZ-19 (nei pressi del primo tornante di Via Borzoli, in prossimità dell'innesto di Salita alla Chiesa di Fegino) nel Comune di Genova e presenta una lunghezza complessiva di circa 535 m.

In tale tratto l'alveo ha un andamento sostanzialmente rettilineo con direzione prevalente NO-SE; le sezioni sono di forma regolare assimilabile alla rettangolare con larghezze variabili tra 4 e 14 m circa; la pendenza media del tratto è pari circa l'1.5 %. L'alveo è delimitato su entrambe le sponde da muri d'argine in muratura di altezza variabile tra 2 e 5 m circa, con altezze maggiori in sponda destra immediatamente a valle del ponte ferroviario (lungo l'area del deposito IPLOM).

Il fondo alveo è costituito da ciottoli di piccole e medie dimensioni con presenza di vegetazione su entrambe le sponde ed alcuni tratti risultano plateati (in particolare tra le sezioni SEZ-11 e SEZ-7 e tra le sezioni SEZ-4 e SEZ-1).

Il tratto è caratterizzato dalla presenza di numerose interferenze sia longitudinali che trasversali, quali la viabilità costituita da Via Borzoli in sponda sinistra (che in corrispondenza del ponte ferroviario sbalza in proiezione sull'alveo), l'attraversamento ferroviario della linea Genova – Ovada, alcuni ponti e passerelle per l'accesso ad aree private, una passerella pubblica ed alcuni grossi piloni della linea ferroviaria ubicati in alveo. Si precisa che tutti i manufatti di attraversamento sono costituiti da strutture a campata unica senza pile in alveo.

Si evidenzia infine che le aree adiacenti su entrambe le sponde sono caratterizzate dalla presenza di numerosi insediamenti a carattere artigianale e industriale.

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

È vietata la riproduzione di questo documento, senza autorizzazione scritta



Foto 1 – *Foto scattata in corrispondenza della sezione 0.30 verso monte.*



Foto 2 – *Foto scattata in corrispondenza della sezione 0.35 verso monte; si vede il ponte carrabile IPLOM.*

È vietata la riproduzione di questo documento, senza autorizzazione scritta



Foto 3 – *Foto scattata in corrispondenza della sezione 1 verso monte; si vede il fondo attualmente plateato e sullo sfondo la passerella privata (IPLOM) che ad oggi risulta non più presente.*



Foto 4 – *Foto scattata in corrispondenza della sezione 7 verso valle.*

È vietata la riproduzione di questo documento, senza autorizzazione scritta



Foto 5 – *Foto scattata in corrispondenza della sezione 7 verso monte; si osserva il palo della linea ferroviaria in alveo, la tubazione ϕ400 dell'acquedotto che attraversa il rio, la tubazione del gas ϕ250 staffata sul muro d'argine in sponda sinistra e il ponte ferroviario ad arco.*



Foto 6 – *Foto scattata in corrispondenza della sezione 8 verso monte; si osserva lo sbalzo della strada e il fondo plateato del rio.*

È vietata la riproduzione di questo documento, senza autorizzazione scritta



Foto 7 – *Foto scattata in corrispondenza della sezione 10 verso valle; si osserva lo sbalzo della strada e il fondo plateato del rio.*



Foto 8 – *Foto scattata in corrispondenza della sezione 13 verso valle; si osserva la passerella pubblica in ferro presente in corrispondenza della sezione 12.*

È vietata la riproduzione di questo documento, senza autorizzazione scritta



Foto 9 – *Foto scattatain corrispondenza della sezione 14 verso valle; si osserva il ponte carrabile in ferro in corrispondenza della sezione 13.*



Foto 10 – *Foto scattata in corrispondenza della sezione 14 verso monte; si osserva la passerella privata in ferro presente in corrispondenza della sezione 15.*

5. Criticità idrauliche

Il tratto terminale del Rio Fegino presenta una evidente criticità idraulica legata all'insufficienza delle sezioni di deflusso per portate anche inferiori alla 50-ennale.

Ciò è dovuto principalmente ai progressivi interventi di antropizzazione (che si sono succeduti negli ultimi decenni) che hanno sottratto aree di pertinenza del corso d'acqua per realizzare strade e aree industriali di espansione.

È vietata la riproduzione di questo documento, senza autorizzazione scritta

Particolarmente critica risulta in questo contesto la viabilità di sponda sinistra costituita dalla Via Borzoli, che presenta quote del piano viabile prossime al fondo alveo e quindi facilmente allagabile in caso di eventi di piena anche modesti.

Trattandosi di un fondovalle stretto ed incassato, i deflussi delle portate di piena non contenuti nell'alveo del Rio Fegino avvengono infatti con interessamento della sede stradale di Via Borzoli, che diventa una vera e propria area golenale, con deflusso prevalente verso valle ed allagamento delle aree adiacenti per progressivo riempimento nella fase ascendente dell'idrogramma e successivo svuotamento nella fase discendente.

La criticità è accentuata dalla presenza di una serie di restringimenti di sezione dovuti ai manufatti di attraversamento; particolarmente critico risulta in questo senso il tratto di attraversamento della lineaferroviaria Genova – Ovada che riduce sensibilmente la sezione di deflusso con l'aggiunta di un tratto di viabilità a sbalzo (si riporta in figura seguente uno stralcio dell'elaborato grafico storico di progetto del manufatto).

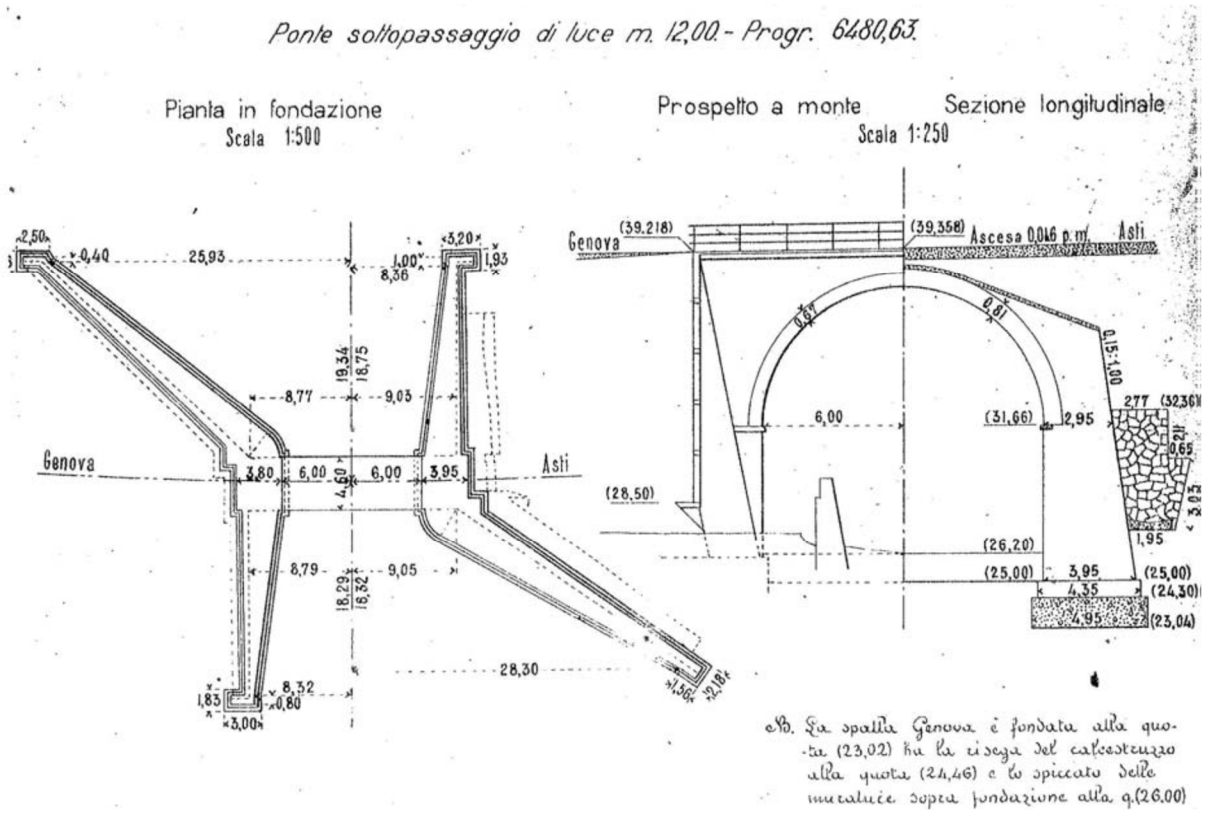


Figura 1 – *Stralcio del progetto del manufatto ferroviario denominato "ponte ferroviario" della linea Genova – Ovada.*

È vietata la riproduzione di questo documento, senza autorizzazione scritta

Si osserva infine dai report relativi alle analisi svolte mediante il software Hec-Ras allo *stato attuale* che l'andamento irregolare delle larghezze al fondo induce inoltre un andamento altrettanto irregolare dei deflussi con innalzamenti repentini del pelo libero ed esondazioni diffuse lungo l'intero tratto di rio in esame, anche per portate sensibilmente inferiori alla portata di verifica 200-ennale.

6. Normativa urbanistica vigente

6.1. 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".
- 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 dipertinenza 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".

6.2. Piano Territoriale di Coordinamento Paesistico – PTCP

L'area in oggetto viene localizzata dalla tavola n. 16 "Assetto Insediativo" del PTCP come ricadente in ambito 53D zona TU "Aree Urbane: tessuti urbani", pertanto normata dall'art. 39 delle relative Norme d'Attuazione. (vedi *Figura 2*).

La Disciplina prevede che:

art.39

1. Sono classificate come tessuti urbani tutte le aree urbane che non rientrano nei casi precedenti.

È vietata la riproduzione di questo documento, senza autorizzazione scritta

2. Trattandosi di parti di territorio nelle quali prevalgono, rispetto agli obiettivi propri dei Piano, le più generali problematiche di ordine urbanistico le stesse non sono assoggettate a specifica ed autonoma disciplina paesistica.

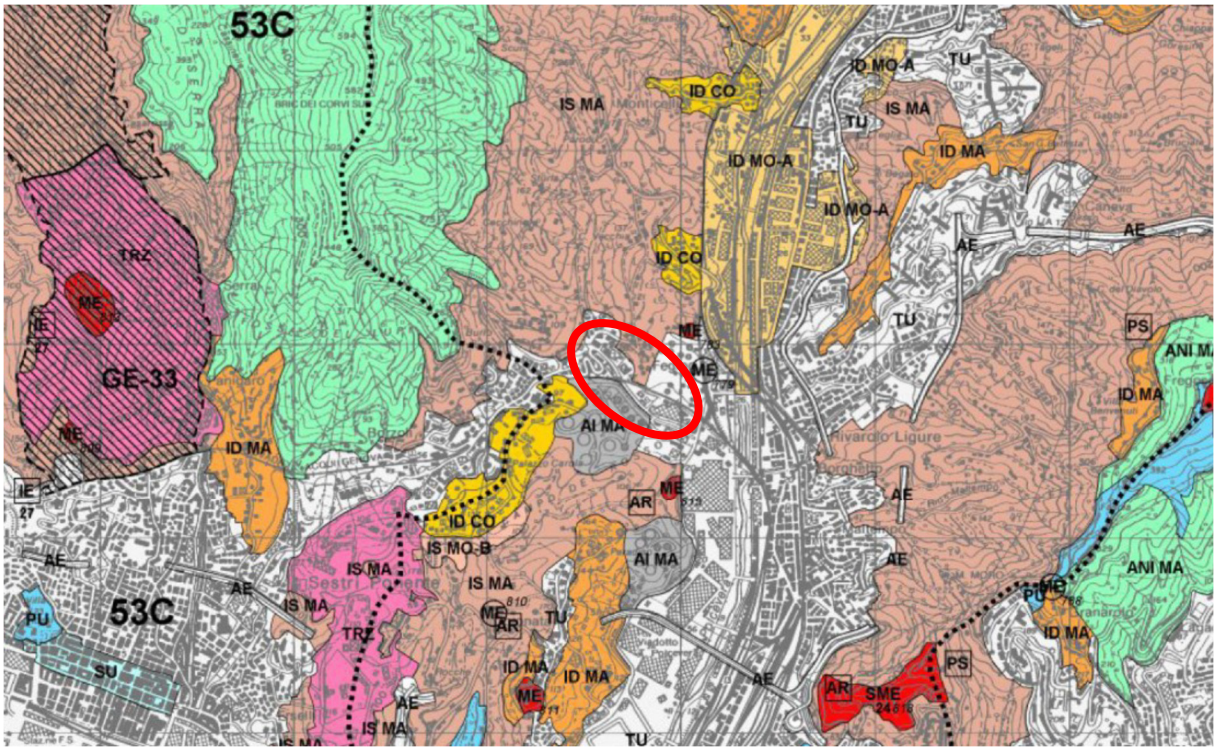


Figura 2 – *Stralcio PTCP – Assetto Insediativo*

COMPONENTI / REGIMI NORMATIVI		Area non insediata	Insediamento sparso	Insediamento diffuso	Nucleo isolato	Area urbana	Attrezzature impianti	Manufatti emergenti e sistemi
		ANI	IS	ID	NI	AU	AI	ME
CONSERVAZIONE	CE	ANI CE	IS CE	ID CE	NI CE	PU		ME SME n
MANTENIMENTO	MA	ANI MA	IS MA	ID MA	NI MA	SU IU	AI MA	
CONSOLIDAMENTO	CO			ID CO	NI CO		AI CO	
MODIFICABILITA' TIPO A	MO-A			ID MO-A	NI MO-A			
MODIFICABILITA' TIPO B	MO-B	ANI MO-B	IS MO-B					
TRASFORMABILITA'	TR	ANI TR-ID, NI, TU, AI	IS TR-NI, TU, AI, ID	ID TR-TU				
ART. 38 - NORME DI ATTUAZIONE						TU		
TRASFORMAZIONE	TRZ	TRZ						

Figura 3 – *Legenda PTCP – Assetto Insediativo*

È vietata la riproduzione di questo documento, senza autorizzazione scritta

6.3. 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 Stralcio del Torrente Polcevera* per la difesa idrogeologica, geomorfologica, per la salvaguardia della rete idrografica e per la compatibilità delle attività estrattive, approvato con Delibera del Consiglio Provinciale n. 14 del 02/04/2003 e con Delibera del Consiglio Provinciale n. 38 del 30/09/2004 e s. m. e i., 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 (vedi *Figura 7*).

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).

La relazione generale di Piano individua quali criticità lungo l'asta del torrente Fegino principalmente da imputare alla inadeguatezza della sezione d'alveo trasversale, che in alcuni punti raggiunge la larghezza di pochi metri (si veda per esempio il restringimento della sezione indotto dall'allargamento della strada di fondovalle in corrispondenza della pila del viadotto ferroviario). La parzializzazione della sezione trasversale del corso d'acqua è principalmente causata dalla forte urbanizzazione che ha subito il rio negli anni passati, ed in misura minore dal localizzato sovralluvionamento indotto dal deposito del materiale trasportato dalla corrente. Contestualmente alla inadeguatezza della sezione d'alveo si accompagna la insufficienza dei manufatti di attraversamento, che in alcuni casi presentano una quota dell'intradosso sensibilmente inferiore alla sommità spondale.

Il Piano degli interventi per il torrente Fegino prevede l'adeguamento dei manufatti di attraversamento della strada per Borzoli nelle sezioni FE-32 e BU-2 rispettivamente sul Fegino e sul Burlo che risultano decisamente insufficienti(FEG_IDR_1), l'adeguamento dei manufatti di attraversamento compresi tra l'abitato di Fegino e la confluenza con il torrente Polcevera compresi quelli in corrispondenza della confluenza stessa (FEG_IDR_3), l'allargamento della sezione di deflusso mediante l'abbattimento e la ricostruzione delle difese spondali attualmente presenti a protezione della strada di fondovalle (Via Borzoli), inoltre occorrerà provvedere alla ricalibratura della sezione di deflusso del corso d'acqua mediante la pulizia del fondo alveo e l'asportazione del materiale di sovralluvionamento (FEG_IDR_2).

La DGR 1360 del 19/11/2010, tradotta nel Regolamento regionale 14 luglio 2011 n. 3 (Regolamento recante 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.

Nel caso di opere infrastrutturali esistenti interferenti con l'alveo (quali ponti e passerelle) tali da non consentire lo smaltimento delle portate di piena con adeguato franco idraulico, **per la progettazione degli interventi si è fatto riferimento all'art. 91 comma 1 ter 1 della L.R. n. 18 del 21 giugno 1999 per dimostrare il raggiungimento del massimo miglioramento possibile delle condizioni di deflusso stante l'impossibilità tecnica di raggiungere il dimensionamento ottimale**.

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

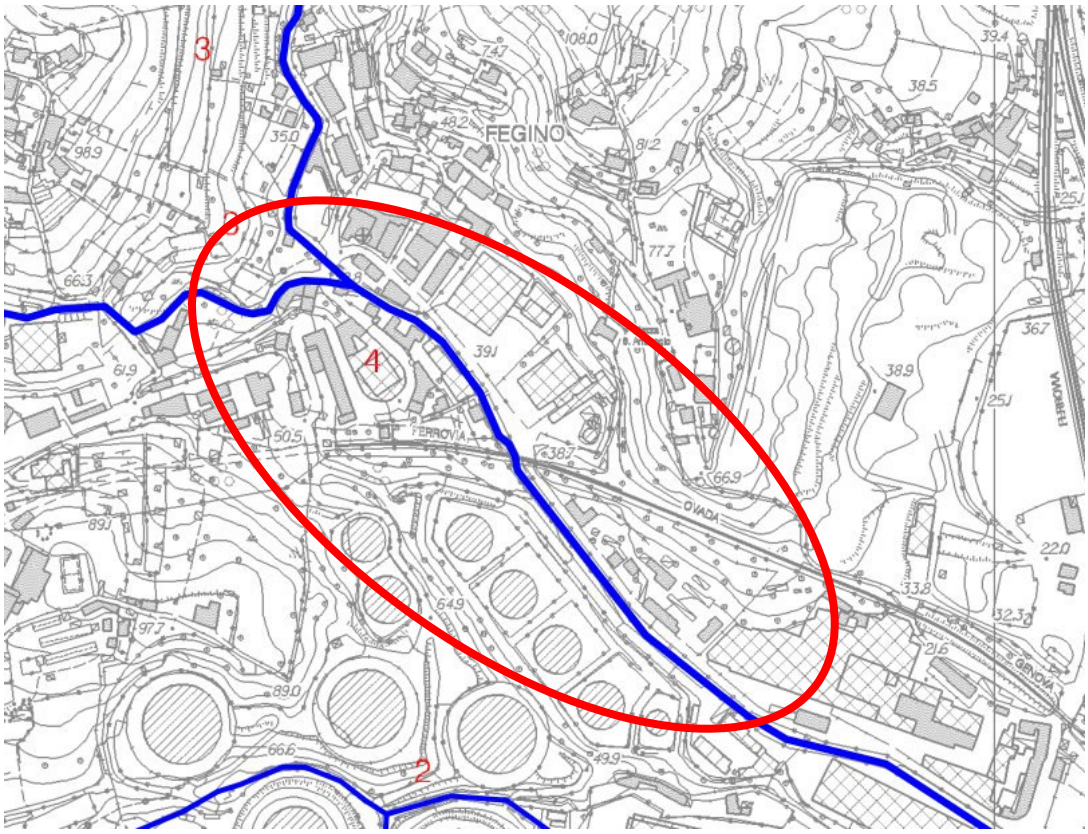


Figura 4 – *Stralcio carta del reticolo idrografico del PdB*

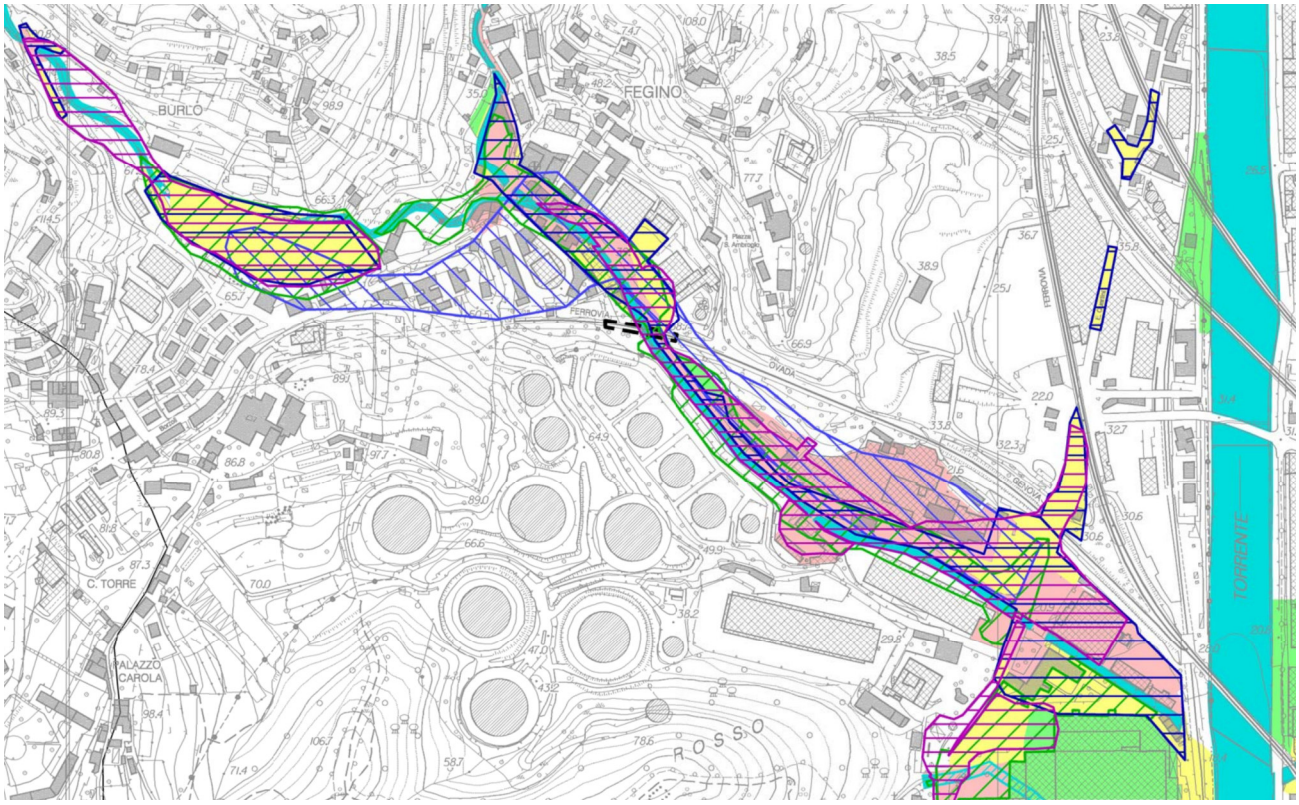


Figura 5 – *Stralcio carta aree storicamente inondate*

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

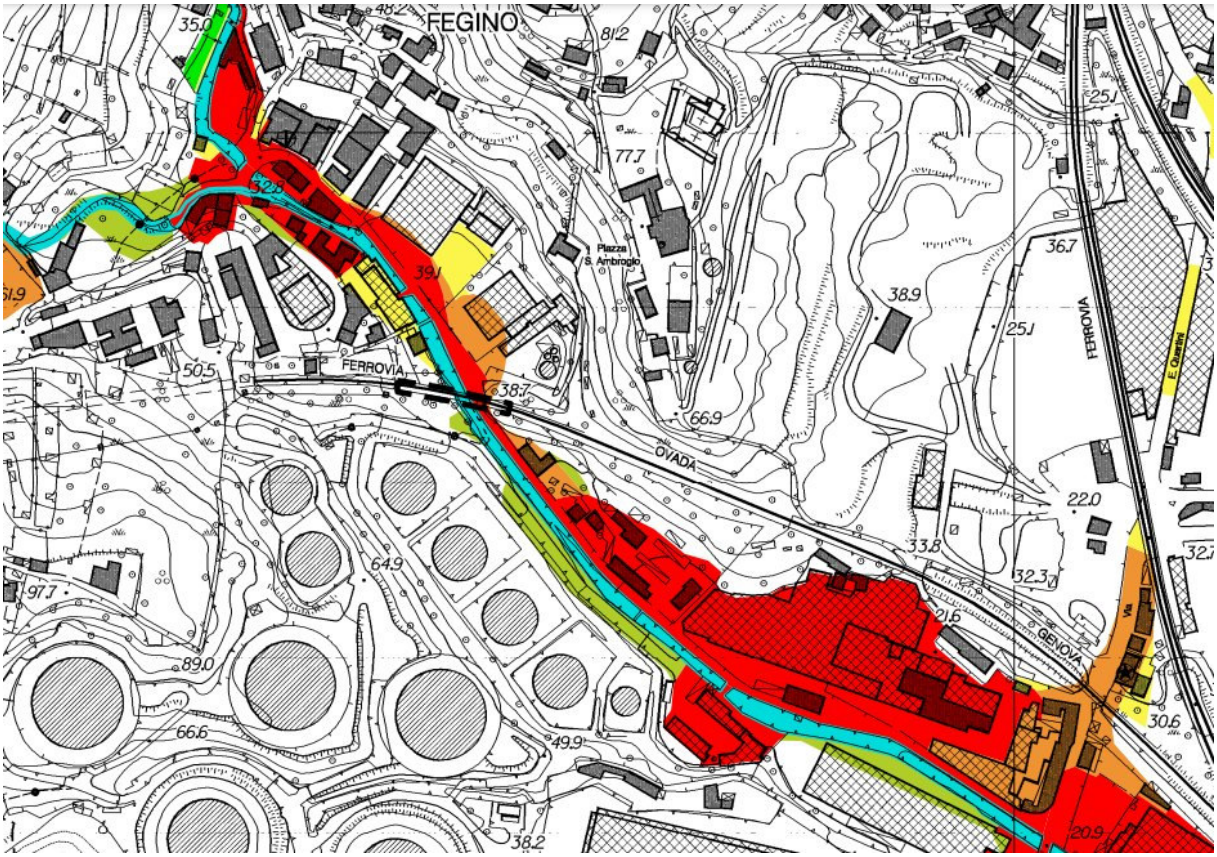


Figura 6 – *Carta delle fasce di inondabilità*

	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

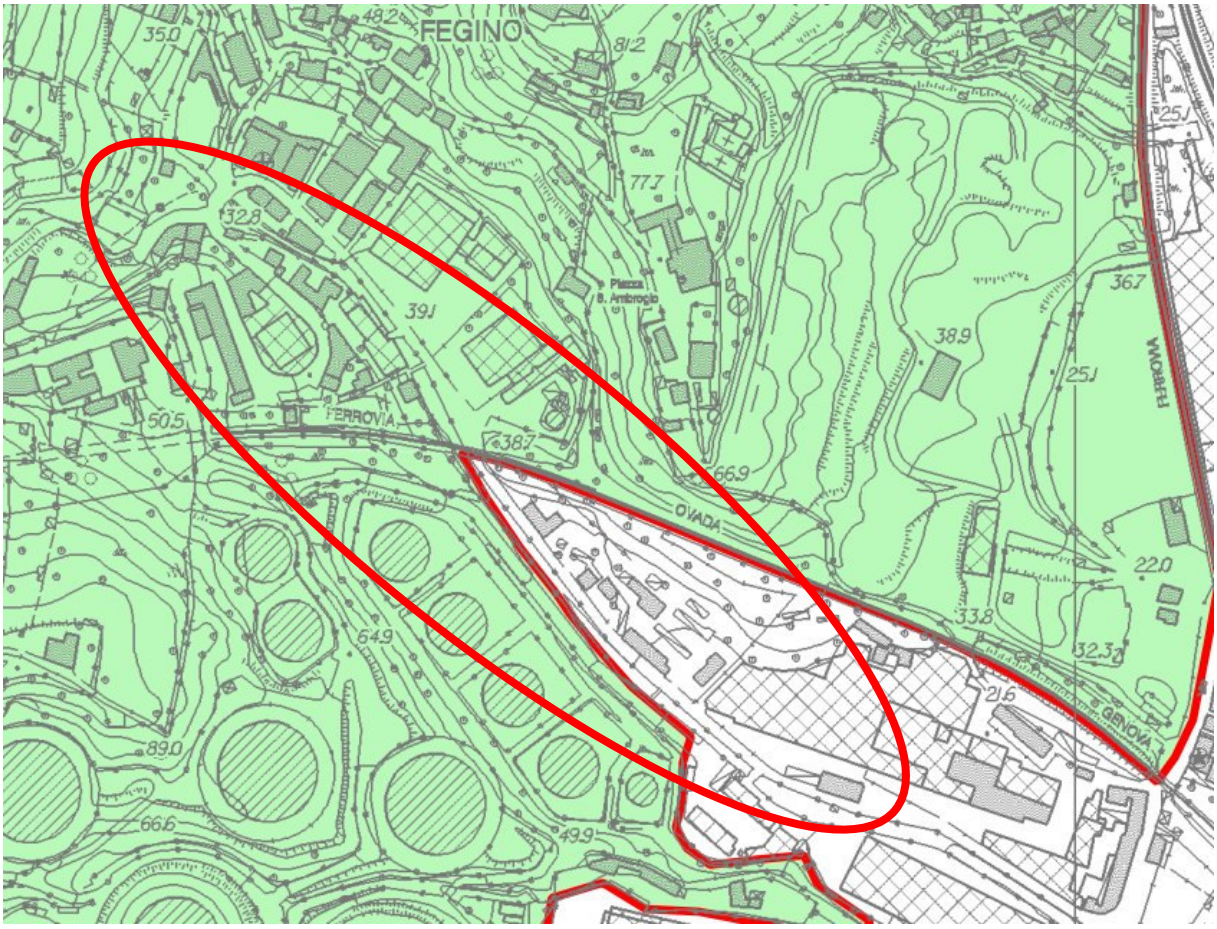


Figura 7 – *Stralcio PdB – Carta del vincolo idrogeologico*

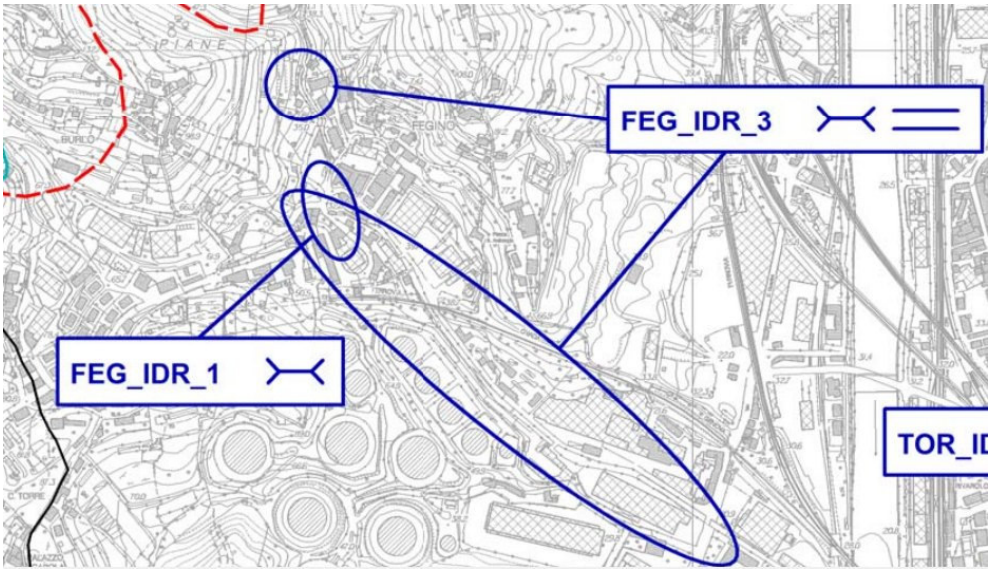


Figura 8 – *Legenda PdB – Carta degli interventi*

È vietata la riproduzione di questo documento, senza autorizzazione scritta



6.4. Piano Urbanistico Comunale Vigente – PUC Vigente

L'area in oggetto viene individuata dal Foglio n.27 del PUC Vigente come ricadente negli ambiti del territorio urbano AR-PU (ambito di riqualificazione urbanistico produttivo-industriale) e AR-UR (ambito di riqualificazione urbanistico – residenziale) (vedi Figura 9).

Art. AR-PU-2:

Interventi Pubblici sulla viabilità e relativi accessori

Sono sempre consentiti interventi di modifica o integrazione della viabilità pubblica e di uso pubblico, finalizzati alla regolarizzazione della sezione stradale e dell'andamento dell'asse viario con l'eventuale inserimento di parcheggi in fregio alla strada.

Art. AR-UR-2:

Interventi Pubblici sulla viabilità e relativi accessori

Sono sempre consentiti, anche in assenza di specifica indicazione cartografica, interventi di modifica o integrazione della viabilità pubblica e di uso pubblico, finalizzati alla regolarizzazione della sezione stradale e dell'andamento dell'asse viario, prevedendo anche l'introduzione di vegetazione ad alto fusto e sistemazioni a verde in modo da determinare possibili pedonalizzazioni e realizzazioni di zone a km 30 con l'eventuale inserimento di aree pedonali e ciclabili in fregio alla strada, sulla base di progettazione definitiva approvata anche agli effetti della pubblica utilità.

È vietata la riproduzione di questo documento, senza autorizzazione scritta

Per entrambi gli ambiti sono sempre consentiti, anche in assenza di specifica indicazione cartografica, nel rispetto delle relative norme progettuali di livello puntuale:

a) interventi di modifica della viabilità pubblica, finalizzati alla regolarizzazione della sezione stradale e dell'andamento dell'asse viario con l'eventuale inserimento di aree pedonali e ciclabili o di parcheggi pubblici in fregio alla strada;

b) interventi di nuova realizzazione della viabilità pubblica e infrastrutture per il trasporto pubblico, fatte salve le eventuali specifiche limitazioni e/o condizioni d'ambito o di distretto, attivando le pertinenti procedure urbanistiche ed espropriative ove necessario;

c) realizzazione di servizi pubblici e parcheggi pubblici senza specifici limiti dimensionali, da definire in sede di progetto coerentemente con le esigenze di corretta localizzazione ed organizzazione logistica e funzionale delle attività, con la sola osservanza dei criteri e dei parametri relativi all'altezza ed alle distanze stabiliti per le nuove costruzioni;

d) interventi finalizzati al superamento di situazioni di rischio idrogeologico e idraulico.

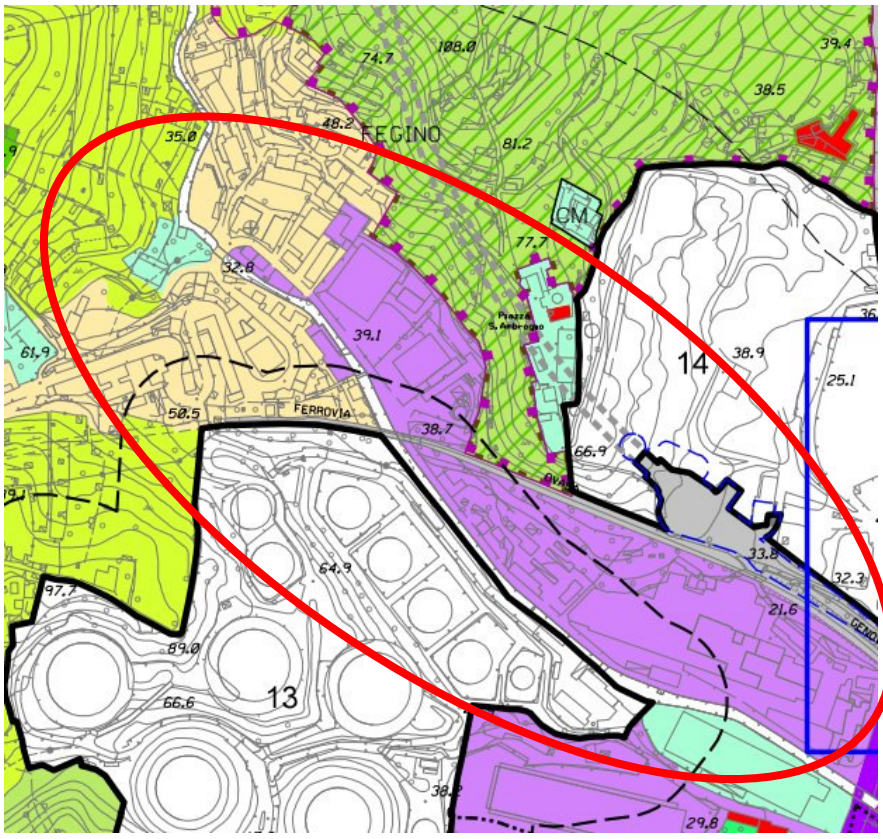


Figura 9 – *Stralcio PUC Vigente*

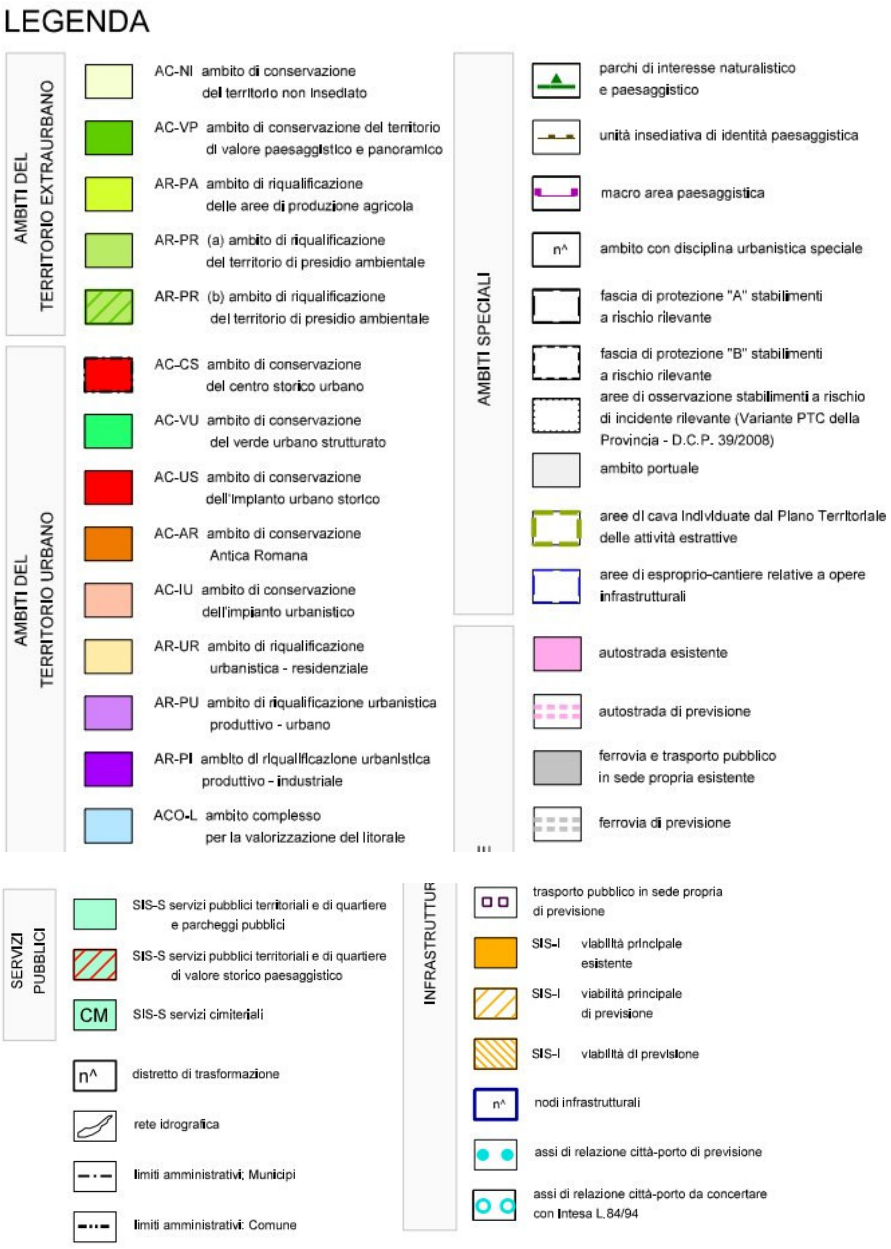


Figura 10 – *Legenda PUC Vigente*

7. Interventi previsti

7.1. Criteri progettuali

Di seguito si riportano sinteticamente i criteri adottati nel progetto di sistemazione idraulica del Rio Fegino oggetto del presente progetto definitivo.

È vietata la riproduzione di questo documento, senza autorizzazione scritta

I criteri tengono conto delle norme di attuazione del Piano di Bacino e degli indirizzi e delle indicazioni emerse nel corso dei colloqui con gli uffici competenti della Provincia di Genova in fase di stesura del progetto.

L'intervento previsto è stato studiato al fine di garantire il corretto smaltimento della portata 200-ennale con franchi adeguati nel rispetto dei vincoli di carattere urbanistico e viabilistico presenti e di salvaguardia, per quanto possibile, delle strutture esistenti.

Esso si inquadra nei disposti degli articoli 7 e 8 del Regolamento n. 3/2011 per quanto riguarda l'adeguamento di opere in concessione esistenti e gli interventi di sistemazione necessari ad ovviare a situazioni di pericolo e tutela della pubblica incolumità funzionali ad un corretto regime idraulico in un contesto di tessuto urbano consolidato.

I principi ispiratori dell'intervento si possono così sintetizzare:

- Coerenza e continuità con gli interventi già previsti dal *Comune di Genova* nel tratto a valle (in tal senso si è stabilito di fondare i nuovi muri d'argine superficialmente come previsto dal progetto esecutivo del tratto di valle ma sostituendo le massicce fondazioni previste per tale cantiere di valle con fondazioni di dimensioni più ridotte ma coadiuvate da un sistema di puntoni in c.a. – posti con interasse pari a circa 3 m tra di loro – a formare contrasto tra le fondazioni dei muri d'argine contrapposti; tale soluzione ha consentito di mantenere una percentuale di alveo permeabile (circa 60%) maggiore rispetto a quella ottenuta con la soluzione adottata per il cantiere di valle (circa 40%), contenendo inoltre i costi realizzativi dell'opera);

- Favorire il corretto smaltimento delle portate di piena attraverso la maggiore regolarizzazione possibile delle sezioni, evitando brusche variazioni sia in senso planimetrico che altimetrico;

- Abbassamento delle quote del pelo libero della piena 200-ennale a livelli inferiori o al più prossimi alle quote del piano viabile di via Borzoli; ciò ha comportato l'abbassamento del fondo alveo lungo tutto il tratto in continuità con quanto già previsto dal *Comune di Genova* nel tratto a valle;

- Mantenimento dei franchi imposti dal Regolamento n. 3/2011; dove ciò non è materialmente possibile (ed in particolare per il carico cinetico della corrente) si è comunque mantenuto un franco minimo di 0.5 m, assegnando la parte rimanente ai parapetti;

- Mantenimento della larghezza stradale minima di via Borzoli; ciò impone la realizzazione di alcuni brevi tratti a sbalzo sul corso d'acqua;

- Per i ponti si è mantenuto comunque un franco minimo pari ad almeno 1 m;

È vietata la riproduzione di questo documento, senza autorizzazione scritta

- Innalzamento dove possibile delle quote del piano viabile di via Borzoli, in particolare in corrispondenzadei manufatti di attraversamento e in corrispondenza dei tratti a sbalzo;

- Posizionamento di barriere permeabili (guard-rail a raso senza muretto al piede) nei punti di maggior franco idraulico, nel tratto a monte del ponte ferroviario, in modo da consentire il rientro in alveo dell'eventuale acqua presente in strada a causa delle criticità residuali concentrate in corrispondenza della confluenza del rio Burlo, a monte della sezione SEZ-20; sono per tale ragione stati previsti 2 guard-rail, uno tra l'attraversamento n.3 a monte della tombinatura e l'inizio della tombinatura stessa, l'altro di testa al termine della tombinatura.

7.2. Descrizione degli interventi

Gli interventi di sistemazione previsti riguardano un tratto del Rio Fegino della lunghezza di circa 535 m compreso tra la sezione SEZ-0.30 (circa 70 m più a valle del ponte carrabile dell'IPLOM) e la sezione SEZ-19 (posta a monte in corrispondenza del primo tornante di Via Borzoli). Come già detto per la verifica idraulica del tratto di Rio Fegino più a monte della sezione SEZ-19 e dei suoi due affluenti (ramo sinistro denominato "*Rio Fegino di monte*" e ramo destro denominato "*Rio Burlo*") si rimanda al documento "*RELAZIONE IDRAULICA - integrazione per estensione incarico a monte della sez. 20*".

Con riferimento alle sezioni idrauliche riportate negli elaborati di progetto, gli interventi consistono sostanzialmente in:

- Abbassamento del fondo alveo (in alcuni punti di circa 1 m in altri punti di circa 2 m per uniformare la pendenza attualmente non costante) lungo tutto il tratto tra SEZ-0.30 e SEZ-19 e regolarizzazionedel fondo con pendenza costante e circa coincidente con la pendenza media attuale pari all'1.5%;

- Regolarizzazione delle sezioni di deflusso consistente da valle verso monte in:

▪ tratto di raccordo tra SEZ-0.30 e SEZ-1 (lunghezza 73 m circa) con larghezza variabile da circa 8.9 m a circa 7.5 m;

▪ tratto tra SEZ-1 e SEZ-5 (lunghezza 96 m circa) con larghezza costante pari a circa 7.3 m;

▪ tratto di raccordo tra SEZ-5 e SEZ-7 (lunghezza 109 m circa) con larghezza variabile da 7.3 m a 6.3 m;

▪ tratto da SEZ-7 a SEZ-12 (lunghezza 121 m) con larghezza costante pari a circa 6.5 m;

È vietata la riproduzione di questo documento, senza autorizzazione scritta

▪ tratto di raccordo tra SEZ-12 e SEZ-13 (lunghezza 25 m circa) con larghezza variabile da circa 6.5 m a circa5.8 m;

▪ tratto da SEZ-13 a SEZ-16 (lunghezza 52 m) con larghezza costante pari a circa 5.6 m;

▪ tratto di raccordo tra SEZ-16 e SEZ-17 (lunghezza 12 m circa) con larghezza variabile da circa 5.6 m a circa 6.08 m;

▪ tratto da SEZ-17 a SEZ-18 (lunghezza 18 m) con larghezza costante pari a circa 6.08 m;

▪ tratto di raccordo tra SEZ-18 e SEZ-19 (lunghezza 29 m circa) con larghezza variabile da circa 6.08 ma circa 7.2 m.

- Rifacimento del ponte carrabile privato di accesso allo stabilimento IPLOM (attraversamento n. 5) con innalzamento dell'impalcato di circa 0.80 m;

- Realizzazione di tratto a sbalzo (con aggetto variabile) in sponda sinistra tra la SEZ-1 e la SEZ-4 con innalzamento della quota del piano viabile di Via Borzoli;

- Realizzazione di un tratto di copertura (tombinatura) della lunghezza di circa 50 m tra la SEZ-8 e la SEZ-11 con struttura in c.a. di dimensioni 6.5 m x 3.4 m;

- Adeguamento passerella pedonale pubblica in corrispondenza della SEZ-12 (attraversamento n. 3);

- Rifacimento ponte carrabile privato (Ditta Podella) in corrispondenza della SEZ-13 (attraversamento n. 2);

- Adeguamento passerella pedonale privata in corrispondenza della SEZ-15 (attraversamento n. 1);

- Innalzamento del piano viabile di via Borzoli di circa 0.8 m tra la SEZ-0.31 e la SEZ-4 per consentire l'innalzamento del ponte carrabile di accesso allo stabilimento IPLOM;

- Innalzamento del piano viabile di via Borzoli di circa 1 m tra la SEZ-7 e la SEZ-14 per consentire il soddisfacimento delle verifiche idrauliche delle sezioni corrispondenti.

8. Verifiche idrauliche

8.1. Portate di riferimento

I valori di portata per assegnato tempo di ritorno del Rio Fegino alla confluenza con il TorrentePolcevera risultanti dal *Piano di Bacino* sono:

È vietata la riproduzione di questo documento, senza autorizzazione scritta

T = 50 anni Q=61.3 m^3/s

T = 200 anni Q=73.8 m^3/s

T = 500 anni Q=85.3 m^3/s

Quale riferimento per le successive verifiche idrauliche è stato adottato il valore della portata contempo di ritorno 200 anni, pari a 74 m^3/s.

8.2. 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.

8.3. Parametri e configurazione di verifica

È stata eseguita la verifica di un tratto del Rio Fegino della lunghezza di circa 700 m compreso tra ilponte di Via Ferri (SEZ-0.24) e la confluenza con il rio Burlo (SEZ-20). La verifica è stata effettuata con il valore delle portate 50-ennale e 200-ennale risultanti dal Piano diBacino (61 m^3/s e 74 m^3/s).

Le informazioni di carattere topografico ai fini della verifica sono state ricavate da un rilievotopografico di dettaglio eseguito nel dicembre 2011 e da successive integrazioni eseguite nella seconda metà del 2014 e nei primi mesi del 2015. Altre informazioni topografiche sono state integrate nel maggio 2022 (informazioni finalizzate alla definizione della variante consistente nella realizzazione di un nuovo sottopasso ferroviario).

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

È vietata la riproduzione di questo documento, senza autorizzazione scritta

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, impiegati sia per le verifiche allo stato attuale che per quelle allo stato di progetto, 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 da 0.24 a 20 secondo lo schema desumibile dagli elaborati grafici di progetto.

Dato il carattere torrentizio del corso d'acqua e la presenza di diversi ostacoli in alveo, la verifica è stata eseguita integrando il profilo per entrambe le condizioni di corrente lenta da valle verso monte e di corrente veloce da monte verso valle, imponendo come condizioni al contorno la profondità critica nellesezioni d'estremità.

Le verifiche sono state condotte sia nella configurazione di *stato attuale* che nella configurazione di *stato di progetto*, come descritte nei capitoli precedenti.

8.4. Risultati

I risultati sono riassunti in forma numerica e grafica negli elaborati riportati in *Allegato A* e nelle ***tavole grafiche dalla PD-Id.01 alla PD-Id.16*** costituente parte integrante della presente relazione. Si riporta di seguito la loro descrizione per le due configurazioni sopra individuate.

Stato attuale

Il deflusso della portata 200-ennale è caratterizzato da un andamento fortemente irregolare con alternanza di correnti lente e veloci lungo tutto il tratto.

Il livello del pelo libero è ovunque superiore alla quota del piano viabile di via Borzoli, con fenomeni di esondazione diffusa lungo la viabilità e nelle aree limitrofe e livelli di piena in alcuni punti superiori di oltre 2 m rispetto al piano viabile.

Particolarmente critici risultano i tratti a monte del ponte di accesso dello stabilimento IPLOM e quello compreso tra l'attraversamento della linea ferroviaria Genova-Ovada e la confluenza con il rio Burlo, a causa dell'irregolarità delle sezioni di deflusso e della loro generale insufficienza idraulica.

Il deflusso della portata 50-ennale è del tutto simile a quello della portata 200-ennale con livelli del pelo libero inferiori a 0.5 m circa.

Via Borzoli e le aree adiacenti risultano pertanto inondabili per l'evento 50-ennale, in accordo conquanto indicato nel Piano di Bacino.

È vietata la riproduzione di questo documento, senza autorizzazione scritta

Stato di progetto

La sistemazione prevista consente lo smaltimento della portata 200-ennale lungo tutto il tratto con franchi adeguati (vedere per dettaglio risultati la tabella riportata in *Figura 13* seguente).

Nel tratto a valle del ponte di accesso allo stabilimento IPLOM (tra SEZ-0.30 e SEZ-1) il deflusso della portata 200-ennale avviene prevalentemente in corrente veloce prossima allo stato critico, con numeri di Froude variabili tra circa 1.01 e 1.46, altezze del pelo libero comprese tra 1.5 m e 2.0 m circa e velocità dell'ordine di 5.0 m/s; il franco rispetto al parapetto lungo il piano viabile di Via Borzoli (in sponda sinistra) è sempre pari o superiore a 1.5 m. In corrispondenza del previsto nuovo ponte di accesso allo stabilimento IPLOM (SEZ-1), il deflusso avviene con franco rispetto all'intradosso appena superiore ad 1.0 m e comunque superiore al carico cinetico della corrente.

Nel tratto compreso tra il ponte e l'attraversamento della linea ferroviaria Genova-Ovada (tra SEZ-1 e SEZ-8) il deflusso della portata 200-ennale avviene prevalentemente in corrente veloce prossima allo stato critico, con numeri di Froude variabili tra 0.84 e 1.40, altezze del pelo libero comprese tra 1.74 m e 2.53 m circa e velocità comprese tra 4.0 m/s e 5.6 m/s; il franco rispetto al parapetto lungo il piano viabile di Via Borzoli (in sponda sinistra) è superiore ad 1.1 m. Si precisa inoltre che in corrispondenza dello sbalzo della sede stradale il franco rispetto all'intradosso dello sbalzo stesso è variabile da circa 10 cm a circa 70 cm e non è aumentabile ulteriormente senza aumentare ulteriormente la sede stradale con conseguenti problematiche di raccordi con la viabilità esistente.

Nel successivo tratto (tra SEZ-8 e SEZ-11) il deflusso della portata 200-ennale avviene con numeri di Froude variabili da 1.2 a 1.4, altezza del pelo libero variabile da 1.8 a 2.1 m circa e velocità di 5.5 m/s circa; il franco rispetto all'intradosso della copertura è di oltre 1.3 m sebbene di poco inferiore rispetto al carico cinetico della corrente. Purtroppo, come già illustrato in precedenza, per ragioni geometriche di raccordi stradali e di altezze sotto il ponte ferroviario, anche in questo caso, non è stato possibile progettare un solettone di copertura della tombinatura ad una quota superiore rispetto a quella assunta.

Nel successivo tratto a monte (tra SEZ-11 e SEZ-19) il deflusso della portata 200-ennale avviene prevalentemente in corrente veloce prossima allo stato critico, con numeri di Froude variabili tra 0.7 e 1.4, altezze del pelo libero comprese tra 1.8 m e 3.0 m circa e velocità comprese tra 3.5 m/s e 6.0 m/s. I franchi rispetto al parapetto lungo il piano viabile di Via Borzoli sono di 1 m circa o superiori, mentre in corrispondenza dei manufatti di attraversamento essi risultano di oltre 1.5 m rispetto all'intradosso (il valore minimo è pari a 1.47 m assimilabile a 1.5 m circa).

È vietata la riproduzione di questo documento, senza autorizzazione scritta

sez	note	WS [m]	Min.El. [m]	LOB/ROB.El. [m]	Intrad.El. [m]	WS-Min.El. [m]	LOB/ROB-Min.El. [m]	Fr. Argine [m]	Fr. Min [m]	Check 1
19	argine	29.69	26.77	30.90	-	2.92	4.13	1.21	0.5	OK
18	argine	29.12	26.32	30.64	-	2.80	4.32	1.52	0.5	OK
17	argine	29.08	26.04	30.05	-	3.04	4.01	0.97	0.5	OK
16	argine	28.56	25.85	30.11	-	2.71	4.26	1.55	0.5	OK
15	attraversamento	28.33	25.72	28.95	29.80	2.61	3.23	0.62	0.5	OK
14	argine	27.99	25.53	29.55	-	2.46	4.02	1.56	0.5	OK
13	attraversamento	27.36	25.05	28.42	28.93	2.31	3.37	1.06	0.5	OK
12	attraversamento	26.50	24.64	28.22	28.45	1.86	3.58	1.72	0.5	OK
11	tombinatura	25.93	24.12	-	27.52	1.81	-	-	-	-
10	tombinatura	25.88	23.80	-	27.20	2.08	-	-	-	-
9.3	tombinatura	25.60	23.70	-	27.10	1.90	-	-	-	-
9.2	tombinatura	25.71	23.61	-	27.01	2.10	-	-	-	-
9.1	tombinatura	25.59	23.56	-	26.96	2.03	-	-	-	-
8	tombinatura	25.44	23.41	-	26.81	2.03	-	-	-	-
7	argine	24.88	22.78	26.64	-	2.10	3.86	1.76	0.5	OK
6	argine	24.09	21.76	25.27	-	2.33	3.51	1.18	0.5	OK
5	argine	23.18	21.44	24.84	-	1.74	3.40	1.66	0.5	OK
4	argine	23.46	21.13	24.63	-	2.33	3.50	1.17	0.5	OK
3	argine	23.30	20.84	25.00	-	2.46	4.16	1.70	0.5	OK
2.9	argine	22.92	20.55	25.02	-	2.37	4.47	2.10	0.5	OK
2	argine	22.61	20.33	25.04	-	2.28	4.71	2.43	0.5	OK
1.1	attraversamento	22.51	20.06	24.01	23.51	2.45	3.95	1.50	0.5	OK
1.02	attraversamento	22.50	20.04	24.01	23.51	2.46	3.97	1.51	0.5	OK
1.01	attraversamento	22.48	19.95	24.01	23.51	2.53	4.06	1.53	0.5	OK
1	attraversamento	22.19	19.92	24.01	23.51	2.27	4.09	1.82	0.5	OK
0.36	argine	21.86	19.84	24.30	-	2.02	4.46	2.44	0.5	OK
0.35	argine	21.55	19.77	23.33	-	1.78	3.56	1.78	0.5	OK
0.34	argine	21.29	19.64	23.28	-	1.65	3.64	1.99	0.5	OK
0.33	argine	21.02	19.43	23.59	-	1.59	4.16	2.57	0.5	OK
0.32	argine	20.75	19.19	22.92	-	1.56	3.73	2.17	0.5	OK
0.31	argine	20.94	19.11	22.88	-	1.83	3.77	1.94	0.5	OK
0.3	argine	20.92	18.87	22.52	-	2.05	3.65	1.60	0.5	OK
				LOB						
				ROB						

Figura 13 (parte A) – *Tabella riassuntiva dei risultati dell'analisi allo stato di progetto.*

È vietata la riproduzione di questo documento, senza autorizzazione scritta

Fr. Intrad [m]	Fr. Min [m]	Check 2	Froude	Vel [m/s]	Vel.Head [m]	E.G.elev [m]	Check 3	note	sez
-	-	-	0.66	3.49	0.62	30.31	OK	argine	19
-	-	-	0.83	4.35	0.96	30.08	OK	argine	18
-	-	-	0.73	4.01	0.82	29.90	OK	argine	17
-	-	-	0.94	4.84	1.19	29.75	OK	argine	16
1.47	1.5	no	1.00	5.06	1.30	29.63	OK	attraversamento	15
-	-	-	1.09	5.35	1.46	29.45	OK	argine	14
1.57	1.5	OK	1.17	5.55	1.57	28.93	OK	attraversamento	13
1.95	1.5	OK	1.43	6.11	1.90	28.40	OK	attraversamento	12
1.59	1.5	OK	1.42	5.99	1.83	27.76	no	tombinatura	11
1.32	1.5	no	1.21	5.47	1.53	27.41	no	tombinatura	10
1.50	1.5	OK	1.34	5.79	1.71	27.31	no	tombinatura	9.3
1.30	1.5	no	1.19	5.40	1.49	27.20	no	tombinatura	9.2
1.37	1.5	no	1.24	5.53	1.56	27.15	no	tombinatura	9.1
1.37	1.5	no	1.25	5.59	1.59	27.03	no	tombinatura	8
-	-	-	1.26	5.58	1.59	26.47	OK	argine	7
-	-	-	1.00	4.68	1.12	25.21	OK	argine	6
-	-	-	1.40	5.65	1.63	24.81	OK	argine	5
-	-	-	0.93	4.36	0.97	24.43	OK	argine	4
-	-	-	0.84	4.15	0.88	24.18	OK	argine	3
-	-	-	0.91	4.38	0.98	23.90	OK	argine	2.9
-	-	-	0.96	4.52	1.04	23.65	OK	argine	2
1.00	1.5	no	0.88	4.17	0.89	23.40	OK	attraversamento	1.1
1.01	1.5	no	0.87	4.16	0.88	23.38	OK	attraversamento	1.02
1.03	1.5	no	0.84	4.05	0.84	23.32	OK	attraversamento	1.01
1.32	1.5	no	1.01	4.62	1.09	23.28	OK	attraversamento	1
-	-	-	1.18	5.12	1.34	23.20	OK	argine	0.36
-	-	-	1.35	5.49	1.54	23.09	OK	argine	0.35
-	-	-	1.44	5.65	1.63	22.92	OK	argine	0.34
-	-	-	1.46	5.61	1.60	22.62	OK	argine	0.33
-	-	-	1.43	5.47	1.53	22.28	OK	argine	0.32
-	-	-	1.15	4.74	1.15	22.09	OK	argine	0.31
-	-	-	1.01	4.43	1.00	21.92	OK	argine	0.3

Figura 13 (parte B) – *Tabella riassuntiva dei risultati dell'analisi allo stato di progetto.*

Dalla tabella riassuntiva dell'analisi svolta mediante il software Hec-Ras riportata in *Figura 13* si evince quanto segue:

- La verifica dei franchi rispetto all'argine sinistro (check 1 in tabella) soddisfa sempre il minimo di 0.50 m in corrispondenza degli argini;
- La verifica dei franchi rispetto all'argine sinistro (check 3 in tabella) soddisfa la condizione che il franco sia superiore al carico cinetico (per le sezioni in cui è l'argine destro più basso di quello sinistro la verifica è comunque soddisfatta anche per l'argine destro);
- La verifica dei franchi degli attraversamenti (check 2 in tabella) soddisfa sempre il minimo di 1.5 m ad eccezione che per il ponte in sezione 1 (ponte stabilimento IPLOM) per il quale il franco è di poco superiore a 1.0;
- La verifica dei franchi degli attraversamenti (check 3 in tabella) soddisfa sempre la condizione che il franco sia superiore al carico cinetico.

È vietata la riproduzione di questo documento, senza autorizzazione scritta

- Il franco in corrispondenza della tombinatura (check 2, sezioni dalla SEZ-11 alla SEZ-8) è sempre superiore a 1.3 m, in alcuni casi anche superiore al limite di 1.5 m; si precisa che anche in questo caso, per ragioni geometriche di raccordi stradali e di altezze sotto il ponte ferroviario, non è stato possibile aumentare maggiormente tale franco innalzando ulteriormente la soletta di copertura;

- Tra la sezione finale della tombinatura (SEZ-8) e la SEZ-6 sono state studiate due ulteriori sezioni significative: SEZ-7.5 e SEZ.7. Per l'impossibilità di spostare la strada verso monte (presenza di manufatto con attività artigianale), vista la necessità di realizzare il marciapiede oggi non presente, è stato necessario traslare leggermente la strada verso il torrente generando per tali sezioni un lieve sbalzo (inferiore al metro). Rispetto all'intradosso della soletta il franco è pari a 30 cm per la sezione 7 e 100 cm per la sezione 7.5 mentre rispetto al parapetto in c.a. realizzato in punta alla soletta è rispettivamente pari a 177 e 250 cm. Per entrambe le sezioni il carico cinetico è inferiore al filo sommitale del parapetto. La soluzione proposta per le sezioni 7.5 e 7 è l'unica che consenta la realizzazione del marciapiede lato monte, come prosecuzione di quello già presente più a valle e che consenta quindi il transito pedonale in sicurezza sotto al ponte ferroviario.

8.5. Considerazioni in merito ai ponti a progetto ed ai relativi franchi

Con riferimento agli attraversamenti presenti lungo il tratto di rio a progetto si osserva quanto segue:

- L'**attraversamento pedonale numero 1** a progetto, di proprietà privata, presente in corrispondenza della sezione 15 ha un franco rispetto alla portata duecentennale pari a 1.47 m (circa 1.5 m), pari al minimo richiesto dal D.M. 17 gennaio 2018; il ponte in oggetto sarà demolito e ricostruito dal Comune di Genova;

- L'**attraversamento carrabile numero 2** a progetto, di proprietà privata (ponte della ditta "Podella"), presente in corrispondenza della sezione 13 ha un franco rispetto alla portata duecentennale pari a 1.57 m, superiore al minimo richiesto dal D.M. 17 gennaio 2018 (1.5 m); il ponte in oggetto sarà demolito dal Comune di Genova che ne ricostruirà gli argini; la ricostruzione del ponte definitivo resta invece a carico del privato che dovrà, per tempo, presentare relativo progetto ed acquisire le necessarie autorizzazioni dagli Enti competenti; relativamente al ponte 2 il Comune di Genova si occuperà anche della costruzione e demolizione di un ponte provvisorio necessario affinchè non sia mai interrotto, durante i lavori, l'accesso carrabile al capannone della ditta Podella;

È vietata la riproduzione di questo documento, senza autorizzazione scritta

- L'**attraversamento pedonale numero 3** a progetto, di proprietà del Comune di Genova, presente in corrispondenza della sezione 12 ha un franco rispetto alla portata duecentennale pari a 1.95 m, superiore al minimo richiesto dal D.M. 17 gennaio 2018 (1.5 m); il ponte sarà demolito e ricostruito dal Comune di Genova;

- Il **ponte carrabile numero 5** a progetto, di proprietà privata della ditta IPLOM, presente in corrispondenza della sezione 1 ha un franco rispetto alla portata duecentennale pari a 1.0 m circa. Il ponte in oggetto sarà demolito dal Comune di Genova che ne ricostruirà gli argini; la ricostruzione del ponte definitivo resta invece a carico del privato che dovrà, per tempo, presentare relativo progetto ed acquisire le necessarie autorizzazioni dagli Enti competenti.

  In questo caso, poiché il franco risulta inferiore a 1.5 m (limite dettato dal D.M. 17/01/2018), ci si avvale dell'art. 91 comma 1 ter 1 della L.R. n. 18 del 21 giugno 1999 che consente di derogare dai minimi di legge nel caso in cui si possa dimostrare il raggiungimento del massimo miglioramento possibile delle condizioni di deflusso stante l'impossibilità tecnica di raggiungere il dimensionamento ottimale. Nel caso in esame, stante quanto già illustrato in precedenza relativamente alla necessità di mantenere la pendenza del fondo alveo costante per tutto il tratto di rio a progetto e, conseguentemente, l'impossibilità di abbassarne la quota dell'alveo in corrispondenza della sezione del ponte, l'unica cosa che è possibile fare per implementare le condizioni di deflusso è quella di innalzare il più possibile il ponte stesso. Proprio per questo motivo si è deciso di innalzare localmente (poco prima e poco dopo alla sezione del ponte) la quota della strada Via Borzoli; la si è innalzata di circa 80 cm rispetto allo stato attuale e non è stato possibile innalzarla oltre per via della presenza, al di là del ponte all'interno del deposito IPLOM di un fornice al di sotto del quale dovranno transitare i mezzi pesanti che accedono al deposito dal ponte in oggetto. Se si innalzasse ulteriormente la quota del ponte carrabile oltre quanto già fatto, detti mezzi non riuscirebbero, nel breve spazio presente tra il ponte ed il fornice, a scendere di quota per passarvi sotto ed attraversare la palazzina stessa. Osservando la sezione 1 nella tavola progettuale PD-Id.07 si nota come un ulteriore innalzamento del ponte carrabile costringerebbe IPLOM alla demolizione della porzione di palazzina presente sopra al fornice, dividendo di fatto in due porzioni l'edificio e rendendola interamente non più fruibile. 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 della sezione sottesa dal ponte carrabile IPLOM, **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**.

È vietata la riproduzione di questo documento, senza autorizzazione scritta

9. Considerazioni sulla morfologia dell'alveo e sulla stabilità del fondo

Il progetto di sistemazione e messa in sicurezza del tratto di interesse, oltre naturalmente a perseguire l'obiettivo di salvaguardare le aree urbanizzate a margine del rio da fenomeni di esondazione creando una difesa fisica adeguata (muri d'argine), deve necessariamente verificare la stabilità nel tempo del profilo di fondo alveo così come è stato previsto.

E' per tale motivo che si prevede di mantenere la morfologia del profilo del fondo con pendenza sostanzialmente invariata rispetto a quella media attuale (pari a circa l'1,5%), considerando che tale pendenza sia quella alla quale il corso d'acqua si è stabilizzato nel tempo.

Si sono compiute dunque verifiche empiriche sulla stabilità del materiale di fondo impiegando le formulazioni di Shileds, che forniscono il diametro minimo del sedimento che garantisce la stabilità del fondo.

Si è assunto come riferimento il diametro corrispondente al 90% della granulometria del fondo (d90), e si sono presi i seguenti dati:

- scenario di piena con tempo di ritorno 2 anni; si è infatti ritenuto che tale evento, più frequente anche se meno gravoso, possa dare indicazioni più rispondenti allo scopo;

- portata di riferimento con tempo di ritorno biennale: Q= 13.9 mc/s;

- pendenza media del fondo alveo pari allo 1.5%;

- assunzione di moto uniforme.

Tali ipotesi sono semplificative, ma data la complessità del fenomeno rappresentano un primo approccio al problema che permette di avere una stima di massima.

Facendo riferimento alle teorie di Shields sul moto incipiente di particelle non coesive sollecitate da una corrente laminare uniforme, si sono ottenuti i seguenti risultati:

- diametro minimo del materiale di fondo pari a 85 mm, corrispondente a ciottoli medi, secondo la classificazione del British Standard riportata di seguito.

È vietata la riproduzione di questo documento, senza autorizzazione scritta

Denominazione	Dimensione	U.M.	Denominazione	Dimensione	U.M.
argilla molto fine	0.24 – 0.50	µm	sabbia molto grossa	1.00 – 2.00	mm
argilla fine	0.50 – 1.00	µm	ghiaia molto fine	2.00 – 4.00	mm
argilla media	1.00 – 2.00	µm	ghiaia media	4.00 – 8.00	mm
argilla grossa	2.00 – 4.00	µm	ghiaia grossa	8.00 – 16.00	mm
limo molto fine	4.00 – 8.00	µm	ghiaia molto grossa	16.00 – 32.00	mm
limo fine	8.00 – 16.00	µm	ciotoli piccoli	32.00 – 64.00	mm
limo medio	16.00 – 31.00	µm	ciotoli medi	64.00 – 128.00	mm
limo grosso	31.00 – 62.00	µm	ciotoli grossi	128.00 – 256.00	mm
sabbia molto fine	62.00 – 125.00	µm	massi piccoli	256.00 – 512.00	mm
sabbia fine	125.00 – 250.00	µm	massi medi	512.00 – 1024.00	mm
sabbia media	250.00 – 500.00	µm	massi grossi	1024.00 – 2048.00	mm
sabbia grossa	0.50 – 1.00	mm	massi molto grossi	2048.00 – 4096.00	mm

Figura 14 – *Classificazione delle particelle dei terreni (British Standard).*

Le dimensioni dei ciottoli e della ghiaia grossa osservata nel letto del Rio Fegino superano abbondantemente tale misura, arrivando anche a 100-200 mm di diametro. Per tale motivo si ritiene che l'alveo del rio in esame, nella sua configurazione di progetto, si manterrà stabile nel tempo.

Si riportano di seguito il dettaglio delle verifiche svolte per 3 sezioni ritenute significative:

- la SEZ-16 a cui corrisponde una larghezza media b=5.65 m ed una velocità della corrente massima pari a 3.52 m/s (desunta dal modello Hec-Ras in concomitanza della portata con tempo di ritorno biennale prescelta);

- la SEZ-10 a cui corrisponde una larghezza pari a 6.51 m ed una velocità della corrente pari a 3.36 m/s;

- la SEZ-4 più a valle a cui corrisponde una larghezza media b=7.4 m ed una velocità della corrente minima pari a 2.65 m/s.

È vietata la riproduzione di questo documento, senza autorizzazione scritta

Sezione 16

Stima di portata con tempo di ritorno decennale			KT	cost
portata di verifica T=500 anni	Q500 [m^3/s]	85	6	14.2
portata di verifica T=200 anni	Q200 [m^3/s]	74	5	14.8
portata di verifica T=50 anni	Q50 [m^3/s]	61	3.5	17.4
portata di verifica T=10 anni (stima)	Q10 [m^3/s]	31.3	1.8	17.4
portata di verifica T=2 anni (stima)	Q2 [m^3/s]	13.9	0.8	17.4

Tr	2	2.9	5	10	15	20	25	30	40	50
K_T	0.80	1.00	1.295	1.788	2.162	2.460	2.701	2.900	3.220	3.470
Tr	60	70	80	90	100	150	200	250	300	400
K_T	3.675	3.847	3.997	4.128	4.250	4.699	5.018	5.269	5.472	5.792
Tr	500									
K_T	6.038									

Tabella coefficienti KT di riferimento (calcolo approssimato)

Dati geometrici			
portata di verifica T=2 anni (stima)	Q2 [m^3/s]	13.9	(si assume un tempo di ritorno non troppo lungo)
pendenza	i [adim]	0.0155	
larghezza sezione	b [m]	5.65	
numero di Manning	n [$s/m^{1/3}$]	0.028	
coeff. di Strickler-Manning	Ks [$m^{1/3}/s$]	35.7	
Risultati analisi mediante Hec-Ras			
velocità media corrente [Hec-Ras]	V [m/s]	3.52	
altezza pelo libero	y [m]	0.70	(controllare che coincida con risultato hecras)
area bagnata	A [m^2]	3.95	
perimetro bagnato	p [m]	7.05	
raggio idrailico	R [m]	0.56	
Risultati mediante calcolo moto uniforme			
altezza del pelo libero	y [m]	0.77	(tarare in modo che Q*=Q2)
area bagnata	A [m^2]	4.36	
perimetro bagnato	p [m]	7.19	
raggio idrailico	R [m]	0.61	
portata calcolata	Q* [m^3/s]	13.9	$Q = b \cdot y \cdot k_s \cdot R^{\frac{2}{3}} \cdot \sqrt{i_f}[\frac{m^3}{s}]$
Stima portata solida (rif. ai risultati Hec-Ras)			
dimensione materiale (diam. granuli)	d [m]	0.085	(scegliere d<d90)
dim. maglia setaccio passante al 90%	d90 [m]	0.1	
controllo "Ks" funzione di "d" (eq. Muller)	Ks [$m^{1/3}/s$]	38.2	
peso specifico materiale	γs [N/m^3]	26000	
peso specifico acqua	γ [N/m^3]	9810	
massa volumica acqua	ρ [kg/m^3]	1000	
tensione tangenziale	τ [N/m^2]	85.3	
tens. tangenziale critica	τcr [N/m^2]	82.57	(formula di Shields - ipotesi moto turbolento)
velocità d'attrito	v*[m/s]	0.29	
viscosità cinematica per t=20°C	ν [m^2/s]	1.00E-06	
num. Reynolds rel. alla vel. attrito	Re* [adim]	24425	
coefficiente Φ	Φ [adim]	0.06	*(vedere tab. 7.3)*
coeff. di Strickler-Manning	Ks [$m^{1/3}/s$]	35.7	
altezza pelo libero	h = y [m]	0.70	
portata liquida	q [N/s/m]	24067	*(vedere formula pag. 199)*
portata solida (eq. Meyer-Peter)	q_s [N/s/m]	**62**	*(vedere eq. 7.18)*
coefficiente di attitudine al trasporto	Cs [$m^6/N^2,s$]	0.000000246	Cs = (6.8893/$d^{0.75}$)x10^{-6}
portata solida (eq. Straub)	q_s [N/s/m]	**1**	*(vedere eq. 7.16 * gammas)*
coefficiente di attitudine al trasporto	Cs [$m^6/N^2,s$]	0.000003397	*(vedere equazione 7.17)*
portata solida (eq. Straub alternativa)	q_s [N/s/m]	**21**	
equazione di Shields	q_s/q [adim]	0.000	*(vedere eq. 7.19 e tabella fig. 7.7)*
portata solida (eq. Shields)	q_s [N/s/m]	4	
Calcolo della pendenza di equilibrio			
pendenza di equilibrio	i_{eq} [adim]	**0.0150**	

È vietata la riproduzione di questo documento, senza autorizzazione scritta

Sezione 10

Stima di portata con tempo di ritorno decennale			KT	cost
portata di verifica T=500 anni	Q500 [m^3/s]	85	6	14.2
portata di verifica T=200 anni	Q200 [m^3/s]	74	5	14.8
portata di verifica T=50 anni	Q50 [m^3/s]	61	3.5	17.4
portata di verifica T=10 anni (stima)	Q10 [m^3/s]	31.3	1.8	17.4
portata di verifica T=2 anni (stima)	Q2 [m^3/s]	13.9	0.8	17.4

Tr	2	2.9	5	10	15	20	25	30	40	50
K_T	0.80	1.00	1.295	1.788	2.162	2.460	2.701	2.900	3.220	3.470
Tr	60	70	80	90	100	150	200	250	300	400
K_T	3.675	3.847	3.997	4.128	4.250	4.699	5.018	5.269	5.472	5.792
Tr	500									
K_T	6.038									

Tabella coefficienti KT di riferimento (calcolo approssimato)

Dati geometrici			
portata di verifica T=2 anni (stima)	Q2 [m^3/s]	13.9	(si assume un tempo di ritorno non troppo lungo)
pendenza	i [adim]	0.0155	
larghezza sezione	b [m]	6.51	
numero di Manning	n [$s/m^{1/3}$]	0.028	
coeff. di Strickler-Manning	Ks [$m^{1/3}$/s]	35.7	
Risultati analisi mediante Hec-Ras			
velocità media corrente [Hec-Ras]	V [m/s]	3.36	
altezza pelo libero	y [m]	0.64	(controllare che coincida con risultato hecras)
area bagnata	A [m^2]	4.14	
perimetro bagnato	p [m]	7.78	
raggio idrailico	R [m]	0.53	
Risultati mediante calcolo moto uniforme			
altezza del pelo libero	y [m]	0.70	(tarare in modo che Q*=Q2)
area bagnata	A [m^2]	4.53	
perimetro bagnato	p [m]	7.90	
raggio idrailico	R [m]	0.57	
portata calcolata	Q* [m^3/s]	13.9	$Q = b \cdot y \cdot k_s \cdot R^{\frac{2}{3}} \cdot \sqrt{i_f}[\frac{m^3}{s}]$
Stima portata solida (rif. ai risultati Hec-Ras)			
dimensione materiale (diam. granuli)	d [m]	0.085	(scegliere d<d90)
dim. maglia setaccio passante al 90%	d90 [m]	0.1	
controllo "Ks" funzione di "d" (eq. Muller)	Ks [$m^{1/3}$/s]	38.2	
peso specifico materiale	γs [N/m^3]	26000	
peso specifico acqua	γ [N/m^3]	9810	
massa volumica acqua	ρ [kg/m^3]	1000	
tensione tangenziale	τ [N/m^2]	80.9	
tens. tangenziale critica	τcr [N/m^2]	82.57	(formula di Shields - ipotesi moto turbolento)
velocità d'attrito	v*[m/s]	0.29	
viscosità cinematica per t=20°C	ν [m^2/s]	1.00E-06	
num. Reynolds rel. alla vel. attrito	Re* [adim]	24425	
coefficiente Φ	Φ [adim]	0.06	*(vedere tab. 7.3)*
coeff. di Strickler-Manning	Ks [$m^{1/3}$/s]	35.7	
altezza pelo libero	h = y [m]	0.64	
portata liquida	q [N/s/m]	20537	*(vedere formula pag. 199)*
portata solida (eq. Meyer-Peter)	q_s [N/s/m]	44	*(vedere eq. 7.18)*
coefficiente di attitudine al trasporto	Cs [m^6/N^2,s]	0.000000246	Cs = $(6.8893/d^{0.75})x10^{-6}$
portata solida (eq. Straub)	q_s [N/s/m]	-1	*(vedere eq. 7.16 * gammas)*
coefficiente di attitudine al trasporto	Cs [m^6/N^2,s]	0.000003397	*(vedere equazione 7.17)*
portata solida (eq. Straub alternativa)	q_s [N/s/m]	-12	
equazione di Shields	q_s/q [adim]	0.000	*(vedere eq. 7.19 e tabella fig. 7.7)*
portata solida (eq. Shields)	q_s [N/s/m]	-2	
Calcolo della pendenza di equilibrio			
pendenza di equilibrio	i_{eq} [adim]	0.0158	

È vietata la riproduzione di questo documento, senza autorizzazione scritta

Sezione 4

Stima di portata con tempo di ritorno decennale			KT	cost
portata di verifica T=500 anni	Q500 [m^3/s]	85	6	14.2
portata di verifica T=200 anni	Q200 [m^3/s]	74	5	14.8
portata di verifica T=50 anni	Q50 [m^3/s]	61	3.5	17.4
portata di verifica T=10 anni (stima)	Q10 [m^3/s]	31.3	1.8	17.4
portata di verifica T=2 anni (stima)	Q2 [m^3/s]	13.9	0.8	17.4

Tr	2	2.9	5	10	15	20	25	30	40	50
K_T	0.80	1.00	1.295	1.788	2.162	2.460	2.701	2.900	3.220	3.470
Tr	60	70	80	90	100	150	200	250	300	400
K_T	3.675	3.847	3.997	4.128	4.250	4.699	5.018	5.269	5.472	5.792
Tr	500									
K_T	6.038									

Tabella coefficienti KT di riferimento (calcolo approssimato)

Dati geometrici			
portata di verifica T=2 anni (stima)	Q2 [m^3/s]	13.9	(si assume un tempo di ritorno non troppo lungo)
pendenza	i [adim]	0.0155	
larghezza sezione	b [m]	7.4	
numero di Manning	n [$s/m^{1/3}$]	0.028	
coeff. di Strickler-Manning	Ks [$m^{1/3}/s$]	35.7	
Risultati analisi mediante Hec-Ras			
velocità media corrente [Hec-Ras]	V [m/s]	2.65	
altezza pelo libero	y [m]	0.71	(controllare che coincida con risultato hecras)
area bagnata	A [m^2]	5.25	
perimetro bagnato	p [m]	8.82	
raggio idrailico	R [m]	0.60	
Risultati mediante calcolo moto uniforme			
altezza del pelo libero	y [m]	0.64	(tarare in modo che Q*=Q2)
area bagnata	A [m^2]	4.71	
perimetro bagnato	p [m]	8.67	
raggio idrailico	R [m]	0.54	
portata calcolata	Q* [m^3/s]	13.9	$Q = b \cdot y \cdot k_s \cdot R^{\frac{2}{3}} \cdot \sqrt{i_f}[\frac{m^3}{s}]$
Stima portata solida (rif. ai risultati Hec-Ras)			
dimensione materiale (diam. granuli)	d [m]	0.085	(scegliere d<d90)
dim. maglia setaccio passante al 90%	d90 [m]	0.1	
controllo "Ks" funzione di "d" (eq. Muller)	Ks [$m^{1/3}/s$]	38.2	
peso specifico materiale	γs [N/m^3]	26000	
peso specifico acqua	γ [N/m^3]	9810	
massa volumica acqua	ρ [kg/m^3]	1000	
tensione tangenziale	τ [N/m^2]	90.6	
tens. tangenziale critica	τcr [N/m^2]	82.57	(formula di Shields - ipotesi moto turbolento)
velocità d'attrito	v*[m/s]	0.29	
viscosità cinematica per t=20°C	ν [m^2/s]	1.00E-06	
num. Reynolds rel. alla vel. attrito	Re* [adim]	24425	
coefficiente Φ	Φ [adim]	0.06	*(vedere tab. 7.3)*
coeff. di Strickler-Manning	Ks [$m^{1/3}/s$]	35.7	
altezza pelo libero	h = y [m]	0.71	
portata liquida	q [N/s/m]	24638	*(vedere formula pag. 199)*
portata solida (eq. Meyer-Peter)	q_s [N/s/m]	66	*(vedere eq. 7.18)*
coefficiente di attitudine al trasporto	Cs [$m^6/N^2,s$]	0.000000246	Cs = $(6.8893/d^{0.75})x10^{-6}$
portata solida (eq. Straub)	q_s [N/s/m]	5	*(vedere eq. 7.16 * gammas)*
coefficiente di attitudine al trasporto	Cs [$m^6/N^2,s$]	0.000003397	*(vedere equazione 7.17)*
portata solida (eq. Straub alternativa)	q_s [N/s/m]	64	
equazione di Shields	q_s/q [adim]	0.001	*(vedere eq. 7.19 e tabella fig. 7.7)*
portata solida (eq. Shields)	q_s [N/s/m]	13	
Calcolo della pendenza di equilibrio			
pendenza di equilibrio	i_{eq} [adim]	0.0141	

È vietata la riproduzione di questo documento, senza autorizzazione scritta

Alla luce delle verifiche svolte per le sezioni maggiormente significative si osserva che la pendenza di equilibrio del fondo del rio è in ogni caso prossima alla pendenza media di progetto (pari a 0.015); essa varia infatti da un minimo di 0.0141 nei pressi della sezione 4 a circa 0.0158 nei pressi della sezione 10. Per tale motivo si ritiene che la pendenza di progetto, peraltro sostanzialmente coincidente con quella di rilievo del rio allo stato attuale (ovvero quella alla quale il corso d'acqua si è stabilizzato nel tempo) sia quella che garantisce la maggior stabilità del fondo del rio nel tempo.

10. Analisi morfodinamica

Ad integrazione e riprova delle verifiche di cui al capitolo precedente si riporta quanto segue.

Lo studio degli aspetti morfodinamici del tratto d'alveo oggetto di intervento è stato condotto con riferimento alla DGR 226/2009 recante Raccomandazioni tecniche per la valutazione degli effetti morfodinamici nell'ambito della redazione di studi e progetti di interventi idraulici e alle linee guida della DGR359/2008 "Criteri di verifica e valutazione delle portate al colmo e degli idrogrammi di piena nei bacini idrografici liguri".

L'analisi è stata articolata secondo le seguenti fasi:

- calcolo degli idrogrammi di riferimento;
- determinazione dei sedimentogrammi di calcolo;
- analisi della capacità di trasporto e della stabilità del corso d'acqua.

10.1. Idrogrammi di riferimento

La normativa DGR 226/2009 fornisce indicazioni relative agli studi e alle analisi da condurre per valutare eventuali effetti sulla morfodinamica di un corso d'acqua provocati da interventi che prevedonol'asportazione di materiale litoide a seguito di sistemazioni fluviali in presenza di fenomeni disovralluvionamento.

La normativa richiede la stima del volume totale di sedimenti trasportati al fondo dal corso d'acqua nel tratto oggetto di studio, in corrispondenza di un evento tipico caratterizzato da portata al colmo pari al valore atteso dei valori di portata massima annuale (portata indice) del corso d'acqua, con idrogramma costruito secondo le procedure già previste dalle linee guida regionali.

La portata indice è calcolabile tramite la metodologia empirica riportata nella DGR 357/2008 (AllegatoTecnico Capitolo III "Metodi di valutazione della portata indice").

Secondo le indicazioni della DGR la portata al colmo Q per assegnati tempi di ritorno T è calcolabile in funzione della cosiddetta "portata indice" q_{indice} nella forma:

È vietata la riproduzione di questo documento, senza autorizzazione scritta

$$Q_T = k_T \cdot q_{indice}$$

dove k_T rappresenta un fattore di crescita valutato a scala regionale.

La portata indice è calcolabile (AllegatoTecnico Capitolo III "Metodi di valutazione della portataindice") tramite la seguente formula empirica:

$$q_{indice} = c_0 \cdot W_1^{c1} \cdot W_2^{c2} \cdot W_3^{c3} \cdot W_4^{c4} \cdot W_5^{c5} \cdot W_6^{c6}$$

Le variabili considerate sono:

W_1 = A area del bacino imbrifero sottesa dalla sezione di interesse, in km^2;

W_2 = al coefficiente pluviale orario, indica il valore atteso dell'altezza di pioggia massimaannuale per una durata unitaria di un'ora, in mm;

W_3 = v esponente della linea segnalatrice di probabilità pluviometrica scala-invariante,adimensionale;

W_4 = Hmb quota media del bacino sotteso rispetto alla sezione di chiusura in km;

W_5 = SIII massimo volume specifico di ritenzione potenziale del terreno parametrizzato tramite ilmetodo CN-SCS (Soil Conservation Service, 1986) per condizioni di elevato imbibimento, ossia per AMC tipoIII, espresso in mm;

W_6 = A/Lap2 fattore di forma dove Lap2 indica la lunghezza dell'asta principale, in km;

I valori dei parametri c_0, c_1, c_2 ,c_3, c_4, c_5 e c_6 sono tabulati secondo categorie regionali.

Il bacino del rio Fegino appartiene alla Regione C (Appennino Nord Occidentale e Bacini Tirrenici) relativa all'area idrografica dei bacini liguri con foce al litorale tirrenico e ai bacini padani dallo Scrivia al Taro. Con riferimento alla DGR 357/2008 ai fini del calcolo della portata indice sono stati considerati iseguenti valori dei parametri e dei relativi esponenti.

	W1	W2	W3	W4	W5	W6
	2.4	49.5	0.34	0.20	-	0.175
c_0	c_1	c_2	c_3	c_4	c_5	c_6
0.21	0.897	0.678	-	-0.686	-	0.285

Parametri di calcolo della portata indice.

È vietata la riproduzione di questo documento, senza autorizzazione scritta

Sulla base di tale metodologia si ottiene una q_{indice} = 10 m^3/s (si osserva a tal proposito come la portata indice sia dello stesso ordine di grandezza della portata con tempo di ritorno pari a 2 anni assunta nel capitolo precedente per lo svolgimento delle considerazioni sul trasporto solido). Tale valore di portata risulta in accordo con la relazione idraulica del progetto definitivo del "Ponte via E. Ferri sul rio Fegino – Adeguamento idraulico" redatta dal Comune di Genova – Direzione Servizi Tecnici nel maggio 2011.

L'idrogramma corrispondente all'evento tipico di cui sopra è costruito secondo le procedure previste dalla linee guida DGR 359/2008 "Criteri di verifica e valutazione delle portate al colmo e degli idrogrammi dipiena nei bacini idrografici liguri".

La procedura indicata nella DGR fa riferimento al metodo indiretto dell'evento idrometeorologico critico finalizzata alla valutazione dell'idrogramma di riferimento condizionato dal valore della portata al colmo di progetto, assunta, come da normativa, pari al valore della portata indice.

Il metodo di valutazione dell'idrogramma di riferimento consiste in sintesi nel ricercare l'idrogramma di piena equivalente che fornisca la portata massima al colmo pari alla portata indice.

Tale problema è risolvibile a partire dalle curve di probabilità pluviometrica dell'area in esame nella forma $h(T)=a(T)\cdot t^n$ nell'ipotesi di invarianza di scala, per cui si assume che l'esponente caratteristico n rappresenti l'impronta climatica degli eventi pluviali estremi dell'area in esame.

L'ipotesi implica che la portata T-ennale di progetto Q(T) sia prodotta da una precipitazione $h=a(*)\cdot t^n$dove n è l'esponente caratteristico del bacino in esame, a(*) rappresenta il valore di *a* che con il metododell'evento critico produce una portata pari a Q(T) e che, in genere, è differente dal valore di a(T) proprio dellalinea segnalatrice T-ennale.

Nella formulazione del metodo *a* è esprimibile come $a(T)= wT\cdot ai$, dove *wT* è il fattore di crescitafunzione del tempo di ritorno (T) e *ai* è un valore costante caratteristico della stazione pluviometricaconsiderata corrispondente al valore indice di precipitazione (pioggia indice).

Nel caso in esame si è adottata la curva di probabilità pluviometrica della stazione di GenovaUniversità i cui parametri sono riportati nell'Appendice II della DGR sopra menzionata.

Tale curva fornisce un valore della pioggia indice *ai* = 49.5 mm/h ed un valore del dell'esponente discala n=0.34; nella stessa appendice sono inoltre riportati il parametro di scala α = 0.315 e di posizione ε =0.756 necessari per la determinazione del fattore di crescita wT.

È vietata la riproduzione di questo documento, senza autorizzazione scritta

Assunto un modello afflussi-deflussi di riferimento, il problema si riduce alla ricerca di tutte le possibilicoppie di valori *a* e *t* che producono una portata al colmo Q(T) e, tra queste, la coppia *{a(*), tCR }* che ha ilminimo valore di *a*.

Il modello di trasformazione afflussi-deflussi adottato è costituito da una prima parte ditrasformazione della pioggia di progetto in volume specifico di ruscellamento, basato sull'interpretazioneHortoniana (non lineare) del processo di assorbimento e da una seconda parte caratterizzata da un modellolineare di formazione della piena attraverso la rete idrografica basato sul modello di Nash.

Il calcolo della precipitazione efficace al fine dello scorrimento superficiale è stato effettuatodepurando gli ietogrammi precedentemente individuati dalle perdite per infiltrazione e perimmagazzinamento nelle depressioni superficiali.

Si è adottato il metodo di depurazione della pioggia noto come *Curve Number* proposto dal SoilConservation Service basato sul modello Hortoniano di descrizione del fenomeno dell'assorbimento.

Come noto tale procedura consente di calcolare il volume di pioggia defluito nella sezione di chiusurasulla base dell'espressione:

$$h_n = \frac{(h_r - I_a)^2}{h_r - I_a + S}$$

dove h_n [mm] è il volume specifico complessivamente defluito durante l'evento, hr[mm] è il volumespecifico affluito, S [mm] è il potenziale specifico massimo di assorbimento del terreno, cioè il volumeimmagazzinabile a saturazione nello stesso, mentre I_a [mm] rappresenta la quota parte del volume affluitoche si infiltra prima che il deflusso abbia inizio.

La determinazione di S viene effettuata sulla base della relazione:

$$S = 254 \cdot \left(\frac{100}{CN} - 1\right)$$

Quale valore di I_a, si è adottata la relazione suggerita dal Soil Conservation Service I_a=0.2*S.

L'idrogramma unitario è stato calcolato con il modello di Nash che simula il comportamento delbacino con una cascata di n serbatoi posti in serie; l'IUH del modello assume la forma:

$$I(t) = \frac{1}{K \cdot (n-1)!} \cdot \left(\frac{t}{K}\right)^{n-1} \cdot e^{-\frac{t}{K}}$$

È vietata la riproduzione di questo documento, senza autorizzazione scritta

dove k è la costante caratteristica dei serbatoi e n il numero degli stessi. Nel caso in esame si èassunto: n = 3 e K=0.5•tc/(n-1), con tc tempo di corrivazione del bacino.

Una volta disponibili gli ietogrammi di progetto e l'idrogramma unitario, sono stati calcolati gliidrogrammi di piena per ciascuna sezione considerata attraverso l'integrale di convoluzione:

$$Q(t) = S \cdot \int_0^t I(t-u) \cdot p(u) \cdot du$$

il quale, noti lo ietogramma di riferimento e l'idrogramma unitario istantaneo del bacino in esame,permette di legare la portata uscente *Q(t)* all'intensità della pioggia netta *p(t)*.

La determinazione dei parametri caratteristici del bacino quali superficie, tempo di corrivazione evalore di CN è stata effettuata sulla base dei contenuti del Piano di Bacino.

In particolare per il rio Fegino si è assunto S=2.4 km^2, tc=40 minuti, CN(condizione III) = 90.

Nel caso in esame sono stati ricostruiti con la metodologia sopra esposta gli idrogrammi relativi allaportata indice e alla portata di piena 50-ennale.

Nelle figure seguenti sono rappresentati i due idrogrammi ricostruiti.

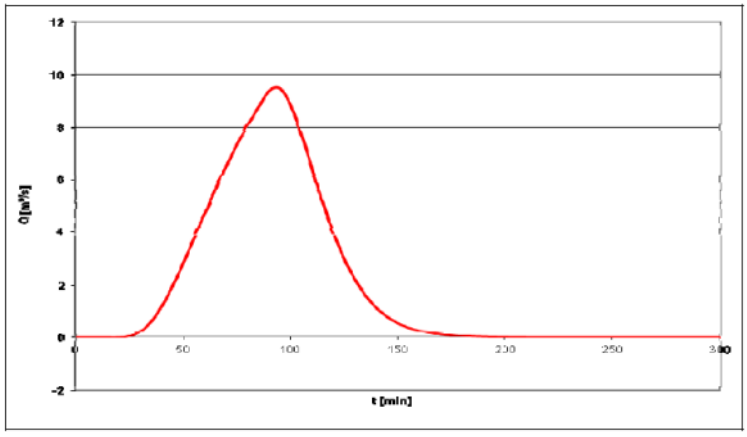


***Figura 15**: Idrogramma della portata indice.*

È vietata la riproduzione di questo documento, senza autorizzazione scritta

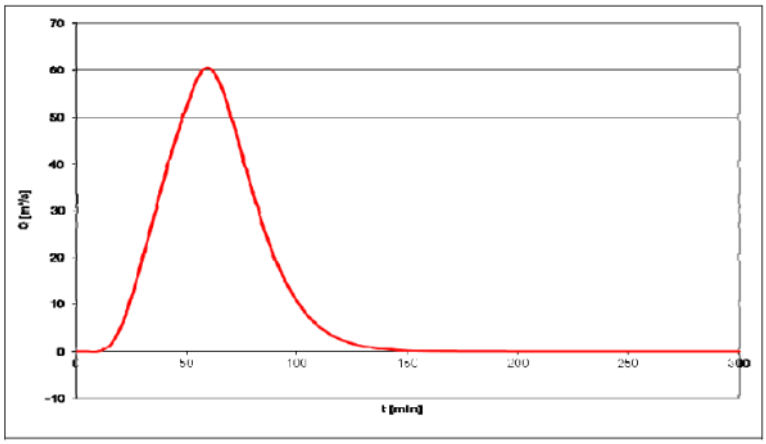


***Figura 16**: Idrogramma della portata 50-ennale.*

10.2. Determinazione dei sedimentogrammi di calcolo

Secondo le indicazioni riportate nella DGR 226/2009 sono stati calcolati i sedimentogrammi nellesezioni del tratto di interesse in corrispondenza dei due eventi descritti al punto precedente (portata indice epiena 50-ennale).

La capacità di trasporto solido è stata valutata con riferimento alla formulazione di Mayer-Peter eMüller che fornisce la portata volumetrica di materiale solido al fondo *qsf* per unità di larghezza in funzionedella tensione tangenziale esercitata dal fluido sul fondo dell'alveo. In termini adimensionali tali relazioniforniscono un legame tra la portata solida volumetrica Φ e la tensione di Shields θ nella forma:

$$\Phi = 8 \cdot (\theta - \theta_{crit})^{2/3}$$

$$\theta_{crit} = 0.047$$

con:

$$\Phi = \frac{q_{sf}}{\sqrt{(s-1) \cdot g \cdot D^3}}$$

$$\theta = \frac{\tau_0}{(\gamma_s - \gamma) \cdot D}$$

dove τ_0è la tensione tangenziale al fondo, γ_s e γ sono i pesi specifici del sedimento e dell'acqua, s illoro rapporto e D il diametro di riferimento dei granuli, solitamente assunto pari al d50.

È vietata la riproduzione di questo documento, senza autorizzazione scritta

Il calcolo è stato effettuato secondo le seguenti fasi:

- calcolo del profilo di rigurgito in moto permanente gradualmente variatomonodimensionale per ciascun valore di portata dell'idrogramma con scansione temporale di 10 minuti (per un totale di 19 valori di portata);

- calcolo della tensione tangenziale al fondo adimensionale θ e della portata solida qsf perciascun valore di portata;

- costruzione dei relativi sedimentogrammi corrispondenti all'evento definitodall'idrogramma di cui al paragrafo precedente.

I calcoli sono stati eseguiti assumendo quale valore rappresentativo del diametro dei granuli il D50risultante dall'analisi granulometrica effettuata sui campioni di sedimento prelevati in opportuna sezione delcorso d'acqua rappresentativa di tutto il tratto.

Secondo l'analisi granulometrica tale valori corrispondono ad un valore medio del D50 pari a 5 mm.

La stima del volume complessivo dei solidi trasportati durante l'evento considerato è stata determinata individuando i volumi potenzialmente movimentati nelle seguenti sezioni idrauliche rappresentative del tratto:

- Sez.18, 14 e 11 rappresentativa del tratto di monte;

- Sez. 9, 6, 3 e 2 rappresentative del tratto intermedio fino al ponte dello stabilimento IPLOM;

- Sez. 0.34, 0.30 e 0.28 rappresentative del tratto a valle del ponte dello stabilimento IPLOM.

Il calcolo ha permesso di individuare la tendenza evolutiva della dinamica dei sedimenti lungo tutto il tratto in esame e di valutare un indice delle capacità di trasporto relative ai vari tratti. La procedura sopra descritta è stata implementata per la configurazione di stato attuale e di progetto nel caso di deflusso della portata indice e della piena 50-ennale.

10.3. Analisi della capacità di trasporto

Nelle seguenti figure sono riportati i sedimentogrammi di calcolo relativi alla configurazione di stato attuale rappresentativi rispettivamente del tratto di monte (sez.18-14-11), del tratto intermedio (sez.9-6-3-2), del tratto di valle (sez. 0.34-0.30-0.28) nel caso di deflusso della portata indice e della piena 50-ennale.

È vietata la riproduzione di questo documento, senza autorizzazione scritta

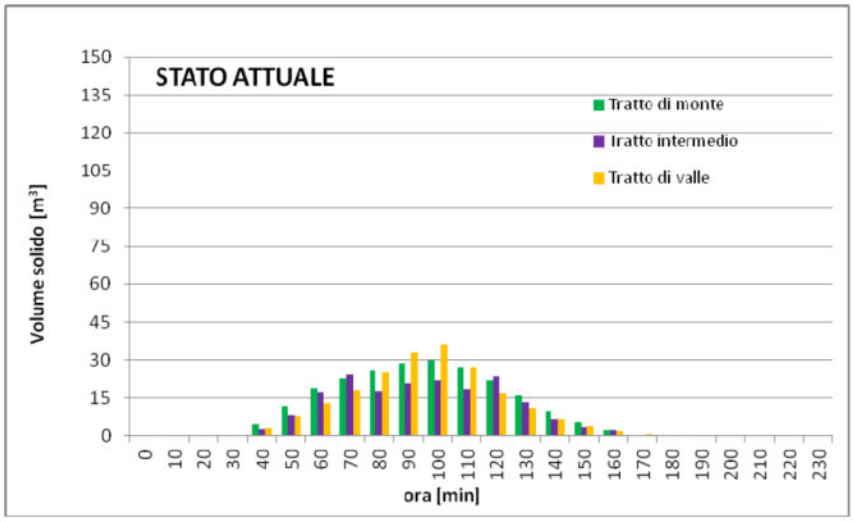


***Figura 17**: Sedimentogrammi relativi alla portata indice - configurazione di stato attuale.*

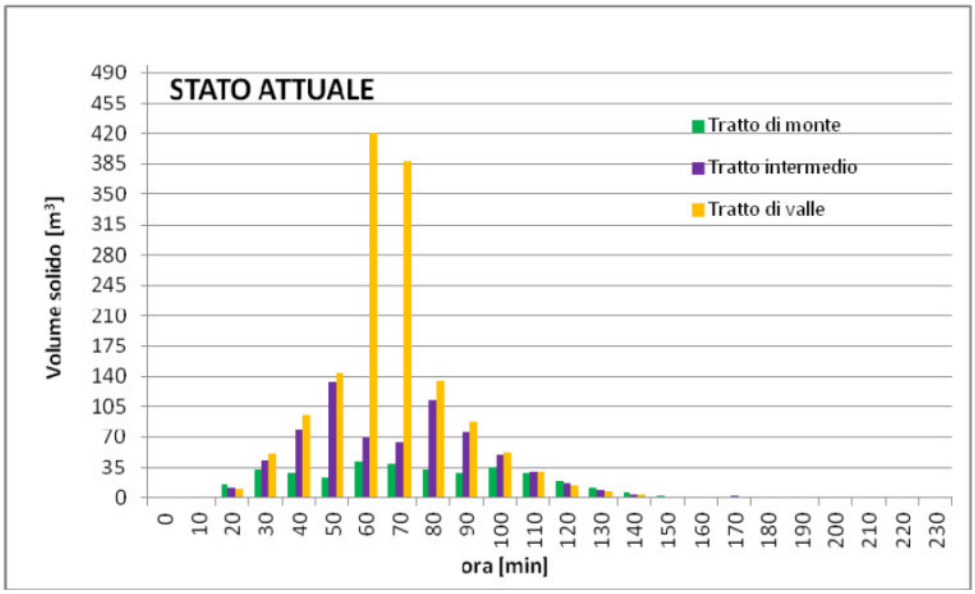


***Figura 18**: Sedimentogrammi relativi alla piena 50-ennale - configurazione di stato attuale.*

I sedimentogrammi sono rappresentativi dell'andamento della capacità di trasporto nelle sezioni del tratto considerato.

L'analisi dei sedimentogrammi relativi allo stato attuale, nel caso di deflusso della portata indice, mette in evidenza un parziale equilibrio delle capacità di trasporto tra il tratto di monte e quello di valle mentre la capacità di trasporto solido relativa al tratto intermedio risulta leggermente inferiore generando un potenziale tratto di accumulo con tendenza al deposito.

È vietata la riproduzione di questo documento, senza autorizzazione scritta

Nel caso di deflusso della portata 50-ennale, il disequilibrio delle capacità di trasporto tra i vari tratti diventa sempre più marcato soprattutto tra il tratto di monte e i tratti intermedio e di valle; in tale condizione la presenza dei manufatti insufficienti al deflusso delle portate più alte induce una disomogeneità tra le tensioni tangenziali dovuto al rigurgito generato dagli stessi che si traduce in un andamento discontinuo della capacità di trasporto della corrente con alternanza di tratti in deposito e tratti in erosione.

Nella tabella seguente sono riportati i valori dei volumi complessivi potenzialmente movimentatidurante gli eventi nel tratto di monte, nel tratto intermedio in quello di valle.

STATO ATTUALE	$V_{s,complessivo}$ [m^3] Q_{indice}	$V_{s,complessivo}$ [m^3] $Q_{50\text{-}ennale}$
Tratto di monte	227	350
Tratto intermedio	180	700
Tratto di valle	206	1440

Volumi complessivi relativi ai sedimentogrammi - stato attuale.

Dai risultati numerici si deduce che la capacità di trasporto, nel caso di deflusso della portata indice, nel tratto di valle è pressoché uguale a quella nel tratto di monte mentre il tratto intermedio è in grado di smaltire l'80% di apporto solido proveniente da monte.

Nel caso di deflusso della piena 50-ennale, il volume potenzialmente trasportabile dal tratto aumentanotevolmente da monte verso valle generando condizioni di possibile erosione del tratto.

Di seguito si riportano le figure con i medesimi sedimentogrammi relativi alla configurazione di progetto.

È vietata la riproduzione di questo documento, senza autorizzazione scritta

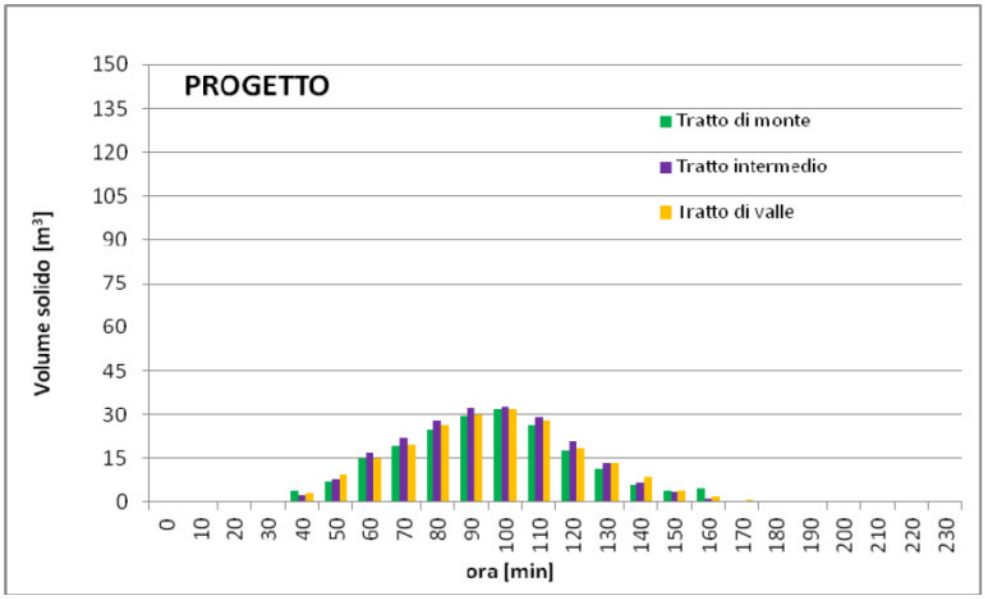


***Figura 19**: Sedimentogrammi relativi alla portata indice - configurazione di progetto.*

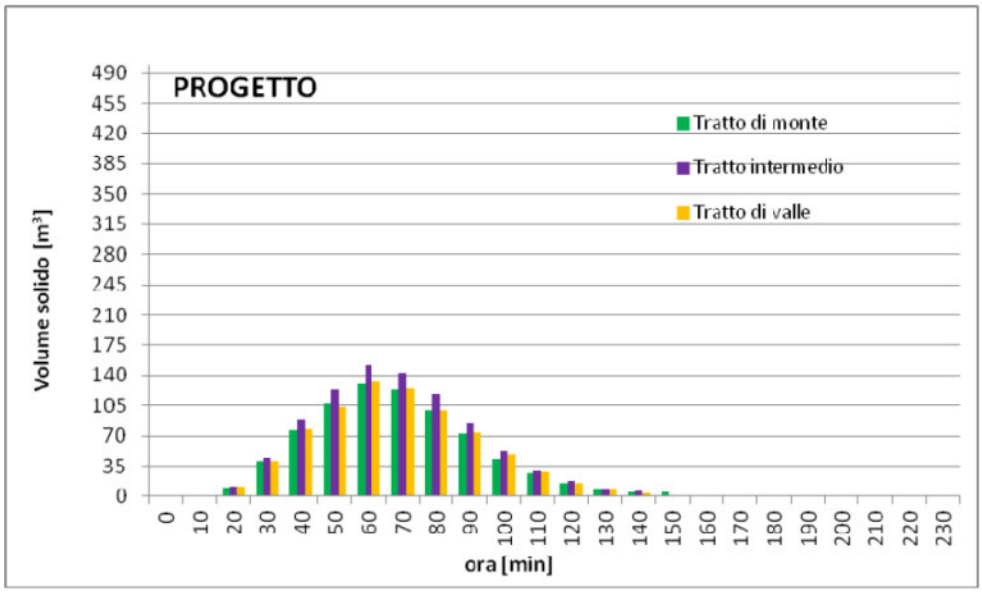


***Figura 20**: Sedimentogrammi relativi alla piena 50-ennale - configurazione di progetto.*

L'analisi dei sedimentogrammi relativi alla configurazione di progetto, sia nel caso di deflusso della portata indice che della portata 50-ennale, mette in evidenza la maggiore omogeneità di capacità di trasportolungo l'intero tratto analizzato.

La demolizione della briglia e la sistemazione del fondo secondo la pendenza naturale del tratto consente di rendere più omogenee le tensioni tangenziali a beneficio della stabilità e dell'alveo.

È vietata la riproduzione di questo documento, senza autorizzazione scritta

Nella tabella seguente sono riportati i valori dei volumi complessivi potenzialmente movimentati durante gli eventi nel tratto di monte, nel tratto intermedio alto, nel tratto intermedio basso e in quello di valle.

PROGETTO	$V_{s,complessivo}$ [m^3] Q_{indice}	$V_{s,complessivo}$ [m^3] $Q_{50\text{-}ennale}$
Tratto di monte	205	765
Tratto intermedio	218	880
Tratto di valle	211	775

Volumi complessivi relativi ai sedimentogrammi – progetto.

Dai risultati numerici si deduce che la capacità di trasporto è costante ed omogenea lungo tutto iltratto senza alcuna discontinuità.

11. Considerazioni conclusive

Alla luce delle considerazioni riportate nei capitoli precedenti, visti i numerosissimi vincoli fisici, tra i quali si citano per esempio:

- la presenza di una strettoia in corrispondenza del ponte ferroviario della linea Genova-Ovada ed il limite in altezza che l'arco del ponte impone alla pubblica via;
- la presenza dell'adiacente Via Borzoli con i relativi accessi carrabili a molte attività private;
- la presenza di diversi ponti e passerelle lungo il tratto di Rio Fegino oggetto del presente progetto di adeguamento;
- la presenza di utenze sia in alveo che in strada e la necessità di loro modifiche ed adeguamenti;
- la posizione obbligata in pianta principalmente dell'argine in sponda destra.

si ritiene che la configurazione progettuale proposta sia sostanzialmente l'unica possibile e rispettosa di tutti i suddetti vincoli.

Infine, nonostante il buon esito delle analisi morfodinamiche di cui ai precedenti capitoli che denotano una buona stabilità del fondo nel tempo si suggerisce l'installazione lungo il tratto di rio in esame di numero 7 aste graduate per il monitoraggio del livello di sedimentazione in punti distribuiti uniformemente lungo il tratto di rio oggetto di progettazione.

È vietata la riproduzione di questo documento, senza autorizzazione scritta

Restando a disposizione per ogni chiarimento si porgono cordiali saluti.



In fede: Ing. Daniele Canale

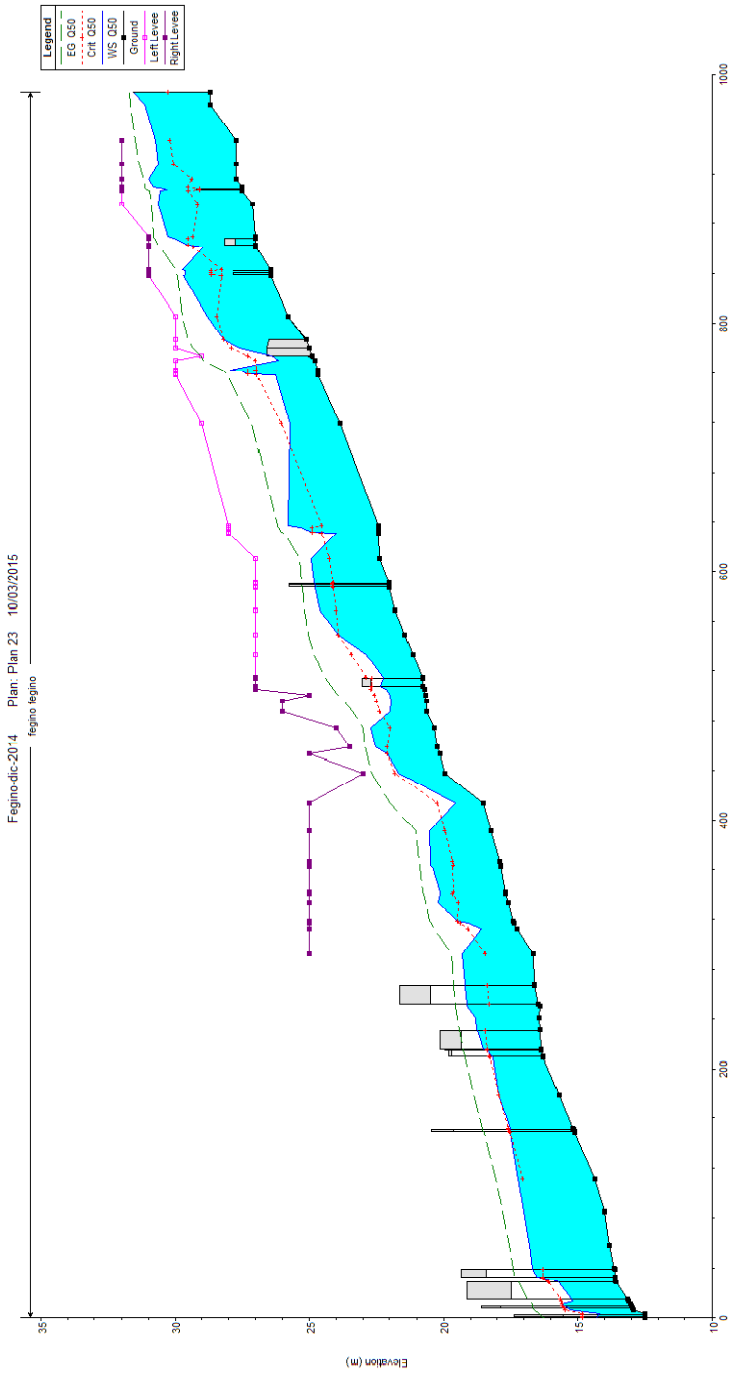
_____

È vietata la riproduzione di questo documento, senza autorizzazione scritta

12. Allegato A – Risultati in forma numerica e grafica

12.1. Risultati analisi allo stato attuale

Si riportano di seguito il profilo longitudinale e le sezioni (dalla SEZ-20 alla SEZ-0.30) del tratto di Rio Fegino indagato, nella sua configurazione allo stato attuale e con riferimento alla portata di progetto 50-ennale.

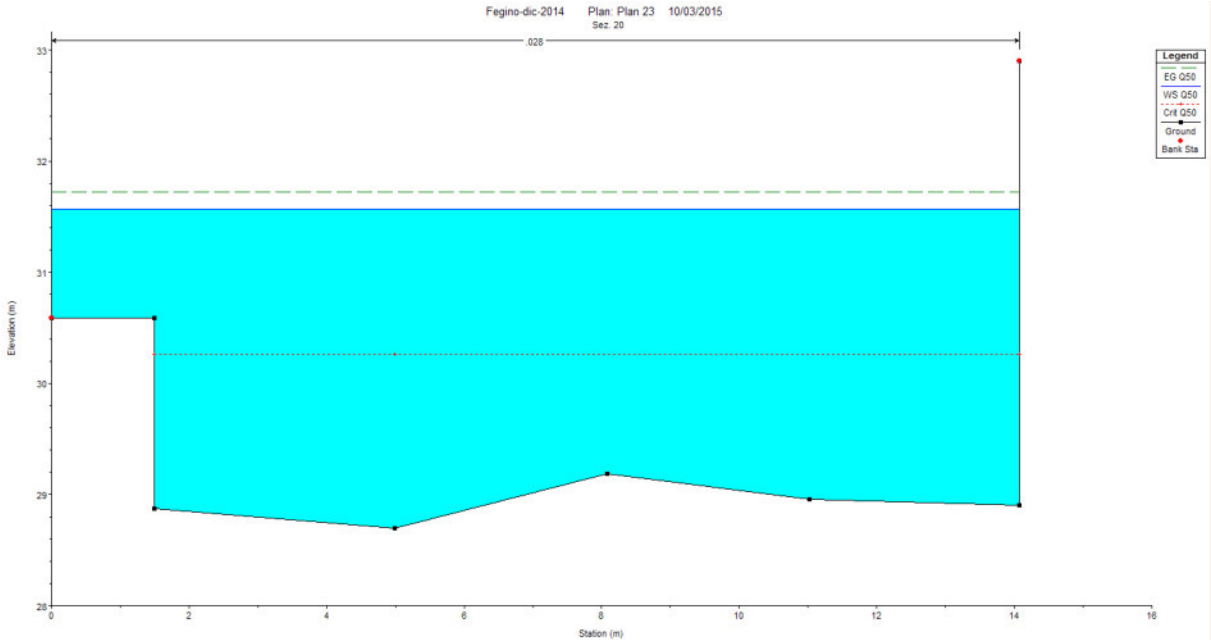


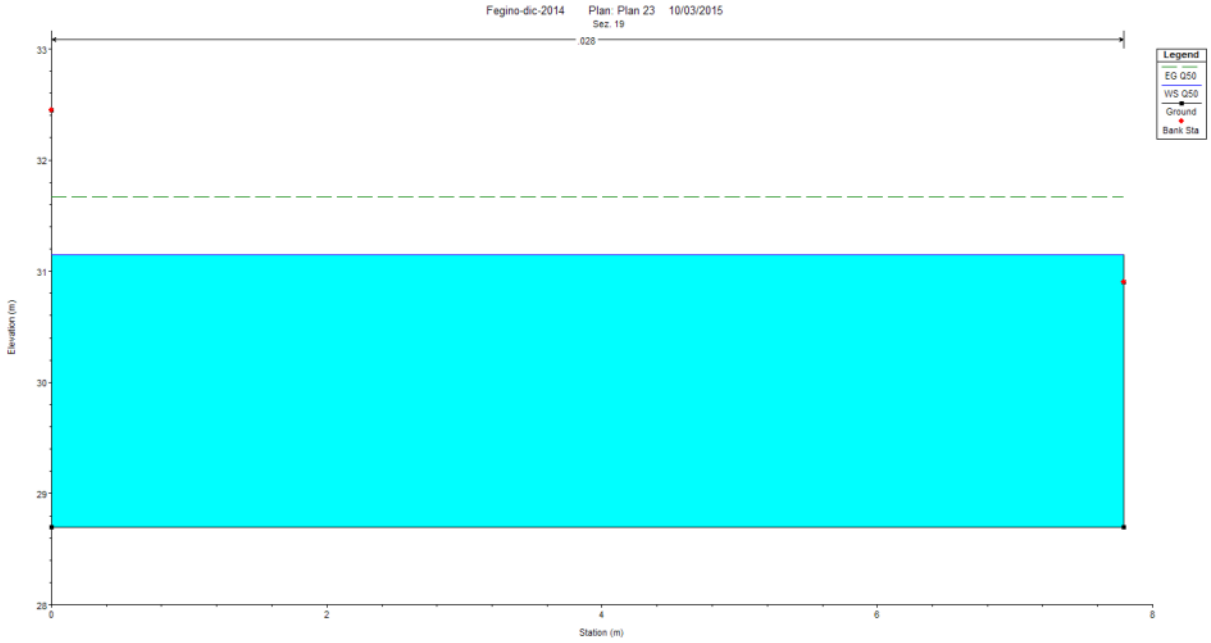
Reach	River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
			(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m2)	(m)	
fegino	20	Q50	61.00	28.70	31.57	30.26	31.72	0.001130	1.76	34.63	14.07	0.36
fegino	19	Q50	61.00	28.70	31.14		31.67	0.004677	3.20	19.04	7.79	0.65
fegino	18	Q50	61.00	27.70	30.75	30.19	31.48	0.006810	3.80	16.05	5.68	0.72
fegino	17	Q50	61.00	27.73	30.65	30.05	31.36	0.006614	3.72	16.41	5.75	0.70
fegino	16	Q50	61.00	27.73	30.98	29.38	31.17	0.001231	1.96	31.18	9.81	0.35
fegino	15.4	Q50	61.00	27.50	30.82	29.50	31.15	0.002457	2.55	23.96	7.45	0.45
fegino	15.3	Q50	61.00	27.50	30.39	29.07	31.11	0.019596	3.74	16.33	7.45	0.70
fegino	15.2	Q50	61.00	27.50	30.31	29.07	31.08	0.022360	3.89	15.69	7.45	0.74
fegino	15.1	Q50	61.00	27.50	30.57	29.50	30.96	0.003062	2.76	22.10	7.45	0.51
fegino	14	Q50	61.00	27.10	30.62	29.16	30.90	0.001626	2.38	26.24	8.02	0.42
fegino	13.4	Q50	61.00	27.00	30.26	29.33	30.81	0.004780	3.27	18.65	5.92	0.59
fegino	13.3	Q50	61.00	27.00	30.08	29.53	30.78	0.013604	3.73	16.36	5.92	0.68
fegino	13.2	Q50	61.00	27.00	29.53	29.53	30.63	0.028528	4.66	13.10	5.92	0.94
fegino	13.1	Q50	61.00	27.00	28.95	29.33	30.56	0.021026	5.62	10.85	5.92	1.33
fegino	12.4	Q50	61.00	26.44	29.75	28.24	29.97	0.001440	2.09	29.20	9.29	0.38
fegino	12.3	Q50	61.00	26.44	29.64	28.67	29.96	0.006545	2.52	24.21	9.29	0.45
fegino	12.25		Bridge									
fegino	12.2	Q50	61.00	26.44	29.61	28.67	29.94	0.006726	2.54	24.01	9.29	0.46
fegino	12.1	Q50	61.00	26.44	29.68	28.24	29.91	0.001535	2.14	28.54	9.29	0.39
fegino	11	Q50	61.00	25.80	28.79	28.44	29.75	0.006127	4.34	14.07	5.00	0.83
fegino	10	Q50	61.00	25.16	28.20	28.20	29.52	0.019525	5.10	11.96	4.51	0.93
fegino	9.3	Q50	61.00	25.04	27.61	27.91	29.32	0.027928	5.80	10.52	4.33	1.15
fegino	9.2	Q50	61.00	25.07	26.43	27.27	29.06	0.030135	7.18	8.49	5.83	1.97
fegino	9.1	Q50	61.00	24.80	26.16	26.99	28.93	0.028753	7.37	8.27	6.84	2.14
fegino	8.2	Q50	61.00	24.68	27.93	26.94	28.20	0.001397	2.34	26.11	10.59	0.47
fegino	8.1	Q50	61.00	24.68	27.50	27.28	28.16	0.006935	3.61	16.92	8.90	0.83
fegino	8	Q50	61.00	24.68	27.28	27.28	28.13	0.009753	4.07	14.97	8.86	1.00
fegino	7.9	Q50	61.00	24.68	26.28	26.94	28.02	0.024138	5.86	10.42	6.98	1.53
fegino	7	Q50	61.00	23.87	25.73	26.04	27.14	0.017343	5.26	11.61	6.70	1.27
fegino	6.2	Q50	61.00	22.40	25.80	24.55	26.19	0.003011	2.78	21.93	6.83	0.50
fegino	6.1	Q50	61.00	22.40	25.35	24.91	26.14	0.013018	3.95	15.44	5.76	0.77
fegino	6	Q50	61.00	22.40	24.91	24.91	26.04	0.020262	4.73	12.91	5.67	1.00
fegino	5.9	Q50	61.00	22.40	23.98	24.55	25.94	0.027923	6.20	9.85	6.49	1.61
fegino	5	Q50	61.00	22.37	24.95	24.24	25.37	0.003443	2.89	21.10	8.87	0.60
fegino	4.4	Q50	61.00	22.03	24.83	24.12	25.30	0.003741	3.03	20.15	8.02	0.61
fegino	4.3	Q50	61.00	22.03	24.79	24.14	25.29	0.006010	3.15	19.37	7.81	0.61
fegino	4.25		Bridge									

È vietata la riproduzione di questo documento, senza autorizzazione scritta

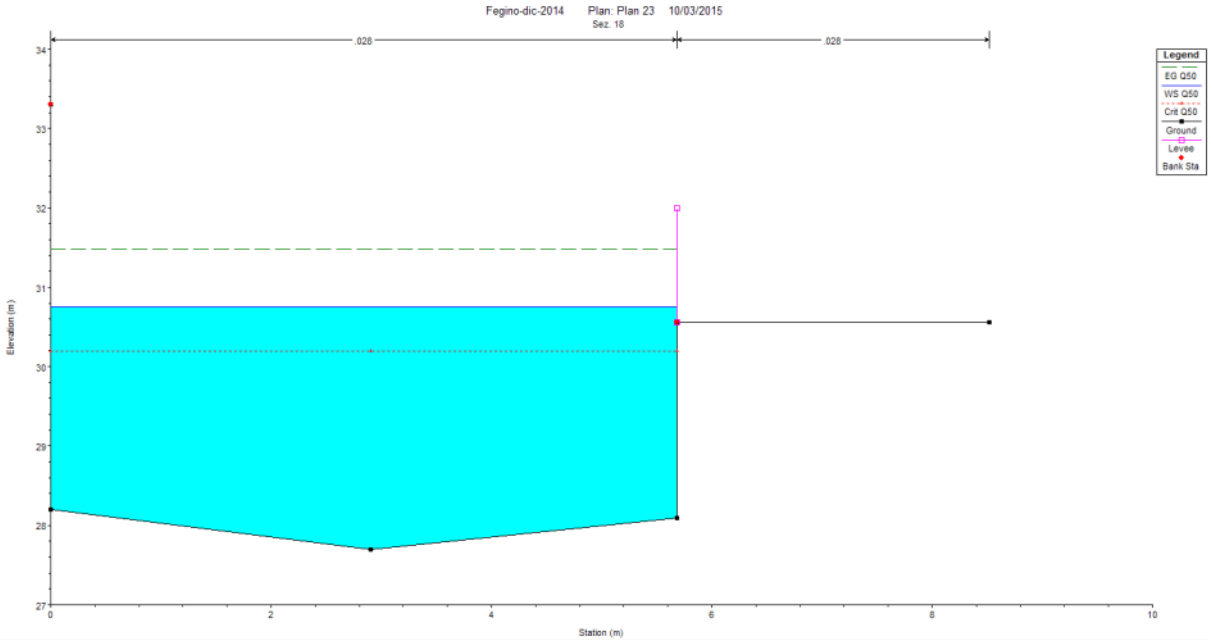
fegino	12.2	Q50	61.00	26.44	29.61	28.67	29.94	0.006726	2.54	24.01	9.29	0.46
fegino	12.1	Q50	61.00	26.44	29.68	28.24	29.91	0.001535	2.14	28.54	9.29	0.39
fegino	11	Q50	61.00	25.80	28.79	28.44	29.75	0.006127	4.34	14.07	5.00	0.83
fegino	10	Q50	61.00	25.16	28.20	28.20	29.52	0.019525	5.10	11.96	4.51	0.93
fegino	9.3	Q50	61.00	25.04	27.61	27.91	29.32	0.027928	5.80	10.52	4.33	1.15
fegino	9.2	Q50	61.00	25.07	26.43	27.27	29.06	0.030135	7.18	8.49	5.83	1.97
fegino	9.1	Q50	61.00	24.80	26.16	26.99	28.93	0.028753	7.37	8.27	6.84	2.14
fegino	8.2	Q50	61.00	24.68	27.93	26.94	28.20	0.001397	2.34	26.11	10.59	0.47
fegino	8.1	Q50	61.00	24.68	27.50	27.28	28.16	0.006935	3.61	16.92	8.90	0.83
fegino	8	Q50	61.00	24.68	27.28	27.28	28.13	0.009753	4.07	14.97	8.86	1.00
fegino	7.9	Q50	61.00	24.68	26.28	26.94	28.02	0.024138	5.86	10.42	6.98	1.53
fegino	7	Q50	61.00	23.87	25.73	26.04	27.14	0.017343	5.26	11.61	6.70	1.27
fegino	6.2	Q50	61.00	22.40	25.80	24.55	26.19	0.003011	2.78	21.93	6.83	0.50
fegino	6.1	Q50	61.00	22.40	25.35	24.91	26.14	0.013018	3.95	15.44	5.76	0.77
fegino	6	Q50	61.00	22.40	24.91	24.91	26.04	0.020262	4.73	12.91	5.67	1.00
fegino	5.9	Q50	61.00	22.40	23.98	24.55	25.94	0.027923	6.20	9.85	6.49	1.61
fegino	5	Q50	61.00	22.37	24.95	24.24	25.37	0.003443	2.89	21.10	8.87	0.60
fegino	4.4	Q50	61.00	22.03	24.83	24.12	25.30	0.003741	3.03	20.15	8.02	0.61
fegino	4.3	Q50	61.00	22.03	24.79	24.14	25.29	0.006010	3.15	19.37	7.81	0.61
fegino	4.25		Bridge									
fegino	4.2	Q50	61.00	22.03	24.77	24.14	25.28	0.006137	3.18	19.21	7.81	0.61
fegino	4.1	Q50	61.00	22.03	24.78	24.12	25.27	0.002450	3.09	19.73	8.02	0.63
fegino	3	Q50	61.00	21.80	24.60	24.00	25.21	0.003222	3.44	17.73	6.74	0.68
fegino	2.9	Q50	61.00	21.42	23.91	23.91	25.06	0.007505	4.74	12.87	5.62	1.00
fegino	2	Q50	61.00	21.16	22.87	23.43	24.81	0.016460	6.18	9.88	6.34	1.58
fegino	1.1	Q50	61.00	20.80	22.21	22.87	24.43	0.022856	6.59	9.26	7.80	1.93
fegino	1.02	Q50	61.00	20.80	22.23	22.66	24.39	0.022046	6.51	9.37	7.80	1.90
fegino	1.01	Q50	61.00	20.80	22.33	22.66	24.17	0.017458	6.02	10.13	7.82	1.69
fegino	1	Q50	61.00	20.73	22.11	22.70	24.12	0.033225	6.28	9.71	8.10	1.83
fegino	0.36	Q50	61.00	20.68	21.98	22.56	23.94	0.034141	6.20	9.84	8.93	1.89
fegino	0.35	Q50	61.00	20.63	21.95	22.47	23.71	0.032042	5.88	10.38	10.22	1.86
fegino	0.34	Q50	61.00	20.63	21.98	22.39	23.37	0.025165	5.21	11.70	12.01	1.69
fegino	0.33	Q50	61.00	20.37	22.70	21.99	22.98	0.002281	2.34	26.10	13.04	0.53
fegino	0.32	Q50	61.00	20.23	22.50	22.08	22.92	0.003908	2.84	21.48	11.84	0.67
fegino	0.31	Q50	61.00	20.12	22.10	22.10	22.85	0.008769	3.84	15.88	10.60	1.00
fegino	0.3	Q50	61.00	19.94	21.64	21.79	22.67	0.012695	4.49	13.57	8.74	1.15

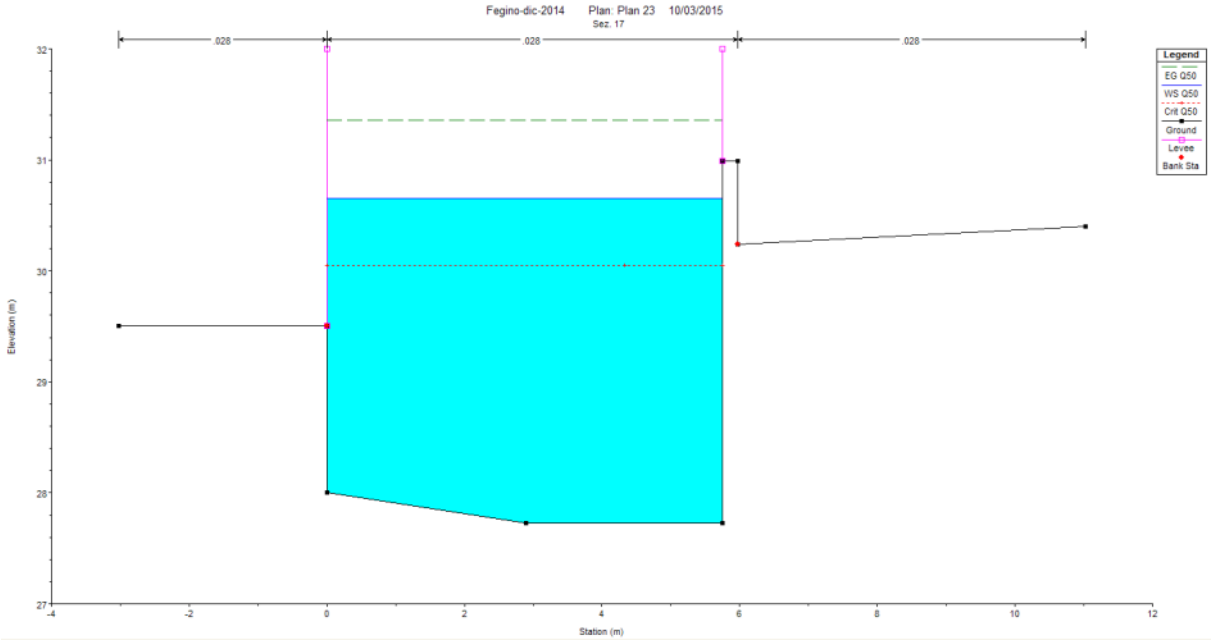
È vietata la riproduzione di questo documento, senza autorizzazione scritta



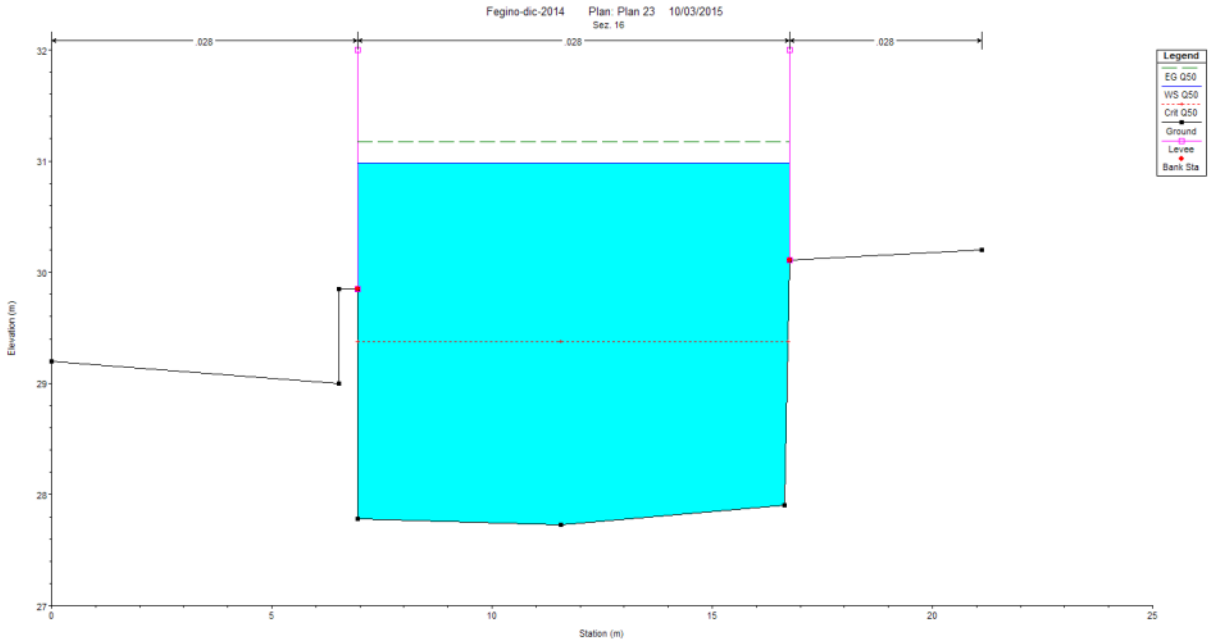


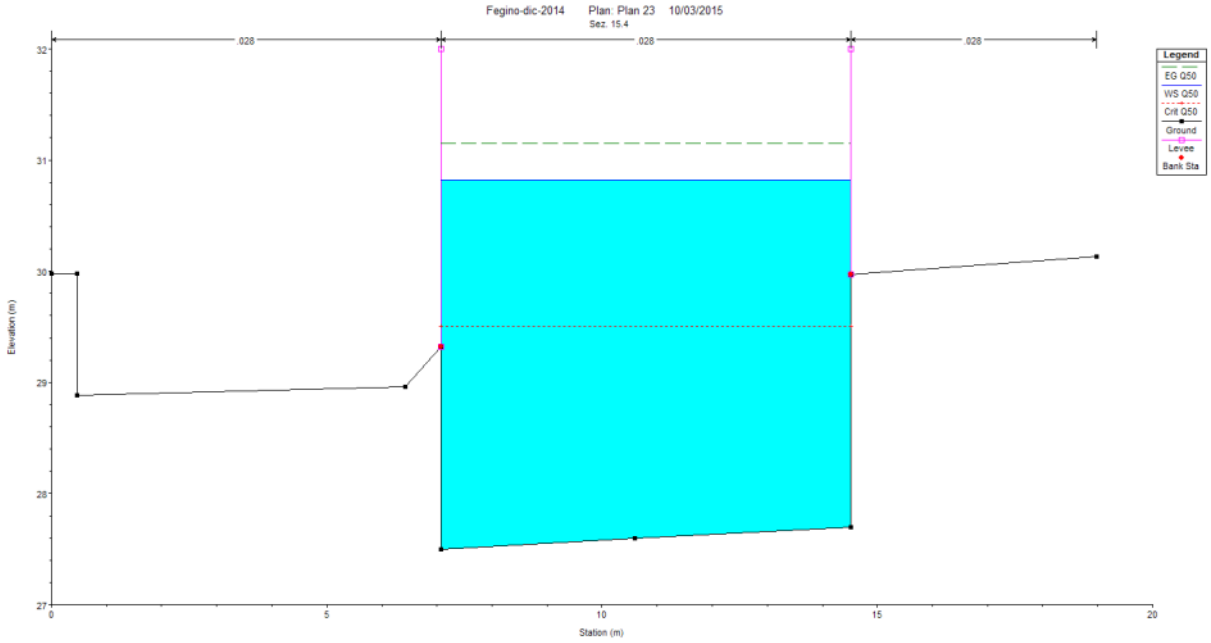
È vietata la riproduzione di questo documento, senza autorizzazione scritta



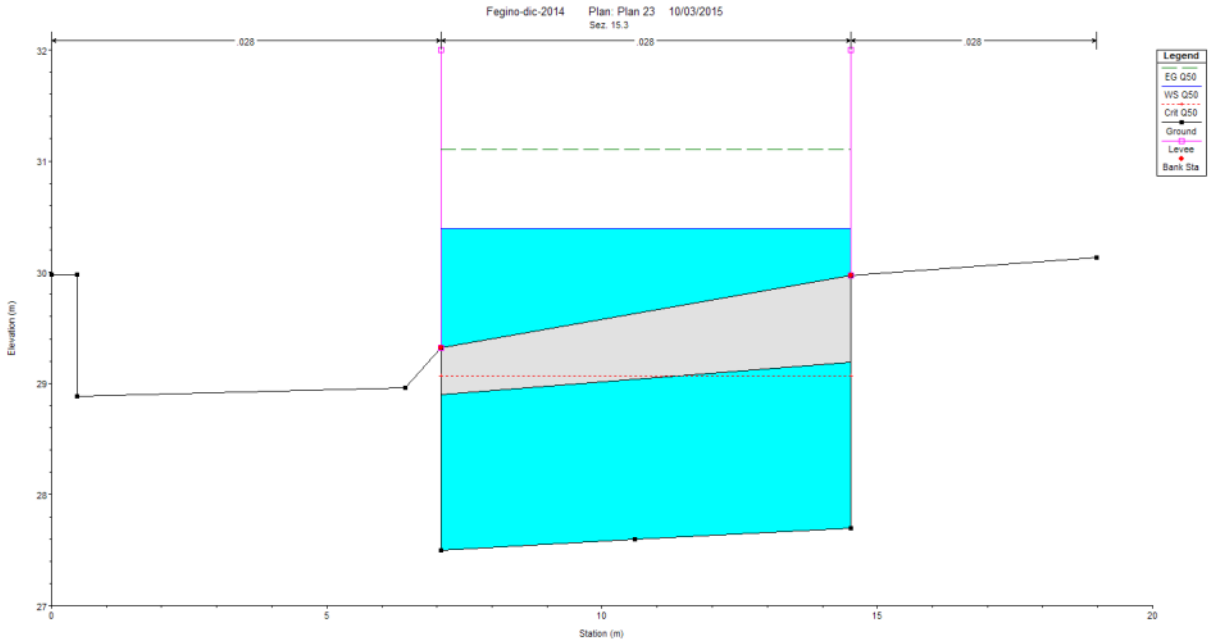


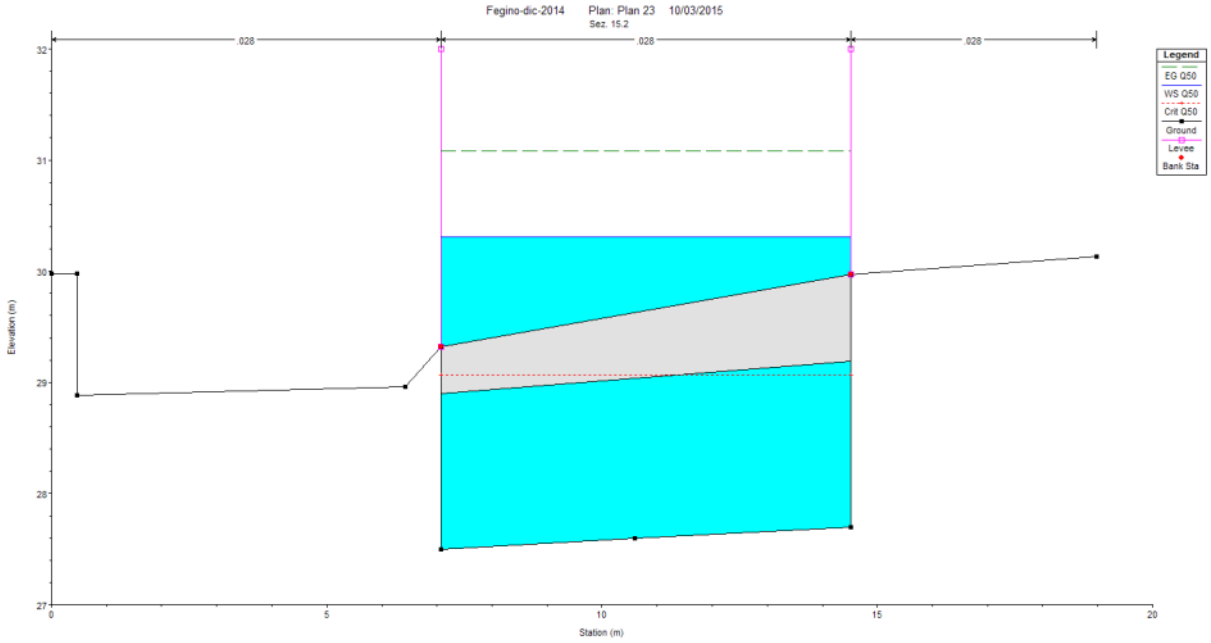
È vietata la riproduzione di questo documento, senza autorizzazione scritta



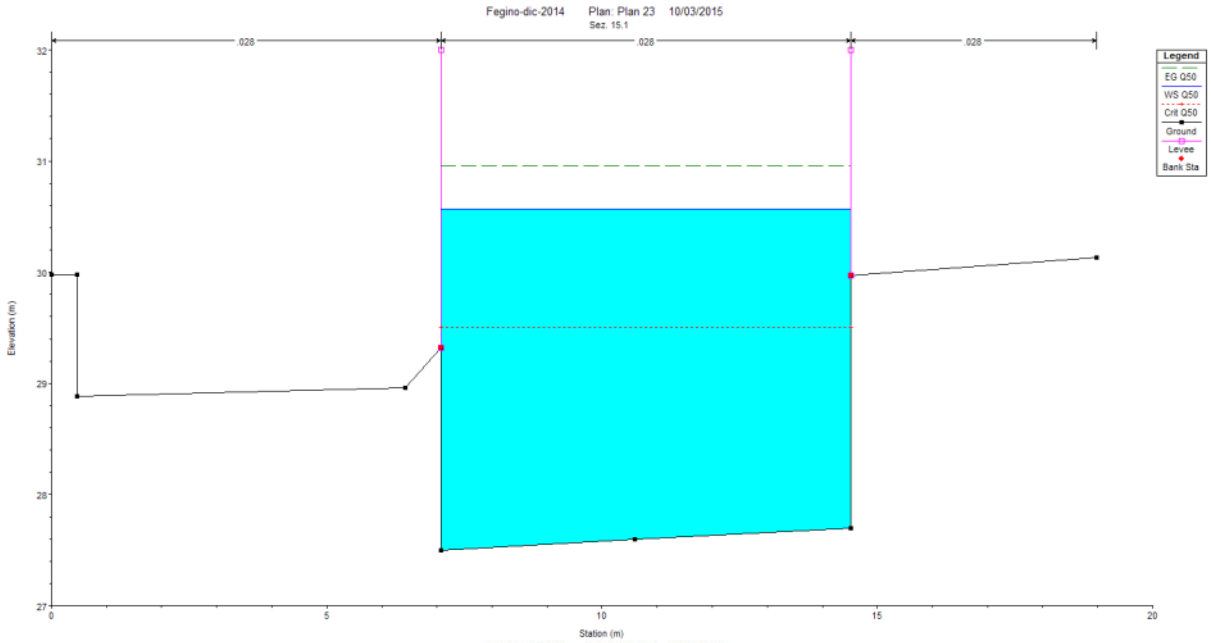


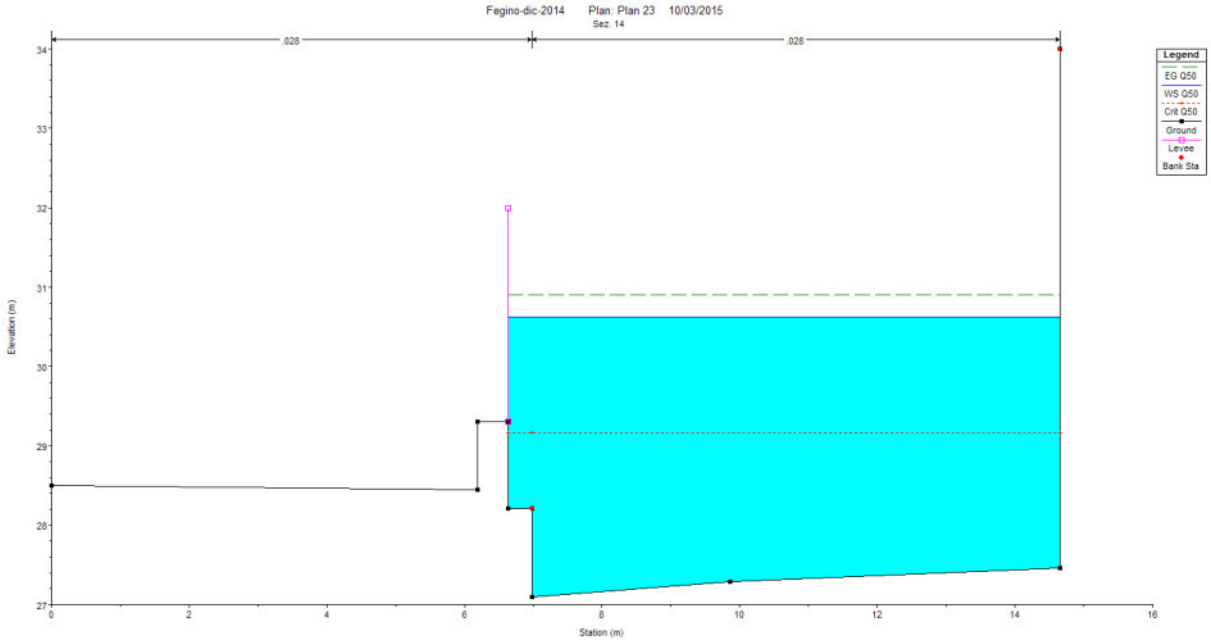
È vietata la riproduzione di questo documento, senza autorizzazione scritta



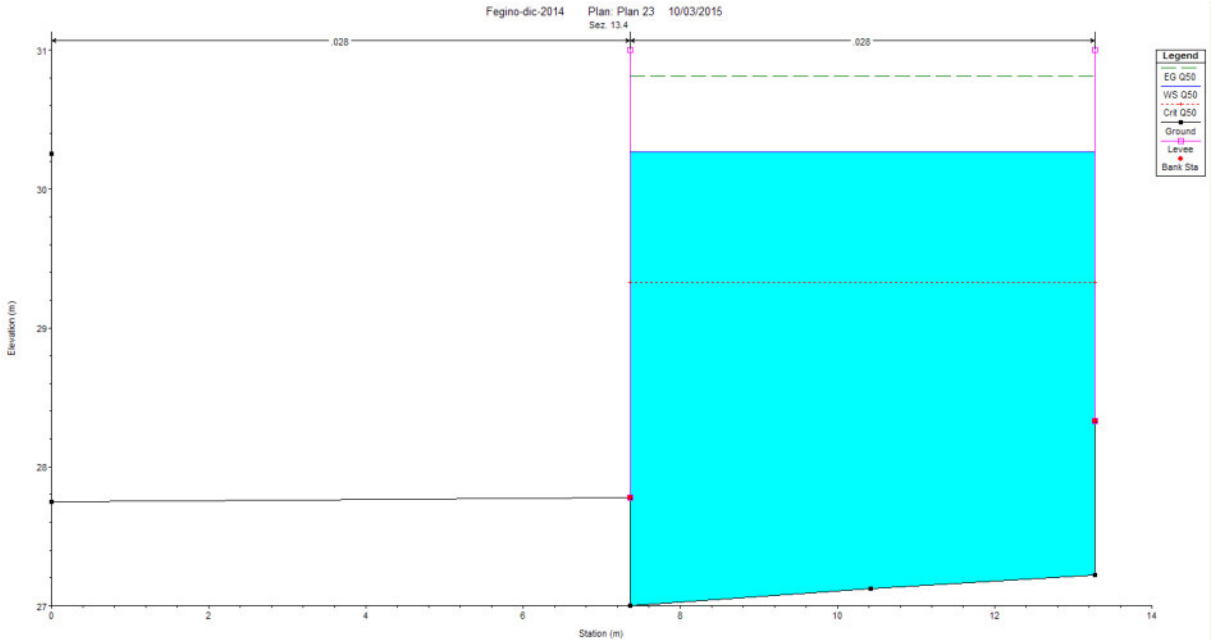


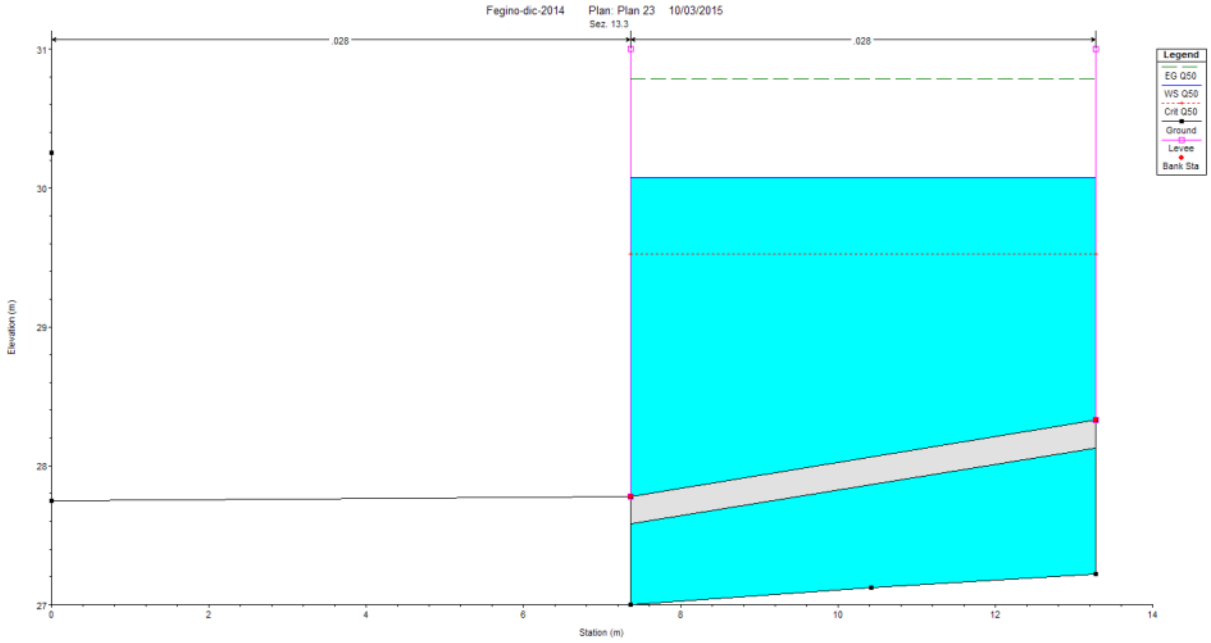
È vietata la riproduzione di questo documento, senza autorizzazione scritta



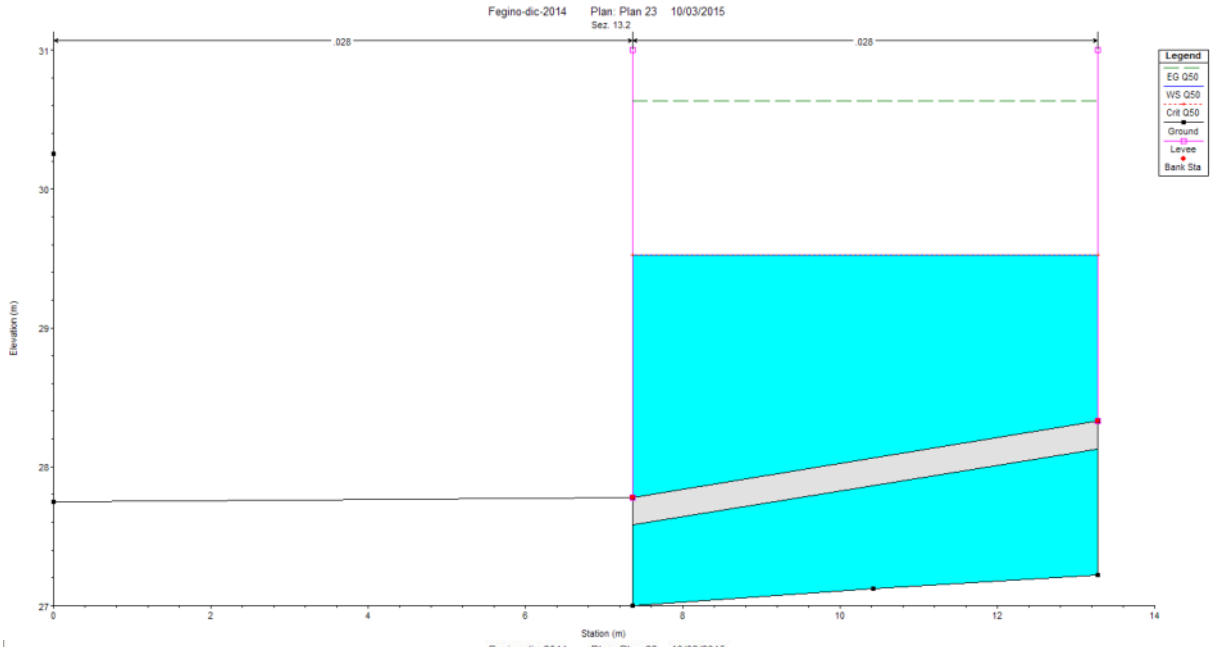


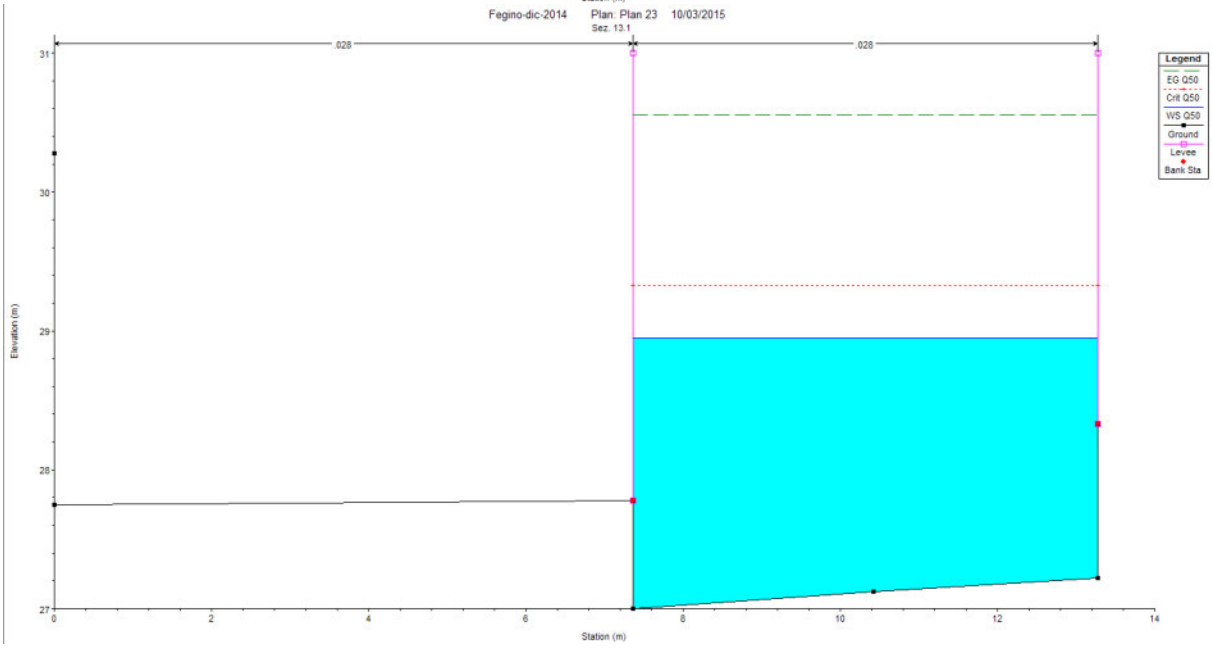
È vietata la riproduzione di questo documento, senza autorizzazione scritta



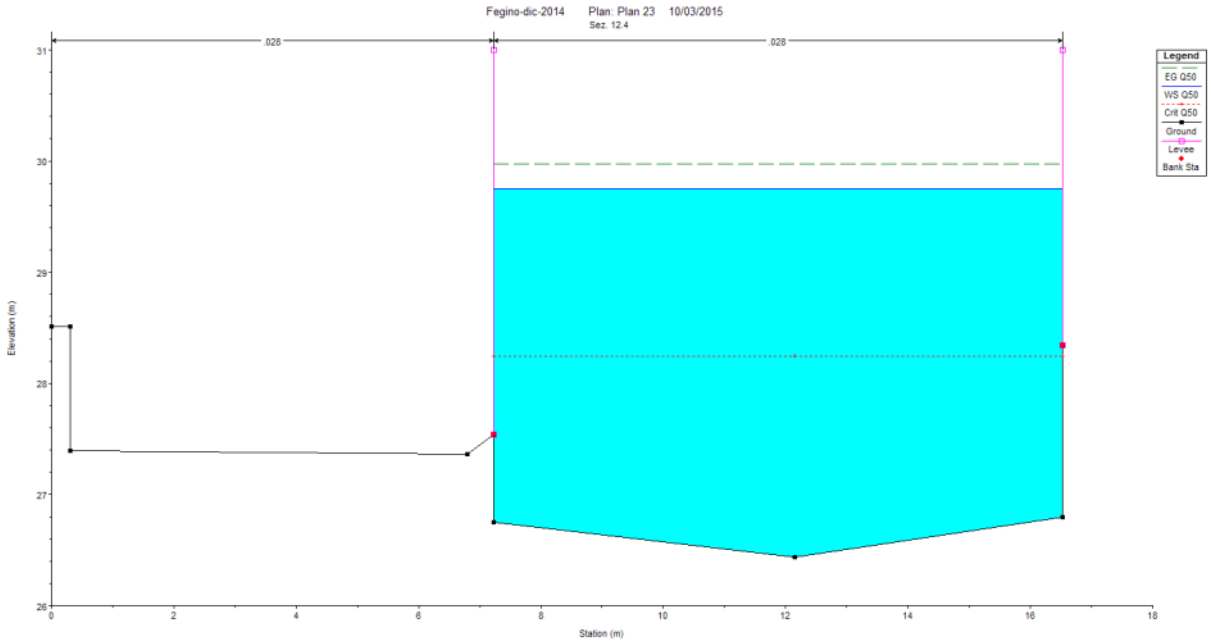


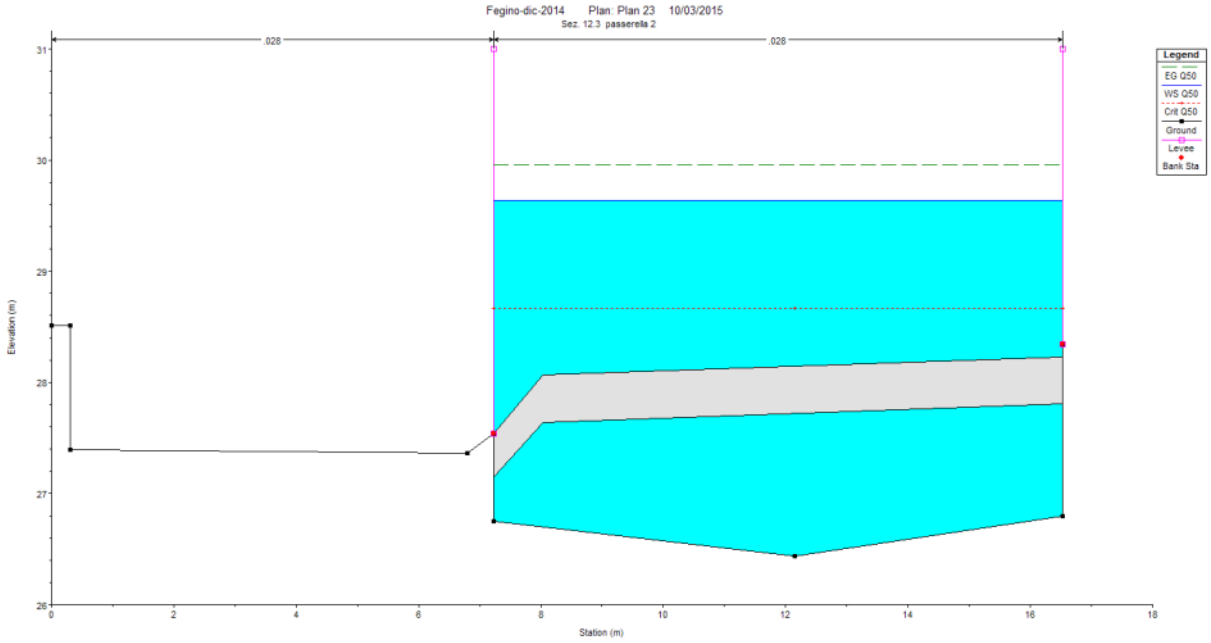
È vietata la riproduzione di questo documento, senza autorizzazione scritta



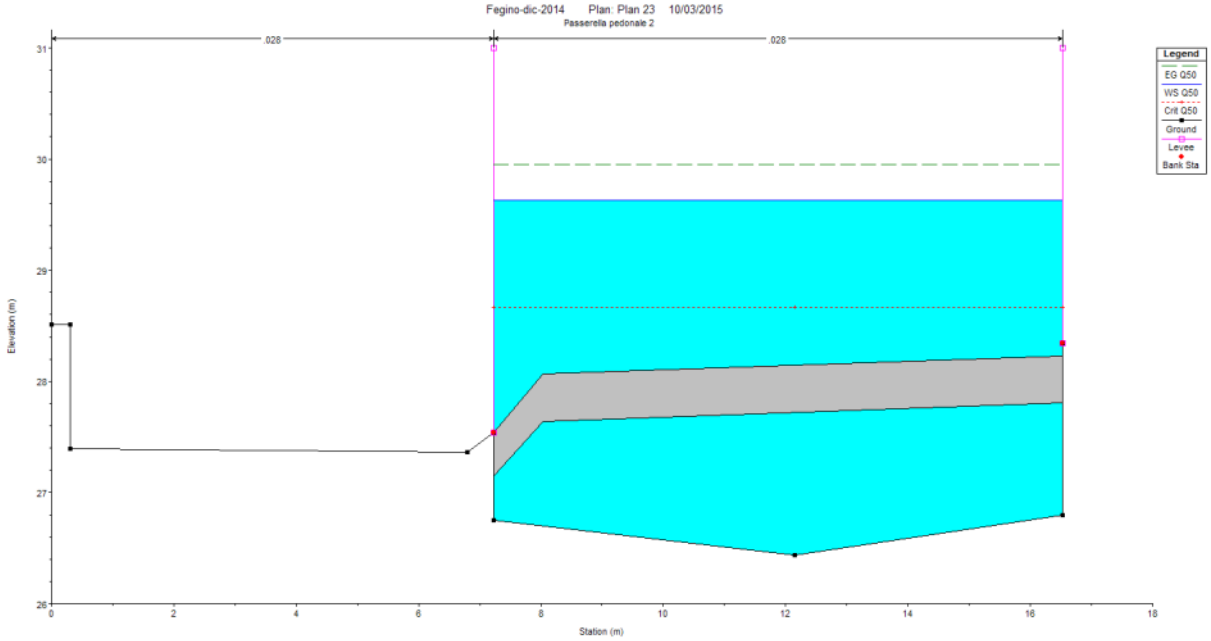


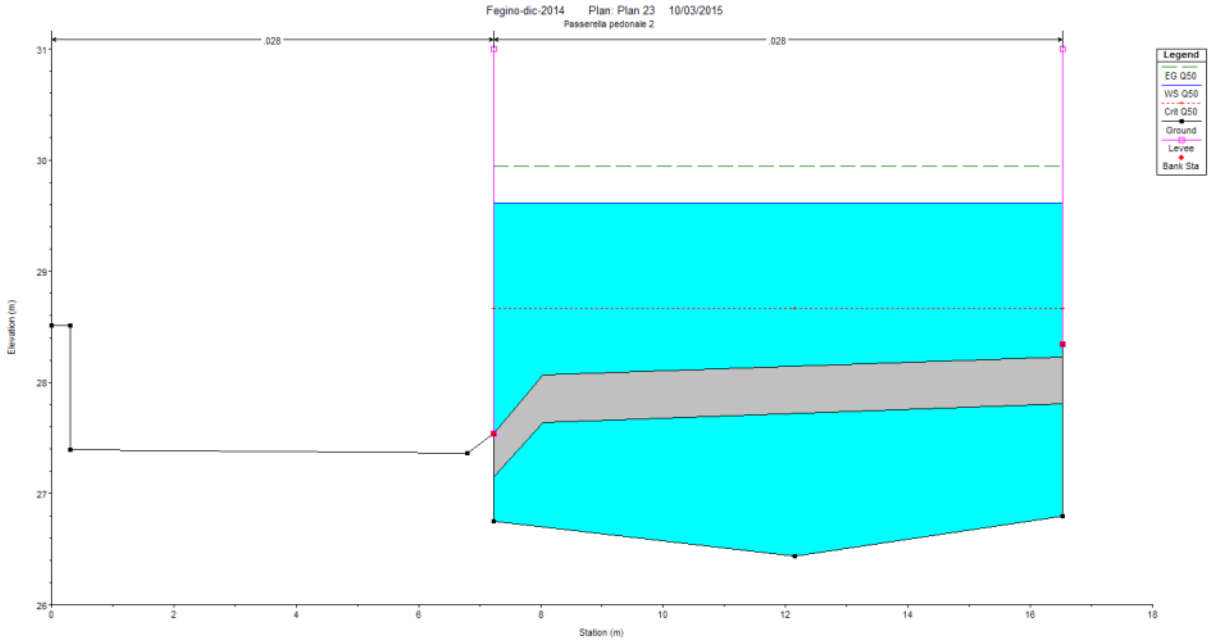
È vietata la riproduzione di questo documento, senza autorizzazione scritta



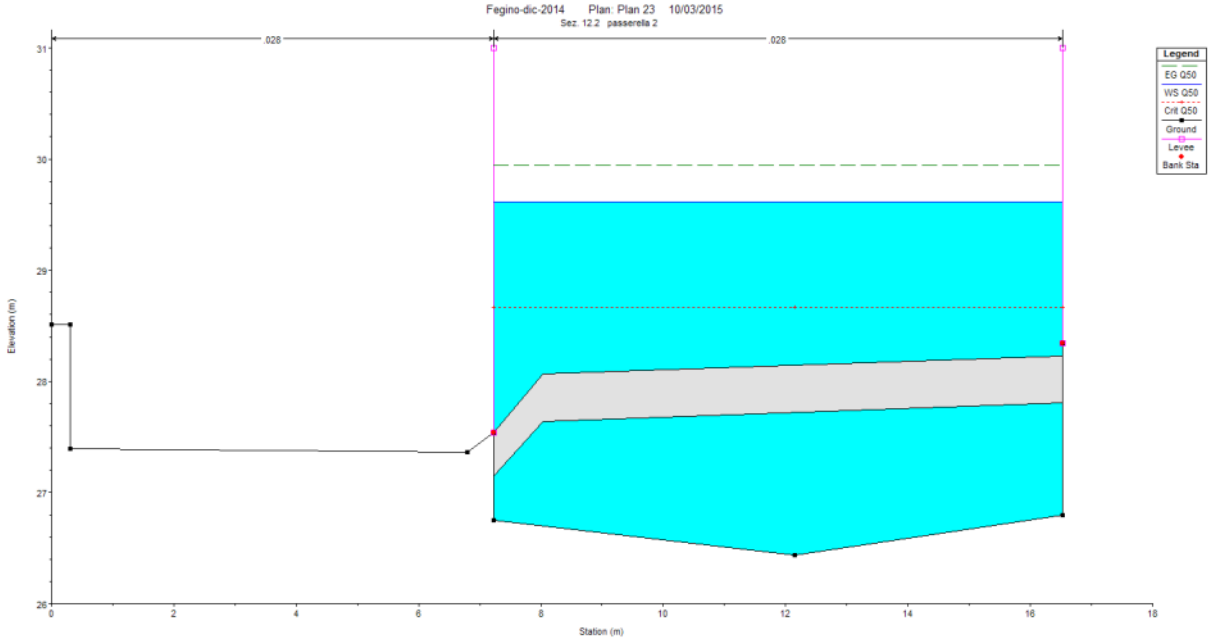


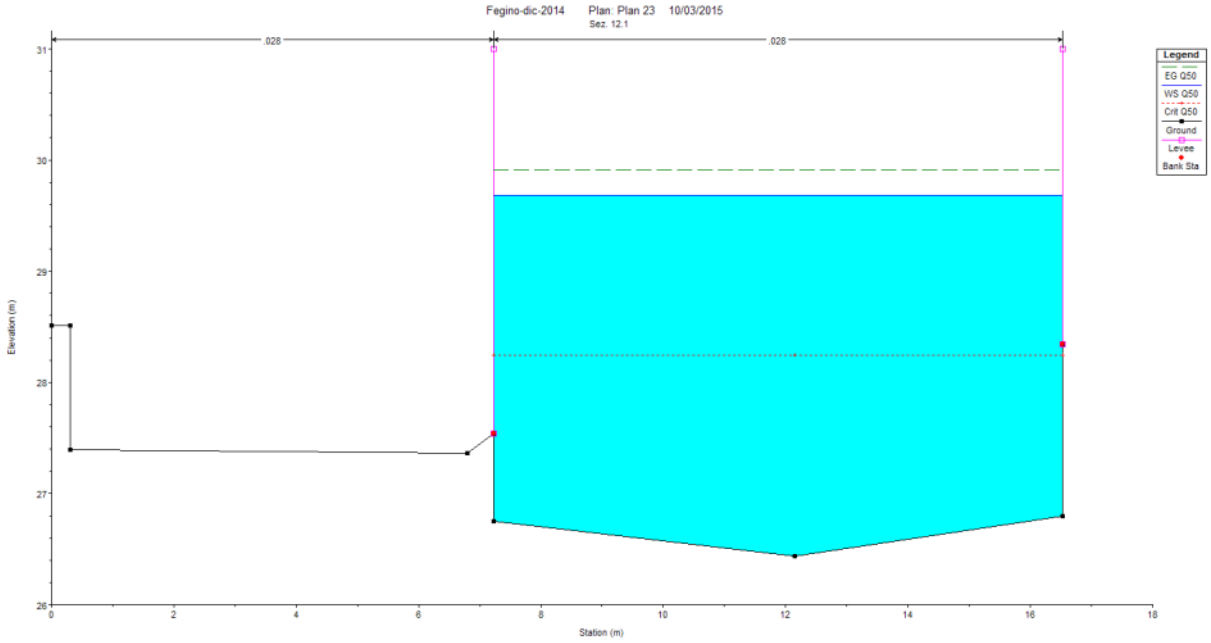
È vietata la riproduzione di questo documento, senza autorizzazione scritta



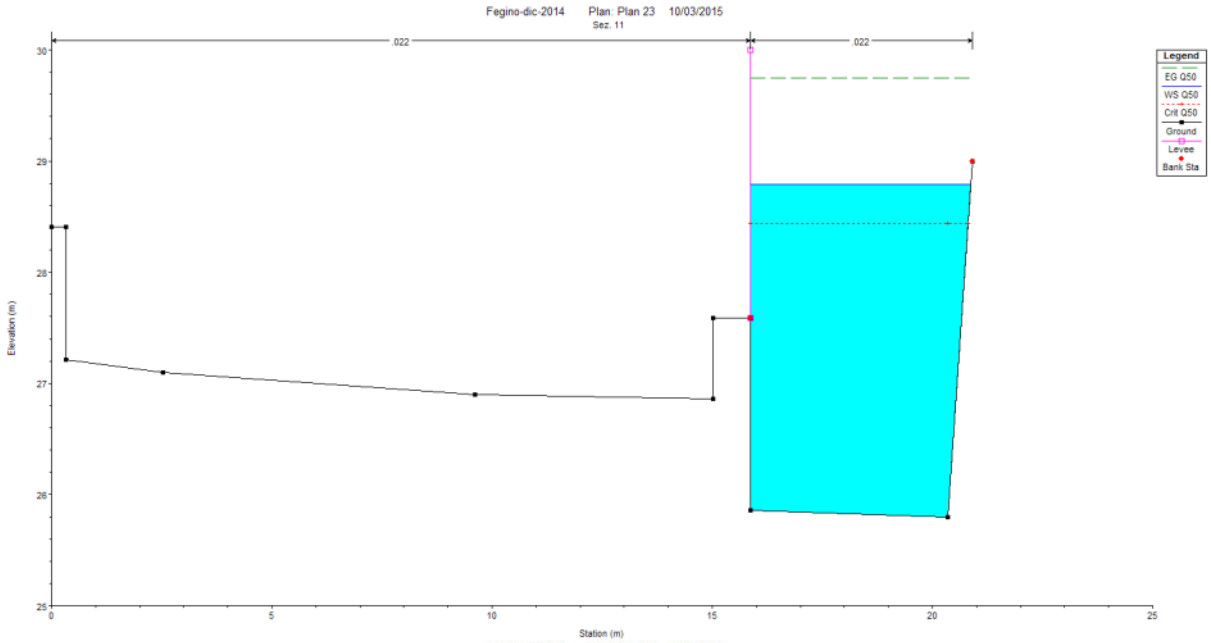


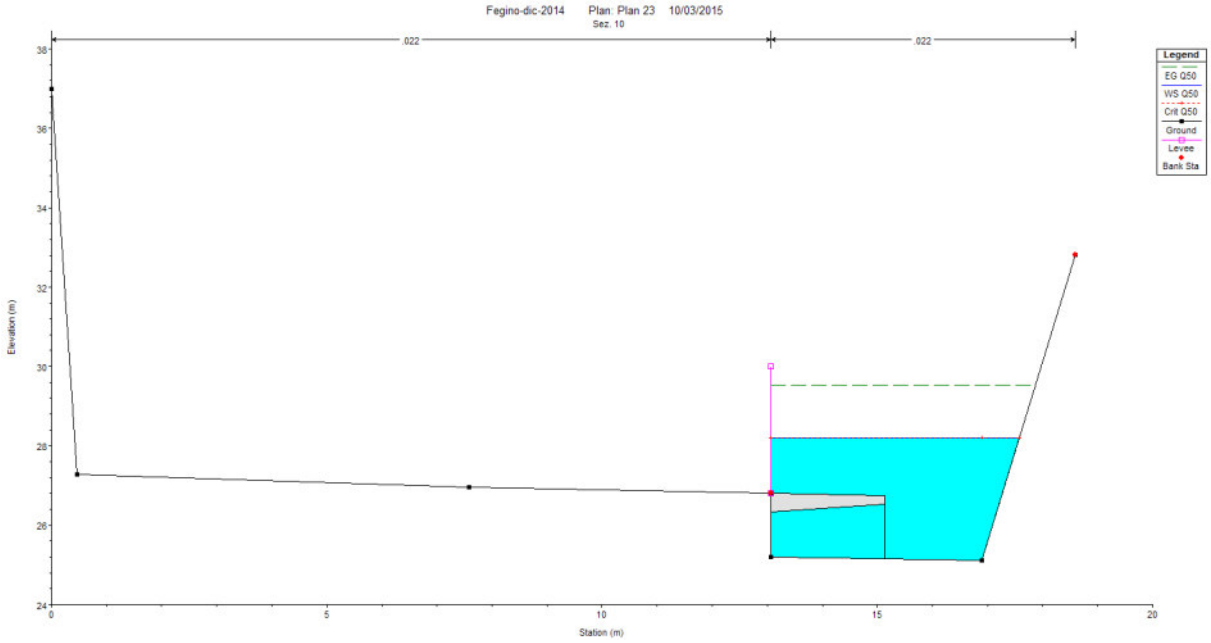
È vietata la riproduzione di questo documento, senza autorizzazione scritta



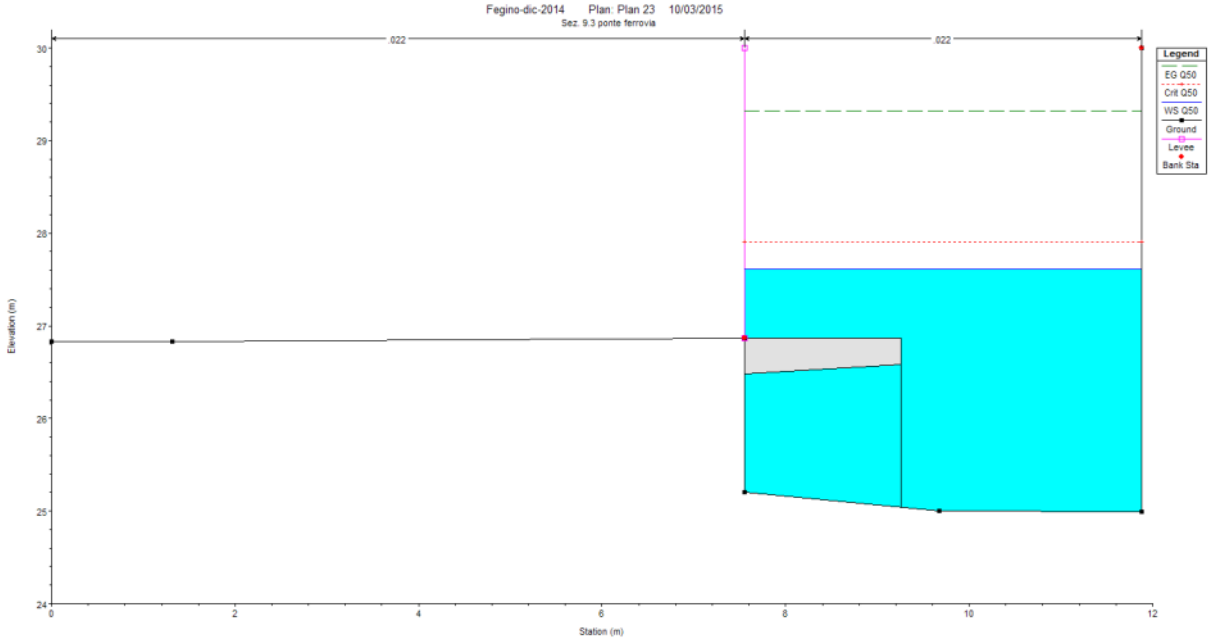


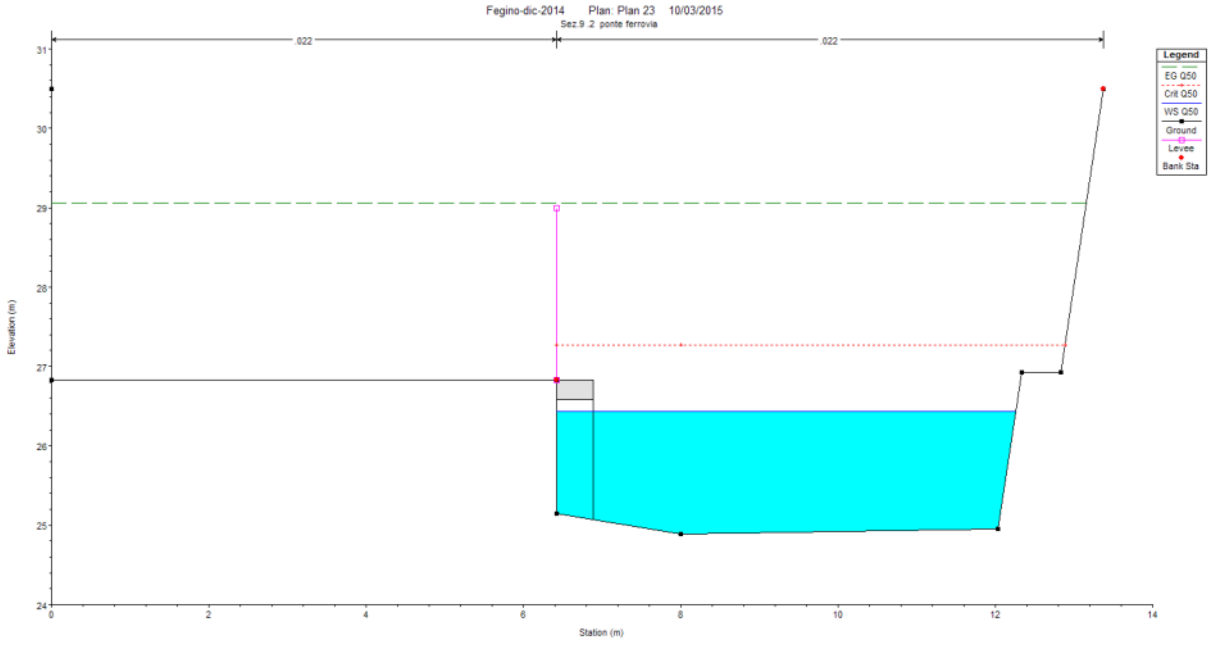
È vietata la riproduzione di questo documento, senza autorizzazione scritta



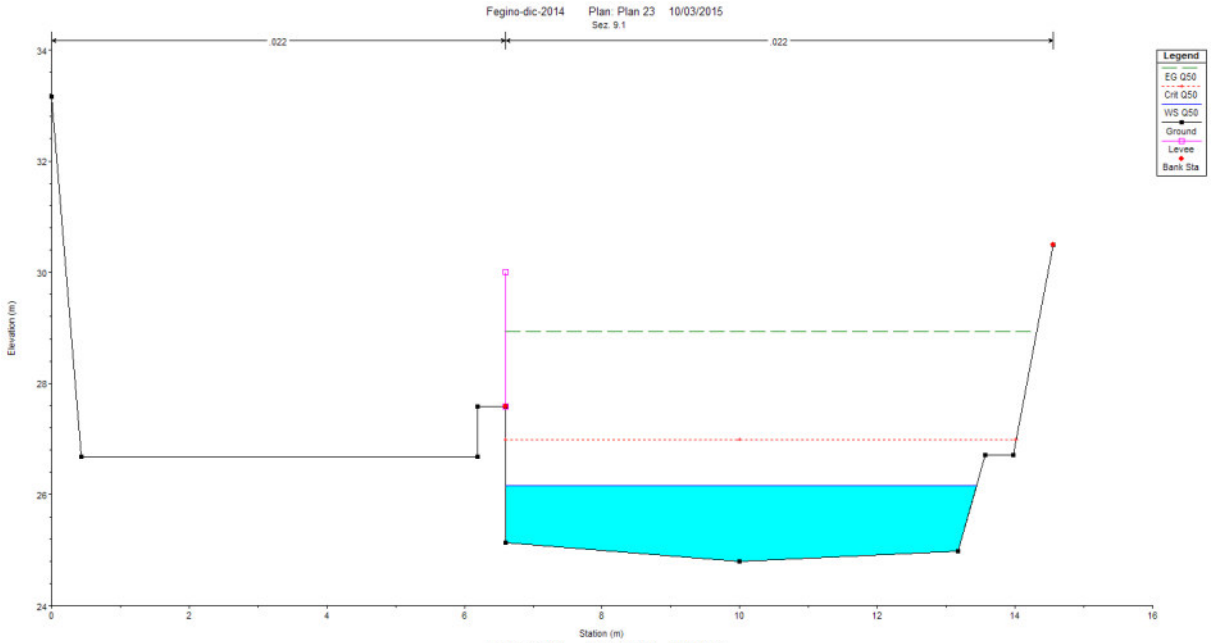


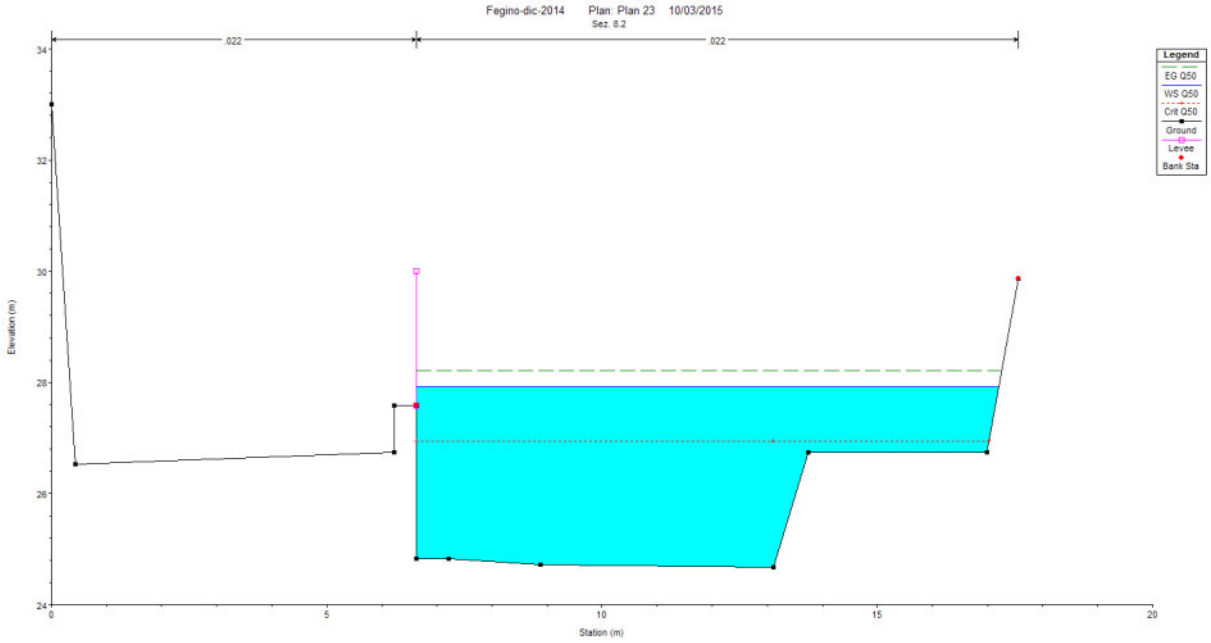
È vietata la riproduzione di questo documento, senza autorizzazione scritta



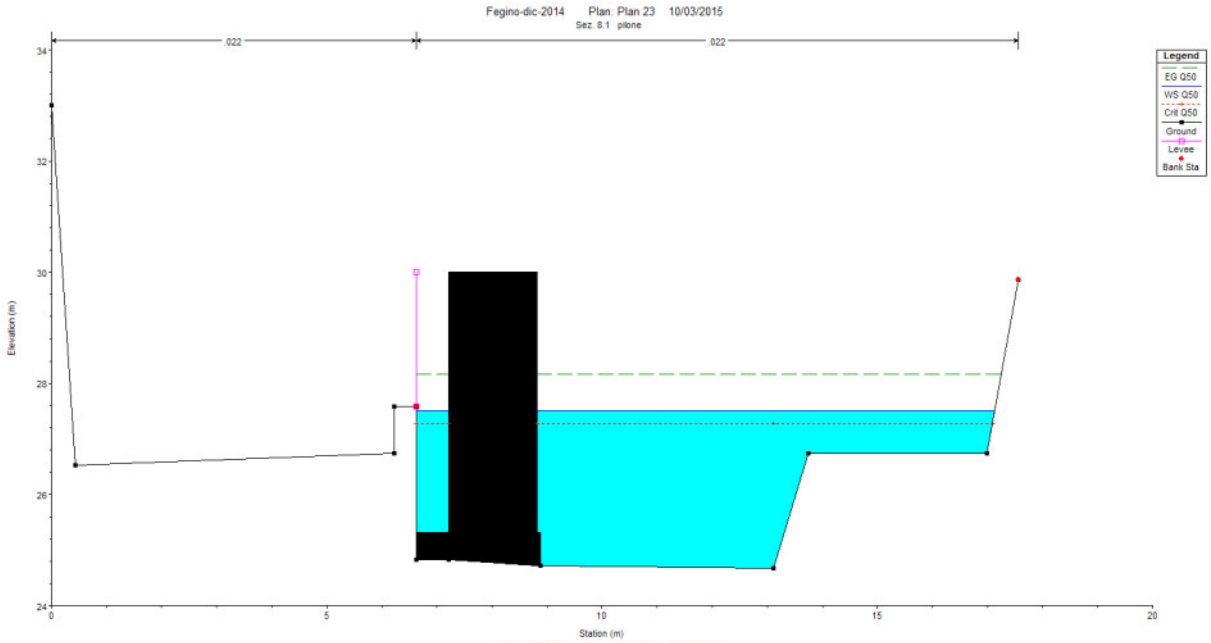


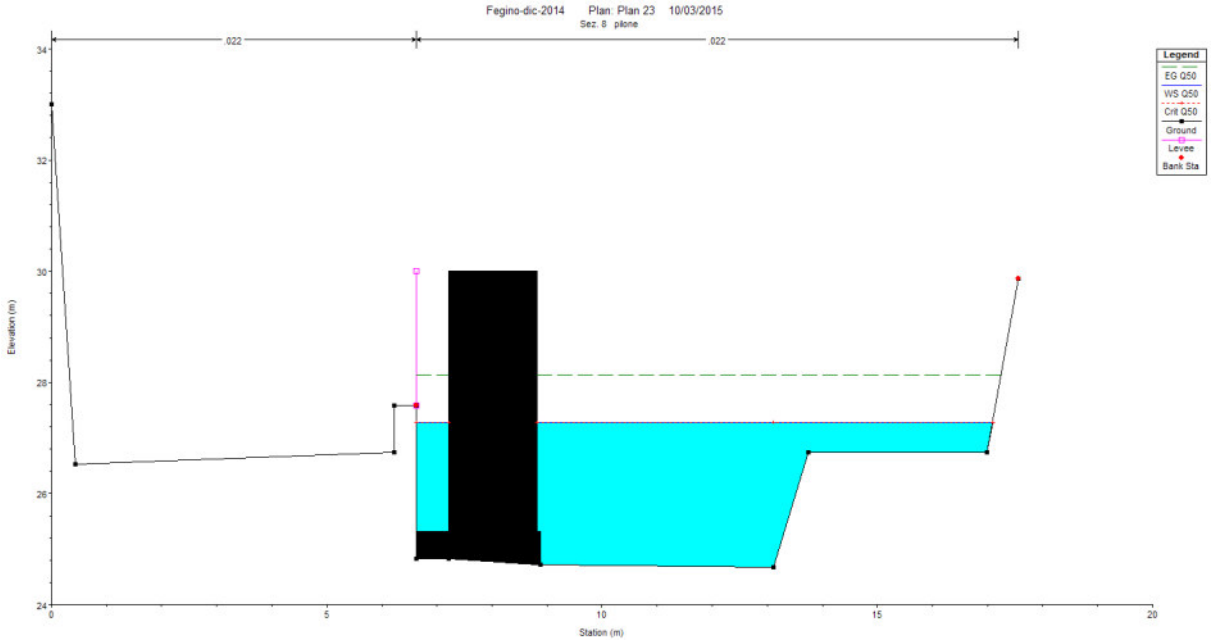
È vietata la riproduzione di questo documento, senza autorizzazione scritta



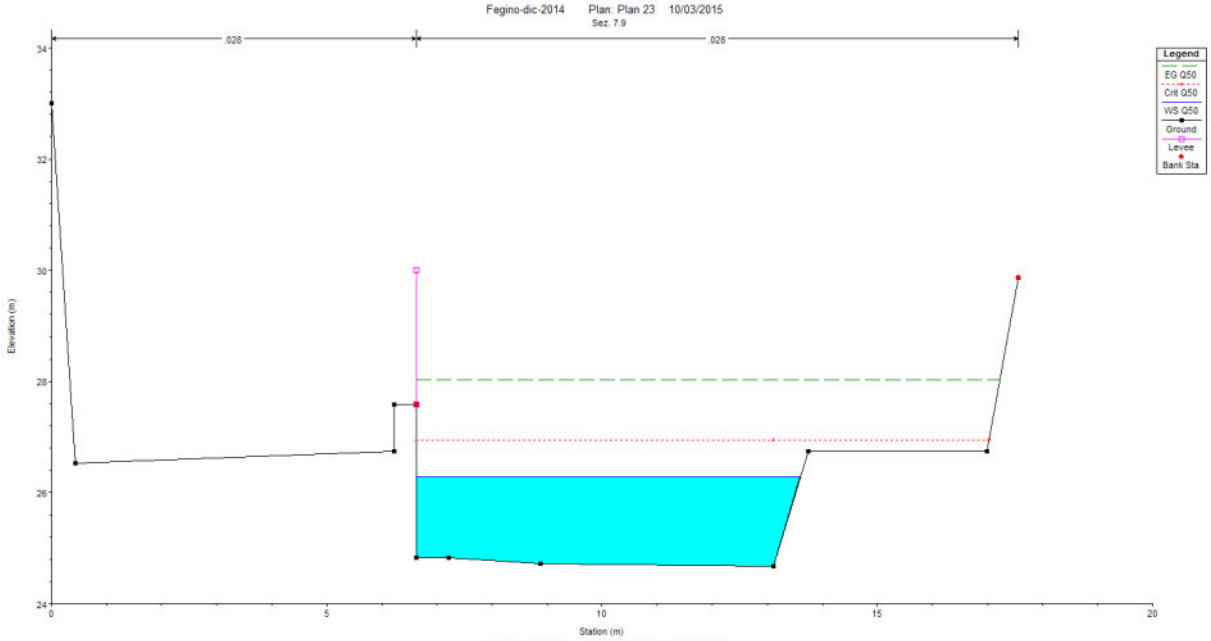


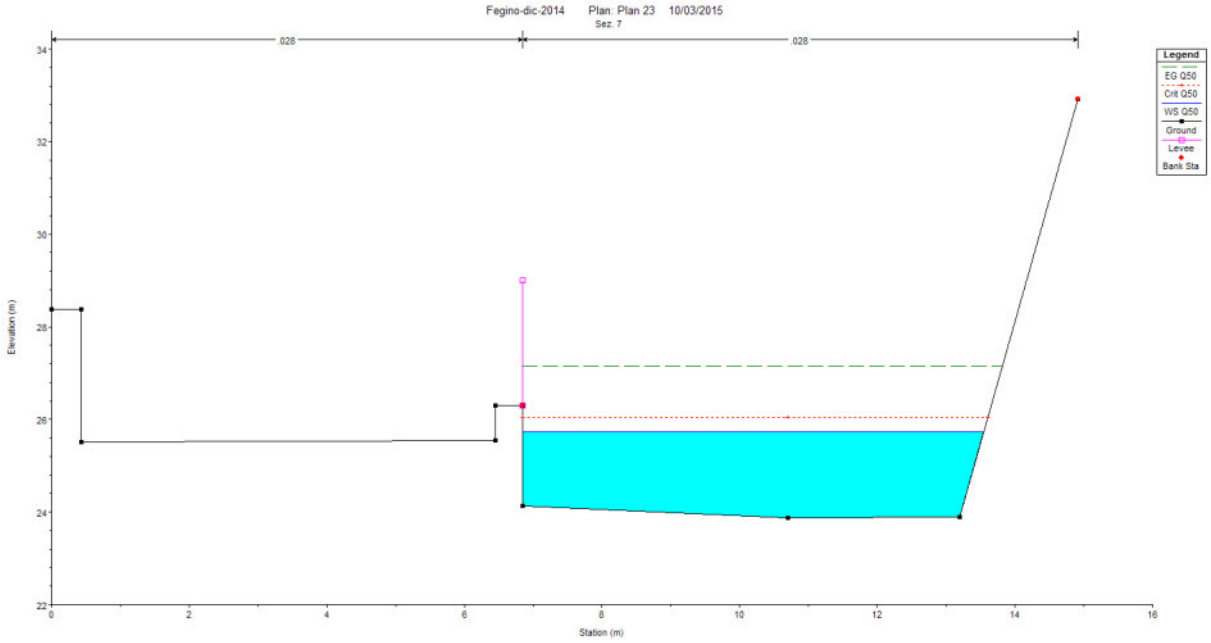
È vietata la riproduzione di questo documento, senza autorizzazione scritta



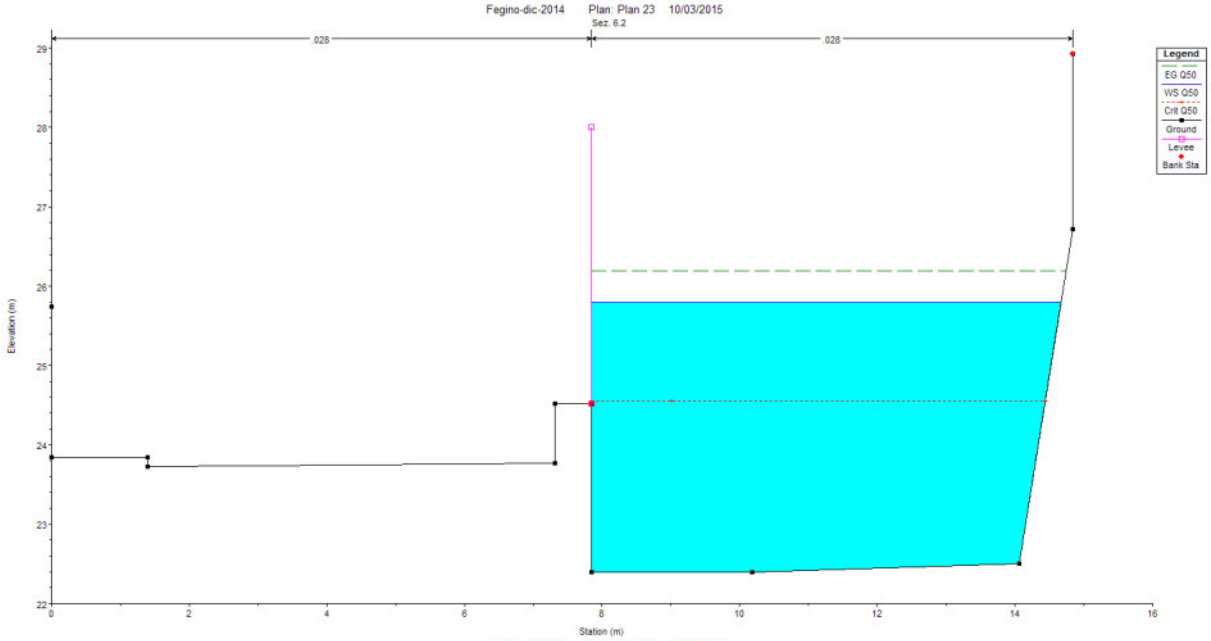


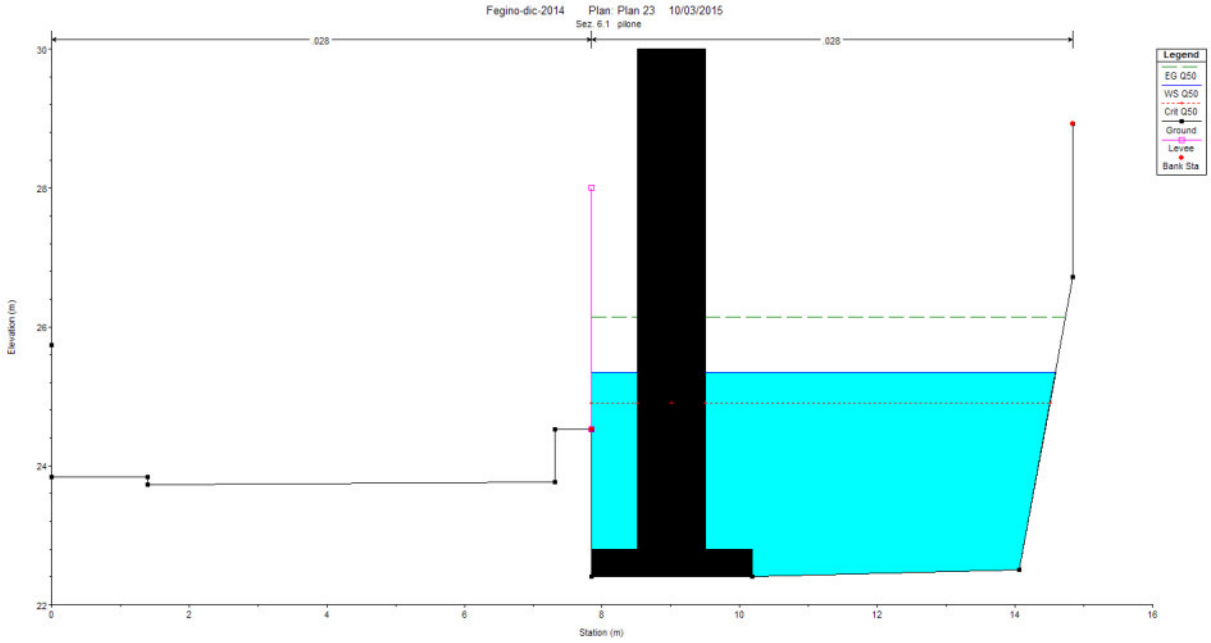
È vietata la riproduzione di questo documento, senza autorizzazione scritta



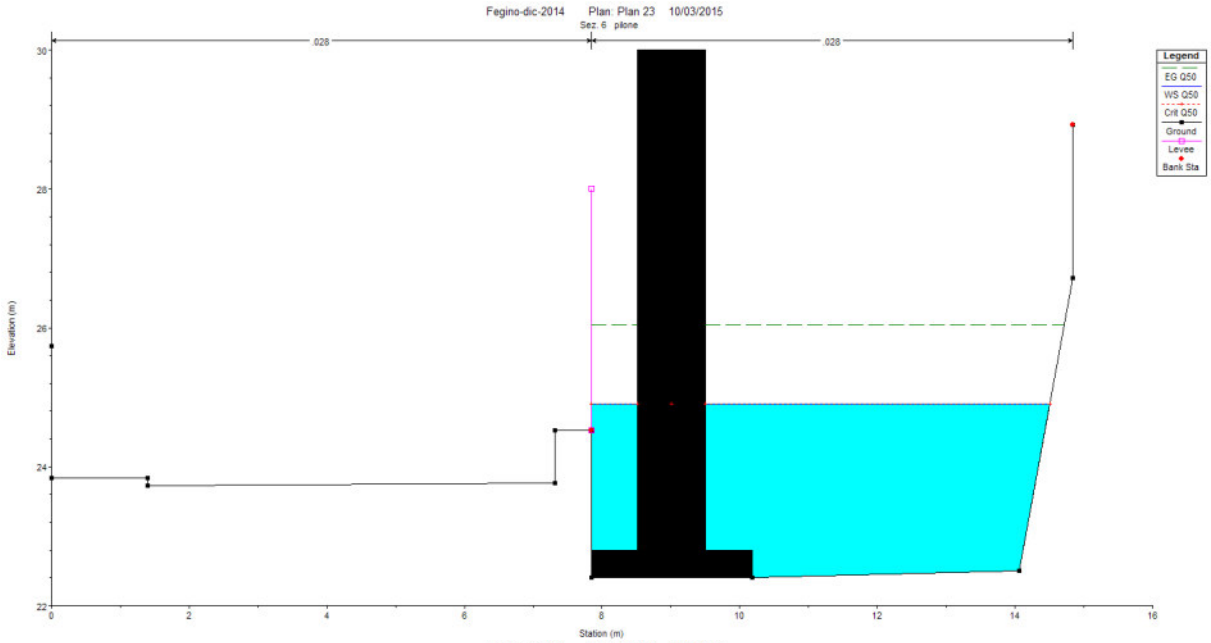


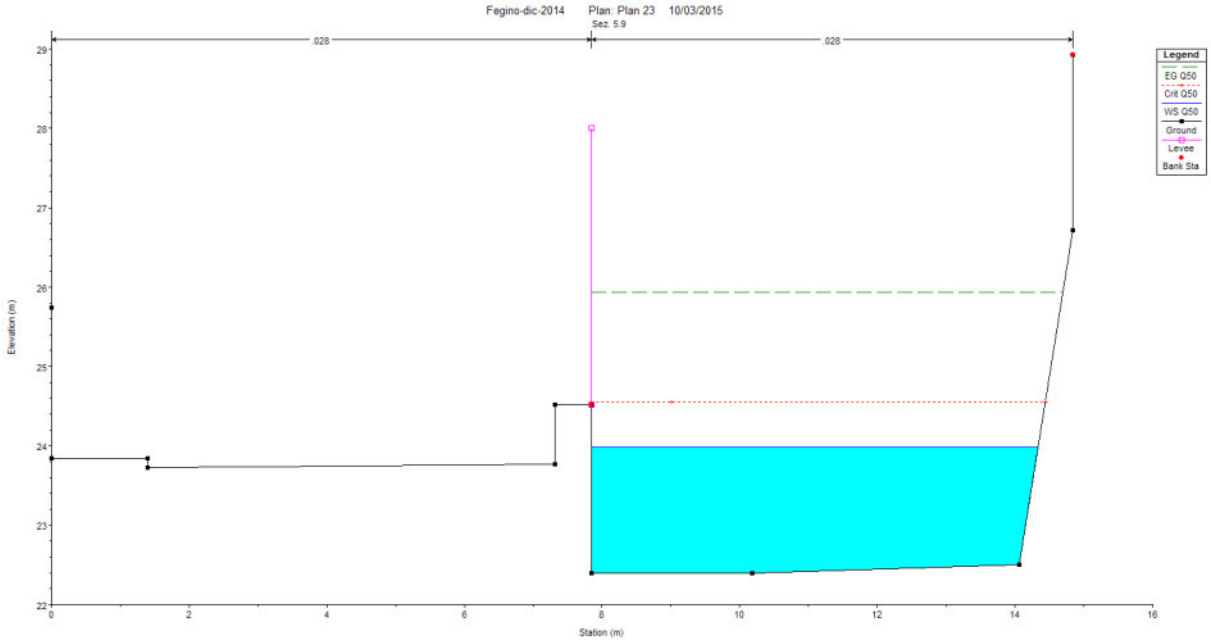
È vietata la riproduzione di questo documento, senza autorizzazione scritta



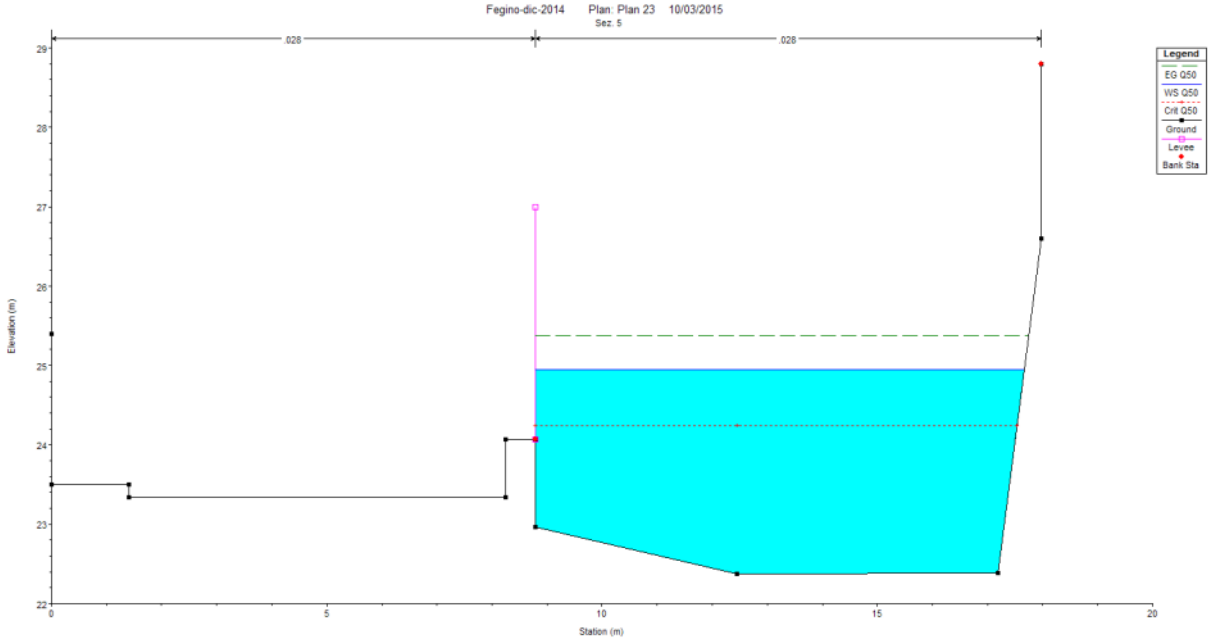


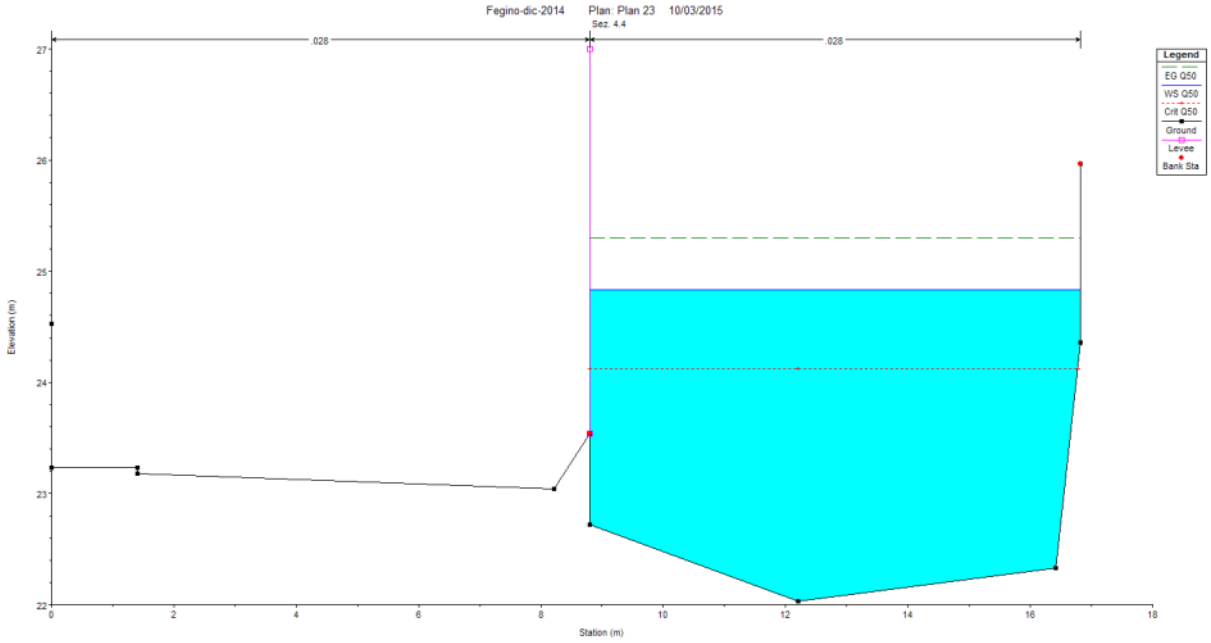
È vietata la riproduzione di questo documento, senza autorizzazione scritta



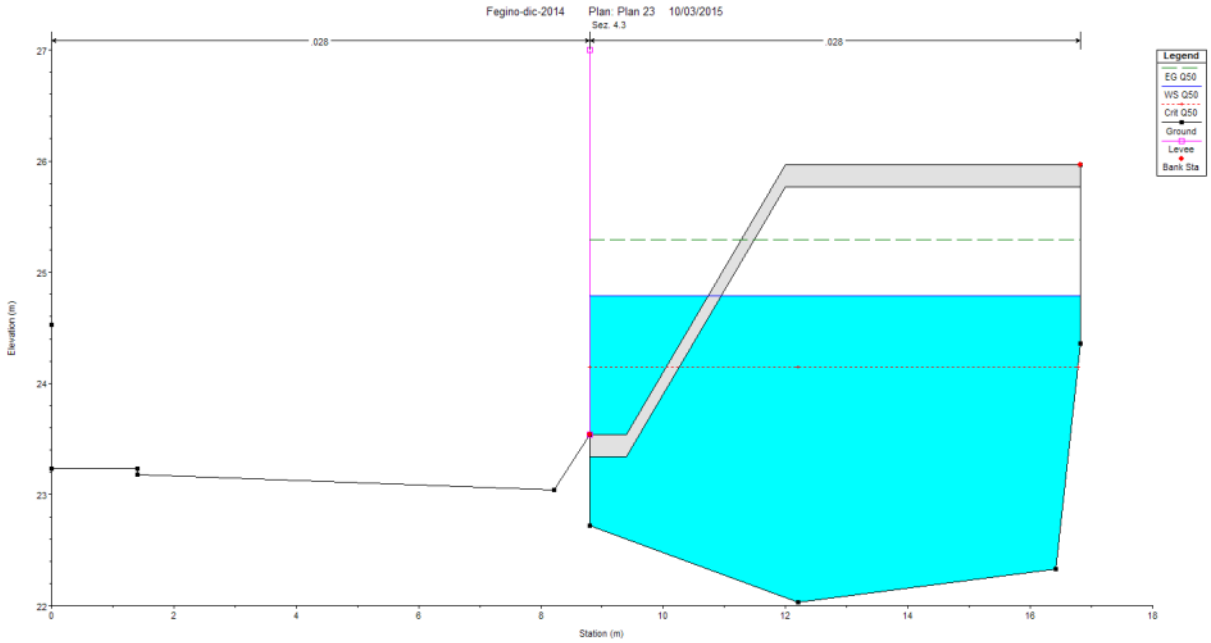


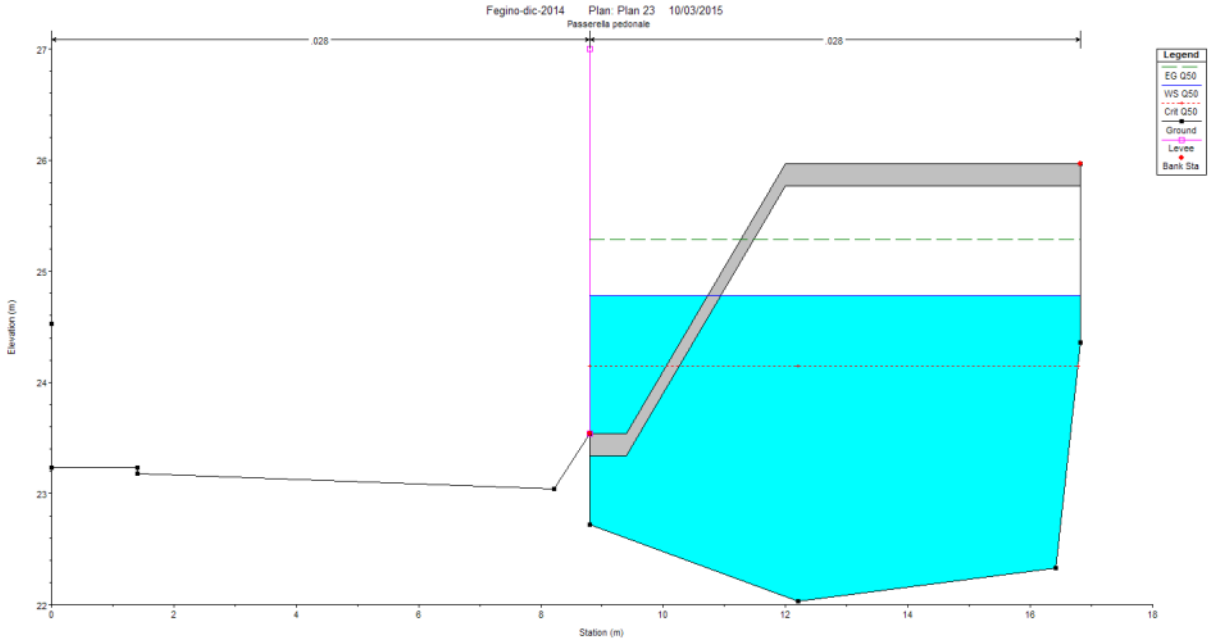
È vietata la riproduzione di questo documento, senza autorizzazione scritta



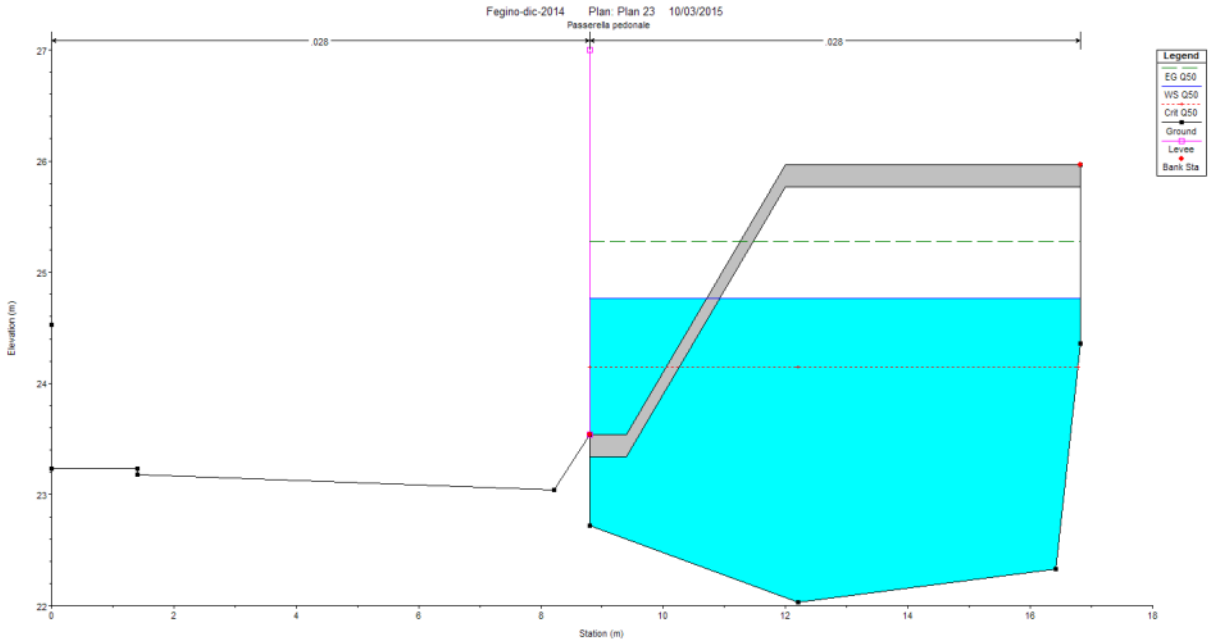


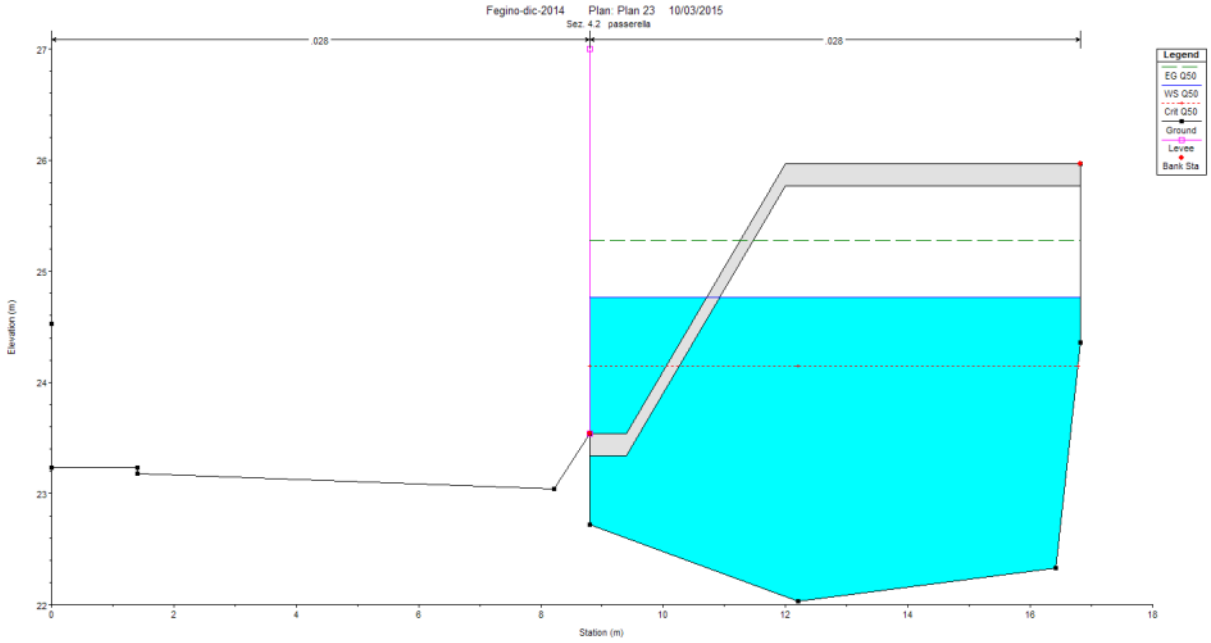
È vietata la riproduzione di questo documento, senza autorizzazione scritta



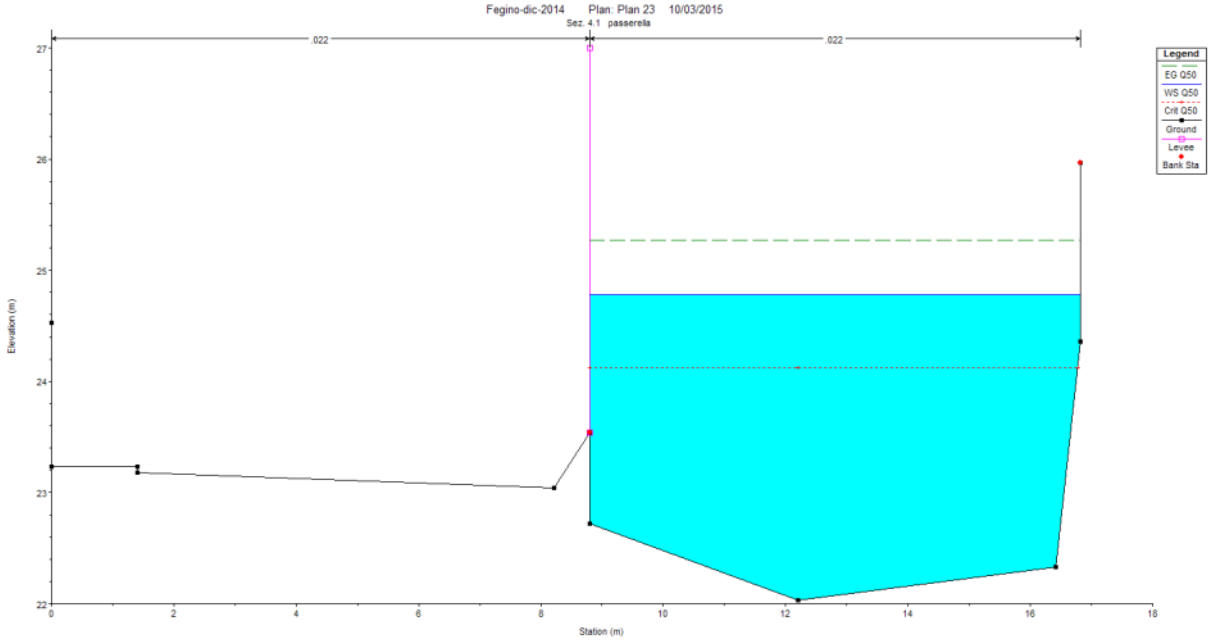


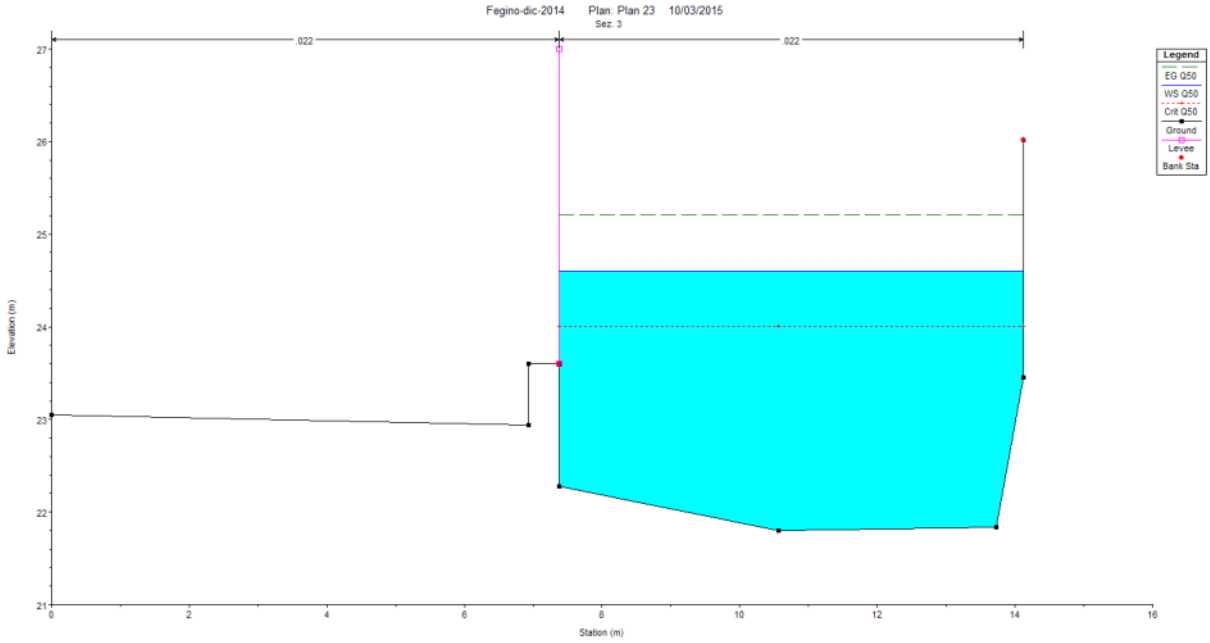
È vietata la riproduzione di questo documento, senza autorizzazione scritta



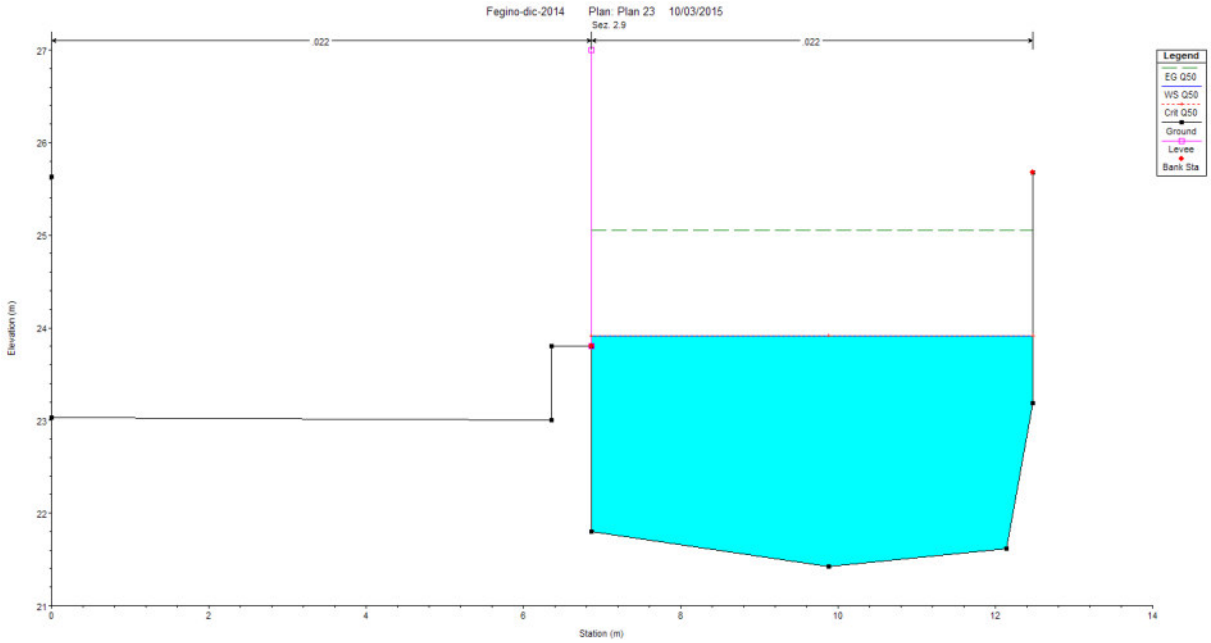


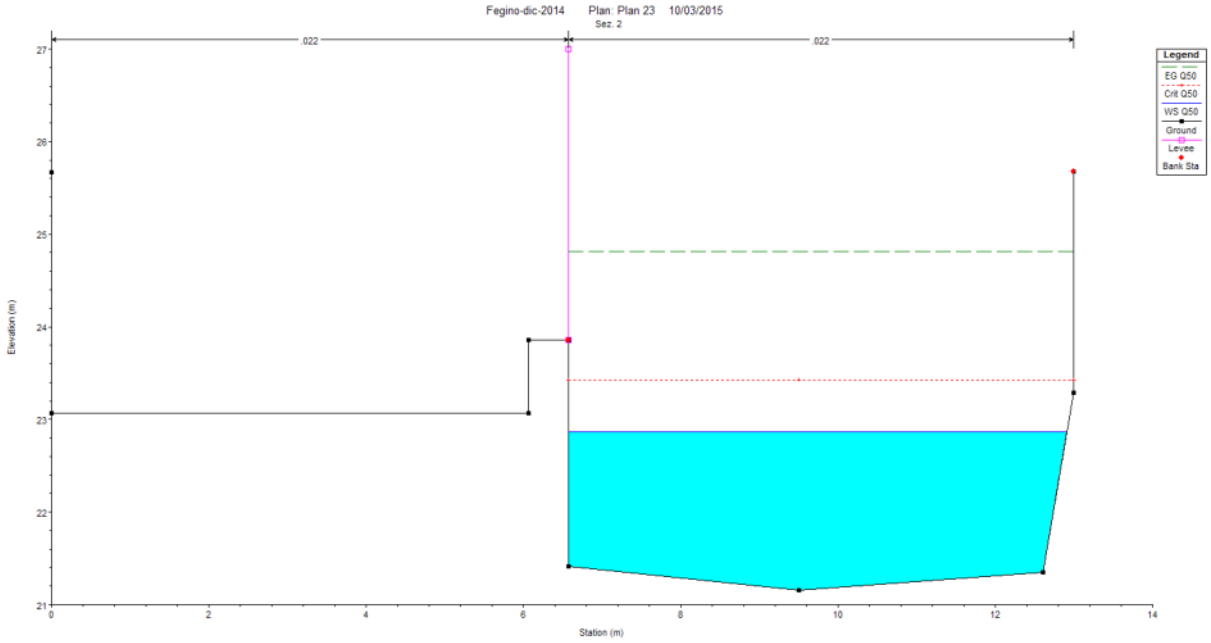
È vietata la riproduzione di questo documento, senza autorizzazione scritta



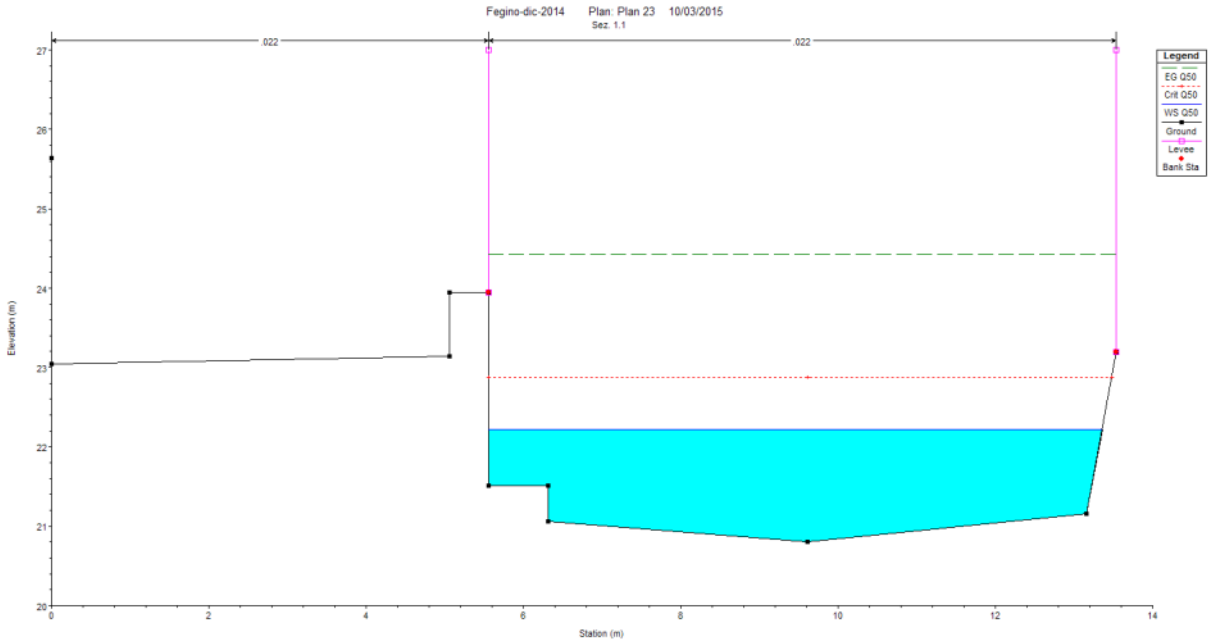


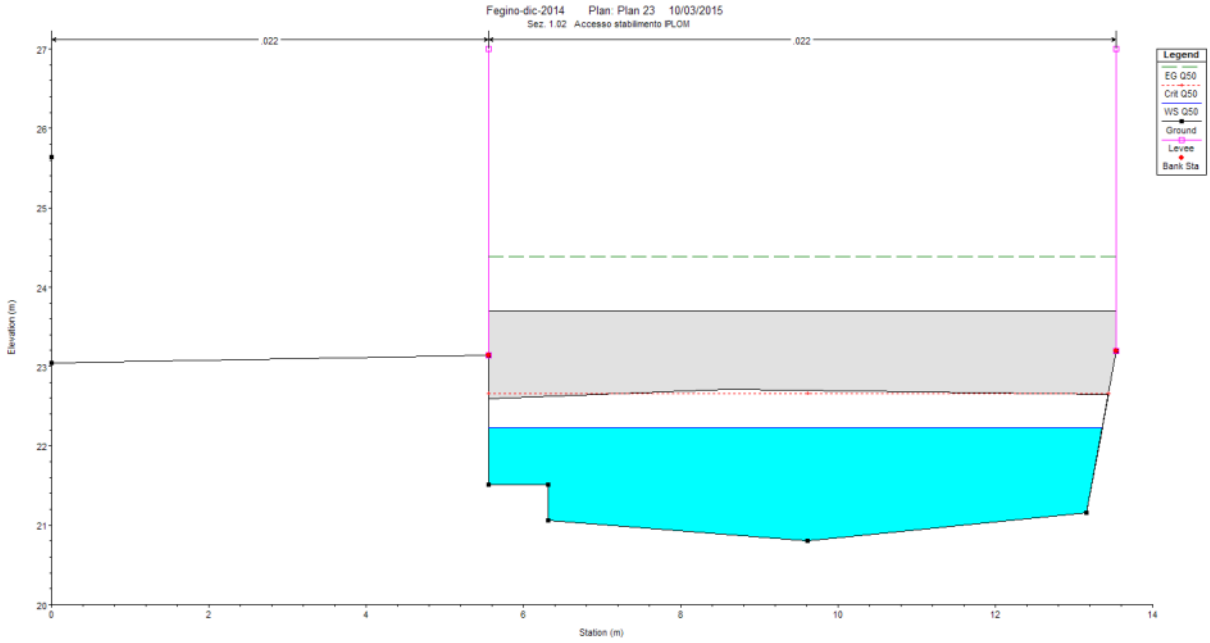
È vietata la riproduzione di questo documento, senza autorizzazione scritta



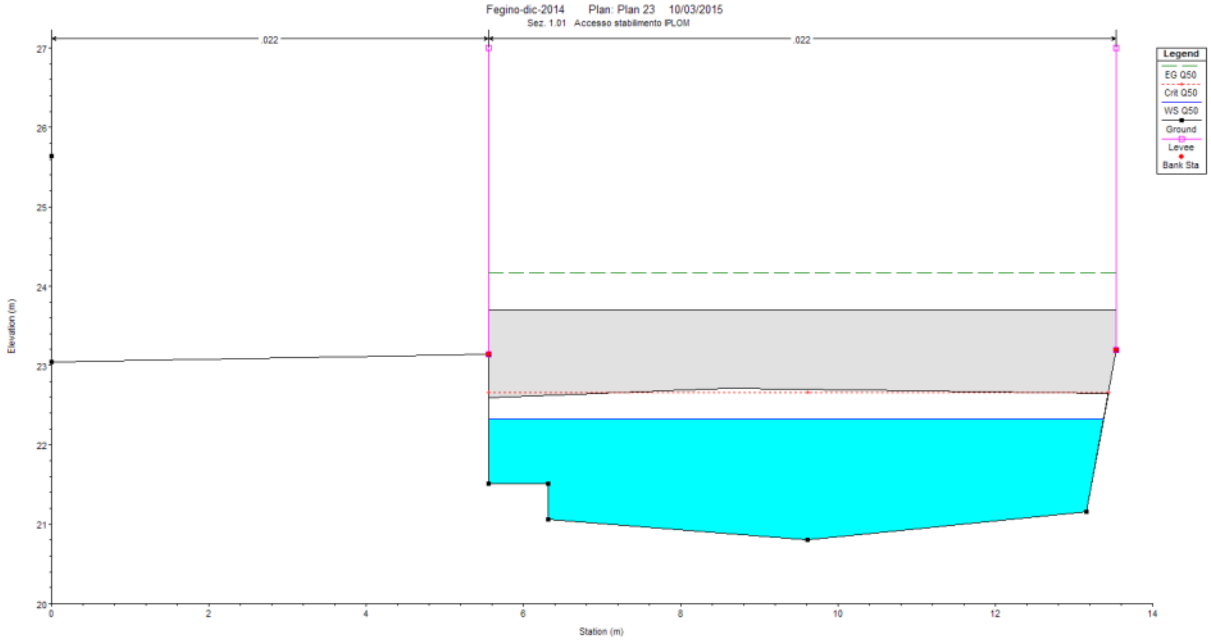


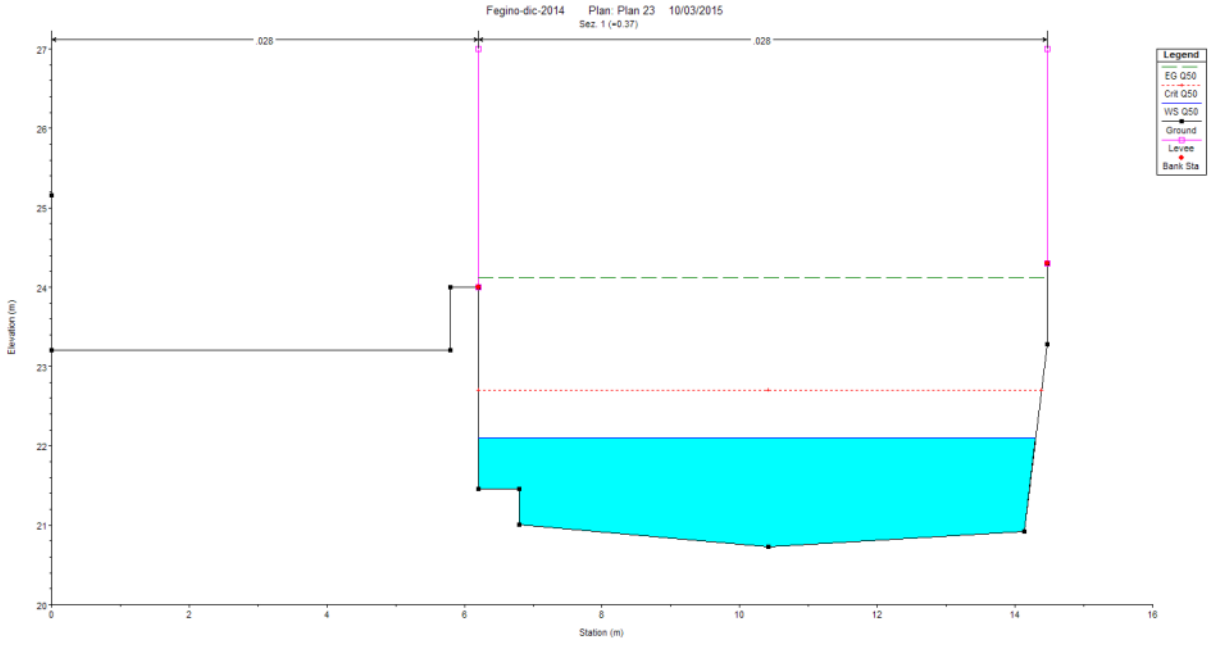
È vietata la riproduzione di questo documento, senza autorizzazione scritta



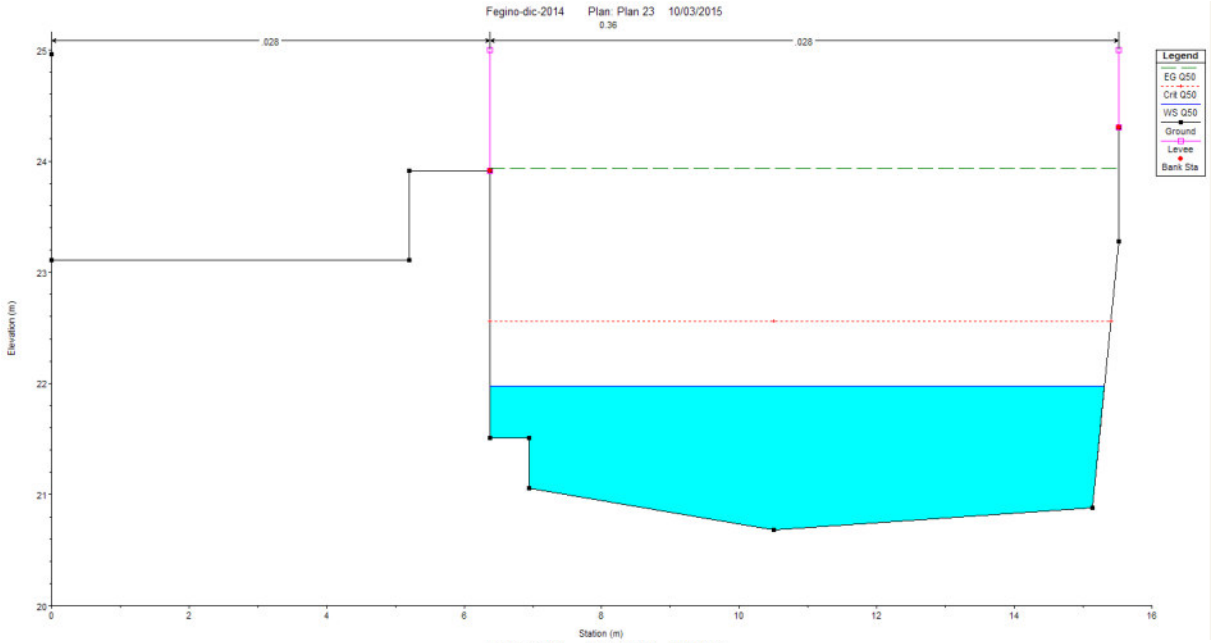


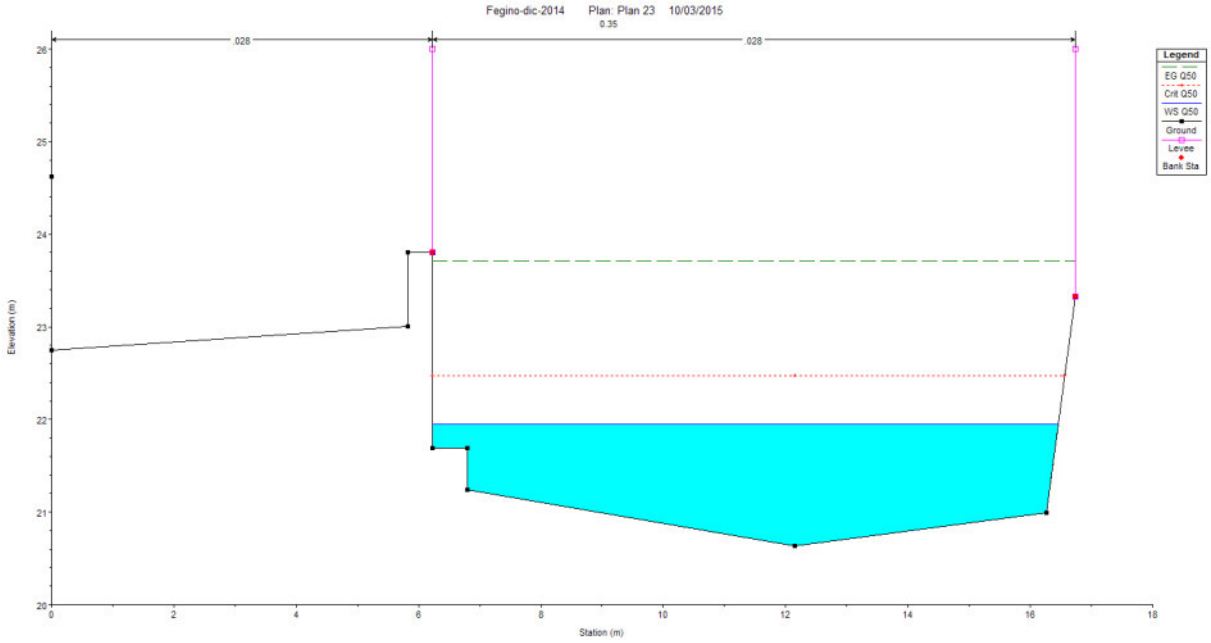
È vietata la riproduzione di questo documento, senza autorizzazione scritta



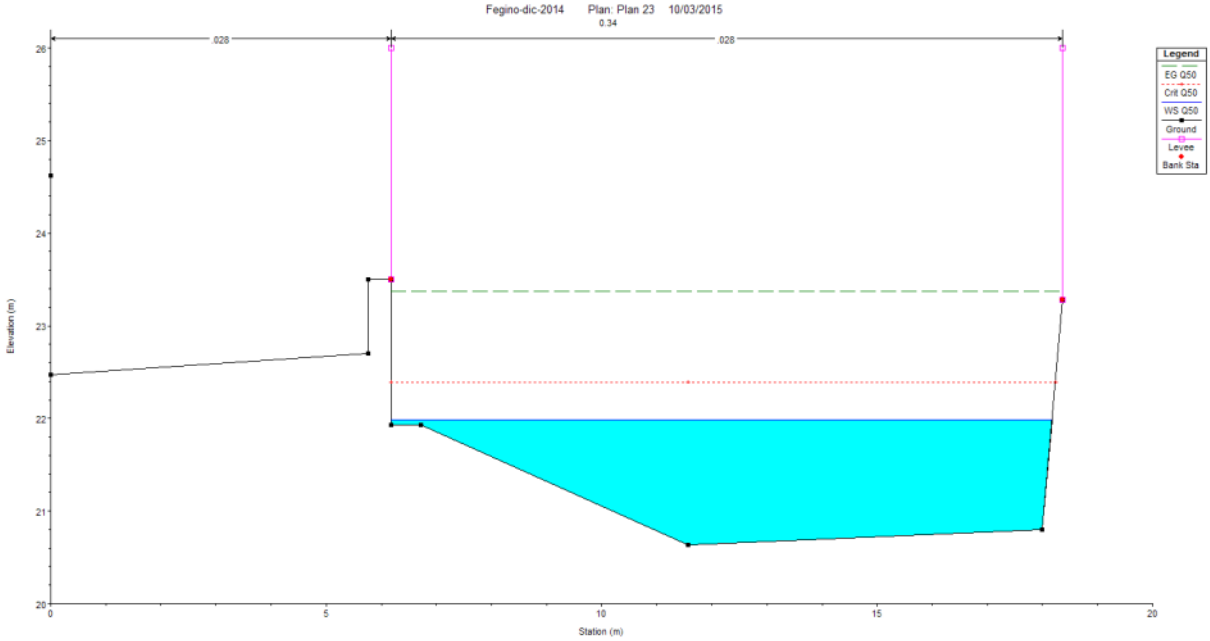


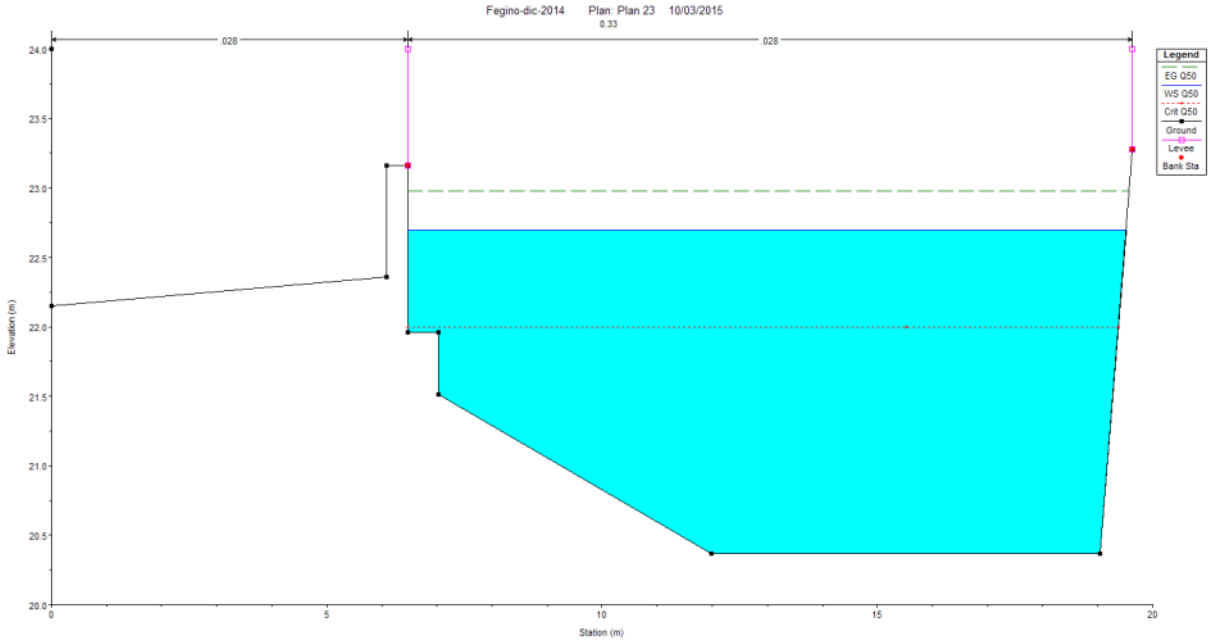
È vietata la riproduzione di questo documento, senza autorizzazione scritta



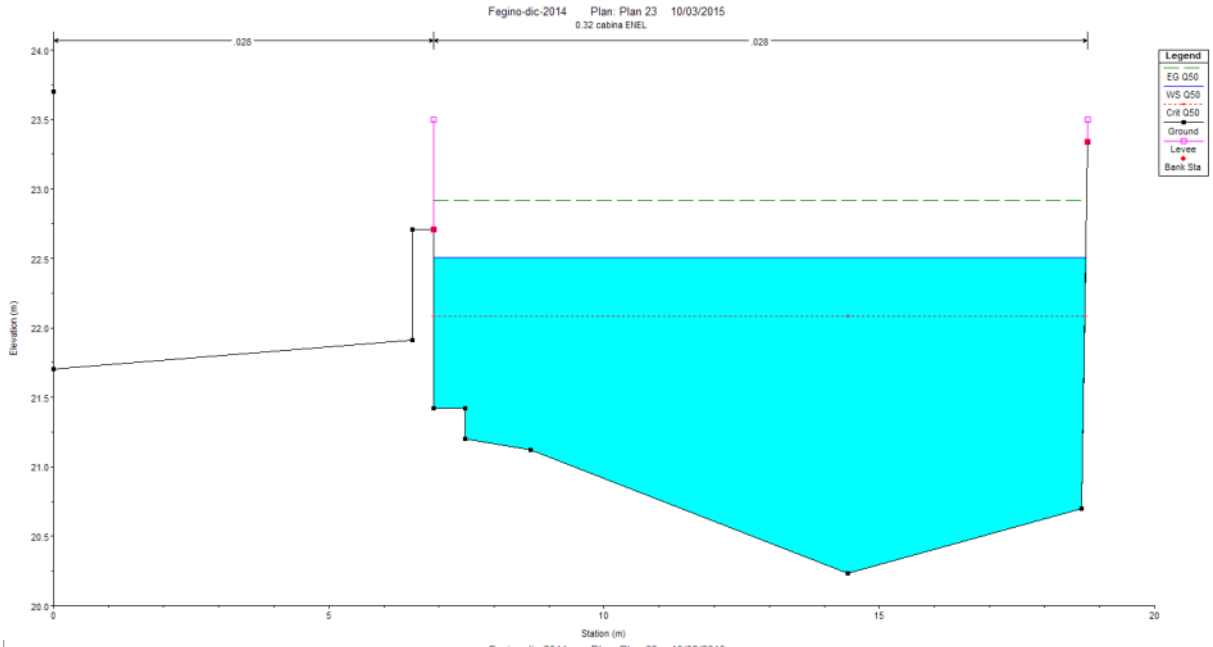


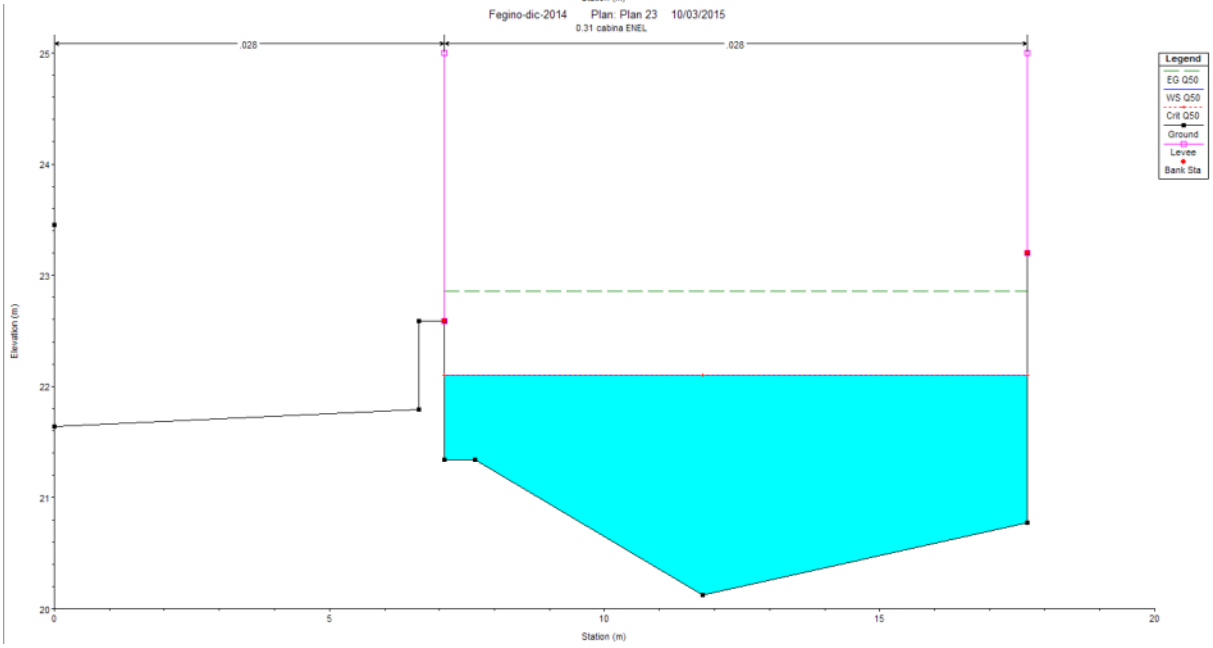
È vietata la riproduzione di questo documento, senza autorizzazione scritta



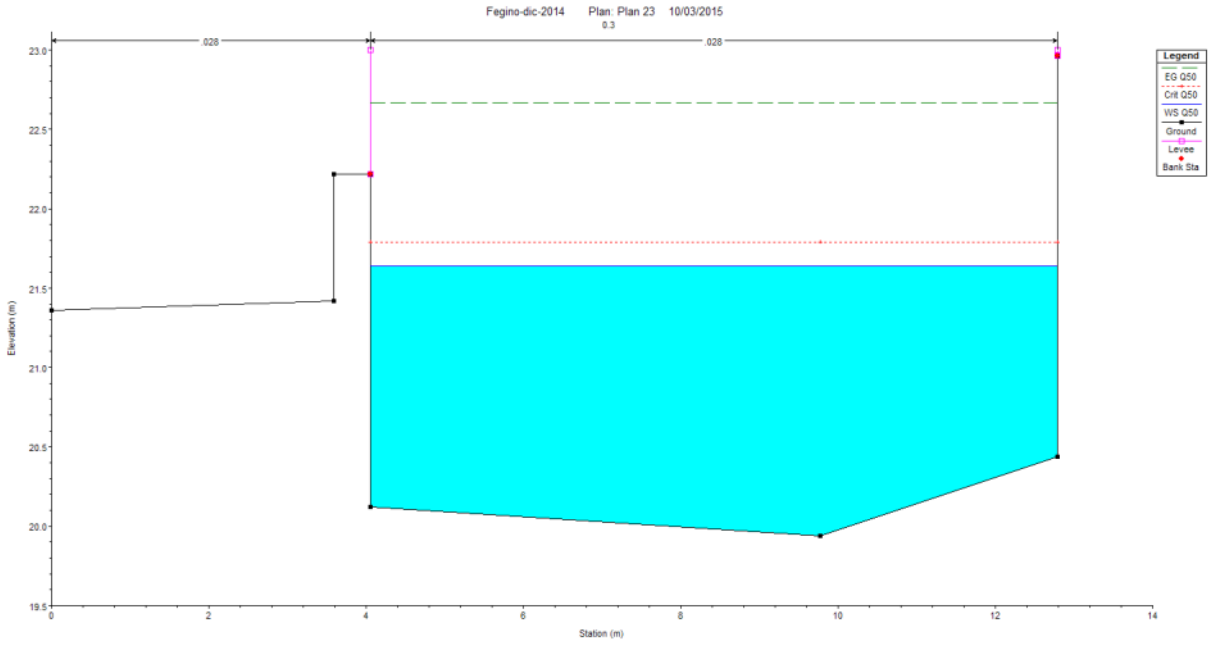


È vietata la riproduzione di questo documento, senza autorizzazione scritta





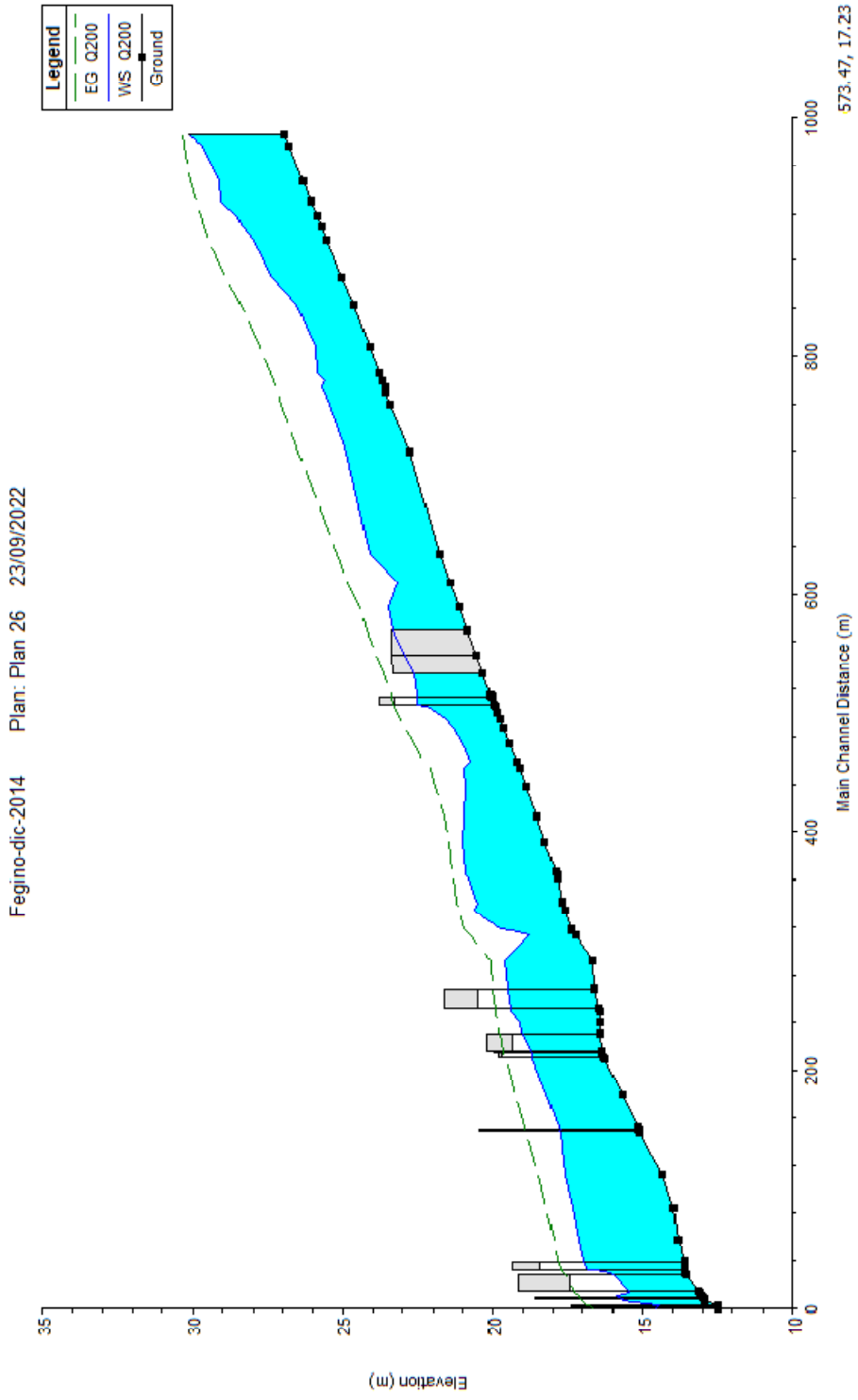
È vietata la riproduzione di questo documento, senza autorizzazione scritta



È vietata la riproduzione di questo documento, senza autorizzazione scritta

12.2. Risultati analisi allo stato di progetto

Si riportano di seguito il profilo longitudinale e le sezioni (dalla SEZ-20 alla SEZ-0.30) del tratto di Rio Fegino indagato, nella sua configurazione allo stato di progetto e con riferimento alla portata di progetto 200-ennale.

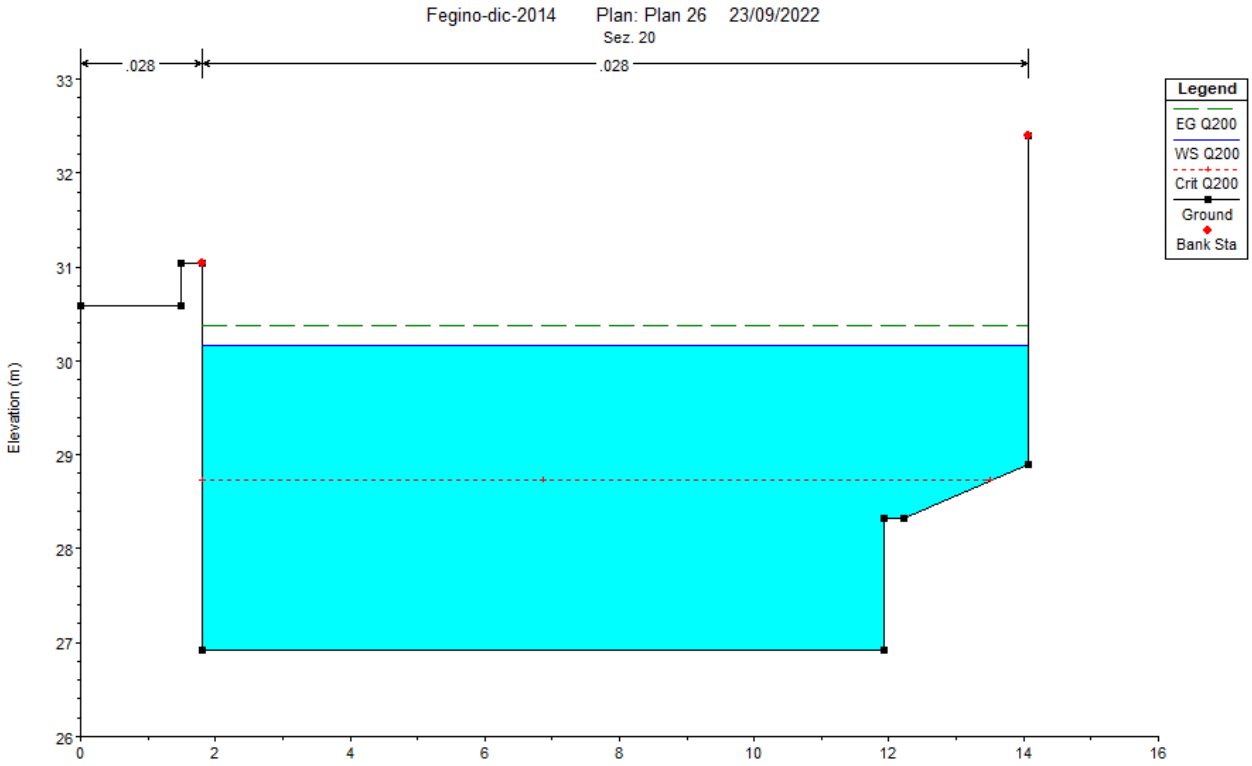


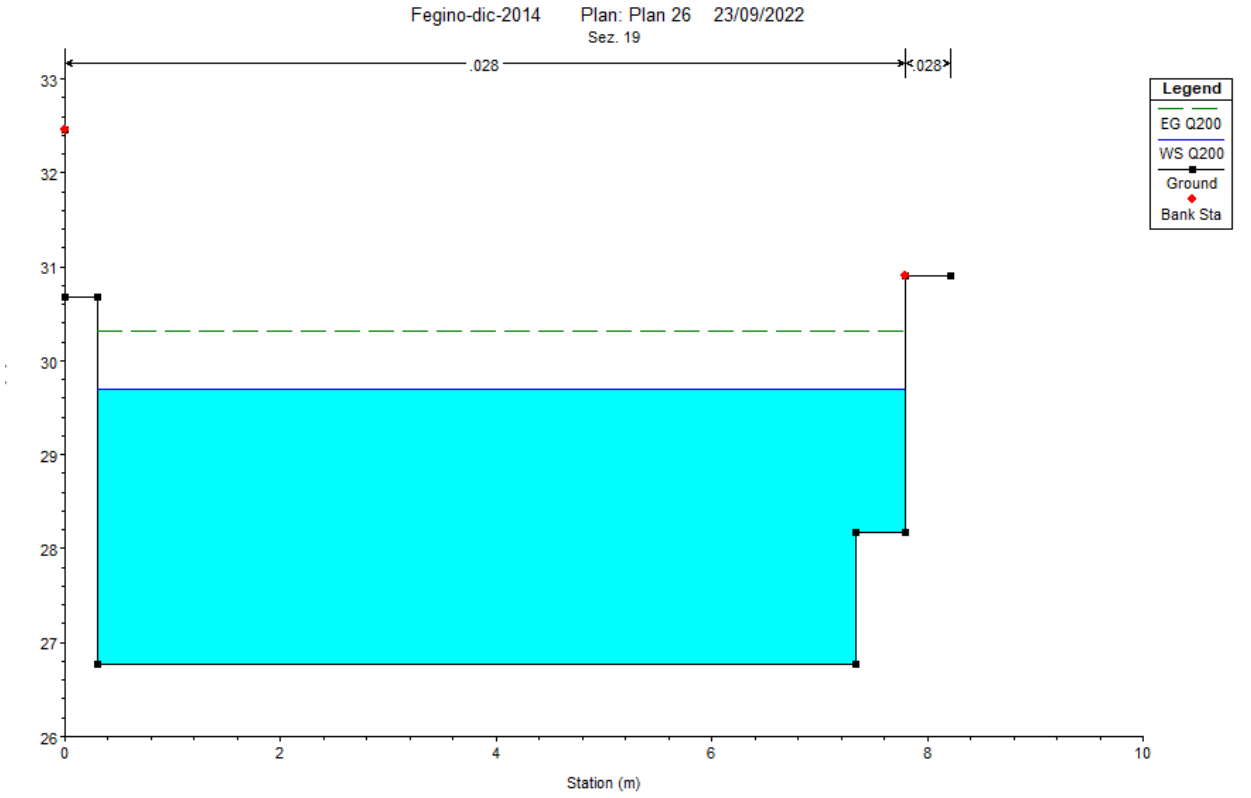
È vietata la riproduzione di questo documento, senza autorizzazione scritta

HEC-RAS Plan: plan23bis River: fegino Reach: fegino Profile: Q200

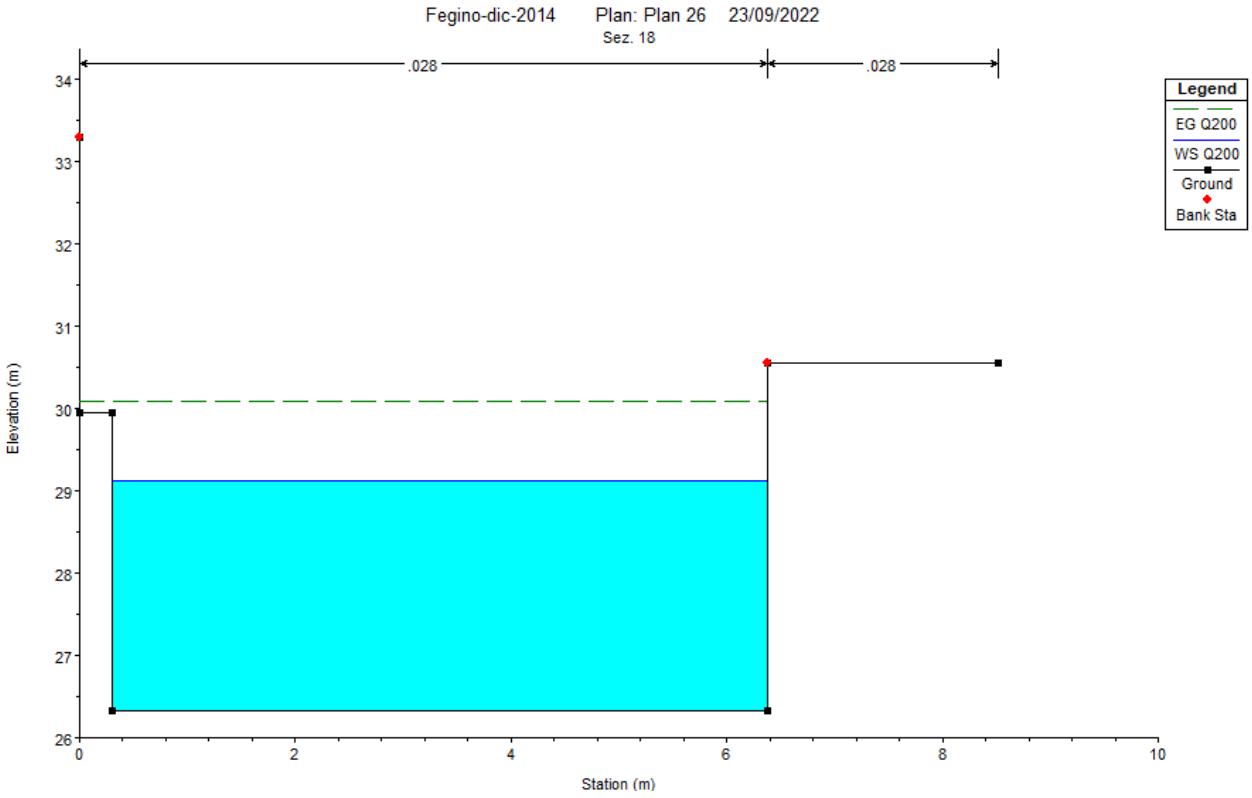
Reach	River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
			(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m2)	(m)	
fegino	20	Q200	74.00	26.92	30.16	28.72	30.37	0.001312	2.04	36.23	12.27	0.38
fegino	19	Q200	74.00	26.77	29.69		30.31	0.005130	3.49	21.22	7.49	0.66
fegino	18	Q200	74.00	26.32	29.12		30.08	0.009001	4.35	17.00	6.08	0.83
fegino	17	Q200	74.00	26.04	29.08	28.51	29.90	0.007209	4.01	18.47	6.08	0.73
fegino	16	Q200	74.00	25.85	28.56	28.44	29.75	0.011919	4.84	15.29	5.65	0.94
fegino	15	Q200	74.00	25.72	28.33	28.33	29.64	0.013430	5.06	14.63	5.60	1.00
fegino	14	Q200	74.00	25.53	27.99	28.14	29.45	0.015636	5.35	13.83	5.62	1.09
fegino	13	Q200	74.00	25.05	27.36	27.61	28.93	0.017347	5.55	13.33	5.78	1.17
fegino	12	Q200	74.00	24.64	26.50	27.01	28.41	0.023366	6.11	12.11	6.50	1.43
fegino	11	Q200	74.00	24.12	25.93	26.41	27.76	0.013856	5.99	12.36	6.82	1.42
fegino	10	Q200	74.00	23.80	25.88	26.16	27.40	0.010556	5.47	13.52	6.51	1.21
fegino	9.3	Q200	74.00	23.70	25.60	26.01	27.31	0.012541	5.79	12.78	6.73	1.34
fegino	9.2	Q200	74.00	23.61	25.71	25.97	27.20	0.010185	5.40	13.70	6.52	1.19
fegino	9.1	Q200	74.00	23.56	25.59	25.90	27.15	0.010939	5.53	13.37	6.59	1.24
fegino	8	Q200	74.00	23.41	25.44	25.77	27.04	0.011202	5.59	13.24	6.51	1.25
fegino	7	Q200	74.00	22.78	24.88	25.23	26.47	0.018063	5.58	13.26	6.68	1.26
fegino	6	Q200	74.00	21.76	24.09	24.09	25.21	0.011113	4.68	15.81	7.10	1.00
fegino	5	Q200	74.00	21.44	23.18	23.61	24.81	0.020032	5.65	13.09	7.82	1.40
fegino	4	Q200	74.00	21.13	23.46	23.36	24.43	0.009354	4.36	16.97	7.64	0.93
fegino	3	Q200	74.00	20.84	23.30	23.10	24.18	0.012824	4.15	17.82	7.70	0.84
fegino	2.9	Q200	74.00	20.55	22.92	22.82	23.90	0.014774	4.38	16.89	7.53	0.91
fegino	2	Q200	74.00	20.33	22.61	22.59	23.65	0.016065	4.52	16.37	7.59	0.96
fegino	1.1	Q200	74.00	20.06	22.51	22.30	23.40	0.008325	4.17	17.74	7.66	0.88
fegino	1.02	Q200	74.00	20.04	22.50	22.30	23.38	0.008272	4.16	17.78	7.66	0.87
fegino	1.01	Q200	74.00	19.95	22.48	22.21	23.32	0.007690	4.05	18.26	7.65	0.84
fegino	1	Q200	74.00	19.92	22.19	22.19	23.28	0.011108	4.62	16.02	7.44	1.01
fegino	0.36	Q200	74.00	19.84	21.86	22.08	23.19	0.015046	5.12	14.45	7.59	1.18
fegino	0.35	Q200	74.00	19.77	21.55	21.92	23.09	0.018887	5.49	13.49	8.00	1.35
fegino	0.34	Q200	74.00	19.64	21.29	21.73	22.92	0.021174	5.65	13.11	8.38	1.44
fegino	0.33	Q200	74.00	19.43	21.02	21.48	22.63	0.021369	5.61	13.20	8.80	1.46
fegino	0.32	Q200	74.00	19.19	20.75	21.20	22.27	0.020279	5.47	13.53	9.03	1.43
fegino	0.31	Q200	74.00	19.11	20.94	21.14	22.09	0.013296	4.74	15.61	9.06	1.15
fegino	0.3	Q200	74.00	18.87	20.92	20.92	21.92	0.010488	4.43	16.70	8.42	1.01

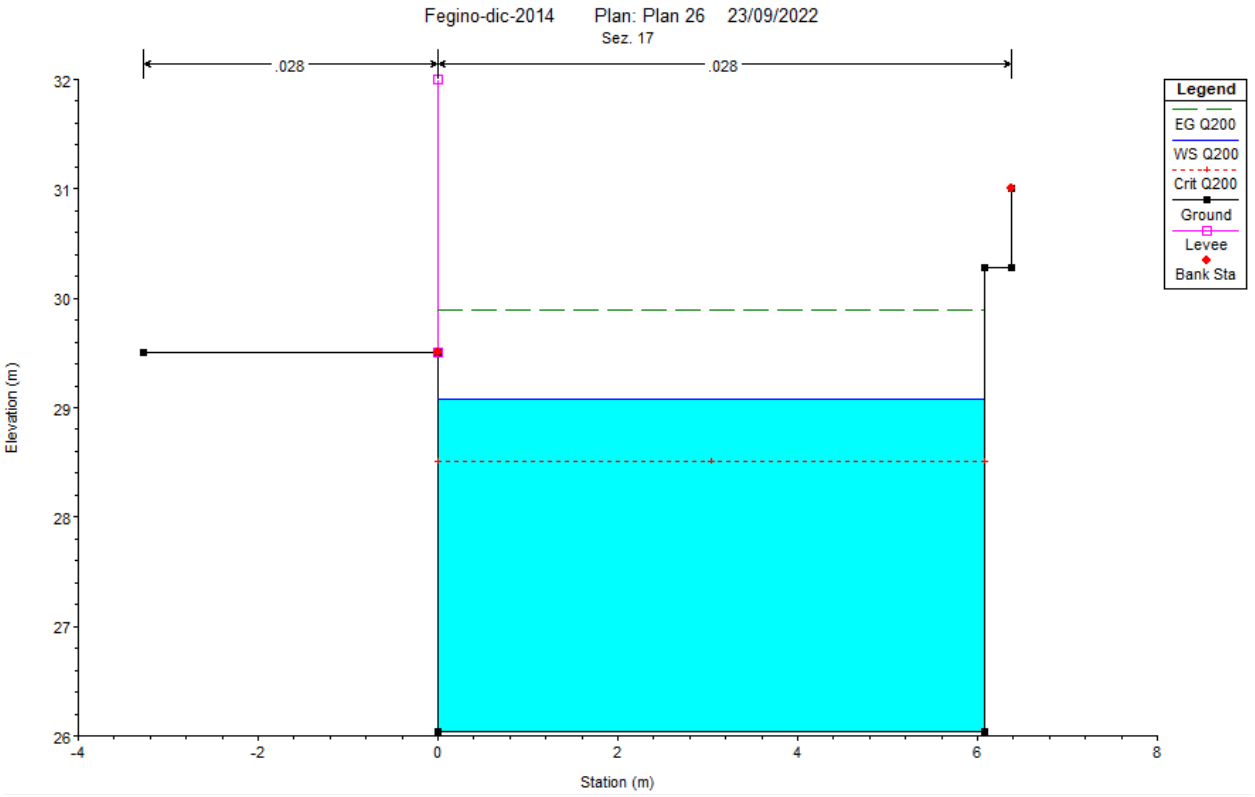
È vietata la riproduzione di questo documento, senza autorizzazione scritta



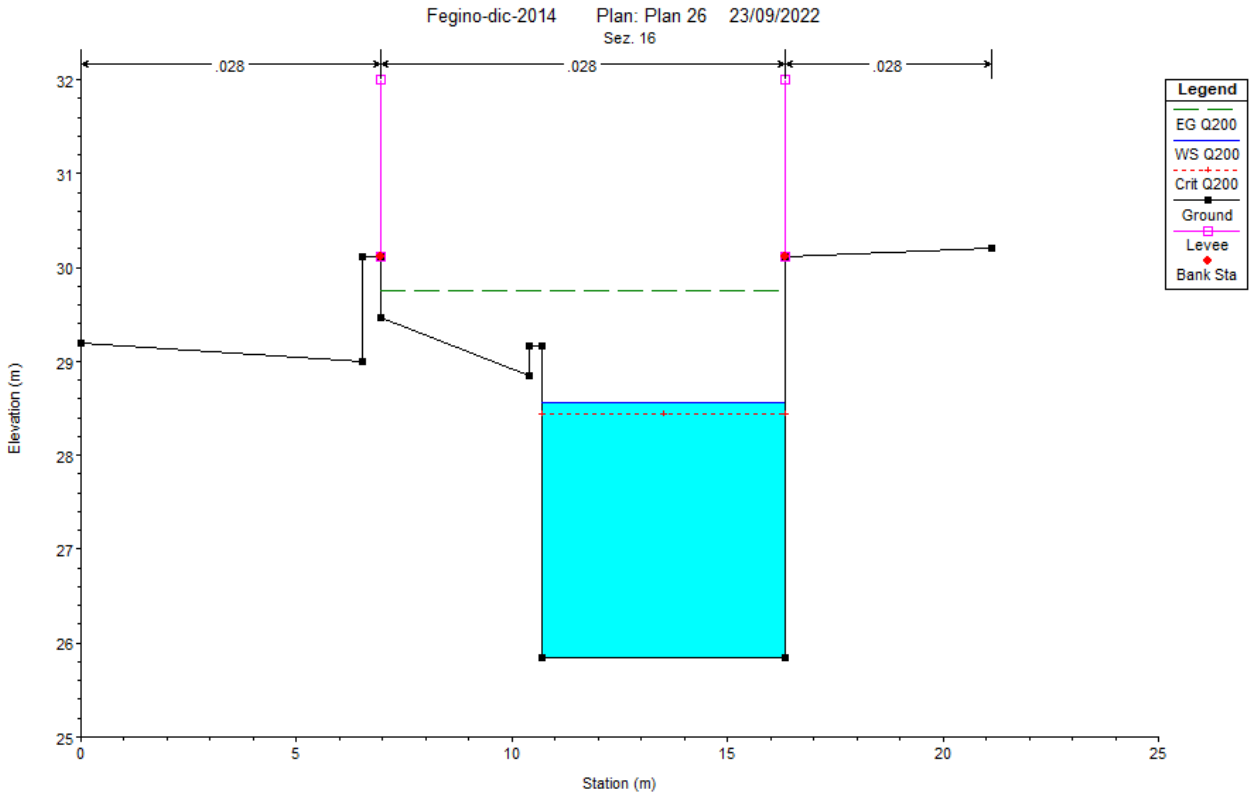


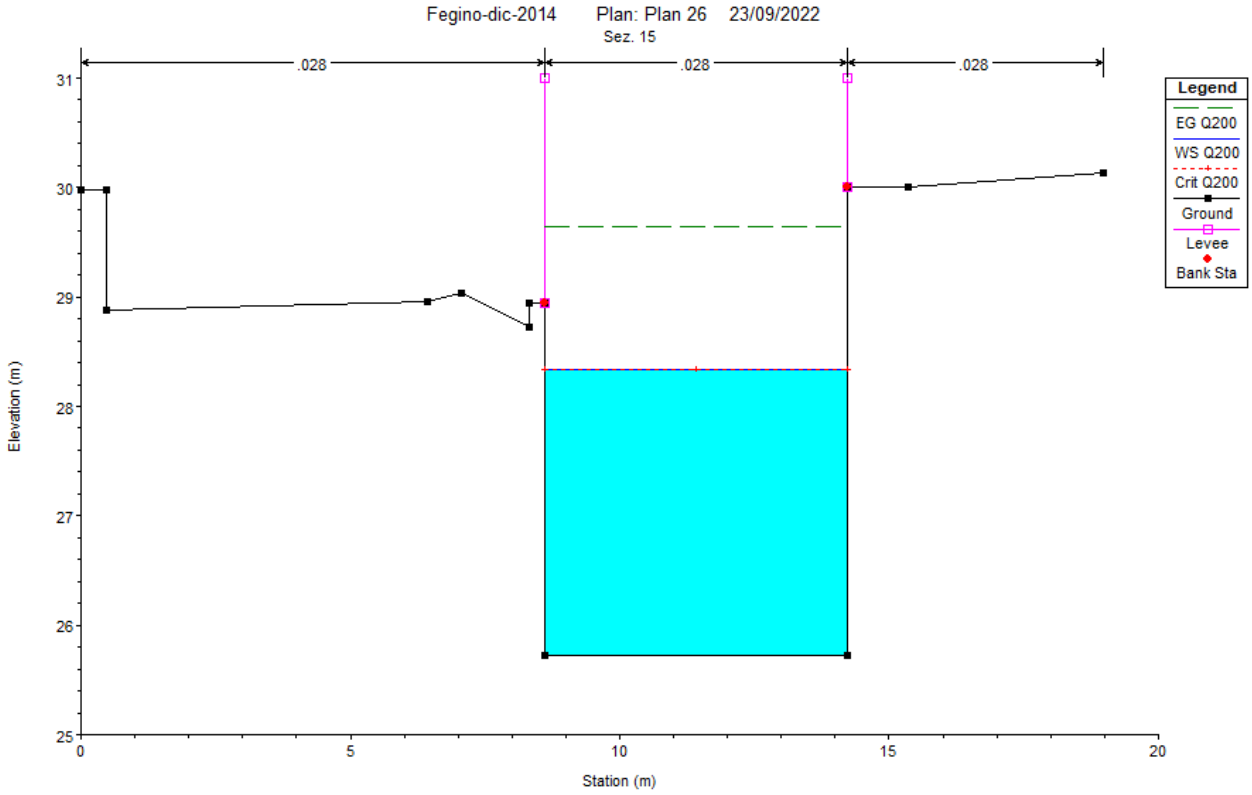
È vietata la riproduzione di questo documento, senza autorizzazione scritta



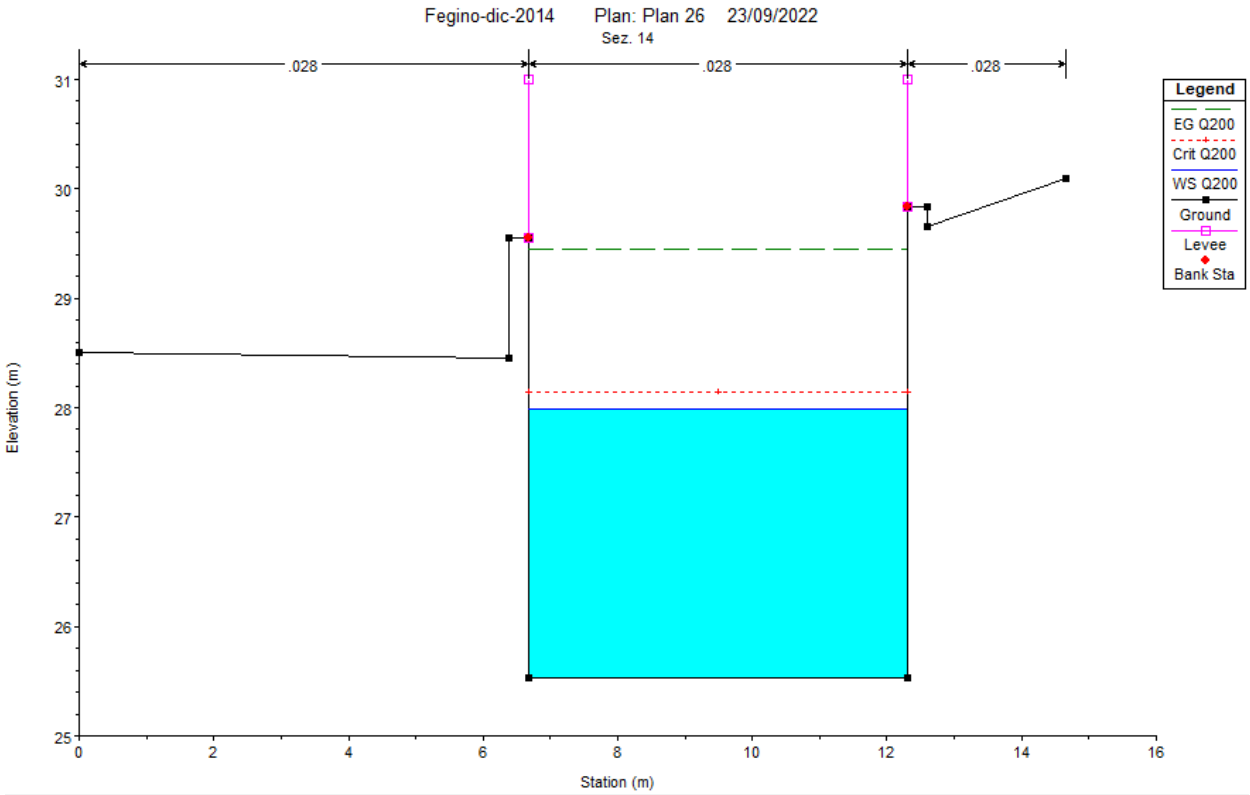


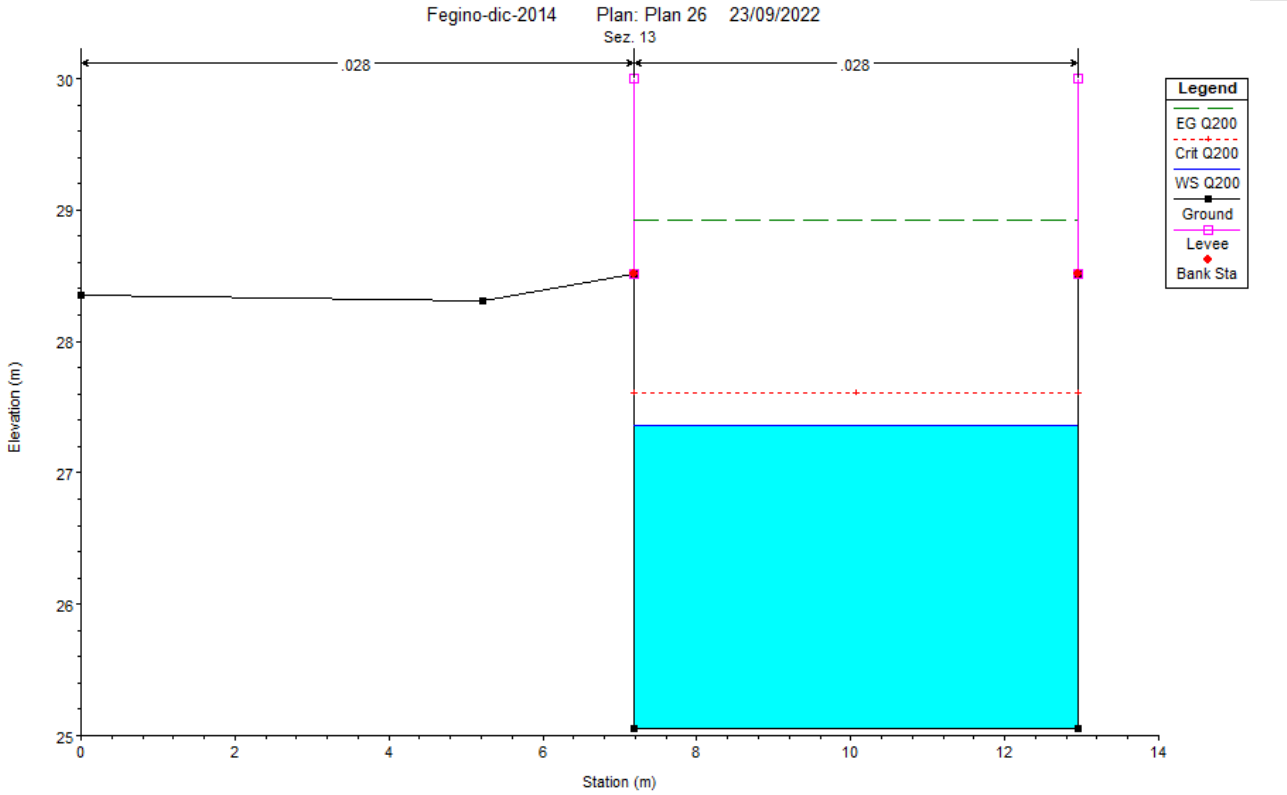
È vietata la riproduzione di questo documento, senza autorizzazione scritta



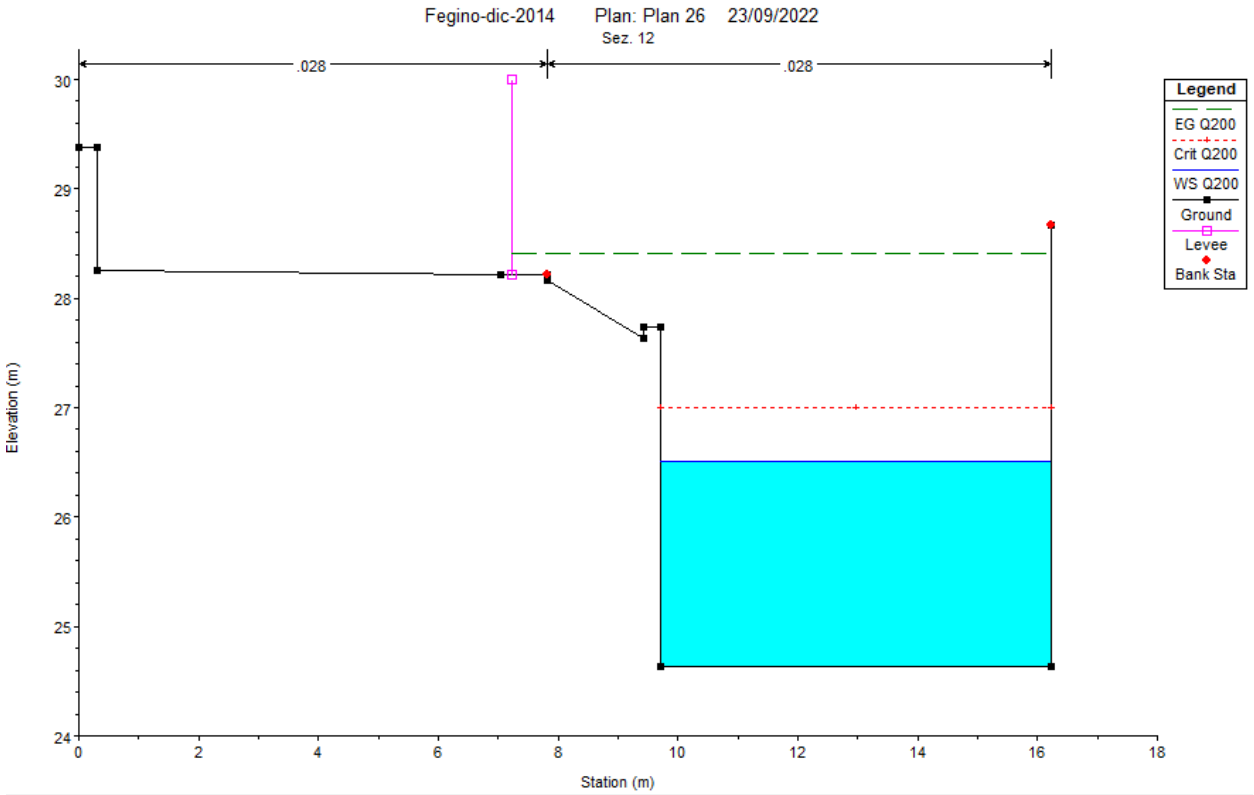


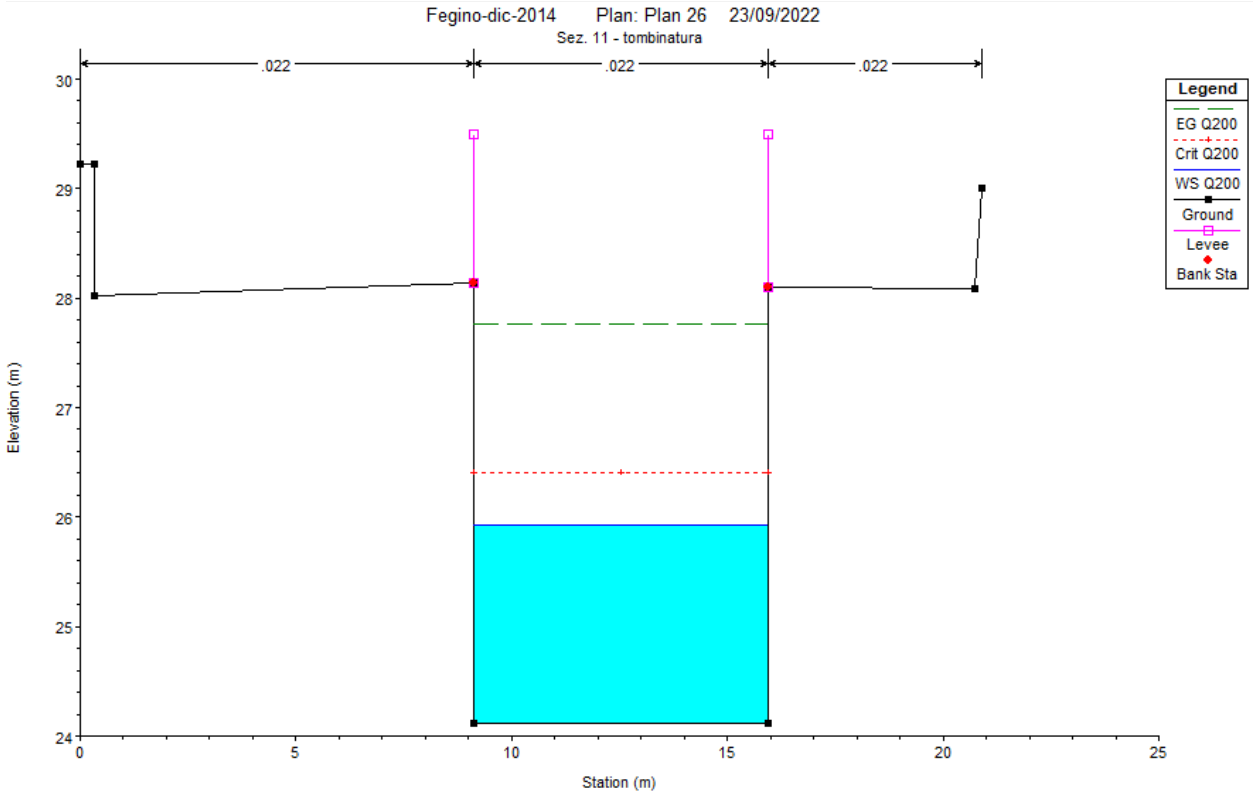
È vietata la riproduzione di questo documento, senza autorizzazione scritta



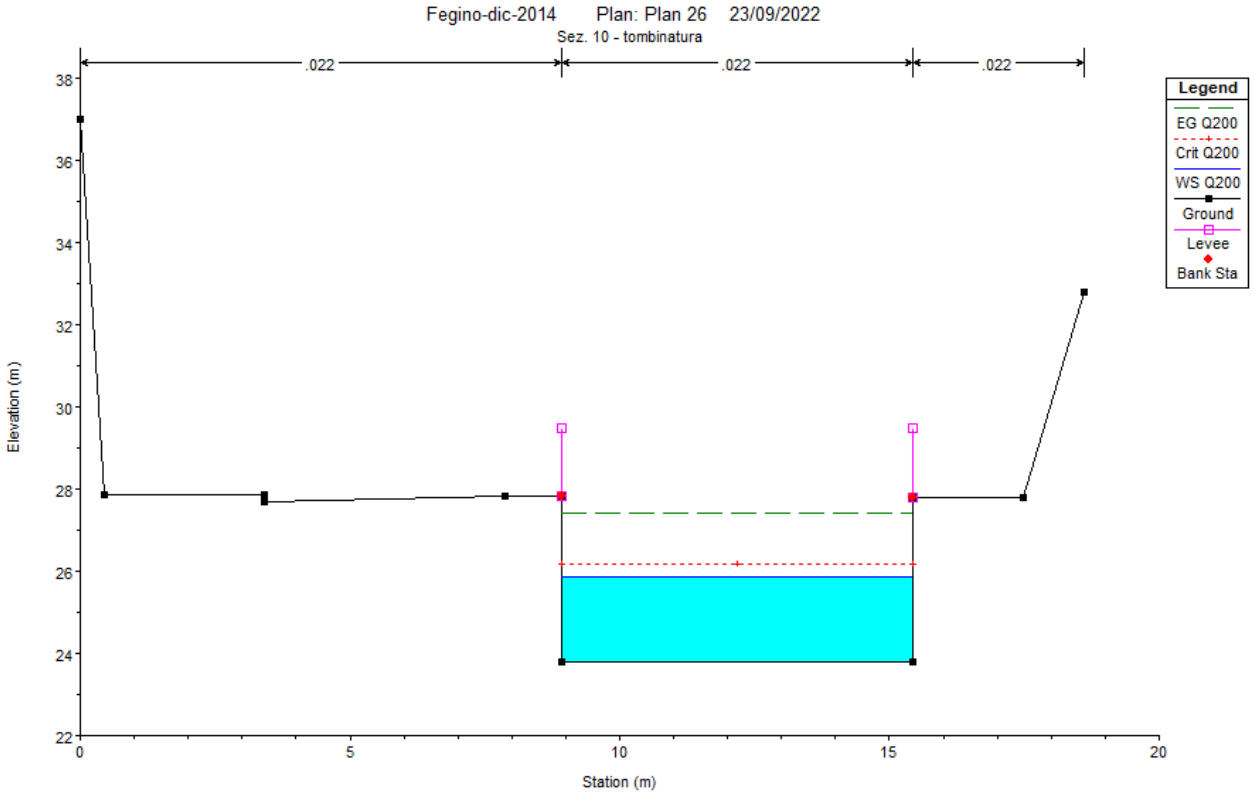


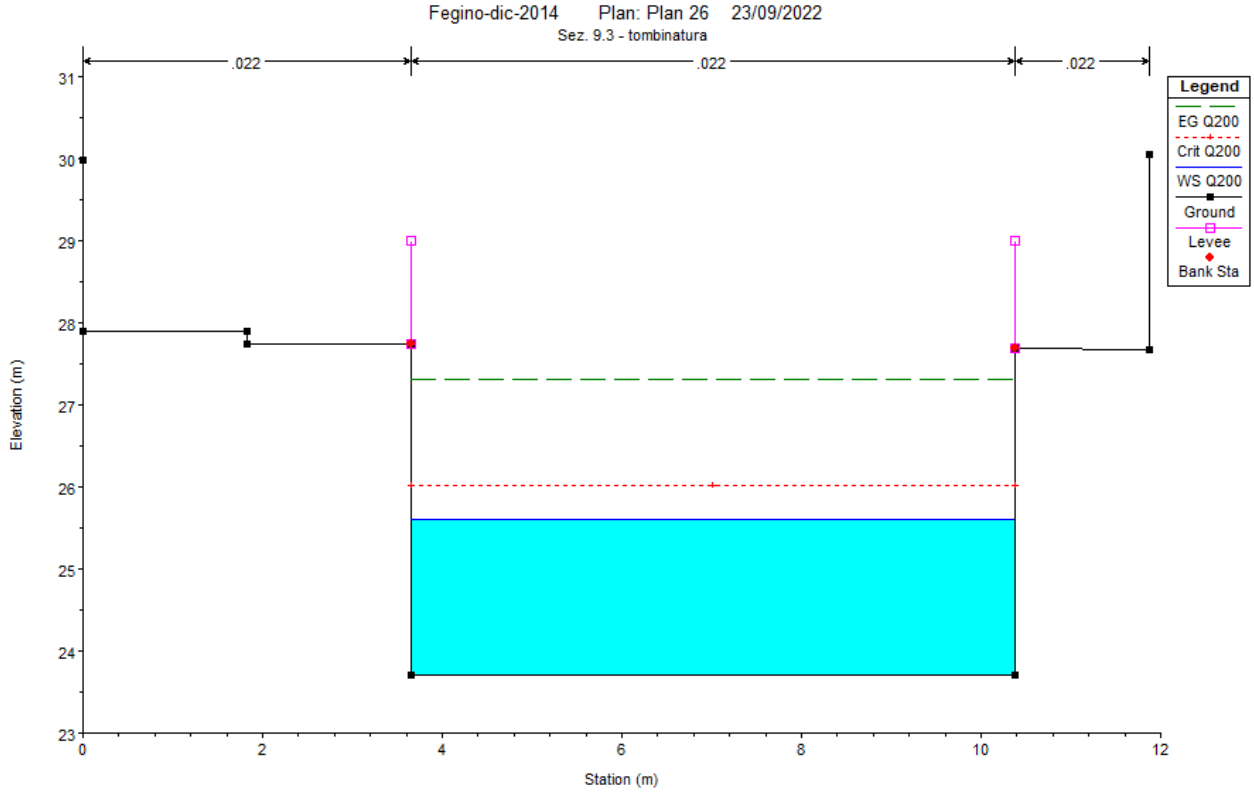
È vietata la riproduzione di questo documento, senza autorizzazione scritta



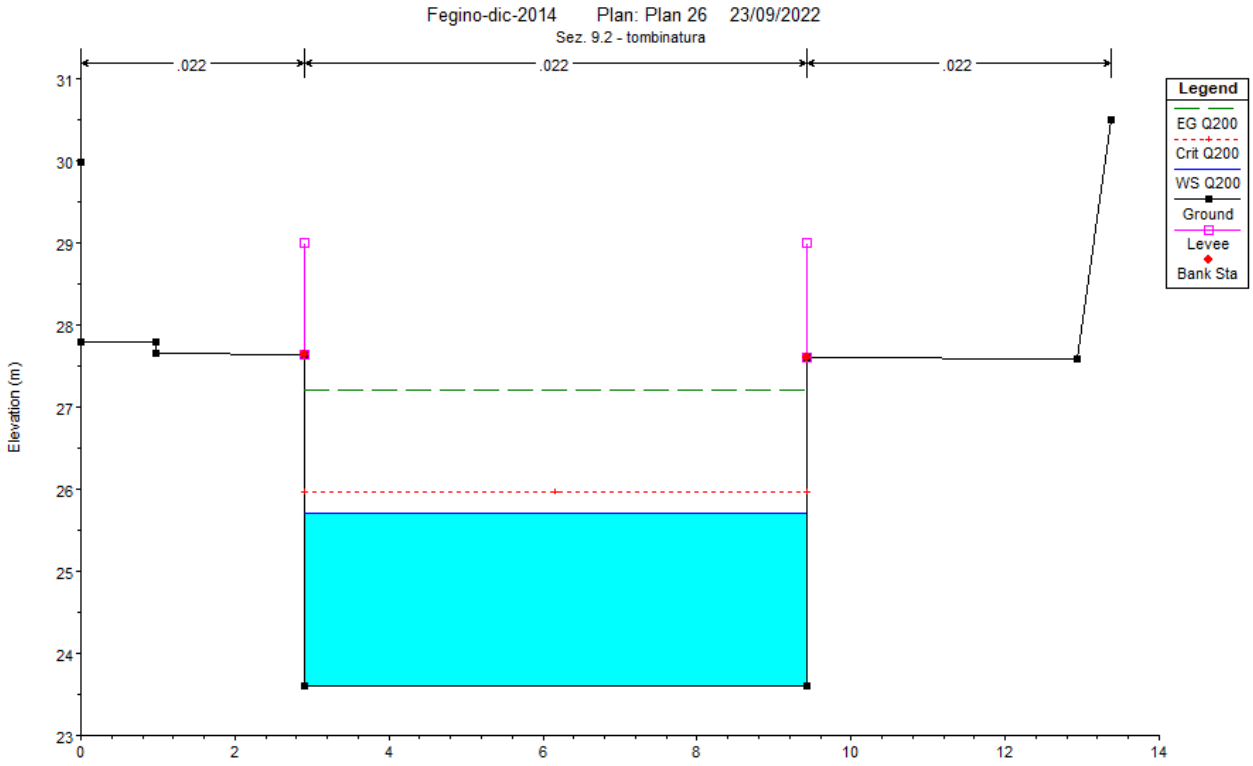


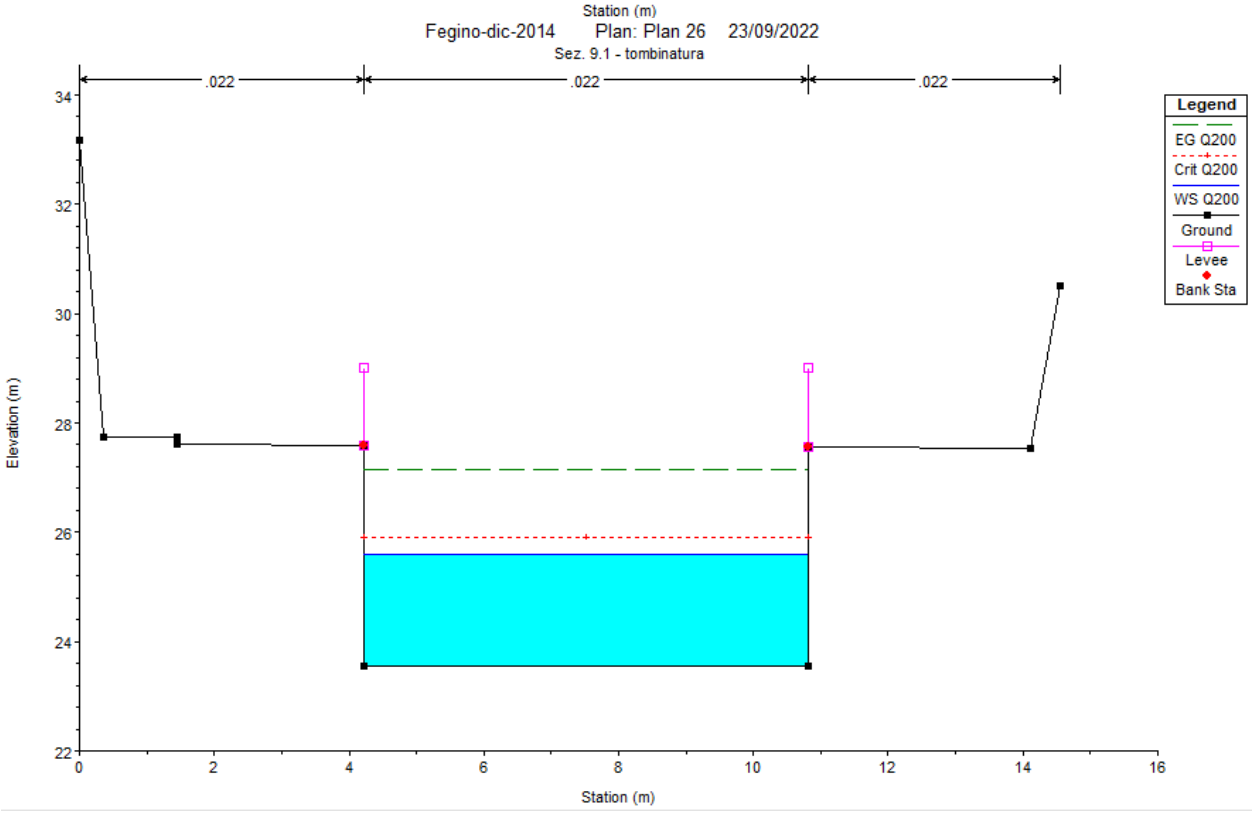
È vietata la riproduzione di questo documento, senza autorizzazione scritta



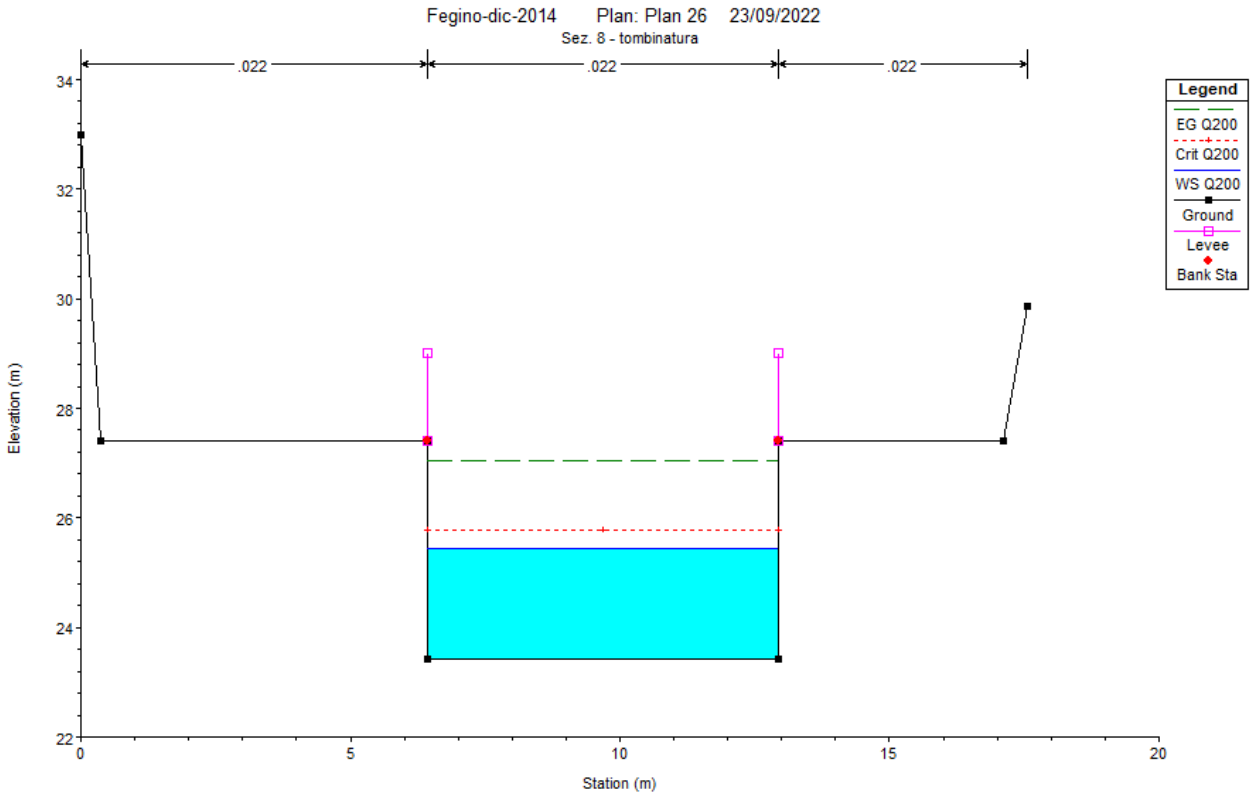


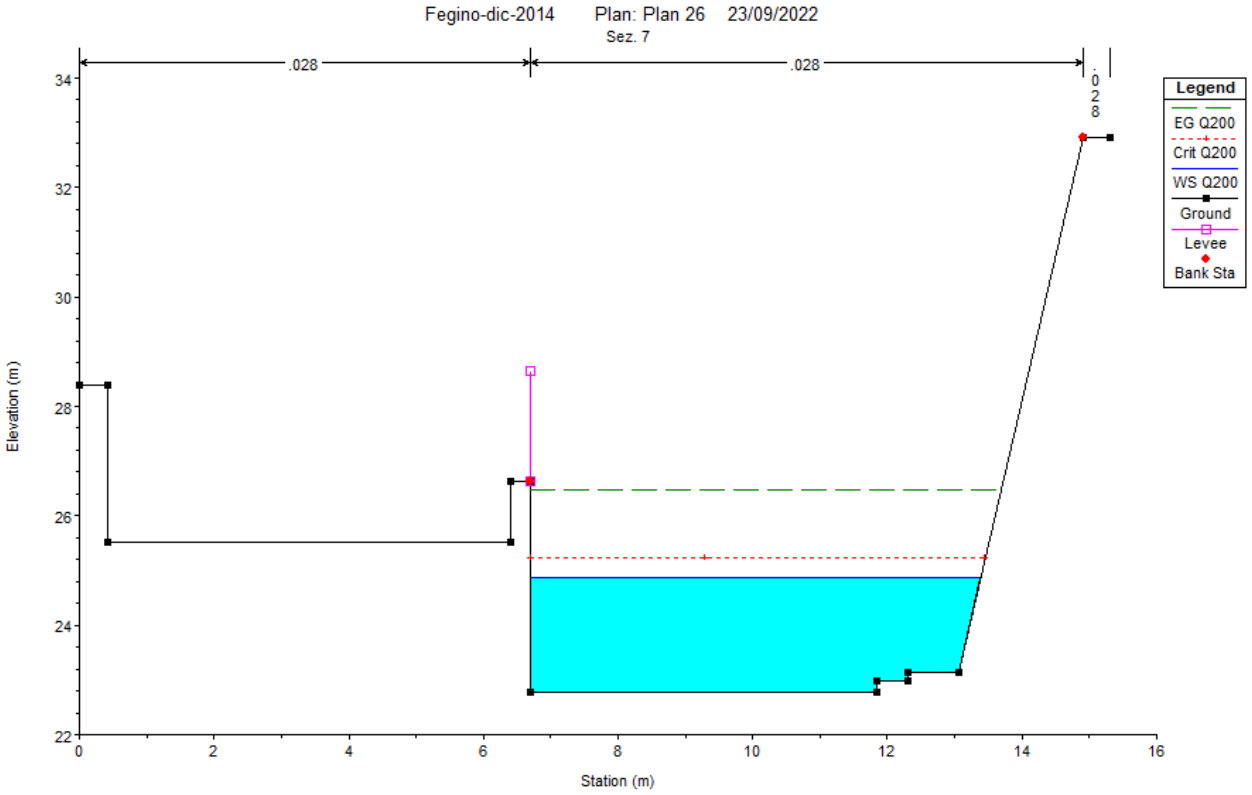
È vietata la riproduzione di questo documento, senza autorizzazione scritta



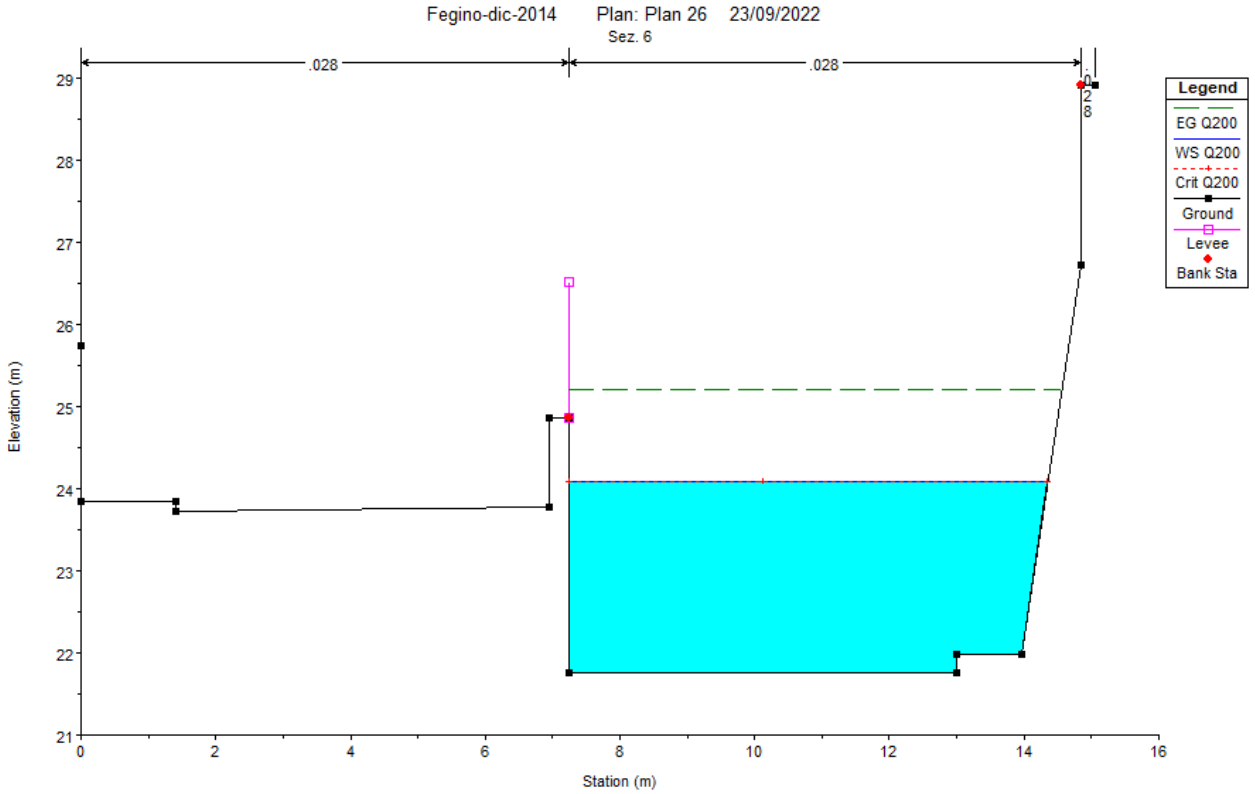


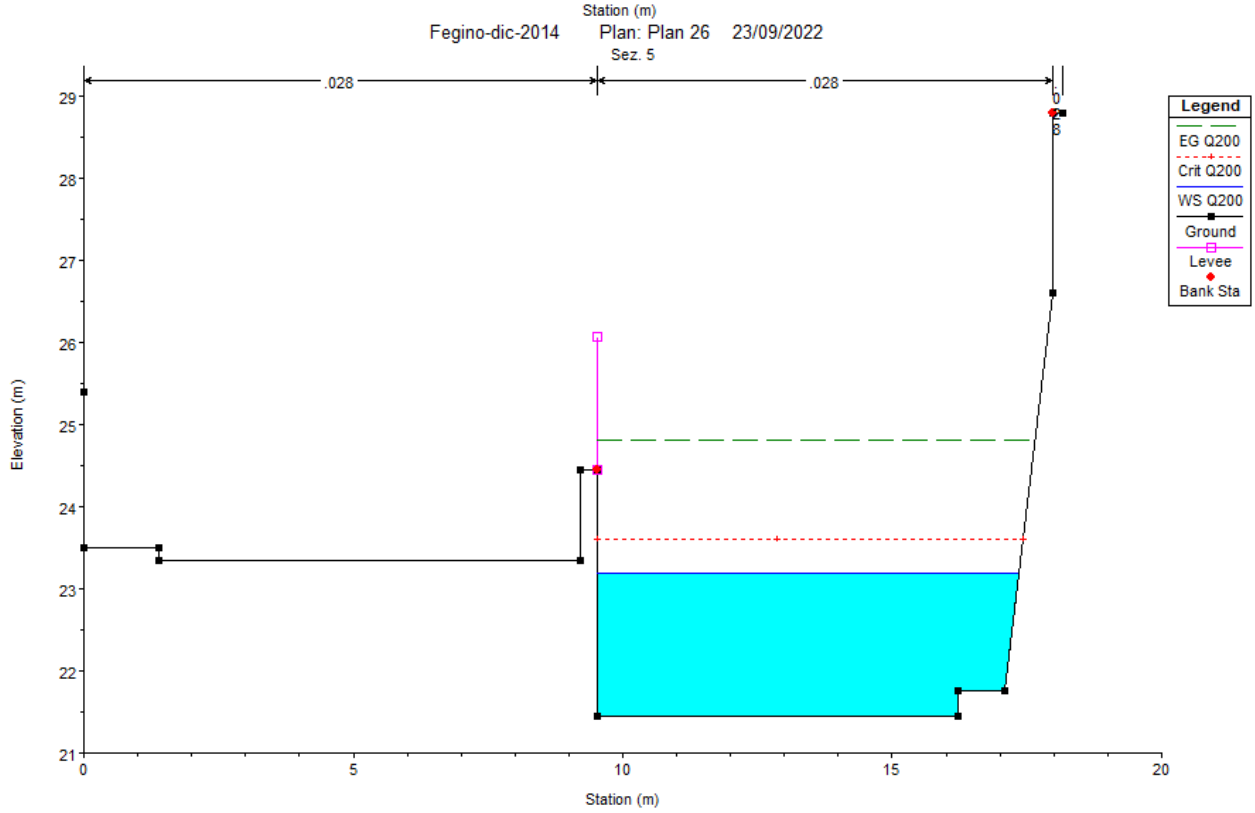
È vietata la riproduzione di questo documento, senza autorizzazione scritta



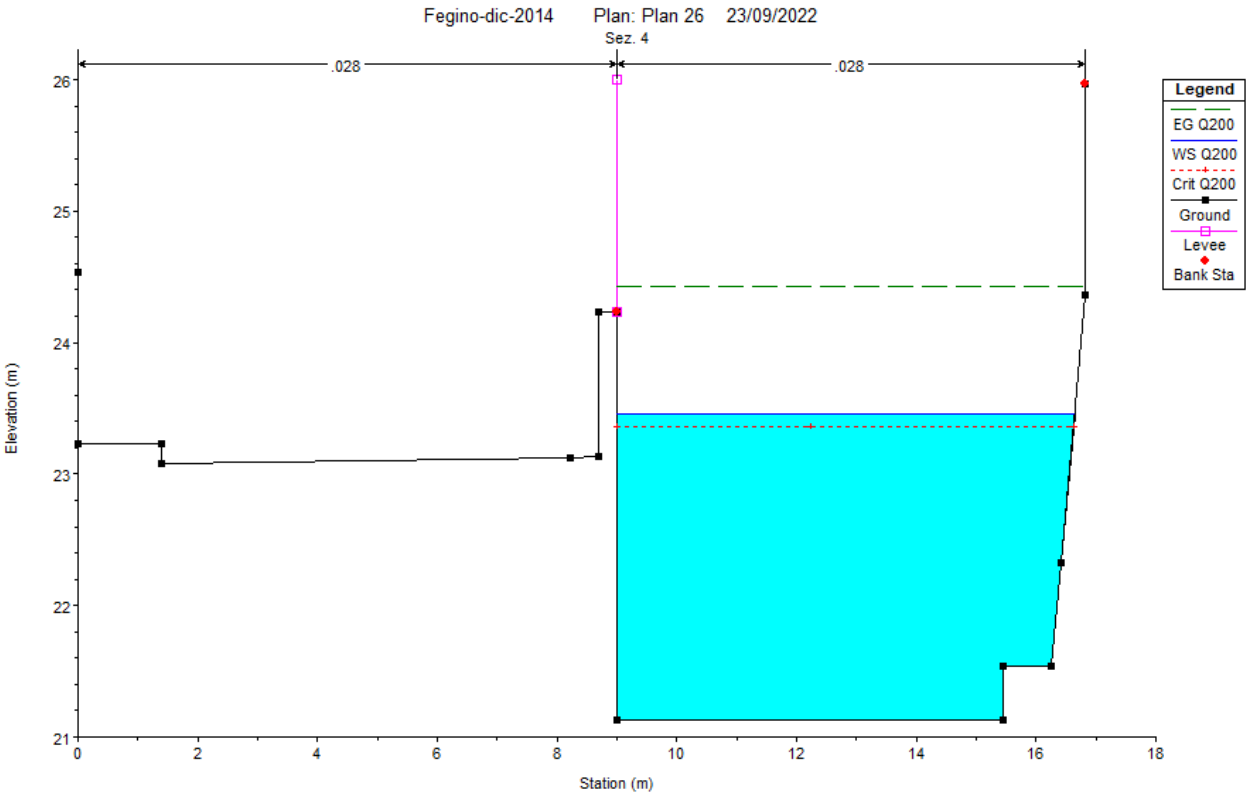


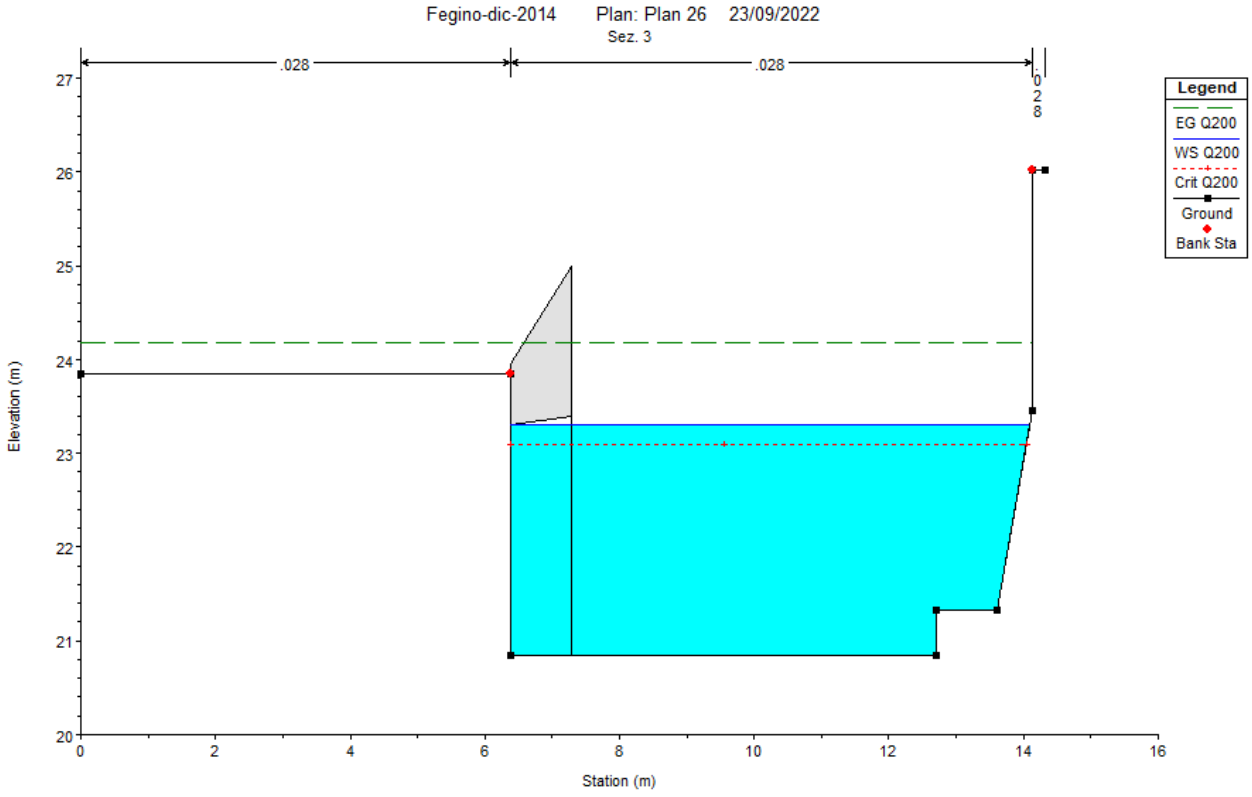
È vietata la riproduzione di questo documento, senza autorizzazione scritta



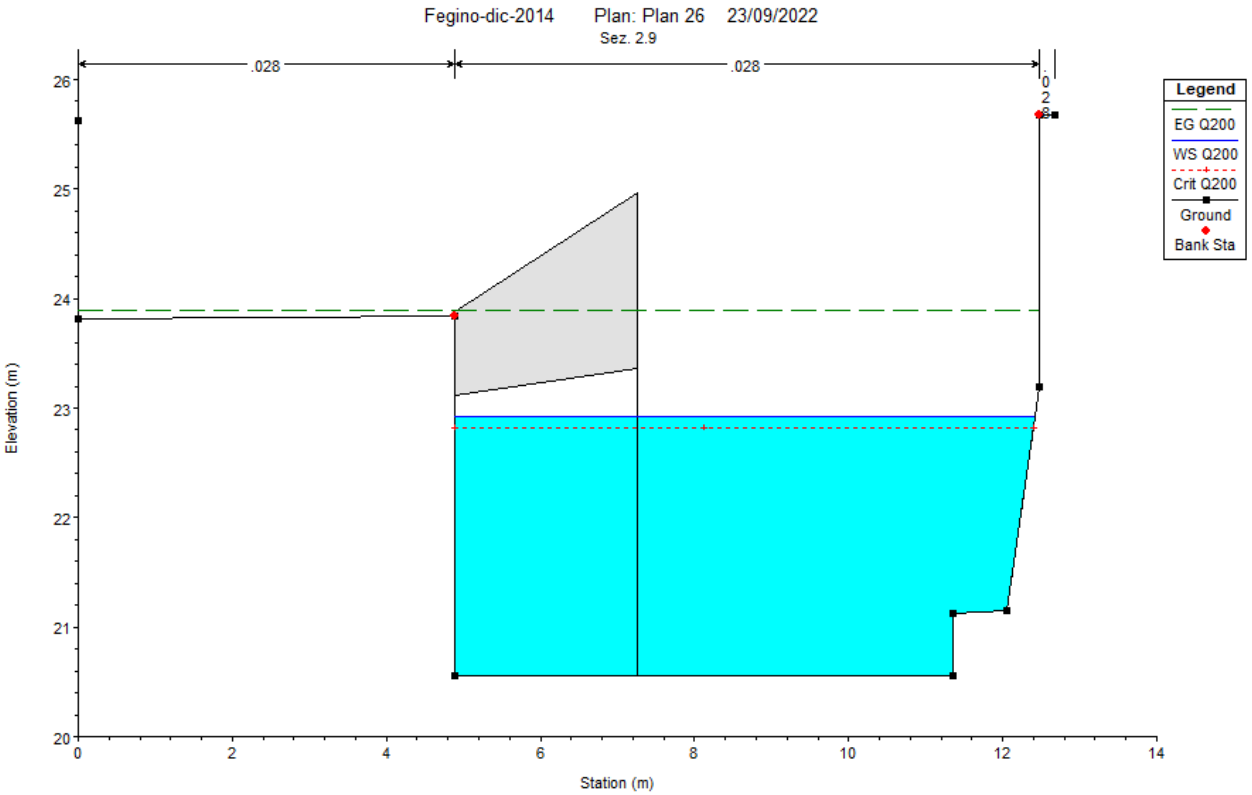


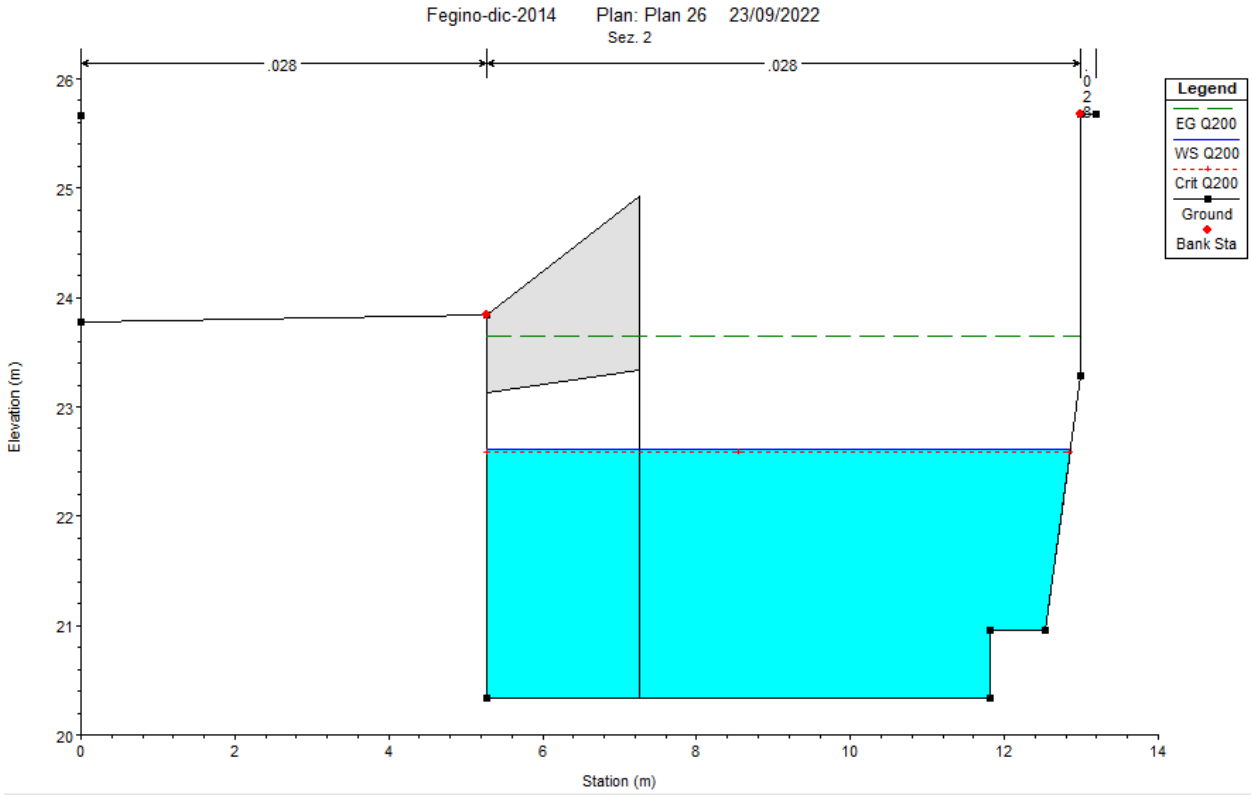
È vietata la riproduzione di questo documento, senza autorizzazione scritta



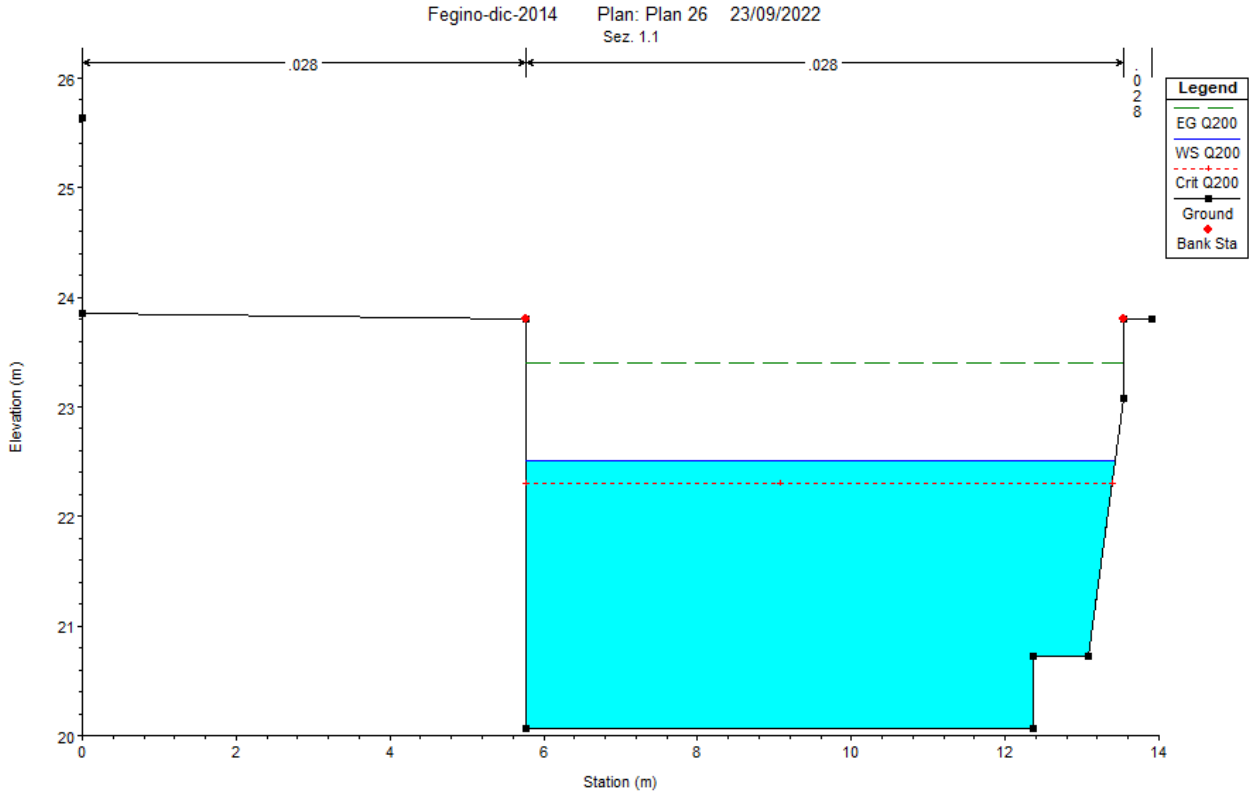


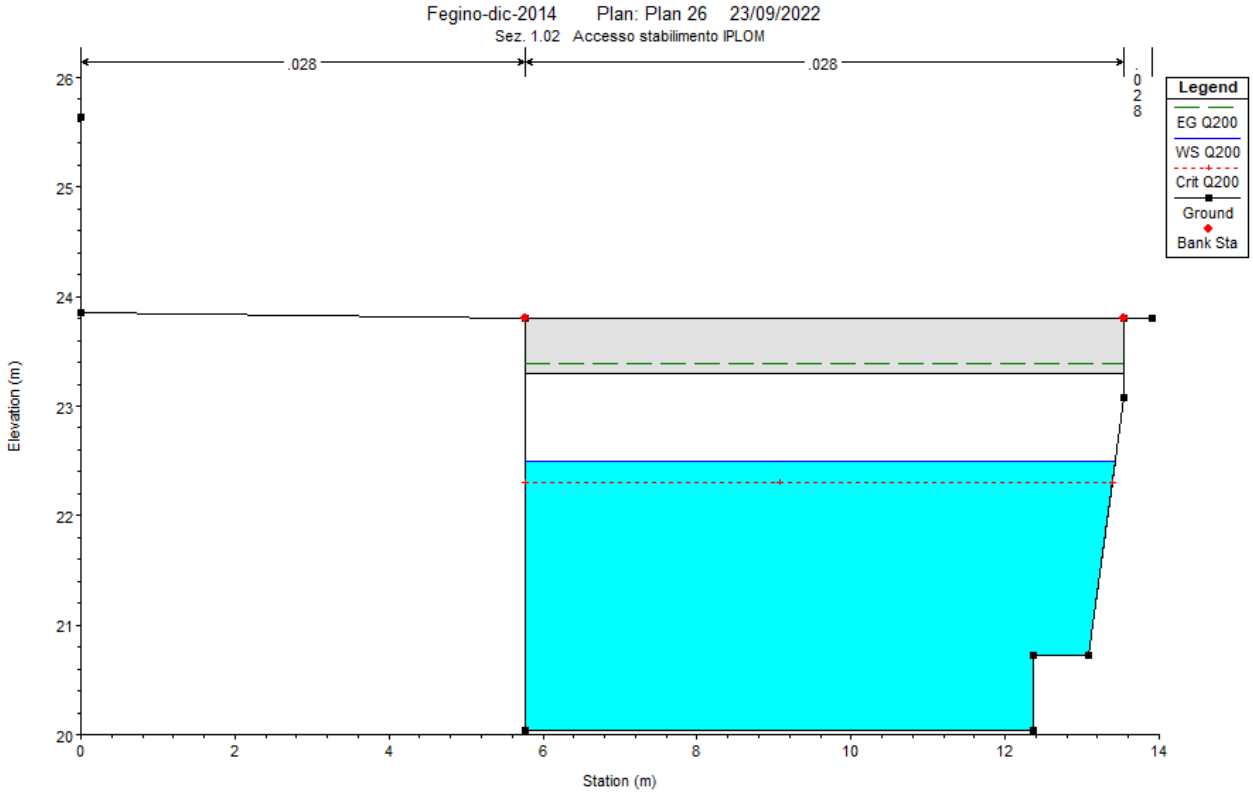
È vietata la riproduzione di questo documento, senza autorizzazione scritta



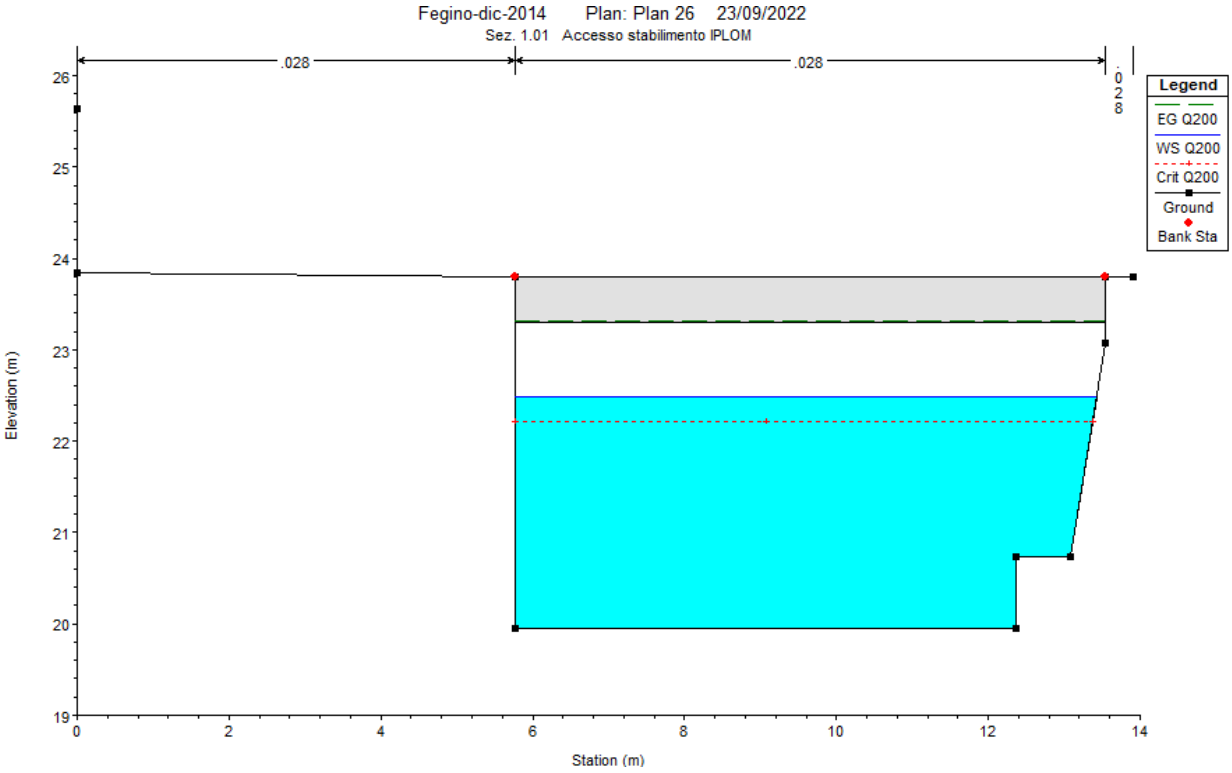


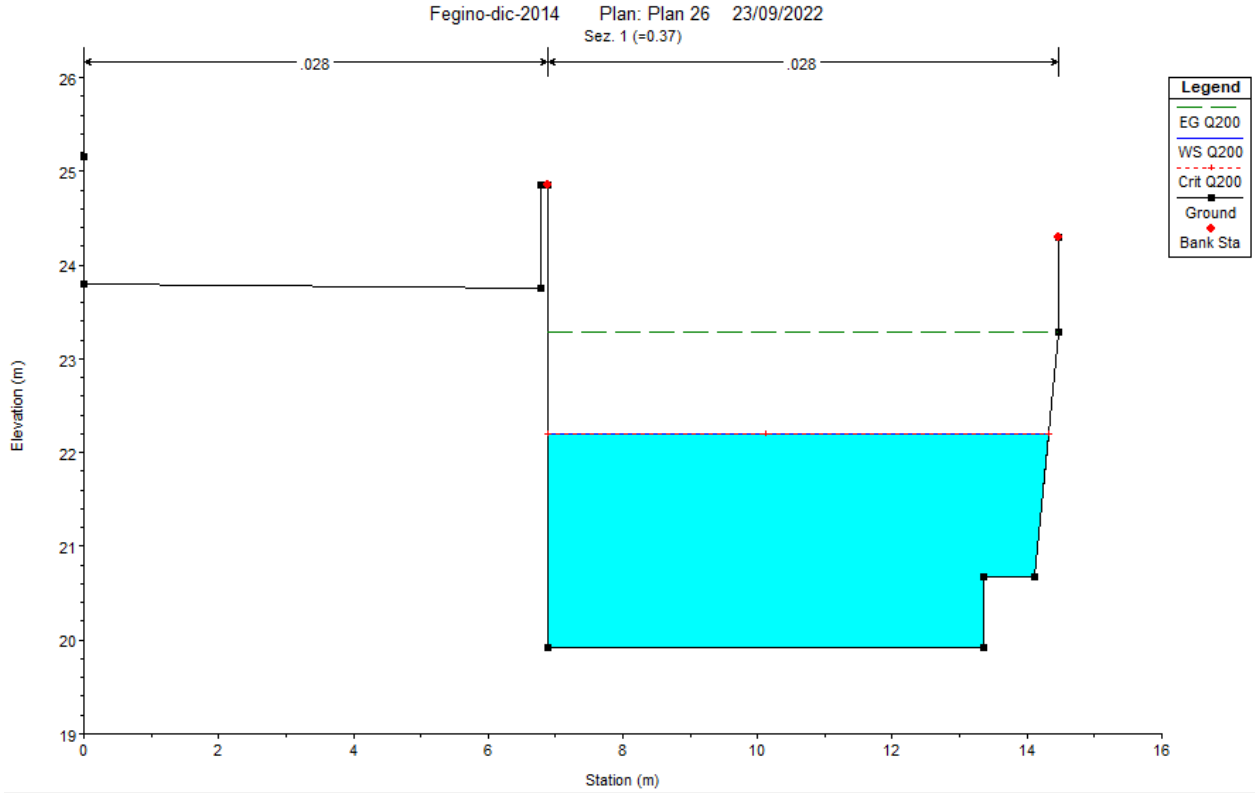
È vietata la riproduzione di questo documento, senza autorizzazione scritta



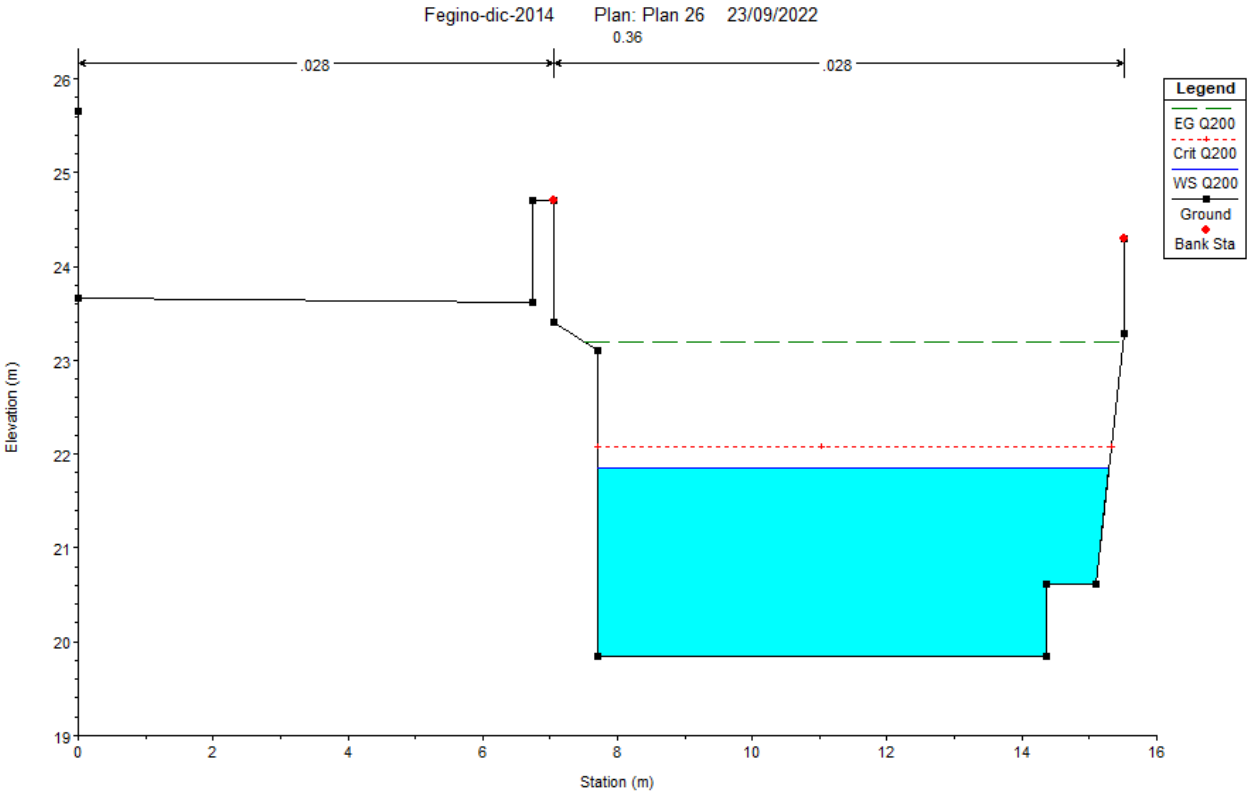


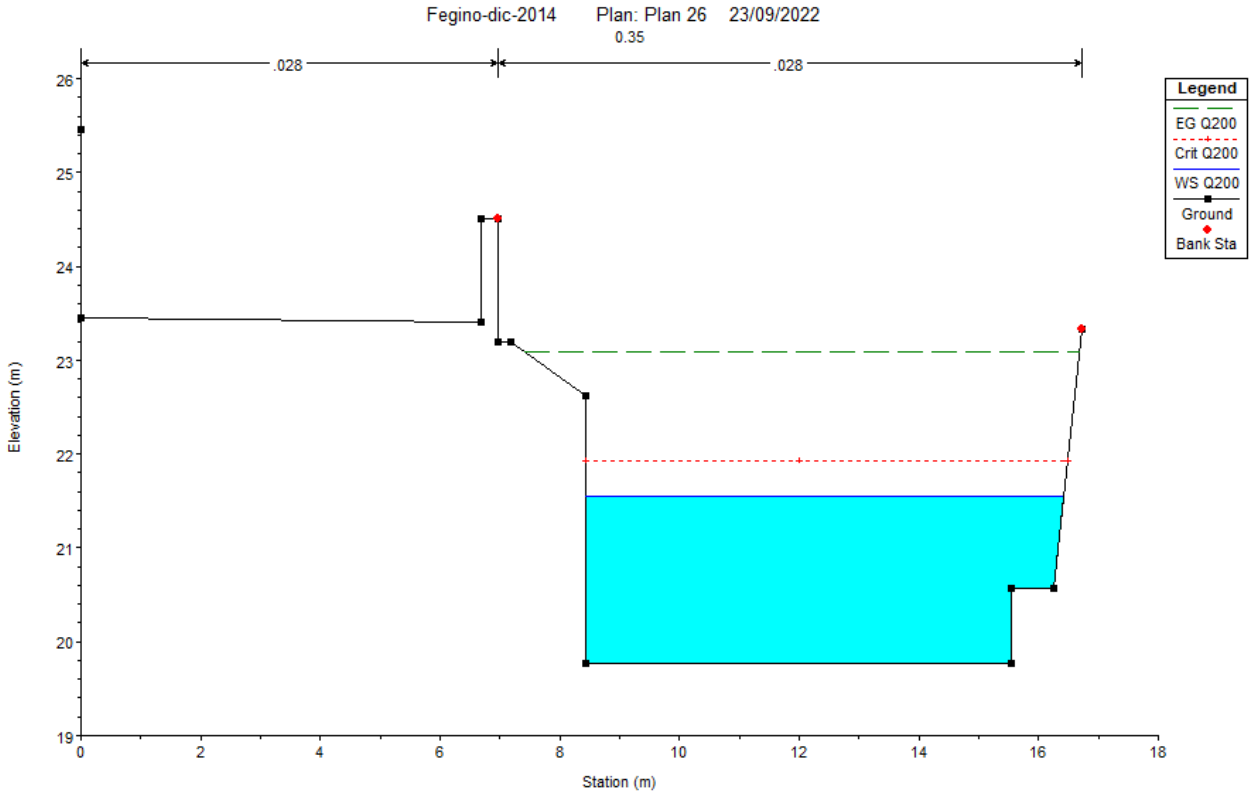
È vietata la riproduzione di questo documento, senza autorizzazione scritta



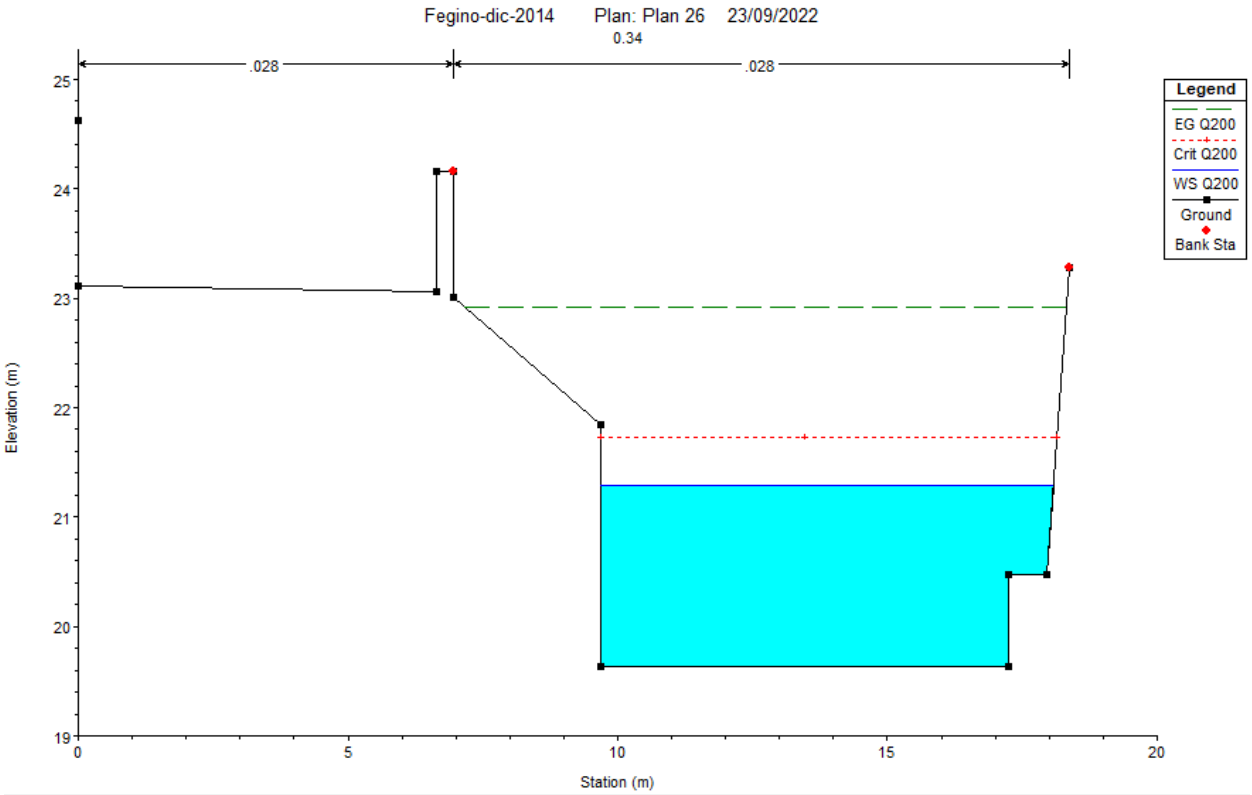


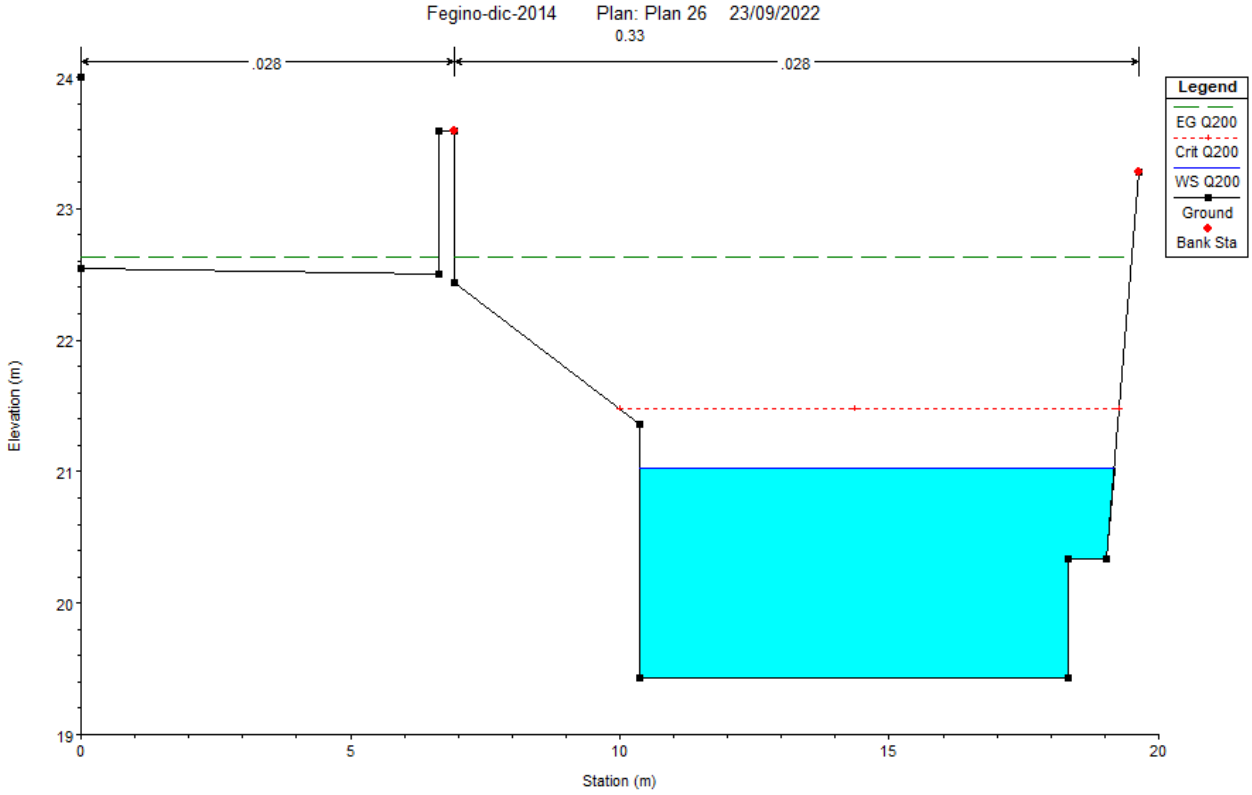
È vietata la riproduzione di questo documento, senza autorizzazione scritta



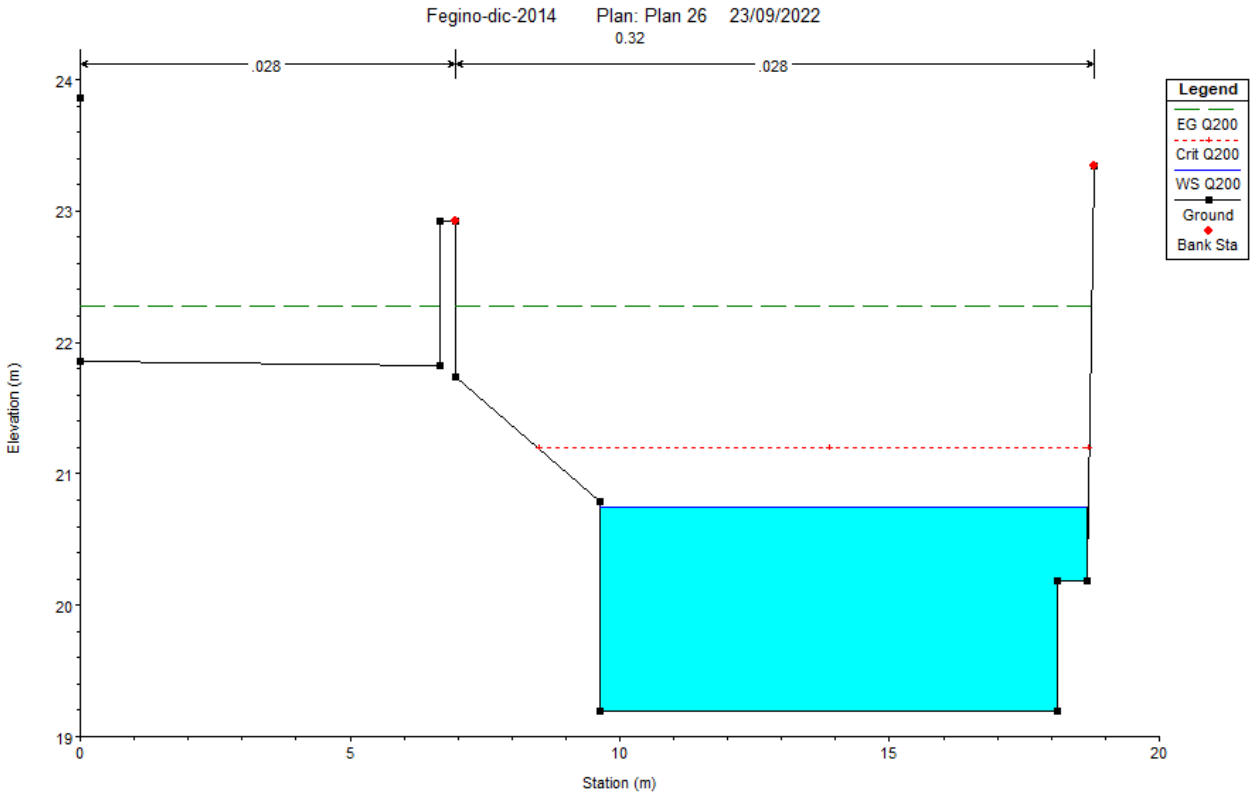


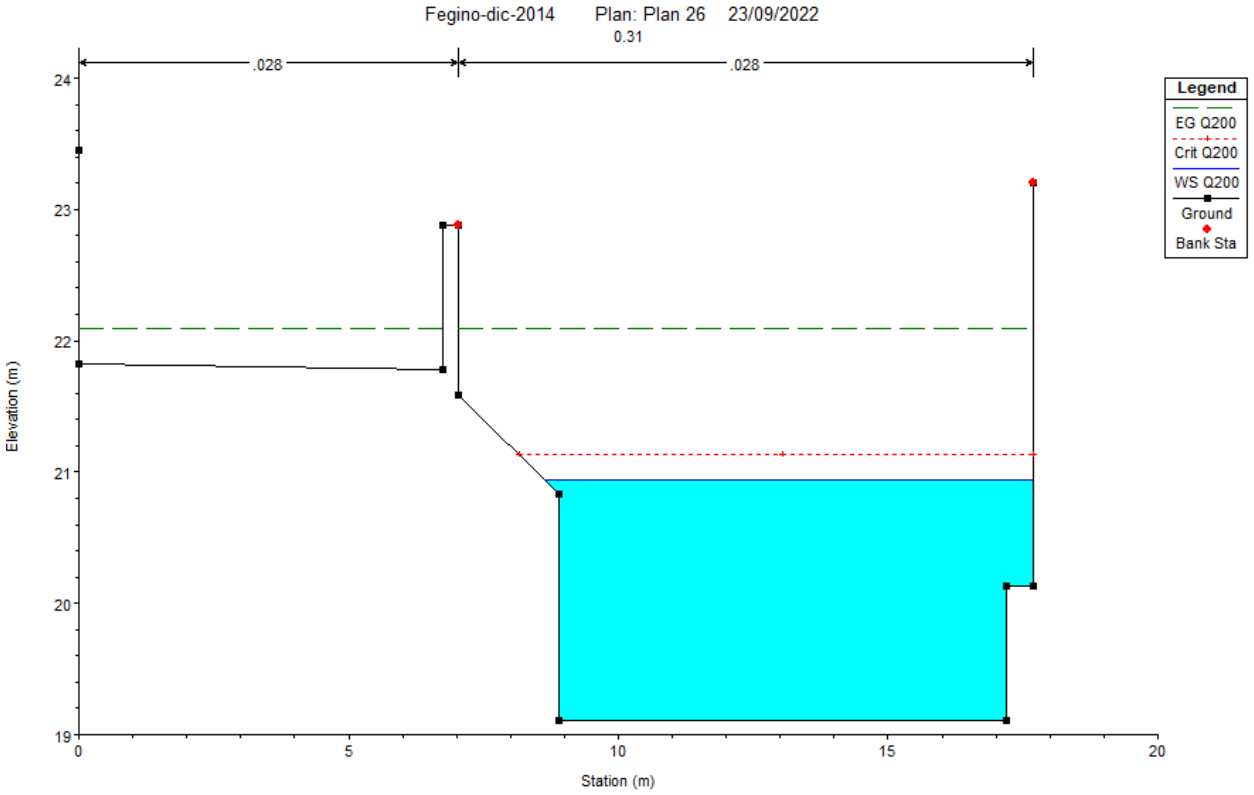
È vietata la riproduzione di questo documento, senza autorizzazione scritta



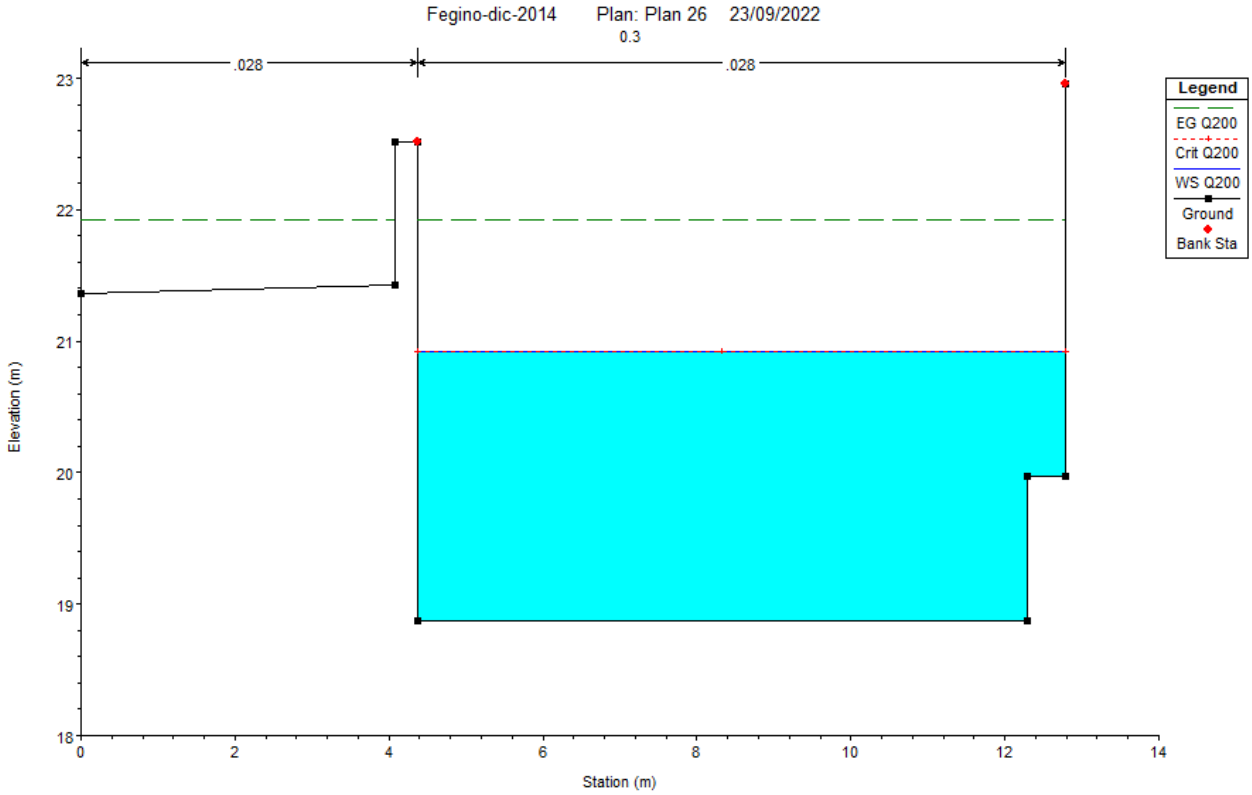


È vietata la riproduzione di questo documento, senza autorizzazione scritta





È vietata la riproduzione di questo documento, senza autorizzazione scritta



È vietata la riproduzione di questo documento, senza autorizzazione scritta