





Comune di Verbania

PROVINCIA DI VERBANO CUSIO OSSOLA

PROGETTAZIONE DEFINITIVA PER APPALTO INTEGRATO DELLE OPERE DI "VARIANTE ALL'ABITATO DI VERBANIA" DELLA S.S. N.34 - 1° LOTTO

IDROLOGIA E IDRAULICA RELAZIONE IDROLOGICA

Mandataria:  IL PROGETTISTA: Dott. Ing. Alberto Checchi	Mandanti:  IL RESPONSABILE: Dott. Ing. G.S. Kalamaras	 IL RESPONSABILE E COORDINATORE DELLA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE: Dott. Ing. A. Salvago de Gennaro	 IL GEOLOGO: Dott. Carlo Alessio
--	--	---	---

COMMESSA	FASE	COMPARTO	DOCUMENTO	REV	SCALA	FILE
B357	PD	IDR	ID01RT0101	0		IDRID01RT01010.DWG

3						
2						
1						
0	30/05/2012	PRIMA EMISSIONE	R.FURLANETTO	L. MELICA	A. SALVAGO	A. CHECCHI
REV.	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO	AUTORIZZATO



COMUNE DI VERBANIA

Palazzo Civico - P.zza Garibaldi, 15

SOMMARIO

1	PREMESSA	1
2	INQUADRAMENTO DELL'AMBITO TERRITORIALE	3
2.1.	I corsi d'acqua interferenti con il progetto.....	4
2.2.	Il fiume Toce.....	5
2.3.	Il lago Maggiore.....	7
2.4.	Il lago di Mergozzo	13
3	NORME E LINEE GUIDA VIGENTI.....	19
3.1.	Il Piano di bacino	19
3.2.	Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico.....	21
3.3.	Piano Stralcio delle Fasce Fluviali (PSFF)	22
3.4.	Norme vigenti	23
3.5.	Direttive tecniche e regolamenti	28
3.6.	Criteri di compatibilità idraulica, prescrizioni e indirizzi.....	30
3.6.1.	Direttiva 4 - compatibilità idraulica infrastrutture (aggiornata 05/04/2006)	31
4	ANALISI DEGLI SCAMBI IDRICI NEL SISTEMA LAGO DI MERGOZZO – CANALE EMISSARIO – LAGO MAGGIORE	35
4.1.	I livelli idrici del Lago Maggiore	36
4.1.1.	La regolazione idraulica del lago maggiore	36
4.1.2.	Pienu storiche	42
4.1.3.	Valutazione dei livelli del Lago maggiore per assegnato tempo di ritorno	45
4.2.	I livelli idrici del Lago di Mergozio e nel canale emissario	45
5	DELIMITAZIONE DELLE AREE DI ESONDAZIONE MEDIANTE LA DEFINIZIONE DEL PROFILO DI MOTO PERMANENTE	48
5.1.	Dati di base	48
5.1.1.	Valutazione delle portate e delle condizioni al contorno	48



COMUNE DI VERBANIA

Palazzo Civico - P.zza Garibaldi, 15

5.1.2.	Rilievo	51
5.2.	Metodologia utilizzata per la definizione del profilo di moto permanente.....	52
5.2.1.	Ipotesi base e limitazioni	53
5.3.	Dati di ingresso	54
5.3.1.	Scabrezza	54
5.3.2.	Sezioni trasversali	55
5.3.3.	Aree della sezione trasversale inefficaci al deflusso	56
5.3.4.	Condizioni iniziali.....	57
5.4.	Lettura dei tabulati di calcolo.....	58
6	ANALISI DI COMPATIBILITÀ IDRAULICA DELLE OPERE PROGETTATE.....	60
6.1.	Effetti indotti sui livelli di piena e sulla velocità della corrente.....	60
6.2.	Riduzione della capacità di invaso	62
6.3.	Interazioni con opere di difesa idrauliche esistenti	63
6.4.	Modifiche indotte sull'assetto morfologico dell'alveo inciso e di piena;.....	63
6.5.	Condizioni di sicurezza delle opere in progetto rispetto alla piena.	64
6.5.1.	Franco idraulico	64
6.5.2.	Forma e posizionamento delle pile	65
6.5.3.	Azioni di erosione e scalzamento	65
7	IDRAULICA DI PIATTAFORMA	73
7.1.	Descrizione delle opere.....	73
7.2.	Determinazione delle portate di progetto.....	74
7.3.	Calcolo delle portate.....	76
7.4.	Determinazione della capacità di smaltimento	77
7.5.	Collettori	77
7.6.	Canaletta 40x40.....	80
7.7.	Fossi di guardia rivestiti.....	81



COMUNE DI VERBANIA

Palazzo Civico - P.zza Garibaldi, 15

8	VASCHE DI PRIMA PIOGGIA E DI SICUREZZA	84
8.1.	Descrizione delle vasche di sicurezza.....	85
8.2.	Descrizione delle vasche di prima pioggia	86
8.3.	Criteri di Dimensionamento delle vasche di prima pioggia	89
9	CONCLUSIONI	91



1 PREMESSA

Lo studio idraulico oggetto della presente relazione, è finalizzato all'analisi e alla verifica idraulica delle interferenze che si vengono a creare lungo il nuovo tracciato stradale della "VARIANTE ALL'ABITATO DI VERBANIA" DELLA S.S. N.34 - 1° LOTTO.

Il progetto ha origine in corrispondenza del cimitero di Fondotoce con una rotatoria e, proseguendo verso Nord, entra in galleria nei pressi della "Casa della Resistenza", by-passa l'abitato di Fondotoce uscendo in prossimità del vivaio sull'attuale strada S.S. 34.

Sulla base delle elaborazioni esperite e riportate nell'elaborato dedicato si è provveduto allo sviluppo degli approfondimenti necessari ad un'adeguata caratterizzazione idrologica dell'area in esame. In particolare, sulla base dei dati disponibili (in particolare modello VAPI) sono stati validati e completati i risultati già ottenuti in sede preliminare definendo un livello di affidabilità dell'informazione idrologica adeguato al livello progettuale definitivo.

Sulla scorta dei risultati illustrati nella relazione idrologica facente parte del presente progetto, il presente studio si compone di una prima parte incentrata sull'analisi delle caratteristiche dell'area in esame, una seconda parte dove viene illustrato l'ambito normativo applicabile, una terza parte dove vengono calcolate le portate di piena per assegnato tempo di ritorno caratterizzanti i corsi d'acqua interferenti e vengono effettuate le simulazioni necessarie alla definizione delle caratteristiche idrauliche dell'evento di piena, ed in ultimo di una quarta parte dove viene effettuata la verifica di compatibilità idraulica delle opere in progetto. Particolare attenzione è stata destinata alla risoluzione dell'interferenza idraulica con il canale emissario del lago di Mergozzo e relativa piana di esondazione che rappresenta senza dubbio la problematica idraulica principale del presente progetto.

L'analisi di compatibilità idraulica è stata effettuata utilizzando i risultati della simulazione in moto permanente della piena con tempo di ritorno pari a duecento anni.

Nell'ultima parte della presente relazione verrà descritto il sistema di smaltimento delle acque meteoriche a servizio del nuovo asse viario. In tale ambito verrà effettuato il dimensionamento delle opere di raccolta e smaltimento e degli impianti di trattamento delle acque di prima pioggia poste a



COMUNE DI VERBANIA

Palazzo Civico - P.zza Garibaldi, 15

salvaguardia del reticolo idrografico esistente che costituisce il recapito finale delle acque meteoriche raccolte lungo il tracciato dell'asse viario in progetto.



2 INQUADRAMENTO DELL'AMBITO TERRITORIALE

L'ambito territoriale in cui si colloca l'intervento in progetto rientra nelle competenze dell'Autorità di bacino del fiume Po. I corsi d'acqua principali ricadenti nell'area in esame sono il fiume Toce e il canale emissario del lago di Mergozzo che viene attraversato dal tracciato stradale in progetto mediante un viadotto a doppia campata subito prima di imboccare in galleria.

Il fiume Toce, trovandosi più a sud rispetto al tracciato, non interessa direttamente il progetto, ma interferisce con i livelli idrici del Lago Maggiore che ha sua volta scambia volumi idrici con il lago di Mergozzo mediante il relativo Canale Emissario (rappresentato in foto).



Il canale emissario in parola collega idraulicamente il Lago Maggiore al lago di Mergozzo. I livelli idrici di piena nel canale sono controllati dal livello idrico del lago Maggiore. A partire dai livelli idrici più elevati, infatti, ampie zone spondali del canale, comprese quelle interessate dal tracciato, risultano allagate e i due laghi appaiono praticamente uniti. In particolare l'area interessata dall'opera in progetto è periodicamente soggetta ad allagamenti a bassa o nulla energia dovuti principalmente all'innalzamento del livello del Lago Maggiore.



2.1. I corsi d'acqua interferenti con il progetto

Come accennato i corsi d'acqua principali presenti nell'ambito territoriale di interesse sono il fiume Toce, che ha un interazione indiretta con il progetto in quanto contribuisce alla formazione delle piene del Lago Maggiore / Lago di Mergozzo, e il canale emissario del Lago di Mergozzo, che si configura come un'interferenza diretta con le opere in progetto che ricadono nella relativa piana di esondazione.



Ci sono poi da segnalare una serie di corsi d'acqua minori che ricadono nell'ambito territoriale in esame (in foto il Rio San Giacomo a monte dell'attraversamento della provinciale), ma che non hanno una reale interferenza con le opere in progetto (sempre il Rio San Giacomo in corrispondenza dell'attraversamento della provinciale).



COMUNE DI VERBANIA

Palazzo Civico - P.zza Garibaldi, 15



I corsi d'acqua minori in parola e le loro principali caratteristiche sono riportati nella seguente tabella.

	Area bacino	Altezza media
	(Kmq)	(m slm)
Rio San Giacomo	1,44	325
Rio Fondotoce	0,25	310
Rio Scopello	0,57	375

2.2. Il fiume Toce

Le fasce delimitate nel PAI del inerenti le piene del fiume Toce sono riportate nella corografia idraulica facente parte del presente progetto.



COMUNE DI VERBANIA

Palazzo Civico - P.zza Garibaldi, 15

In particolare dalla delimitazione della fascia B si evince che la piena due centennale di questo corso d'acqua non interferisce con le opere in progetto. Questa, infatti, si mantiene abbondantemente al di sotto della s.s.n.34 che peraltro risulta privo di aperture funge da argine golenale per le piene di con tempo di ritorno superiore a duecento.

Pur non essendo, quindi una corso d'acqua direttamente interferente con il tracciato in progetto rappresenta un elemento di una certa importanza nel meccanismo di scambio idrico tra Lago di Mergozzo e Lago Maggiore contribuendo con le sue piene, che normalmente anticipano, all'innalzamento del livello del Lago Maggiore.

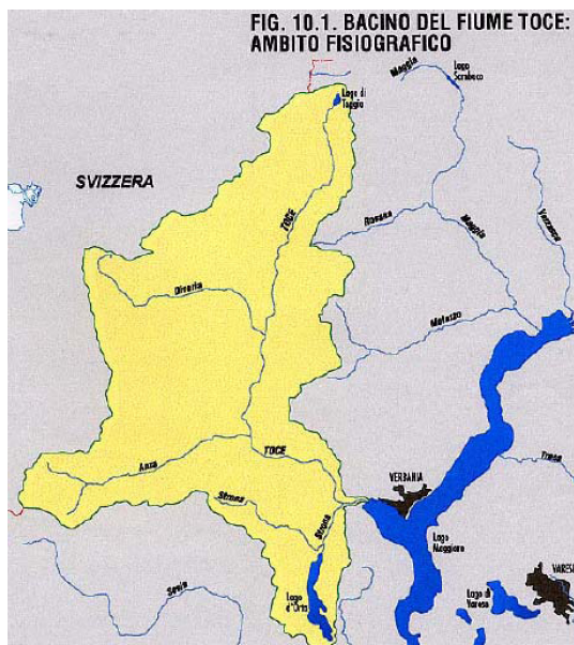
È utile, quindi delinearne i caratteri essenziali.

Il Toce, affluente del lago Maggiore, ha origine dal lago del Toggia, a 2.191 m s.m., e percorre la valle Ossola con andamento tipicamente torrentizio a motivo dell'altitudine del bacino, delle estese superfici glaciali, nonché delle elevate precipitazioni meteoriche che sono caratteristiche dell'area. Il fiume Toce rappresenta uno dei principali affluenti del lago Maggiore. Il fiume nel tratto a monte della confluenza nel Lago Maggiore conserva l'andamento sinuoso che caratterizza il tratto più a monte. L'alveo mantiene un andamento monocursale, marcato ed inciso, senza che siano riscontrabili particolari tendenze a modifiche planimetriche dell'attuale assetto.



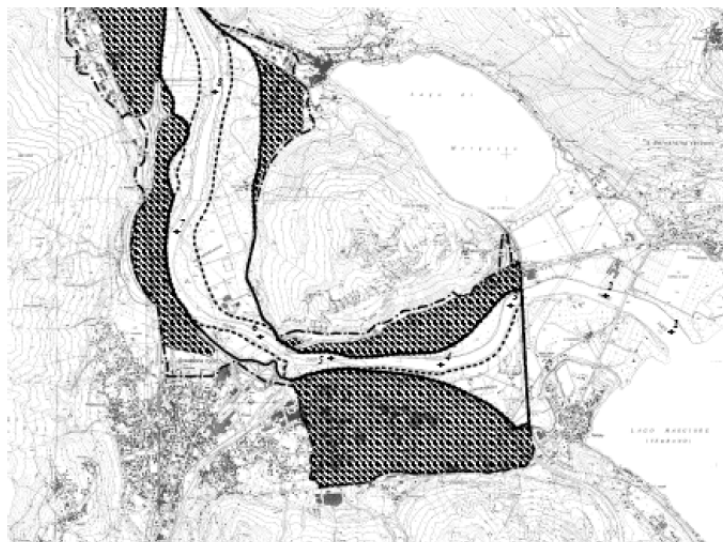
COMUNE DI VERBANIA

Palazzo Civico - P.zza Garibaldi, 15



DELIMITAZIONE FASCE:

Variante del Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI) Fiume Toce deliberazione n. 15 del 5 ottobre 2004



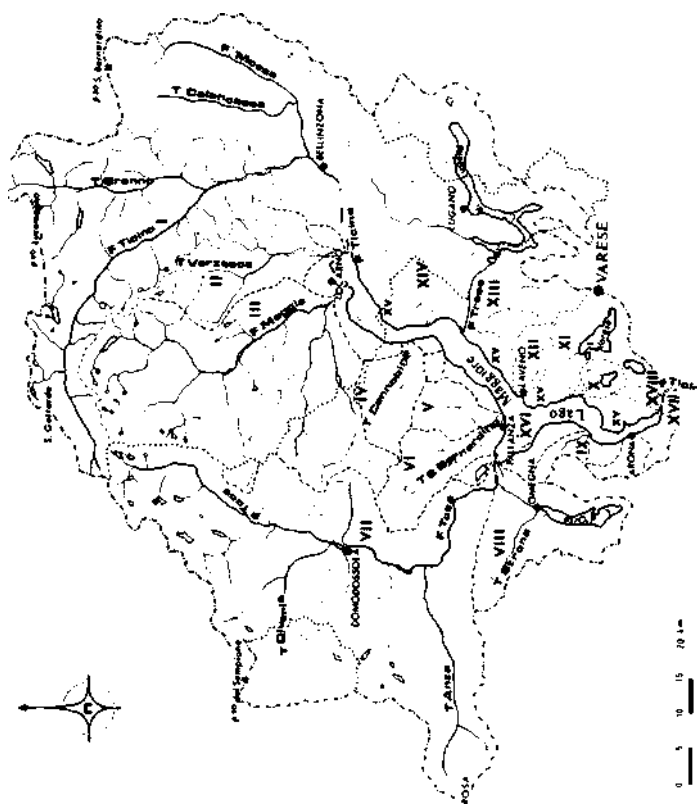
Nella parte finale del proprio corso, il Toce disegna un'ampia ansa e poi si immette nel Lago Maggiore, attraversando una vasta zona umida che costituisce una delle aree protette di rilevanza regionale. Lungo il tratto in esame il corso d'acqua ha una tendenza alla mobilità naturale abbastanza ridotta rispetto a quanto riscontrato nei tratti immediatamente a monte. In assenza di opere per il contenimento dell'instabilità planimetrica, infatti, l'alveo potrebbe occupare, in tempi successivi, una fascia di ampiezza mediamente pari a circa 130-150 metri. Tale comportamento, come per il tratto precedente dipende probabilmente dall'influenza del lago che cresce via via che ci si avvicina alla foce. Prova della sostanziale stabilità dell'asta è data anche dalla pressoché totale assenza di opere atte al contenimento della divagazione dell'alveo.

2.3. Il lago Maggiore

Il bacino imbrifero del Lago Maggiore ha un'estensione, compresa la superficie lacustre (212,5 kmq), di 6.599 kmq e di essa 3.229 kmq sono territorio italiano e 3.330 kmq appartengono alla Confederazione Elvetica, con una suddivisione quindi fra le due nazioni in parti quasi uguali. Tuttavia,



La distribuzione altimetrica dell'areale è sintetizzata nella sua curva ipso-grafica (Figura successiva), dalla quale può essere dedotta anche la sua altitudine mediana (1.270 m s.l.m.). La



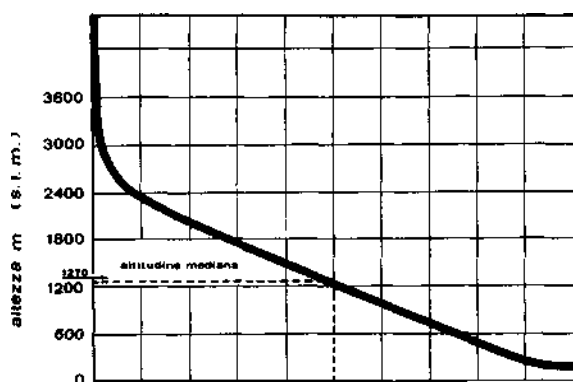


COMUNE DI VERBANIA

Palazzo Civico - P.zza Garibaldi, 15

curva evidenzia, particolarmente nella sua porzione superiore, una pendenza molto accentuata, a dimostrazione della relativa giovinezza di questo territorio nel quale l'erosione operata dai corsi d'acqua e dal ruscellamento è un processo ancora molto attivo.

Il Lago Maggiore occupa la parte centro-meridionale del bacino di drenaggio e la distanza media dello spartiacque dalla linea di costa del lago è stata misurata in 37,6 km.



Come è noto, uno dei parametri morfometrici che maggiormente incidono sulle caratteristiche idrologiche di un lago è il rapporto tra le aree del bacino imbrifero e del lago stesso: nel nostro caso questo rapporto è molto elevato (31 a 1), il più alto, assieme al Como, fra i maggiori laghi italiani (vedi tabella contenente le caratteristiche morfometriche e idrologiche dei maggiori laghi italiani. S: superficie del lago; z_{max} : profondità massima; V: volume; S_b : superficie dal bacino idrografico; S_b/S : rapporto tra superficie del bacino e superficie del lago; Q: portata media dell'emissario; P: afflusso meteorico; D: deflusso; D/P : coefficiente di deflusso; t : tempo teorico di rinnovo).



COMUNE DI VERBANIA

Palazzo Civico - P.zza Garibaldi, 15

Lago	S (km ²)	Z _{max} (m)	V (km ³)	Sb (km ²)	S/Sb	Q (m ³ s ⁻¹)	P (mm)	D	D/P	tr anni
Garda	370	346	50,35	2350	6,35	59,5	1199	795	0,66	26,8
Maggiore	212,2	370	37,1	6599	31,05	297	1703	1422	0,83	4
Como	145,9	410	22,5	4572	31,34	158	1297	1094	0,84	4,5
Trasimeno	124,3	6	0,586	376	3,02	0,86	837	218	0,26	21,6
Bolsena	113,6	151	9,2	273	2,4	2,42	980	672	0,68	120,6
Iseo	61,8	251	7,6	1842	29,8	59,4	1220	1018	0,83	4,1
Bracciano	57	165	5,053	147	2,58	1,17	1122	647	0,58	137
Lugano	48,9	288	6,56	615	12,58	25	1676	1280	0,76	8,3
Orta	18,1	143	1,3	116	6,41	4,64	1825	1265	0,69	8,9
Varese	14,9	26	0,16	110	7,38	2,87	1454	808	0,56	1,7
Vico	12,1	48	0,261	41	3,39	0,49	1316	1271	0,96	17

Ne deriva che molti parametri ambientali relativi all'ecosistema lacustre verbanese (compreso evidentemente l'apporto delle masse d'acqua) vengono controllati e condizionati dagli eventi naturali e dagli interventi umani che si succedono in questo esteso bacino di drenaggio, che pertanto è in grado di esercitare un forte impatto sulle caratteristiche del lago.

Dalla stessa tabella si possono ricavare altre informazioni relative all'idrologia dei singoli bacini lacustri: il Maggiore si evidenzia, in modo particolare, per i valori elevati di afflusso meteorico (1703 mm), deflusso (1422 mm), portata dell'emissario (297 mc/ s) e per quello, relativamente basso in rapporto al suo volume, del tempo teorico di rinnovo delle sue acque (4 anni).

I più importanti tributari del Lago Maggiore (Tab. successiva) sono i Fiumi Ticino, con un areale di drenaggio di circa 1.616 kmq, Toce (1.551 kmq, che salgono a 1.784 kmq se si comprendono anche i bacini dello Strona e del Lago d'Orla idrograficamente appartenenti allo stesso Toce, ma usualmente considerati separatamente per la peculiarità dell'areale cusiano dominato dalla presenza di quel grande lago), Maggia (926 kmq) e Tresa (754 kmq).



COMUNE DI VERBANIA

Palazzo Civico - P.zza Garibaldi, 15

N°	Bacino	Superficie (km ²)
I	Ticino all'entrata nel Lago Maggiore	1616,21
II	Verzasca	236,80
II	Maggia	926,10
IV	Cannobino	110,42
V	S. Giovanni	60,71
VI	S. Bernardino	130,84
VII	Toce (escluso il bacino della Strona)	1550,84
VIII	Strona	223,27
IX	Tributari di destra del Lago Maggiore	245,89
X	Acquanera	21,28
XI	Bardelle	134,27
XII	Boesio	45,37
XIII	Tresa	754,20
XIV	Giona	49,84
XV	Tributari minori di sinistra del Lago Maggiore	205,24
XVI	Lago Maggiore	212,51
XVII	Tributari minori di destra del F. Ticino dalla foce all'idrometro di Sesto Calende	14,20
XVIII	Tributari minori di sinistra del F. Ticino dalla foce all'idrometro di Sesto Calende	21,41
Totale bacino di drenaggio del Lago Maggiore		6599,4
Bacino in territorio italiano		3229,5
Bacino in territorio svizzero		3369,9

Nel loro insieme questi bacini coprono circa il 77% dell'intero territorio imbrifero e comprendono quasi tutta la sua porzione settentrionale e centrale.

D reticolato idrografico mostra un drenaggio di tipo dendritico, con i principali corsi d'acqua che scorrono prevalentemente in direzione Nord-Sud, eccezion fatta per il Tresa e per i tributari minori che, da est o da ovest, scorrono in direzione perpendicolare all'asse del lago, evidenziando in tal modo la sua azione centripeta di richiamo.



COMUNE DI VERBANIA

Palazzo Civico - P.zza Garibaldi, 15

Entro i confini dell'areale versante del Lago Maggiore sono insediati molti bacini lacustri: nove di essi (Lugano, Orta, Varese, Mergozzo, Comabbio, Monate, Biandrono, Ritom e Piano) sono laghi naturali con una superficie che supera gli 0,5 km²; sono inoltre presenti oltre una trentina di invasi artificiali, costruiti essenzialmente per scopi idroelettrici e che hanno una capacità utile di circa 600 milioni di metri cubi (Tab. seguente). A rigore, ai valori suddetti occorrerebbe aggiungere i volumi d'acqua che derivano da alcuni laghi naturali regolati quali Orta, Varese e Ghirla, ma si tratta, nel complesso, di una decina di milioni di metri cubi.

N°	Serbatoio	Corso d'acqua sbarrato	Altitudine (m s.l.m.)	Capacità utile in milioni di m ³
1	Lago Delio	Rio Casnera	908	4,05
2	Luino	Fiume Tresa	225	1,00
3	Lago Kastel	Emiss. Lago Kastel	2197	9,35
4	Val Toggia	T. Toggia	2156	15,65
5	Sabbione	Rio Sabbione	2412	28,24
6	Morasco	T. Gries	1763	18,40
7	Obersee	Emiss. L. Superiore	2319	1,22
8	Vannino	T. Vannino	2153	9,76
9	Busin Inferiore	Emiss. L. Busin Infer.	2370	3,47
10	Codelago	T. Devero	1884	16,01
11	Agaro	T. Agaro	1522	19,86
12	Lago d'Avino	Rio Ciampère	2223	6,37
13	Larecchio	Rio Tomello	1810	2,84
14	Cingine	Rio Sangoria	2215	4,67
15	Camposecco	T. flanella	2310	5,88
16	Campliccioli	T. Troncone	1293	8,94
17	Lago Antrona	T. Troncone	1081	5,47
18	Alpe Cavalli	T. Loranco	1470	8,35
19	Lucendro	T. Reuss Reno	2134	25,00
20	Sella	Foss della Sella	2256	9,10
21	Lago Ritom	T. Marmasela	1850	47,00
22	Lago Tremorgio	Emiss. L. Tremorgio	1830	9,20
23	Sambuco	Fiume Maggia	1480	63,00
24	Lago di Chironico	T. Ticinello	1769	1,50
25	Luzzone	T. Luzzone	1590	86,30
26	Malvagità	T. Orino	990	4,10
27	Palagnedra	T. Melezza	486	4,80
28	Isola	T. Moesa	1610	6,00
29	Vogomo	T. Verzasca	473	105,00
30	Naret	Affi. T. Bavona	2310	31,00
31	Cavagnoli	Affi. T. Bavona	2310	27,90
32	Robiei	T. Bavona	1940	6,50
33	Zot	Affi. T. Bavona	1940	1,20
TOTALE				597,13

L'importanza idrologica della presenza di questi bacini artificiali deriva dal fatto che la loro capacità complessiva è in grado di determinare un ipotetico innalzamento del livello del Lago Maggiore di oltre



due metri e mezzo, nel caso che tutta l'acqua trattenuta fosse scaricata a valle e che il Ticino emissario fosse chiuso.

Una seconda osservazione, essenzialmente di carattere geografico ma con importanti risvolti di carattere economico, riguarda l'elevata concentrazione di questi bacini idroelettrici nell'areale del Lago Maggiore in rapporto a quanto avviene nell'arco alpino in generale: i 600 milioni di metri cubi d'acqua invasi rappresentano infatti circa il 25% della massa trattenuta e regolata nell'intero bacino del Po.

2.4. Il lago di Mergozzo

Il bacino idrografico del Lago di Mergozzo interessa parte della porzione terminale della Val d'Ossola (rappresentato nella successiva Fig.) ed i suoi punti estremi hanno le seguenti coordinate geografiche (con la longitudine valutata da Monte Mario):

a Nord: quota 1315 (500 m circa ad W del Monte Faiè)

4°00'28" W; 45° 59'17" N

a Sud: bivio stradale a SW della stazione ferroviaria di Verbania-Pallanza

3° 58'54" W; 45° 56'33" N

ad Ovest: località Le Piantie (quota 592)

4° 00'50" W; 45° 58'23" N

ad Est : Alpe Cima Velia (quota 350) a SSE del Monte Castello

3°57'41"W; 45° 57'31" N

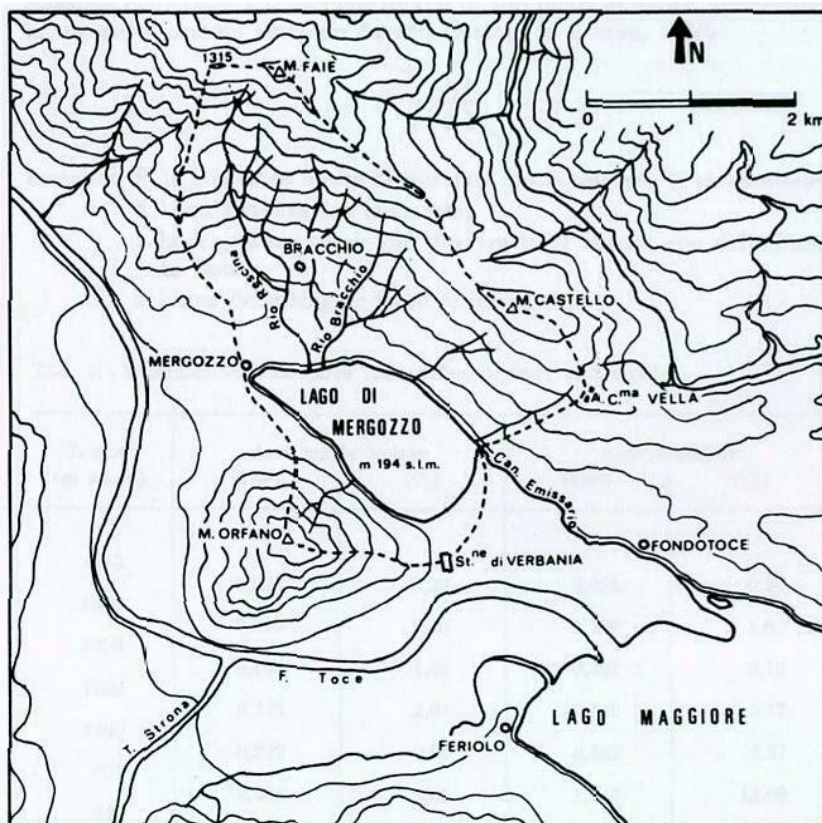
La linea di dispartimento risale dall'abitato di Mergozzo (204 m) verso Nord fino alla già citata quota 1315, limite settentrionale del bacino. Lo spartiacque muove quindi verso Est in direzione del Monte Va.il- (1352 m, quota più elevata del bacino) e successivamente si orienta verso Sud-Est, seguendo la dorsale Monte Faiè, Monte Castello e Cima Velia.



COMUNE DI VERBANIA

Palazzo Civico - P.zza Garibaldi, 15

In prossimità di quest'ultimo rilievo, piega verso Ovest-Sud-Ovest, scendendo fino all'incile del lago.



La delimitazione del bacino nella sua porzione sud-orientale risulta non semplice in quanto si tratta di un areale pianeggiante, mancante di un reticolo idrografico ben definito ed interessato soltanto da canalizzazioni artificiali. Un rilievo aerofotogrammetrico di dettaglio (scala 1:5.000), eseguito dall'IRTA per conto del Comune di Verbania, indicherebbe il limite artificiale del bacino imbrifero nell'argine destro del Canale emissario del Lago di Mergozzo e, successivamente, nella Strada Statale n. 34 del Lago Maggiore, che corre in rilievo rispetto al piano di campagna. Tuttavia, ispezioni in loco hanno consentito di tracciare una più definita linea di displuvio attraverso la piana alluvionale, muovendo dall'incile in direzione della stazione ferroviaria di Verbania-Pallanza.



COMUNE DI VERBANIA

Palazzo Civico - P.zza Garibaldi, 15

Da quest'ultima località lo spartiacque risale le pendici orientali del Montorfano raggiungendone la vetta, a quota 794, per poi ridiscendere sul versante settentrionale, fino a raggiungere l'abitato di Mergozzo.

La linea dello spartiacque ha una lunghezza complessiva di 14,760 km e racchiude un'area di 10,431 km². La forma del bacino è all'incirca triangolare, allungata in direzione NW-SE, e per sintetizzare la morfologia di questo areale è stato calcolato l'indice di Gravelius (IG), definito come il rapporto tra la lunghezza del perimetro del bacino (L_b) e la circonferenza di un cerchio di area equivalente (A_b).

Nel caso in esame IG risulta uguale a 1,29 e tale valore sta ad indicare un bacino di forma non molto dissimile da quella circolare.

All'interno dell'areale di drenaggio, il Lago di Mergozzo occupa una posizione piuttosto eccentrica, localizzandosi nella zona sud-orientale. La larghezza media del bacino contribuente al lago, valutata come la larghezza della corona circolare avente per circonferenza esterna la linea dello spartiacque e per interna il perimetro del lago, risulta uguale ad 1,06 km, mentre la larghezza massima (tra lo sbocco in lago del Rio Rescina e la quota 1315 che rappresenta l'estremo settentrionale del bacino) è di 3,10 km.

La conoscenza della distribuzione delle aree del bacino drenante nelle differenti fasce altimetriche è stata acquisita attraverso la rappresentazione della curva ipsografica, costruita sulla base delle superfici comprese fra le isoipse equidistanti 100 metri (Tab. e Fig. successive). Tali aree, oltre che in valore assoluto, sono state riportate anche come percentuali della superficie totale del bacino. L'altitudine mediana di quest'ultimo, cioè il valore dell'ordinata corrispondente alla percentuale 50, risulta di 385 m. Tale altitudine si colloca in una posizione molto più prossima alla quota di base (superficie del lago) che non ai 1352 m del Monte Faiè, che, come si è detto, costituisce il punto più elevato del bacino di drenaggio. Occorre sottolineare che il notevole abbassamento dell'altitudine mediana è da attribuire o mettere in relazione alla presenza dell'estesa piana alluvionale di Fondotoce



COMUNE DI VERBANIA

Palazzo Civico - P.zza Garibaldi, 15

(0,250 km²) e del lago stesso (1,825 km²) che, nell'insieme, costituiscono circa un quinto dell'intero areale.

Isoipse (m s.l.m.)	Aree tra le isoipse		Aree cumulate	
	(km ²)	(%)	(km ²)	(%)
1352	0,021	0,20	0,021	0,20
1300	0,146	1,40	0,167	1,60
1200	0,160	1,53	0,327	3,13
1100	0,213	2,04	0,540	5,17
1000	0,292	2,80	0,832	7,97
900	0,485	4,65	1,317	12,62
800	0,699	6,70	2,016	19,32
700	0,883	8,47	2,899	27,79
600	1,007	9,65	3,906	37,44
500	1,122	10,76	5,028	48,20
400	1,578	15,13	6,606	63,33
300	1,676	16,07	8,282	79,40
200	2,149	20,60	10,431	100,00
194				



COMUNE DI VERBANIA

Palazzo Civico - P.zza Garibaldi, 15

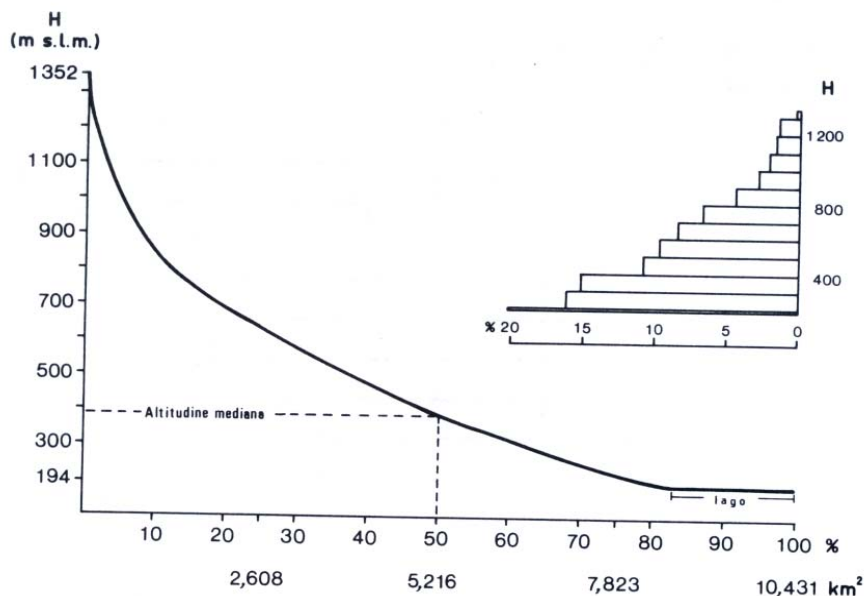


Fig. 3. - Curva ipsografica del bacino del Lago di Mergozzo e istogramma della distribuzione percentuale delle aree con la quota.

I dati così ottenuti, unitamente al valore medio relativo all'intero areale, sono stati riportati nella Tab. seguente. La pendenza più accentuata (superiore all'80%) è stata riscontrata tra le quote 1100 e 1200 ed è localizzabile lungo le pendici del Monte Faiè. Tra i 500 ed i 900 m si rileva una pendenza pressoché uniforme attorno al 60%; nella fascia tra i 200 ed i 400 m, invece, la pendenza si riduce al 35% circa per poi cadere a poco più di una decina di unità percentuali sotto i 200 m per la presenza della piana alluvionale a sud-est del lago.



COMUNE DI VERBANIA

Palazzo Civico - P.zza Garibaldi, 15

Isoipse (m s.l.m.)	Pendenza (%)
1352	
	44,55
1300	54,05
1200	83,05
1100	76,00
1000	73,65
900	57,55
800	58,50
700	61,70
600	57,65
500	49,80
400	35,35
300	33,30
200	11,57
194	
Intero areale	44,27



3 NORME E LINEE GUIDA VIGENTI

3.1. Il Piano di bacino

Il principale strumento dell'azione di pianificazione e programmazione dell'Autorità è costituito dal piano di bacino idrografico, mediante il quale sono "pianificate e programmate le azioni e le norme d'uso finalizzate alla conservazione, alla difesa e alla valorizzazione del suolo e alla corretta utilizzazione delle acque, sulla base delle caratteristiche fisiche e ambientali del territorio interessato" (L.183/89 art.17, comma 1). I suoi contenuti specifici e i suoi obiettivi sono definiti dall'art. 3 c. 1, e dall'art. 17 c. 3, della legge 183/89, che rendono conto della molteplicità e della complessità delle materie da trattare e della portata innovativa del piano. Il legislatore, nella Legge 183/89, ha comunque previsto una certa gradualità, nella formazione del piano e la facoltà, di mettere a punto anche altri strumenti più agili, più facilmente adattabili alle specifiche esigenze dei diversi ambiti territoriali e più efficaci nei confronti di problemi urgenti e prioritari o in assenza di precedenti regolamentazioni. Tali strumenti, previsti, in parte, fin dalla prima stesura della legge, in parte introdotti da norme successive, sono gli schemi previsionali e programmatici, i piani stralcio e le misure di salvaguardia. Gli schemi previsionali e programmatici e le misure di salvaguardia sono atti preliminari a validità limitata nel tempo. I piani stralcio sono atti settoriali, o riferiti a parti dell'intero bacino, che consentono un intervento più efficace e tempestivo in relazione alle maggiori criticità ed urgenze. All'adozione del piano di bacino tali precedenti disposizioni saranno integrate e coordinate in un quadro unitario per l'intero territorio, e per le materie di pertinenza.

Adozione del piano di bacino

L'approvazione dei Piani di bacino con Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri (art. 4 L. 183/89) è preceduta dall'adozione, da parte dei Comitati Istituzionali delle Autorità di bacino, dei Progetti di piano di bacino secondo l'iter procedurale stabilito dall'art.18 della L. 183/89, che prevede una fase di pubblicizzazione e consultazione che coinvolge le Regioni territorialmente interessate.

Schema di progetto di bacino



COMUNE DI VERBANIA

Palazzo Civico - P.zza Garibaldi, 15

Lo schema metodologico e il programma operativo generale del Piano di bacino del fiume Po sono delineati nello Schema di Progetto di piano di bacino del fiume Po approvato dal Comitato Istituzionale nel dicembre 1994. Tale documento si rifà al primo Schema previsionale e programmatico redatto ai sensi dell'art 31 della L. 183/89, relativo al quadriennio 1989-92 (Schema Previsionale Programmatico del 31/10/90) e al quadro generale di riferimento, presentato al Comitato Istituzionale il 17 febbraio 1991, entro cui venivano definiti in linea generale gli obiettivi, i criteri e gli strumenti di Piano di bacino.

Schemi previsionali e programmatici

Il primo strumento di pianificazione di breve periodo individuato dalla stessa legge 183/89, in attesa dell'adozione del piano di bacino, è lo schema previsionale e programmatico, strumento per l'individuazione, il coordinamento e la programmazione delle attività nel settore dell'assetto del territorio con riferimento alla difesa del suolo (art.31 Legge 183/89). I contenuti e le modalità di elaborazione di questo strumento di programmazione sono stati definiti con DPCM del 23 marzo 1990. Nel primo Schema previsionale e programmatico, redatto ai sensi dell'art.31 della Legge 183/1989, sono stati definiti gli obiettivi e le priorità di intervento, ed è stata costituita la struttura tecnico-operativa attivando alcuni strumenti tecnici a supporto delle attività di pianificazione, quali: il Progetto Po e il sistema di monitoraggio della spesa. Lo schema definisce le linee strategiche generali del piano e specifica le attività necessarie alla sua redazione. Individua le principali criticità, le linee d'intervento e delinea una prima stima del fabbisogno finanziario. Programma gli interventi più urgenti per la salvaguardia del suolo, del territorio e degli abitanti, e per la razionale utilizzazione delle acque. Altre leggi successive alla L. 183/89 hanno previsto strumenti analoghi di programmazione di breve periodo. La legge 4 agosto 1989 n. 283, art. 2-bis "Provvedimenti urgenti per la lotta all'eutrofizzazione delle acque costiere del mare Adriatico e per l'eliminazione degli effetti". Già il primo SPP dell'Autorità di bacino, in applicazione dell'art. 31 della L. 183/89, conteneva i dati di analisi e definiva gli indirizzi complessivi per le azioni nel bacino padano contro l'eutrofizzazione dell'Adriatico di cui tenere conto nelle intese programmatiche tra Ministero Ambiente e Regioni del bacino, con la L. 283/89 la responsabilità di programmazione è passata all'Autorità di bacino, che ha formulato uno specifico Schema Previsionale e programmatico. Ai sensi dell'art. 16 della legge 2 maggio 1990 n. 102



COMUNE DI VERBANIA

Palazzo Civico - P.zza Garibaldi, 15

"Disposizioni per la ricostruzione e la rinascita della Valtellina e delle adiacenti zone delle Province di Bergamo, Brescia e Como, nonché della Provincia di Novara, colpite dalle eccezionali avversità atmosferiche dei mesi di luglio e agosto 1987" è stato redatto lo Schema previsionale e programmatico relativo al bacino del fiume Toce, adottato dal Comitato istituzionale con Deliberazione n. 21 del 12 dicembre 1994 e approvato con Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri del 7 dicembre 1995.

L'art. 3 comma 1 della stessa legge 102/90 prevedeva, in attuazione dell'art. 31 della L. 183/89, la predisposizione di uno Schema previsionale e programmatico per la Valtellina e le adiacenti zone di Bergamo e Brescia, per il conseguimento delle finalità previste dall'art. 3 della medesima legge 183/89 e in ordine ai vincoli di inedificabilità previsti dall'art. 4 della legge 102. Previo esame del "Piano per la difesa del suolo e il riassetto idrogeologico della Valtellina" predisposto dalla Regione Lombardia, il Comitato Istituzionale dell'Autorità di bacino con Deliberazione n. 10 del 1° luglio 1993 ha adottato lo stralcio di Schema previsionale e programmatico, successivamente approvato con Decreto del Presidente della Repubblica del 9 ottobre 1997.

I piani stralcio

Il comma 6-ter dell'art. 17 della L. 183/89 introduce, quale strumento di pianificazione settoriale, in attesa dell'approvazione dei piani di bacino, i Piani stralcio. Il piano di bacino può dunque essere redatto ed approvato anche per sottobacini o per stralci relativi a settori funzionali che in ogni caso devono costituire fasi interrelate alle finalità indicate dal comma 3 dell'art. 17. I piani stralcio sono, dunque, atti settoriali, o riferiti a parti dell'intero bacino, che consentono un intervento più efficace e tempestivo in relazione alle maggiori criticità ed urgenze.

3.2. Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico

Obiettivo prioritario del Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico è la riduzione del rischio idrogeologico entro valori compatibili con gli usi del suolo in atto, in modo tale da salvaguardare l'incolumità delle persone e ridurre al minimo i danni ai beni esposti. Il PAI consolida e unifica la pianificazione di bacino per l'assetto idrogeologico: esso coordina le determinazioni assunte con i



precedenti stralci di piano e piani straordinari (PS 45, PSFF, PS 267), apportando in taluni casi le precisazioni e gli adeguamenti necessari a garantire il carattere interrelato e integrato proprio del piano di bacino. Rispetto ai Piani precedentemente adottati il PAI contiene per l'intero bacino:

- il completamento del quadro degli interventi strutturali a carattere intensivo sui versanti e sui corsi d'acqua, rispetto a quelli già individuati nel PS45;
- l'individuazione del quadro degli interventi strutturali a carattere estensivo;
- la definizione degli interventi a carattere non strutturale, costituiti dagli indirizzi e dalle limitazioni d'uso del suolo nelle aree a rischio idraulico e idrogeologico e quindi:
 - il completamento, rispetto al PSFF, della delimitazione delle fasce fluviali sui corsi d'acqua principali del bacino;
 - l'individuazione e perimetrazione delle aree a rischio idrogeologico, nella parte del territorio collinare e montano non considerata nel PS267.

3.3. Piano Stralcio delle Fasce Fluviali (PSFF)

Il Piano stralcio delle Fasce Fluviali sui corsi d'acqua principali del bacino idrografico del fiume Po – PSFF è lo strumento per la delimitazione della regione fluviale, funzionale a consentire, attraverso la programmazione di azioni (opere, vincoli e direttive), il conseguimento di un assetto fisico del corso d'acqua compatibile con la sicurezza idraulica, l'uso della risorsa idrica, l'uso del suolo (a fini insediati, agricoli e industriali) e la salvaguardia delle componenti naturali e ambientali. Il Piano stralcio delle Fasce Fluviali è principalmente un piano di misure non strutturali, atte a perseguire obiettivi di difesa del rischio idraulico, di mantenimento e recupero dell'ambiente fluviale, di conservazione dei valori paesaggistici, storici, artistici e culturali all'interno delle regioni fluviali; esso contiene la definizione e la delimitazione cartografica delle fasce fluviali dei corsi d'acqua principali piemontesi, del fiume Po e dei corsi d'acqua emiliani e lombardi, limitatamente ai tratti arginati a monte della confluenza in Po (Fascia A di deflusso della piena, Fascia B di esondazione, Fascia C di inondazione per piena catastrofica).



3.4. Norme vigenti

Si richiama di seguito la normativa vigente per gli aspetti connessi alla compatibilità idraulica dei ponti.

Decreto Ministero LL.PP. 4 maggio 1990 "Aggiornamento delle norme tecniche per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo dei ponti stradali"

2.4. Problemi idraulici

Quando il ponte interessa un corso d'acqua naturale o artificiale, il progetto dovrà essere corredato da una relazione riguardante i problemi idrologici, idrografici ed idraulici relativi alle scelte progettuali, alla costruzione e all'esercizio del ponte. L'ampiezza e l'approfondimento della relazione e delle indagini che ne costituiscono la base saranno commisurati all'importanza del problema e al grado di elaborazione del progetto. Una cura particolare è da dedicare, in ogni caso, al problema delle escavazioni dell'alveo ed alla protezione delle fondazioni delle pile e delle spalle. La trattazione dei citati problemi dovrà avvenire nel rispetto del testo unico 25 luglio 1904, n. 523 e successivi aggiornamenti.

Circolare n. 34233 del 25 febbraio 1991 del Ministero LL.PP. "Istruzioni relative alla normativa tecnica dei ponti stradali"

2.4 Problemi idraulici

Gli elementi del ponte, quali le opere di sostegno, di difesa ed accessorie, quando interessino l'alveo di un corso d'acqua, specie se di qualche importanza, dovranno far parte di un progetto unitario. Nello studio andranno in particolare illustrati i seguenti aspetti:

- ricerca e raccolta presso gli Uffici ed Enti competenti delle notizie e dei rilievi esistenti, utili per lo studio idraulico da svolgere,



COMUNE DI VERBANIA

Palazzo Civico - P.zza Garibaldi, 15

- giustificazione della soluzione proposta per: l'ubicazione del ponte, le sue dimensioni e le sue strutture in pianta, in elevazione e in fondazione, tenuto conto del regime del corso d'acqua, dell'assetto morfologico attuale e della sua prevedibile evoluzione e della natura geologica della zona interessata;
- studio idrologico degli eventi di massima piena; esame dei principali eventi verificatisi nel corso d'acqua; raccolta dei valori estremi, in quanto disponibili, e loro elaborazione in termini di frequenza probabile del loro verificarsi; definizione dei mesi dell'anno durante i quali siano da attendersi eventi di piena, con riferimento alla prevista successione delle fasi costruttive;
- definizione della scala delle portate nella sezione interessata per le condizioni attuali e per quelle dipendenti dal costruendo manufatto, anche per le diverse e possibili fasi costruttive previste; calcolo del rigurgito provocato dal ponte.

Nel caso in cui l'opera di attraversamento sia costituita, oltre che dal ponte vero e proprio, anche da uno o due rilevati collocati in alveo, dovranno essere valutate quali modifiche possono prodursi a monte dell'opera in conseguenza della riduzione della luce libera rispetto a quella primitiva.

2.4.1. Indicazione dei criteri per fissare il franco minimo rispetto al livello di massima piena

La quota idrometrica e il franco dovranno essere posti in correlazione con la piena di progetto anche in considerazione della tipologia dell'opera e delle situazioni ambientali.

Può ritenersi normalmente che il valore della portata massima e del relativo franco siano riferiti ad un tempo di ritorno non inferiore a 100 anni; è di interesse stimare i valori della frequenza probabile di ipotetici eventi che diano luogo a riduzioni del franco stesso. Nel caso di corsi d'acqua arginati, la quota di sottotrave dovrà comunque essere non inferiore alla quota della sommità arginale.

Nello studio idraulico, sempre che le opere interessino l'alveo, dovranno inoltre essere considerati i seguenti problemi:

- classificazione del corso d'acqua ai fini dell'esercizio della navigazione interna;



COMUNE DI VERBANIA

Palazzo Civico - P.zza Garibaldi, 15

- valutazione dello scavo localizzato con riferimento alle forme e alle dimensioni delle pile, delle spalle e delle relative fondazioni, nonché dei rilevati;
- valutazione degli effetti dovuti alla eventuale presenza di una corrente veloce;
- esame delle conseguenze della presenza di natanti, corpi flottanti e trasportati dalle acque, ove ricorra detta possibilità, e studio della difesa dagli urti e dalle abrasioni, nonché delle conseguenze di possibili ostruzioni delle luci (specie se queste possono creare invasi anche temporanei a monte), sia nella fase costruttiva sia durante l'esercizio delle opere. In situazioni particolarmente complesse può essere opportuno sviluppare le indagini anche con l'ausilio di modelli idraulici sperimentali.

2.4.2. Relazione idraulica

Le questioni idrauliche, trattate con ampiezza e grado di approfondimento commisurati alla natura dei problemi ed al grado di elaborazione del progetto, saranno oggetto di apposita relazione idraulica, che farà parte integrante del progetto stesso.

"Piano stralcio per la realizzazione degli interventi necessari al ripristino dell'assetto idraulico, all'eliminazione delle situazioni di dissesto idrogeologico e alla prevenzione dei rischi idrogeologici nonché per il ripristino delle aree di esondazione" - PS 45 (art. 4, comma 5, legge 22/95). Approvato con deliberazione 10 maggio 1995, n. 9, del Comitato Istituzionale dell'Autorità di bacino del fiume Po. Norme di attuazione.

7.9.2.4 Norme per gli attraversamenti interferenti con la rete idrografica

1. L'evento alluvionale ha messo in evidenza nelle aree colpite una situazione di generale inadeguatezza delle opere di attraversamento e dei relativi rilevati di accesso. Le opere in questione sono state frequentemente danneggiate o demolite e hanno inoltre frequentemente contribuito ad aggravare almeno localmente le condizioni di piena (effetto di rigurgito, sbarramenti effimeri delle luci) e i conseguenti effetti sul territorio.



COMUNE DI VERBANIA

Palazzo Civico - P.zza Garibaldi, 15

2. Per la progettazione dei ponti stradali si richiamano le norme vigenti, D.M. del 2 agosto 1980 e D.M. del 4 maggio 1990 "Norme tecniche per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo dei ponti stradali" e la Circolare del Ministero LL.PP. n. 34233 del 25 febbraio 1991 recante "Istruzioni relative alla normativa tecnica dei ponti stradali" in cui sono contenuti indirizzi e prescrizioni circa il dimensionamento idraulico dei manufatti.

3. In particolare i progetti di ricostruzione dei ponti e dei rilevati dovranno contenere, ai fini della sicurezza delle stesse strutture, le seguenti verifiche:

- franco minimo tra quota di massima piena di progetto e quota di intradosso del ponte pari a 0.5 volte l'altezza cinetica della corrente e comunque non inferiore a un 1.00 m,
- il dimensionamento delle opere di fondazione, lo scalzamento massimo sulle pile e le spalle (scalzamento diretto + modificazioni d'alveo) compatibile,
- interasse minimo tra le pile adeguato a non provocare fenomeni di ostruzione.

Il dimensionamento idraulico dei rilevati di accesso in area golenale soggetta ad esondazione dovrà considerare e definire i seguenti elementi essenziali:

- franco minimo tra quota di massima piena di progetto e quota del piano viabile pari a 0.5 volte l'altezza cinetica della corrente e comunque non inferiore a 1.00 m
- scalzamento massimo ammissibile al piede compatibile con le relative opere di controllo.

4. Dovrà essere inoltre condotta una verifica sul fatto che l'attraversamento non provochi ostruzioni e condizionamenti delle modalità di deflusso dell'alveo di piena incompatibili con le condizioni di sicurezza dell'area circostante e con le caratteristiche delle opere di difesa. Dovrà pertanto essere condotta la valutazione della compatibilità dei manufatti con l'assetto dell'alveo in termini di:

- effetti di restringimento dell'alveo attivo e/o di indirizzamento della corrente;
- effetti di rigurgito a monte;



COMUNE DI VERBANIA

Palazzo Civico - P.zza Garibaldi, 15

- compatibilità locale con le opere idrauliche esistenti.

5. Ai fini della verifica di compatibilità di cui al punto precedente l'Amministrazione competente sul corso d'acqua è tenuta a definire la portata di piena di riferimento al quale riferire le verifiche di compatibilità delle opere di attraversamento. In via transitoria, nei casi in cui l'amministrazione non sia in condizioni di fissare il valore di portata, in relazione alla mancanza di dati e studi idrologici relativi al corso d'acqua nella sezione di attraversamento, la portata di piena di riferimento dovrà essere individuata nell'ambito del progetto di ricostruzione.

6. Per le opere minori di attraversamento (ponticelli e scatolari) il dimensionamento idraulico dei manufatti dovrà considerare e definire i seguenti elementi essenziali:

- condizioni di deflusso in funzione della portata liquida di progetto;
- condizioni di deflusso in funzione della portata solida di progetto;
- effetti di erosione allo sbocco e relative protezioni.

7. Il progetto di ricostruzione o di nuova realizzazione di un ponte stradale o ferroviario dovrà essere corredato da una relazione di progetto idraulico del manufatto contenente :

- descrizione e giustificazione della soluzione progettuale proposta in relazione all'ubicazione e alle dimensioni degli elementi strutturali interessanti l'alveo (sia in fase di costruzione che d'esercizio) in rapporto all'assetto morfologico attuale dello stesso e alla sua prevedibile evoluzione, alla natura geologica della zona interessata, al regime idraulico del corso d'acqua;
- definizione della portata di piena di riferimento e del relativo tempo di ritorno;
- calcolo del profilo per la piena di riferimento in condizioni di moto stazionario in assenza e in presenza del manufatto di attraversamento con evidenziazione degli effetti di rigurgito eventualmente indotti;
- evidenziazione delle interazioni con l'alveo di piena in termini di eventuale restringimento della sezione di piena, orientamento delle pile in alveo in rapporto alla direzione della corrente, eventuale



COMUNE DI VERBANIA

Palazzo Civico - P.zza Garibaldi, 15

riduzione delle aree allagabili, eventuali effetti di possibili parziali ostruzioni delle luci a causa del materiale galleggiante trasportato dall'acqua;

- individuazione e progettazione delle eventuali opere di sistemazione dell'alveo (difesa di sponda, soglia di fondo, argini) che si rendano necessari in relazione alla realizzazione del ponte secondo criteri di compatibilità e integrazione con le opere idrauliche esistenti;
- quantificazione dello scalzamento massimo prevedibile sulle fondazioni delle pile in alveo, delle spalle e dei rilevati di approccio e progettazione delle eventuali opere di protezione necessarie;
- indicazione delle eventuali interferenze delle opere di attraversamento con le sistemazioni idrauliche presenti (argini, opere di sponda, ...) e delle soluzioni progettuali che consentano di garantirne la compatibilità.

L'ampiezza e l'approfondimento del progetto idraulico e delle indagini che ne costituiscono la base dovranno essere commisurati all'importanza dell'opera e al grado di elaborazione del progetto generale.

8. Le norme fissate andranno adottate anche per la verifica delle opere di attraversamento esistenti e non soggette a interventi di ripristino. Rispetto a tali opere dovrà essere definito, a cura degli Enti proprietari o gestori delle opere, un programma di graduale adeguamento per quelle che fossero risultate inadeguate rispetto le verifiche fissate in funzione anche delle esigenze di manutenzione straordinaria delle opere stesse. Per quelle opere che risultino incompatibili con le sistemazioni idrauliche previste nel presente piano dovranno essere adottati i provvedimenti necessari contestualmente alla realizzazione degli interventi idraulici.

3.5. *Direttive tecniche e regolamenti*

Tra le direttive vigenti contenenti i criteri per la valutazione della compatibilità idraulica delle infrastrutture pubbliche e di interesse pubblico si evidenziano le seguenti:

- Direttiva 4 - compatibilità idraulica infrastrutture (aggiornata 05/04/2006)



COMUNE DI VERBANIA

Palazzo Civico - P.zza Garibaldi, 15

- Direttiva compatibilità idraulica (aggiornata 11/05/1999)
- Direttiva criteri integrativi valutazione compatibilità opere trasversali (aggiornamento 21/12/2010)

Sebbene l'intervento in progetto non ricada nella delimitazione delle fasce di esondazione perimetrate, appare indicato richiamare alcuni criteri di base utili per le successive verifiche.

I criteri di compatibilità definiti all'art. 38 delle Norme di attuazione del Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico prescrivono che gli interventi "non modifichino i fenomeni idraulici naturali e le caratteristiche di particolare rilevanza naturale dell'ecosistema fluviale che possono aver luogo nelle fasce, che non costituiscano significativo ostacolo al deflusso e non limitino in modo significativo la capacità di invaso, e che non concorrano ad incrementare il carico insediativo". Tale indicazione rappresenta l'elemento principale per la valutazione di compatibilità, nell'ambito della quale devono essere presi in considerazione i singoli effetti dell'opera sull'assetto del tronco di corso d'acqua interessato.

Lo studio di compatibilità idraulica deve identificare e quantificare gli effetti dell'intervento in progetto sul corso d'acqua rispetto alle condizioni fisiche e idrologiche precedenti alla realizzazione dello stesso.

Gli effetti principali da considerare sono i seguenti:

1. Modifiche indotte sul profilo involuppo di piena,
2. Riduzione della capacità di invaso dell'alveo,
3. Interazioni con le opere di difesa idrauliche (opere di sponda e argini) esistenti,
4. Modifiche indotte sull'assetto morfologico planimetrico e altimetrico dell'alveo di inciso e di piena,
5. Condizioni di sicurezza dell'intervento rispetto alla piena.



Rispetto a tali effetti non pare possibile individuare criteri di compatibilità quantitativi in via preliminare e con validità generale; la valutazione specifica viene pertanto rimandata ai singoli interventi, sulla base delle indicazioni orientative e di indirizzo che vengono individuate nella delibera 4.

3.6. Criteri di compatibilità idraulica, prescrizioni e indirizzi

Gli aspetti idraulici connessi alla realizzazione dei ponti sono disciplinati dal D.M. dei LL.PP. 4 maggio 1990 e dalla Circolare dello stesso Ministero n. 34233 del 25/2/1991.

Il "Piano stralcio per la realizzazione degli interventi necessari al ripristino dell'assetto idraulico, all'eliminazione delle situazioni di dissesto idrogeologico e alla prevenzione dei rischi idrogeologici nonché per il ripristino delle aree di esondazione", convenzionalmente chiamato PS 45, approvato il 10 maggio 1995, al punto 7.9.2.4. ha definito "norme per gli attraversamenti interferenti con la rete idrografica" in cui sono state indicate le verifiche idrauliche cui devono soddisfare i progetti dei ponti, dei rilevati di accesso e degli eventuali altri manufatti.

I ponti che attraversano un corso d'acqua interferiscono con le condizioni di deflusso quando le pile siano collocate in alveo e quando le spalle o i rilevati di accesso diano luogo a un restringimento dell'alveo stesso.

In generale gli effetti sull'assetto di un corso d'acqua derivanti dall'inserimento di ponte sono facilmente classificabili, trattandosi di opere la cui tipologia rientra in canoni definiti e le cui interazioni con l'idrodinamica della piena sono altrettanto definibili.

E' possibile di conseguenza stabilire a priori i criteri di compatibilità specifici, fermo restando i criteri generali.

Tali criteri si traducono pertanto in una serie di prescrizioni, che costituiscono condizioni da rispettare in modo tassativo e in indirizzi alle scelte di natura progettuale, finalizzati a orientare il progetto per il migliore inserimento dell'opera all'interno del corso d'acqua.



COMUNE DI VERBANIA

Palazzo Civico - P.zza Garibaldi, 15

I criteri e le prescrizioni di seguito indicati integrano le norme esistenti per gli aspetti di carattere prettamente tecnico, in modo da uniformare le procedure di verifica idraulica delle infrastrutture in oggetto, in relazione sia ai metodi di calcolo impiegati che ai criteri progettuali adottati.

Nel caso di una nuova opera le prescrizioni e gli indirizzi individuati sono rivolti a garantire:

- che l'inserimento della struttura sia coerente con l'assetto idraulico del corso d'acqua e non comporti alterazioni delle condizioni di rischio idraulico,
- che siano valutate in modo adeguato le sollecitazioni di natura idraulica cui è sottoposta l'opera, in rapporto alla sicurezza della stessa.

Sono di conseguenza definiti:

- i criteri di compatibilità idraulica da rispettare,
- le procedure di verifica idraulica da attuare.

3.6.1. Direttiva 4 - compatibilità idraulica infrastrutture (aggiornata 05/04/2006)

1. Portata di piena di progetto. Il tempo di ritorno della piena di progetto per le verifiche idrauliche del ponte deve normalmente rispettare i seguenti valori:

- per i corsi d'acqua interessati dalla delimitazione delle fasce fluviali, non inferiore a quello assunto per la delimitazione della Fascia B;
- per i corsi d'acqua non interessati dalla delimitazione delle fasce fluviali non inferiore a 100 anni.

In casi eccezionali, quando si tratti di corsi d'acqua di piccole dimensioni e di infrastrutture di importanza molto modesta, possono essere assunti tempi di ritorno inferiori in relazione ad esigenze specifiche adeguatamente motivate; in tali situazioni è comunque necessario verificare che le opere non comportino un aggravamento delle condizioni di rischio idraulico sul territorio circostante per la piena di 200 anni e definire il comportamento dell'opera stessa in rapporto alla stessa piena.



COMUNE DI VERBANIA

Palazzo Civico - P.zza Garibaldi, 15

2. Franco minimo. Il minimo franco tra la quota idrometrica relativa alla piena di progetto e la quota di intradosso del ponte deve essere non inferiore a 0.5 volte l'altezza cinetica della corrente e comunque non inferiore a un 1.00 m; il valore del franco deve essere assicurato per almeno 2/3 della luce quando l'intradosso del ponte non sia rettilineo e comunque per almeno 40 m, nel caso di luci superiori a tale valore. Nel caso di corsi d'acqua arginati, la quota di intradosso del ponte deve essere superiore a quella della sommità arginale. Il franco minimo tra la quota idrometrica relativa alla piena di progetto e la quota di sommità del rilevato di accesso al ponte (piano viabile) deve essere non inferiore a 0.5 volte l'altezza cinetica della corrente e comunque non inferiore a 1.00 m.

3. Posizionamento del ponte rispetto all'alveo. L'insieme delle opere costituenti l'attraversamento non deve comportare condizionamenti al deflusso della piena e indurre modificazioni all'assetto morfologico dell'alveo. L'orientamento delle pile (ed eventualmente delle spalle) deve essere parallelo al filone principale della corrente. In particolare devono essere rispettate le seguenti condizioni:

- per i corsi d'acqua arginati la spalla del ponte deve essere sul lato campagna, a una distanza minima di 10 m dal piede dell'argine maestro; lo
- stesso limite vale per il caso siano presenti pile sul lato campagna; sul lato fiume la posizione delle pile deve essere al di fuori del petto dell'argine; in via eccezionale la pila può interessare il corpo arginale, purché non intacchi il nucleo centrale dell'argine stesso e sia integrata con opportuni accorgimenti di difesa e di rivestimento;
- per i corsi d'acqua non arginati le pile e le spalle devono essere poste al di fuori delle sponde incise dell'alveo; in via eccezionale la pila può interessare la sponda, purché sia integrata con opportuni accorgimenti di difesa e di rivestimento;
- nei casi in cui il ponte sia inserito in un tratto di corso d'acqua interessato da altre opere di attraversamento poste in adiacenza, a monte o a valle, è necessario che le pile in alveo (ed eventualmente le spalle) siano allineate con quelle esistenti in modo che le pile presenti, considerate congiuntamente, non riducano la luce effettiva disponibile, anche ai fini del rischio di ostruzione da parte del materiale trasportato in piena;



COMUNE DI VERBANIA

Palazzo Civico - P.zza Garibaldi, 15

- la struttura deve consentire il mantenimento della continuità della pista di servizio in fregio al corso d'acqua ovvero sul rilevato arginale.

4. Effetti idraulici indotti dal ponte. La soluzione progettuale per il ponte e per i relativi rilevati di accesso deve garantire l'assenza di effetti negativi indotti sulle modalità di deflusso in piena; in particolare il profilo idrico di rigurgito eventualmente indotto dall'insieme delle opere di attraversamento deve essere compatibile con l'assetto difensivo presente e non deve comportare un aumento delle condizioni di rischio idraulico per il territorio circostante. Vanno inoltre verificati seguenti aspetti aggiuntivi:

- assenza di riduzione della superficie delle aree allagabili per effetto del ponte al fine di evitare effetti di minore laminazione della piena lungo l'asta fluviale;
- compatibilità dell'opera e delle eventuali sistemazioni idrauliche connesse con gli effetti indotti da possibili ostruzioni delle luci ad opera di corpi flottanti trasportati dalla piena ovvero di deposito anomalo di materiale derivante dal trasporto solido, soprattutto nel caso possano realizzarsi a monte invasi temporanei di dimensione significativa.

5. Opere idrauliche collegate al ponte. Nel caso in cui l'inserimento o la presenza del ponte comporti la realizzazione di opere idrauliche con funzioni di sistemazione dell'alveo nel tratto interessato dall'attraversamento, il progetto deve comprendere la definizione delle opere stesse con lo stesso livello di dettaglio relativo all'opera principale.

6. Condizioni di sicurezza idraulica del ponte e delle opere collegate. Il progetto del manufatto e delle opere connesse deve contenere la verifica della stabilità strutturale rispetto ai seguenti aspetti:

- scalzamento massimo sulle fondazioni delle pile, delle spalle;
- urti e abrasioni provocate dalla corrente sulle pile in alveo;
- scalzamento massimo sui rilevati di accesso per effetto dell'erosione della corrente;



COMUNE DI VERBANIA

Palazzo Civico - P.zza Garibaldi, 15

- spinta idrodinamica per effetto del sovrizzo idrico indotto dalla struttura; ove opportuno la valutazione deve essere condotta anche con riferimento a condizioni di tracimazione del ponte per effetto di ostruzione delle luci.



4 ANALISI DEGLI SCAMBI IDRICI NEL SISTEMA LAGO DI MERGOZZO – CANALE EMISSARIO – LAGO MAGGIORE

Le problematiche idrauliche relative al progetto in esame sono essenzialmente riconducibili alle dinamiche di scambio idrico tra il Lago Maggiore ed il Lago di Mergozzo in fase di piena rilevante. Anche la conformazione di magra del canale emissario perde di significato sopra determinati livelli idrici in quanto la piena allaga vaste aree circostanti e si ha praticamente l'unione del Lago Maggiore con il Lago di Mergozzo (in foto piana di allagamento per piena rilevante).



Essendo i livelli idrici di allagamento, sopra una certa soglia, controllati dai livelli del Lago Maggiore diventa di fondamentale importanza conoscere l'andamento delle serie storiche delle piene di quest'ultimo.



4.1. I livelli idrici del Lago Maggiore

Al fine di prevenire alla definizione del comportamento idraulico di regolazione del Lago Maggiore con particolare riferimento al comportamento di quest'ultimo in caso di piena rilevante è stato reperito ed analizzato il materiale disponibile come gli Annuari dell'Osservatorio Meteorologico di Pallanza, pubblicati dal C.N.R e la pubblicazione del C.N.R.- I.S.E. "La piena del Lago Maggiore nell'autunno 1993" a cura di W.Ambrosetti, L.Barbanti, R.De Bernardi, V.Libera e A.Rolla, sulle serie delle piene storiche del lago. Sono state, inoltre, analizzate le elaborazioni e le valutazioni del Progetto Preliminare.

4.1.1. La regolazione idraulica del lago maggiore

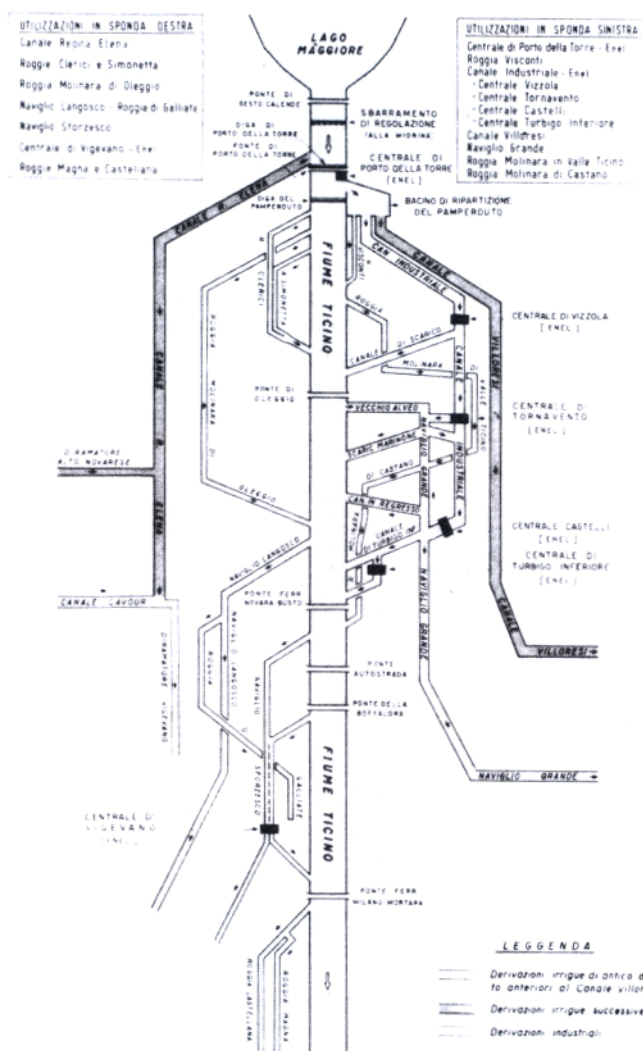
Tutti i grandi laghi sudalpini sono sottoposti, al loro incile, alla regolazione idraulica dei loro deflussi con lo scopo primario di ottimizzare la disponibilità di acqua a valle, soprattutto per scopi irrigui, ma anche con finalità idroelettriche e di laminazione delle piene. Per quanto riguarda il Lago Maggiore si veda la schematizzazione delle derivazioni dal Ticino per irrigazione e per produzione di forza motrice. (Fig. successiva).



COMUNE DI VERBANIA

Palazzo Civico - P.zza Garibaldi, 15

DERIVAZIONI DAL FIUME TICINO PER IRRIGAZIONE E FORZA MOTRICE



L'opera idraulica che regola il Maggiore è costituita da una diga a paratie mobili situata sull'emissario (Ticino) alla Miorina, in Comune di Golasecca, pochi chilometri a valle dall'incile di Sesto Calende. Dalla sua entrata in funzione, che data dagli ultimi mesi del 1942, essa è affidata alla gestione di una apposito ente, il "Consorzio del Ticino".

Considerata l'internazionalità del lago e del suo bacino imbrifero la normativa in merito alla regolazione dei deflussi è stata formalizzata da una "convenzione" stilata da un'apposita Commissione



COMUNE DI VERBANIA

Palazzo Civico - P.zza Garibaldi, 15

italo-elvetica. Quella vigente prevede una diversa possibilità di intervento per il periodo invernale (da Dicembre a Marzo) e per quello estivo (da Aprile a Novembre); nel primo caso è consentita la regolazione contenuta entro un'escursione massima di 2,00 m, compresa fra le quote di -0,50 m e di 1,50 m rispetto allo zero dell'idrometro di Sesto Calende (m 192,87 s.l.m.), mentre per i mesi estivi, mantenendo sempre il limite inferiore a -0,50 m, è consentita l'elevazione delle paratie solo fino alla quota di 1,00 m, quindi con un'escursione massima di m 1,50 m: entro questi limiti la capacità di svasso è di 315 milioni di metri cubi, all'incirca la metà di quella teoricamente possibile per gli invasi artificiali.

Come si è detto, le acque del Lago Maggiore vengono utilizzate prevalentemente per irrigazione, attraverso la fitta rete di canali, soprattutto dalla tarda primavera, quando viene effettuato l'allagamento delle risaie, fino alla tarda estate, con l'acqua destinata ad altre colture, e soprattutto per l'irrigazione a pioggia del mais. In tale periodo viene fatta defluire più acqua di quella che il regime idrologico naturale consentirebbe, attingendo a quella invasata nel lago nei mesi invernali.

L'interferenza (e talvolta anche la competizione) con l'esercizio dei serbatoi artificiali operanti in buon numero nella porzione montana del bacino imbrifero è pertanto assai evidente. La maggior parte dei serbatoi, infatti, sono stati realizzati con finalità quasi esclusivamente idroelettriche e la loro gestione si basa pertanto su criteri di regolazione che assicurino il maggior quantitativo possibile di energia di rete. Schematicamente, le operazioni prevedono due fasi distinte: nei mesi da Settembre ad Aprile si procede al loro svasso progressivo fino a raggiungere il livello minimo del pelo libero del lago, mentre da Maggio ad Agosto ha luogo il loro invaso che avviene in tempi relativamente brevi, essenzialmente in coincidenza con il periodo di fusione delle nevi.

Non pochi sono stati gli studi effettuati al fine di definire la reale influenza delle operazioni di regolazione dei bacini idroelettrici in rapporto alle necessità inerenti all'irrigazione ed ai problemi dell'agricoltura. In linea di massima è stato trovato che l'esercizio dei bacini artificiali non è tale da mettere a rischio la disponibilità di acqua per l'irrigazione; tuttavia, spesso si sono dimenticate le ripercussioni che entrambi gli utilizzi determinano sul livello del Lago Maggiore. Su tale tema, il lavoro di Gherardelli (1964) fu dedicato all'analisi dei livelli effettivamente misurati nel Lago Maggiore negli anni dal 1848 al 1962 nonché al calcolo dei corrispondenti valori "naturali", intendendo con questo



COMUNE DI VERBANIA

Palazzo Civico - P.zza Garibaldi, 15

termine le quote del lago che sarebbero state raggiunte in assenza di interventi di regolazione da parte dei bacini artificiali, quindi con un afflusso al lago assolutamente naturale: le differenze di livello fra le due serie di dati, che mostrano un ciclo stagionale molto ben marcato, rappresentano quindi le quantità d'acqua trattenute (in estate) o rilasciate (in inverno) per effetto delle operazioni di regolazione a monte. Quantitativamente le masse d'acqua invase più elevate si hanno in Giugno, con un valore corrispondente ad una portata di circa 60 mc/ s, mentre il rilascio invernale, molto più modesto, si aggira mediamente su 20 mc/ s. Poiché solo in rarissimi casi può insorgere una situazione critica, l'Autore conclude che le operazioni sui bacini artificiali a monte non interferiscono in maniera determinante con le necessità dell'agricoltura, non rilevando i problemi connessi con il livello del lago.

Circa la disponibilità massima estiva di acqua da porre a base del riparto e del piano di utilizzazione del Ticino per scopi irrigui, De Marchi (1955) indicava l'opportunità che nel periodo culminante della stagione irrigatoria (dalla metà di Giugno alla metà di Agosto) non si superasse, all'uscita del Lago Maggiore, la portata di 240 m³ s⁻¹, riducendo in tal modo il valore di 260 m³ s⁻¹ che egli stesso aveva precedentemente indicato (De Marchi 1945). Egli sottolineava infatti come con l'anno 1938 si fosse iniziato un periodo di acque scarse, che nel 1954, cioè dopo sedici anni, non appariva ancora superato e concludeva che a un fenomeno di tale ampiezza non poteva essere attribuito il carattere dell'eccezionalità per cui era necessario rivedere i criteri della regolazione.

È stata anche sottolineata la possibilità (Bonomi et al. 1968) che in futuro si avanzassero ulteriori necessità di utilizzazione delle acque in uscita dal Lago Maggiore, non tanto per usi agricoli, quanto piuttosto, per l'aumento degli insediamenti industriali nell'area lombarda, in sponda sinistra del Ticino emissario. Non a caso il Piano Generale degli Acquedotti Italiani, preparato dal Ministero dei Lavori Pubblici in quanto responsabile della gestione generale della risorsa acqua nel nostro paese, riservava circa 20 mc/ s per uso domestico ed industriale alla città di Milano ed al suo circondario: una tale quantità, oltre ad un'attenta analisi della qualità chimica e biologica del Lago Maggiore, presuppone un attento esame dei criteri di regolazione artificiale delle acque invase. Interessante era anche il progetto di ripartizione di tale quantità d'acqua che prevedeva l'assegnazione di 9 mc/s all'utilizzo diretto e degli altri 11 m³/ s alla dispersione in falda attraverso la rete dei canali per



COMUNE DI VERBANIA

Palazzo Civico - P.zza Garibaldi, 15

rimpinguare le riserve sotterranee. Del resto anche il Piano Regionale di risanamento delle acque, recentemente proposto dalla Regione Lombardia (1992), guarda al Maggiore e al Lago di Como come fonti integrative di approvvigionamento idropotabile per l'area metropolitana milanese.

Citrini (1973), dopo aver valutato sostanzialmente corrette le modalità seguite dal Consorzio del Ticino per ricostruire il regime naturale del lago e del fiume a partire da misure effettuate in regime regolato, considera i 35 colmi di piena (superiori a 2 m rispetto allo zero idrometrico di Sesto Calende) rilevati nel primo trentennio di attività della diga (1943-1973): riconosce un generale appiattimento dei colmi rispetto a quelli analizzati in precedenza da De Marchi, attribuito essenzialmente alla costruzione dei serbatoi montani. Circa la ripercussione della regolazione sui regimi di piena, Citrini, avendo riconosciuto un generale beneficio della regolazione sui livelli del lago, rivendica la necessità di un ulteriore elevamento della ritenuta dell'acqua lacustre fino alla quota di +1,50 m sullo zero di Sesto Calende (come di fatto è poi avvenuto seppur limitatamente ai mesi da Dicembre a Marzo): tutto ciò in pieno accordo con quanto già ipotizzato da De Marchi che aveva sostenuto che "nei rapporti delle piene esso potrebbe essere attuato senza preoccupazioni di sorta"; De Marchi si riferiva però ai soli eventi di piena più pronunciati e, in particolare, a quelli con colmi superiori ai 4 m, sempre sul livello di Sesto Calende.

Citrini precisa inoltre come l'effettivo esercizio della regolazione nel trentennio di attività, pur mantenuto sempre entro i limiti prescritti, sia stato esercitato in modo oculato nel senso che si è fatto in modo che non venisse mai erogata una portata superiore a quella richiesta dalle utilizzazioni, riducendola ulteriormente quando era preannunciato un periodo di carenza d'acqua. A esperienza fatta, viene anche auspicata una maggiore elasticità nella gestione dell'opera idraulica in modo da intervenire anche sulle piene, quantomeno su quelle di più modesta entità, per esempio abbondando "volutamente nell'erogazione di acqua oltre lo stretto necessario ogni qual volta, essendo i livelli poco inferiori al limite massimo, si preannunci con grande probabilità una piena, o almeno un periodo di afflussi abbondanti; i metodi di segnalazione a distanza che ora si vanno diffondendo dovrebbero facilitare queste scelte" (Citrini 1973).



COMUNE DI VERBANIA

Palazzo Civico - P.zza Garibaldi, 15

Alla luce di quanto fin qui esposto possiamo avanzare alcune considerazioni relative ai sistemi di regolazione a monte e a valle e sui loro effetti sulle piene e sulle magre del lago.

Innanzitutto, è necessario sottolineare come la massa d'acqua interessata dalle manovre dei serbatoi artificiali sia potenzialmente in grado di incidere in maniera determinante sull'idrometria del Lago Maggiore e sul suo bilancio idrologico: come si è già sottolineato, i volumi globalmente invasati (circa 600 milioni di metri cubi) corrispondono infatti ad quantità d'acqua capace di innalzare il livello del lago di oltre due metri e mezzo in assenza di deflussi dall'emissario.

È pur vero che lo svuotamento di questi bacini, in risposta alle richieste di rete, avviene nel periodo invernale, quando cioè gli afflussi al lago sono scarsi in quanto questa stagione coincide con il periodo di minor precipitazioni dell'intero ciclo annuale e inoltre perché il tipo di precipitazione prevalente è quello nevoso, anche in considerazione dell'elevata altitudine media dell'areale versante. Ad iniziare dalla tarda primavera prende invece l'avvio la fase di riempimento degli invasi con il trattenimento a monte di buona parte dell'acqua di fusione delle nevi e degli afflussi meteorici propri di questa stagione.

Inizia così, per il Lago Maggiore, il periodo di massima alterazione del suo regime naturale che risente in maniera massiccia delle regolazioni artificiali: il contributo dal bacino versante risulta infatti necessariamente ridotto essendo in atto, come si è visto, la ricarica dei serbatoi idroelettrici, e nel contempo, le richieste di acqua a valle per scopi irrigui tendono progressivamente ad incrementare.

È evidente che tali evenienze comportano un depauperamento della quantità d'acqua presente nel lago, con il verificarsi di frequenti magre estive, sovente assai pronunciate. L'azione di volano idraulico che i grandi laghi sudalpini, e il Maggiore in particolare, solitamente svolgono fra il sistema idrologico delle acque montane ed il deflusso verso la pianura, risulta pertanto profondamente compromesso con l'elemento di disturbo che è rappresentato dallo squilibrio, che in particolari situazioni meteorologiche risulta assai pronunciato, tra disponibilità e richieste.

È indubbio infatti che i criteri di regolazione attualmente applicati, seppure adottati in modo da gestire in maniera ottimale la risorsa idrica destinata alle utenze a valle, non sembrano in grado di



COMUNE DI VERBANIA

Palazzo Civico - P.zza Garibaldi, 15

offrire adeguate garanzie per le esigenze idrologiche ed ecologiche dell'ambiente lacustre, con riferimento particolare ai periodi di crisi della tarda estate. In altri termini, il livello del lago, soprattutto in quegli anni nei quali si manifestano forti deficit idrologici, evidenzia la presenza di situazioni di elevata precarietà, con particolare riferimento alle fasce litorali e sub-litorali; ne sono interessate, ad esempio, le zone umide a canneto, ambienti di notevole valenza naturalistica, in quanto aree di riproduzione del popolamento ittico ed oasi di rifugio per molte specie di uccelli, le quali restano per lungo tempo a secco, pregiudicando in tal modo la loro funzione ecologica.

In regime di magra anche gli scarichi fognali a lago, non tutti ancora collettati, vengono messi a nudo, con conseguenti problemi igienici ed estetici, mentre insorgono anche difficoltà di navigazione e di attracco per natanti pubblici e privati, proprio nella stagione di maggior afflusso turistico. È il caso di ricordare anche le proteste che si sono sollevate dalle popolazioni rivierasche del Lago Maggiore, unitamente a quelle di enti pubblici e privati, in occasione delle magre verificatesi nelle tarde estati del 1989, 1990 e 1991, quando i livelli idrometrici raggiunsero o sfiorarono i minimi storici.

Nel Lago Maggiore è comunque più facile il controllo delle magre rispetto a quello delle piene: infatti, come già si è avuto modo di sottolineare, il rapporto fra areale imbrifero e superficie lacustre, notevolmente sbilanciato a favore del primo, unito ad una situazione meteorologica caratterizzata da cospicue e frequenti precipitazioni, consente l'afflusso al lago di quantità notevoli di masse liquide che l'emissario riesce a smaltire soltanto in tempi lunghi, consentendo perciò notevoli accumuli di acqua e conseguenti elevazioni del livello idrometrico.

4.1.2. Piene storiche

Il Lago Maggiore è soggetto a rilevanti variazioni dei livelli lacustri. Le serie statistiche delle magre e delle piene sono conosciute per lunghi periodi, così come anche i livelli eccezionali degli ultimi secoli; tuttavia vi è ancora incertezza sugli effetti che alcuni interventi antropici (regolazione dell'incile, interventi idraulico-forestali, invasi idroelettrici, ecc.) hanno avuto su tali serie statistiche.

L'analisi è stata condotta su varie serie di diverso livello di affidabilità:



COMUNE DI VERBANIA

Palazzo Civico - P.zza Garibaldi, 15

Periodo 1177 - 1828

L'analisi del C.N.R. è basata su cronache locali e solo su piene importanti. Indicativamente risulta che il superamento della quota 197.50 m s.l.m. possedeva tempo di ritorno secolare, ma anche che la piena massima aveva raggiunto l'incredibile quota di 203.67 m s.l.m.

Periodo 1829 - 1868

Corrisponde al primo periodo di misura dell'idrometro di Sesto Calende e comprende l'evento del 04/10/1868 con un livello di 199.81 m s.l.m. Il periodo è troppo breve per poter trarne considerazioni statistiche se non quelle esposte al punto seguente.

Periodo 1869 - 1942

Viene solitamente esaminato separatamente dai precedenti in quanto si ritiene che la piena del 1868 abbia causato un abbassamento dell'incile a Sesto Calende; in effetti confrontando i due periodi risulta che i tempi di ritorno delle piene sono lievemente aumentati dopo il 1868. L'evento massimo del periodo è quello del 18/10/1907 con una quota di 197.12 m s.l.m.

Periodo 1942 - 1951

Questo breve periodo, poco significativo sul piano statistico, inizia con la messa in funzione della diga di Miorina e termina con l'inizio del funzionamento dell'idrometrografo di Pallanza.

Periodo 1952 - 2005

Rappresenta il periodo più ricco di misure precise e affidabili. L'analisi degli eventi di superamento non evidenzia per altro significative differenze con i periodi precedenti presi nel loro complesso; precedentemente agli eventi massimi del 1993 e del 2000 è da segnalare la piena del 28/9/1981 con un livello di 197.10 m s.l.m. e la piena del 1977 che produsse la distruzione del ponte della bretella s.s.n.34-s.s.n.33.



COMUNE DI VERBANIA

Palazzo Civico - P.zza Garibaldi, 15

La piena del Settembre - Ottobre 1993

La piena dell'autunno 1993 ha presentato una serie prolungata di alti livelli, con tre colmi consecutivi; il primo di questi colmi ha portato il livello lacustre fino a 196.81 m s.l.m. alla mezzanotte del 25/9/93; le fasi di maggior crescita del livello sono avvenute nel pomeriggio e nella serata del 24/9/93 con velocità di risalita dell'acqua di 7-8 cm/ora. La diminuzione di livello dopo il primo colmo, così come dopo i successivi, è avvenuta con velocità di circa 1 cm/ora. Le successive piogge hanno portato ad un secondo colmo, con massimo di 196.71 m s.l.m. alle ore 8 del 3/10/93.

A partire dal giorno 6/10/93 ulteriori precipitazioni fanno innalzare ancora il livello lacustre fino ad una quota di 197.50 m s.l.m. (ore 12 del 9/10/93) con velocità di punta di 10 cm/ora nel tardo pomeriggio del giorno 8/10/93; dopo un piccolo periodo di decremento si ha il definitivo colmo a 197.61 m s.l.m. alle ore 20 del 14/10/93.

La piena dell'Ottobre 2000

Nei giorni 14-15-16 Ottobre 2000, a seguito di eccezionali precipitazioni su tutto il bacino del Lago Maggiore, avvenute con particolari intensità nella parte montana del bacino del Fiume Toce, si sono verificati deflussi altrettanto eccezionali nella zona terminale e deltizia del fiume stesso, nonché, di conseguenza, elevatissimi livelli idrometrici del Lago Maggiore che ha raggiunto la quota di 197.94 m s.l.m. alle ore 23.30 del giorno 16 Ottobre, da considerarsi il livello più elevato a partire dalla storica piena del 1868, anno in cui peraltro il Lago Maggiore aveva raggiunto la ragguardevole quota di 199.81 m s.l.m. La risalita di livello del lago è stata lineare, con un aumento pressoché continuo di 4-5 cm/ora, senza punti di flesso; la piena del 1993, al contrario, era costituita da tre risalite, intervallate da periodi di stasi. Del resto le precipitazioni del 1993 si erano sviluppate su un periodo di tre settimane, mentre nell'ottobre 2000 l'evento è risultato concentrato in pochi giorni. Dopo il colmo, il livello del lago ha cominciato a scendere con una diminuzione media di 1 cm/ora.



COMUNE DI VERBANIA

Palazzo Civico - P.zza Garibaldi, 15

4.1.3. Valutazione dei livelli del Lago maggiore per assegnato tempo di ritorno

La disponibilità dei dati per il periodo dal 1952 al 2000 (comprensivi quindi anche dei valori raggiunti nell'ultimo evento alluvionale) ha permesso di eseguire su di essi delle elaborazioni per definire le possibilità di piene a vari tempi di ritorno; la tabella risultante è la seguente.

ESTRAPOLAZIONE CON CORRELAZIONE DI GUMBELL SU DATI LIVELLI MASSIMI ANNUALI LAGO MAGGIORE									
TEMPO RITORNO (anni)	2.33	10	20	50	100	200	300	400	500
LIVELLI MASSIMI (m s.l.m.)	195.55	196.67	197.15	197.78	198.25	198.71	198.99	199.18	199.30

Per quanto riguarda i tempi di sommersione viene riportata qui di seguito la tabella estratta dalla pubblicazione del C.N.R. e relativa al periodo 1952-1990.

LIVELLI (m s.l.m.)	DURATA%	DURATA CUMULATIVA%
> 196.0	0.37	0.37
195.00 - 196.00	1.99	2.36
194.50 - 195.00	4.20	6.56
194.00 - 194.50	30.59	37.15
193.50 - 194.00	41.57	78.72
193.00 - 193.50	12.47	91.59
192.50 - 193.00	7.83	99.02
192.00 - 192.50	0.98	100.00

4.2. I livelli idrici del Lago di Mergozio e nel canale emissario

Sulla base dell'analisi della documentazione disponibile, con particolare riferimento alle considerazioni esplicitate nel progetto preliminare, è stato ricostruito il regime di scambio idrico tra il Maggiore ed il Mergozio in funzione dei livelli idrici dei due laghi.

Il livello medio del Lago di Mergozio risulta circa di 194.40 m s.l.m.. Il sistema di regolazione del livello idrico per le magre è costituito da una soglia artificiale situata in corrispondenza del Canale Emissario e posta ad una quota di 194.26 m s.l.m.. In caso di piena i livelli del Mergozio sono



COMUNE DI VERBANIA

Palazzo Civico - P.zza Garibaldi, 15

totalmente influenzati da quelli del Maggiore con cui forma praticamente un bacino unico a partire all'incirca dalla quota 196.00 m s.l.m..

Il Canale di Emissario costituisce quindi elemento di compensazione tra i due bacini lacuali, presentando pertanto flussi nelle due direzioni. Per lunghi periodi dell'anno il Lago di Mergozzo scarica nel Canale Emissario portate estremamente basse, legate a carichi idraulici sulla soglia limitati a pochi centimetri. Per periodi altrettanto lunghi la soglia non viene attraversata da alcuna portata, ed il lago, per evaporazione, vede scendere il proprio livello al di sotto della quota limite di 194.26 m s.l.m., valore per cui si annulla la portata nel canale (alveo di magra del canale).



Il Canale Emissario evidenzia un comportamento di tipo impulsivo, non avendo una pendenza tale da garantire un deflusso non rigurgitato a valle; detto rigurgito è determinato naturalmente dal livello idrometrico del Lago Maggiore. Poiché il rapporto fra bacino imbrifero e corrispondente superficie lacustre è molto maggiore nel caso del Lago Maggiore piuttosto che del Lago di Mergozzo, se ne deduce che le variazioni di livello in innalzamento sono molto più veloci nel primo.



COMUNE DI VERBANIA

Palazzo Civico - P.zza Garibaldi, 15

Per tale motivo si verificano frequenti inversioni di flusso nel Canale di Mergozzo nelle prime fasi di innalzamento del Lago Maggiore. Il fenomeno di completo livellamento dei due laghi avviene una volta superata la quota della soglia all'incile del Lago di Mergozzo che è di 194.26 m s.l.m., ossia circa 0.5 m al di sopra della quota media del Lago Maggiore (193.84 m s.l.m.).

La portata del Canale risulta quindi variabile, da nulla a circa 10-15 mc/s (nel 1976 - 1977 il C.N.R. ha misurato massimi inferiori a 10 mc/s, mentre durante la piena del settembre 1981 si sono avuti massimi di 12.80 mc/s), con picchi di incremento ovviamente in corrispondenza dell'immissione del Rio San Giacomo.

A partire da livelli più elevati di quota, ossia sopra 196.00 m s.l.m., come deducibile dalle quote riportate sul rilievo aerofotogrammetrico, ampie zone spondali del canale, comprese quelle interessate dal tracciato, risultano allagate e i due laghi appaiono praticamente uniti.



5 DELIMITAZIONE DELLE AREE DI ESONDAZIONE MEDIANTE LA DEFINIZIONE DEL PROFILO DI MOTO PERMANENTE

La problematica idraulica principale che interessa le opere in progetto è sicuramente l'interferenza idraulica del tracciato stradale con il Canale Emissario del lago di Mergozzo.

Allo scopo di definire l'interazione delle opere stradali con il deflusso della piena due centennale è stato messo a punto un apposito modello di simulazione idraulica elaborato mediante il software HEC-RAS, sviluppato dall' U.S. Army Corp of Engineer, attraverso cui è stato possibile ricostruire il profilo della corrente in moto permanente.

A partire dai risultati ottenuti mediante la simulazione del deflusso della piena in regime di moto permanente, sono state ricostruite le aree di esondazione relative alla piena duecentennale del canale emissario del Lago di Mergozzo.

In allegato alla presente sono riportate le aree di esondazione corrispondenti alla piena duecentennale relativa al corso d'acqua preso in esame.

La ricostruzione delle aree di esondazione ha permesso di approcciare in modo corretto la progettazione delle opere di attraversamento previste, estensione del tratto in viadotto, orientamento e forma delle pile, ecc... e le altre opere connesse alla viabilità stradale in progetto.

5.1. Dati di base

Di seguito vengono elencati i dati di base necessari all'esecuzione delle simulazioni in regime di moto permanente.

5.1.1. Valutazione delle portate e delle condizioni al contorno

Elemento di fondamentale importanza necessario all'esecuzione di qualsiasi tipo di elaborazione è la stima delle portate di piena in funzione del tempo di ritorno.



COMUNE DI VERBANIA

Palazzo Civico - P.zza Garibaldi, 15

Le condizioni per cui si verifica uno scenario con inondazione della zona interessata dalla variante, sono storicamente conseguenti ad eventi di precipitazioni intense e prolungate in grado di causare un consistente innalzamento del livello del Lago Maggiore, in genere preceduto di almeno 24 ore da una piena del F.Toce. In tal senso, la piena del F.Toce, sia essa ordinaria o eccezionale, può essere considerata un ottimo segnale premonitore della imminente piena lacuale, cui corrisponde, se si verifica in tempi brevi, una ipotetica piena del Canale di Mergozzo dovuta al trasferimento di volumi idrici dal Lago Maggiore a quello di Mergozzo.

Le valutazioni e le considerazioni effettuate partono quindi sempre dai dati relativi al Lago Maggiore, che rappresenta il corpo idrico predominante per quanto concerne l'allagamento delle aree oggetto di studio.

In conseguenza del verificarsi di un fenomeno piovoso intenso la progressione temporale dei fenomeni può essere così riassunta:

1) Innalzamento libero del livello idrometrico del Lago di Mergozzo e del Lago Maggiore, ma in questo caso su tempi maggiori, e quindi con ritardo rispetto al Mergozzo.

2) Flusso idrico sul Canale Emissario con direzione dal Lago di Mergozzo al Lago Maggiore, con gradiente progressivamente decrescente, fino al raggiungimento da parte del Lago Maggiore della quota all'incile del Lago di Mergozzo (194.26 m s.l.m.).

3) Quando il livello del Lago Maggiore supera tale quota comincia una fase di rigurgito con inversione della direzione di flusso, fino all'eguaglianza dei livelli.

4) Dopo il raggiungimento della parità nei livelli il livello del Lago di Mergozzo può crescere indistintamente sia per gli apporti del proprio bacino imbrifero sia per l'accrescimento prolungato dei livelli del Lago Maggiore.

5) Il trasferimento di portate dal Lago Maggiore sul Lago di Mergozzo termina quando il Lago Maggiore comincia a ridurre il suo livello idrometrico, cioè al termine del suo colmo di piena.



COMUNE DI VERBANIA

Palazzo Civico - P.zza Garibaldi, 15

6) La riduzione di quota del Lago Maggiore genera nuovamente portate positive nel canale emissario / piana di allagamento, e questa volta il rigurgito avviene in direzione opposta, in quanto il livello del Lago di Mergozzo supera sempre quello del Lago Maggiore, determinando un continuo crescente svuotamento del lago.

7) Il livello del Lago Maggiore diminuisce progressivamente, provocando lo svuotamento del lago di Mergozzo fino al ripristinarsi dei livelli inferiori alla soglia.

Si conclude, quindi, che nel tratto di Piano Grande attraversato dal tracciato, si possono verificare esondazioni determinate principalmente dall'innalzamento dei livelli del Lago Maggiore.

Al fine di valutare la compatibilità idraulica dell'opera stradale in progetto si è reso necessario definire le condizioni al contorno in termini di portate transitanti e livelli idrici nell'area allagata di Piano Grande derivanti dal progressivo aumento del livello idrico del Lago Maggiore. In estrema sintesi le fasi procedurali che sono state esperite sono le seguenti:

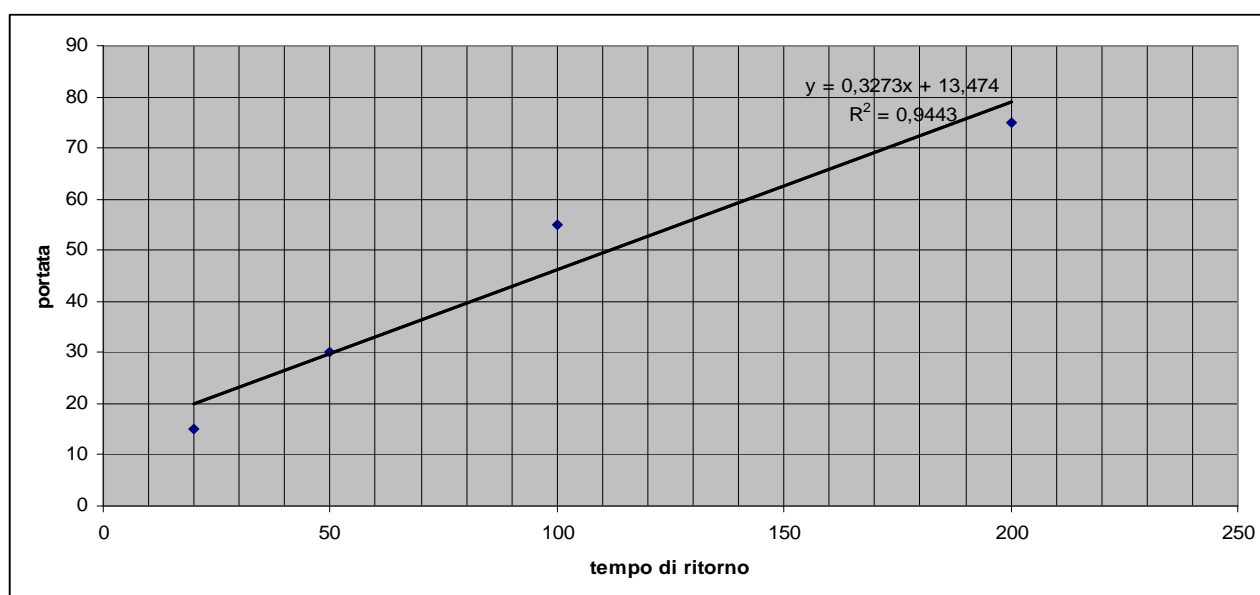
- ricostruzione del modello geometrico ante operam del Canale Emissario e relativa piana di allagamento;
- attribuzione delle caratteristiche di scabrezza sulla base dell'analisi delle coperture presenti;
- sulla base dei livelli idrici di piena del lago Maggiore noti in funzione del tempo di ritorno, è stata implementata un'elaborazione con procedimento iterativo convergente di una serie di simulazioni di deflusso correlando la velocità di deflusso nella piana alla velocità di innalzamento del pelo libero nel lago Maggiore fissato mediamente in 5cm/ora.
- sulla base del procedimento di cui al punto precedente vengono fissate le portate e le quote di valle, essendo il deflusso di piena in regime di corrente lenta, per ciascun tempo di ritorno.
- le stesse condizioni sono state successivamente utilizzate per procedere alle simulazioni in moto permanente in condizioni ante e post operam.



COMUNE DI VERBANIA

Palazzo Civico - P.zza Garibaldi, 15

tempo di ritorno	portata
(anni)	(mc/s)
200	75
100	55
50	30
20	15



5.1.2. Rilievo

Uno degli elementi informativi fondamentali per l'esecuzione delle simulazioni idrauliche condotte in questa sede è stato il rilievo del territorio da esaminare.



Questo elemento ha avuto una duplice funzione: in primo luogo ha fornito attraverso le sezioni trasversali del corso d'acqua, comprendenti la linea di thalweg, l'alveo di magra e soprattutto l'alveo di piena, la base dati di ingresso per il modello matematico.

Quest'ultimo, attraverso il processo numerico di integrazione delle equazioni del moto monodimensionale, ha prodotto in uscita i valori del livello raggiunto dalla superficie idrica sezione per sezione.

Successivamente, per poter individuare sul territorio le curve di intersezione tra la superficie idrica ed il suolo, ovvero il perimetro delle aree inondate, è stata necessaria un'informazione quanto più diffusa possibile sull'altimetria del territorio circostante il corso d'acqua, comprensiva degli eventuali manufatti, opere e infrastrutture presenti.

5.2. Metodologia utilizzata per la definizione del profilo di moto permanente

La ricostruzione del profilo di piena è stata condotta in moto permanente mediante l'utilizzo del software di calcolo HEC-RAS Versione 2, sviluppato dall'U.S. Army Corp of Engineers che fornisce una metodologia di risoluzione ed una vasta gamma di condizioni al contorno del tutto sufficienti per la risoluzione della maggior parte dei casi pratici.

L'analisi è finalizzata alla quantificazione delle caratteristiche idrauliche del moto della corrente in condizioni di piena, rappresentati dai valori dei livelli idrici e delle velocità di corrente all'interno dell'alveo inciso e delle aree inondate.

Il programma consente di calcolare i profili idrici per canali di forma qualunque, naturali ed artificiali, integrando numericamente l'equazione differenziale del moto permanente mediante il metodo comunemente noto in letteratura come "standard step"; per il calcolo delle perdite di carico ripartite si adotta l'espressione di Manning.



5.2.1. Ipotesi base e limitazioni

Per quanto la formula di Manning per il calcolo delle perdite di carico in condizioni di moto assolutamente turbolento sia stata ricavata sulla base di esperienze su correnti in moto uniforme, la pratica e i successivi studi condotti hanno confermato come possa essere impiegata anche in condizioni di moto gradualmente vario, nel tempo e nello spazio, evidenziando come gli errori conseguenti a questa assunzione siano modesti.

Le altre principali ipotesi adottate dal modello di calcolo sono:

1. il moto è permanente;
2. la geometria dell'alveo è caratterizzata generalmente da variazioni graduali di sezione, fatti salvi talune zone limitate del profilo; in corrispondenza di tali tronchi l'equazione del moto è sostituita dall'equazione dinamica in forma globale, che consente l'analisi delle condizioni di deflusso in presenza di bruschi restringimenti o allargamenti;
3. il moto è monodimensionale, trascurandosi le componenti della velocità nelle direzioni ortogonali a quella di avanzamento della corrente;
4. la pendenza longitudinale non sia troppo elevata;

I termini aventi come variabile il tempo (variazioni di altezza di acqua e velocità rispetto al tempo) non sono inclusi nell'equazione di conservazione dell'energia. Ciò comporta che il moto sia permanente ovvero che il profilo idrico sia stabile nel tempo.

La condizione di moto permanente con variazione graduali di sezione è necessaria perché sia soddisfatta l'ipotesi sulla distribuzione idrostatica delle pressioni lungo la verticale, sulla quale si basa l'equazione del moto. Lì dove sussistano variazioni brusche di sezione il programma è in grado di modificare automaticamente l'algoritmo di calcolo ed utilizzare l'equazione della conservazione della quantità di moto in forma globale o altre equazioni di derivazione empirica.

La limitazione dell'ipotesi di corrente unidimensionale richiede che il carico energetico totale sia lo stesso per tutti i punti in una sezione trasversale; pertanto la velocità ha una sola componente nella



direzione della corrente e la superficie dell'acqua è orizzontale per tutta la sezione trasversale. L'ipotesi di pendenza moderata è fatta per poter considerare la pressione dell'acqua direttamente dipendente dalla profondità del pelo libero.

HEC-RAS nella versione attualmente commercializzata ipotizza che i contorni dell'alveo siano imm modificabili, ovvero che non vi siano fenomeni di erosione o deposito dell'alveo.

5.3. Dati di ingresso

I dati di base richiesti da HEC-RAS sono quelli relativi alle caratteristiche geometriche ed idrauliche del corso d'acqua in analisi. I dati necessari sono i profili di fondo (sezioni trasversali), le lunghezze dei tratti e la scabrezza dell'alveo e delle aree golenali.

5.3.1. Scabrezza

Il programma consente di assegnare differenti scabrezze a diverse zone della sezione, senza limiti per l'estensione di queste ultime. Nel caso in esame è stato assegnato un coefficiente di scabrezza di Manning variabile, in funzione delle caratteristiche di copertura, nell'ambito della stessa sezione per l'alveo principale e le zone inondabili. In merito al tipo di copertura delle zone attraversate va rilevato che le sponde dell'alveo nei tratti in esame presentano in generale una vegetazione non particolarmente fitta.

Per il corretto utilizzo di HEC-RAS, la caratteristica più importante da rappresentare è la geometria dell'alveo. E' importante sottolineare che il programma esegue una connessione tra due sezioni contigue mediandone linearmente le caratteristiche geometriche. Quindi è opportuno che due sezioni contigue varino gradualmente affinché la realtà non si discosti dalla rappresentazione del programma.



5.3.2. Sezioni trasversali

La geometria di ciascun tronco d'alveo è definita mediante la forma e le caratteristiche idrauliche delle due sezioni che lo delimitano; il posizionamento delle sezioni lungo il corso d'acqua deve pertanto essere effettuato nei punti caratteristici di un tratto di un fiume dove avvengano cambi significativi o della geometria del canale o delle caratteristiche idrauliche. Cambi di geometria dell'alveo ordinario o delle zone golenali causano variazioni dell'area bagnata di origine naturale o artificiale, come ad esempio nel caso di ponti. Variazioni delle caratteristiche idrauliche possono occorrere in corrispondenza di cambi di pendenza, scabrezza o portata.

Le sezioni trasversali devono avere le seguenti caratteristiche.

- Devono essere perpendicolari alla direzione della corrente.
- Le coordinate dei punti delle sezioni sono generalmente date iniziando dalla sponda sinistra guardando da monte verso valle. I punti per ogni sezione possono essere fino a 500. L'utilizzatore deve specificare i limiti dell'alveo centrale e le variazioni di scabrezza lungo le sezioni.

Se il livello d'acqua calcolato eccede la quota dei punti estremi della sezione, il programma automaticamente estende le sponde stesse in verticale e stampa un messaggio di avvertenza.

E' disponibile un'opzione di HEC-RAS per inserire una o più sezioni interpolate in un tratto di fiume se il cambio di velocità è troppo grande. L'utilizzatore specifica una variazione massima accettabile di carico cinetico con l'opzione di inserimento automatico di sezioni uniformemente spaziate tra le due sezioni date.

La determinazione di una lunghezza media ragionevole dei singoli tronchi del corso d'acqua, per procedere all'ubicazione delle sezioni, può essere effettuata sulla base delle dimensioni dell'alveo, della pendenza, della variabilità delle sezioni, dal metodo per il calcolo delle perdite di carico e dal tipo di studio.



Le sezioni trasversali, posizionate in modo opportuno per la rappresentatività del modello matematico di simulazione, sono state ottenute tramite rilievo aerofotogrammetrico, interessando il possibile alveo di piena così come desunto da calcoli idraulici preliminari.

in particolare sono stati seguiti i seguenti criteri:

- le quote altimetriche sono state rilevate in valore assoluto;
- le sezioni sono posizionate in modo tale da rappresentare le singolarità dell'alveo e le variazioni delle dimensioni dello stesso lungo il tratto di indagine.

Si riporta in allegato la planimetria del tratto preso in esame con l'ubicazione delle sezioni che sono state utilizzate nella generazione del modello idraulico.

Il profilo, della corrente è ricostruito automaticamente dal programma che distingue il carattere della corrente calcolando la altezza critica e confrontandola con la altezza liquida nella sezione , da monte verso valle, nei tratti in corrente veloce e da valle verso monte nei tratti in lenta.

5.3.3. Aree della sezione trasversale inefficaci al deflusso

Nel codice di calcolo utilizzato sono disponibili una serie di opzioni per adattare il deflusso alla effettiva area attiva della singola sezione trasversale di interesse.

L'opzione che identifica una parte dell'area della sezione trasversale come "inefficace al deflusso" permette di descrivere porzioni in cui può essere o meno presente acqua (in funzione della geometria dell'alveo di piena in senso anche longitudinale) ma che comunque tale presenza non incide nel calcolo di determinazione delle caratteristiche della piena.

Tale opzione, può essere utilizzata sia per identificare zone della sezione dove l'acqua è penetrata ma che non contribuisce al deflusso attivo della piena sia zone della sezione che non vengono inondate.



L'identificazione e l'assegnazione di tali aree è stata effettuata sulla base dello studio delle sezioni rilevate e dell'andamento complessivo ricostruito dell'alveo di piena (presenza o meno di ostacoli, opere arginali ecc...).

5.3.4. Condizioni iniziali

Al fine di far effettuare ad HEC-RAS l'integrazione del profilo idrico è necessario specificare la portata e la relativa altezza idrica alla prima sezione di calcolo. L'altezza d'acqua iniziale può essere specificata in una delle seguenti maniere:

1. come altezza critica della sezione per la portata data;
2. come altezza nota in funzione del valore di portata;
3. con il metodo della "slope-area"
4. come altezza assegnata
5. imponendo un valore assegnato alla pendenza motrice.

L'uso del primo metodo è appropriato quando una soglia od altro inducono il profilo idrico ad avvicinarsi allo stato critico.

Il secondo metodo è utilizzabile se alla sezione di partenza è disponibile una scala di deflusso che possa essere usata per determinare l'altezza iniziale del profilo .

Il metodo della "slope-area" calcola la portata defluente per un tratto di geometria nota a partire dalle altezze d'acqua note all'estremità del tratto in esame. In pratica per tentativi successivi si calcola la portata la cui perdita di carico coincide con il dislivello dato come input.



COMUNE DI VERBANIA

Palazzo Civico - P.zza Garibaldi, 15

5.4. Lettura dei tabulati di calcolo

Sono state esperite le simulazioni di deflusso del canale emissario del Lago di Mergozzo ante e post operam per le piene con Tr 200, 100 e 50 anni

I risultati delle elaborazioni sono sintetizzati in alcuni tabulati riassuntivi di calcolo, che riportano, per ogni sezione, le grandezze idrauliche più significative per l'interpretazione del deflusso in alveo. I tabulati di output in questione sono riportati in allegato alla presente.

Si riporta di seguito la tabella di sintesi della piena ante operam duecentennale.

ANTE OPERAM

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
		(m ³ /s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m ²)	(m)	
14	PF 1	75	194	198,71	194,86	198,71	0	0,03	2503,29	704,2	0
13	PF 1	75	194,06	198,71	195,37	198,71	0,000001	0,04	2003,79	704,35	0,01
12,5		Bridge									
12	PF 1	75	194,06	198,71	195,37	198,71	0,000001	0,04	2003,79	704,35	0,01
11	PF 1	75	194,1	198,67	195,49	198,71	0,00062	0,92	87,99	122,23	0,15
10,5		Culvert									
10	PF 1	75	194,11	198,6		198,6	0,000029	0,2	725,26	840,37	0,03
9	PF 1	75	194,13	198,59		198,59	0,000036	0,23	480,9	334,71	0,04
8	PF 1	75	194,16	198,59	195,52	198,59	0,000014	0,14	811,96	602,04	0,02
7	PF 1	75	194,16	198,59		198,59	0,000014	0,14	875,93	758,76	0,02
6	PF 1	75	194,19	198,58		198,58	0,000036	0,22	616,36	662,32	0,04
5	PF 1	75	194,2	198,58	195,62	198,58	0,000044	0,25	614,16	811,11	0,04
4,5		Bridge									
4	PF 1	75	194,21	198,57		198,57	0,000038	0,23	650,28	823,46	0,04
3	PF 1	75	194,22	198,57	195,59	198,57	0,000037	0,23	645,76	780,66	0,04
2,5		Bridge									
2	PF 1	75	194,22	198,56		198,57	0,000038	0,23	643,86	786,55	0,04
1	PF 1	75	194,23	198,56	195,68	198,56	0,00004	0,23	648,86	845,22	0,04

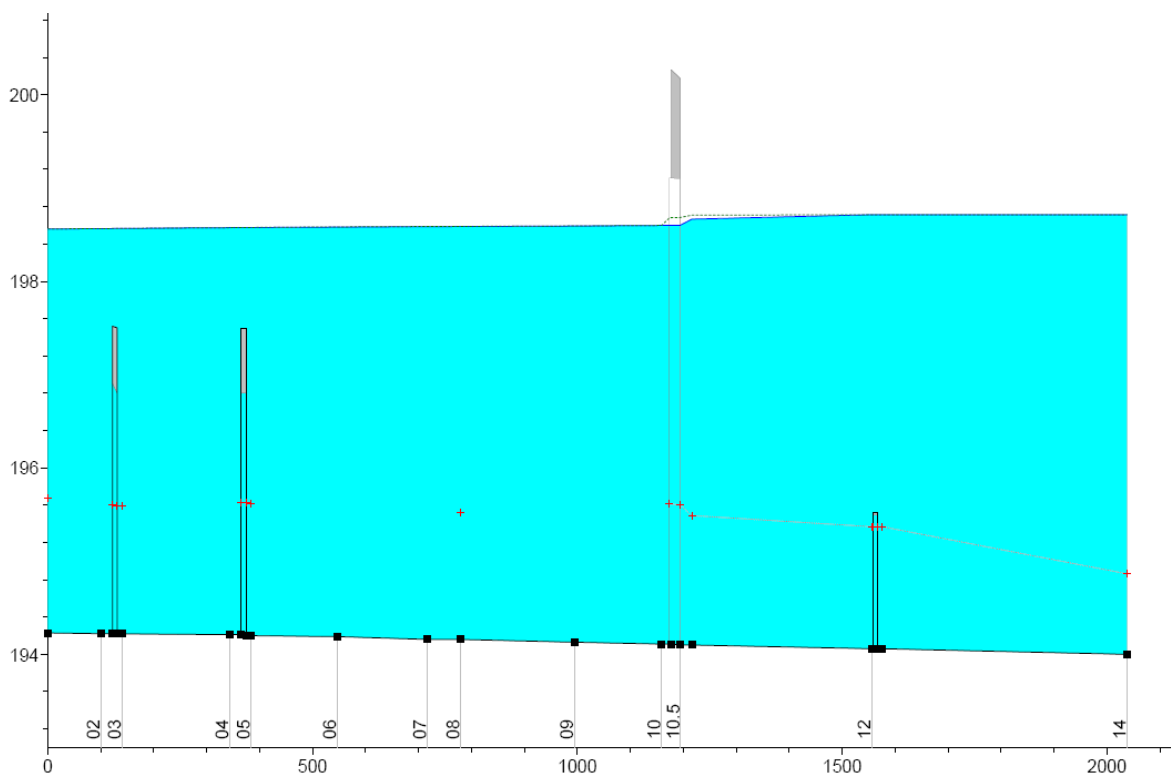
Si evince che la piena duecentennale interessa gran parte della piana di esondazione del canale emissario del Lago di Mergozzo, interferendo, quindi, per la totalità del tratto in rilevato di approccio al viadotto di scavalco. Come era facilmente prevedibile le velocità in gioco sono molto basse con puntuali accelerazioni in corrispondenza delle opere di attraversamento esistenti. Il deflusso di piena è in regime di corrente lenta. Fissato il livello idrico nel Lago Maggiore, man mano che il livello idrico nel



COMUNE DI VERBANIA

Palazzo Civico - P.zza Garibaldi, 15

lago di Mergozzo sale il deflusso tende a ridursi fino ad arrestarsi in corrispondenza della parità dei livelli nei due Laghi.





6 ANALISI DI COMPATIBILITÀ IDRAULICA DELLE OPERE PROGETTATE

Nel presente progetto si è tenuto conto, oltre che delle indicazioni contenute nel PAI e nelle relative Norme di Attuazione e Linee Guida, anche delle norme vigenti in materia di attraversamenti di corsi d'acqua, tra cui si ricorda il D.M. del 2 agosto 1980 e D.M. del 4 maggio 1990 Norme tecniche per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo dei ponti stradali, la Circolare del Ministero LL.PP. n. 34233 del 25 febbraio 1991 recante Istruzioni relative alla normativa tecnica dei ponti stradali in cui sono contenuti indirizzi e prescrizioni circa il dimensionamento idraulico dei manufatti.

Il valore della portata di piena assunta per le verifiche idrauliche delle opere interferenti con la rete idrografica è stata fissata pari a quella con periodo di ritorno $Tr = 200$ anni.

I criteri utilizzati per la verifica di compatibilità idraulica delle opere in progetto sono i seguenti:

1. Modifiche indotte dalle opere in progetto sul profilo di piena;
2. Riduzione della capacità di invaso;
3. Interazioni con le opere di difesa idrauliche (opere di sponda e argini) esistenti;
4. Modifiche indotte sull'assetto morfologico planimetrico e altimetrico dell'alveo di inciso e di piena;
5. Condizioni di sicurezza dell'intervento rispetto alla piena.

6.1. Effetti indotti sui livelli di piena e sulla velocità della corrente

La presenza di una singolarità geometrica in un corso d'acqua, quale il restringimento dovuto alla presenza delle spalle e/o delle pile di un ponte, provoca delle modifiche nell'assetto idrometrico della corrente. In generale, a monte del restringimento si realizzerà un sopralzo, la cui entità sarà funzione delle caratteristiche della corrente e della geometria dell'attraversamento.



COMUNE DI VERBANIA

Palazzo Civico - P.zza Garibaldi, 15

Considerate le caratteristiche dell'attraversamento in viadotto presente nel presente progetto, vista la non trascurabile ampiezza dell'alveo di piena, la forma delle pile progettate e la loro disposizione nei confronti della piena e soprattutto l'ordine di grandezza delle velocità in gioco, si prevedono sopralzi dovuti alla presenza delle opere progettate di modesta entità.

Si riporta di seguito la tabella di sintesi inerente la piena duecentennale in condizioni ante e post operam.

ANTE OPERAM

River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
14	PF 1	75	194	198,71	194,86	198,71	0	0,03	2503,29	704,2	0
13	PF 1	75	194,06	198,71	195,37	198,71	0,000001	0,04	2003,79	704,35	0,01
12,5		Bridge									
12	PF 1	75	194,06	198,71	195,37	198,71	0,000001	0,04	2003,79	704,35	0,01
11	PF 1	75	194,1	198,67	195,49	198,71	0,00062	0,92	87,99	122,23	0,15
10,5		Culvert									
10	PF 1	75	194,11	198,6		198,6	0,000029	0,2	725,26	840,37	0,03
9	PF 1	75	194,13	198,59		198,59	0,000036	0,23	480,9	334,71	0,04
8	PF 1	75	194,16	198,59	195,52	198,59	0,000014	0,14	811,96	602,04	0,02
7	PF 1	75	194,16	198,59		198,59	0,000014	0,14	875,93	758,76	0,02
6	PF 1	75	194,19	198,58		198,58	0,000036	0,22	616,36	662,32	0,04
5	PF 1	75	194,2	198,58	195,62	198,58	0,000044	0,25	614,16	811,11	0,04
4,5		Bridge									
4	PF 1	75	194,21	198,57		198,57	0,000038	0,23	650,28	823,46	0,04
3	PF 1	75	194,22	198,57	195,59	198,57	0,000037	0,23	645,76	780,66	0,04
2,5		Bridge									
2	PF 1	75	194,22	198,56		198,57	0,000038	0,23	643,86	786,55	0,04
1	PF 1	75	194,23	198,56	195,68	198,56	0,00004	0,23	648,86	845,22	0,04



COMUNE DI VERBANIA

Palazzo Civico - P.zza Garibaldi, 15

POST OPERAM

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
		(m ³ /s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m ²)	(m)	
14	PF 1	75	194	198,72	194,86	198,72	0	0,03	2509,92	704,31	0
13	PF 1	75	194,06	198,72	195,37	198,72	0,000001	0,04	2010,43	704,46	0,01
12,5		Bridge									
12	PF 1	75	194,06	198,72	195,37	198,72	0,000001	0,04	2010,43	704,46	0,01
11	PF 1	75	194,1	198,68	195,49	198,72	0,000612	0,91	89,22	125,17	0,15
10,5		Culvert									
10	PF 1	75	194,11	198,61		198,61	0,000042	0,24	625,59	808,8	0,04
9	PF 1	75	194,13	198,6	195,57	198,6	0,000035	0,23	484,04	336,22	0,04
8	PF 1	75	194,16	198,6	195,52	198,6	0,000016	0,15	802,26	654,49	0,02
7,5		Bridge									
7	PF 1	75	194,16	198,59	195,37	198,59	0,000013	0,14	918,29	814,16	0,02
6	PF 1	75	194,19	198,58		198,58	0,000036	0,22	616,36	662,32	0,04
5	PF 1	75	194,2	198,58	195,62	198,58	0,000044	0,25	614,16	811,11	0,04
4,5		Bridge									
4	PF 1	75	194,21	198,57		198,57	0,000038	0,23	650,28	823,46	0,04
3	PF 1	75	194,22	198,57	195,59	198,57	0,000037	0,23	645,76	780,66	0,04
2,5		Bridge									
2	PF 1	75	194,22	198,56		198,57	0,000038	0,23	643,86	786,55	0,04
1	PF 1	75	194,23	198,56	195,68	198,56	0,00004	0,23	648,86	845,22	0,04

Dal confronto tra i valori dei livelli idrici si evidenziano differenze dell'ordine del centimetro. La leggera perturbazione del profilo idrico si propaga verso monte con entità scarsamente apprezzabile. Anche le velocità della corrente si mantengono praticamente inalterate nelle sezioni subito a monte e subito a valle dell'opera in progetto.

6.2. Riduzione della capacità di invaso

Analizzando la delimitazione della piena due centennale in condizioni post operam e confrontando il relativo volume di invaso con il volume occupato dal rilevato di progetto insistente sull'area allagata si evince un rapporto tra volume sottratto e volume totale pari a circa lo 0,03%. Tale valore calcolato non tiene conto del volume accumulabile sulla superficie dei due laghi.

Da questo si evince che la riduzione della capacità di invaso dovuta alla presenza del rilevato di approccio al viadotto di scavalco è praticamente nulla. In estrema sintesi, ci si attende, quindi, che gli



effetti che potrebbero derivare dalla presenza del rilevato stradale sulla laminazione del fenomeno di piena sono di entità irrisoria.

6.3. *Interazioni con opere di difesa idrauliche esistenti*

Nell'ambito dell'intervento in progetto non sono presenti opere di difesa idraulica esistenti. Per quanto a nostra conoscenza ed appurato mediante ricerca bibliografica non si prevedono opere di difesa di sponda o realizzazioni di argini nel prossimo futuro che possano interagire con le opere stradali in progetto.

6.4. *Modifiche indotte sull'assetto morfologico dell'alveo inciso e di piena;*

Lo sviluppo e i risultati delle simulazioni idrauliche esperite hanno evidenziato che l'area territoriale su cui insiste l'opera in progetto è soggetta ad allagamento per esondazione del Canale Emissario del Lago di Mergozzo anche per tempi di ritorno non troppo elevati. L'esito delle prime simulazioni ha indirizzato il progetto verso la soluzione definita "alta". Si è scelto cioè di sovrappassare la strada provinciale SP54 e di superare l'interferenza con il canale di Mergozzo mediante viadotto ad ampie luci. Questo approccio ha consentito di minimizzare l'estensione del rilevato di approccio sostituendolo con un ampio tratto in viadotto. L'interferenza idraulica con l'alveo inciso è stata, quindi, risolta senza modificarne l'assetto morfologico.

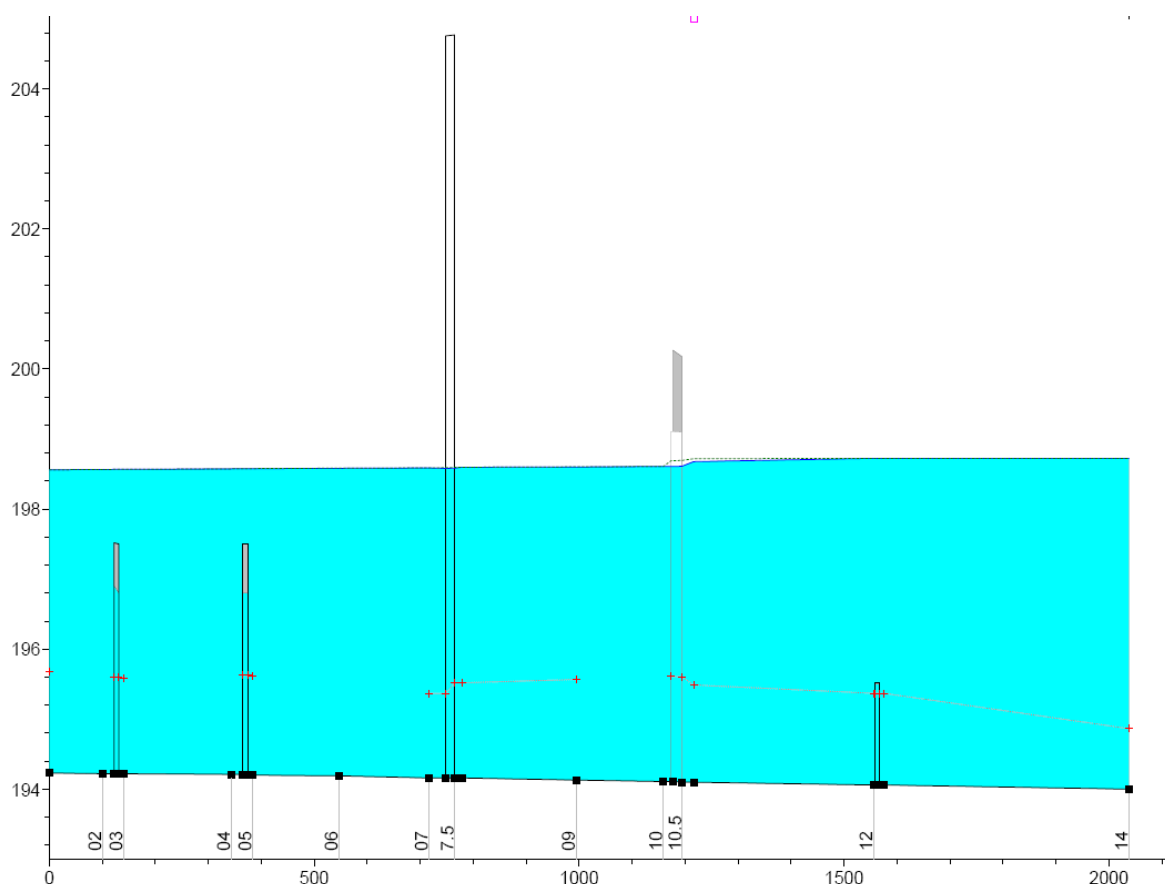
Per quanto attiene all'alveo di piena e la sua interazione con il rilevato in progetto si è avuta premura di massimizzare la "trasparenza idraulica" di quest'ultimo in modo da minimizzare l'effetto ostacolante sul deflusso idrico; sono stati quindi inseriti nel rilevato una serie di tombini scatolari tali da consentire il deflusso idrico nelle due direzioni. Viste le bassissime velocità in gioco nel fenomeno di esondazione non sono stati evidenziati fenomeni di rigurgito tali da poter modificare in modo sostanziale l'assetto morfologico dell'alveo di piena.



6.5. Condizioni di sicurezza delle opere in progetto rispetto alla piena.

6.5.1. Franco idraulico

Sulla base delle simulazioni effettuate è stato ricostruito il profilo di rigurgito della piena duecentennale in condizioni post operam.



Essendo la quota del pelo libero subito a monte del viadotto in progetto pari a 198.6m slm ed essendo la quota minima dell'intradosso dell'impalcato di progetto pari a 203m slm, si ottiene un franco minimo rispetto alla piena duecentennale pari a 4,4m, che risulta rispettare ampiamente i criteri precedentemente enunciati.



6.5.2. Forma e posizionamento delle pile

Le pile previste in progetto sono del tipo in c.a. di forma circolare.

Le pile circolari hanno un diametro esterno pari a 2,0m, sono a doppio fusto e unico pulvino. Il plinto è di forma rettangolare ed è fondato su pali di grande diametro.

La forma delle pile è stata scelta in modo da costituire minore ostacolo alla corrente e nel contempo minore esposizione all'erosione.

I criteri seguiti per il posizionamento delle pile e delle spalle sono stati i seguenti:

- l'insieme delle opere costituenti l'attraversamento non deve comportare condizionamenti sostanziali al deflusso della piena e indurre modificazioni all'assetto morfologico dell'alveo;
- l'orientamento delle pile e delle spalle deve essere parallelo al filone principale della corrente;
- per i corsi d'acqua non arginati le pile e le spalle devono essere poste al di fuori delle sponde incise dell'alveo;

La forma della pila (circolare) assicura il corretto allineamento del manufatto anche rispetto a variazioni nel tempo della direzione della corrente.

Viste le caratteristiche del moto di piena caratterizzato da velocità estremamente basse non emergono problematiche di particolare rilievo connesse alla realizzazione delle pile in alveo, ne si prevede la necessità di particolari opere provvisorie.

6.5.3. Azioni di erosione e scalzamento

Rapide variazioni di intensità e distribuzione delle velocità di una corrente liquida possono provocare fenomeni di erosione localizzata.

La presenza di una pila in alveo causa, come è noto, nelle vicinanze della pila stessa un aumento della velocità, resa manifesta dall'addensamento delle linee di corrente; contemporaneamente si ha la

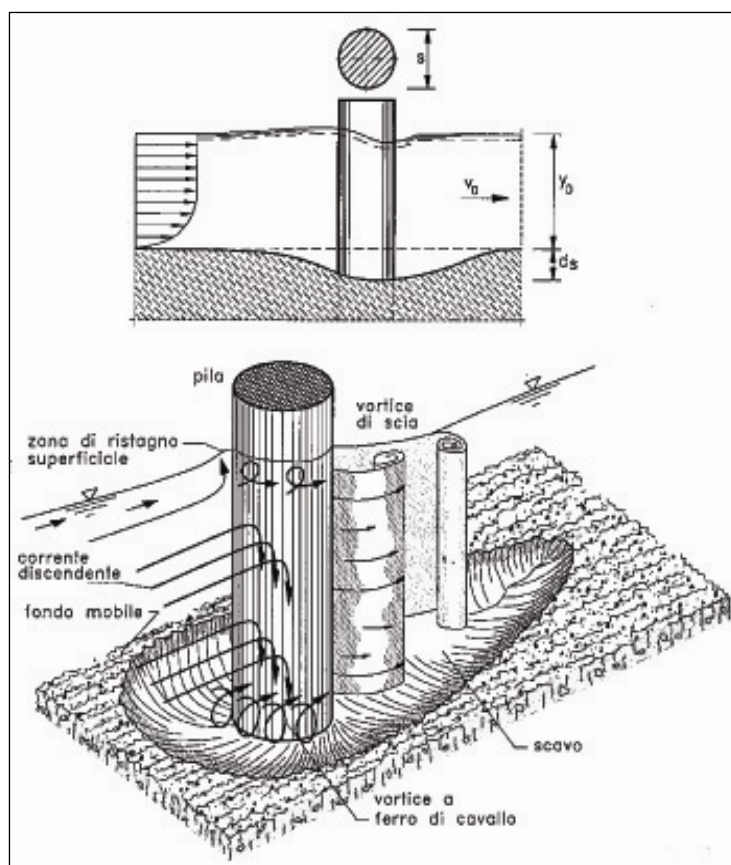


COMUNE DI VERBANIA

Palazzo Civico - P.zza Garibaldi, 15

formazione di un grosso vortice a ferro di cavallo, che interessa planimetricamente tutta l'area circostante la pila fino alla linea di separazione del vortice, il quale è il principale responsabile dell'erosione.

La profondità di scavo può essere valutata mediante formule di tipo sperimentali ed è funzione della forma della pila, delle caratteristiche della corrente e del tipo di materiale che subisce l'azione di scalzamento.



In generale, all'atto del dimensionamento delle pile occorre tenere conto del fenomeno di scalzamento ed impostare la quota dell'estradosso del plinto di fondazione ad una quota inferiore a quella dello scalzamento ipotizzato.



COMUNE DI VERBANIA

Palazzo Civico - P.zza Garibaldi, 15

Lo scalzamento che la corrente produce sulle pile può essere dedotto tramite delle formule empiriche¹ che dipendono dalla forma delle stesse, dal tipo di materiale costituente il fondo dalla velocità e dalla profondità della corrente.

Di seguito è descritta la formula di Breuseurs.

La formula tiene conto sia delle caratteristiche idrodinamiche della corrente di piena di riferimento della granulometria del materiale di fondo e dello sviluppo trasversale delle opere di fondazione.

La profondità di scavo imposto dalla corrente è funzione delle componenti sotto riportate:

Y	profondità dello scavo operato dall'erosione
I	larghezza della pila di lunghezza L
U	velocità media della corrente indisturbata
U _c	velocità critica di trascinamento, intesa come velocità media della corrente alla quale inizia il movimento del materiale del fondo di assegnato diametro d ₅₀
D	la dimensione del materiale
α	l'angolo che la corrente indisturbata forma con la pila
y	la profondità della corrente indisturbata

Come si evince dalle variabili sopra riportate il fenomeno riguarda il trasporto di materiale solido di fondo e risulta di difficile studio se non tramite formulazione empirica. In particolare secondo quanto

¹ **Sistemazione dei corsi d'acqua** – Università degli Studi di Padova – Dipartimento di Ingegneria Idraulica, Marittima, Ambientale e Geotecnica – Autori Luigi Da Deppo, Claudio Datei e Paolo Saladin – Libreria Internazionale Cortina PADOVA – Vedi cap. 6.3.5.4 pag. 176.



COMUNE DI VERBANIA

Palazzo Civico - P.zza Garibaldi, 15

imposto dalla teoria di Shields risulta importante determinare la tensione tangenziale critica provocata dalla velocità che consente il distacco del materiale dal fondo. Nelle ipotesi considerate da Shields si può dedurre come il rapporto tra la velocità della corrente indisturbata U e la velocità critica U_c sia significativo per determinare l'attitudine della corrente a provocare o no il moto del materiale: permanendo fino a $U / U_c < 1$ condizioni di stabilità ed inizio del distacco per valori del rapporto maggiori o uguali a 1.

La presenza di una pila in alveo crea un aumento delle velocità nell'intorno della stessa che sono la maggiore causa di erosione al piede delle pile.

In particolare la creazione dei vortici a ferro di cavallo e del vortice di scia successivo alla pila creano i maggiori problemi (v. figura sopra).

Lo scavo imposto dalla corrente essendo funzione delle variabili sopra riportate è ottenuta tramite la seguente formula:

$$Y/l = f_1 * [2 \tanh(y/S)] * f_2(\text{forma}) * f_3$$

Vista la stretta dipendenza dell'erosione con la velocità è importante definire numericamente la velocità critica:

$$U_c = 1.2 * (g * D * (r_s - r) / r)^{0.5} * (Y/D)^{0.2}$$

dove:

- r_s : peso specifico del materiale costituente il fondo
- r : peso specifico dell'acqua
- D : la dimensione del materiale più ricorrente.

o secondo la semplice espressione:

f_1 è parametro che tiene conto della capacità erosiva della corrente in rapporto alla velocità critica di trasporto:

$$f_1 = f(U/U_c):$$



COMUNE DI VERBANIA

Palazzo Civico - P.zza Garibaldi, 15

$$f_1 = 0 \quad \text{per } U/U_c < 0.5$$

$$f_1 = 2(v_0/v_{cr}) - 1 \quad \text{per } 0.5 < U/U_c < 1.0$$

$$f_1 = 1 \quad \text{per } U/U_c > 1.0$$

f_2 e parametro che tiene conto della forma della pila:

$$f_2 = f(\text{pila});$$

$$f_2(\text{forma}) = 1 \quad \text{per pile circolari o con fronti arrotondate};$$

$$f_2(\text{forma}) = 0.75 \quad \text{per pile sagomate in modo da accompagnare la corrente};$$

$$f_2(\text{forma}) = 1.30 \quad \text{per pile rettangolari};$$

f_3 e un parametro di forma della pila

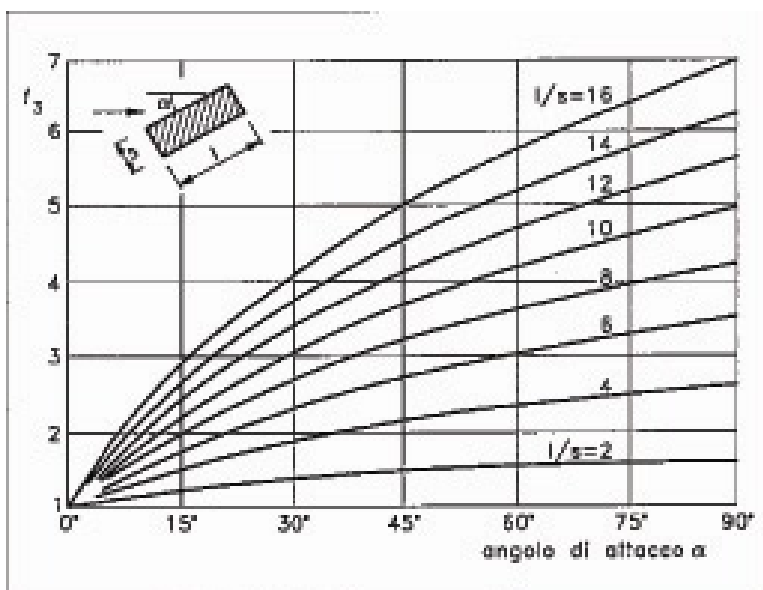
$$f_3 = f(l/s, \alpha);$$

Il parametro f_3 si è ricavato da un diagramma riportato dall'autore: per angolo di attacco della corrente nullo ($\alpha = 0$) il parametro f_3 vale 1.



COMUNE DI VERBANIA

Palazzo Civico - P.zza Garibaldi, 15



EROSIONE LOCALIZZATA INTORNO ALLE PILE

caratteristiche pila

l	2 m	larghezza pila
L	2 m	lunghezza pila
a	0 gradi	angolo d'attacco
L/l	1,0	

caratteristiche corrente e materiale d'alveo

U	0,4 m/s	velocità corrente
Y	1,7 m	profondità corrente
r	1000 Kg/mc	densità fluido
r_s	2600 Kg/mc	densità sedimenti
D	0,001 m	diametro medio sedimenti
U_c	0,67 m/s	velocità critica per il trasporto
U/U_c	0,60	

profondità di scavo

f_1	0,2020553	
f_2	1	pile circolari
f_3	1	
DY	0,56 m	profondità di scavo



COMUNE DI VERBANIA

Palazzo Civico - P.zza Garibaldi, 15

Lo scavo atteso risulta, come prevedibile, molto limitato. Di questo in ogni caso occorre tener conto nel dimensionamento delle fondazioni che peraltro sono profonde e quindi rappresentano sicuramente un ulteriore elemento di sicurezza.

Dalle risultanze delle analisi effettuate in regime di moto permanente risulta che l'esondazione della piena duecentennale interessa il rilevato stradale in progetto, è stata, quindi, prevista la realizzazione di opere di protezione di opportuna altezza ed estensione consistenti nella protezione del rilevato mediante geostuoia tridimensionale con rinforzo in poliestere e successiva idrosemina a spessore.



COMUNE DI VERBANIA

Palazzo Civico - P.zza Garibaldi, 15



7 IDRAULICA DI PIATTAFORMA

7.1. Descrizione delle opere

Visto che il tratto in progetto ricade interamente in ambito vulnerabile, è stata prevista la raccolta ed il trattamento delle acque di prima pioggia provenienti dalla piattaforma stradale dall'intero sviluppo del tracciato in progetto. Il sistema di raccolta e smaltimento sarà di tipo "chiuso", costituito cioè, da una rete di tubazioni e fossi che convoglierà le acque raccolte a ciascuna vasca di prima pioggia prevista in progetto.

La raccolta e lo smaltimento delle acque meteoriche provenienti dalla piattaforma stradale e dalle aree esterne avviene mediante un sistema di fossi di guardia, di cunette alla francese e di canalette grigliate, il tutto integrato da una rete di collettori di diametro variabile in funzione delle esigenze.

In particolare si prevedono le seguenti tipologie.

Fosso di guardia rivestito posto al piede del rilevato nei tratti dove è deputato alla raccolta ed allo smaltimento delle acque di piattaforma. È stata adottata la sezione trapezia rivestita in c.a. con pendenza della scarpata di 1:1, con larghezza del fondo e delle scarpate pari a 50. Le acque di piattaforma pervengono al fosso mediante canalette ad embrice disposte ad interasse di 10m.

Fosso di guardia in terra. Il fosso di guardia, oltre a ricevere le acque provenienti dalle scarpate del rilevato, raccoglie anche le acque provenienti dalle aree esterne limitrofe per una fascia variabile in funzione della naturale inclinazione del bacino dominante.

Pozzetti grigliati in rilevato o a raso in rotatoria. L'acqua della carreggiata viene raccolta e convogliata nell'apposito tubo per mezzo di pozzetti grigliati disposti ad interasse variabile in funzione delle caratteristiche della piattaforma stradale.

Cunette alla francese con tubo in cls sottostante nei tratti con muri. In questo caso l'acqua della carreggiata viene raccolta e convogliata nell'apposito tubo sottostante per mezzo di pozzetti grigliati disposti lungo lo sviluppo della cunetta.



Opere di drenaggio della piattaforma in viadotto. Il sistema è dotato da caditoie a bocchettone che convogliano mediante pluviale le acque raccolte all'interno di una tubazione sub orizzontale in PRFV staffata all'impalcato dello stesso viadotto. Tale tubazione consentirà di addurre le acque raccolte in corrispondenza della spalla dove saranno disposte le tubazioni discendenti per il recapito all'impianto di trattamento.

Nei tratti in galleria sono stati previsti due distinti sistemi di drenaggio: Tubazioni in PEAD corrugato al di sotto della banchina, alimentate mediamente ogni 25 m da caditoie grigliate con relativo pozzetto tagliafiamma in cls, per la raccolta dei liquidi eventualmente scolanti sulla piattaforma (ad esempio i liquidi accidentalmente sversati in caso di incidenti che possono coinvolgere autobotti o mezzi di trasporto di sostanze pericolose, acque di lavaggio, ecc....) e due tubazioni sempre in PEAD corrugato, lungo i margini della carreggiata, per la raccolta, mediante pozzetti in cls con interasse 25 m, delle acque di infiltrazione. Il sistema di raccolta complessivo è stato studiato in modo da evitare l'ingresso di acqua meteorica in galleria. Il dimensionamento delle opere di drenaggio in galleria non è legato, quindi, a considerazioni di tipo idraulico. Per i dettagli inerenti alle varie tipologie di raccolta e smaltimento dei liquidi di piattaforma utilizzate, si rimanda agli elaborati progettuali dedicati.

7.2. Determinazione delle portate di progetto

In accordo con le specifiche ANAS, la determinazione delle portate è stata eseguita assumendo i seguenti tempi di ritorno:

- opere deputate al drenaggio della piattaforma principale Tr 25 anni;
- fossi rivestiti e in terra Tr 50 anni;

Per la determinazione delle portate di progetto è stato fatto riferimento a quanto riportato nella relazione idrologica del presente progetto, a cui si rimanda per ulteriori dettagli.



COMUNE DI VERBANIA

Palazzo Civico - P.zza Garibaldi, 15

In particolare per tempi di corrivazione superiori o uguali all'ora vengono forniti i parametri della curva di possibilità pluviometrica.

$$h(\delta) = a \cdot \delta^n$$

Per tempo di ritorno pari a 25 anni:

$$a=69.99$$

$$n=0.456$$

Per tempo di ritorno pari a 50 anni:

$$a=76.99$$

$$n=0.457$$

Per tempi di corrivazione inferiori all'ora sono stati utilizzati i seguenti coefficienti di riduzione.

δ (minuti)	1	2	3	4	5	10	15	30	45
$r\delta=h_{\delta m}/h_{1m}$	0.155	0.178	0.215	0.241	0.304	0.449	0.568	0.7	0.799

I rapporti tra la massima altezza di precipitazione di durata δ e la massima altezza oraria sopra riportati sono stati elaborati sulla base di registrazioni effettuate al pluviografo di Milano Monvisio, su un campione di 17 anni e sono validi per tutta l'Italia settentrionale (Piga E. Salis M. Passoni G. 1990 – “Analisi statistica delle piogge intense di breve e brevissima durata nell'area metropolitana di Milano” – Città Studi, Milano). Effettuando una regressione di potenza, dei coefficienti precedentemente riportati, si sono ricavati i valori delle correzioni da introdurre nella valutazione delle piogge critiche di durata inferiore all'ora, e direttamente correlate ai tempi di corrivazione ricavati per ogni bacino componente l'area in esame.



7.3. Calcolo delle portate

Per il calcolo delle portate è stato utilizzato il metodo razionale.

$$Q = \frac{C \cdot i \cdot A}{3600000}$$

dove:

Q è la portata massima espressa in mc/s

A è la superficie del bacino in mq

C è il coefficiente di deflusso

i è l'altezza di precipitazione (mm/h) corrispondente ad una durata della precipitazione pari al tempo di corrivazione t_c e dipendente dal tempo di ritorno T_r

Il coefficiente C è un parametro minore dell'unità tramite il quale si tiene globalmente conto del complesso delle perdite del bacino (infiltrazione nel terreno, ritenzione nelle depressioni superficiali) a causa delle quali la portata al colmo è minore della portata di pioggia.

Questo è stato determinato operando la media pesata dei coefficienti attribuiti a ciascuna tipologia di superficie che costituisce ciascun bacino.

Il tempo di corrivazione in ore di ciascun bacino relativo a ciascuna sezione di calcolo è stato stimato mediante la seguente formulazione:

$$t_c = t_a + \frac{L}{v \cdot 3600}$$



Dove t_a è il tempo di accesso posto pari a 0,05, L è la lunghezza dell'asta principale in m e v è la velocità di percorrenza all'interno dell'elemento di smaltimento preso in esame.

7.4. Determinazione della capacità di smaltimento

La definizione della capacità di smaltimento di ciascuna opera è stata effettuata mediante l'espressione di Chezy:

$$Q = A \cdot \chi \cdot \sqrt{Ri}$$

nella quale:

Q (m³/s) è la portata;

A (m²) è l'area della sezione utile di deflusso;

R (m) è il raggio idraulico;

i (-) è la pendenza del canale.

Per quel che riguarda il coefficiente χ è stata adottata l'espressione di Gauckler - Strickler:

$$\chi = (K_s) \cdot R^{1/6}$$

dove K_s rappresenta la scabrezza del canale posta pari a 70 per superficie in cls, a 90 per superficie in PEAD e a 40 per i fossi in terra.

7.5. Collettori

I collettori utilizzati sono in PEAD con diametri di 400, 600, 800 e 1000.

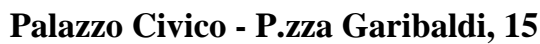
Il riempimento massimo fissato è del 70%.



COMUNE DI VERBANIA

Palazzo Civico - P.zza Garibaldi, 15

Si riportano di seguito le verifiche puntuali di ciascun collettore di progetto eseguite mediante le metodologie precedentemente descritte.





COMUNE DI VERBANIA

Palazzo Civico - P.zza Garibaldi, 15

7.6. Canaletta 40x40

La canaletta 40x40 è posta a tergo delle opere di sostegno riceve le acque della scarpata per una fascia variabile a secondo dell'entità della scarpata dominante.

Una canaletta sempre 40x40 ma con griglia carrabile è stata utilizzata per il collettamento delle acque provenienti dai piazzali CE1, CE2 e CE3.

Le ipotesi di base per calcolo sono le seguenti:

- il grado di riempimento massimo è stato fissato pari al 70%.

Di seguito si riportano le verifiche per ciascuna canaletta (si è verificata la sezione nel punto più critico).



COMUNE DI VERBANIA

Palazzo Civico - P.zza Garibaldi, 15

CANALETTA	UBICAZIONE	DIMENSIONE FOSSO (m)	PENDENZA	SCARREZZA SECONDO GAUCKLER-STRIKLER Ks	LUNGHEZZA ASTA (m)	TEMPO DI ACCESSO ALLA RETE (h)	TEMPO DI CONCENTRAZIONE (h)	SUPERFICIE PAVIMENTATA (mq)	SUPERFICIE VERDE (mq)	AREA TOTALE DRENATA (mq)	COEFFICIENTE DI DEFUSSO MEDIO ϕ	h1 (mm)	h2 (mm)	INTENSITA' DI PIOGGIA (mm/h)	PORTATA DI PROGETTO (mc/s)	TIRANTE IDRICO (m)	GRADO DI RIEMPIMENTO
		0.40	8.0%	70	450	0.05	0.081	0.00	5938.0	5.938	0.60	76.99	23.10	284.40	0.281	0.13	33%
		0.40	0.3%	70	75	0.05	0.071	1470.00	0.0	1.470	1.00	76.99	23.10	325.52	0.133	0.22	54%
		0.40	2.0%	70	320	0.05	0.087	1470.00	3700.0	5.170	0.71	76.99	23.10	265.95	0.273	0.19	48%
		0.40	0.3%	70	75	0.05	0.070	1780.00	0.0	1.780	1.00	76.99	23.10	330.69	0.164	0.24	61%
		0.40	0.3%	70	65	0.05	0.071	850.00	0.0	850	1.00	76.99	23.10	324.97	0.077	0.16	40%
		0.40	1.0%	70	350	0.05	0.102	0.00	7300.0	7.300	0.60	76.99	23.10	227.02	0.276	0.23	58%
		0.40	2.0%	70	420	0.05	0.091	0.00	12110.0	12.110	0.60	76.99	23.10	254.18	0.513	0.27	67%
		0.40	2.0%	70	400	0.05	0.089	0.00	12130.0	12.130	0.60	76.99	23.10	260.51	0.527	0.27	68%
		0.40	2.0%	70	400	0.05	0.089	0.00	12130.0	12.130	0.60	76.99	23.10	260.51	0.527	0.27	68%

7.7. Fossi di guardia

E' stata prevista un'unica tipologia di fosso aventi le seguenti dimensioni: 50x50x50

Il grado di riempimento massimo è stato fissato pari al 70%.



COMUNE DI VERBANIA

Palazzo Civico - P.zza Garibaldi, 15

Si riportano in allegato le verifiche puntuali di ciascun fosso di progetto eseguite mediante le metodologie precedentemente descritte.



COMUNE DI VERBANIA

Palazzo Civico - P.zza Garibaldi, 15

FOSSI	UBICAZIONE	DIMENSIONE FOSSO (m)	PENDENZA	SCABREZZA SECONDO GAUCKLER-STRICKLER K _s	LUNGHEZZA ASTA (m)	TEMPO DI ACCESSO ALLA RETE (h)	TEMPO DI CONCENTRAZIONE (h)	SUPERFICIE PAVIMENTATA (mq)	SUPERFICIE VERDE (mq)	AREA TOTALE DRENATA (mq)	COEFFICIENTE DI DEFLUSSO MEDIO ϕ	h ₁ (mm)	h (mm)	INTENSITA' DI PIOGGIA (mm/h)	PORTATA DI PROGETTO (mc/s)	TIRANTE IDRICO (m)	GRADO DI RIEMPIMENTO
	ASSE PRINCIPALE - LATO SUD	0.50	0.3%	70	450	0.05	0.164	469.00	7360.00	7.829	0.44	76.99	34.65	211.08	0.200	0.24	49%
	STRADA SECONDARIA FOSSO IN TERRA - LATO SUD DA PR. 0+000A PR. 0+270	0.50	0.3%	40	350	0.05	0.182	617.50	11200.00	11.818	0.43	76.99	26.95	148.18	0.210	0.34	68%
	STRADA SECONDARIA FOSSO IN TERRA - LATO SUD DA PR. 0+450 A PR. 0+270	0.50	0.3%	40	320	0.05	0.191	975.00	4950.00	5.925	0.50	76.99	26.95	140.77	0.116	0.25	49%
	STRADA SECONDARIA FOSSO IN TERRA - LATO NORD DA PR. 0+000A PR. 0+270	0.50	0.3%	40	360	0.05	0.273	975.00	750.00	1.725	0.74	76.99	26.95	98.86	0.035	0.13	25%
	STRADA SECONDARIA FOSSO IN TERRA - LATO NORD DA PR. 0+450 A PR. 0+270	0.50	0.3%	40	250	0.05	0.180	1300.00	600.00	1.900	0.81	76.99	26.95	149.66	0.064	0.18	36%



8 VASCHE DI PRIMA PIOGGIA E DI SICUREZZA

La superficie della piattaforma stradale rappresenta una sorta di capacità nella quale si accumulano, con modalità legate alle stagioni ed al clima, i prodotti di scarico derivanti dal traffico veicolare. Il processo di lavaggio effettuato dalle acque meteoriche sulla superficie stradale è chiaramente un processo transitorio al termine del quale le acque defluenti riassumono caratteristiche di relativa purezza ed il loro scarico può effettuarsi senza timore di inquinare il corpo idrico ricettore.

Le acque che caratterizzano il deflusso nel periodo iniziale e transitorio sono dette “acque di prima pioggia”.

In considerazione del fatto che i recapiti finali delle acque meteoriche raccolte dalla piattaforma stradale saranno costituiti sostanzialmente dal reticolo idrografico naturale, ed in ragione delle prescrizioni contenute nella determina 422 del 07/09/2007 della Regione Piemonte, è stata posta particolare attenzione al controllo della qualità delle acque scaricate e al controllo degli sversamenti accidentali di liquidi inquinanti.

In particolare oltre ad adottare un sistema di raccolta delle acque meteoriche di tipo “chiuso” è stato adottato un sistema di presidi idraulici in grado di mitigare l’apporto inquinante delle acque meteoriche recapitate, il tutto in stretta osservanza della normativa vigente in materia.

A tale proposito, è stato tenuto conto che la superficie della piattaforma stradale rappresenta, in generale, una sorta di capacità nella quale si accumulano i prodotti di scarico derivanti dal traffico veicolare; questi prodotti vengono dilavati dalle “acque di prima pioggia” e possono andare ad inquinare il reticolo idrografico recettore.

In particolare, l’asse viario è stato dotato di un sistema di raccolta delle acque meteoriche “chiuso” facente capo ad una serie di vasche di trattamento dislocate lungo il tracciato ed in grado di restituire al ricettore finale acque prive di carico inquinante. Allo stesso tempo, i presidi previsti saranno in grado di contenere eventuali sversamenti accidentali provenienti ad esempio dal rovesciamento di autocisterne in transito.



Sono state privilegiate soluzioni in grado di minimizzare le dimensioni dei manufatti adottando trattamenti in continuo anziché ad accumulo ed evitando sollevamenti meccanici.

Sono stati, inoltre, previsti apparati di trattamento dotati di cisterne di accumulo di idrocarburi e, quindi, in grado di ridurre il più possibile la frequenza di intervento per manutenzione massimizzando così la sicurezza intrinseca del presidio.

8.1. Descrizione delle vasche di sicurezza

Per le acque di piattaforma in galleria sono state previste delle apposite vasche di sicurezza.

Tali vasche, ubicate in corrispondenza degli sbocchi della galleria, in posizione tale da consentire una corretta e continua manutenzione, assolvono alla funzione di raccogliere e segregare le acque di lavaggio della galleria, particolarmente inquinanti, e gli eventuali liquidi pericolosi accidentalmente sversati sulla sede stradale, limitatamente al tratto afferente alla galleria stessa.

I criteri a base della progettazione della vasca si possono riassumere in:

- limitare al minimo la necessità di manutenzione, consentendo interventi molto diluiti nel tempo (volume accumulo circa 60mc);
- intercettare gli eventuali sversamenti accidentali sulla piattaforma stradale;
- mantenere all'interno della vasca le sostanze leggere in superficie.

Dal punto di vista costruttivo, la vasca è costituita da due comparti divisi da un setto verticale con un'apertura sul fondo; la camera di entrata dell'acqua di piattaforma, dotata di pendenza di fondo, funge da sedimentatore e disoleatore. Il setto fa sì che le sostanze oleose vengano trattenute in alto, mentre il flusso nella camera di uscita avviene dal basso con funzionamento idraulico simile a una bocca a battente rigurgitata. Le sostanze inquinanti permangono confinate in condizioni di sicurezza all'interno del bacino centrale e devono essere spurgate durante le operazioni di manutenzione con sistemi idonei attraverso i chiusini di accesso alla vasca.



I tratti stradali ricadenti negli ambiti sopra elencati dovranno essere dotati di sistema di raccolta e smaltimento delle acque meteoriche separato (chiuso), costituito cioè, da un sistema di caditoie e tubazioni che termina all'ingresso di ciascuna vasca di prima pioggia.

8.2. Descrizione delle vasche di prima pioggia

Il sistema è costituito da un manufatto in c.a. prefabbricato interrato ripartito in più vani attraverso i quali si realizza il processo di raccolta e trattamento delle acque di prima pioggia.

Le vasche di trattamento in sintesi sono costituite da un vano sedimentatore, un vano disoleatore di classe I e da un disoleatore di classe II.

Il primo vano riceve le acque meteoriche in arrivo. E' presente uno stramazzo in modo che superato un certo valore di portata in ingresso (portata di progetto) le acque di prima pioggia attraversano i "pacchi coalescenti".

La trattenuta delle sostanze flottate (oli, idrocarburi, ecc...) si realizza mediante un setto sotto battente posto nella parte terminale della vasca di disoleatura. L'acqua trattata si avvia successivamente al recapito finale mediante una seconda tubazione in uscita.

Nella suddetta vasca di disoleatura si realizza, ovviamente, oltre che la flottazione delle sostanze leggere, anche la sedimentazione delle sostanze pesanti.

Entrambi i residui andranno periodicamente rimossi dalla vasca di disoleatura mediante l'utilizzo di idonei mezzi di immagazzinamento e trasporto.

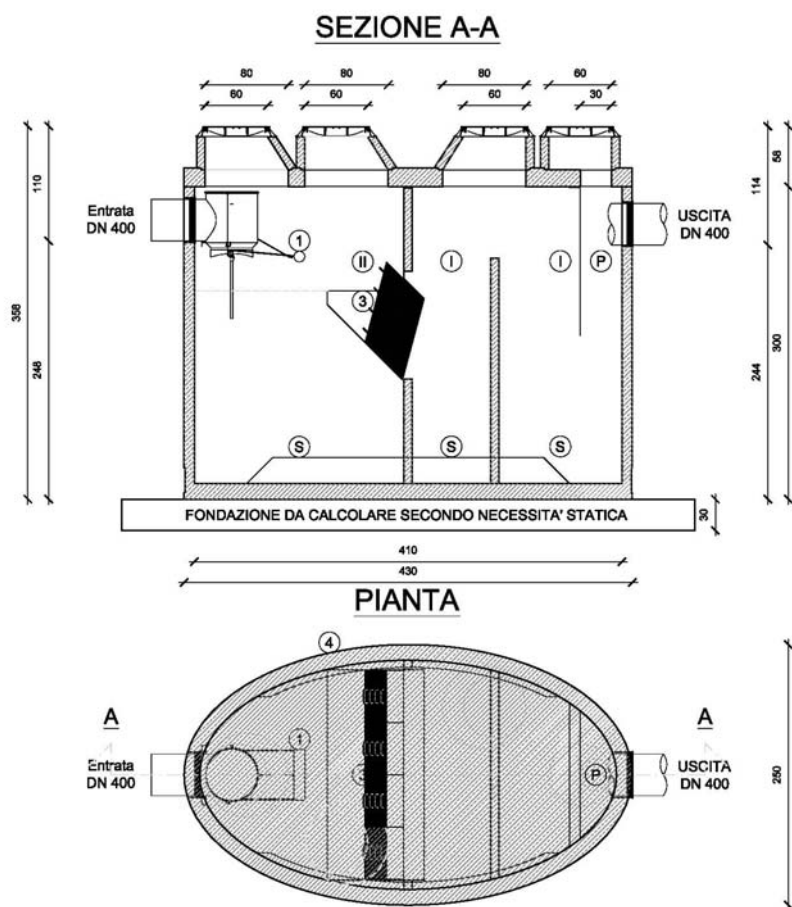
Accorpendo al manufatto principale descritto un ulteriore vano, magari integrato nella stessa struttura in c.a., è possibile accumulare le sostanze flottate, rendendo meno frequenti le operazioni di svuotamento.



COMUNE DI VERBANIA

Palazzo Civico - P.zza Garibaldi, 15

Gli impianti di trattamento sono certificati per diluire oli ed idrocarburi per una concentrazione pari a 5 mg/L (Classe I); questo valore è in accordo con quanto previsto nella tabella 3 Decreto Legislativo 3 aprile 2006 n°152 e s.m.i.. Ugualmente, con riferimento alla seguente figura, le vasche di trattamento utilizzate sono in accordo alle norme UNI EN 858.



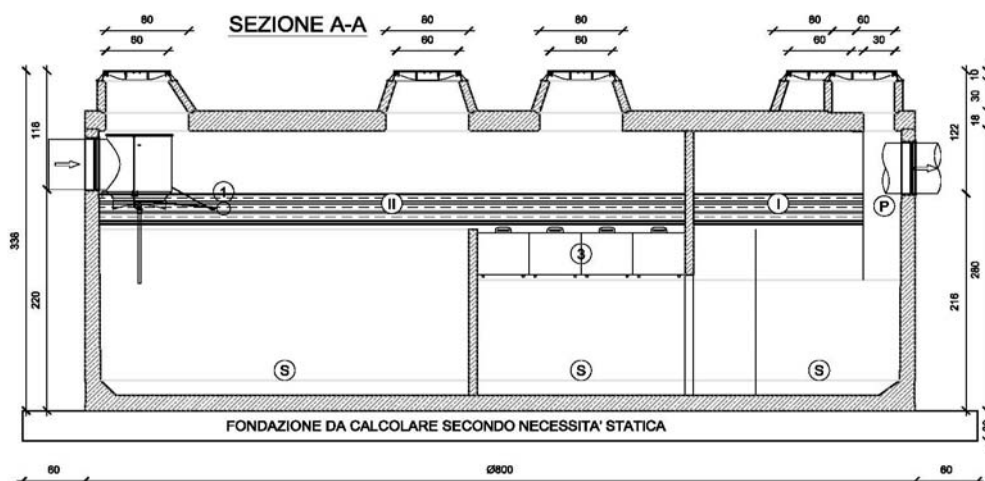
TIPOLOGIA IMPIANTO:	
Grandezza Nominale (NS):	80
Configurazione Disoleatore:	S-II-I-P
Classe di trattamento:	I < 5 mg/l
Chiusura automatica tarata per densità fino a:	0,9 kg/dm ³
Contenuto sedimentatore:	9,56 m ³
Capacità accumulo oli:	2,22 m ³
Peso max. a pezzo:	15,02 t
Peso totale:	19,33 t

TIPOLOGIA IMPIANTO:		
S	Sedimentatore	2 Regolatore di portata **
II	Separatore classe II < 100 mmg/l	3 Pacchi coalescenti
I	Separatore classe I < 5 mmg/l	4 Vasca C.A.
P	Condotto di campionamento	5 Staffe ancoraggio integrate **
C.A.	(C 50/60 B6 XA2T privo di C3A)	6 Allarme livelli olio/fango **
Armatura	Bst 550	7 Allarme valvola chiusa **
Attrezzatura	Acciaio X6 CrNi 1810	8 Diffusore
1	Chiusura automatica	9 Parafiumo grigliato **

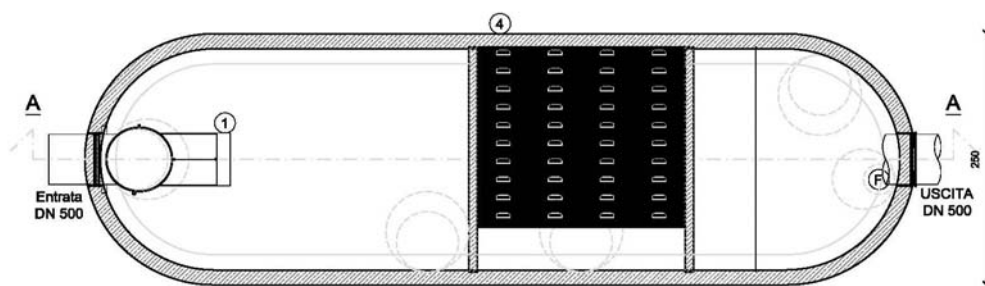


COMUNE DI VERBANIA

Palazzo Civico - P.zza Garibaldi, 15



PIANTA



TIPOLOGIA IMPIANTO:	
Grandezza Nominale (NS):	200
Configurazione Disoleatore:	S-II-I-P
Classe di trattamento:	I < 5 mg/l
Chiusura automatica tarata per densità fino a:	0,9 kg/dm ³
Contenuto sedimentatore:	22,23 m ³
Capacità accumulo olii:	3,56 m ³
Peso max. a pezzo:	26,75 t
Peso totale:	36,64 t

TIPOLOGIA IMPIANTO:	
S	Sedimentatore
II	Separatore classe II < 100 mm/g
I	Separatore classe I < 5 mm/g
P	Condotto di campionamento
C.A.	(C 50/80 B8 XA2T privo di C3A)
Armatura	Bst 550
Attrezzatura	Acciaio X6 CrNi 1810
1	Chiusura automatica
2	Regolatore di portata **
3	Pacchi coalescenti
4	Vasca C.A.
5	Staffe ancoraggio integrate**
6	Allarme livelli olio/lango **
7	Allarme valvola chiusa **
8	Diffusore **
9	Parafutto grigliato **

A completamento della vasca di trattamento delle acque di prima pioggia sono previsti:



- a valle del disoleatore un pozzetto per effettuare prelievi e campionamenti.
- Un aggiuntivo serbatoio. Con tale sistema nel contempo sarà possibile fare fronte ad eventuali sversamenti accidentali potenzialmente inquinanti. Questi infatti verranno temporaneamente raccolti nella stessa vasca di disoleatura con la possibilità da parte del gestore dell'impianto di prelevare in condizioni di sicurezza lo sversamento per destinarlo alla tipologia di smaltimento più idonea. Il volume minimo attribuito a ciascuna vasca di disoleazione è di 40mc.

8.3. Criteri di Dimensionamento delle vasche di prima pioggia

L'unico riferimento normativo a tutt'oggi vigente in Italia è contenuto nel piano di risanamento delle acque della Regione Lombardia, in particolare l'art. 20 della L.R. 62 del 27 maggio 1985. Tale norma definisce acque di prima pioggia "quelle corrispondenti per ogni evento meteorico ad una precipitazione di 5 mm uniformemente distribuita sull'intera superficie scolante servita dalla rete di drenaggio. Al fine del calcolo delle portate si stabilisce che tale valore si verifichi in 15 minuti: i coefficienti di afflusso si assumono pari a 1 per le superfici coperte, lastricate o impermeabilizzate e a 0,3 per quelle permeabili di qualsiasi tipo, escludendo dal computo le superfici coltivate".

A favore della sicurezza, per tenere conto del fenomeno del first flush, cioè che la capacità di strappo, lavaggio e trasporto degli inquinanti dalla piattaforma, si verifica per eventi pluviometrici di media – alta intensità, nei calcoli seguenti si è considerato un velo di 10 mm di pioggia anziché 5 mm.

La formula per il calcolo delle portate di prima pioggia risulta dunque

$$Q_n = \frac{\phi \cdot h \cdot S}{60 \cdot t}$$

Essendo :

Q_n [l/s] = Portata nera di prima pioggia ;



COMUNE DI VERBANIA

Palazzo Civico - P.zza Garibaldi, 15

$S \text{ [m}^2\text{]} = \text{Superficie del bacino scolante;}$

$h \text{ [mm]} = 10 \text{ ;}$

$t \text{ [min]} = 15 \text{ ;}$

ϕ = Coefficiente medio di deflusso, che nel caso in esame è stato posto pari ad 1 in via del tutto cautelativa

Di seguito si riporta una tabella riportando per ciascuna vasca di trattamento considerata i rispettivi valori di portata di prima pioggia.

Vasche:	Vasca di trattamento n°1	Vasca di trattamento n°2
Superficie afferente (mq)	17950	6500
Portata di prima pioggia (l/s)	199.4	72.2

Pertanto sono state considerate n°2 vasche per il trattamento di acque di prima pioggia:

- Vasca n°1 caratterizzata da una portata di prima pioggia pari a 200 l/s, situata sotto il viadotto di progetto;
- Vasca n°2 caratterizzata da una portata di prima pioggia pari a 80 l/s situata in corrispondenza della rotatoria lato Verbania.

E' stato previsto inoltre di raccogliere e trattare anche le acque meteoriche provenienti dai piazzali dove sono ubicate le cabine. In particolare per i piazzali delle cabine CE1 e CE3 sono previsti n°2 disoleatori/sedimentatori in continuo capaci ciascuno di trattare una portata di prima pioggia pari a 10 l/s.



9 CONCLUSIONI

Le analisi esperite in merito al funzionamento idraulico del sistema costituito dal Lago Maggiore, Lago di Mergozzo e relativo canale emissario hanno consentito di adottare la scelta progettuale più idonea dal punto di vista idraulico. In particolare la soluzione progettuale scelta ha comportato un innalzamento della livelletta stradale in modo da garantire un adeguato franco idraulico per il viadotto di scavalco. La stessa soluzione ha permesso di massimizzare la “trasparenza idraulica” dell’opera. L’innalzamento della livelletta, infatti, ha consentito di adottare campate del viadotto di scavalco di luce maggiorata garantendo maggior capacità di deflusso idrico in caso di piena. Sono stati, inoltre, inseriti nel rilevato stradale una serie tombini scatolari in modo da agevolare il transito idrico sulla piana allagata.

Sono state esperite tutte le verifiche di compatibilità idraulica delle opere in progetto prescritte dalla normativa e dalle direttive tecniche applicabili in materia.

In particolare sono stati ricostruiti i profili di rigurgito in moto permanente relativi alle piene aventi tempi di ritorno pari a 50, 100, 200 anni. Il viadotto di scavalco del canale emissario del lago di Mergozzo risulta abbondantemente conforme ai criteri dettati dalla normativa vigente in materia.

È stata inoltre delimitata l’area di esondazione relativa alla piena duecentennale dello stesso corso d’acqua.

Sono state descritte e verificate tutte le opere deputate allo smaltimento delle acque meteoriche provenienti dalla piattaforma stradale e dalle parti di versante dominanti.

Allo scopo di preservare questi ambiti particolarmente sensibili dall’inquinamento dovuto allo scarico di sostanze provenienti dalla piattaforma stradale sono state previste delle vasche di prima pioggia di caratteristiche adeguate. Con tale sistema nel contempo sarà possibile fare fronte ad eventuali sversamenti accidentali potenzialmente inquinanti. Questi, infatti, verranno temporaneamente invasati in apposita vasca di accumulo con la possibilità da parte del gestore dell’impianto di prelevare in condizioni di sicurezza lo sversamento per destinarlo alla tipologia di smaltimento più idonea.

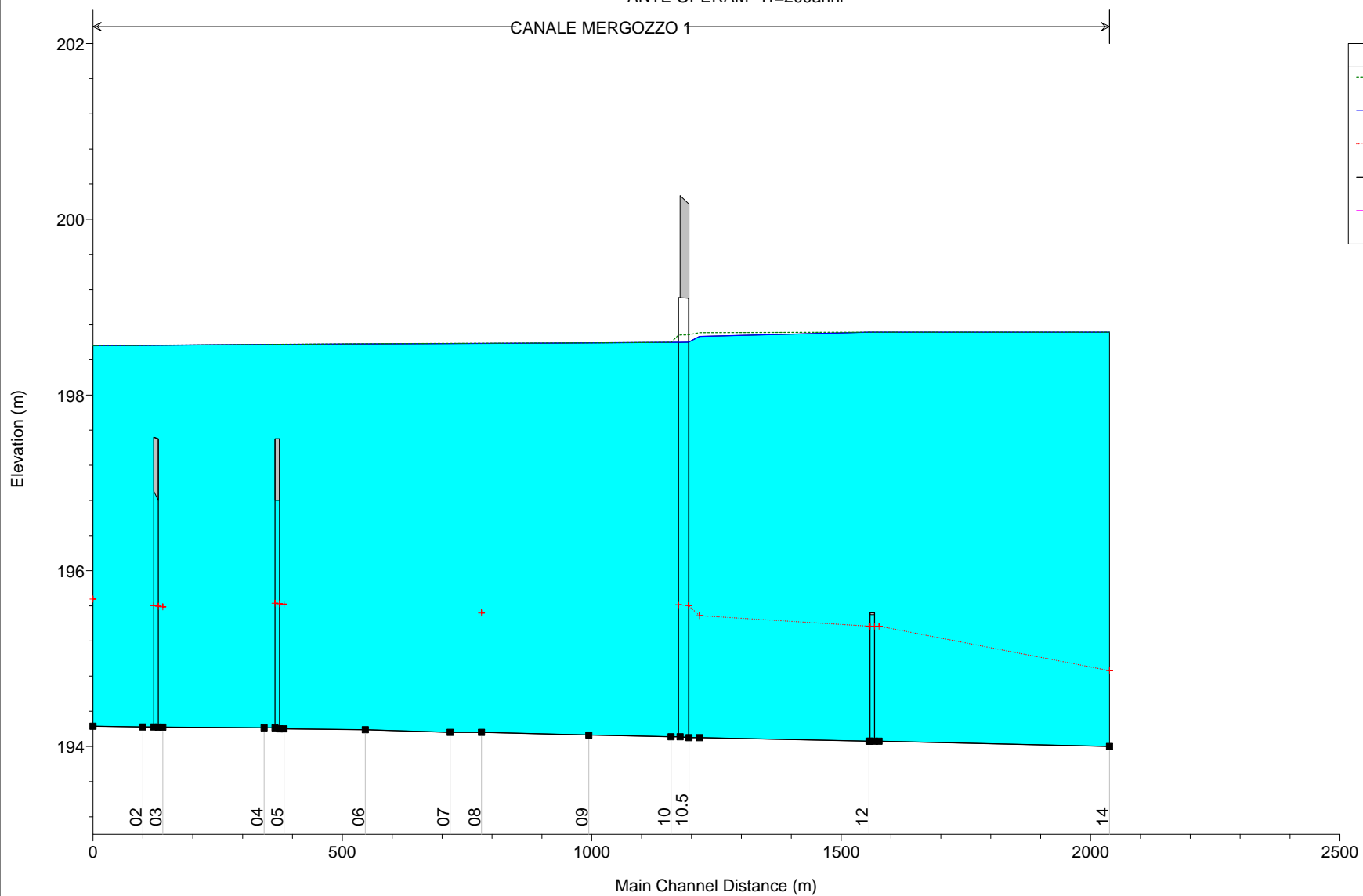
ANTE OPERAM

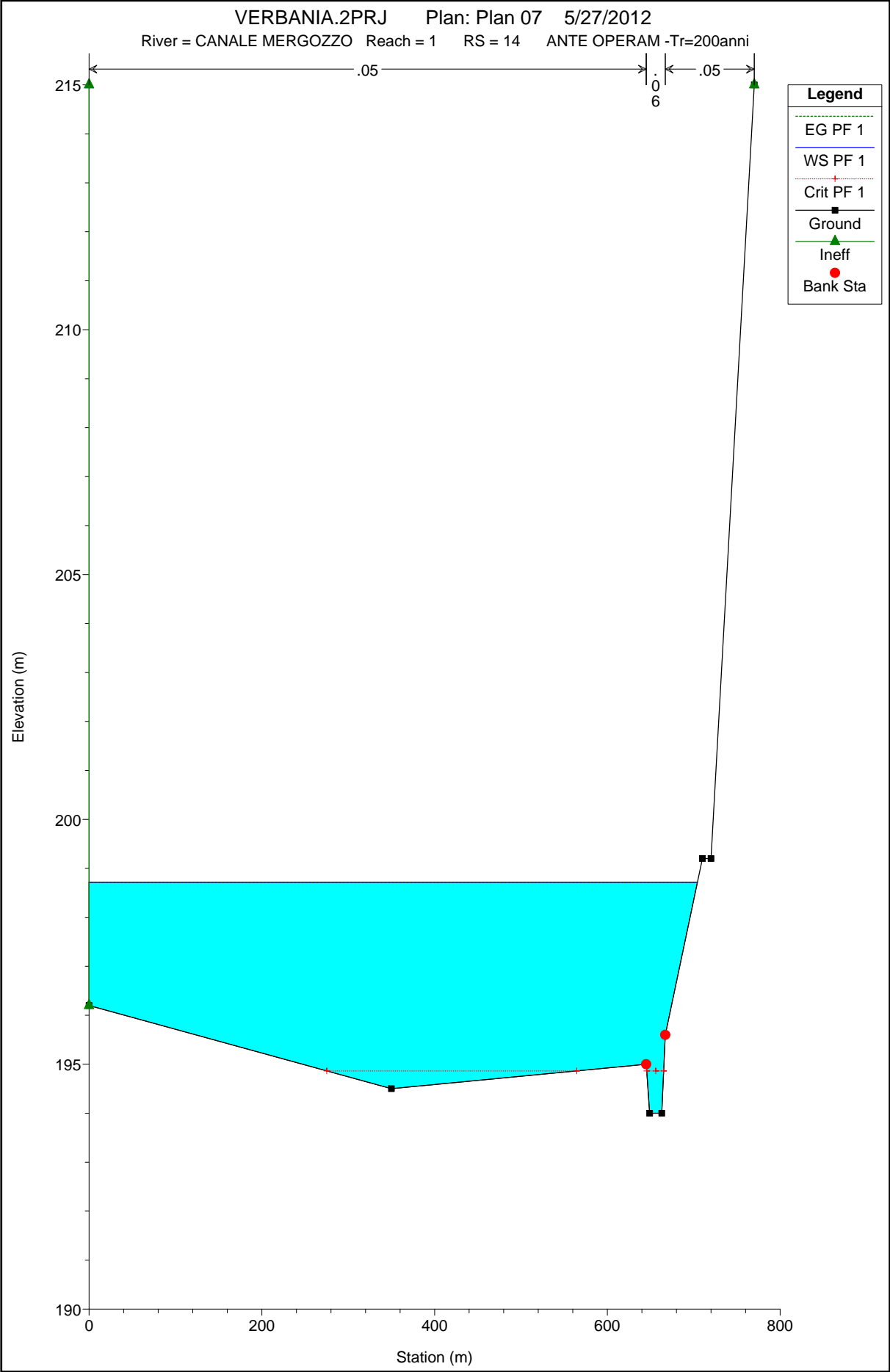
Tr=200anni

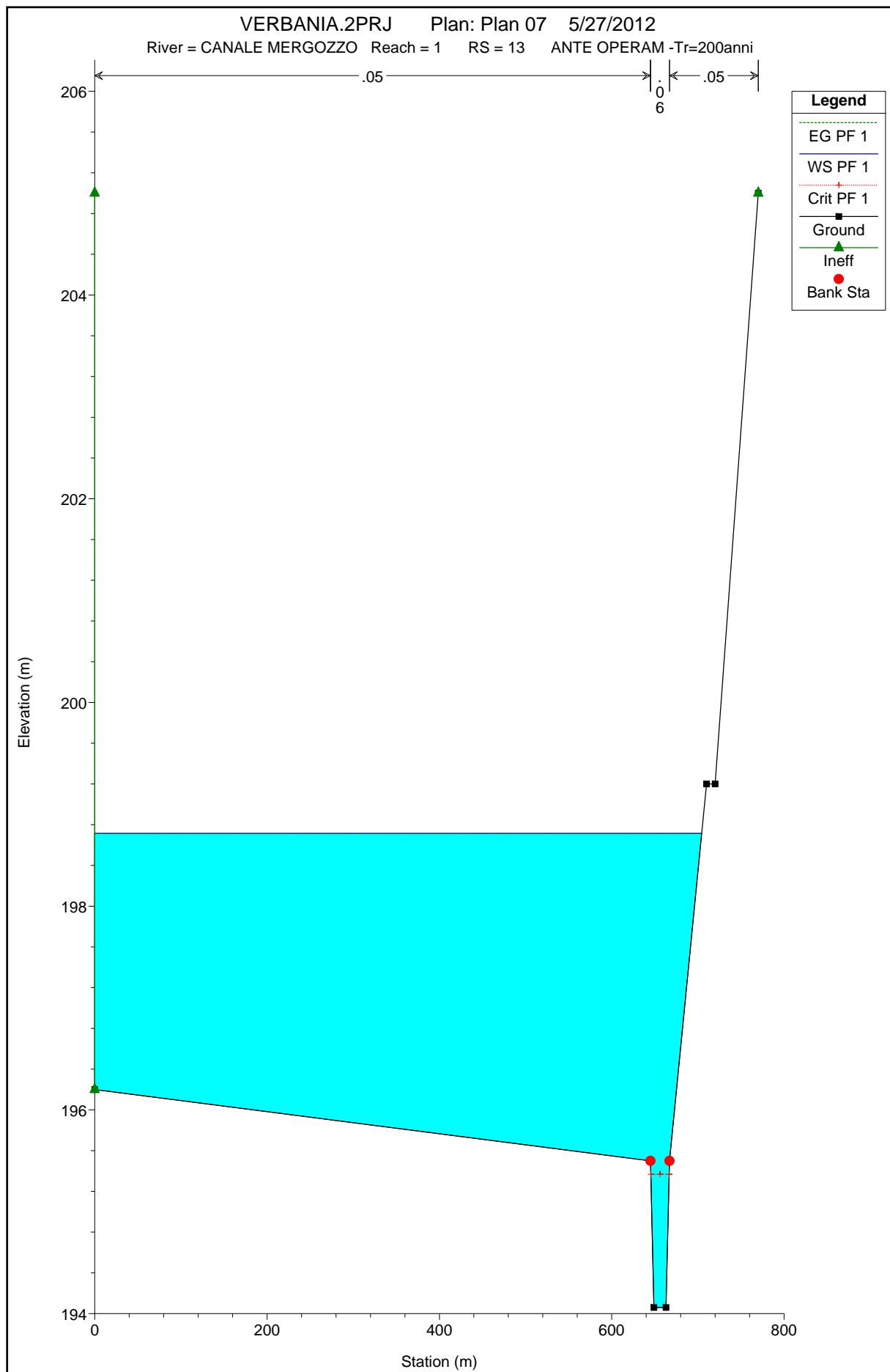
VERBANIA.2PRJ Plan: Plan 07 5/27/2012

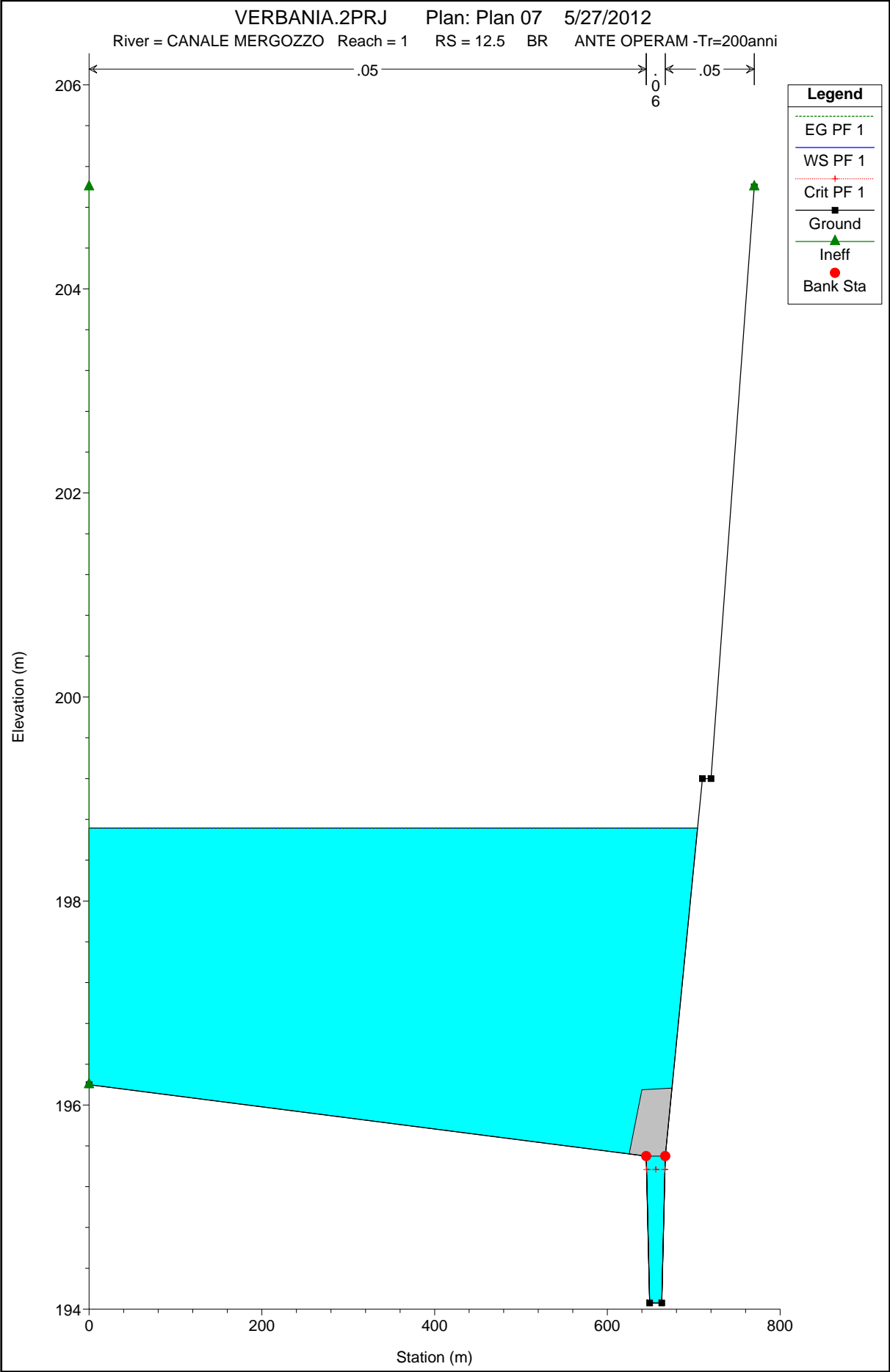
ANTE OPERAM -Tr=200anni

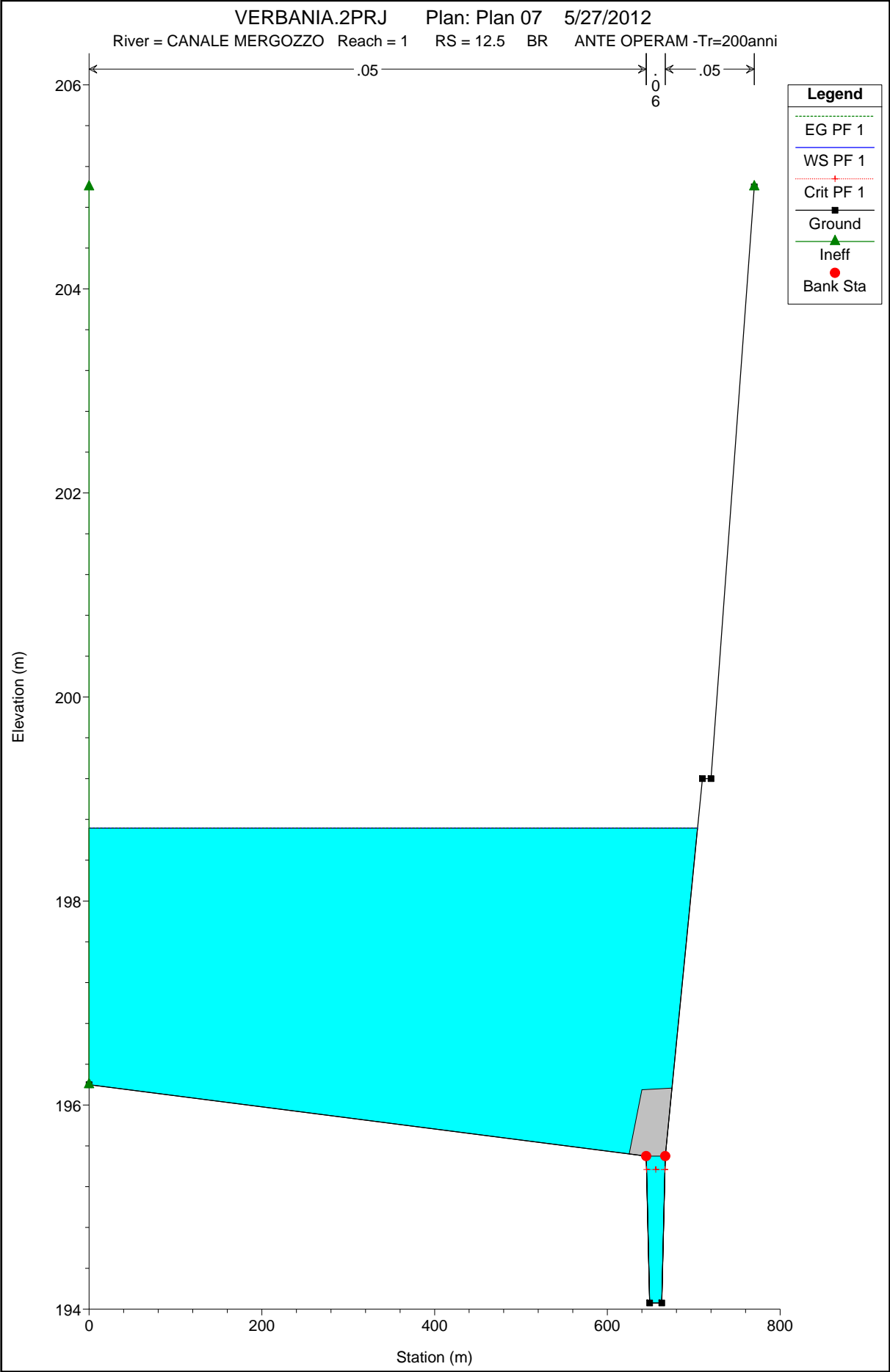
CANALE MERGOZZO 1

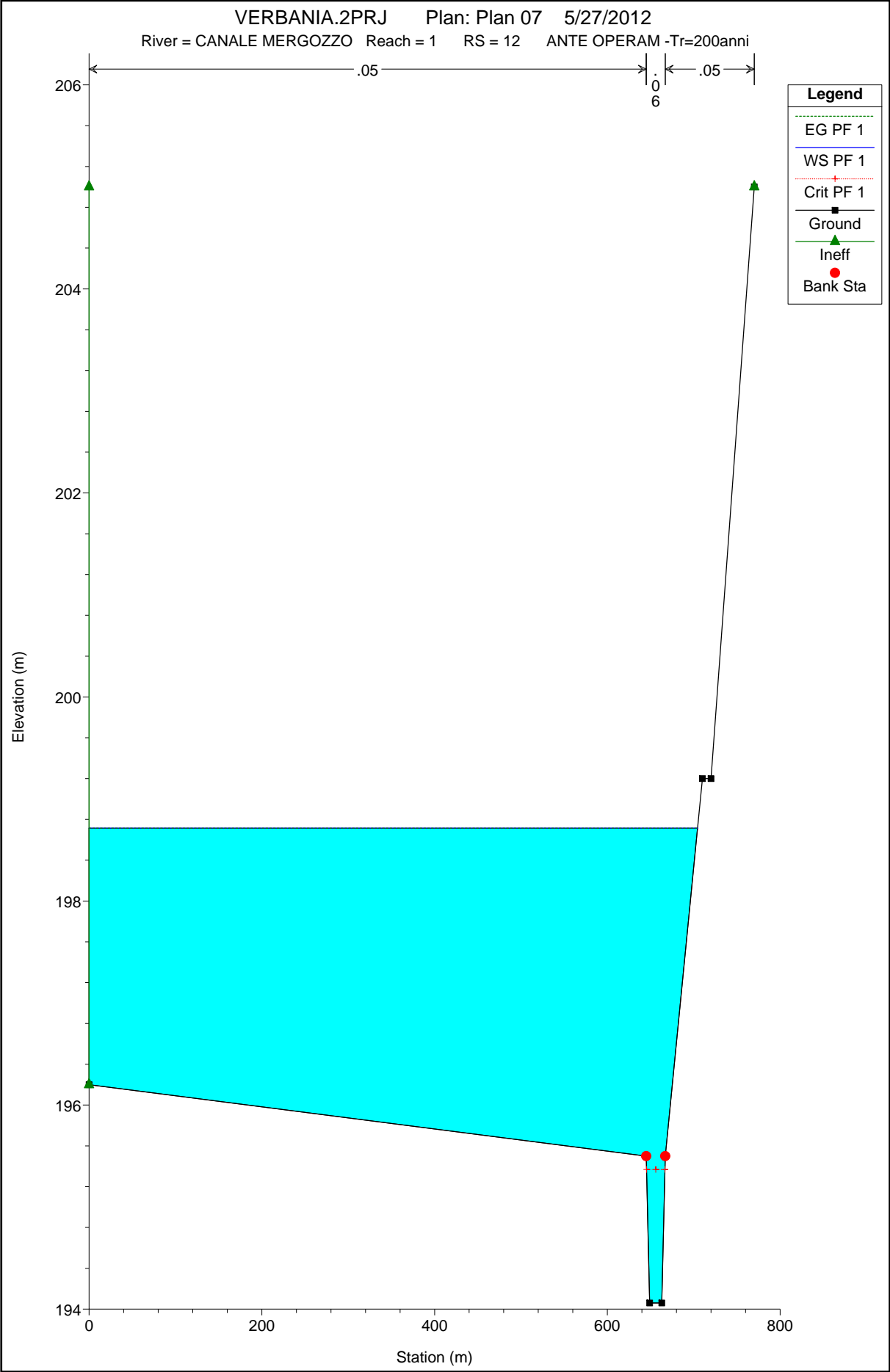


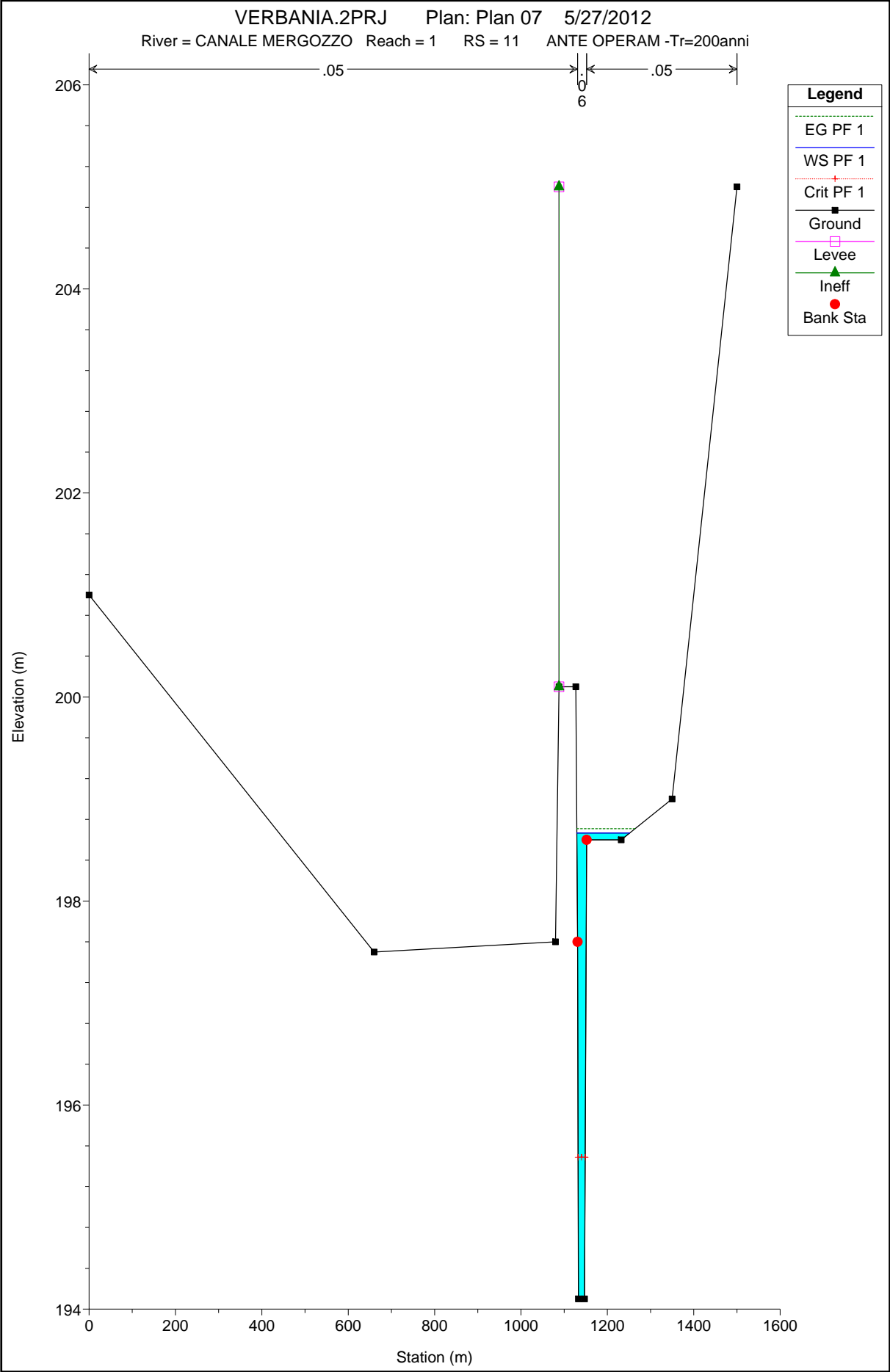


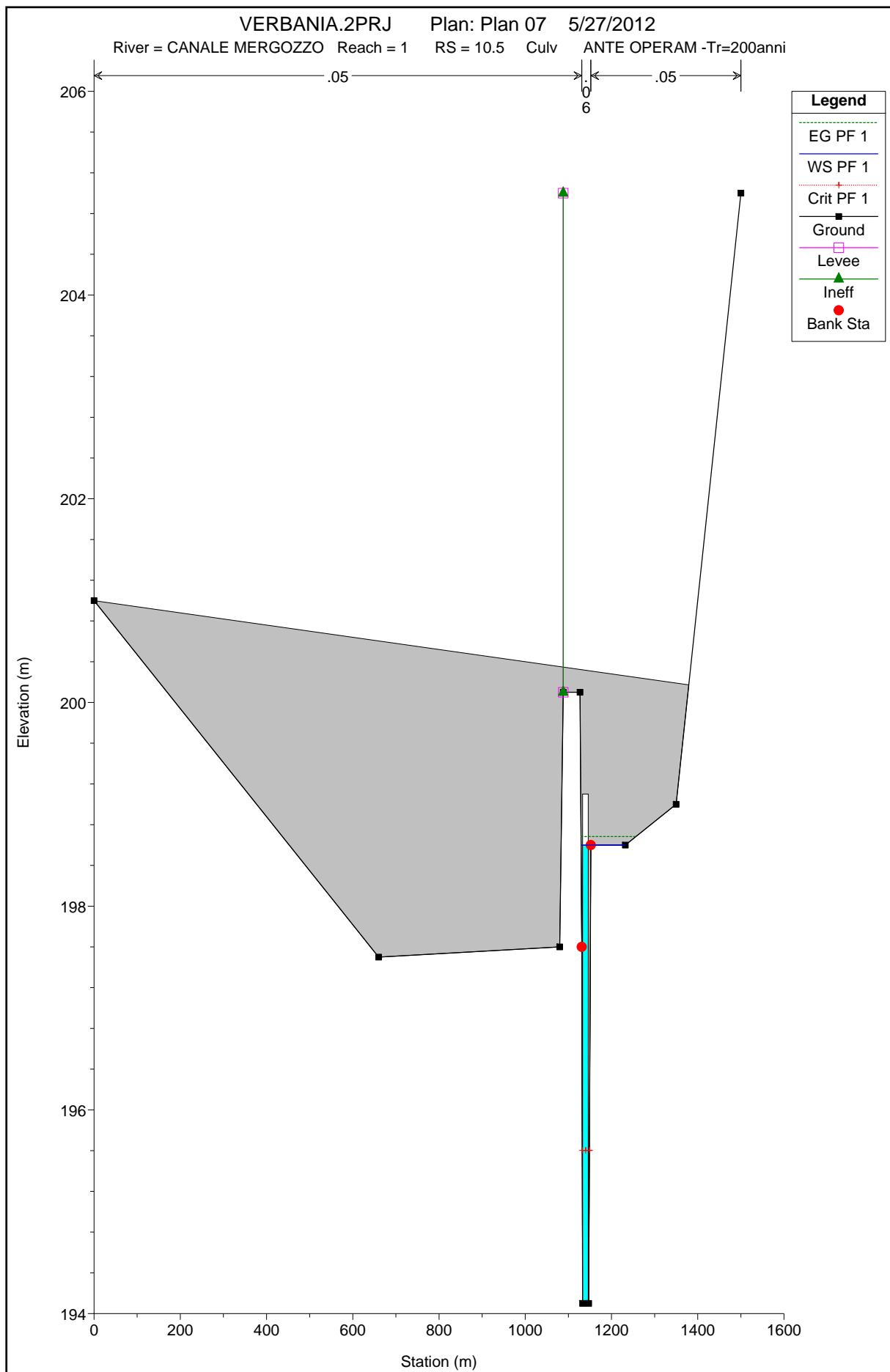


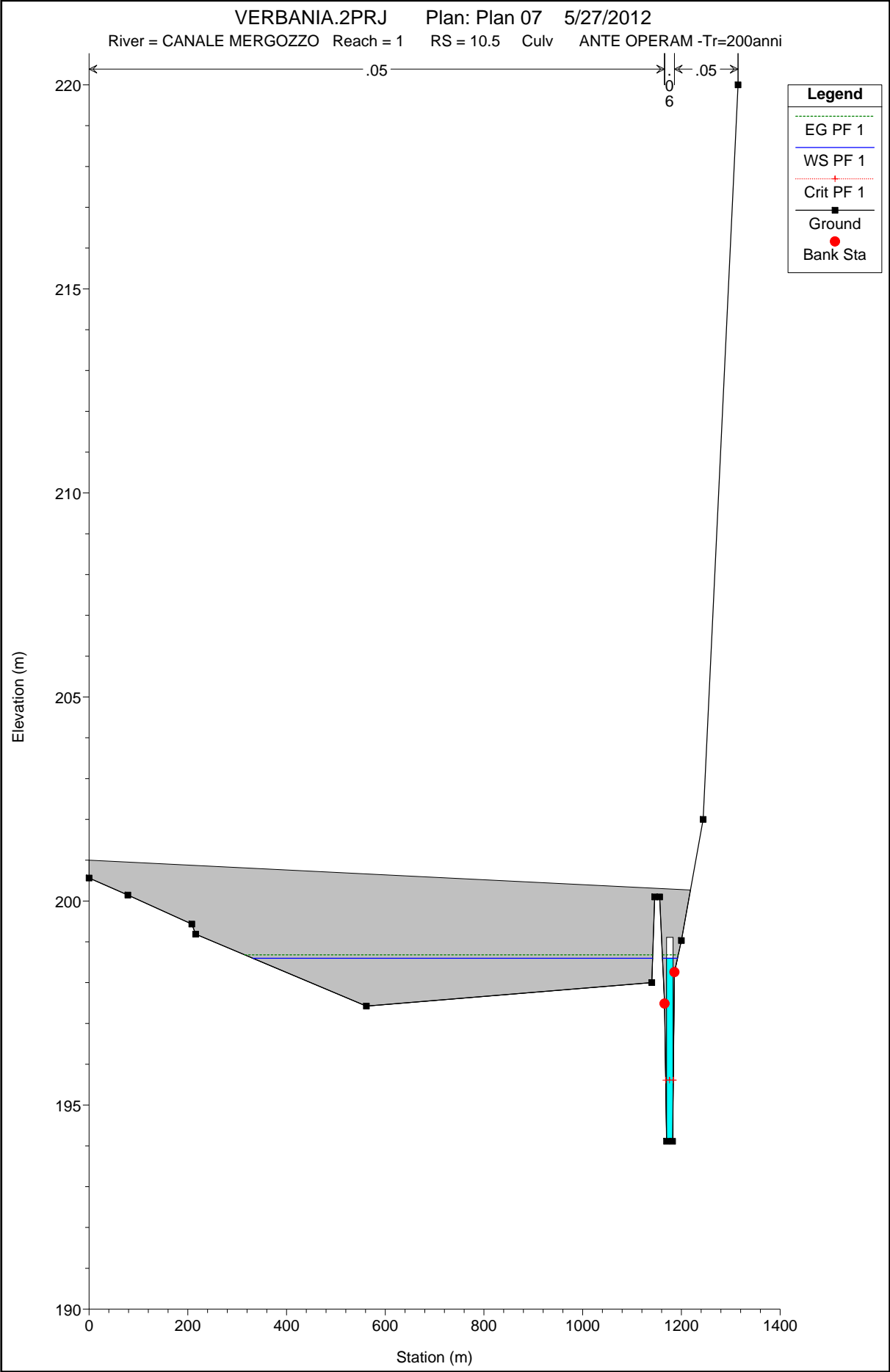


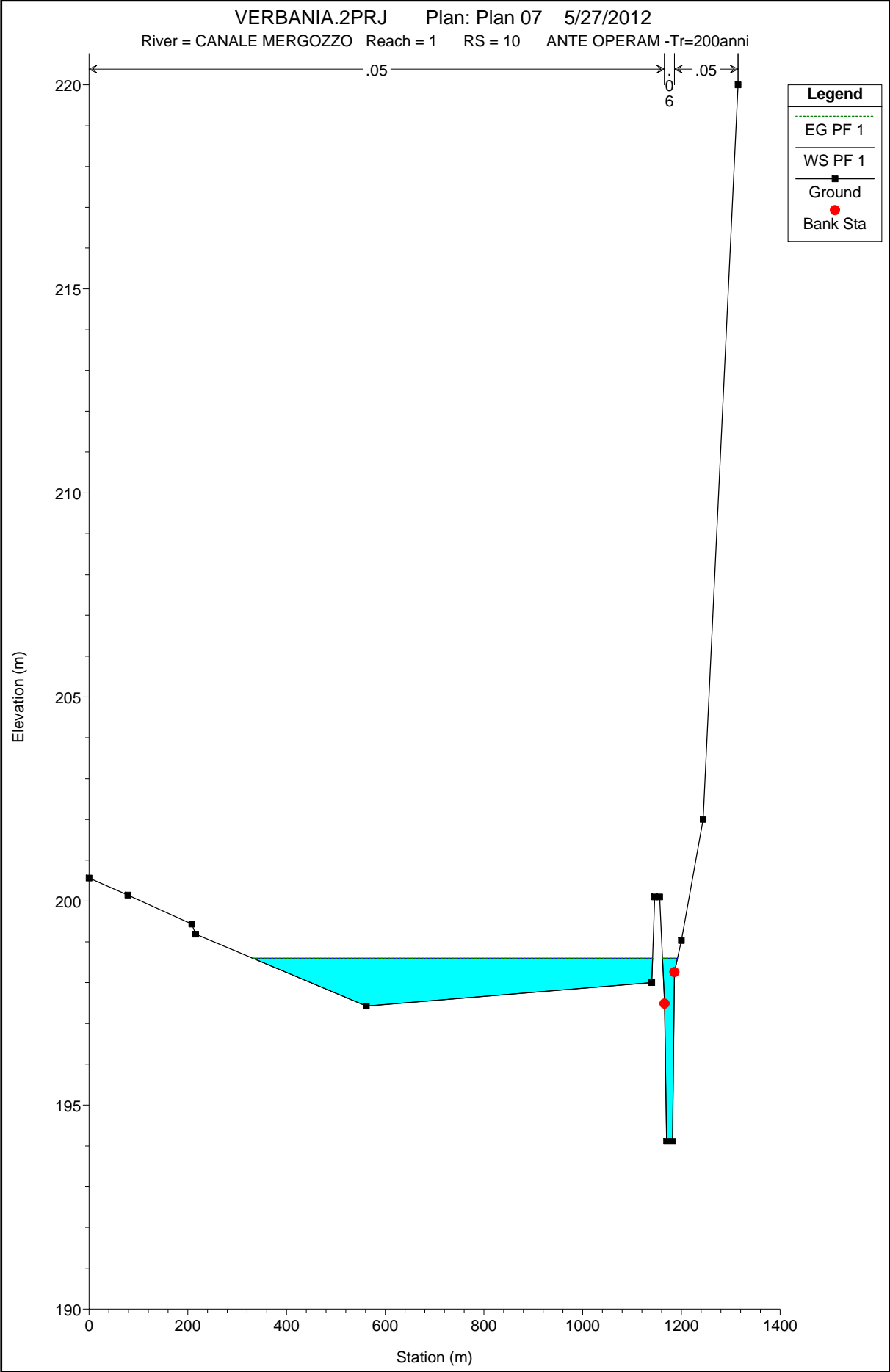


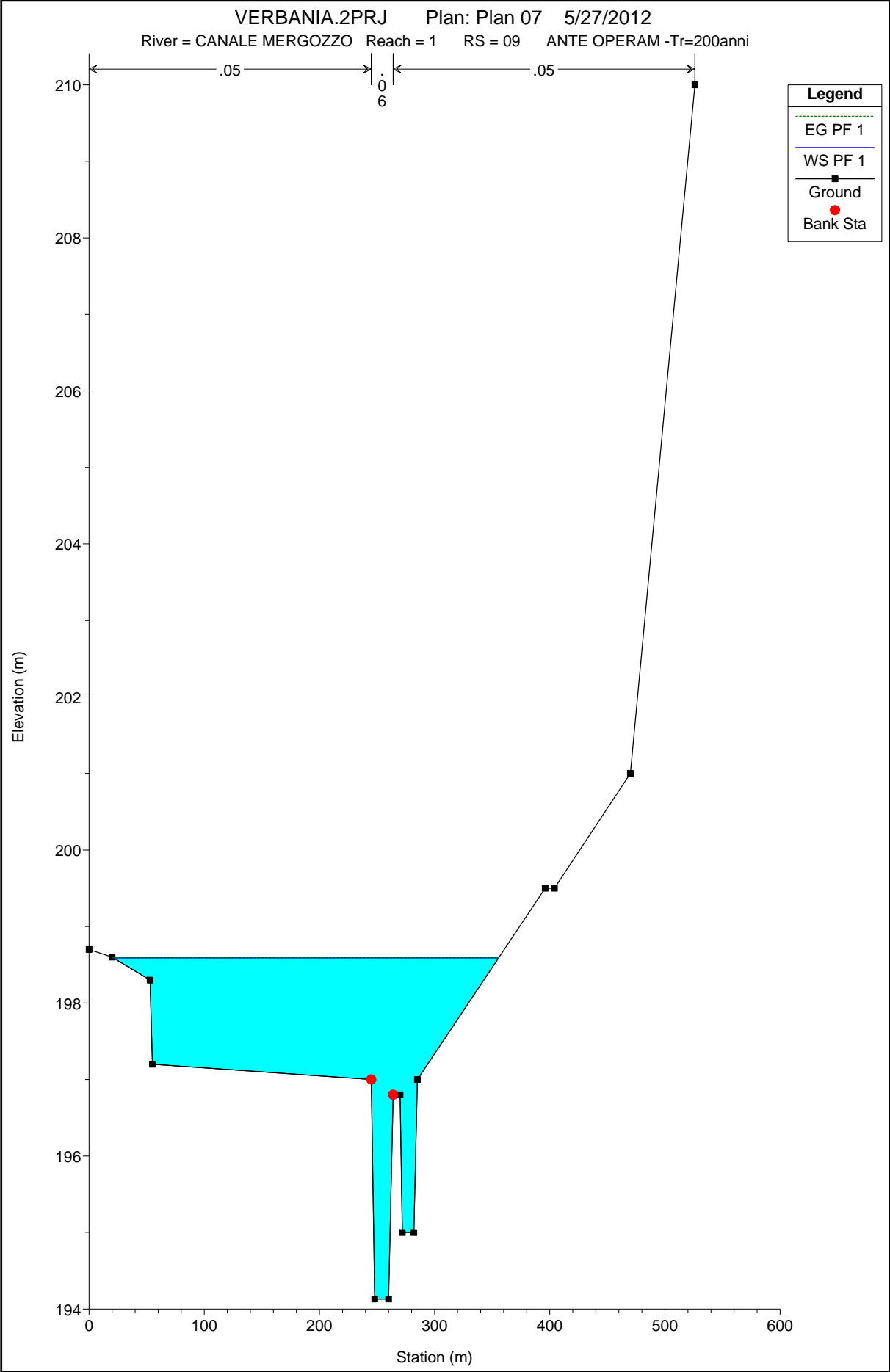


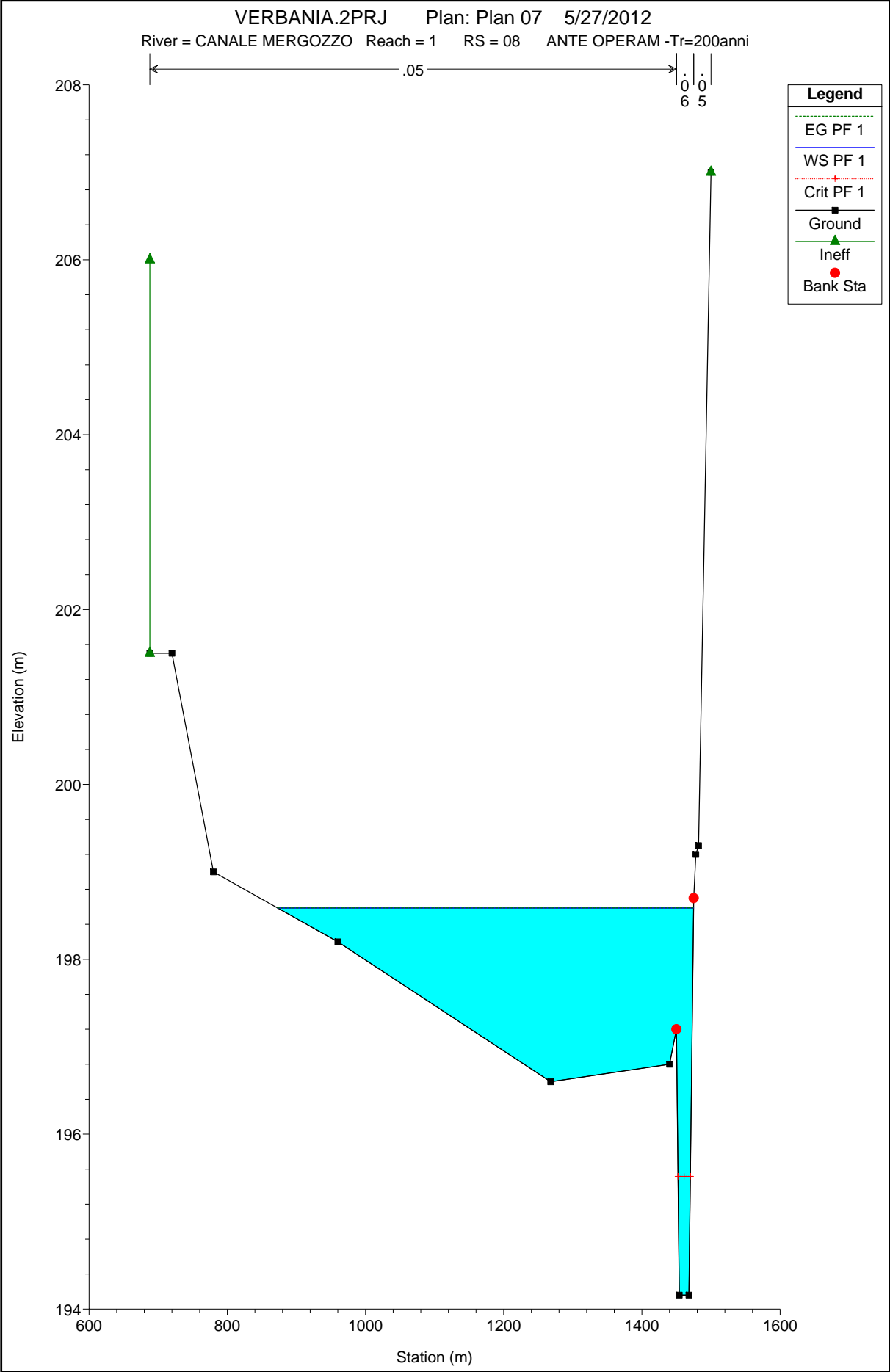


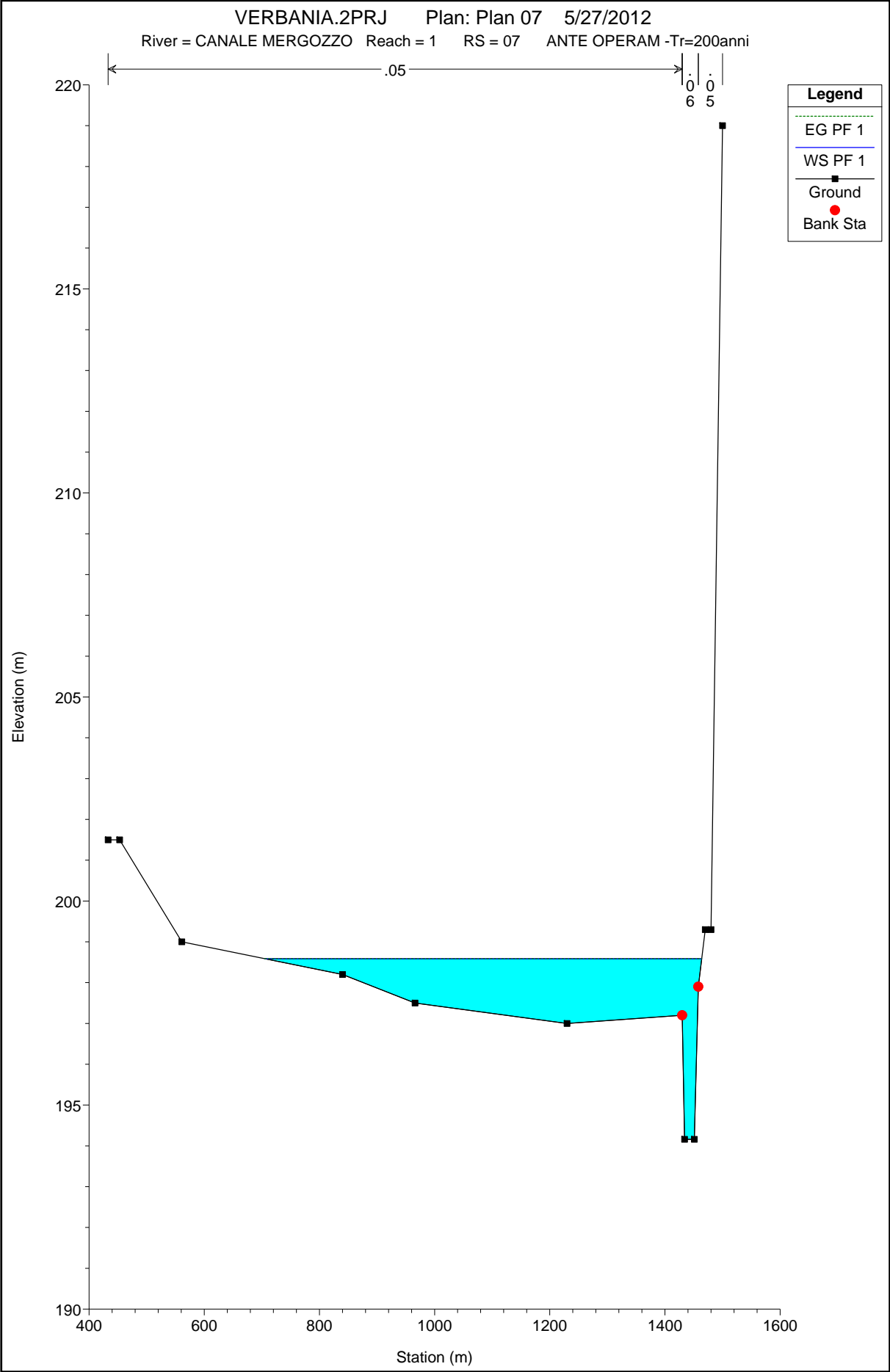


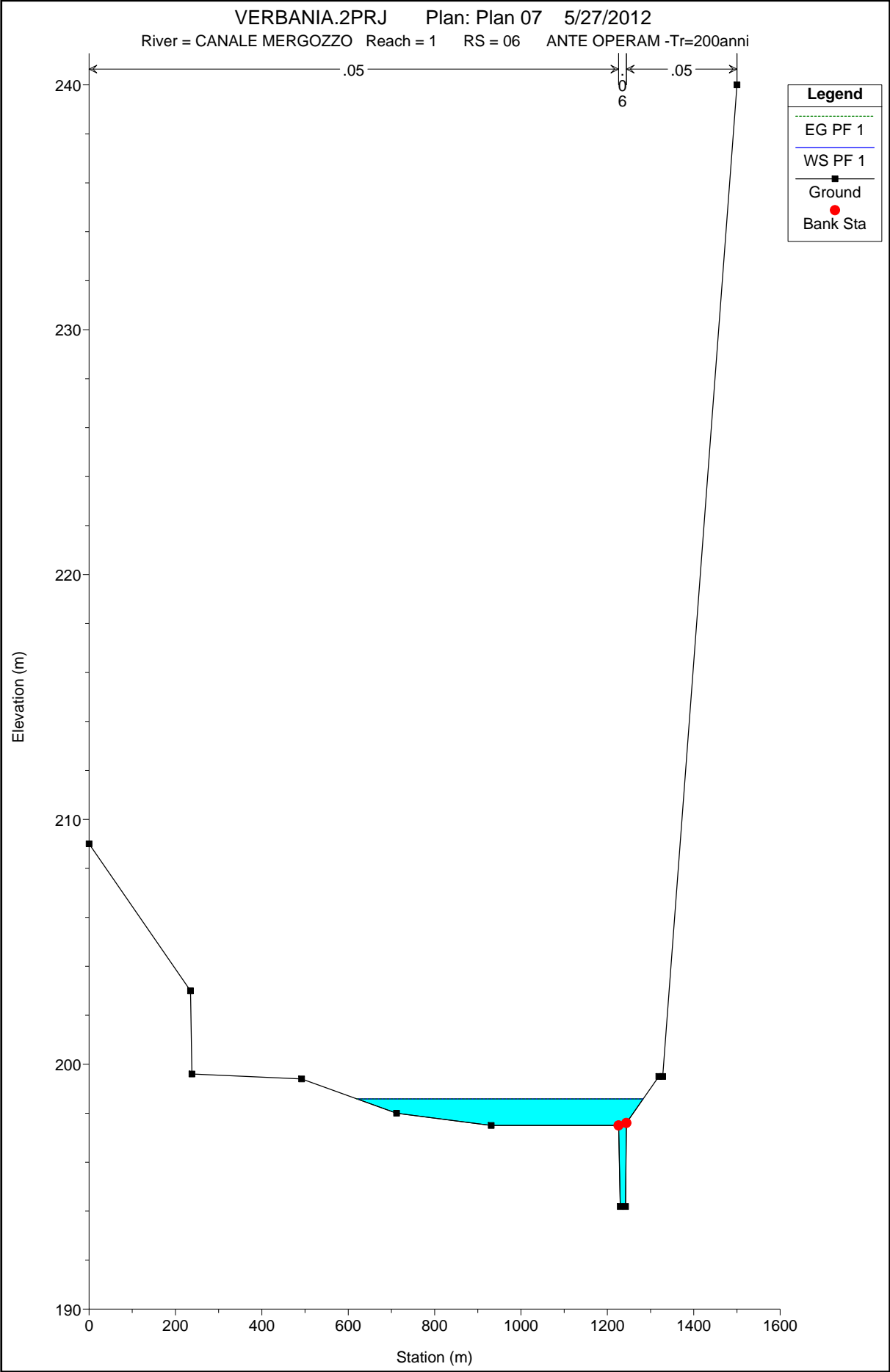


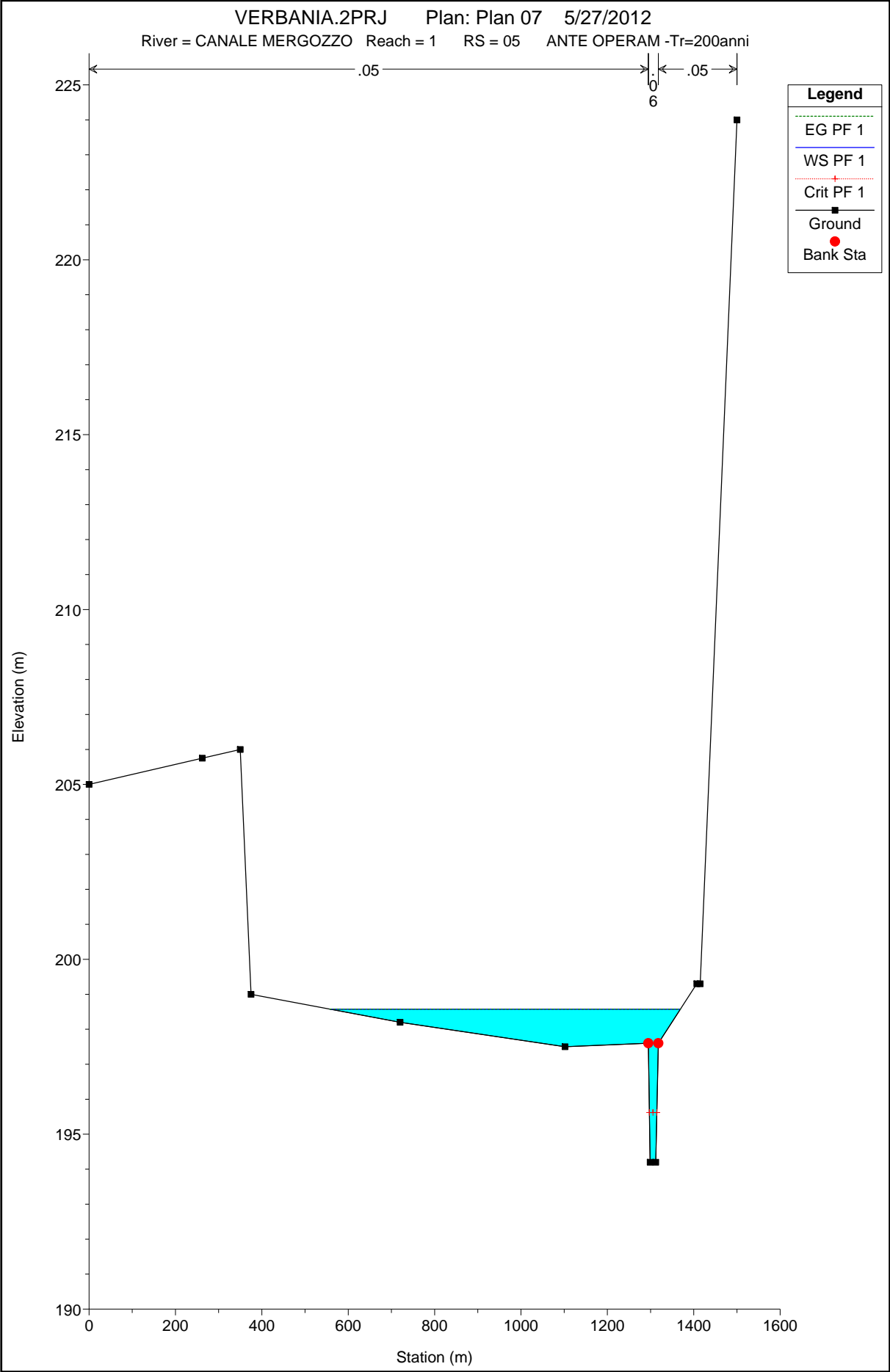


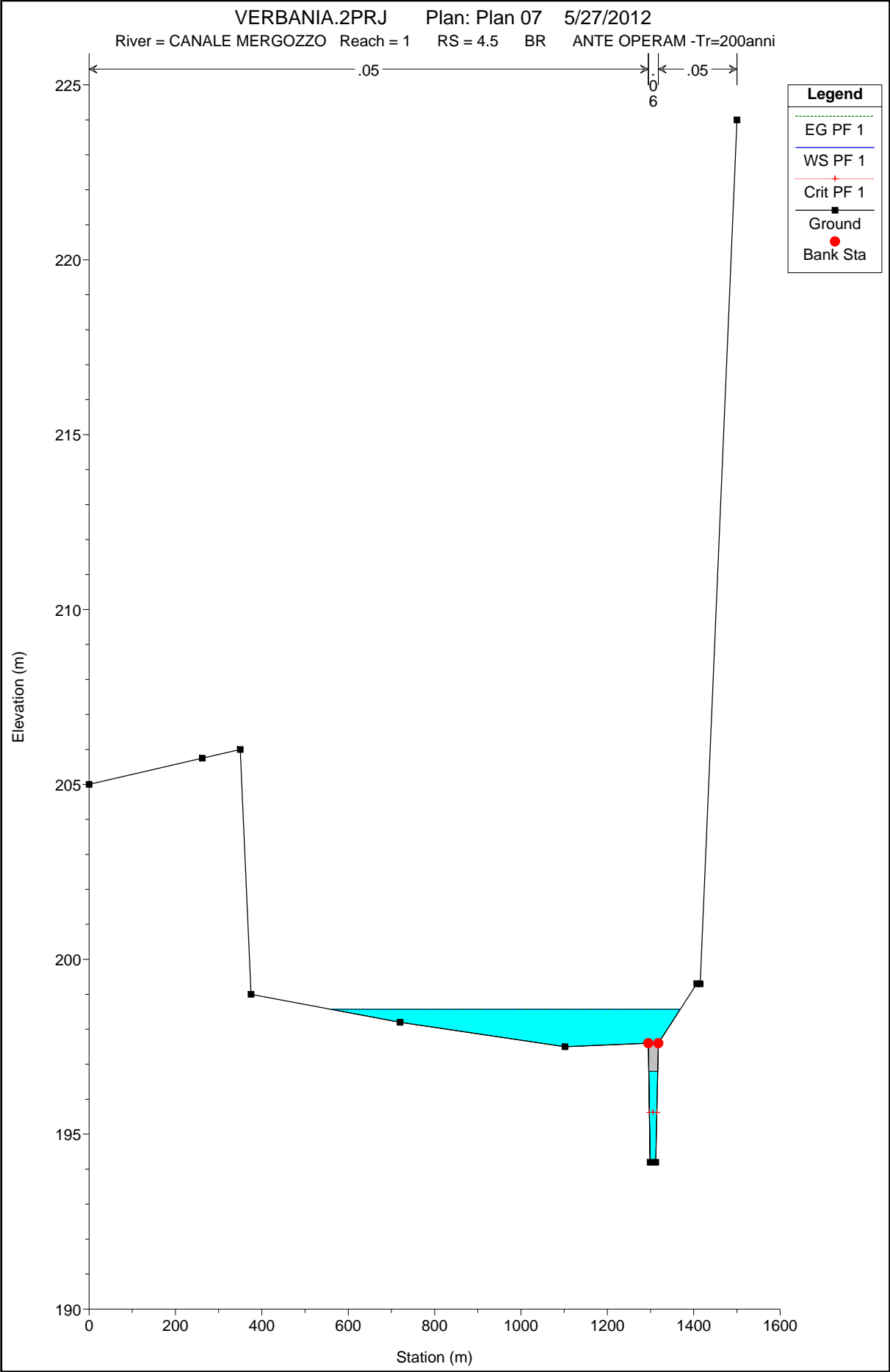


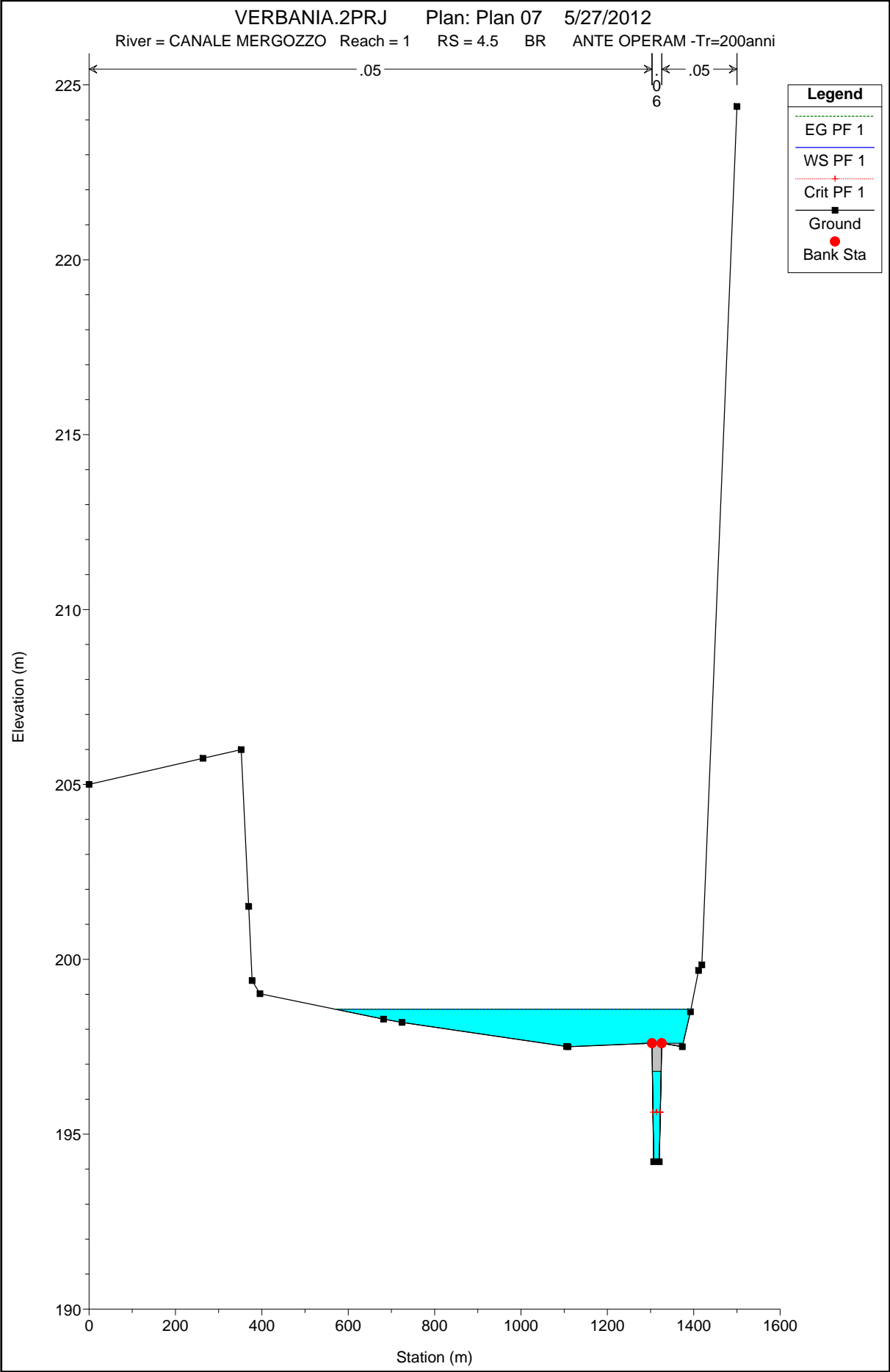


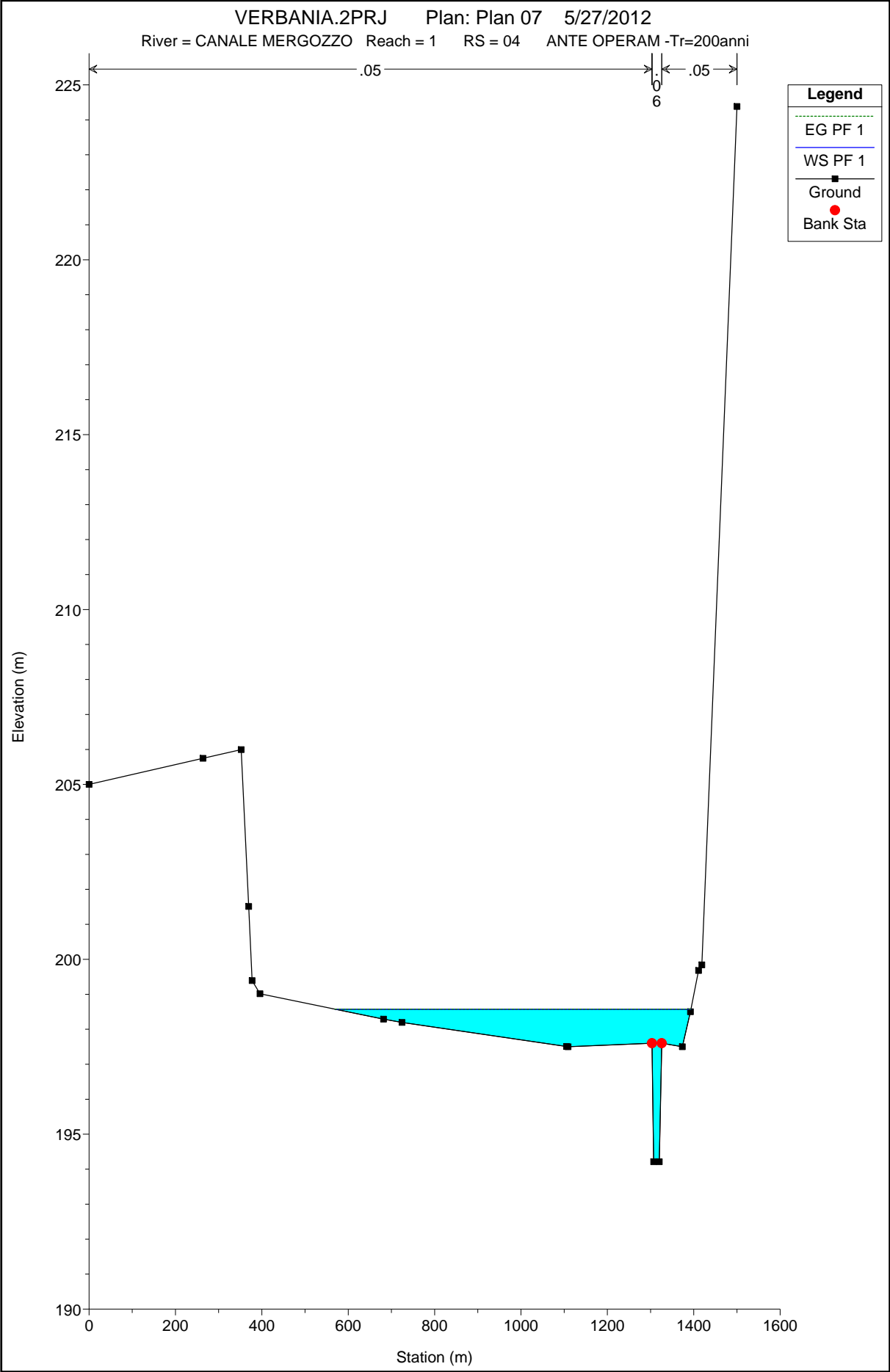


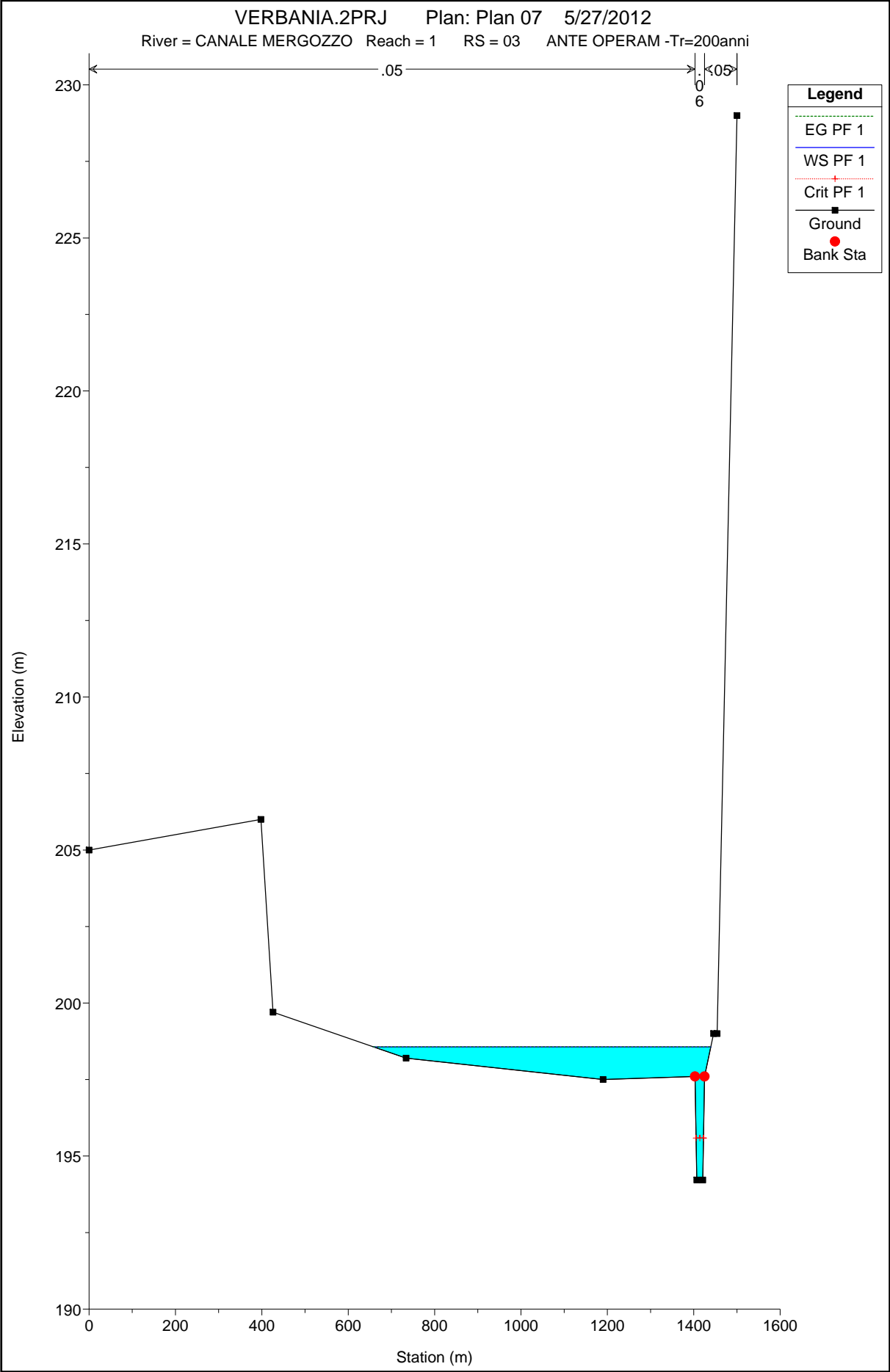


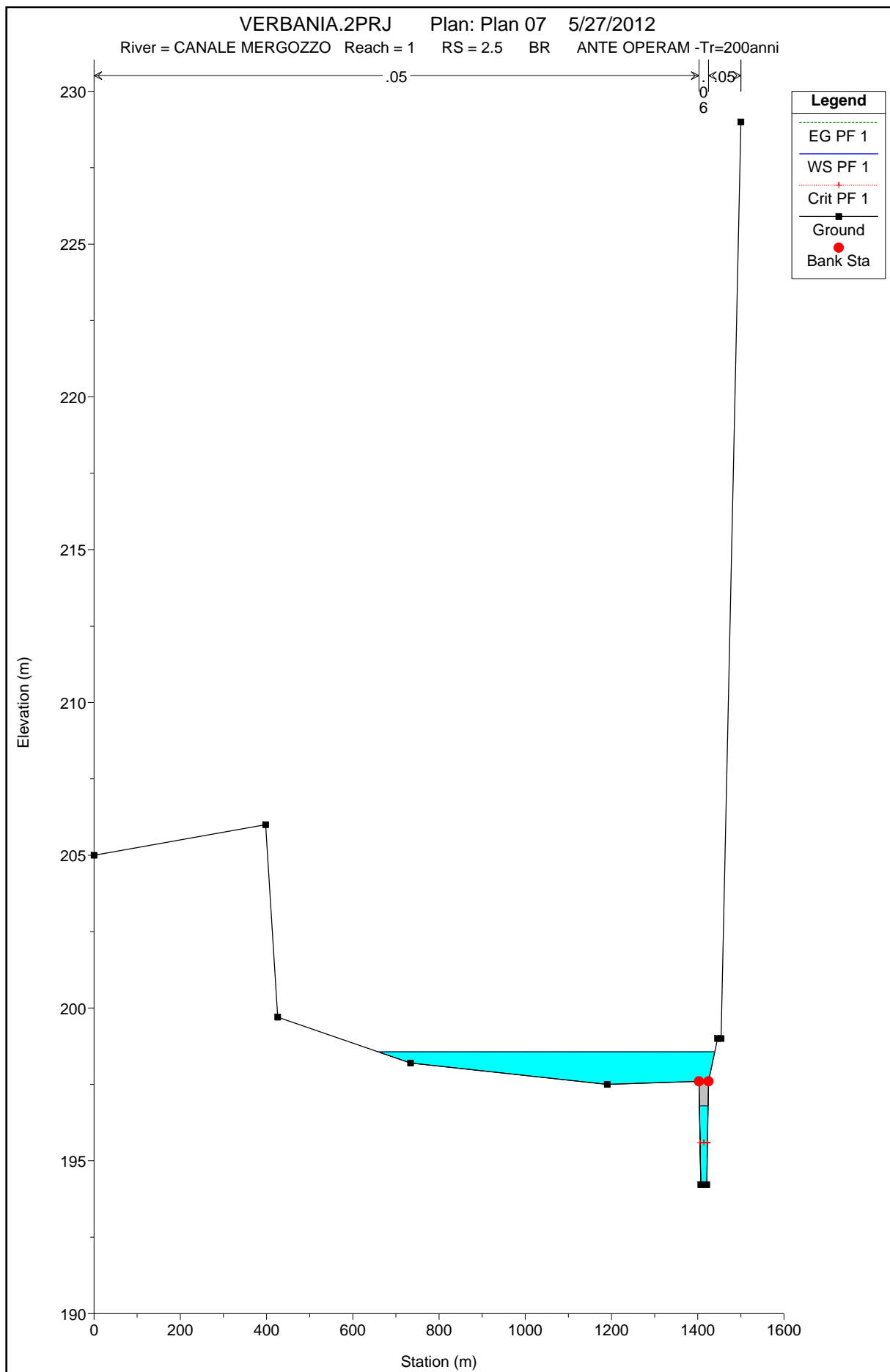


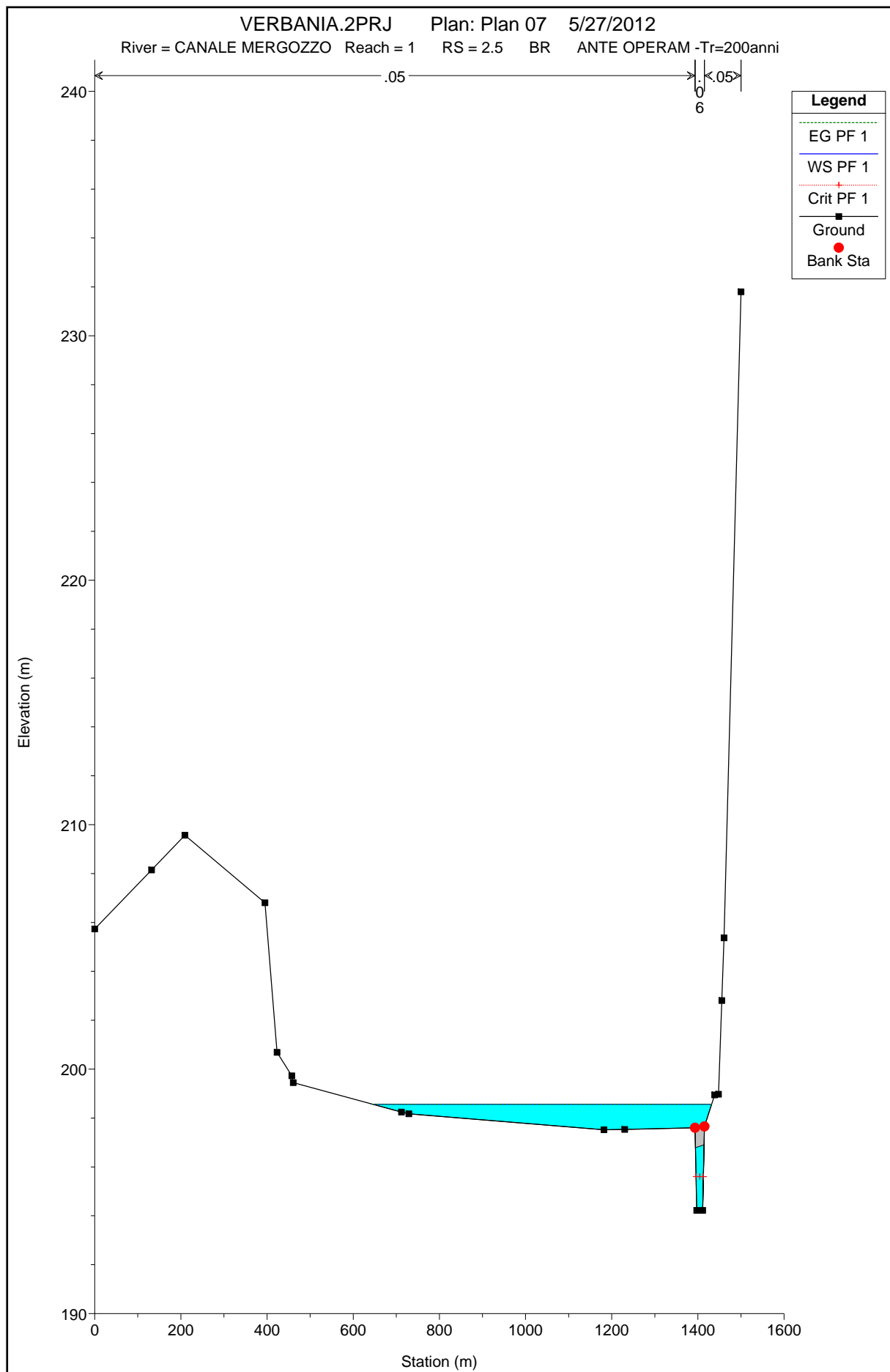


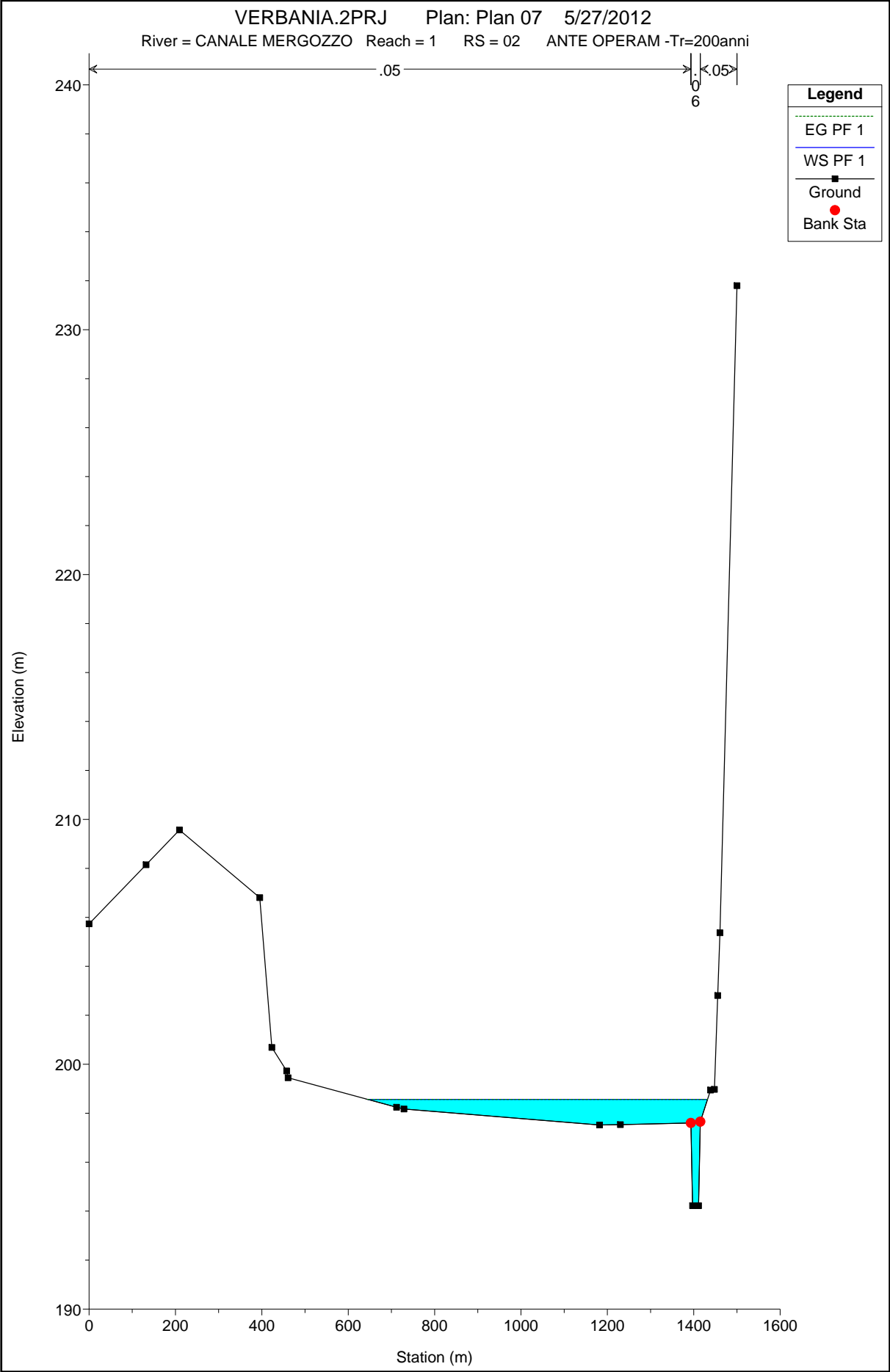


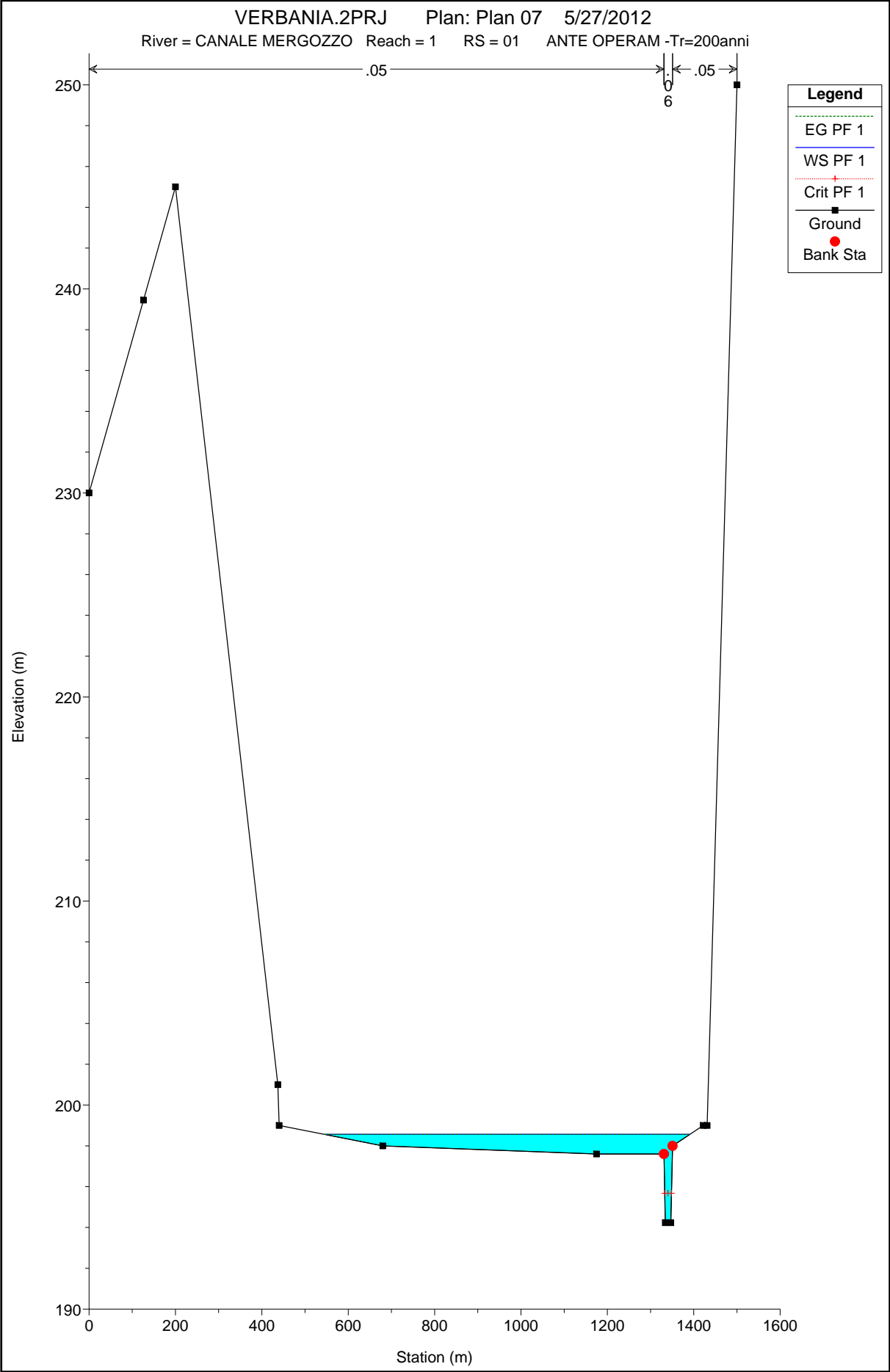












HEC-RAS Plan: Plan 07 River: CANALE MERGOZZO Reach: 1 Profile: PF 1

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)	
1	14	PF 1	75.00	194.00	198.71	194.86	198.71	0.000000	0.03	2503.29	704.20	0.00
1	13	PF 1	75.00	194.06	198.71	195.37	198.71	0.000001	0.04	2003.79	704.35	0.01
1	12.5		Bridge									
1	12	PF 1	75.00	194.06	198.71	195.37	198.71	0.000001	0.04	2003.79	704.35	0.01
1	11	PF 1	75.00	194.10	198.67	195.49	198.71	0.000620	0.92	87.99	122.23	0.15
1	10.5		Culvert									
1	10	PF 1	75.00	194.11	198.60		198.60	0.000029	0.20	725.26	840.37	0.03
1	09	PF 1	75.00	194.13	198.59		198.59	0.000036	0.23	480.90	334.71	0.04
1	08	PF 1	75.00	194.16	198.59	195.52	198.59	0.000014	0.14	811.96	602.04	0.02
1	07	PF 1	75.00	194.16	198.59		198.59	0.000014	0.14	875.93	758.76	0.02
1	06	PF 1	75.00	194.19	198.58		198.58	0.000036	0.22	616.36	662.32	0.04
1	05	PF 1	75.00	194.20	198.58	195.62	198.58	0.000044	0.25	614.16	811.11	0.04
1	4.5		Bridge									
1	04	PF 1	75.00	194.21	198.57		198.57	0.000038	0.23	650.28	823.46	0.04
1	03	PF 1	75.00	194.22	198.57	195.59	198.57	0.000037	0.23	645.76	780.66	0.04
1	2.5		Bridge									
1	02	PF 1	75.00	194.22	198.56		198.57	0.000038	0.23	643.86	786.55	0.04
1	01	PF 1	75.00	194.23	198.56	195.68	198.56	0.000040	0.23	648.86	845.22	0.04

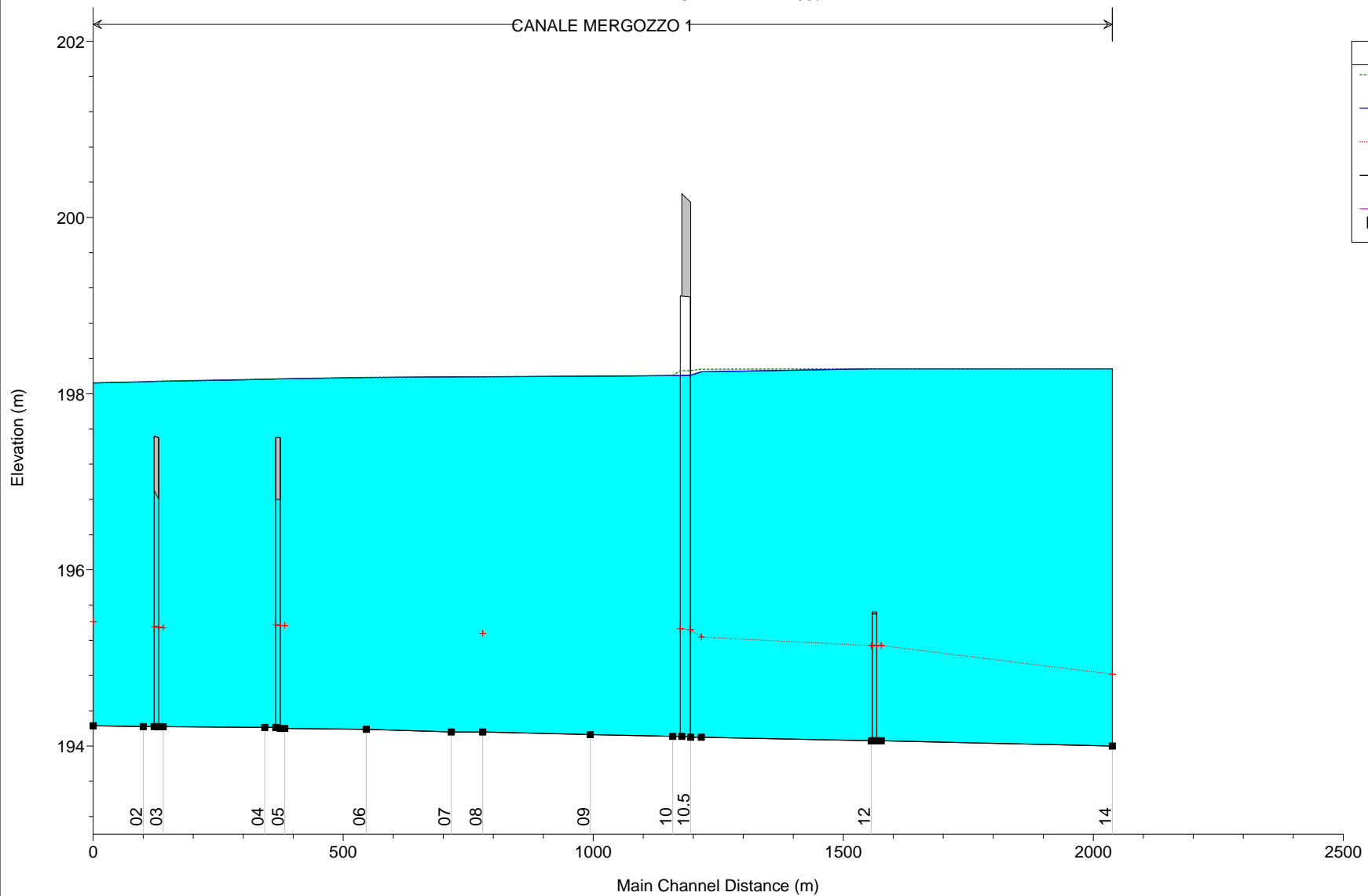
ANTE OPERAM

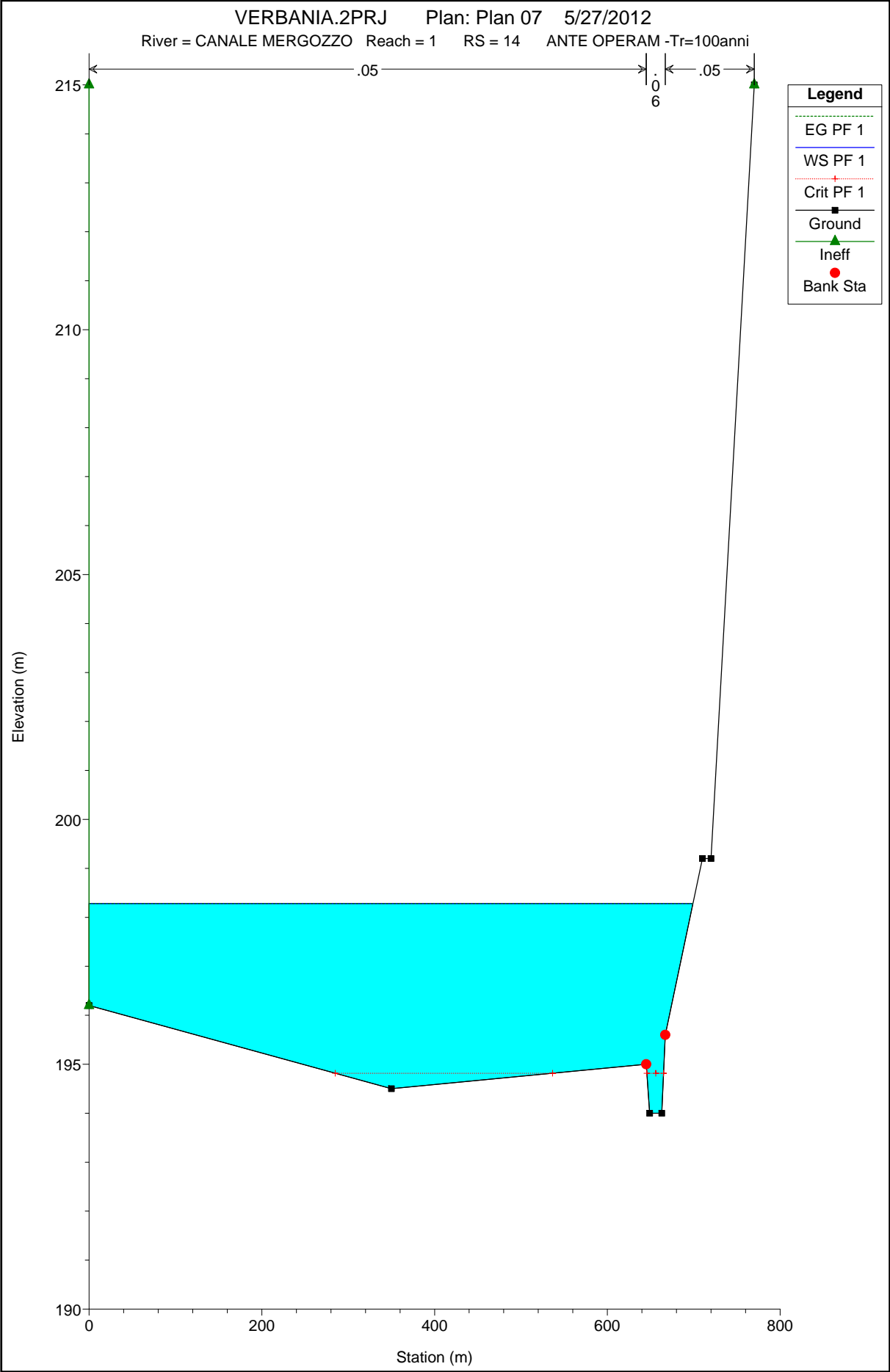
Tr=100anni

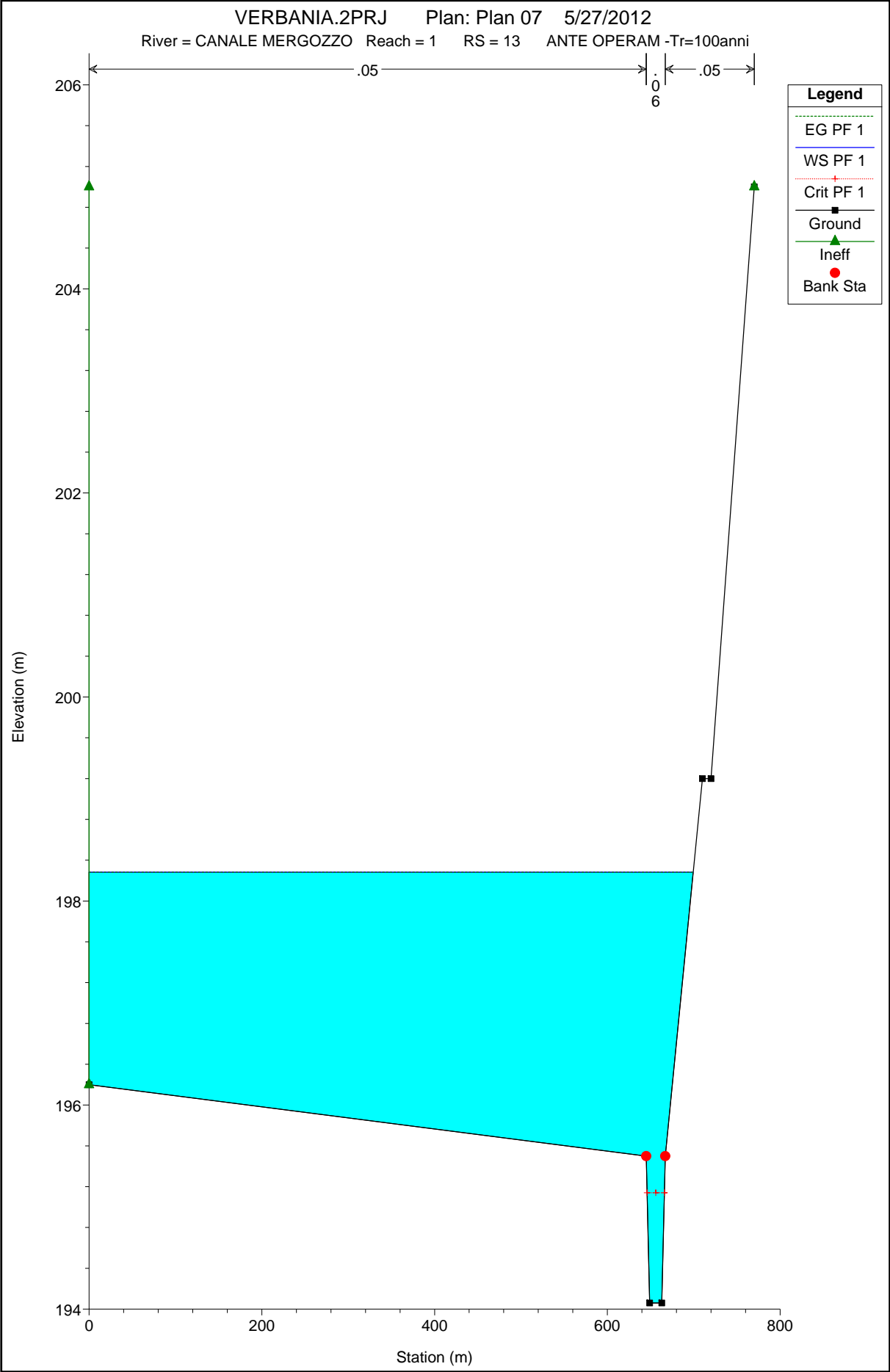
VERBANIA.2PRJ Plan: Plan 07 5/27/2012

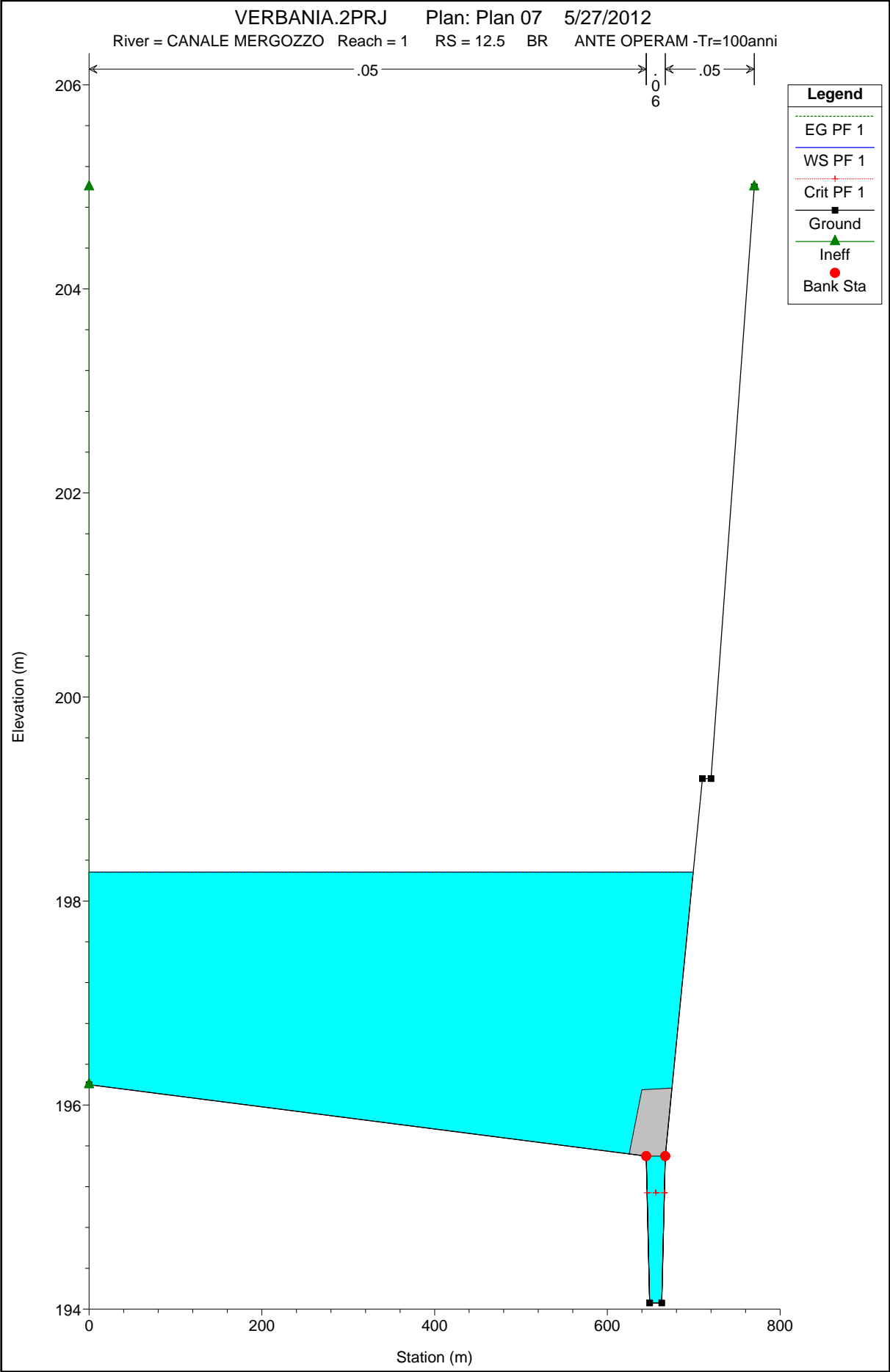
ANTE OPERAM -Tr=100anni

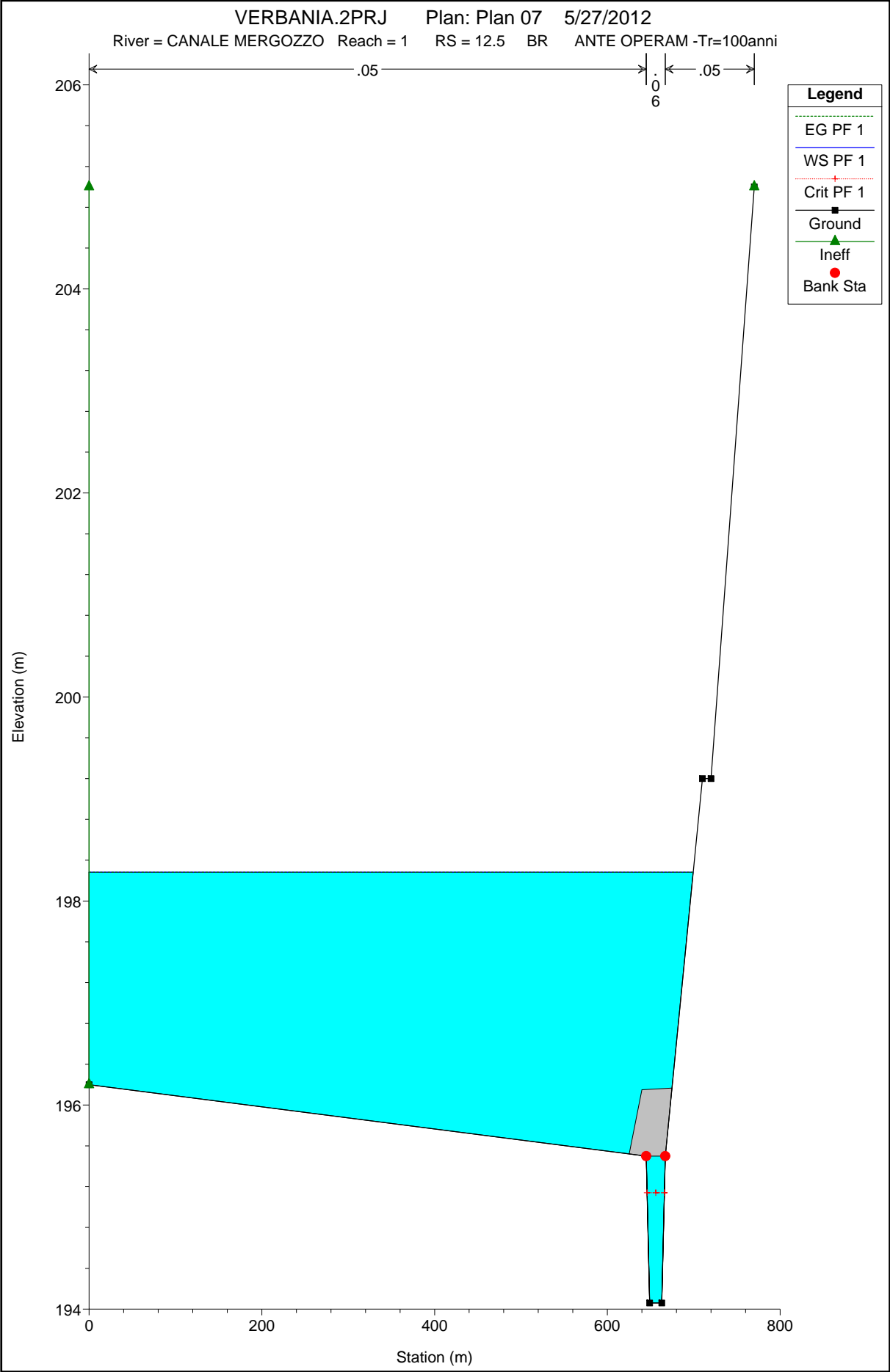
CANALE MERGOZZO 1

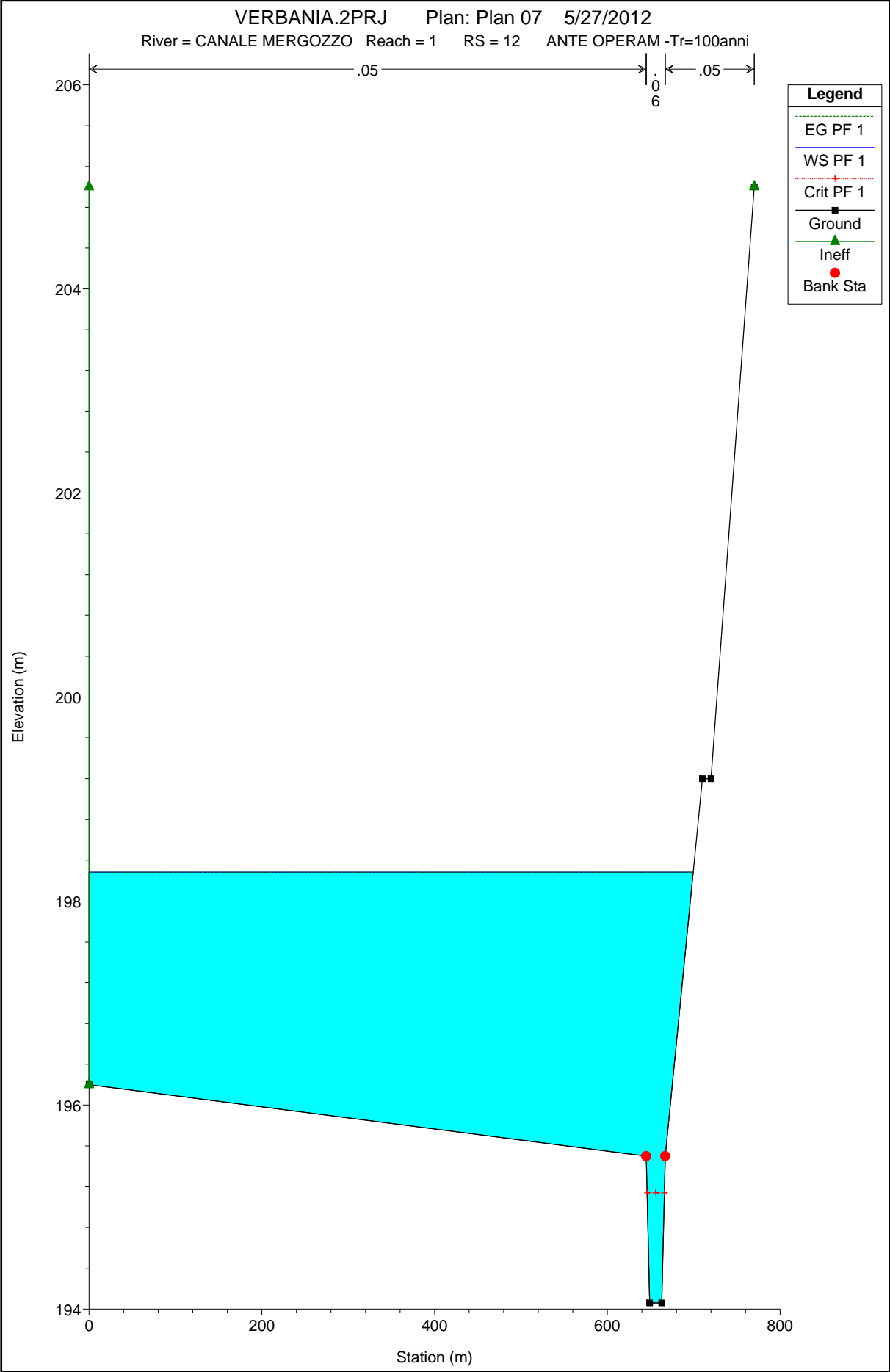


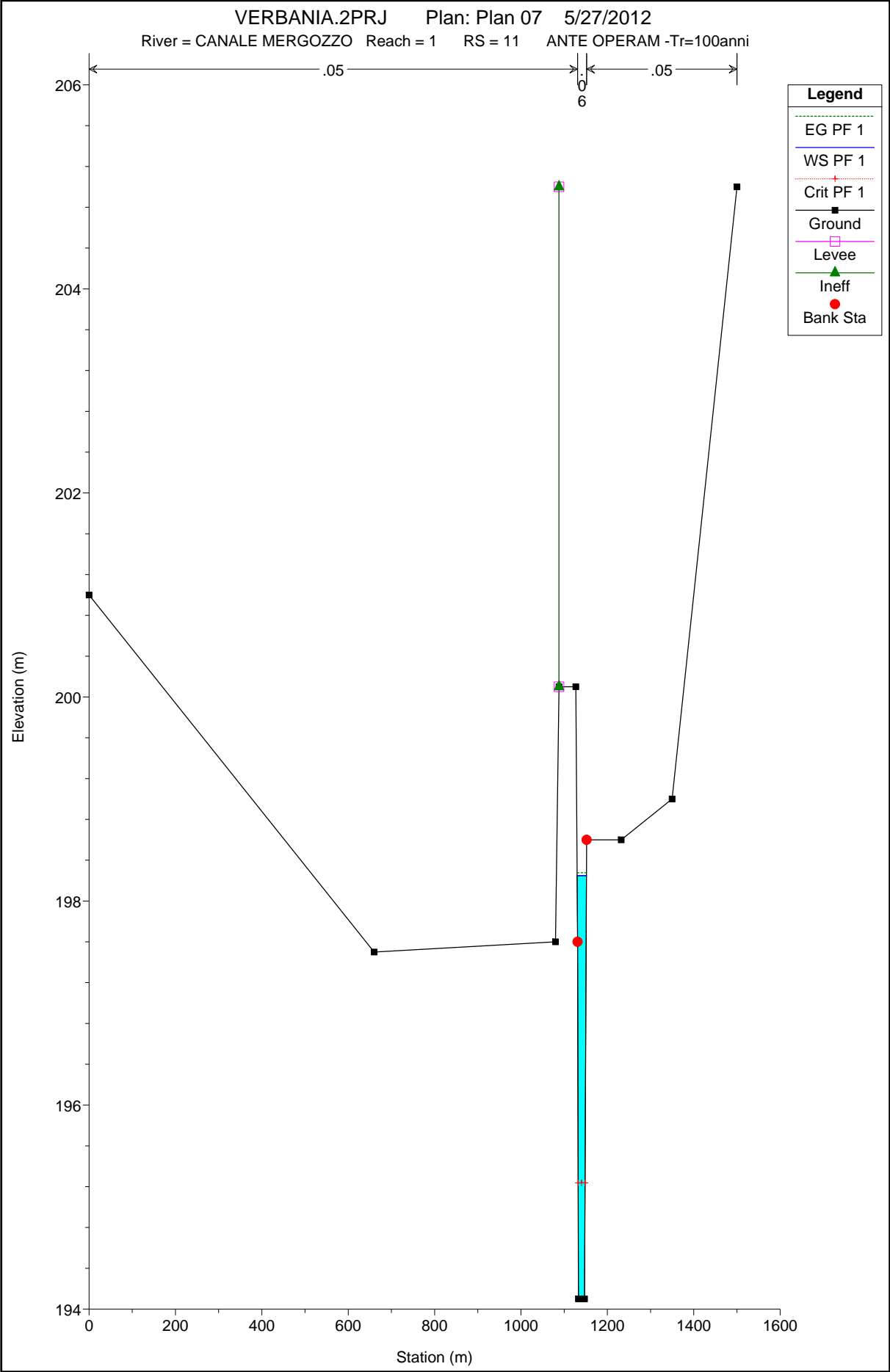


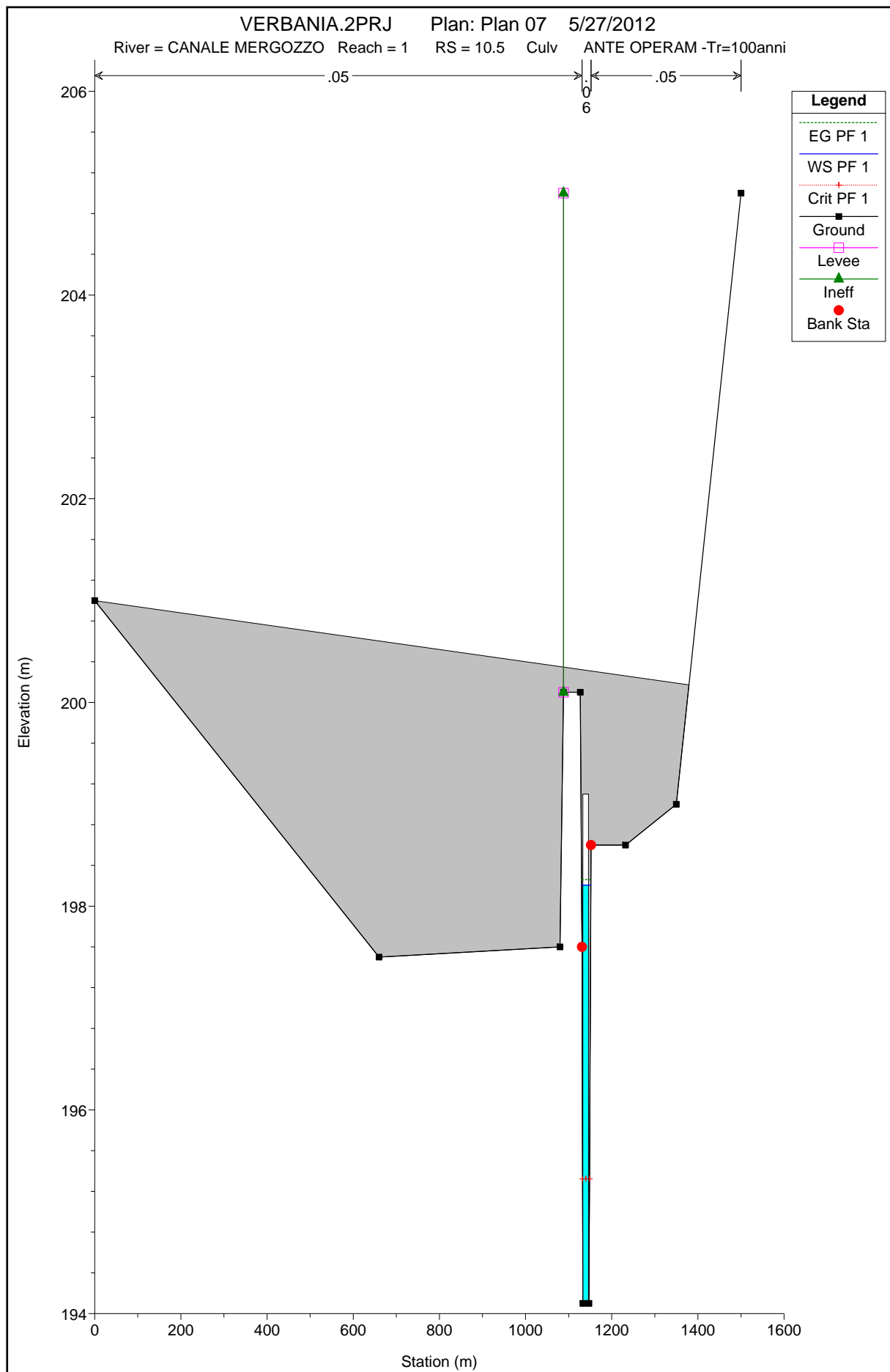


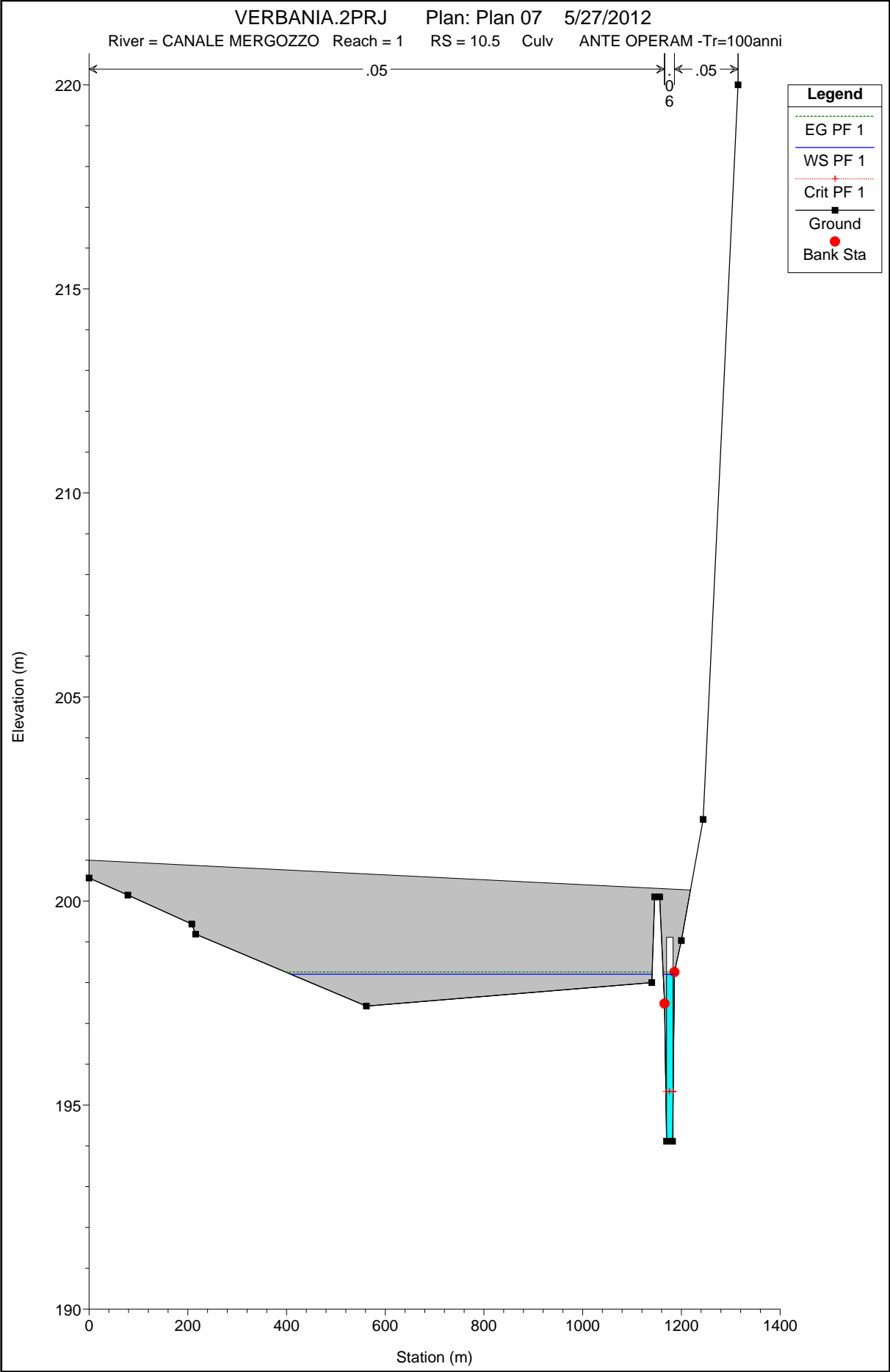


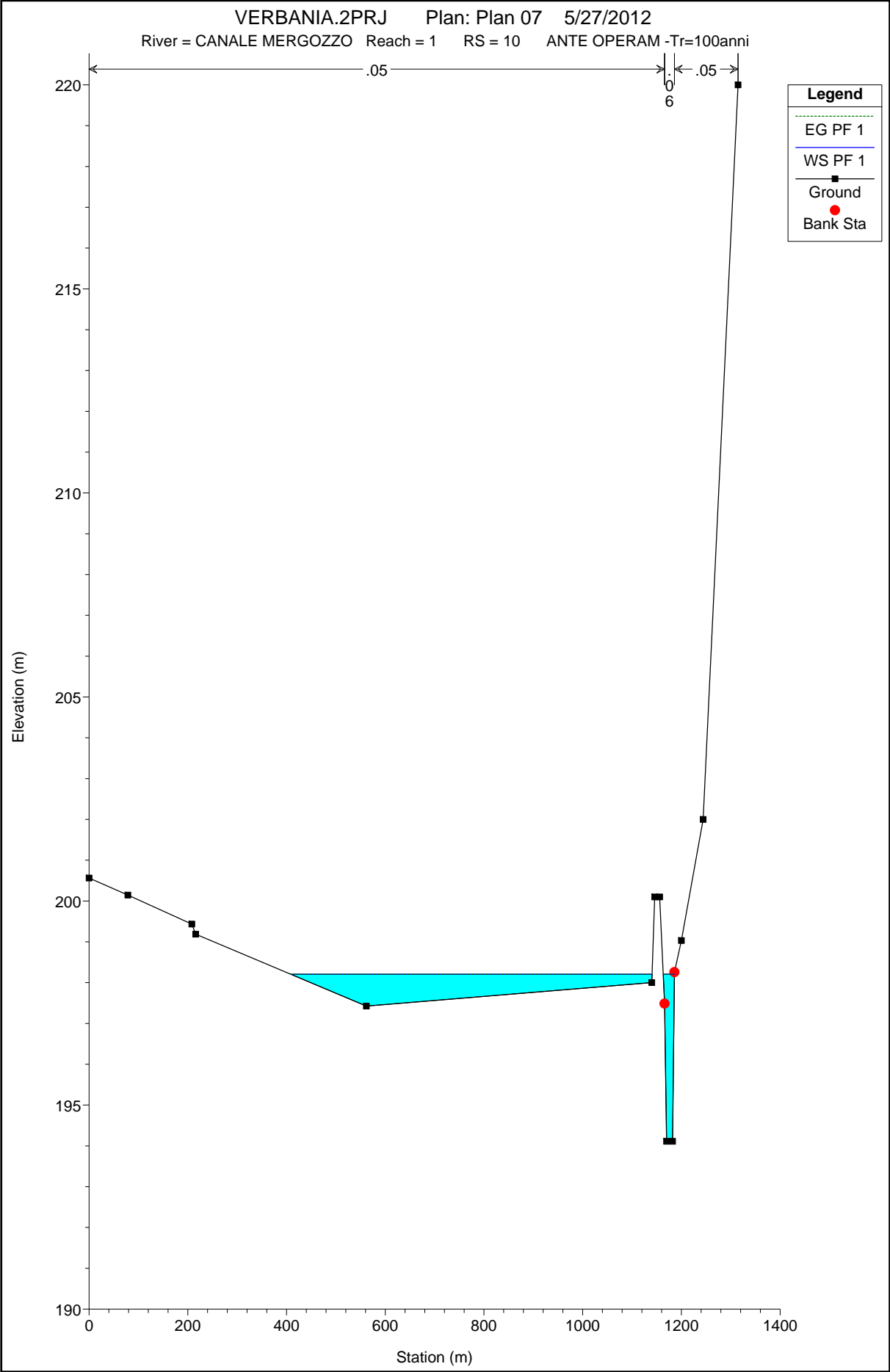


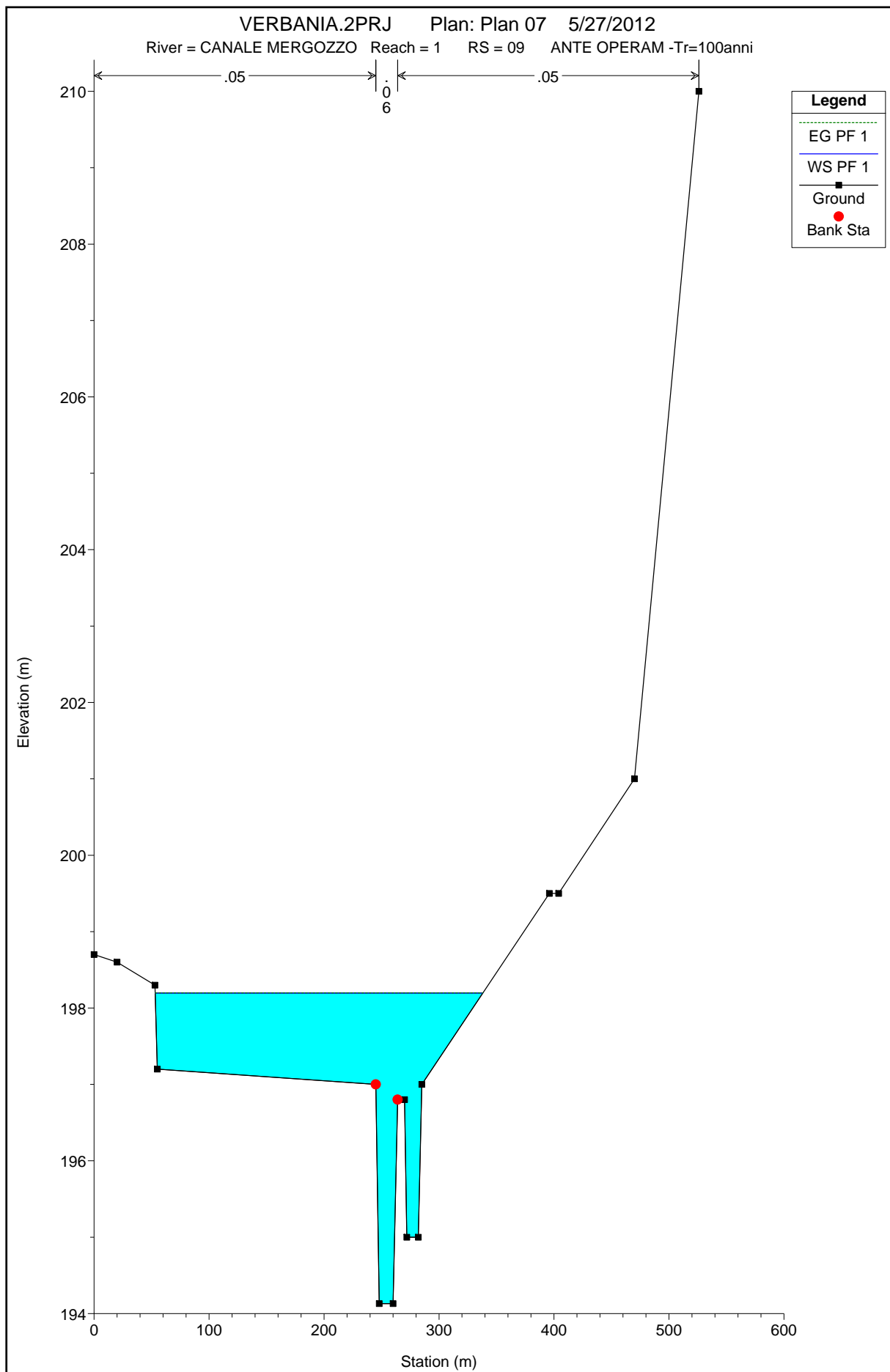


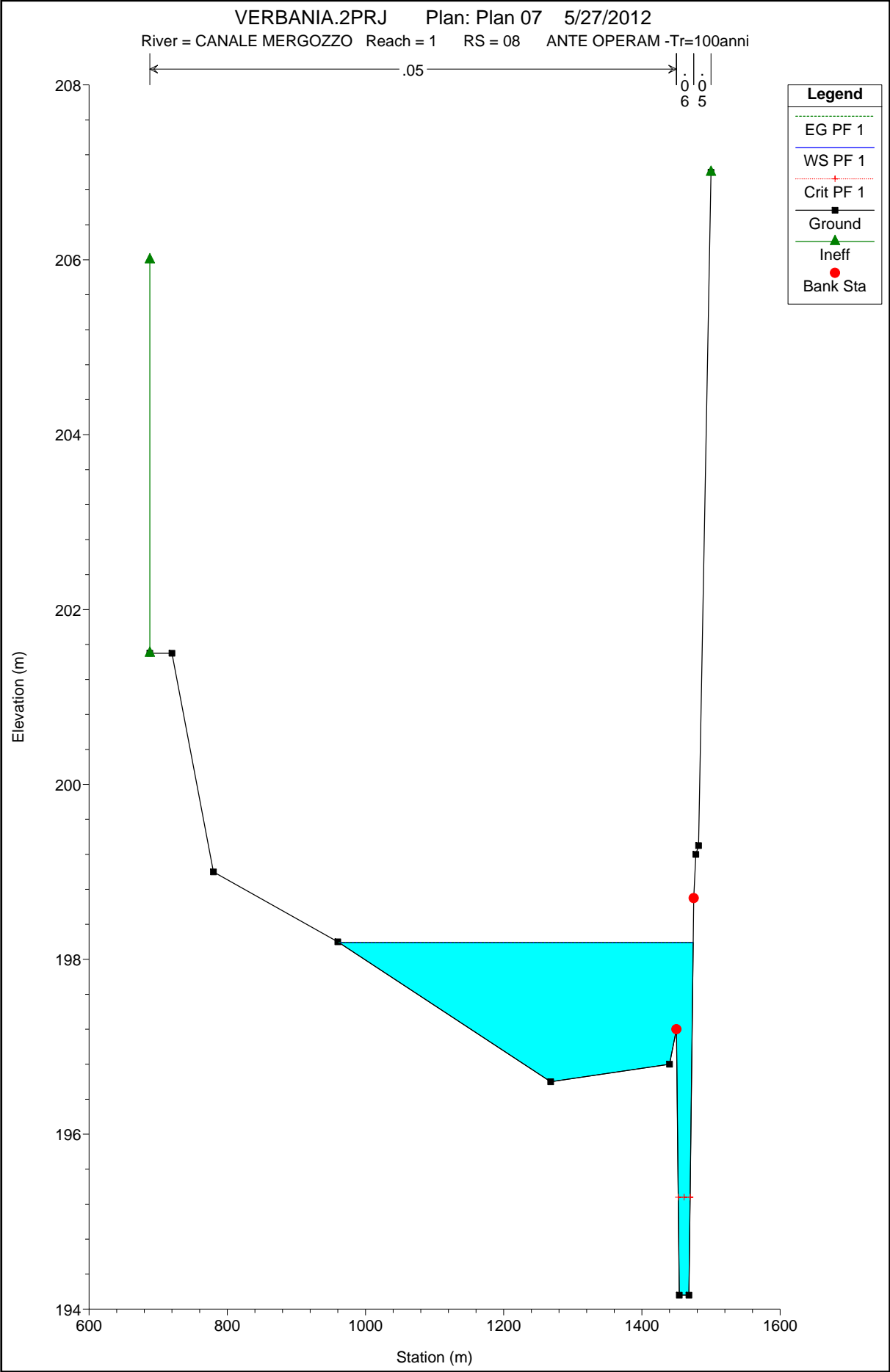


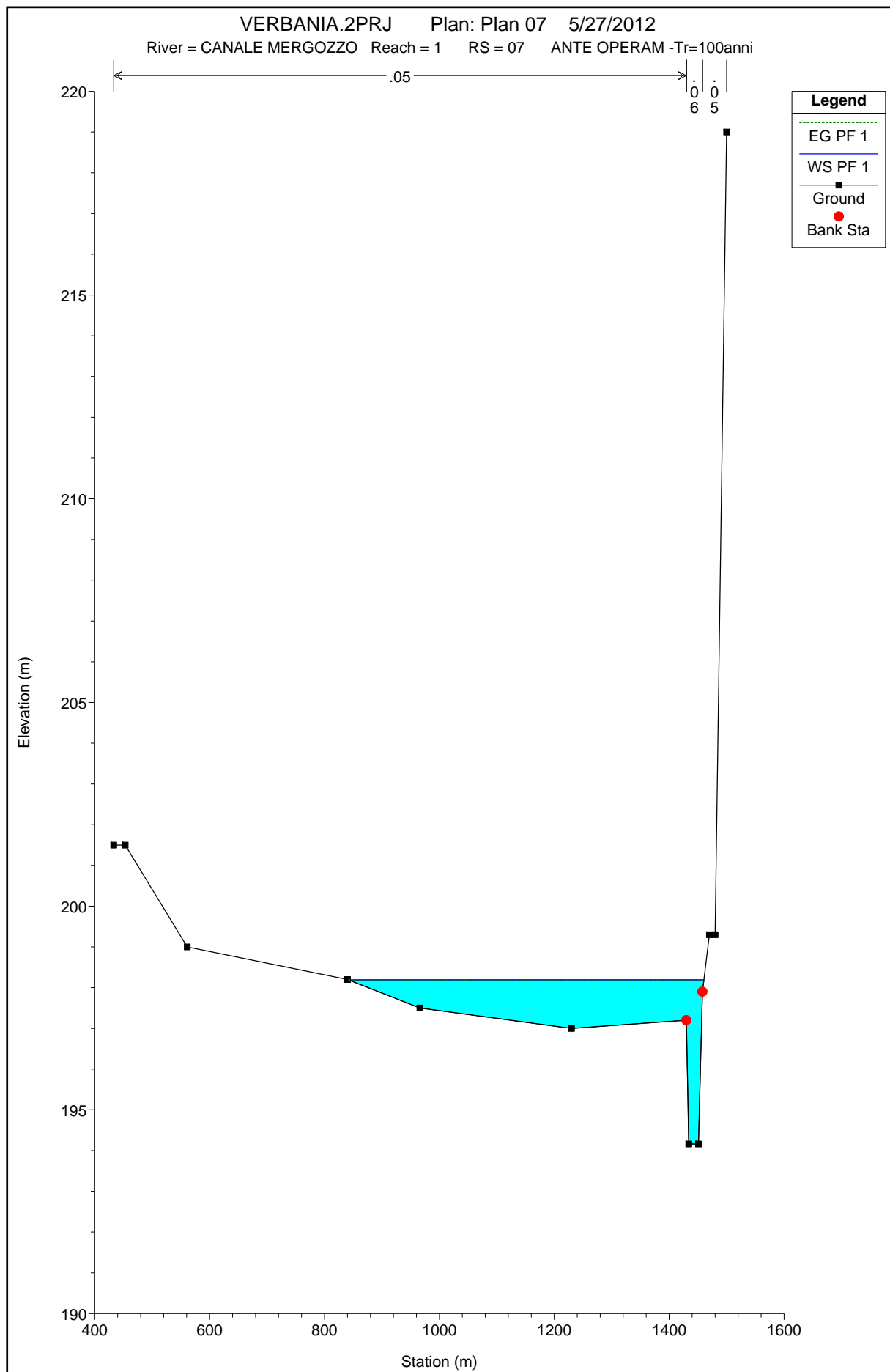


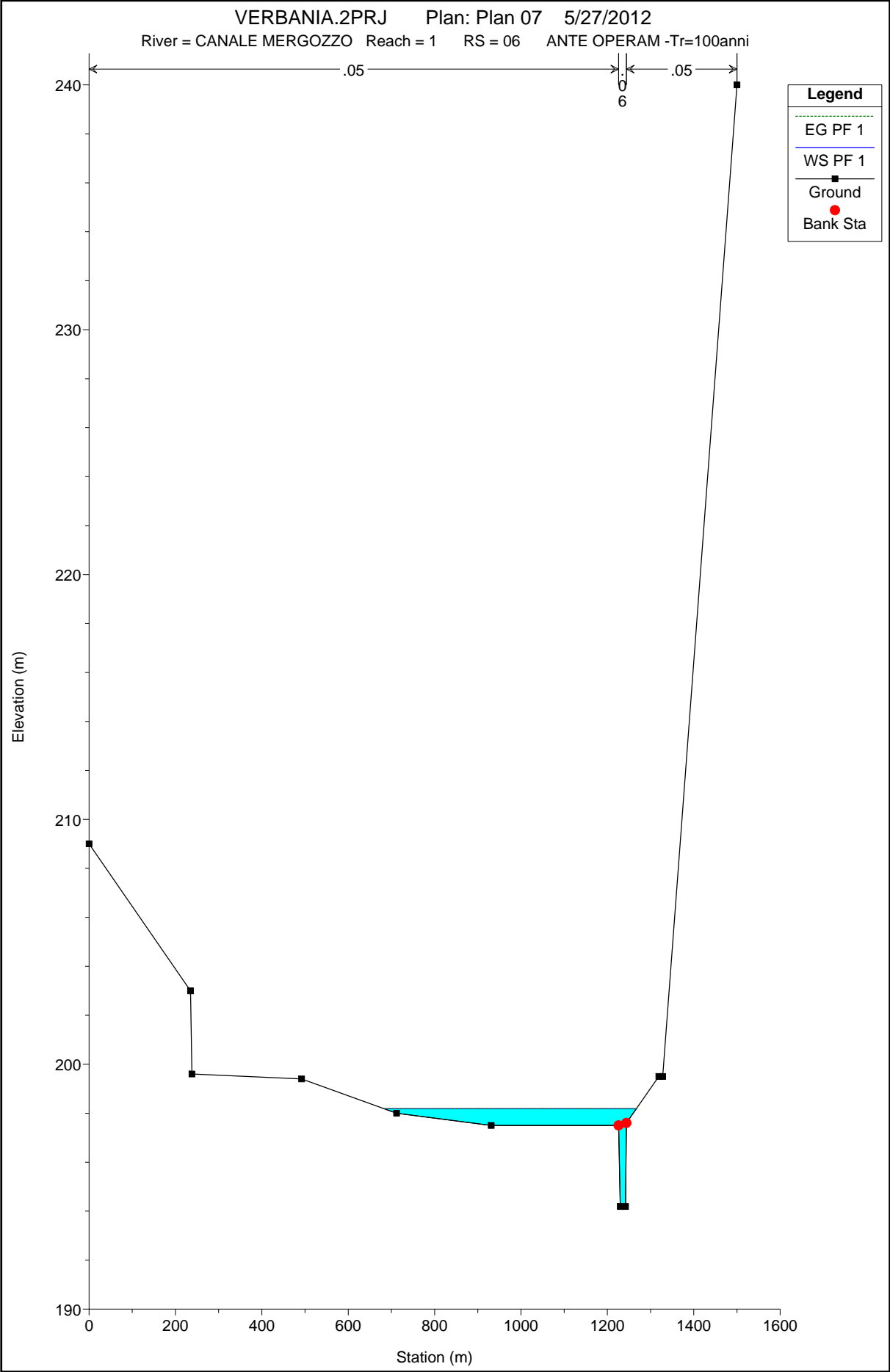


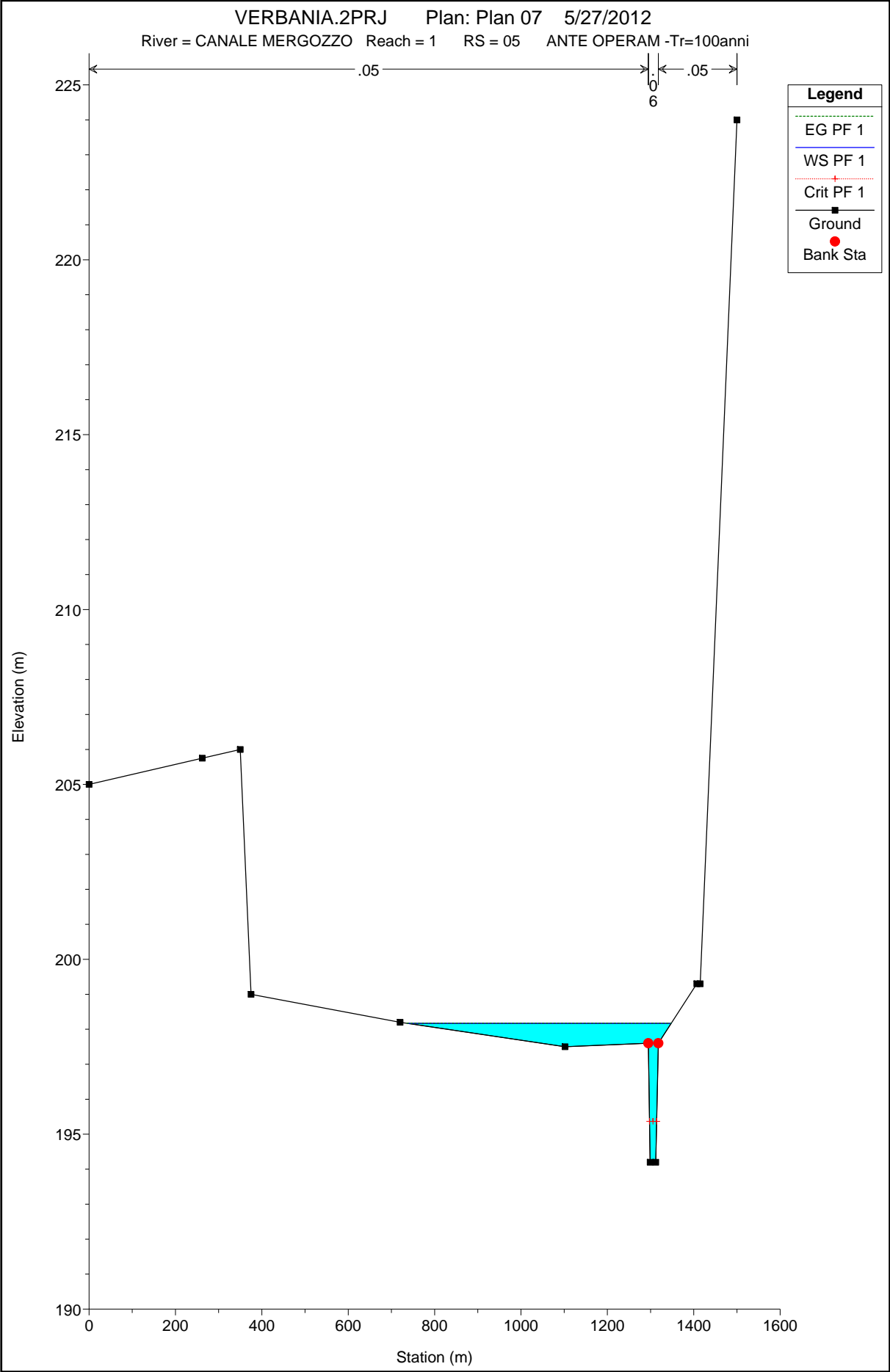


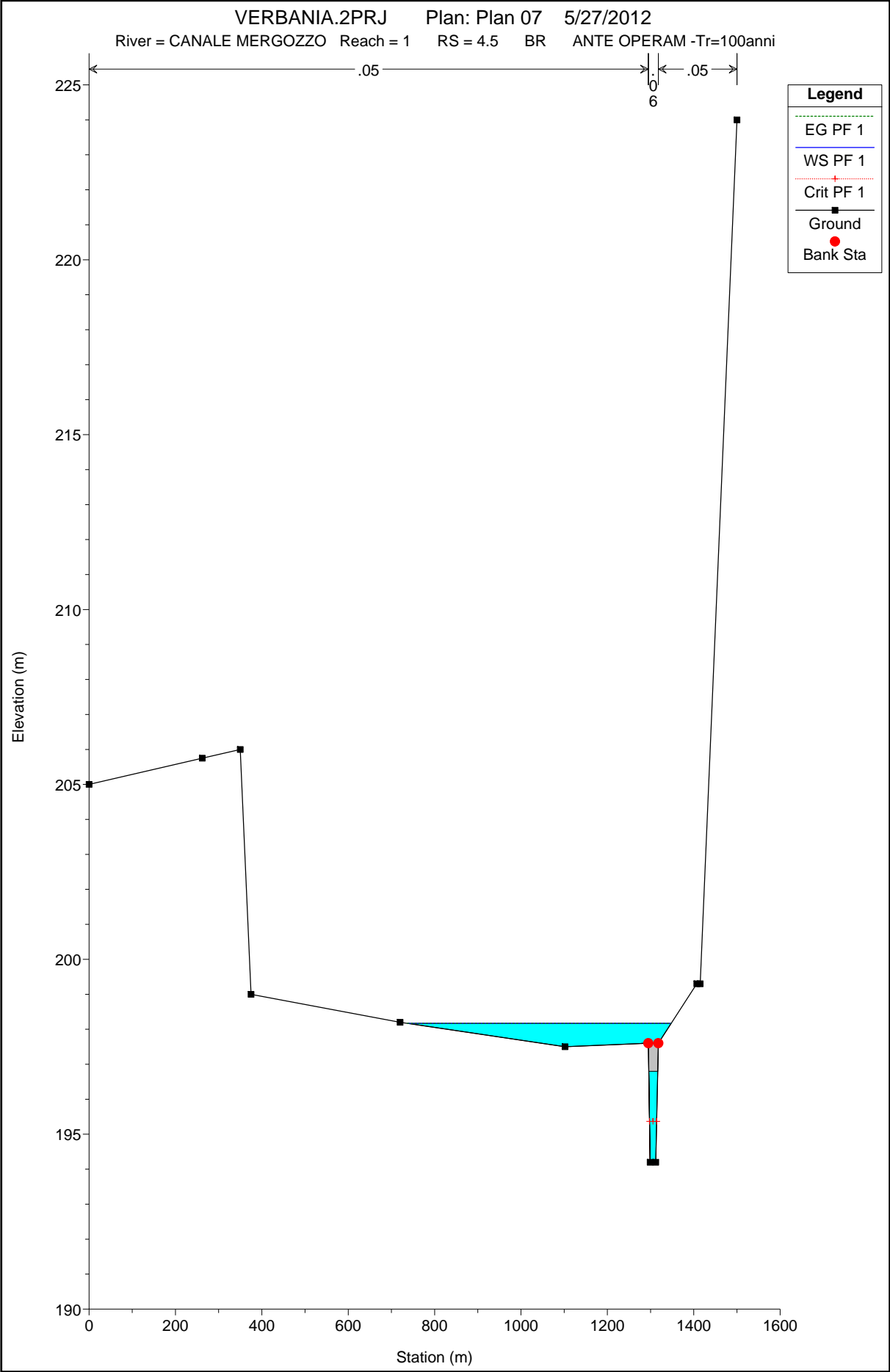


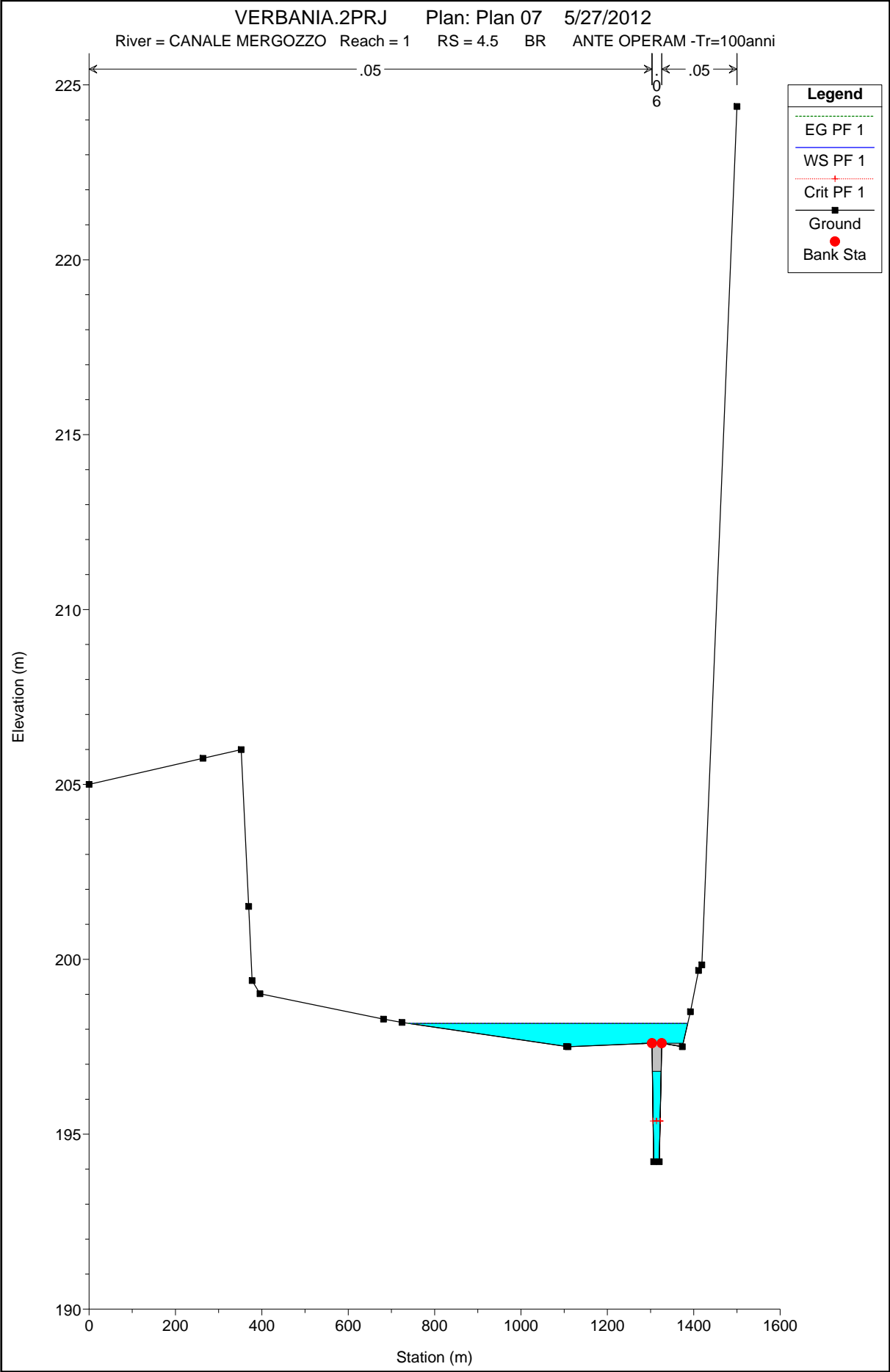


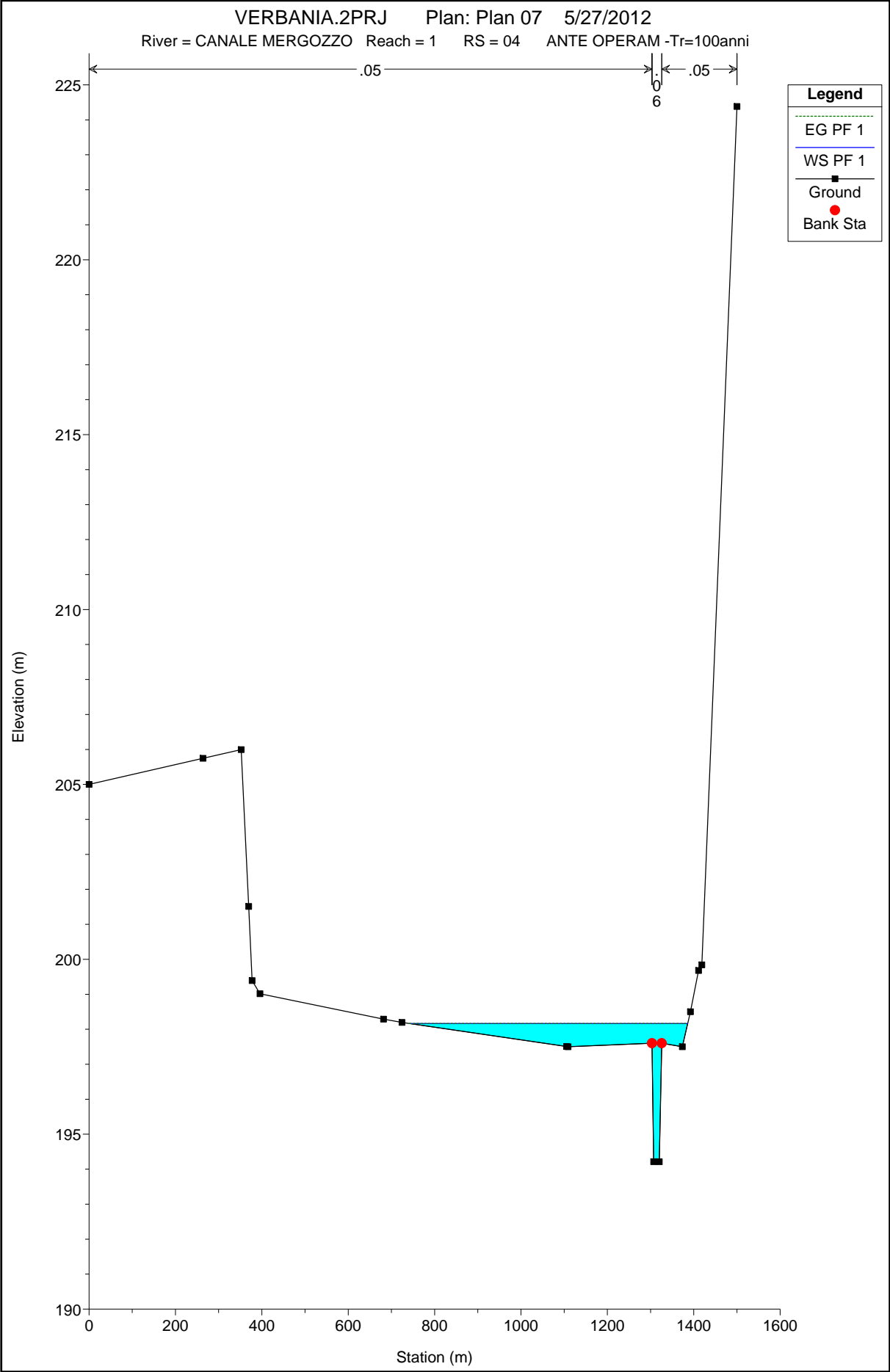


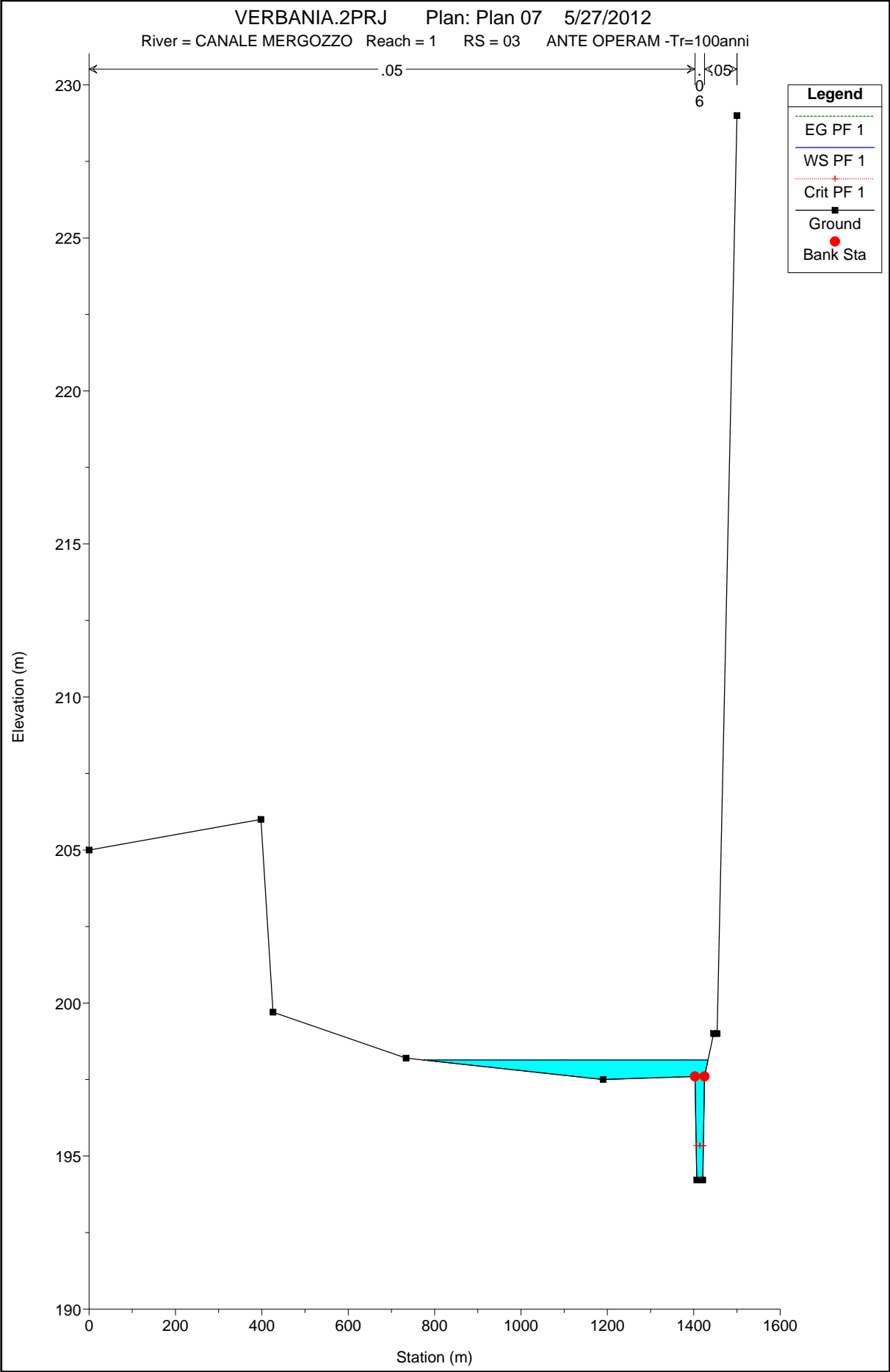


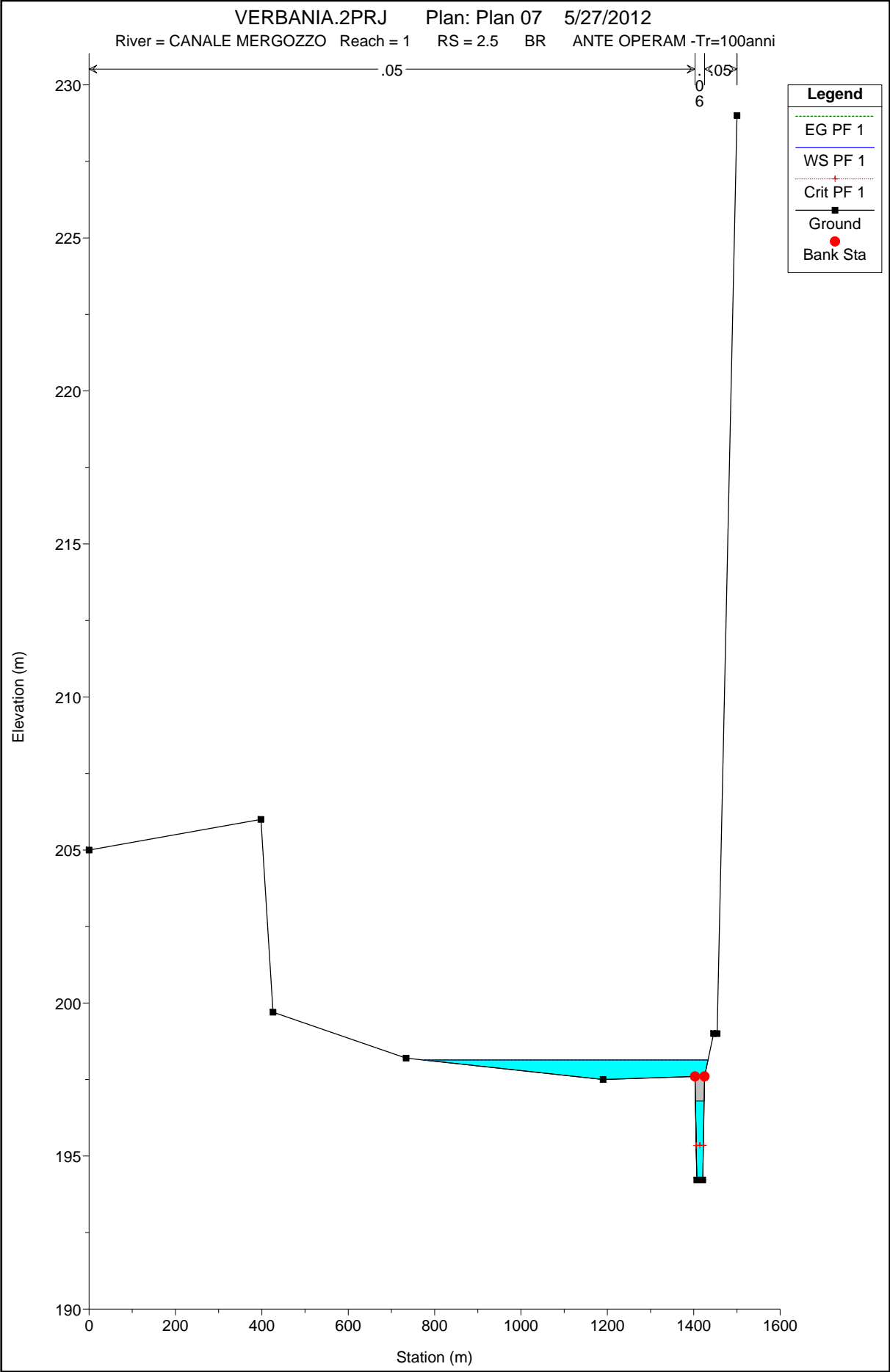


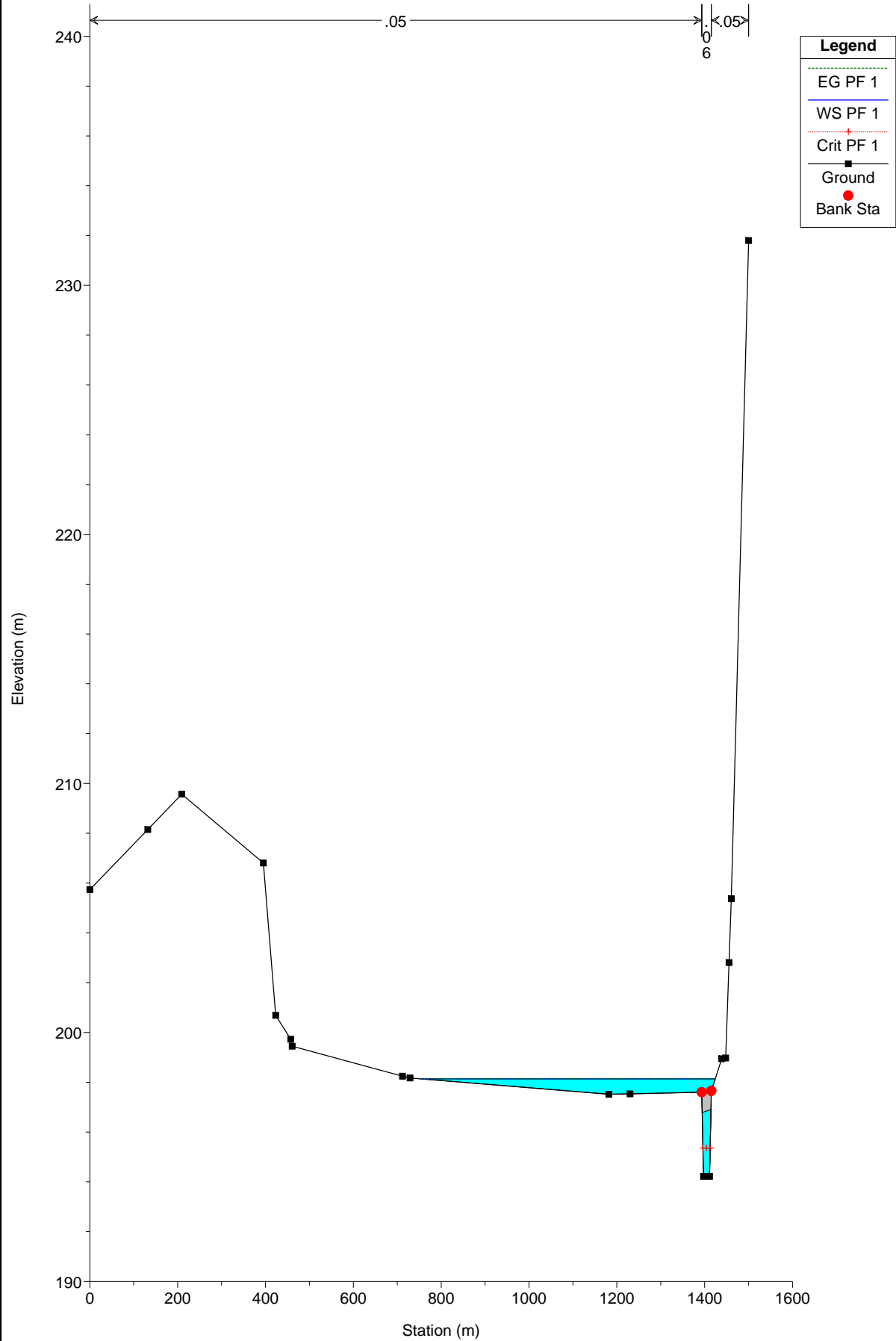


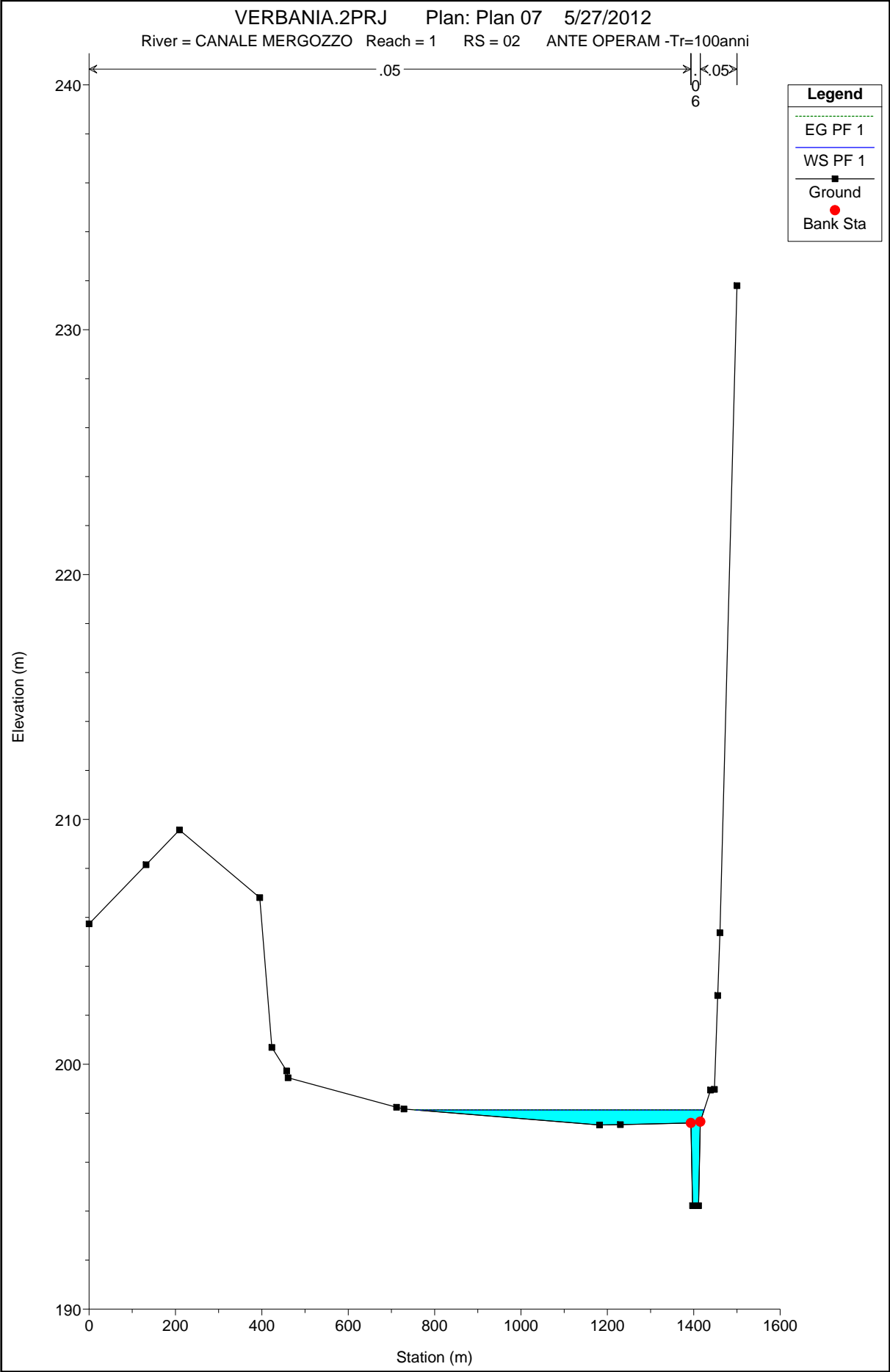


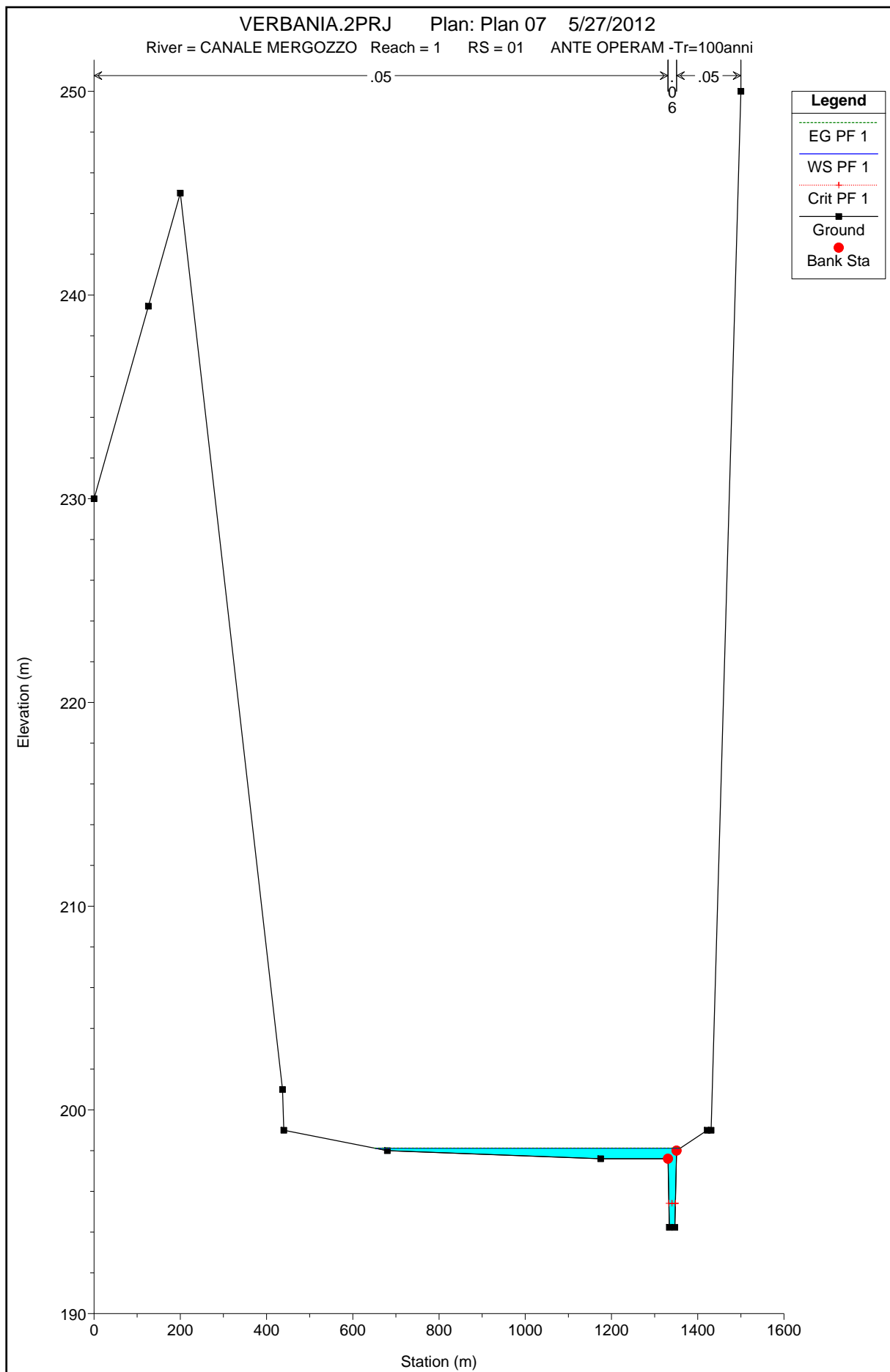












HEC-RAS Plan: Plan 07 River: CANALE MERGOZZO Reach: 1 Profile: PF 1

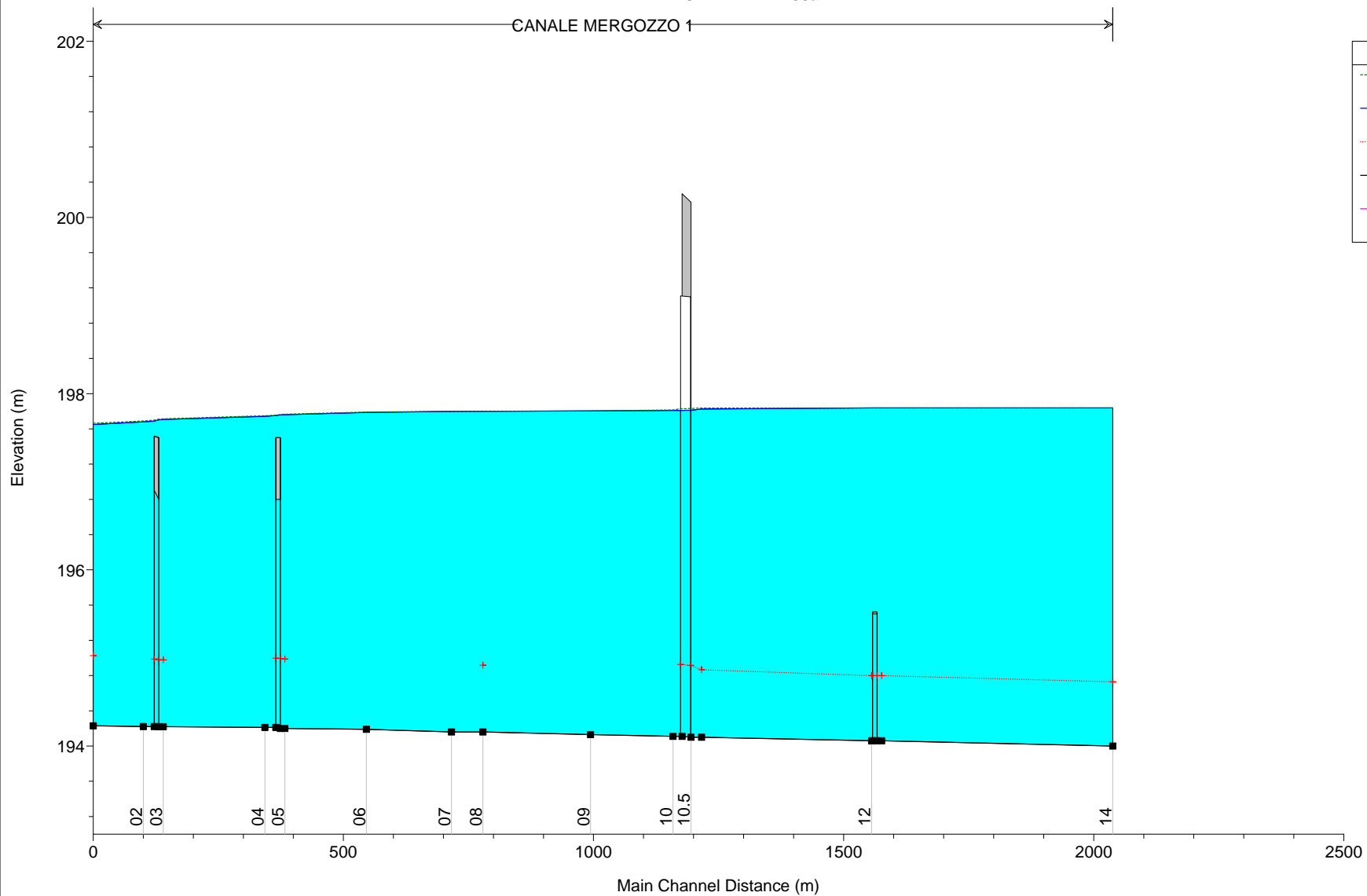
Reach	River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
			(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m2)	(m)	
1	14	PF 1	55.00	194.00	198.28	194.82	198.28	0.000000	0.02	2199.81	699.03	0.00
1	13	PF 1	55.00	194.06	198.28	195.14	198.28	0.000001	0.04	1700.26	699.32	0.01
1	12.5		Bridge									
1	12	PF 1	55.00	194.06	198.28	195.14	198.28	0.000001	0.04	1700.26	699.32	0.01
1	11	PF 1	55.00	194.10	198.25	195.24	198.28	0.000481	0.76	72.77	21.65	0.13
1	10.5		Culvert									
1	10	PF 1	55.00	194.11	198.21		198.21	0.000072	0.29	412.78	754.67	0.05
1	09	PF 1	55.00	194.13	198.20		198.20	0.000040	0.23	360.34	284.96	0.04
1	08	PF 1	55.00	194.16	198.19	195.28	198.19	0.000017	0.14	591.74	512.77	0.03
1	07	PF 1	55.00	194.16	198.19		198.19	0.000019	0.16	603.79	618.93	0.03
1	06	PF 1	55.00	194.19	198.18		198.19	0.000079	0.30	367.91	583.92	0.05
1	05	PF 1	55.00	194.20	198.17	195.37	198.17	0.000105	0.35	323.51	610.11	0.06
1	4.5		Bridge									
1	04	PF 1	55.00	194.21	198.16		198.16	0.000093	0.33	346.45	642.76	0.06
1	03	PF 1	55.00	194.22	198.14	195.34	198.14	0.000104	0.35	334.69	660.79	0.06
1	2.5		Bridge									
1	02	PF 1	55.00	194.22	198.13		198.14	0.000112	0.36	326.76	668.19	0.06
1	01	PF 1	55.00	194.23	198.12	195.41	198.12	0.000143	0.40	306.98	708.34	0.07

ANTE OPERAM

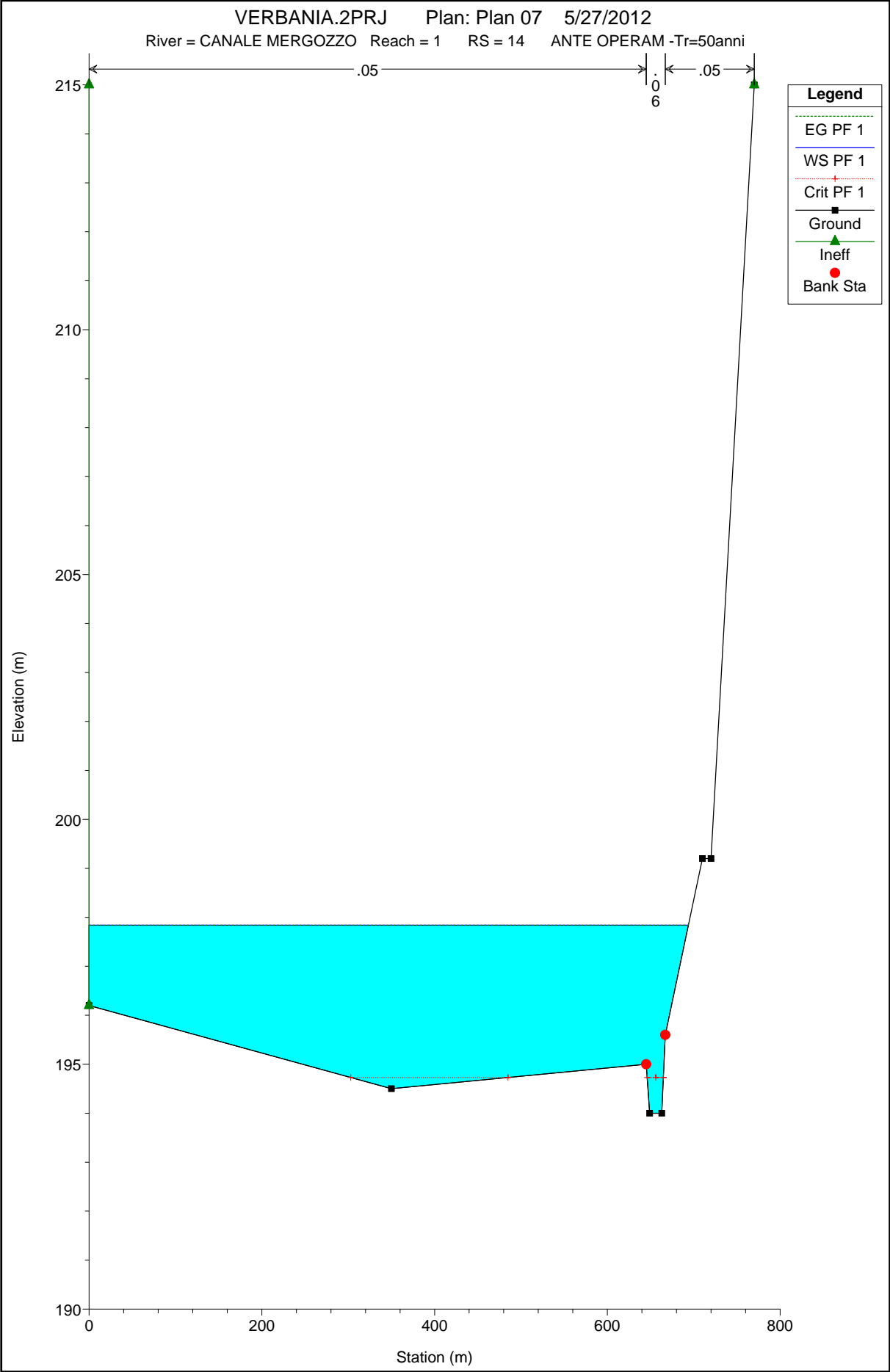
Tr=50anni

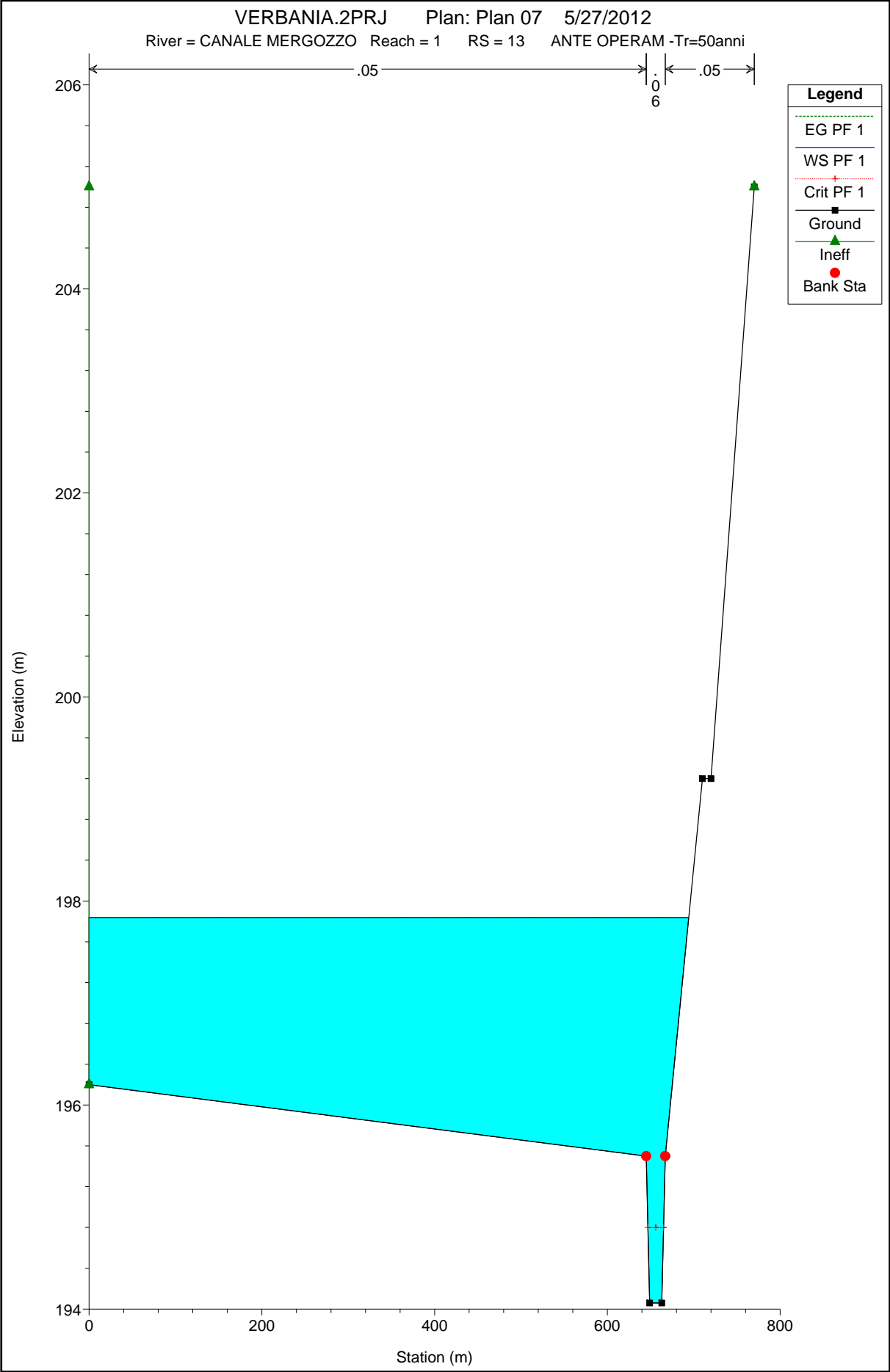
VERBANIA.2PRJ Plan: Plan 07 5/27/2012
ANTE OPERAM -Tr=50anni

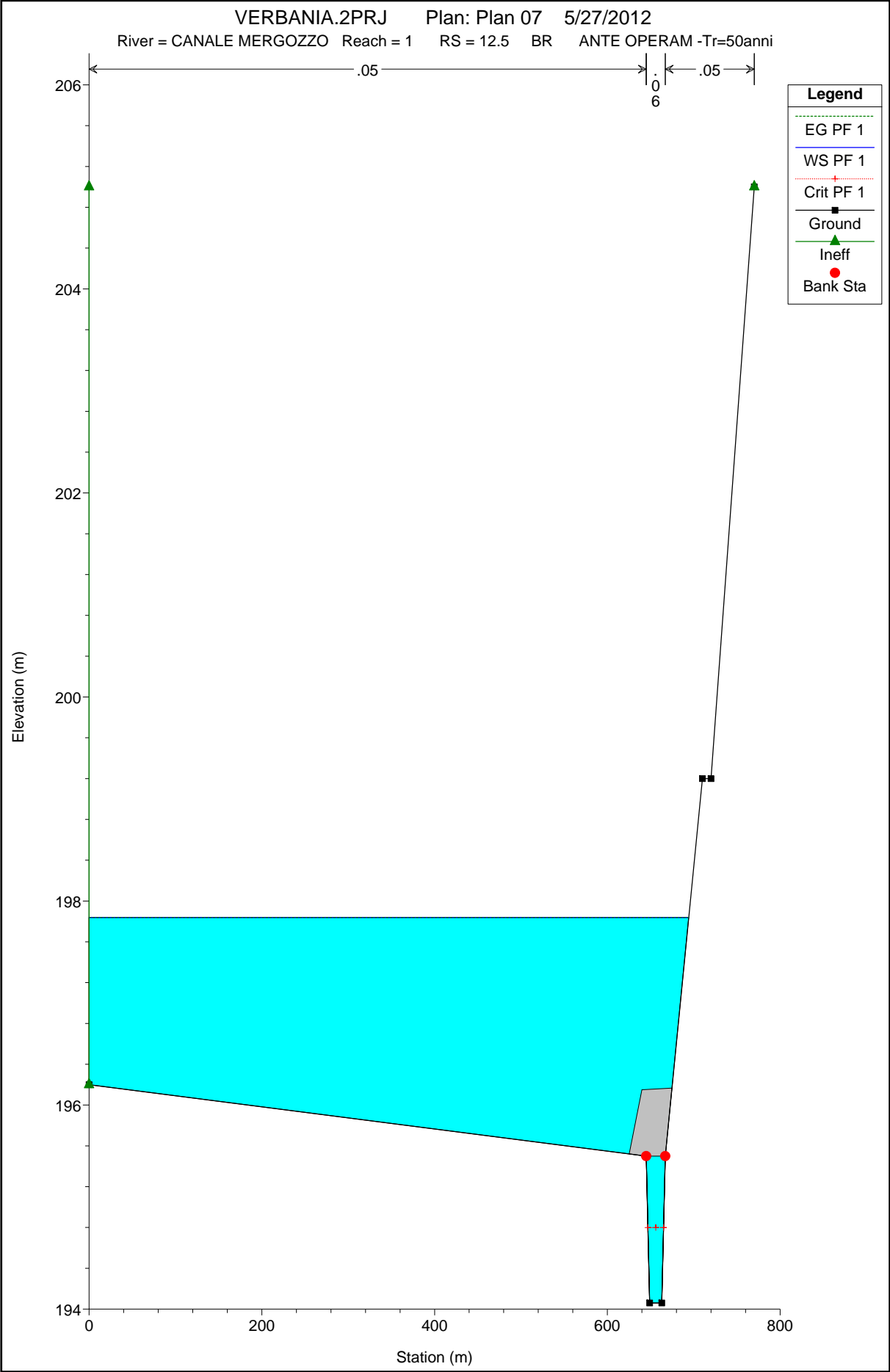
CANALE MERGOZZO 1

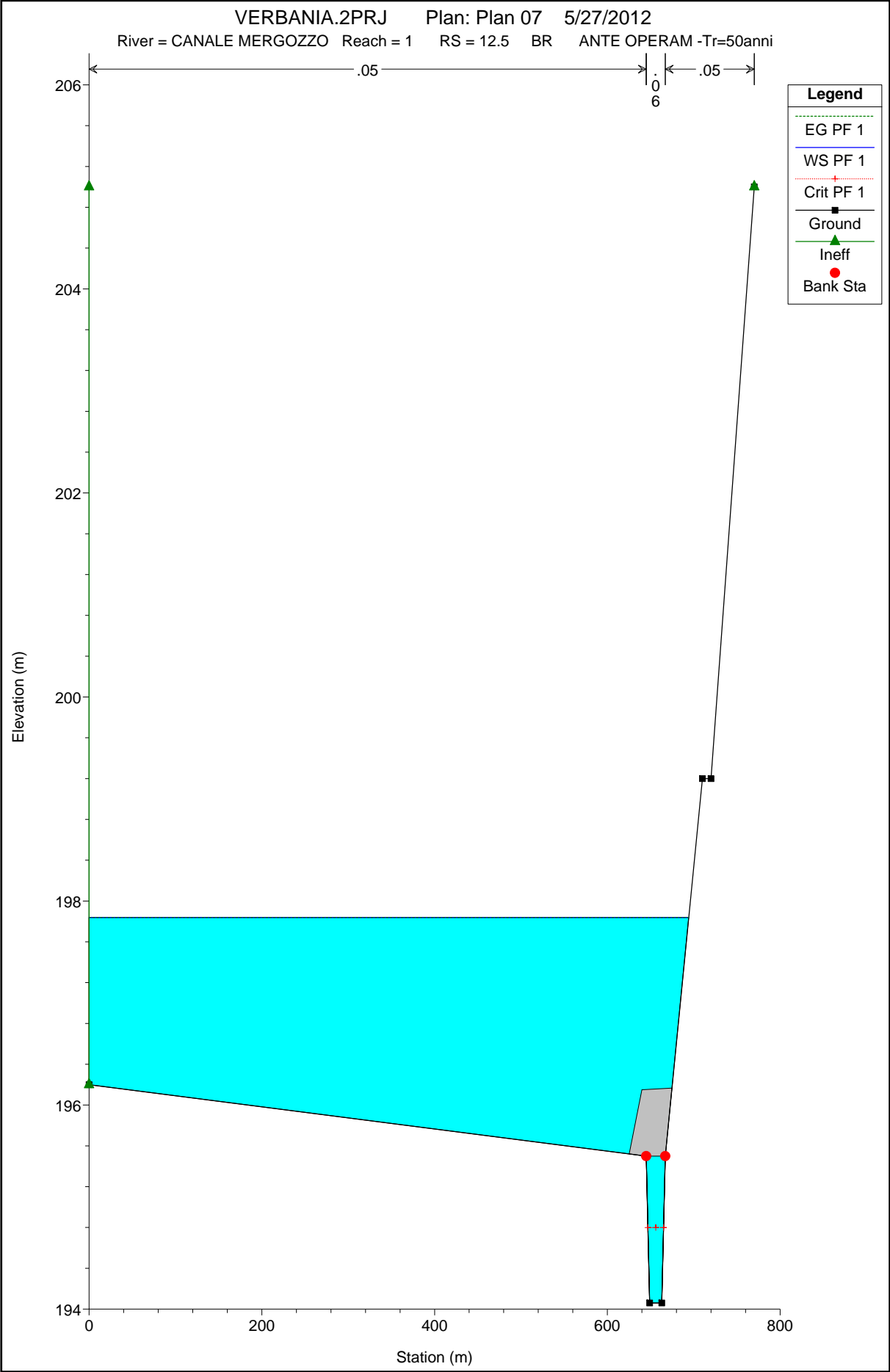


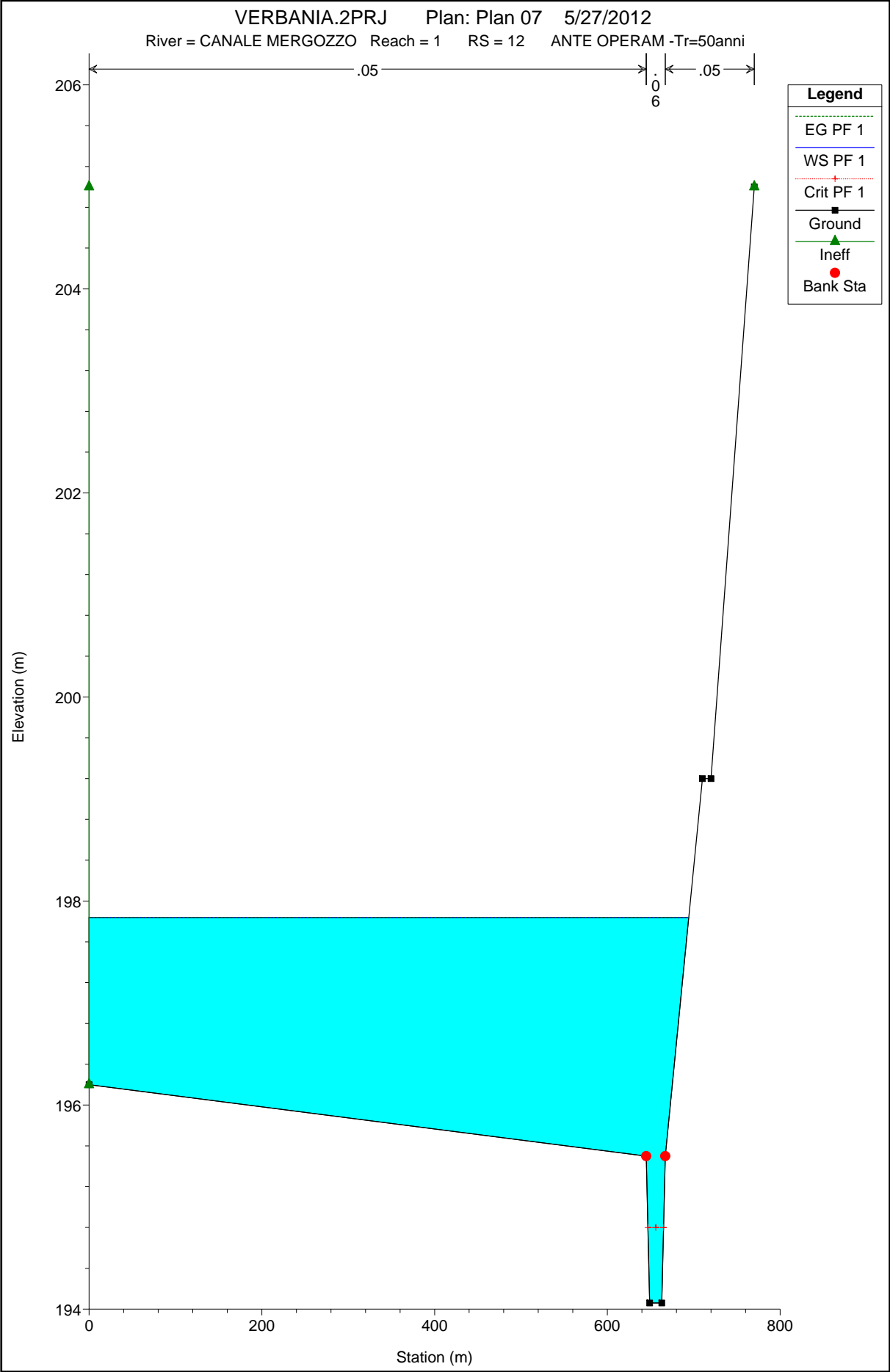
Legend	
EG PF 1	
WS PF 1	
Crit PF 1	
Ground	
Left Levee	

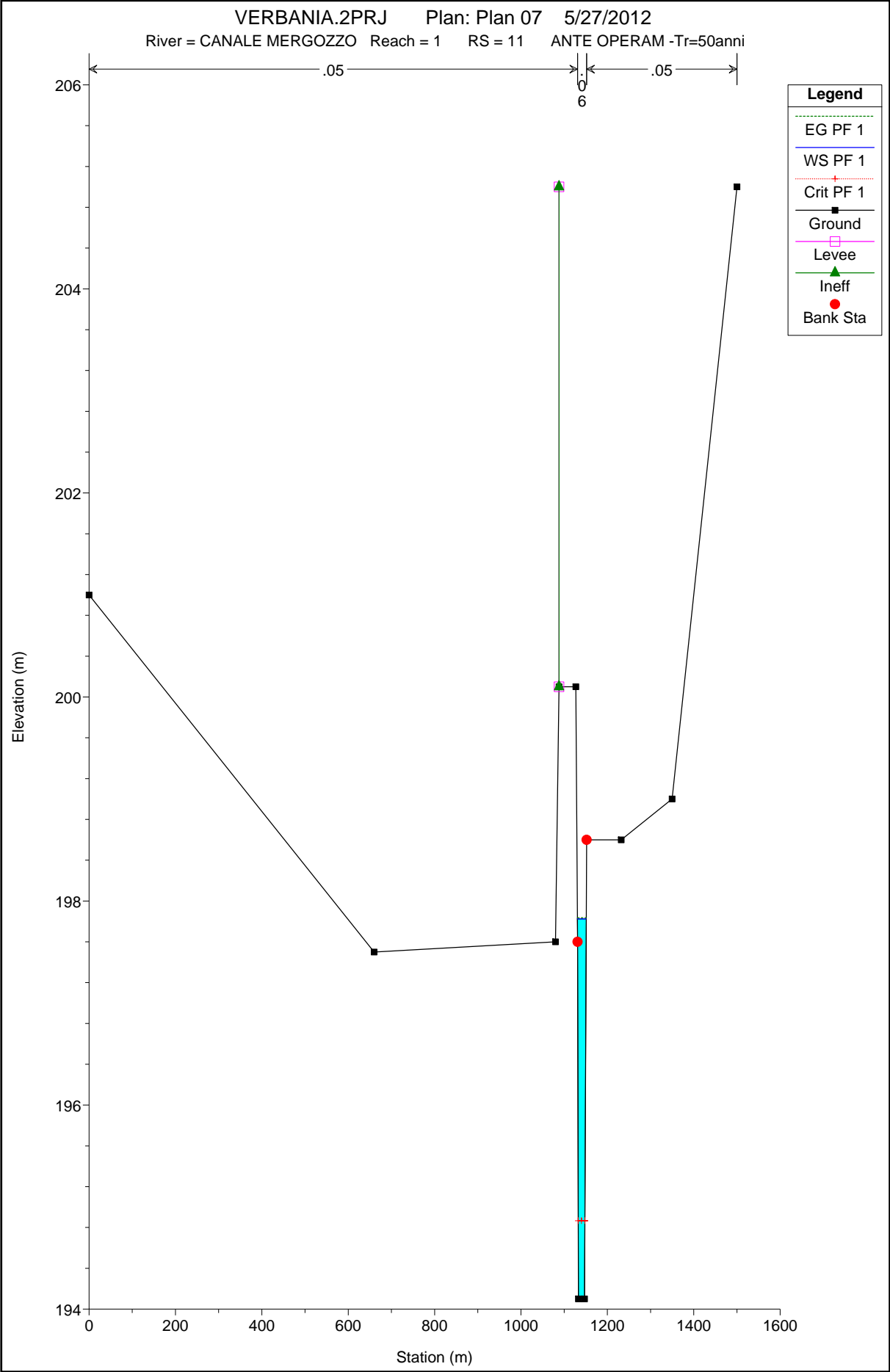


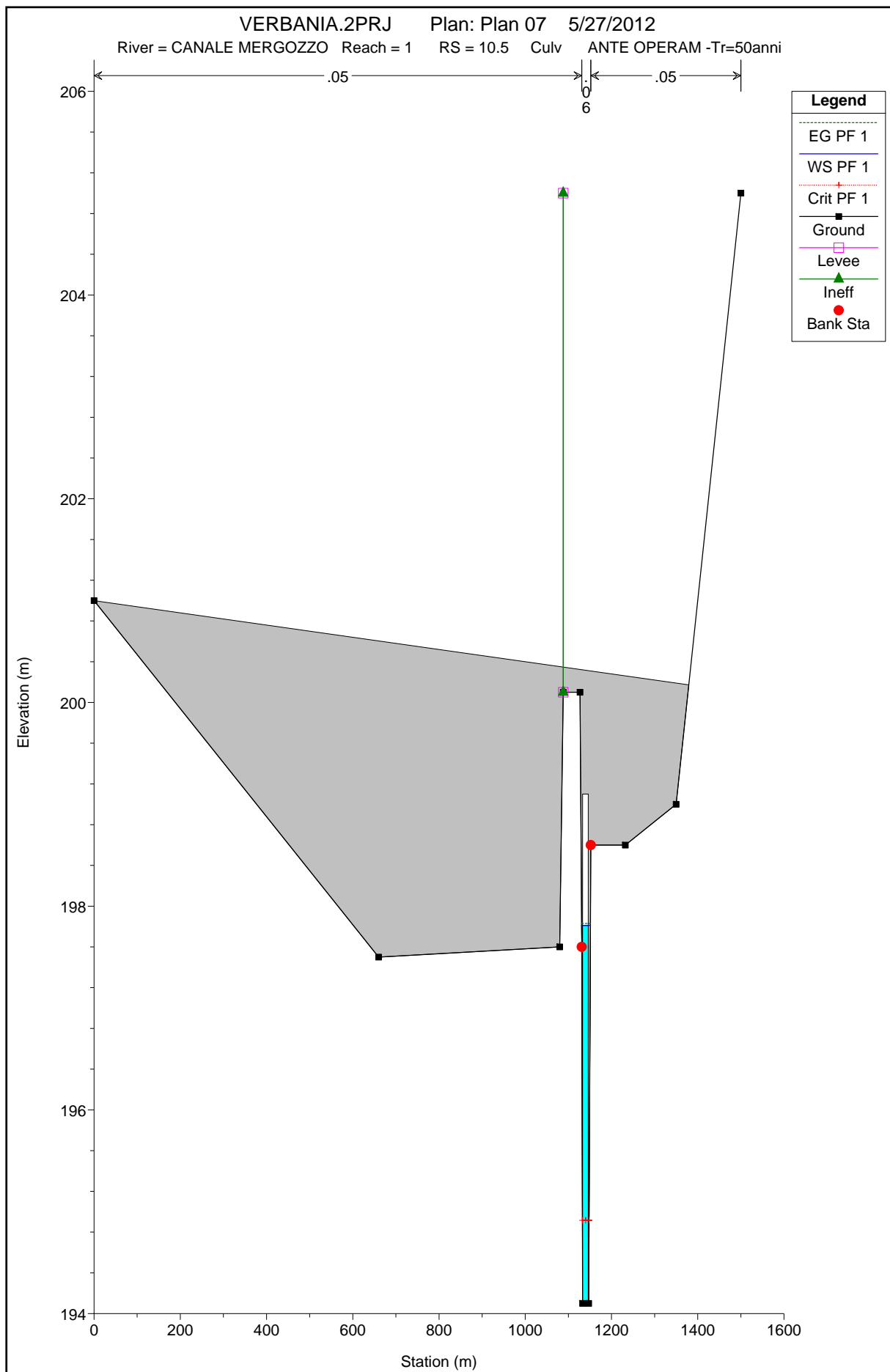


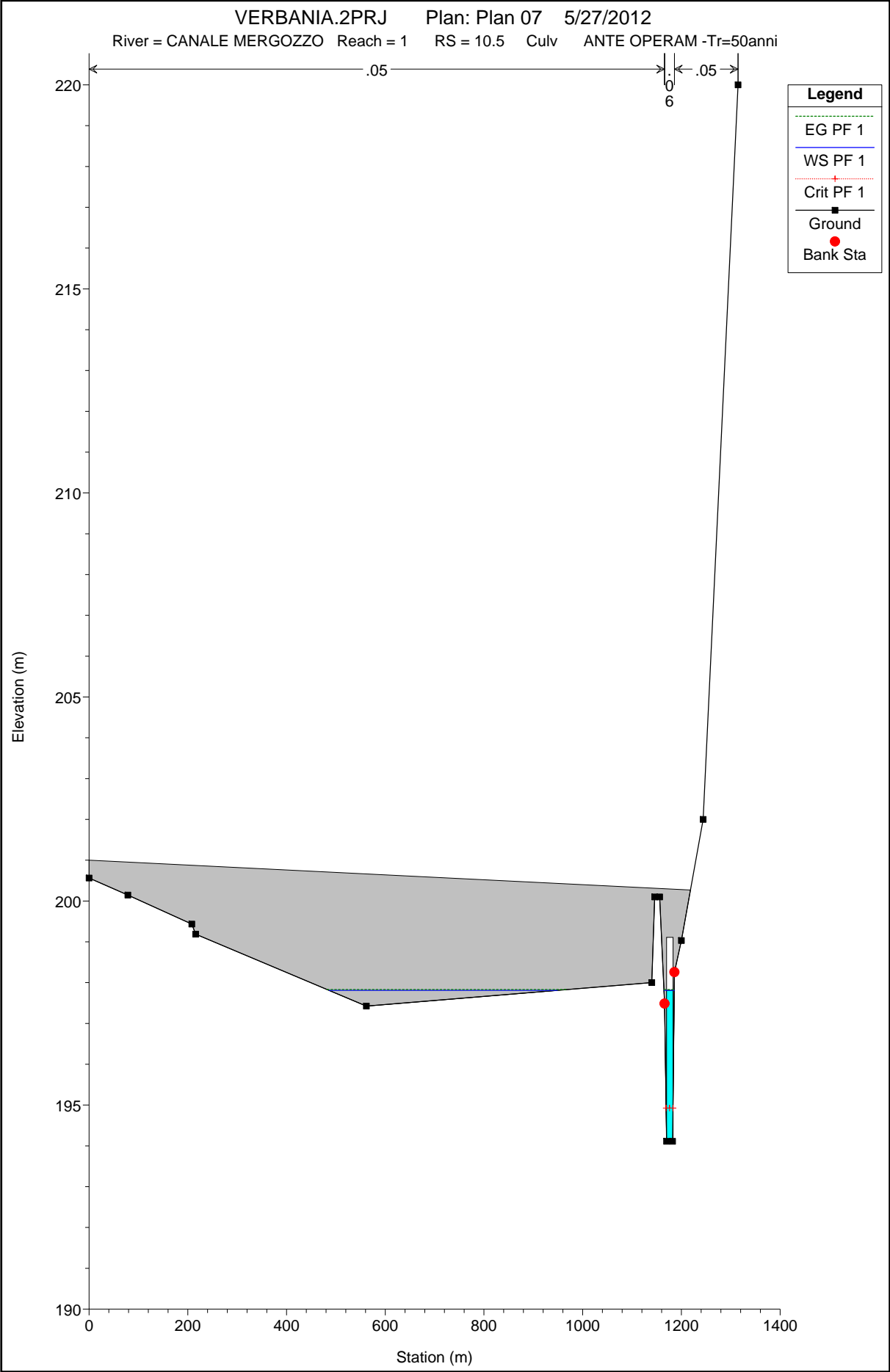


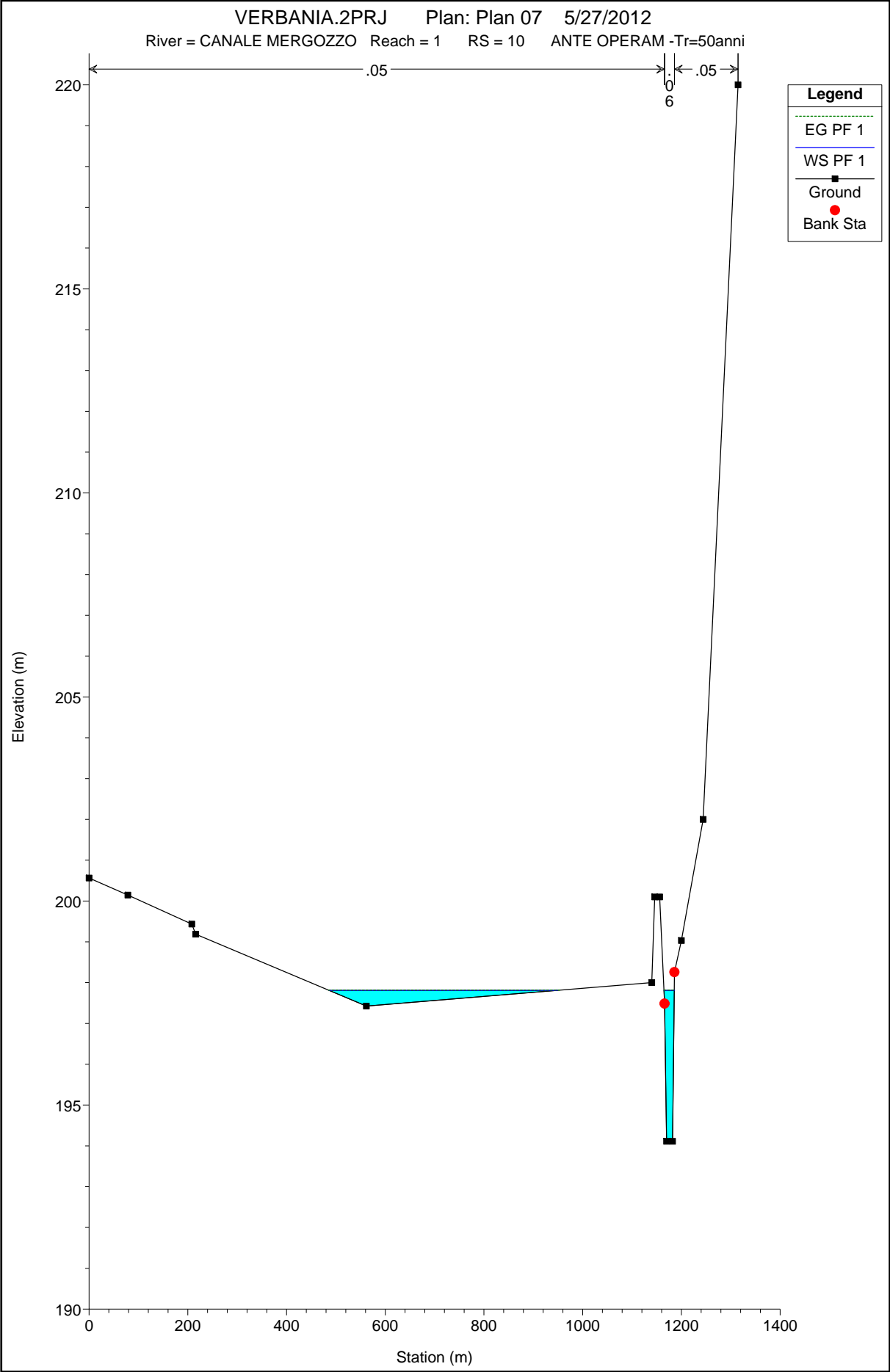


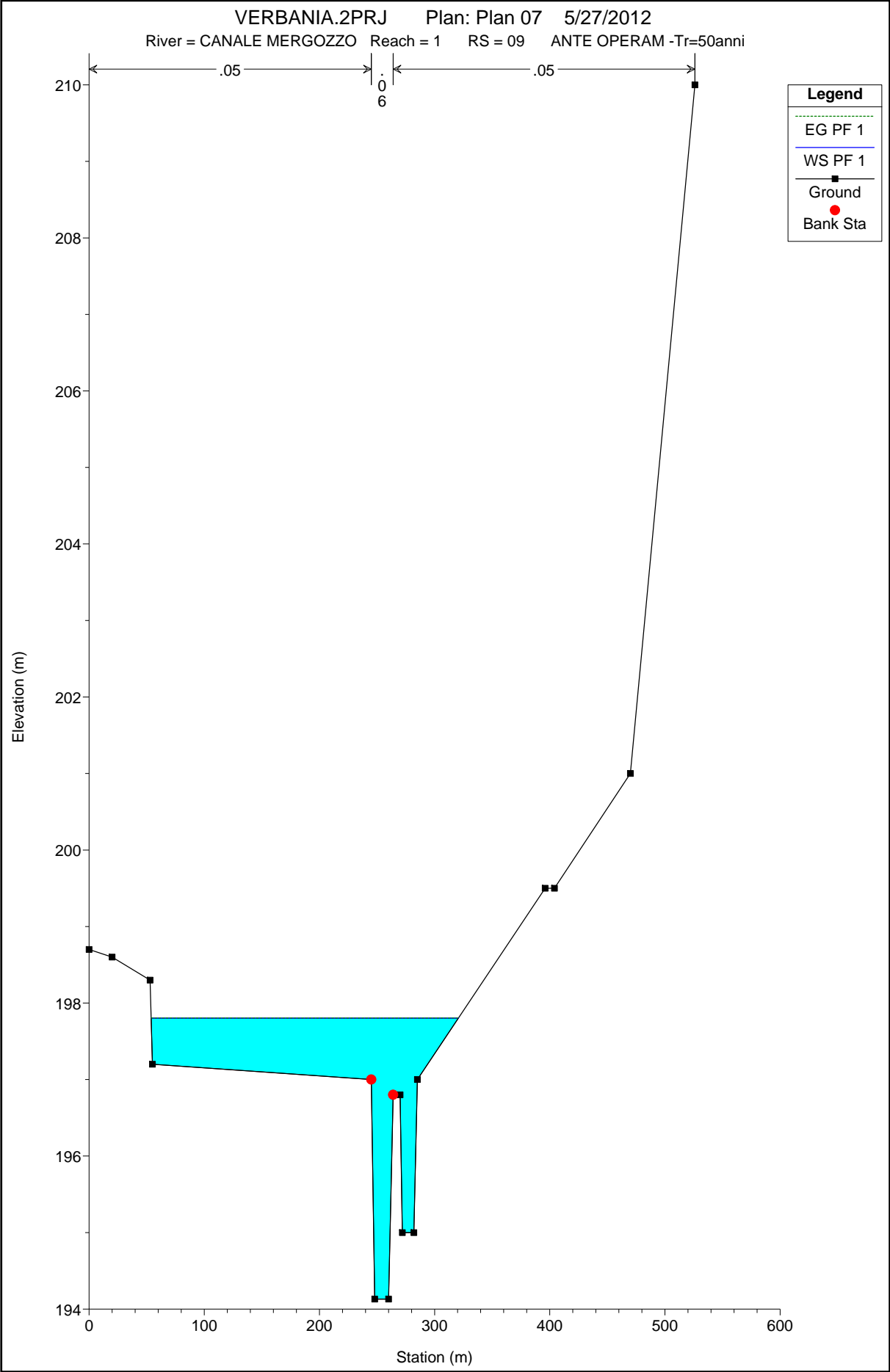






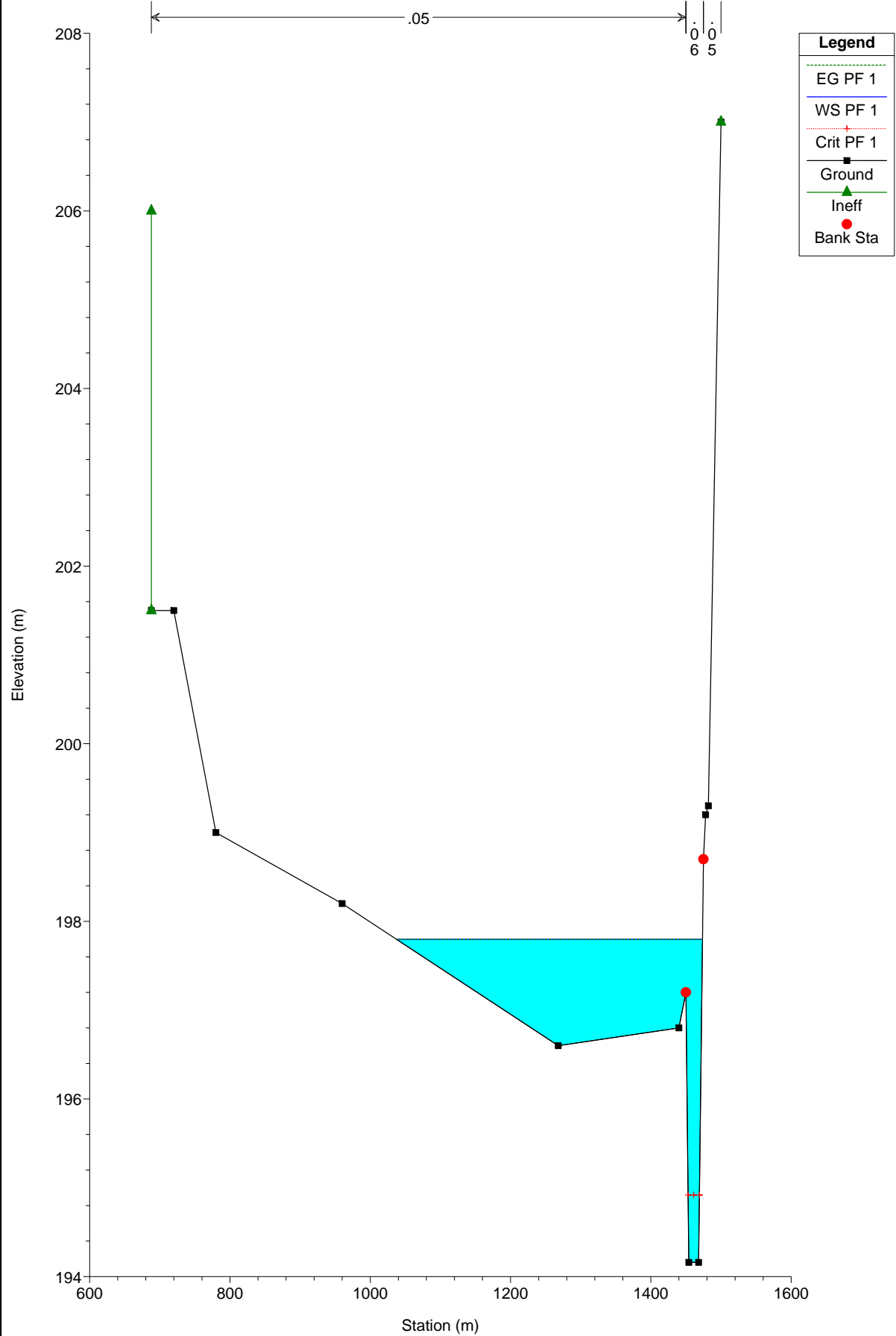


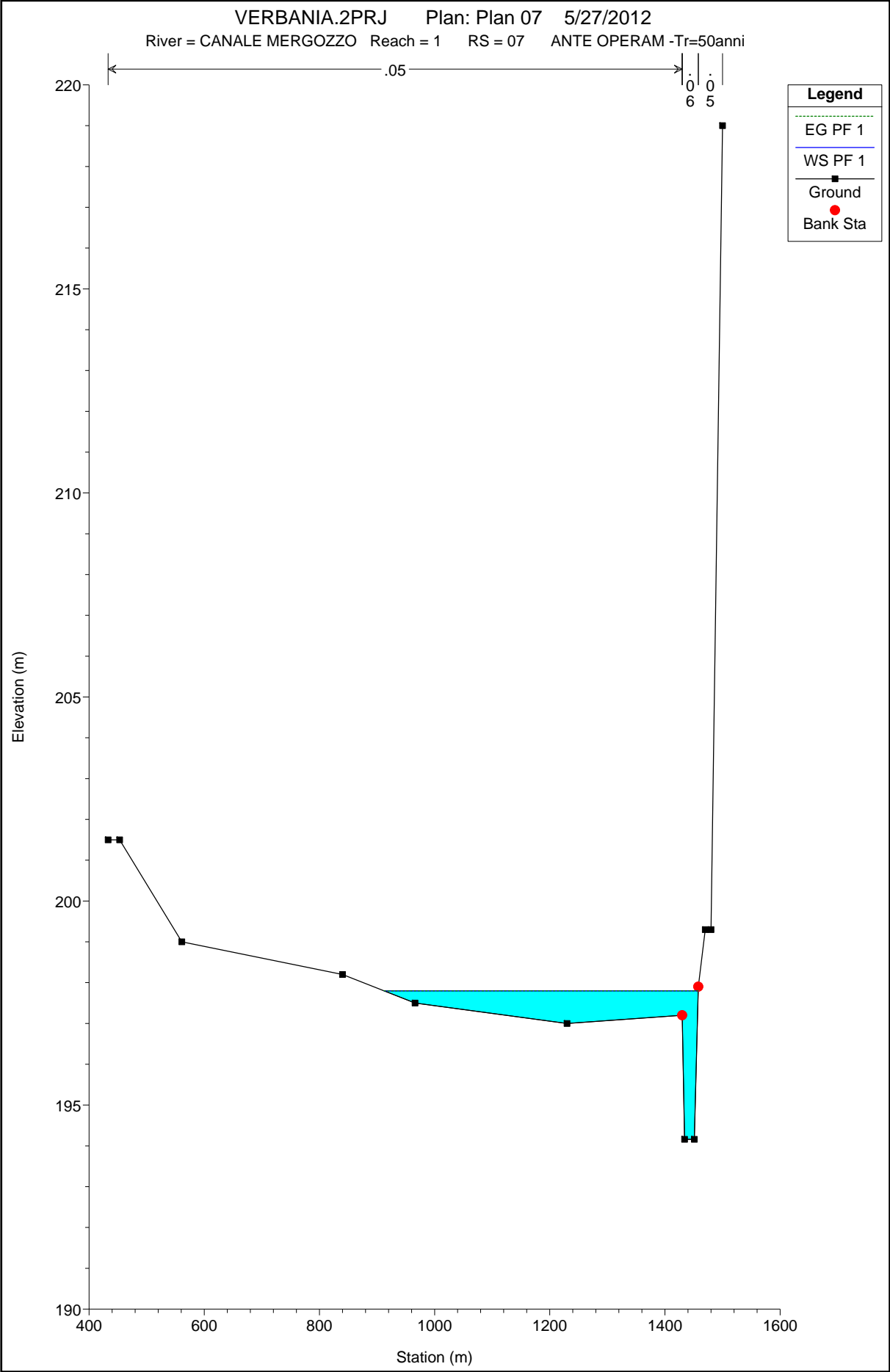


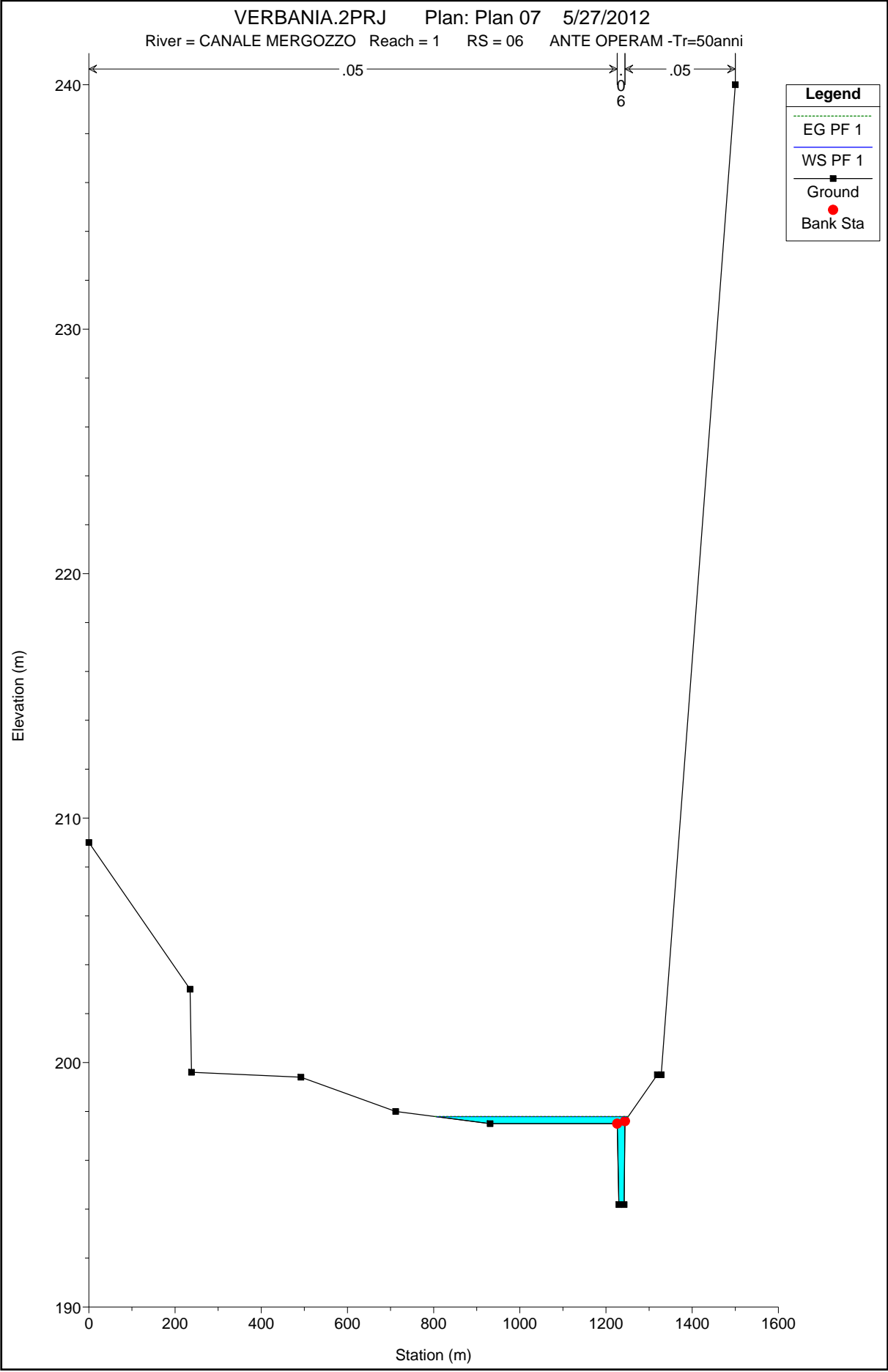


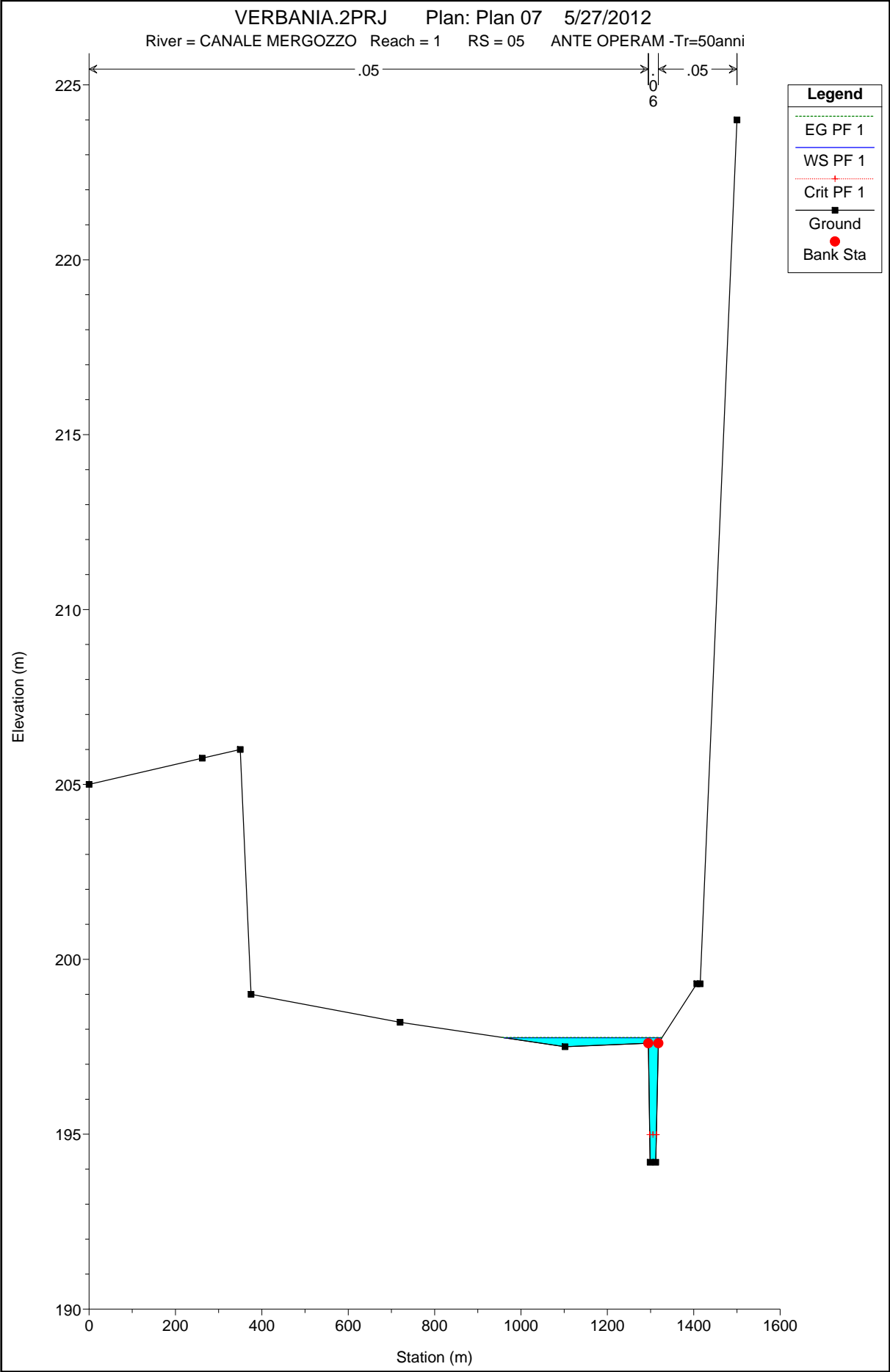
VERBANIA.2PRJ Plan: Plan 07 5/27/2012

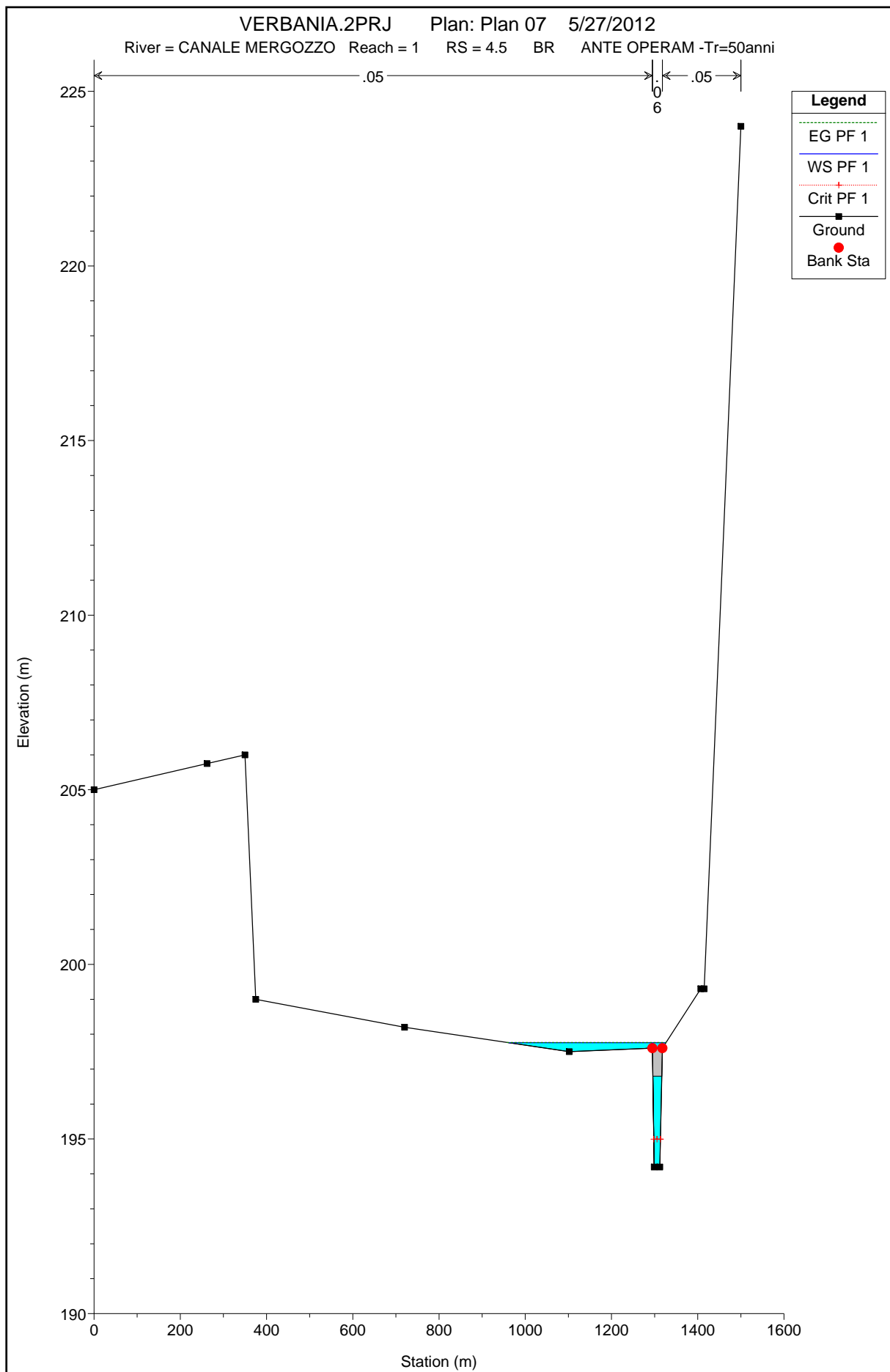
River = CANALE MERGOZZO Reach = 1 RS = 08 ANTE OPERAM -Tr=50anni

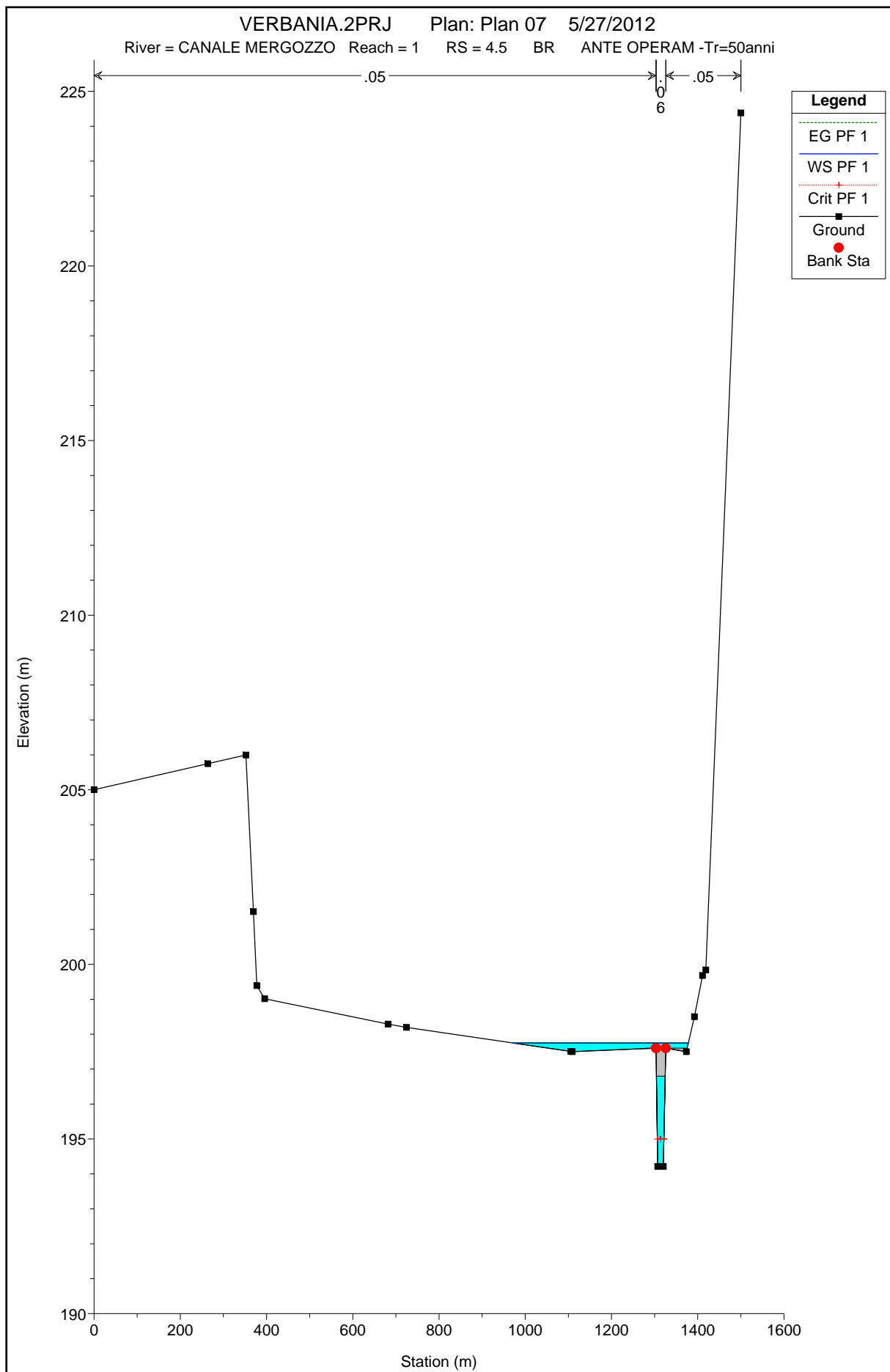


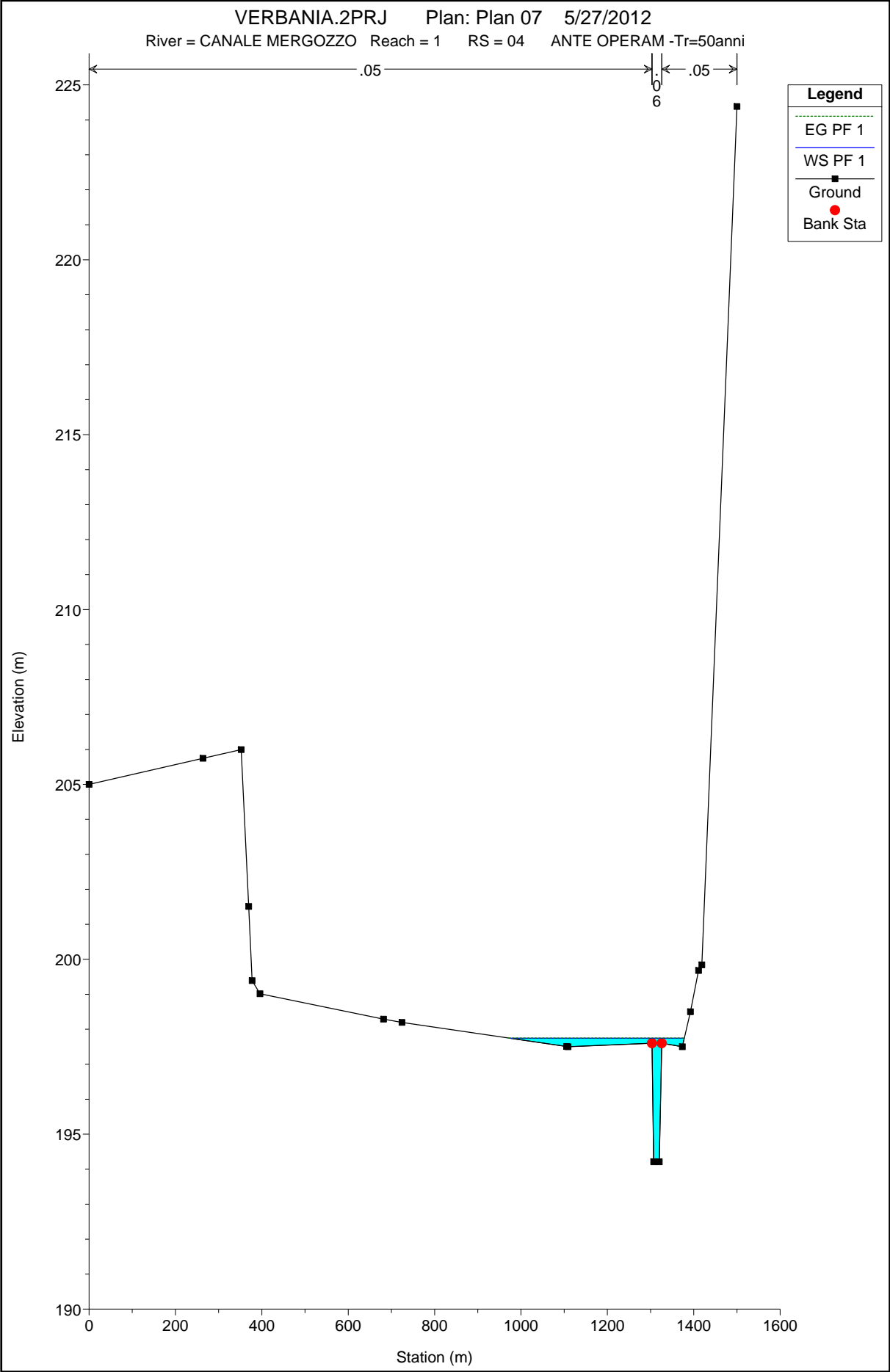


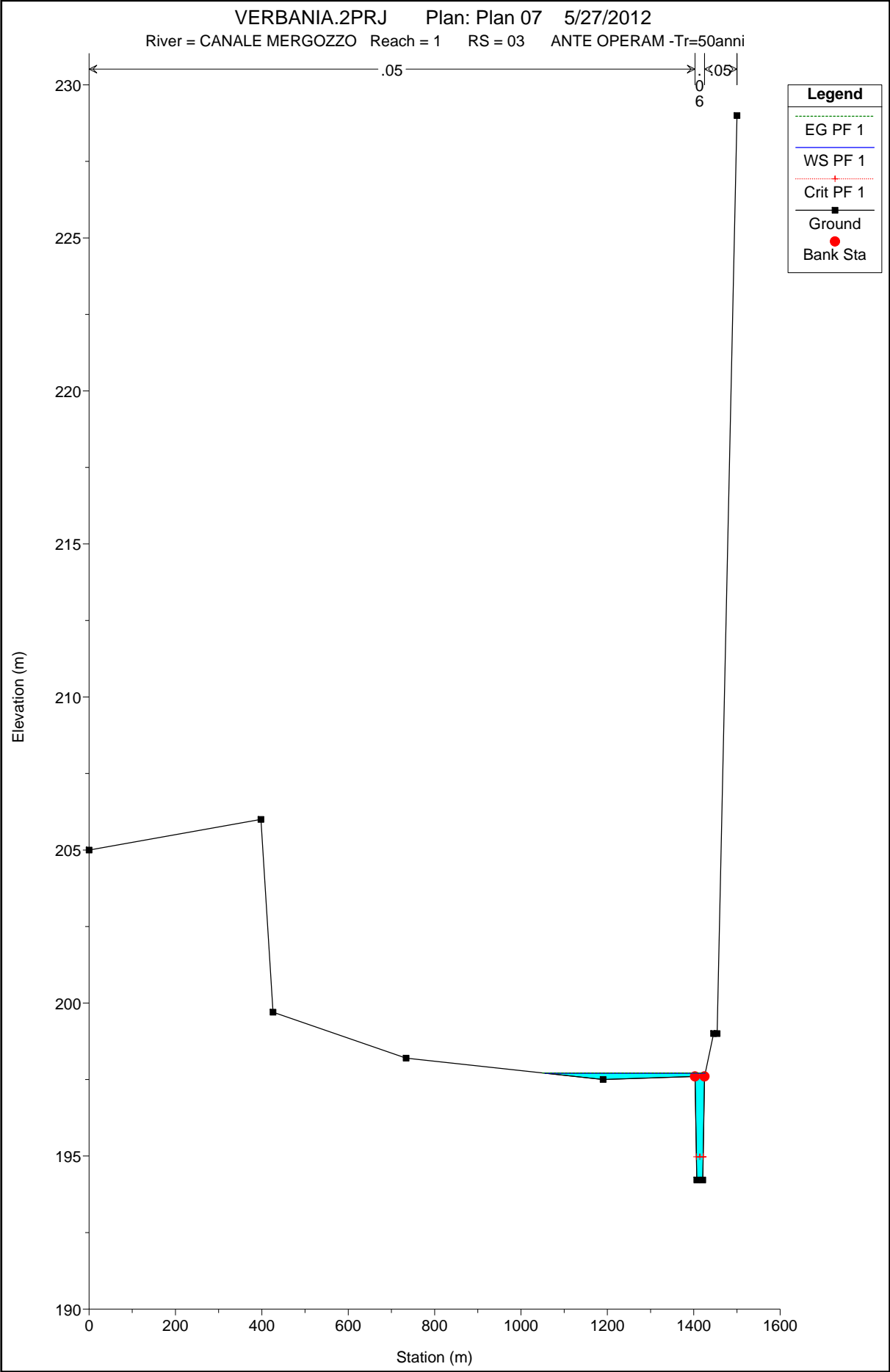


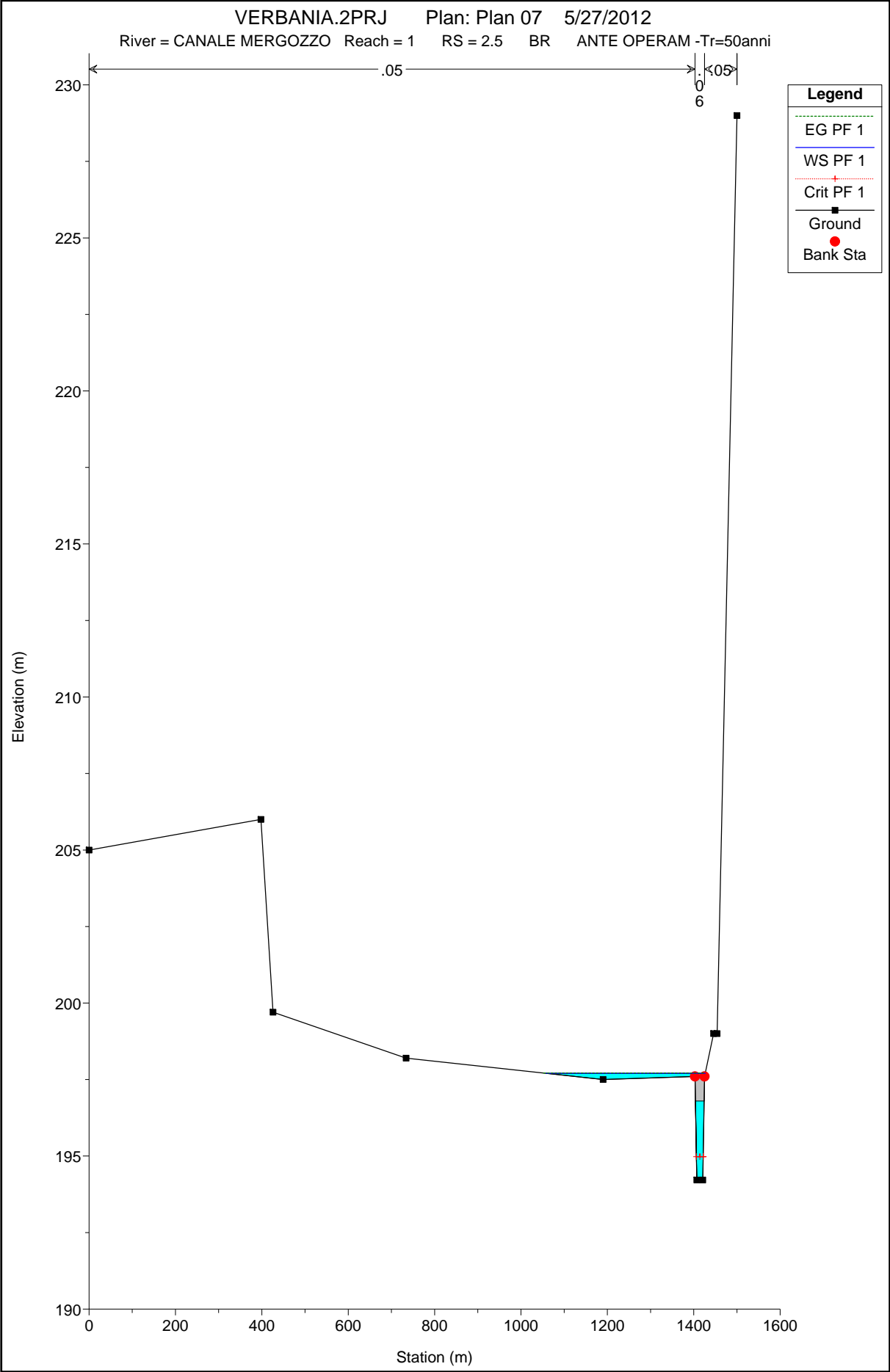


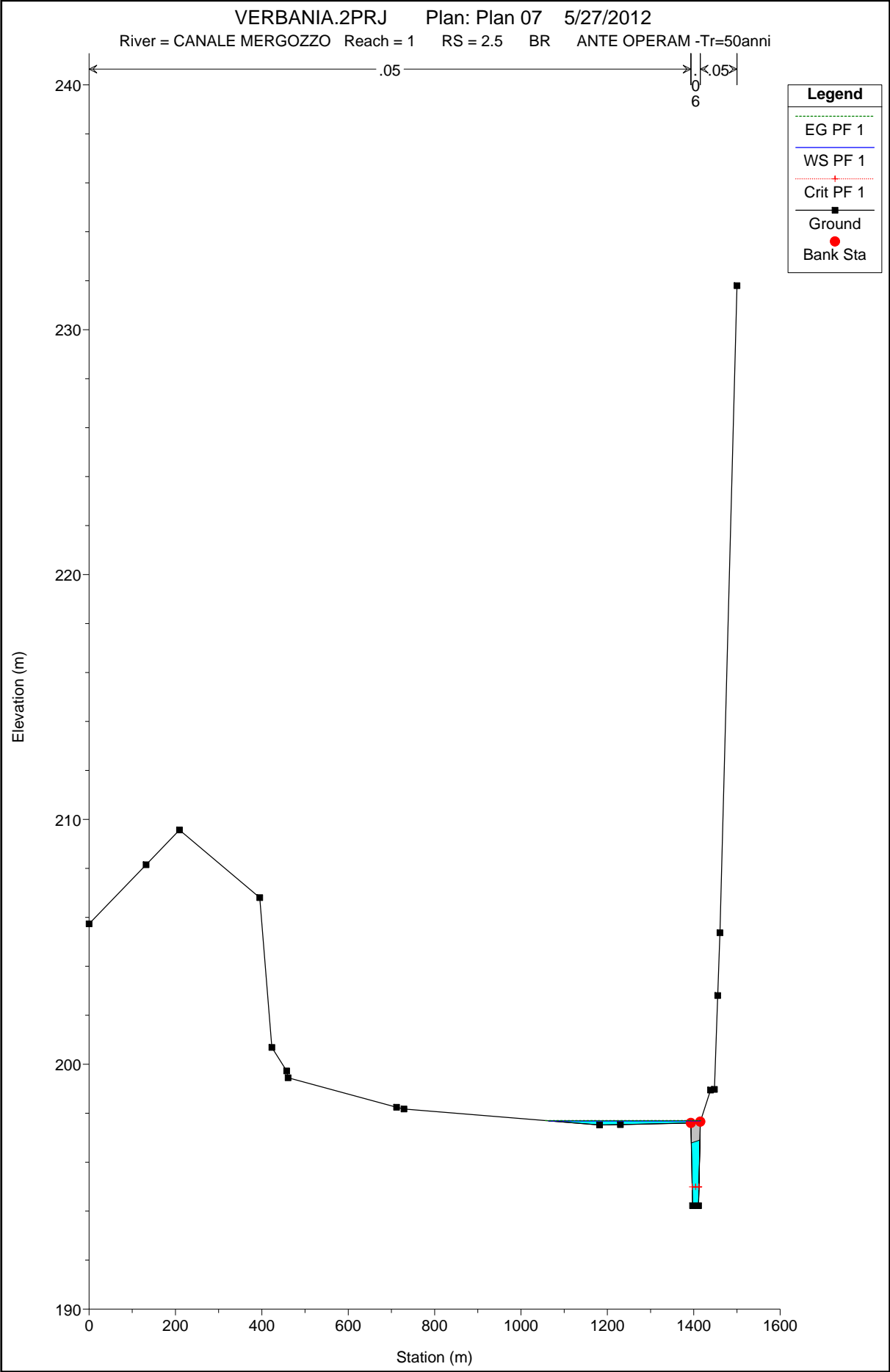


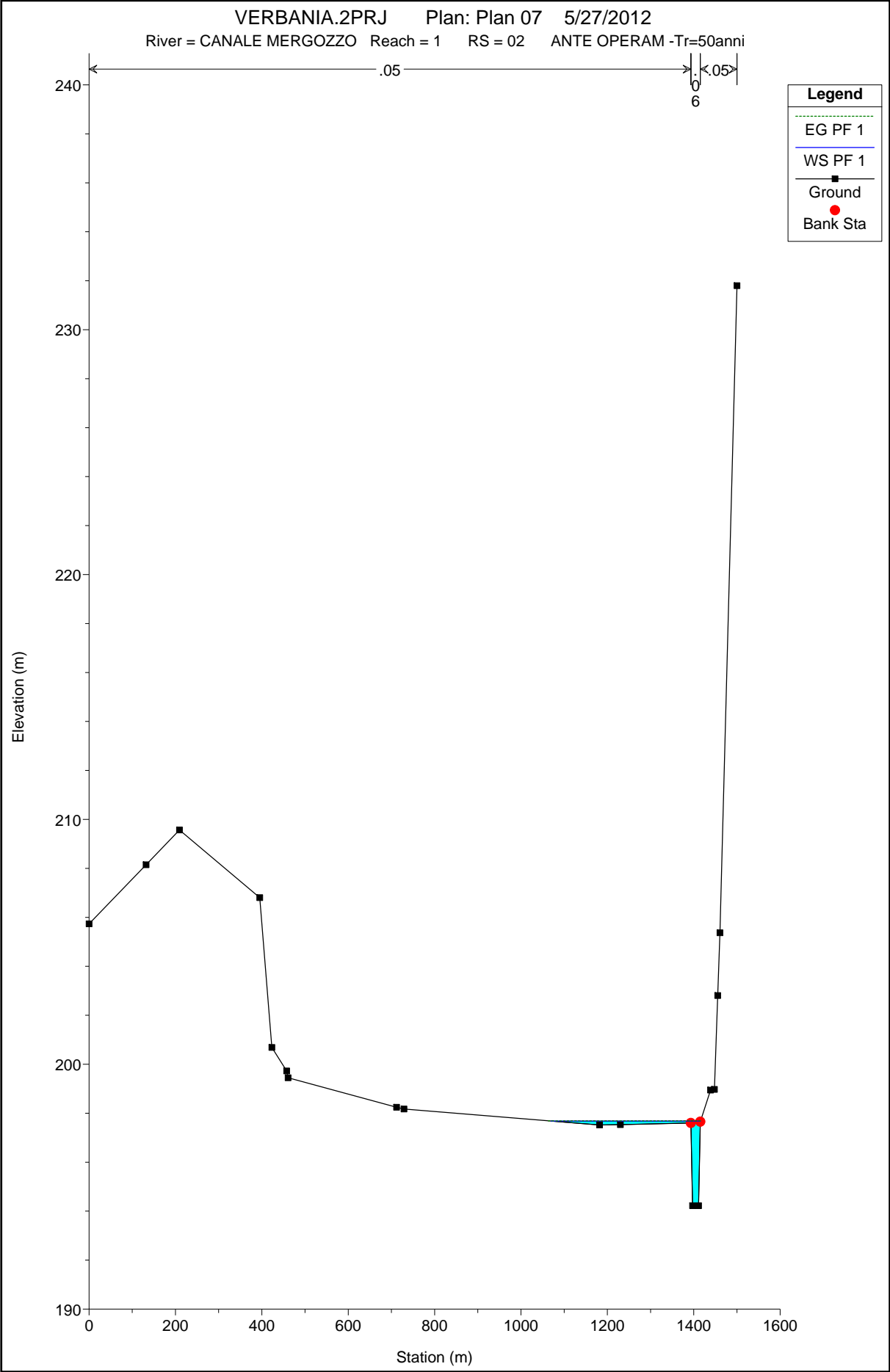


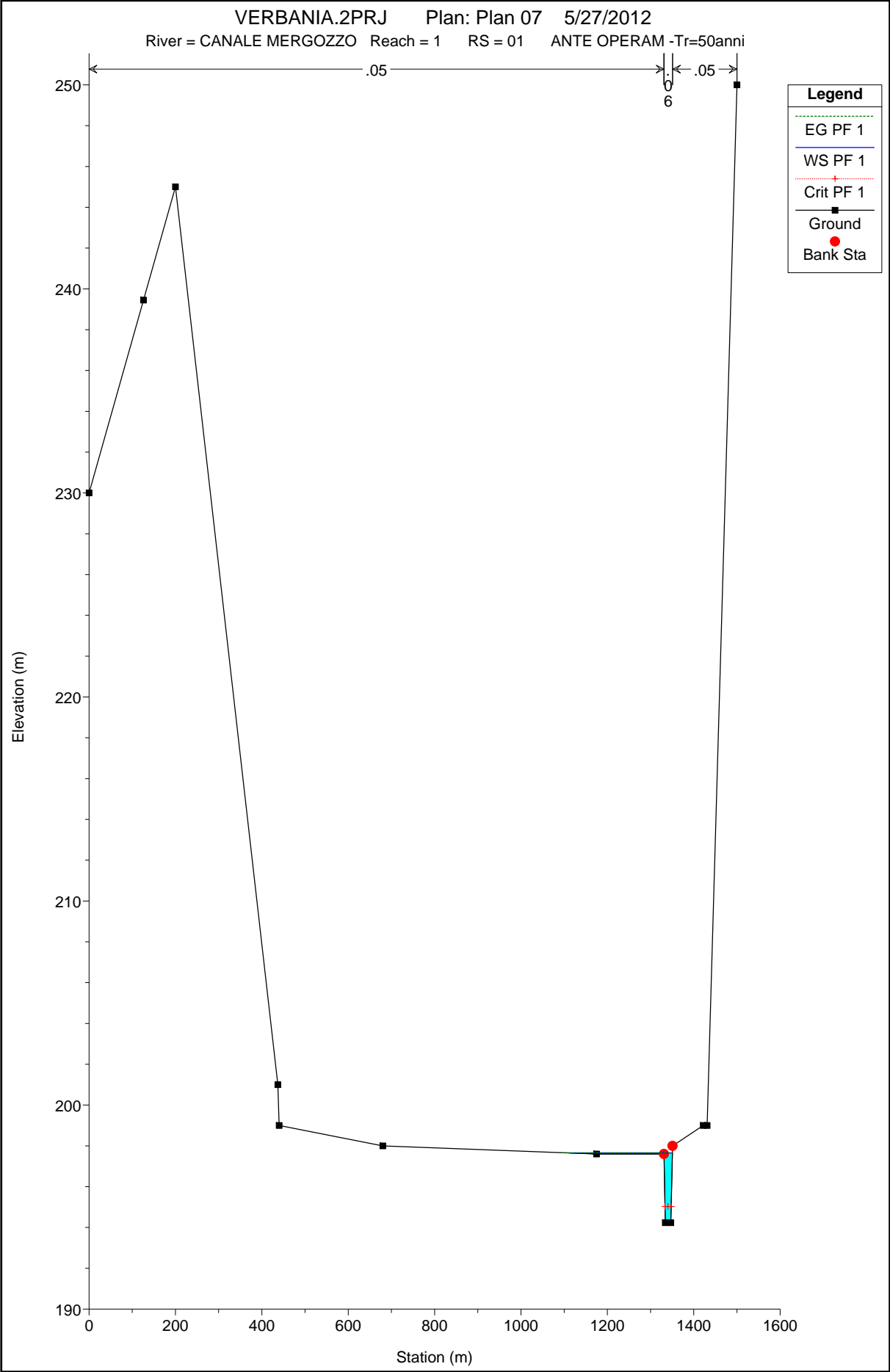












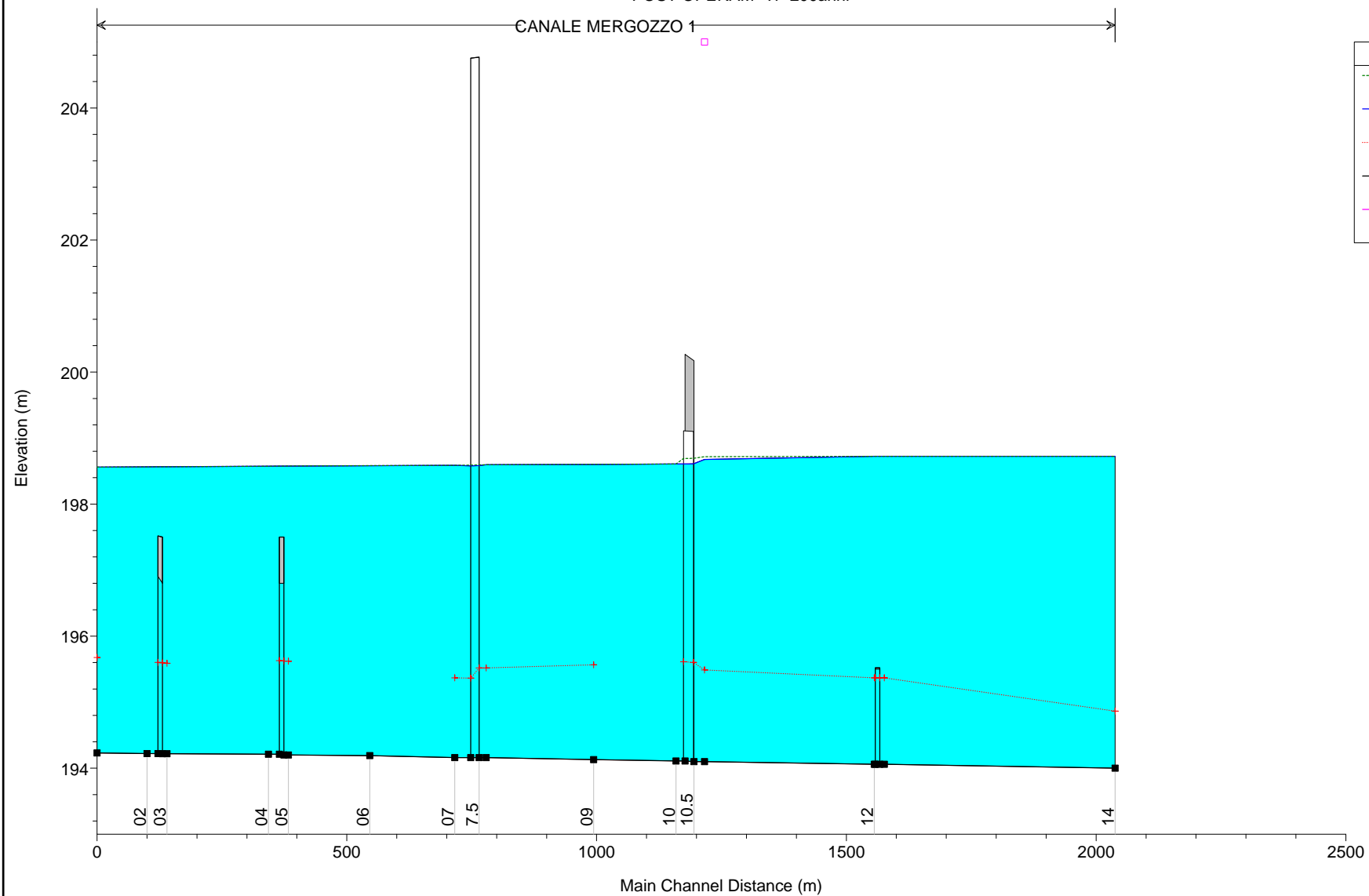
HEC-RAS Plan: Plan 07 River: CANALE MERGOZZO Reach: 1 Profile: PF 1

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)	
1	14	PF 1	30.00	194.00	197.84	194.73	197.84	0.000000	0.02	1891.01	693.73	0.00
1	13	PF 1	30.00	194.06	197.84	194.80	197.84	0.000000	0.03	1391.39	694.17	0.00
1	12.5		Bridge									
1	12	PF 1	30.00	194.06	197.84	194.80	197.84	0.000000	0.03	1391.39	694.17	0.00
1	11	PF 1	30.00	194.10	197.83	194.87	197.84	0.000211	0.47	63.85	20.50	0.08
1	10.5		Culvert									
1	10	PF 1	30.00	194.11	197.81		197.82	0.000147	0.39	148.35	483.64	0.07
1	09	PF 1	30.00	194.13	197.80		197.80	0.000032	0.19	251.78	266.78	0.03
1	08	PF 1	30.00	194.16	197.80	194.92	197.80	0.000014	0.12	405.36	436.58	0.02
1	07	PF 1	30.00	194.16	197.80		197.80	0.000020	0.15	375.24	545.54	0.03
1	06	PF 1	30.00	194.19	197.79		197.79	0.000142	0.37	157.85	445.83	0.07
1	05	PF 1	30.00	194.20	197.76	194.99	197.77	0.000155	0.39	124.71	366.59	0.07
1	4.5		Bridge									
1	04	PF 1	30.00	194.21	197.74		197.75	0.000159	0.39	127.31	403.28	0.07
1	03	PF 1	30.00	194.22	197.71	194.98	197.71	0.000181	0.42	110.49	371.14	0.08
1	2.5		Bridge									
1	02	PF 1	30.00	194.22	197.68		197.69	0.000208	0.45	96.84	345.87	0.08
1	01	PF 1	30.00	194.23	197.65	195.03	197.66	0.000301	0.53	65.21	237.50	0.10

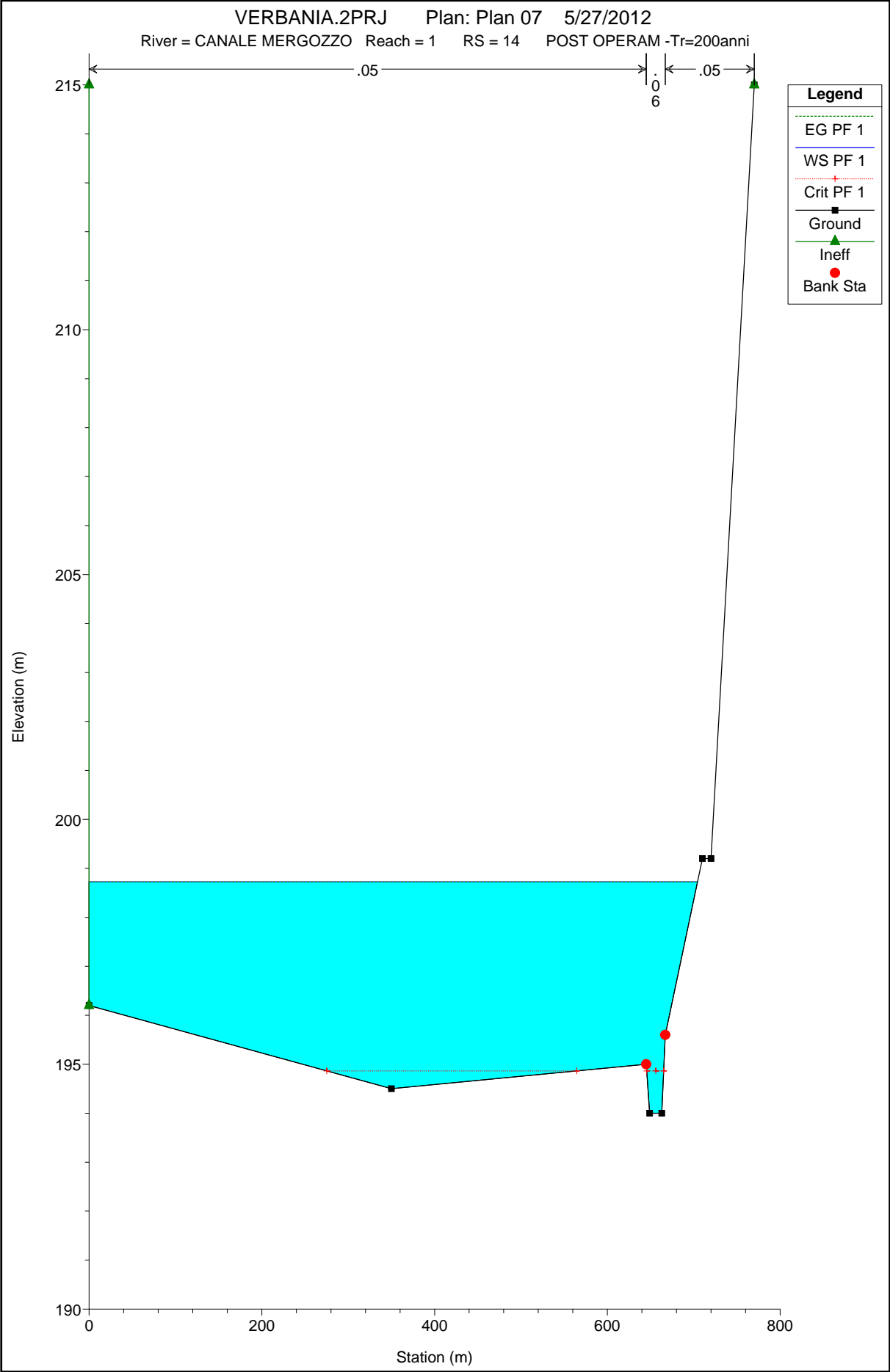
POST OPERAM

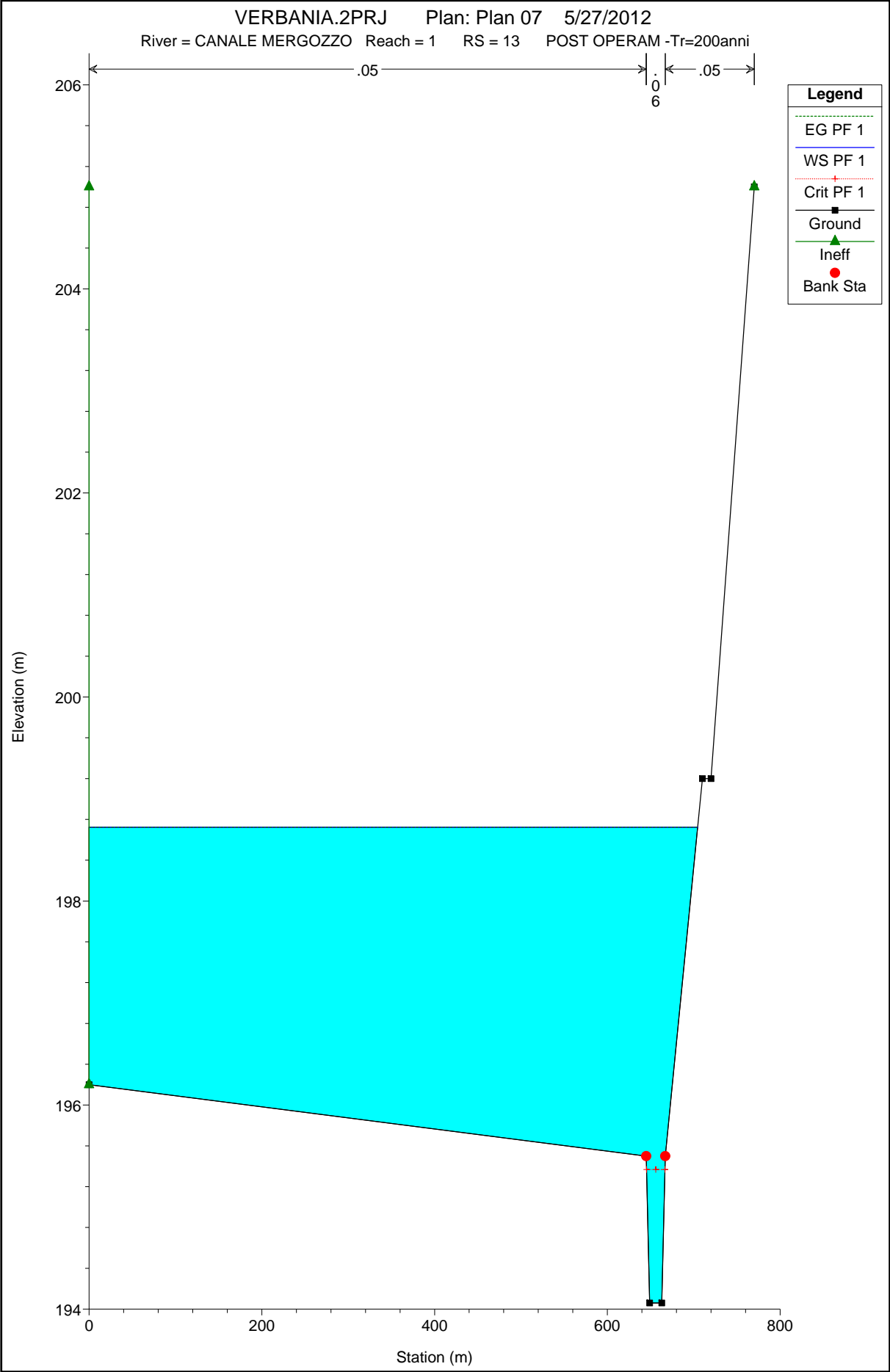
Tr=200anni

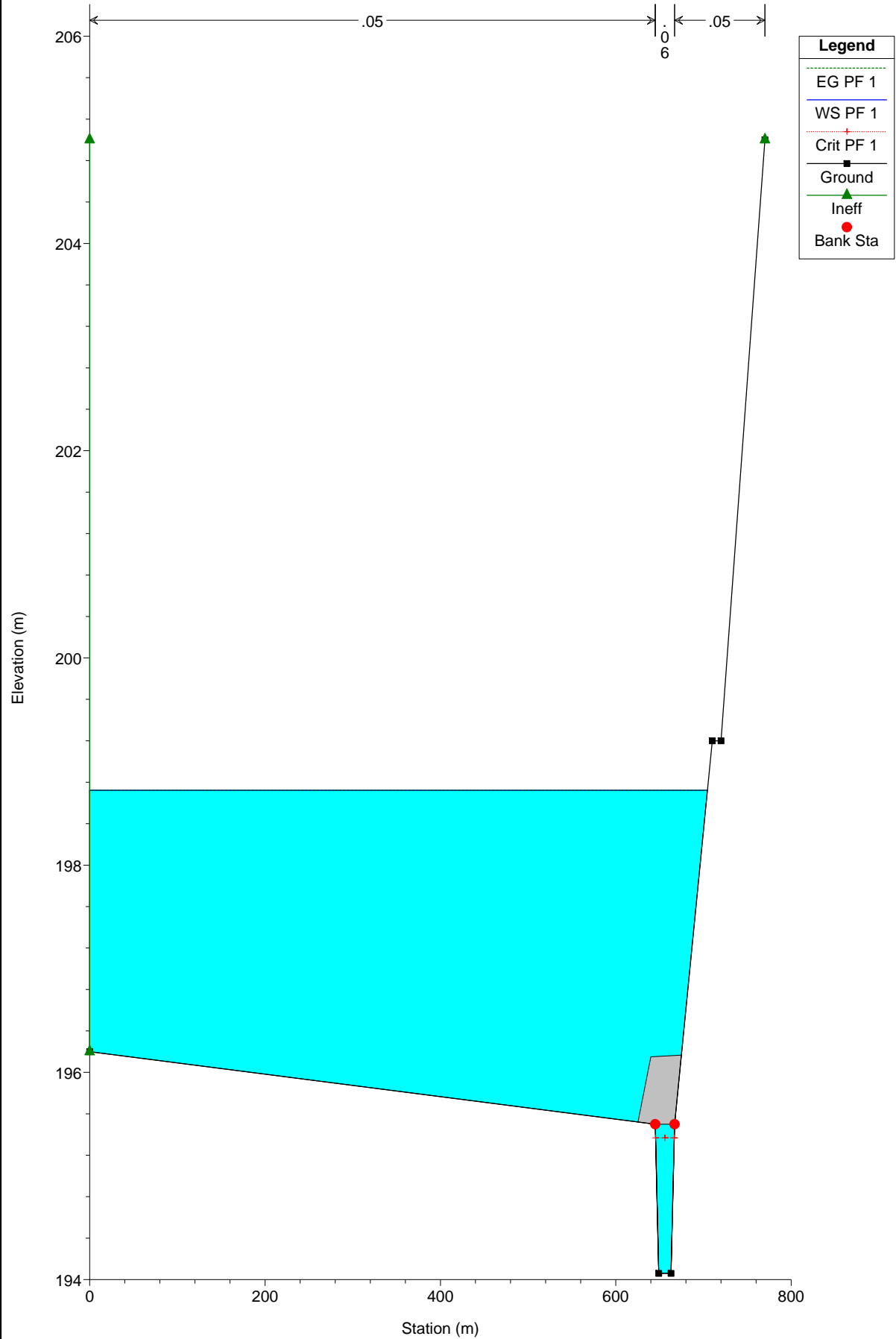
VERBANIA.2PRJ Plan: Plan 07 5/27/2012
POST OPERAM -Tr=200anni

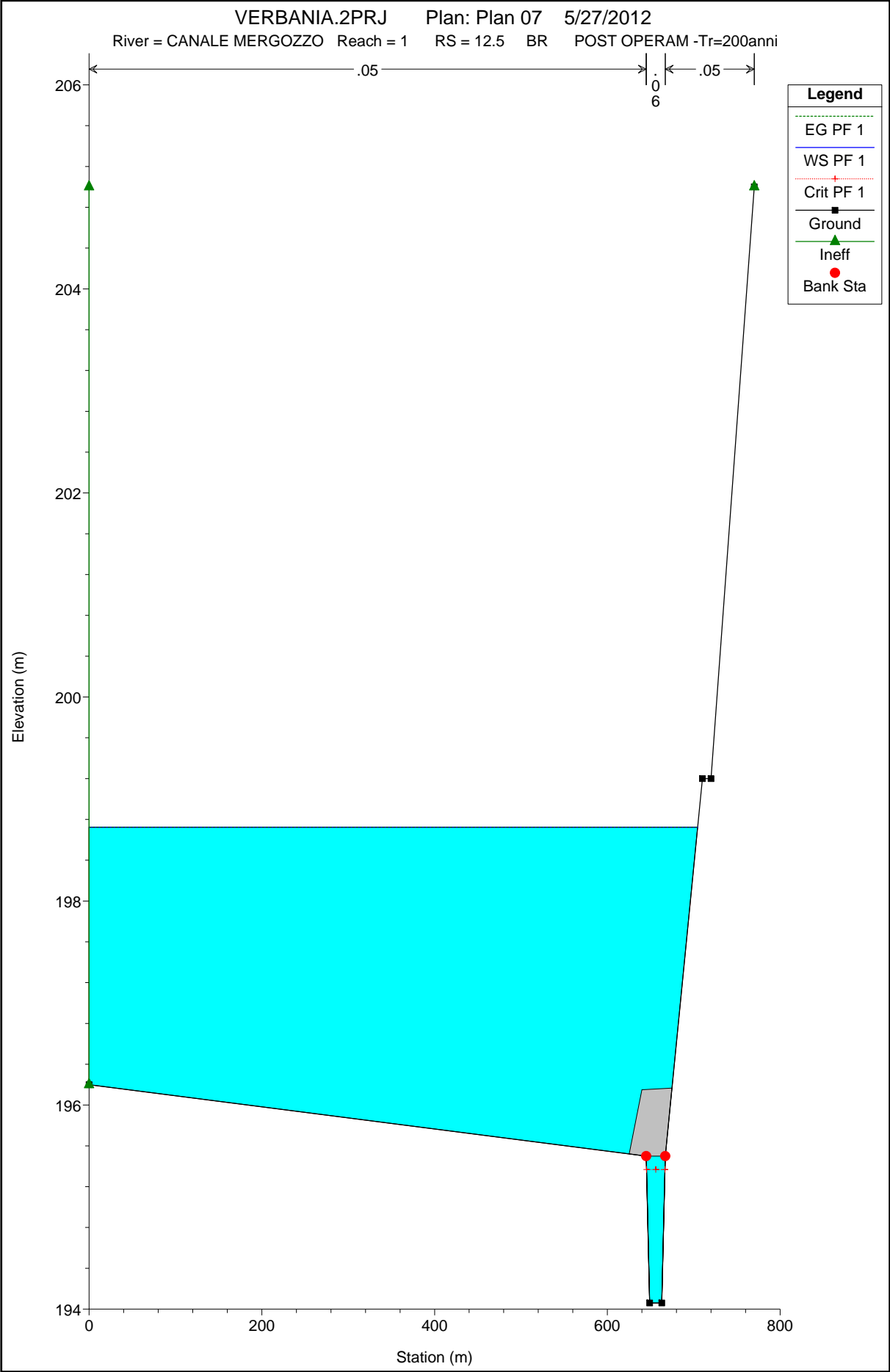


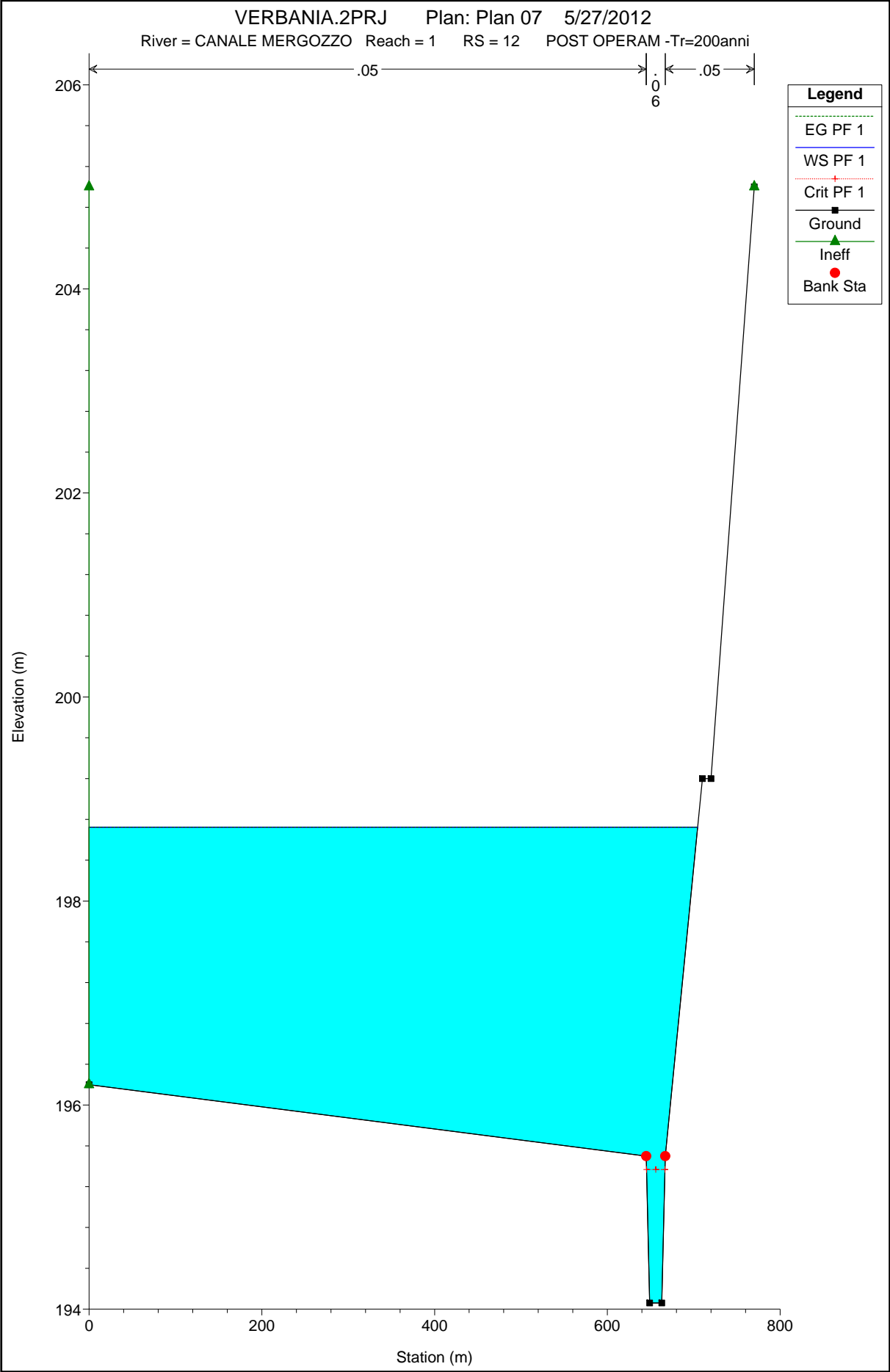
Legend	
EG PF 1	
WS PF 1	
Crit PF 1	
Ground	
Left Levee	

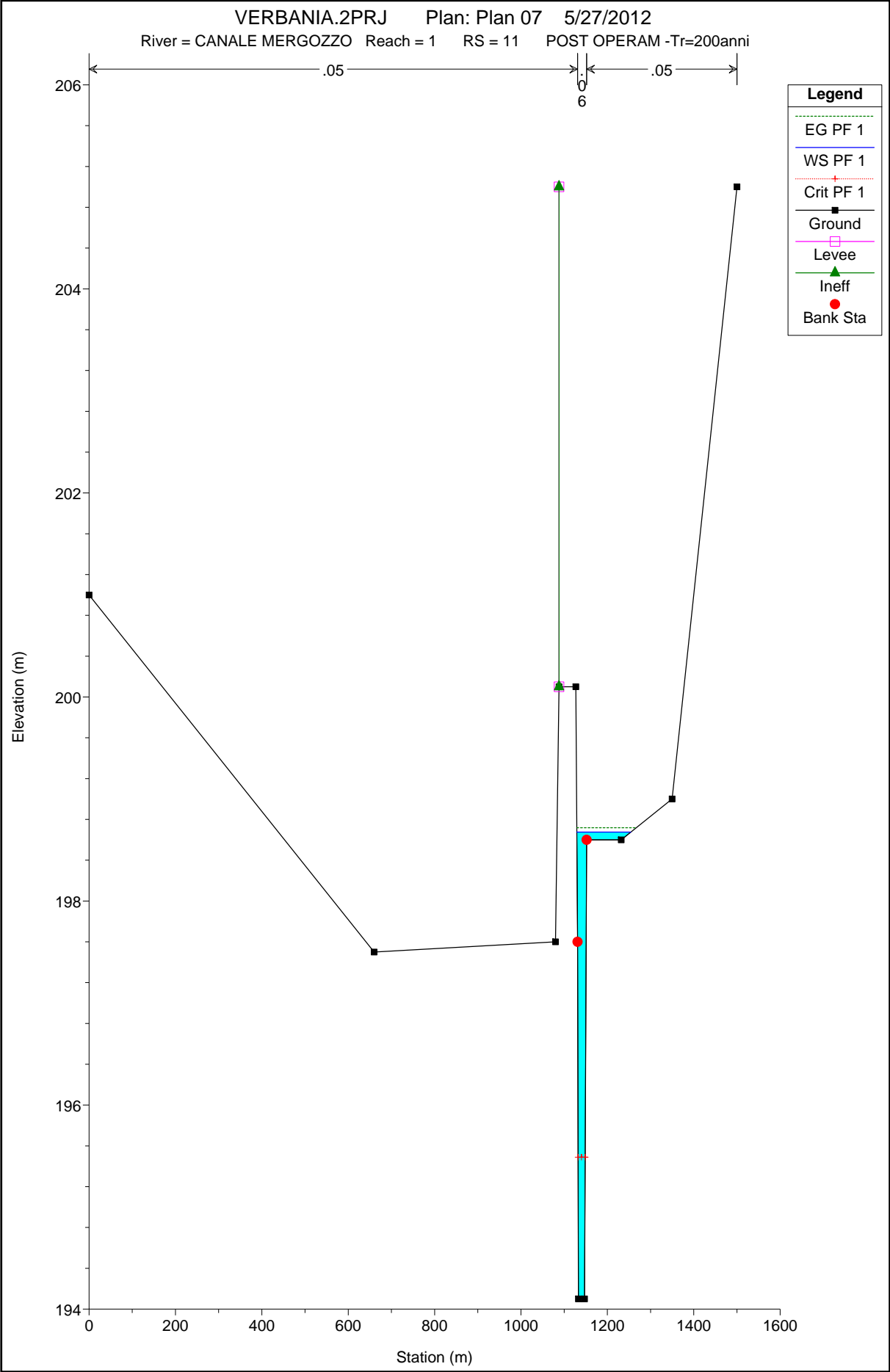


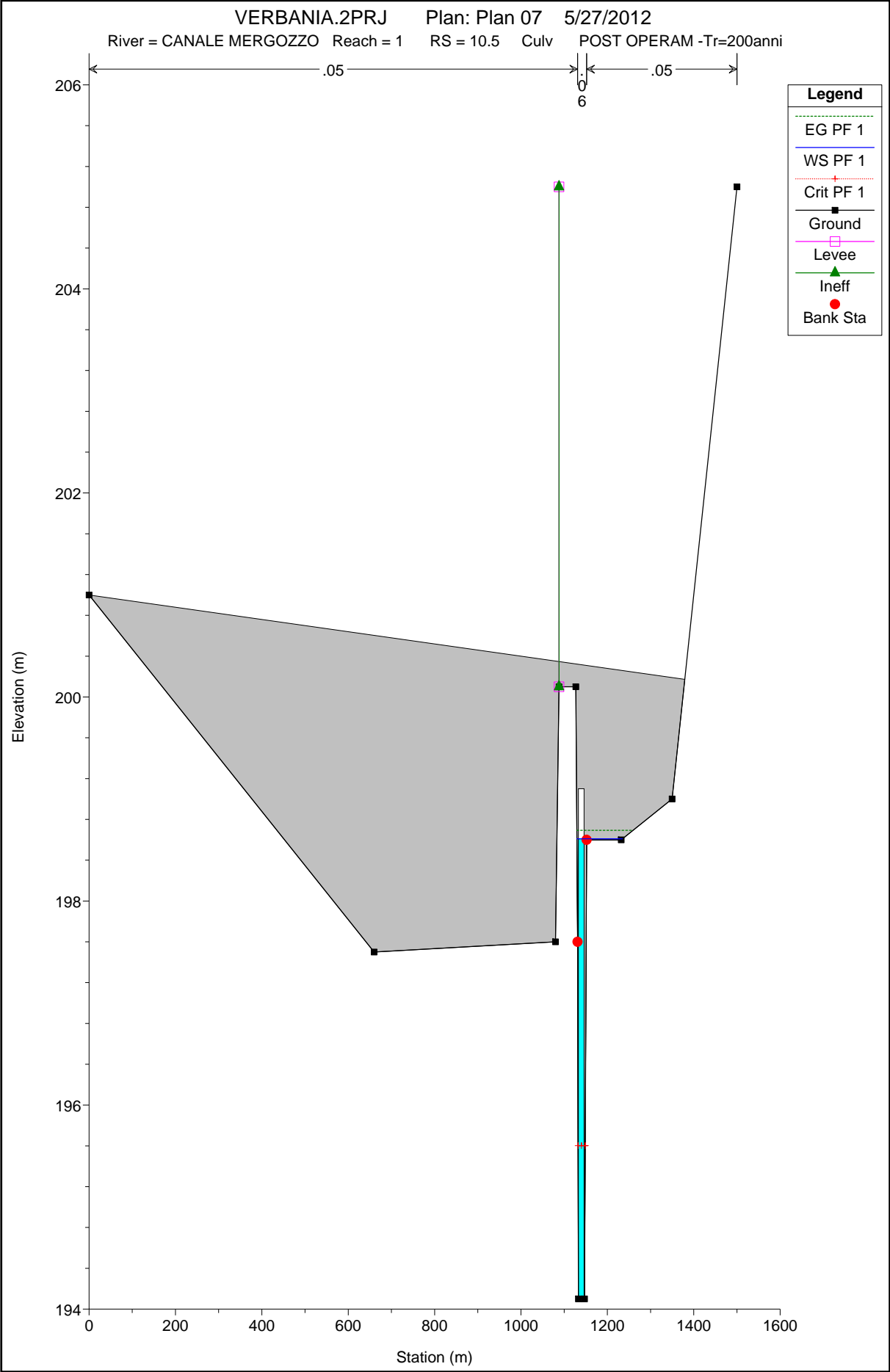


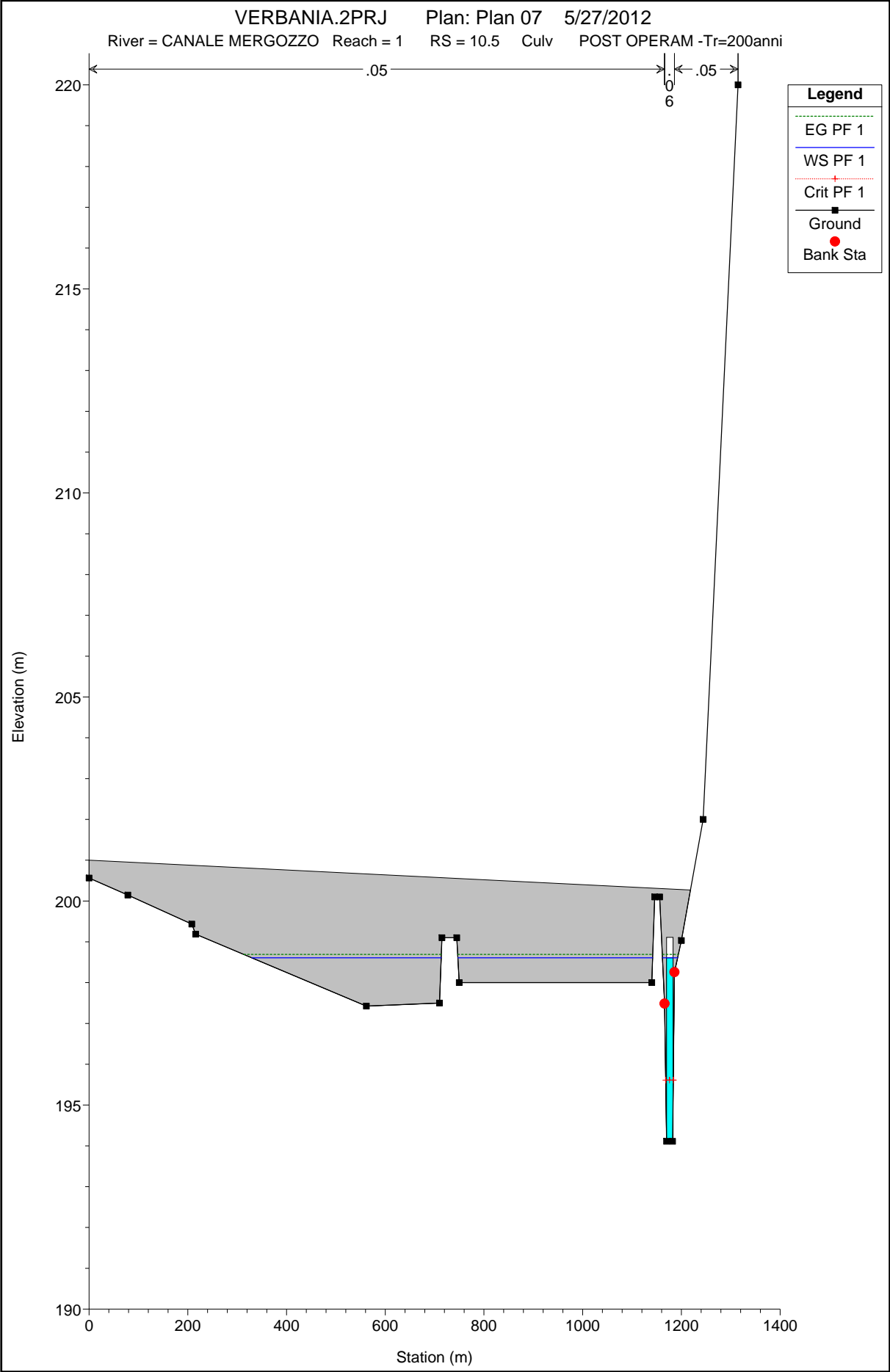


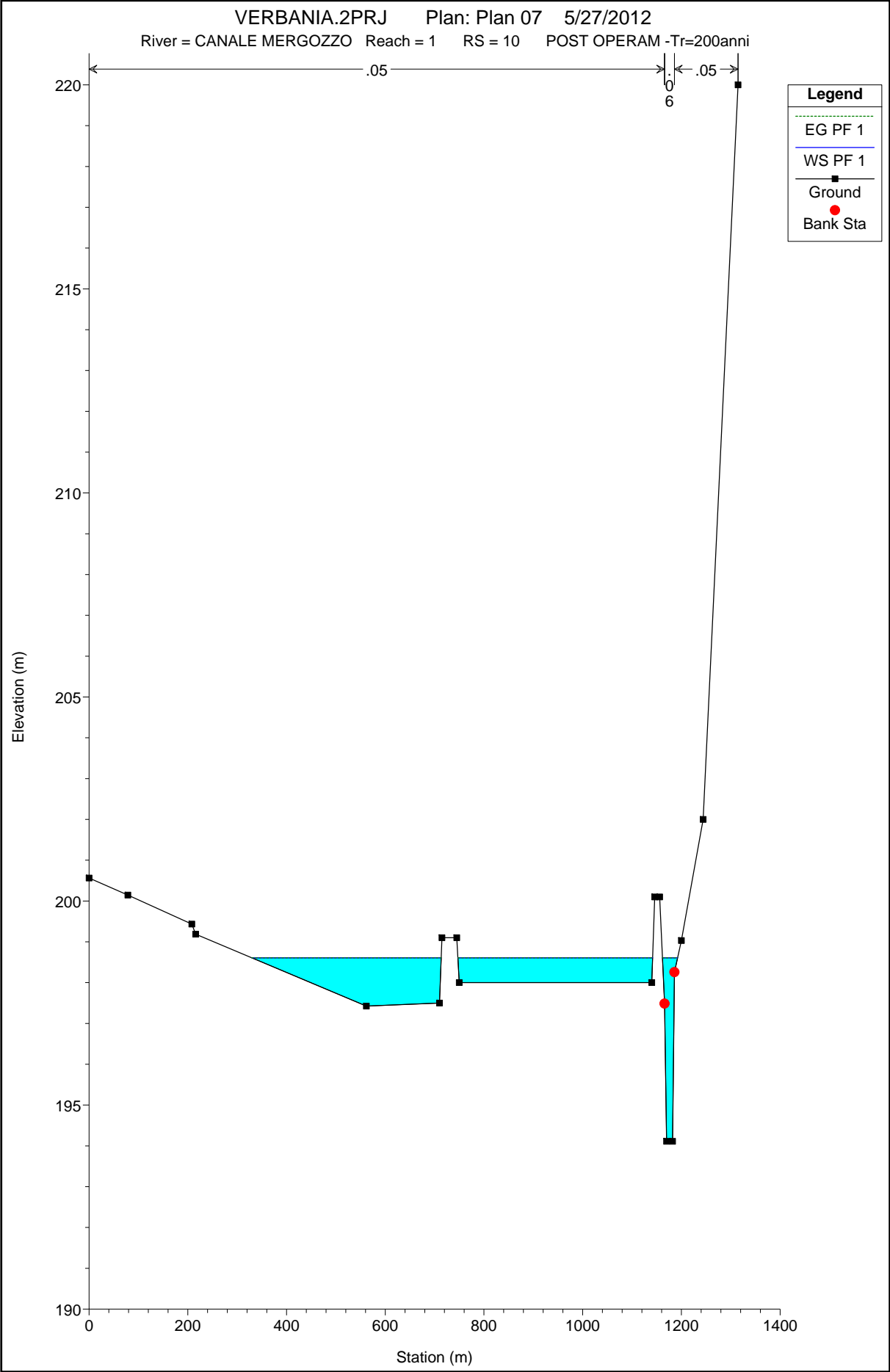


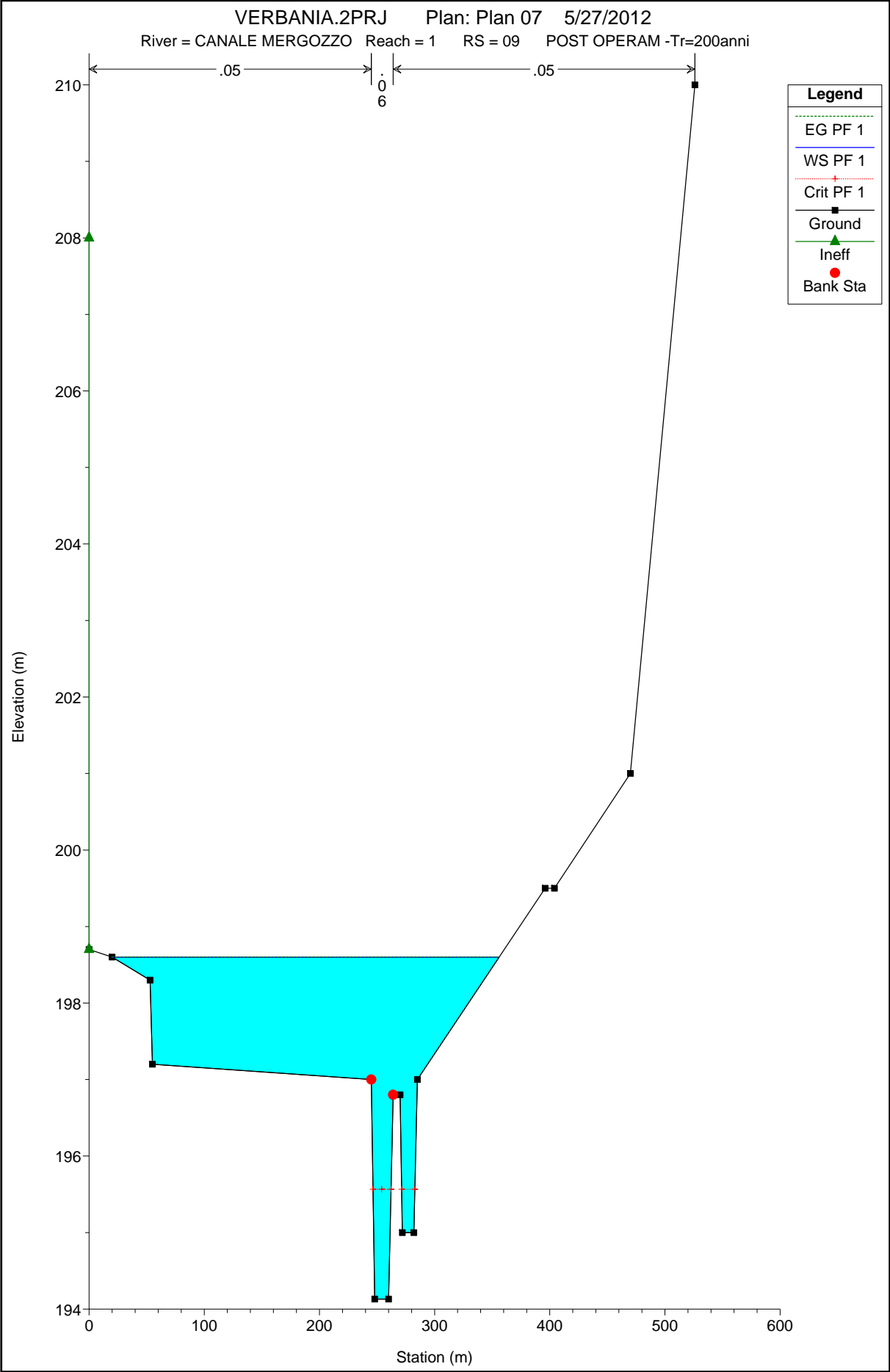


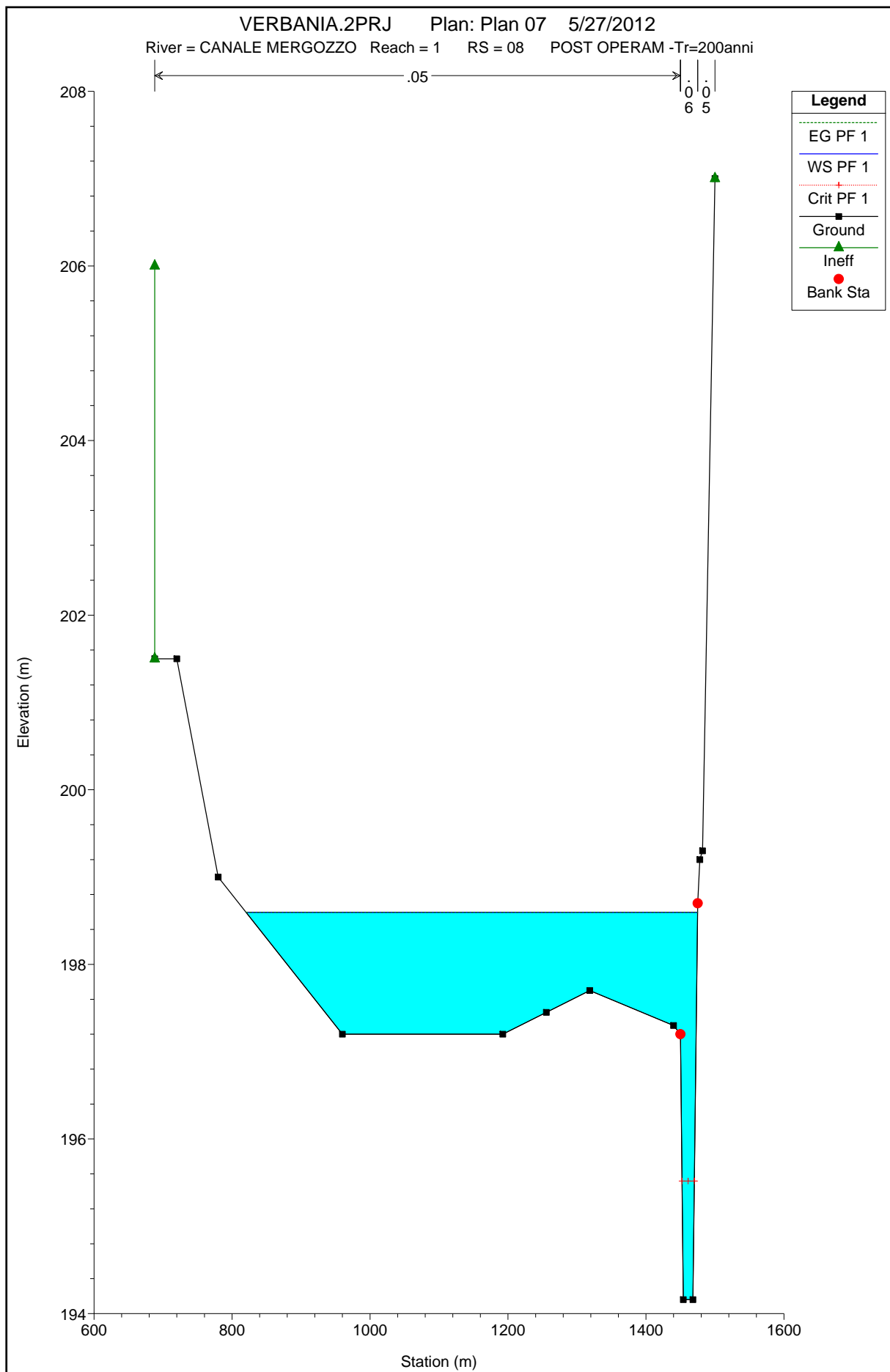


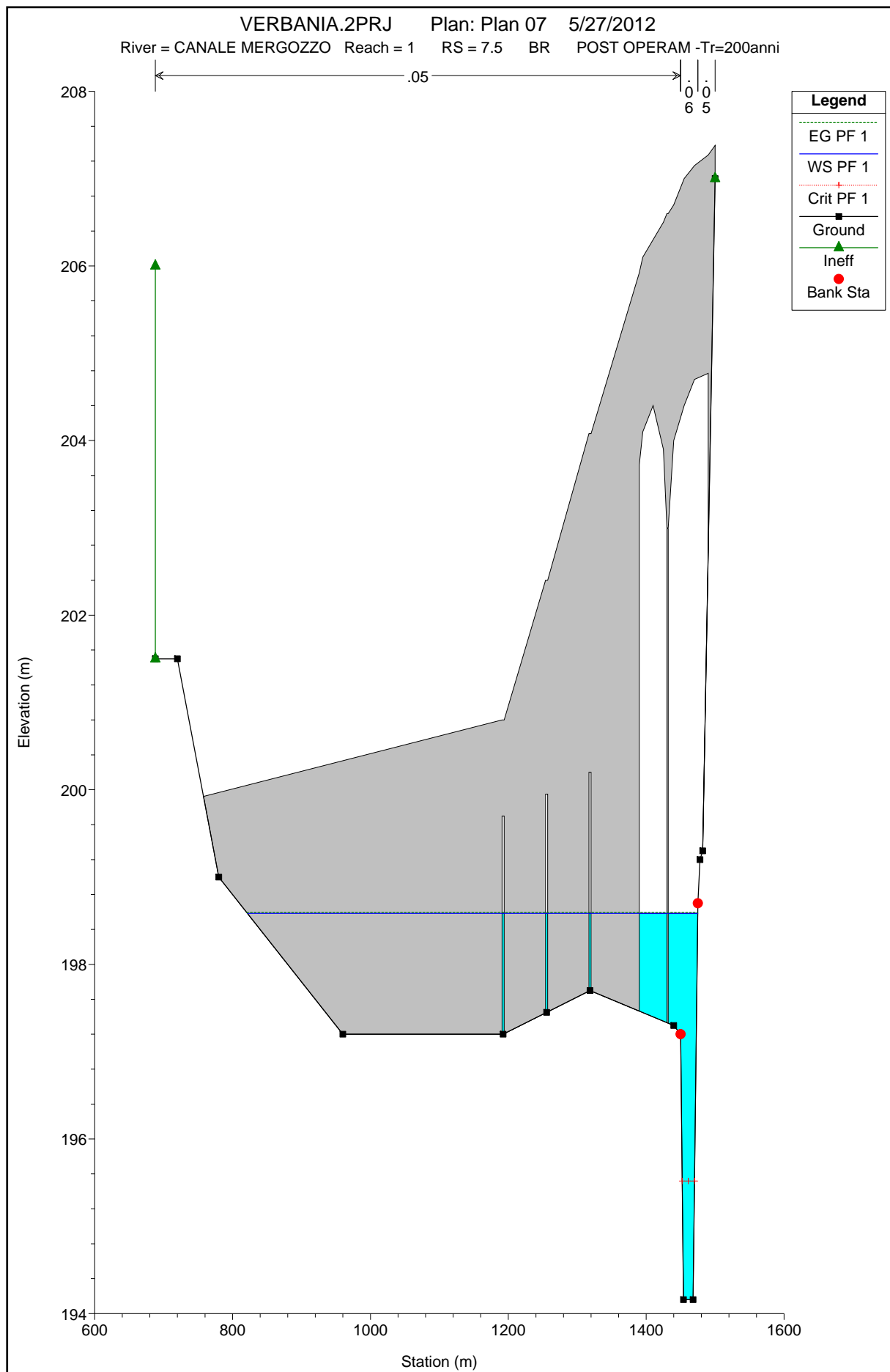


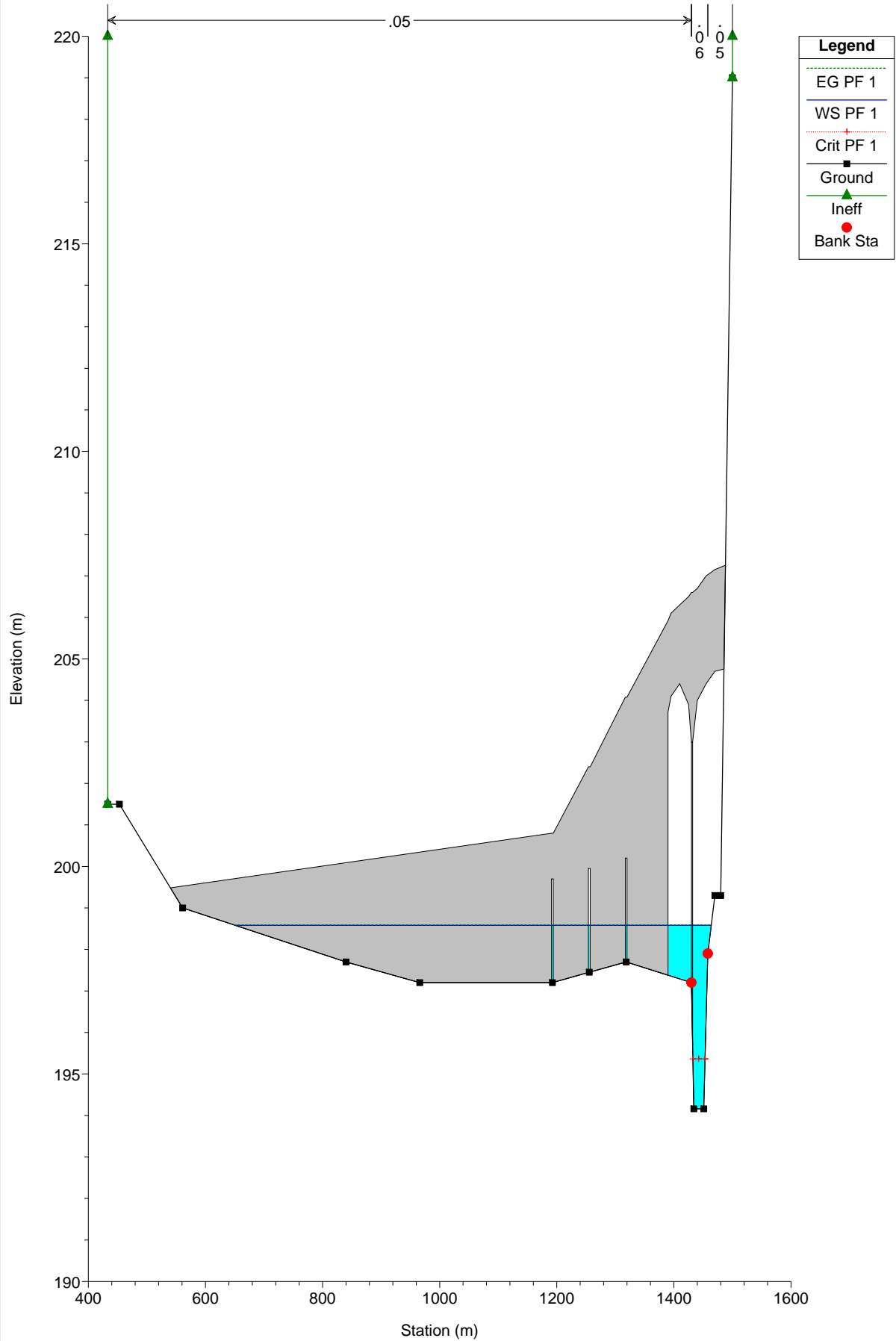


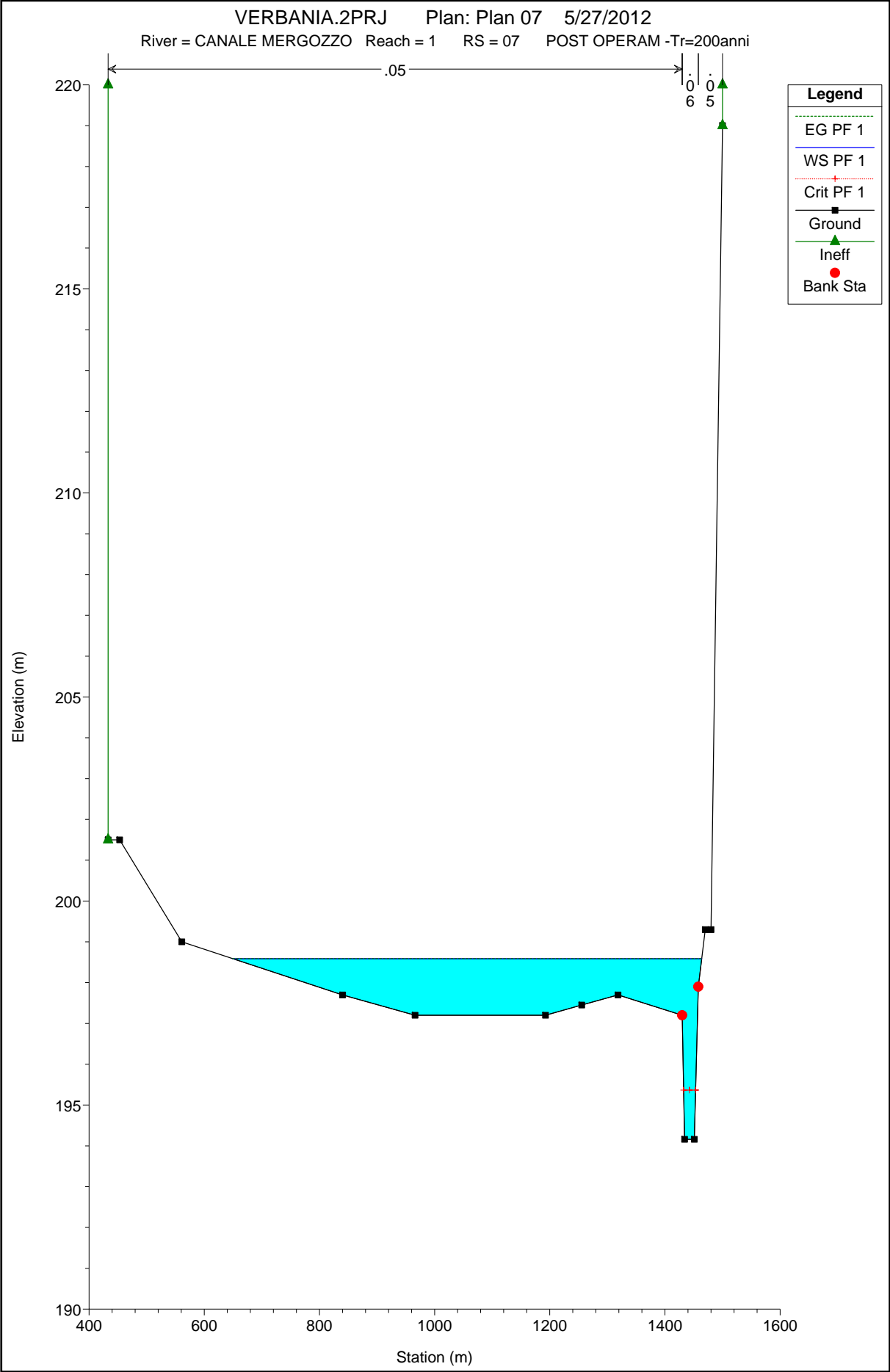


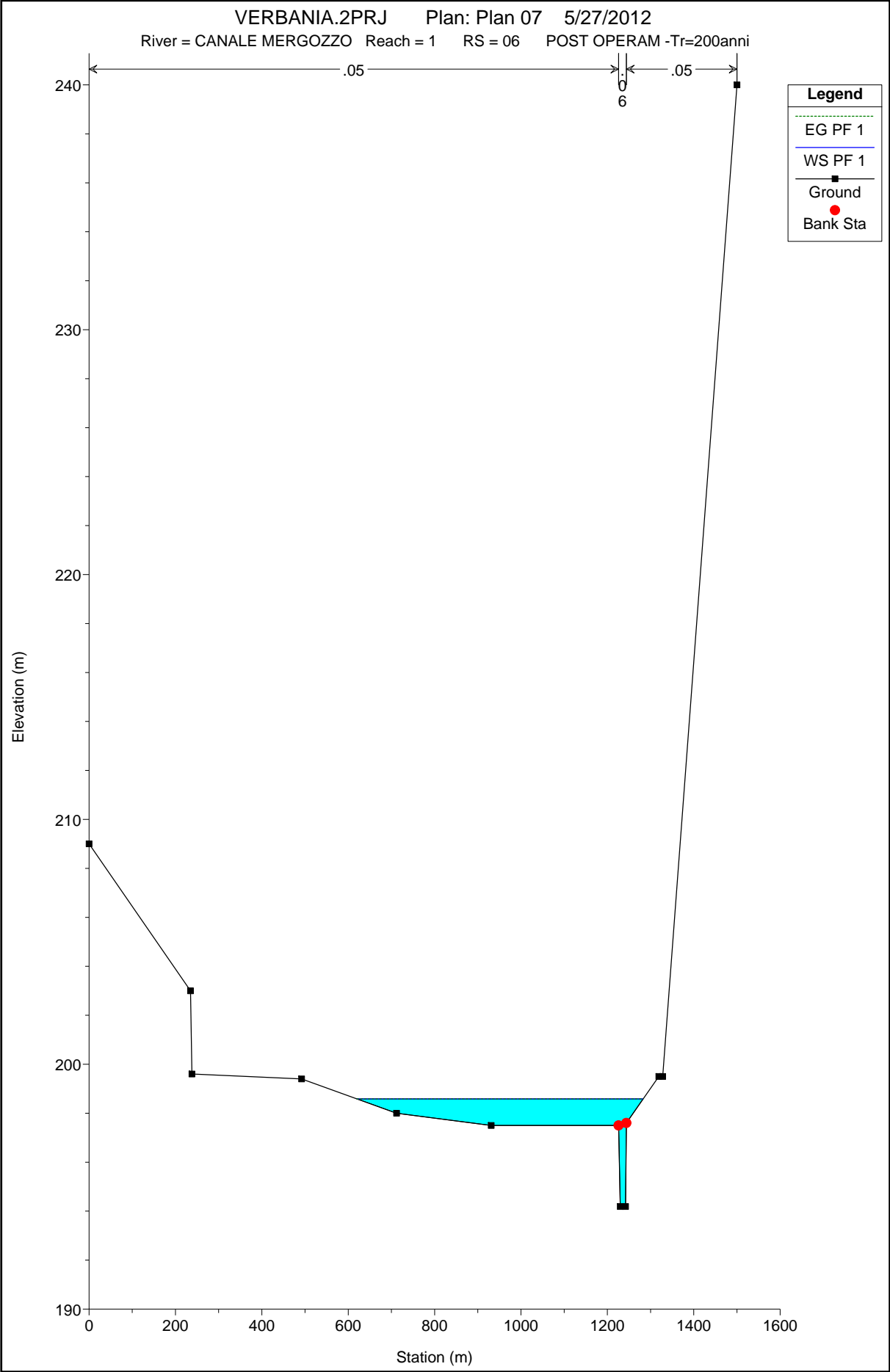


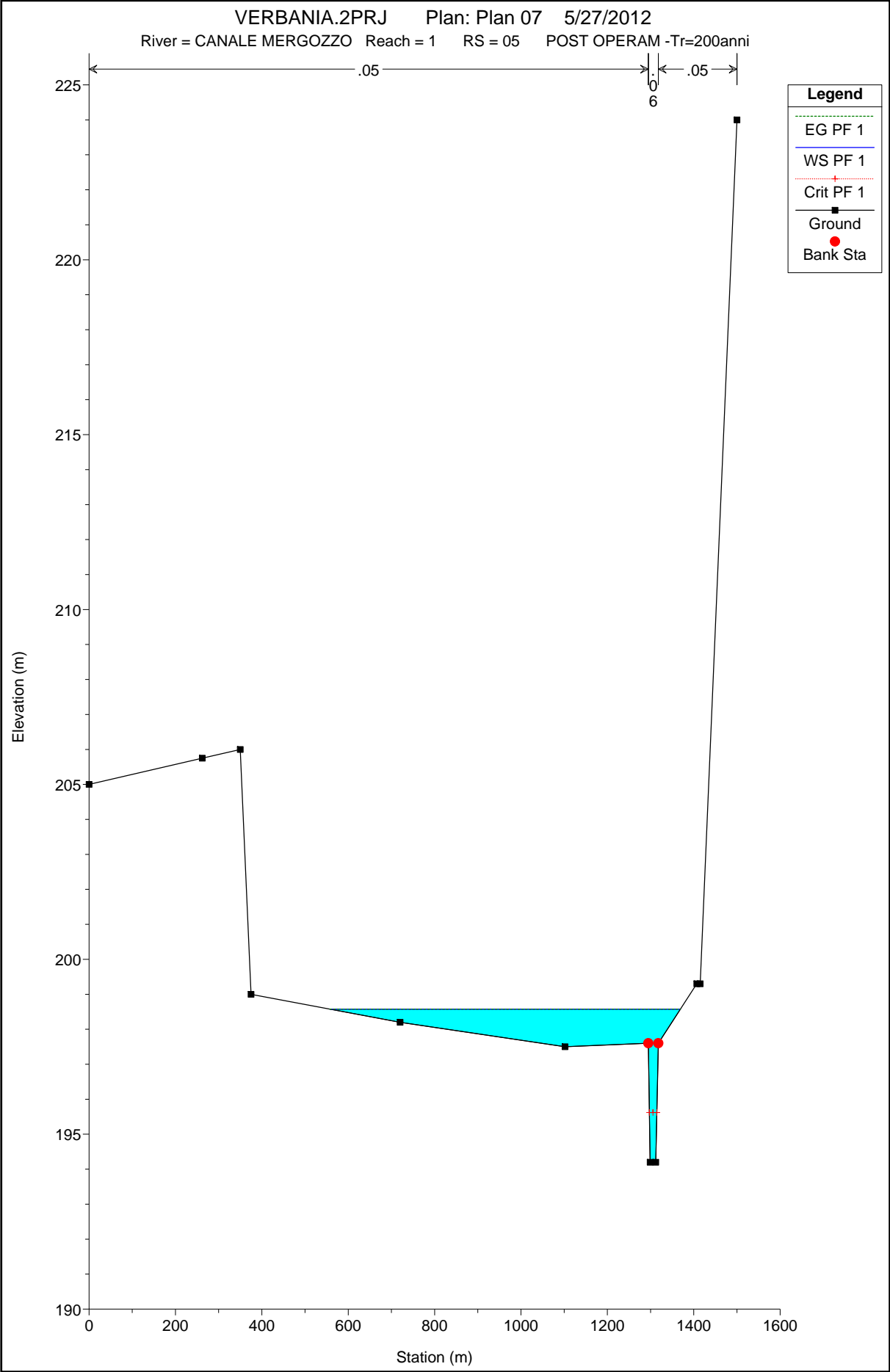


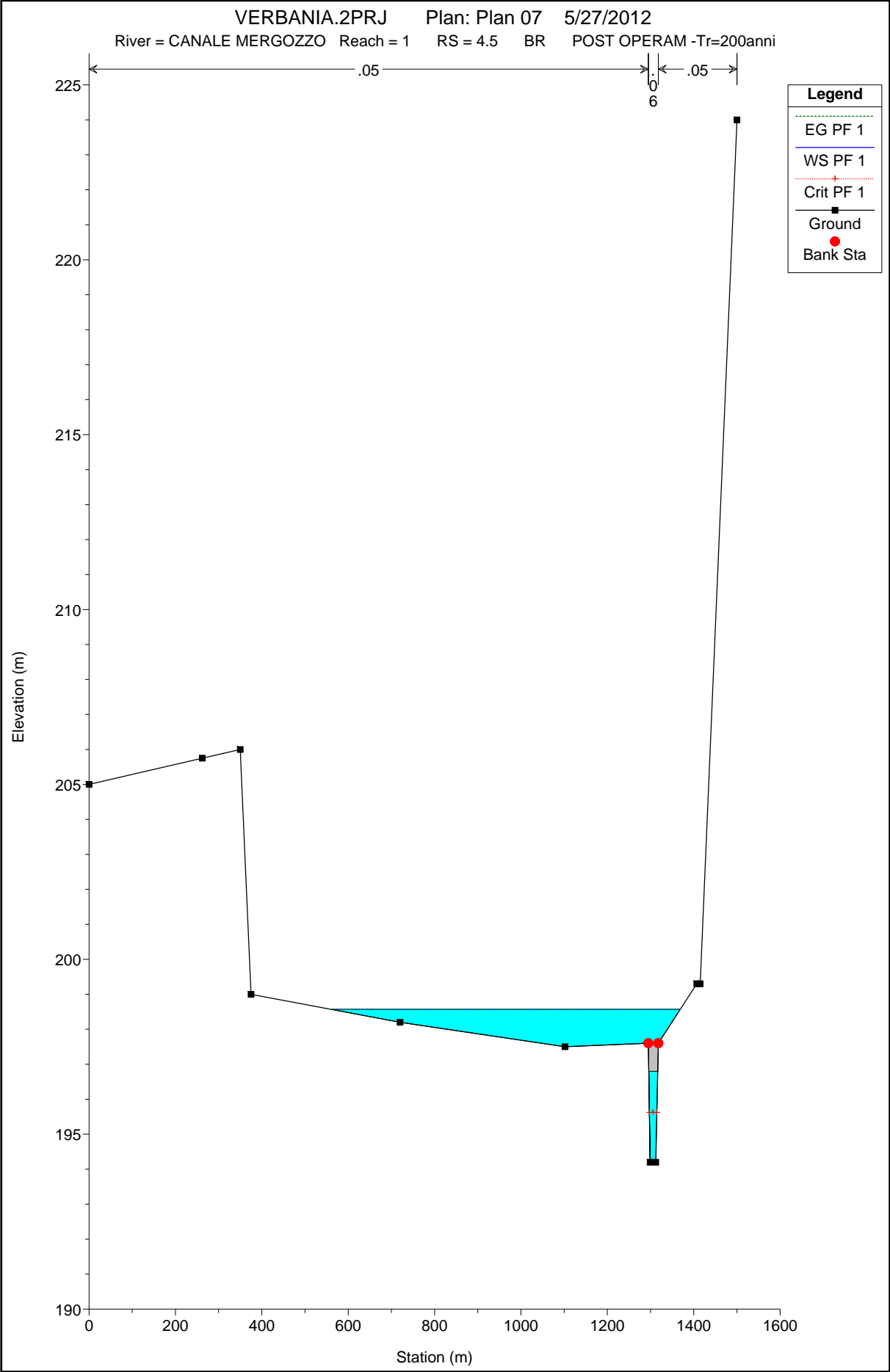


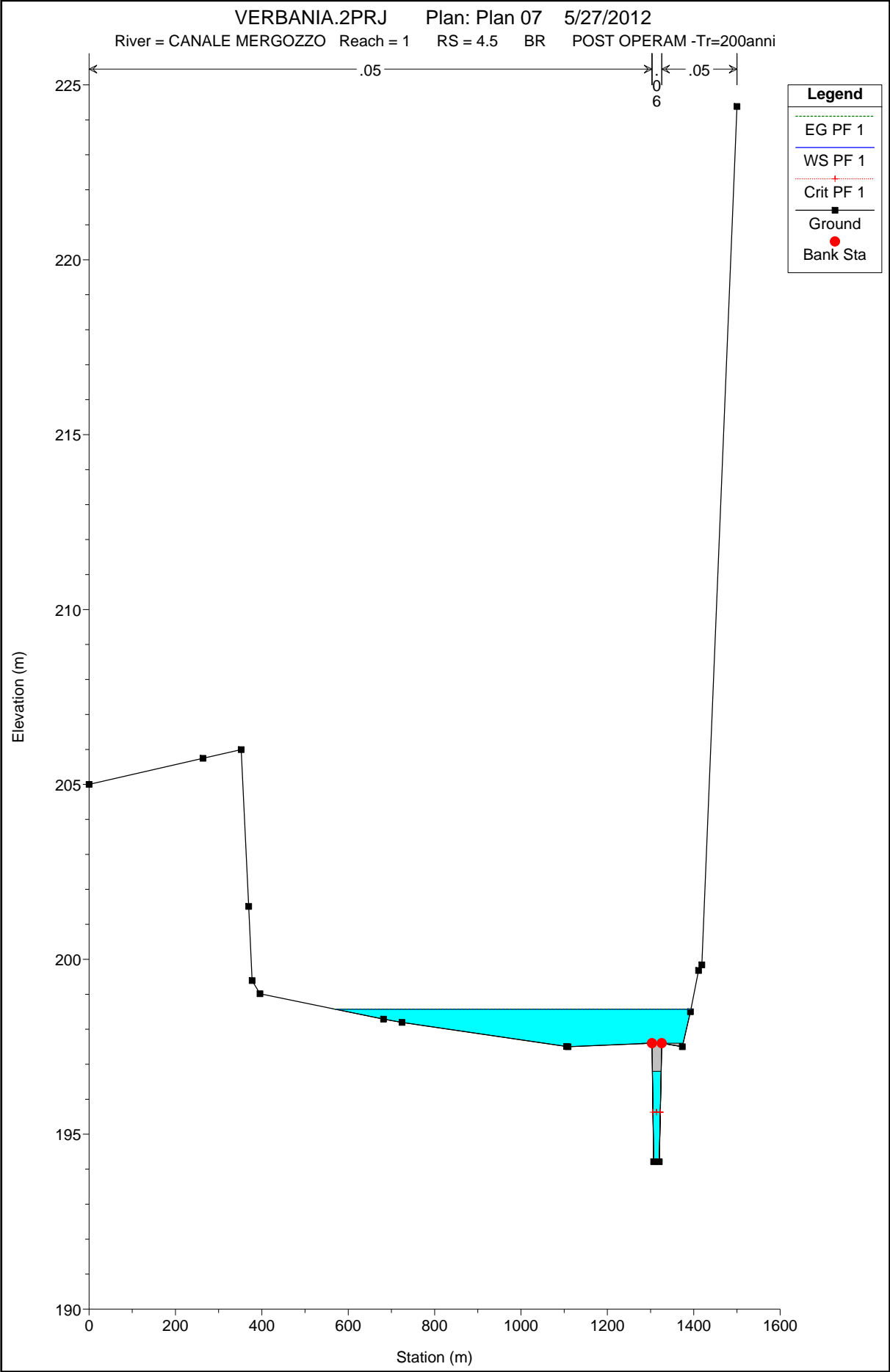


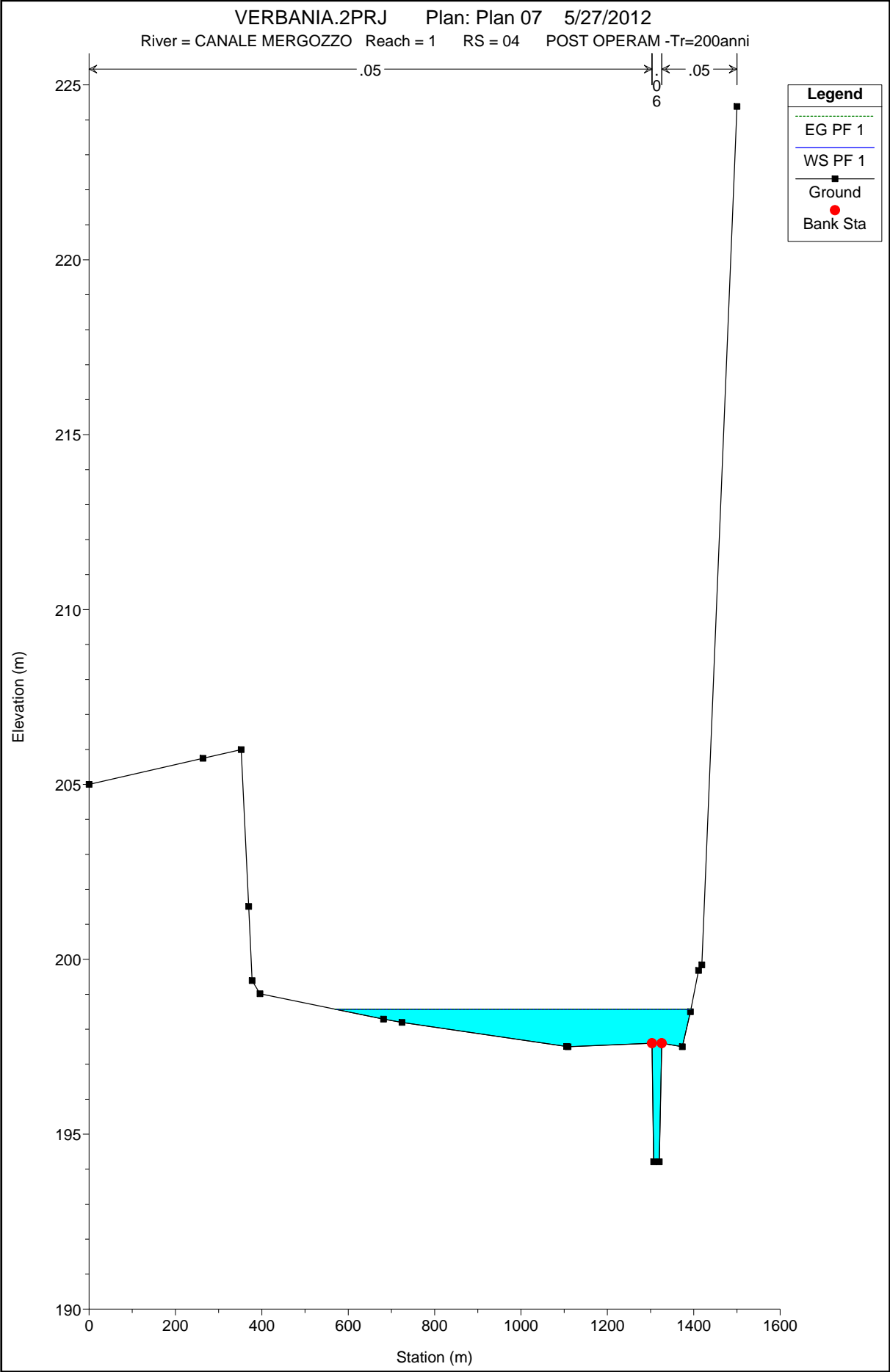


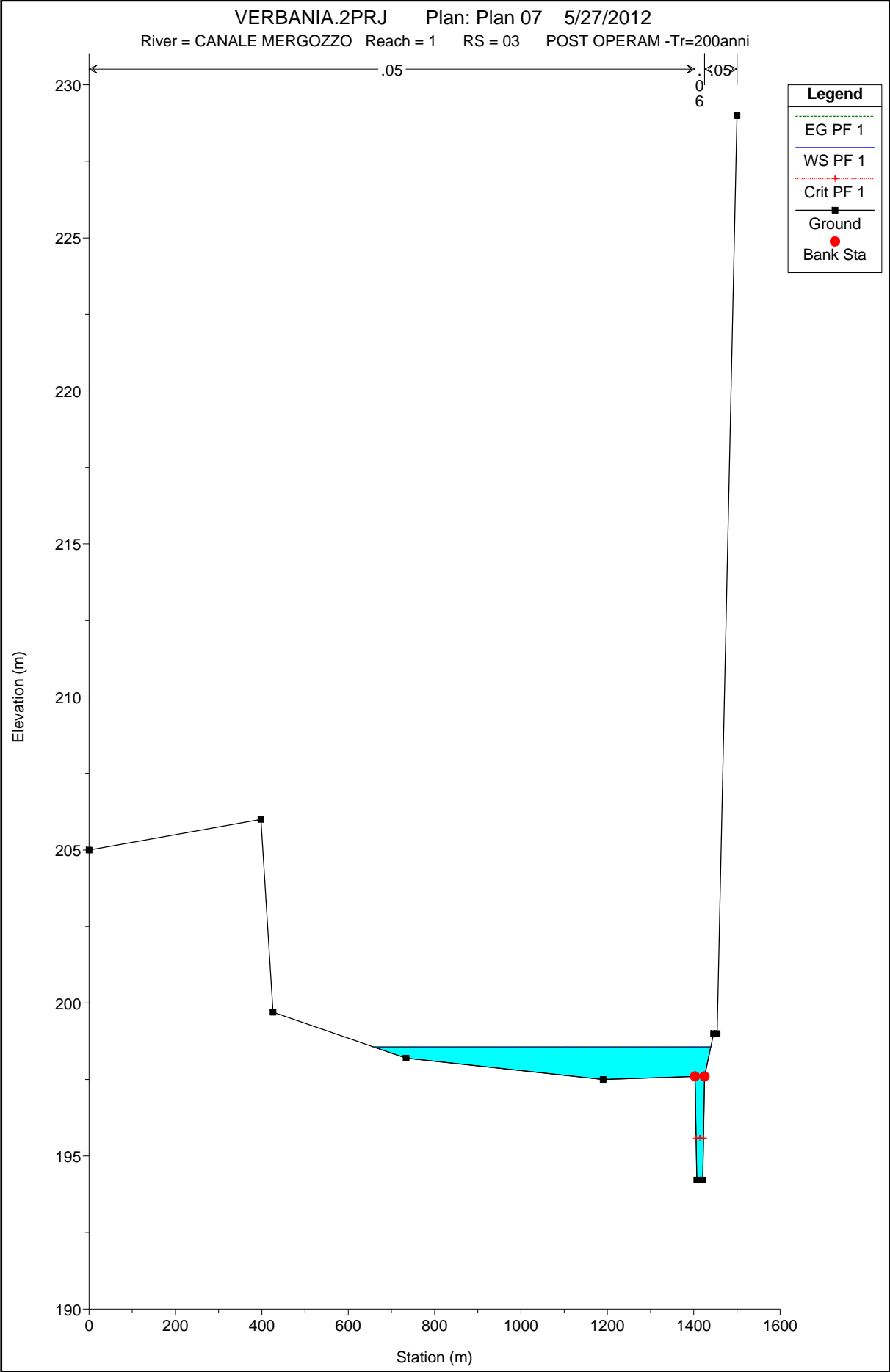


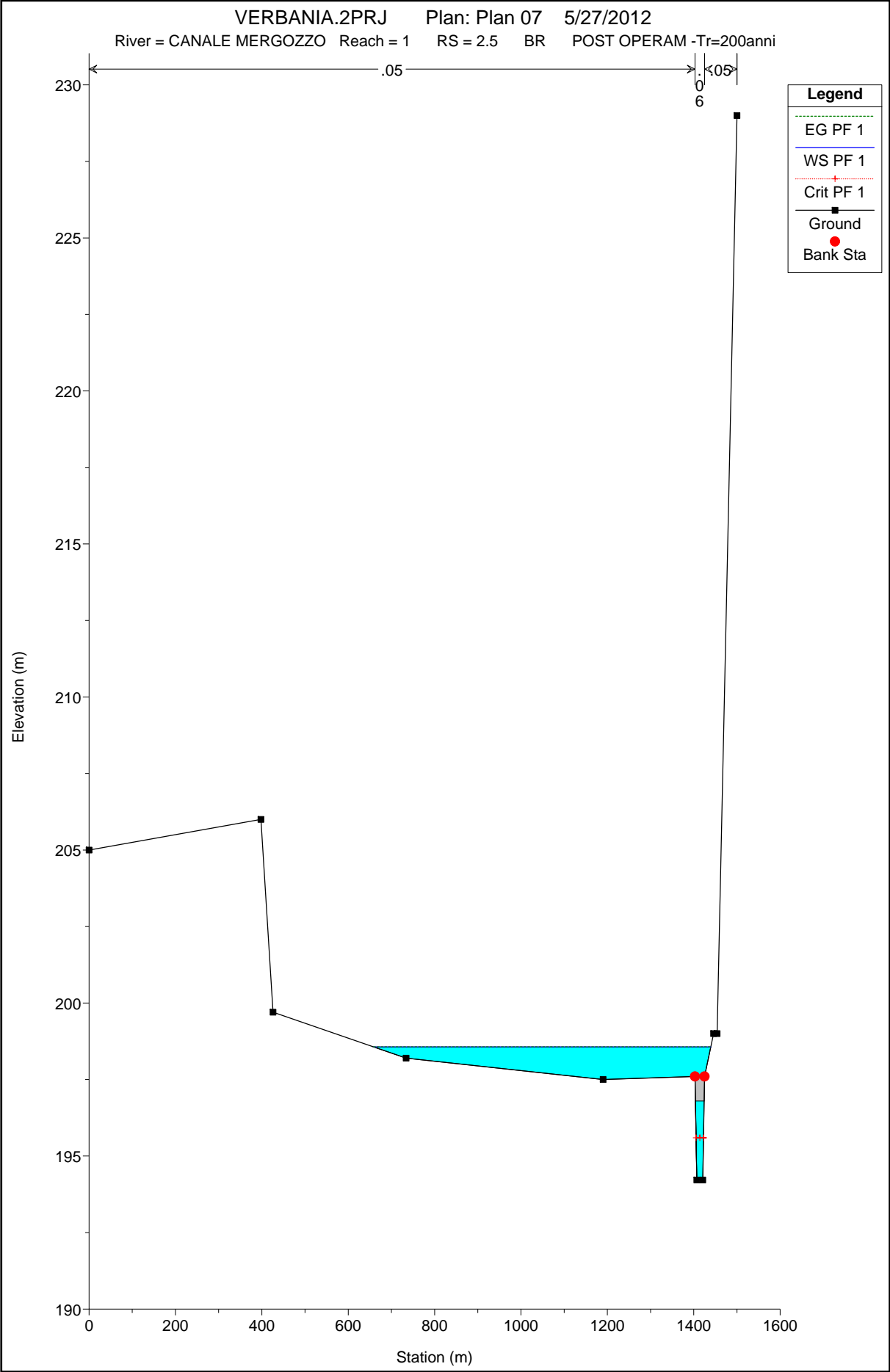


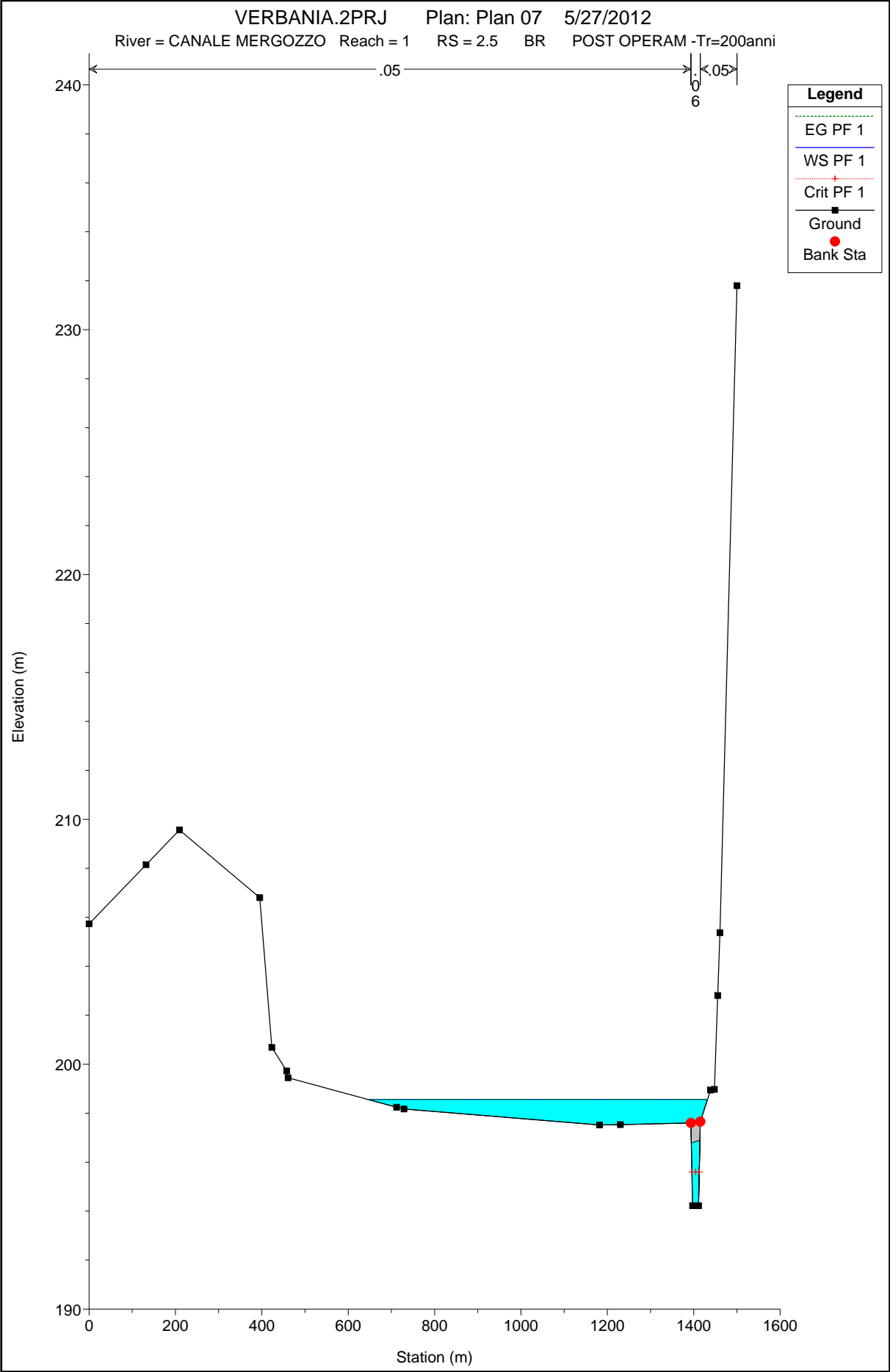


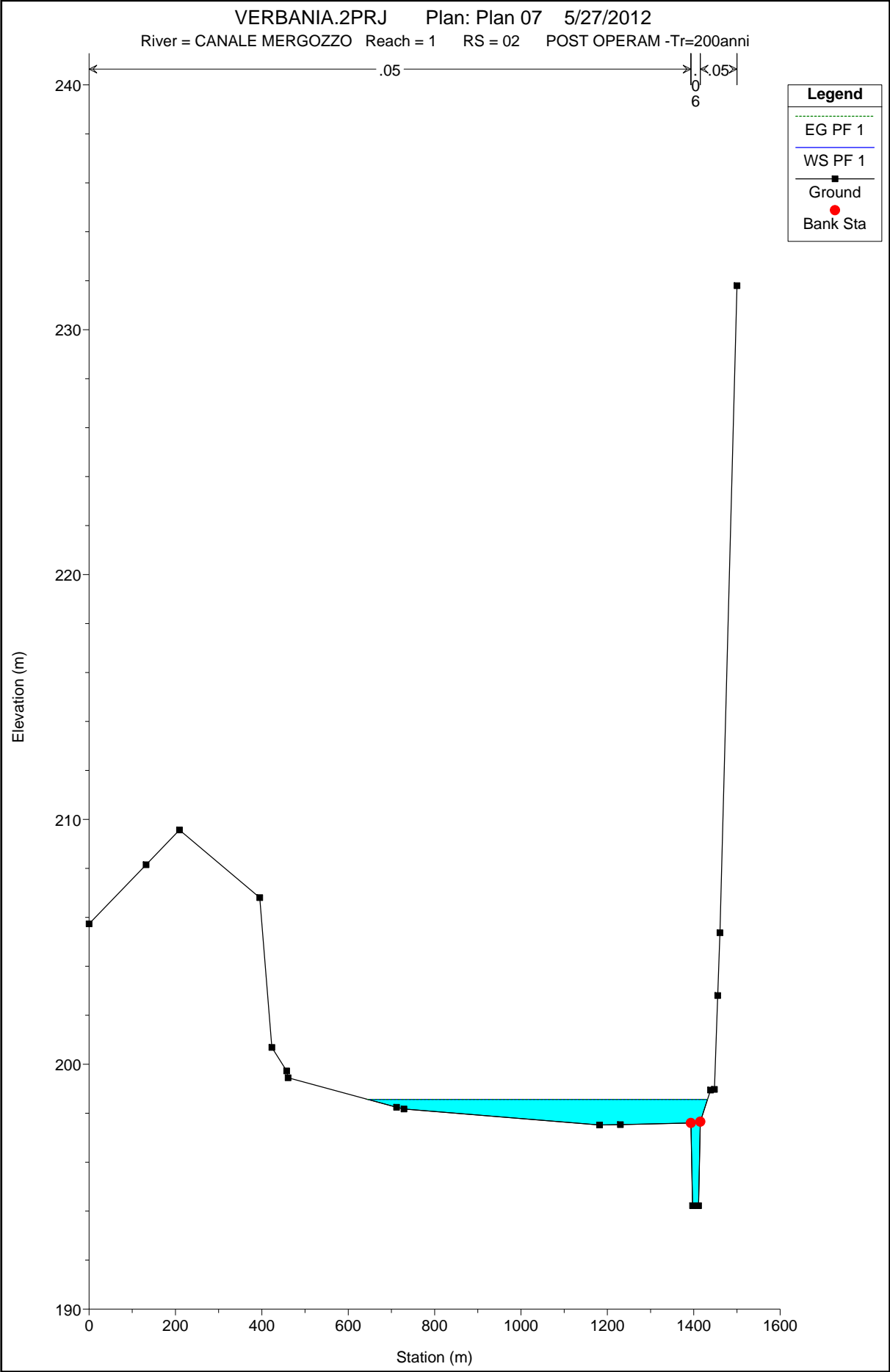


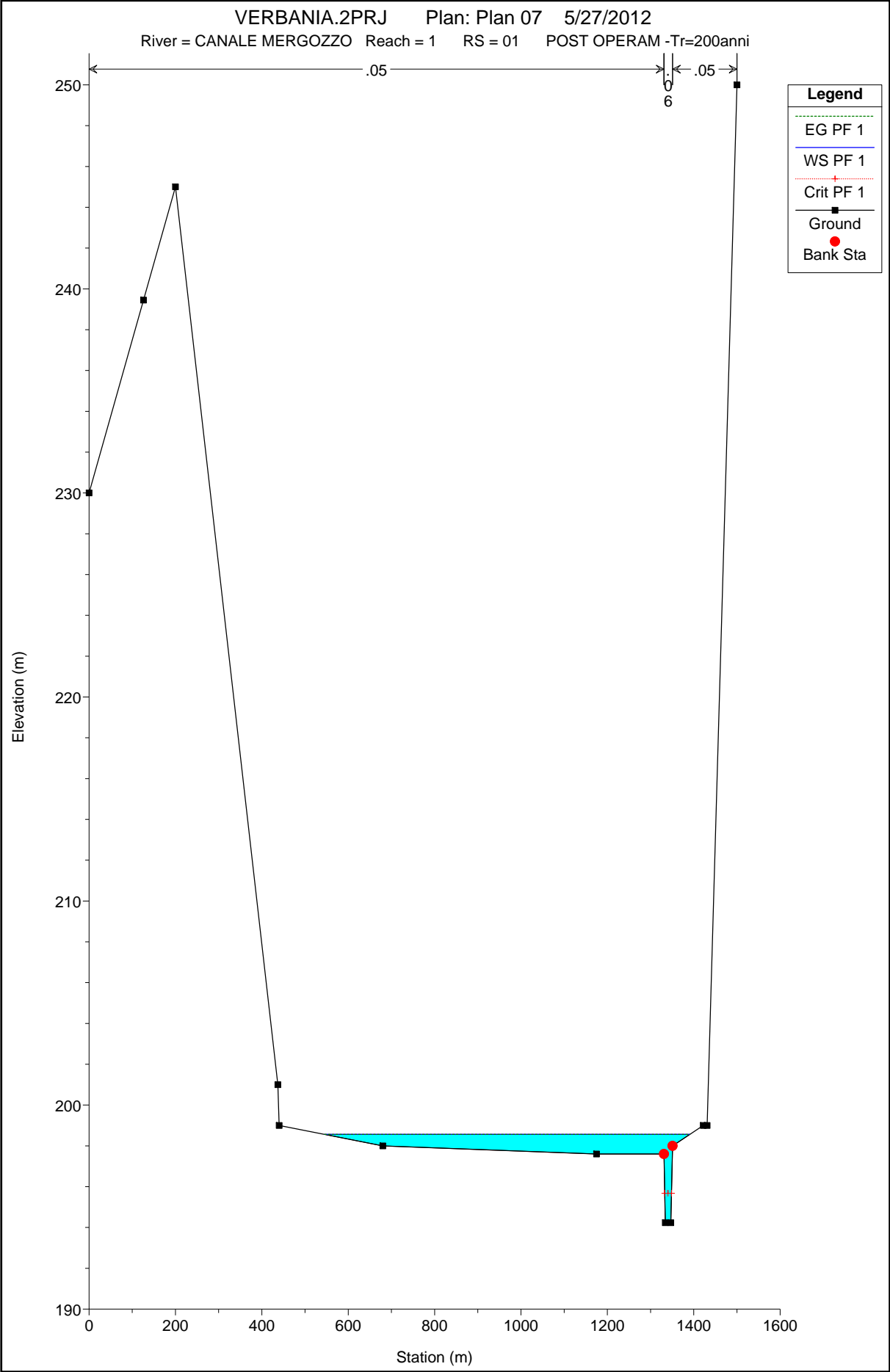












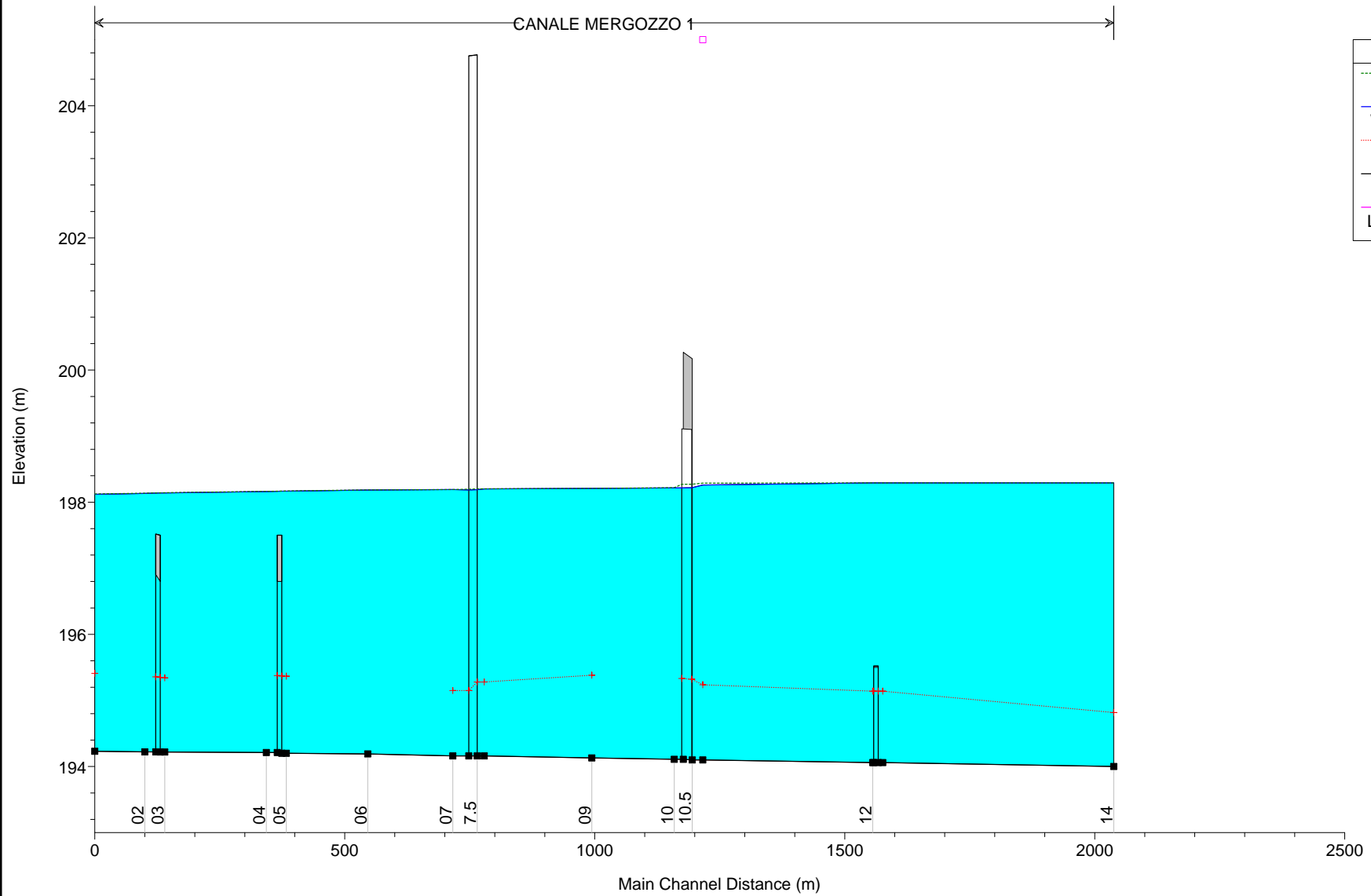
HEC-RAS Plan: Plan 07 River: CANALE MERGOZZO Reach: 1 Profile: PF 1

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)	
1	14	PF 1	75.00	194.00	198.72	194.86	198.72	0.000000	0.03	2509.92	704.31	0.00
1	13	PF 1	75.00	194.06	198.72	195.37	198.72	0.000001	0.04	2010.43	704.46	0.01
1	12.5		Bridge									
1	12	PF 1	75.00	194.06	198.72	195.37	198.72	0.000001	0.04	2010.43	704.46	0.01
1	11	PF 1	75.00	194.10	198.68	195.49	198.72	0.000612	0.91	89.22	125.17	0.15
1	10.5		Culvert									
1	10	PF 1	75.00	194.11	198.61		198.61	0.000042	0.24	625.59	808.80	0.04
1	09	PF 1	75.00	194.13	198.60	195.57	198.60	0.000035	0.23	484.04	336.22	0.04
1	08	PF 1	75.00	194.16	198.60	195.52	198.60	0.000016	0.15	802.26	654.49	0.02
1	7.5		Bridge									
1	07	PF 1	75.00	194.16	198.59	195.37	198.59	0.000013	0.14	918.29	814.16	0.02
1	06	PF 1	75.00	194.19	198.58		198.58	0.000036	0.22	616.36	662.32	0.04
1	05	PF 1	75.00	194.20	198.58	195.62	198.58	0.000044	0.25	614.16	811.11	0.04
1	4.5		Bridge									
1	04	PF 1	75.00	194.21	198.57		198.57	0.000038	0.23	650.28	823.46	0.04
1	03	PF 1	75.00	194.22	198.57	195.59	198.57	0.000037	0.23	645.76	780.66	0.04
1	2.5		Bridge									
1	02	PF 1	75.00	194.22	198.56		198.57	0.000038	0.23	643.86	786.55	0.04
1	01	PF 1	75.00	194.23	198.56	195.68	198.56	0.000040	0.23	648.86	845.22	0.04

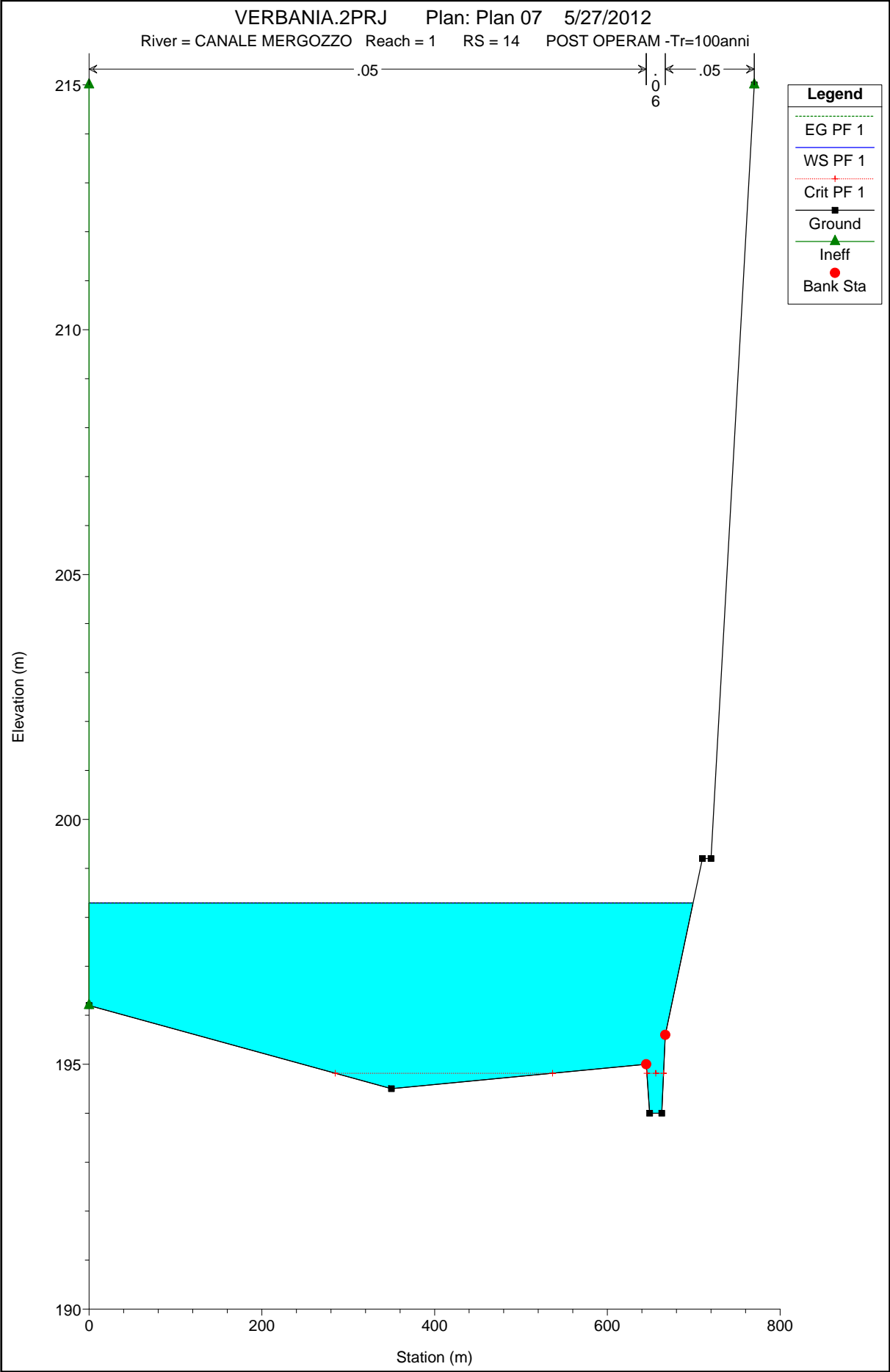
POST OPERAM

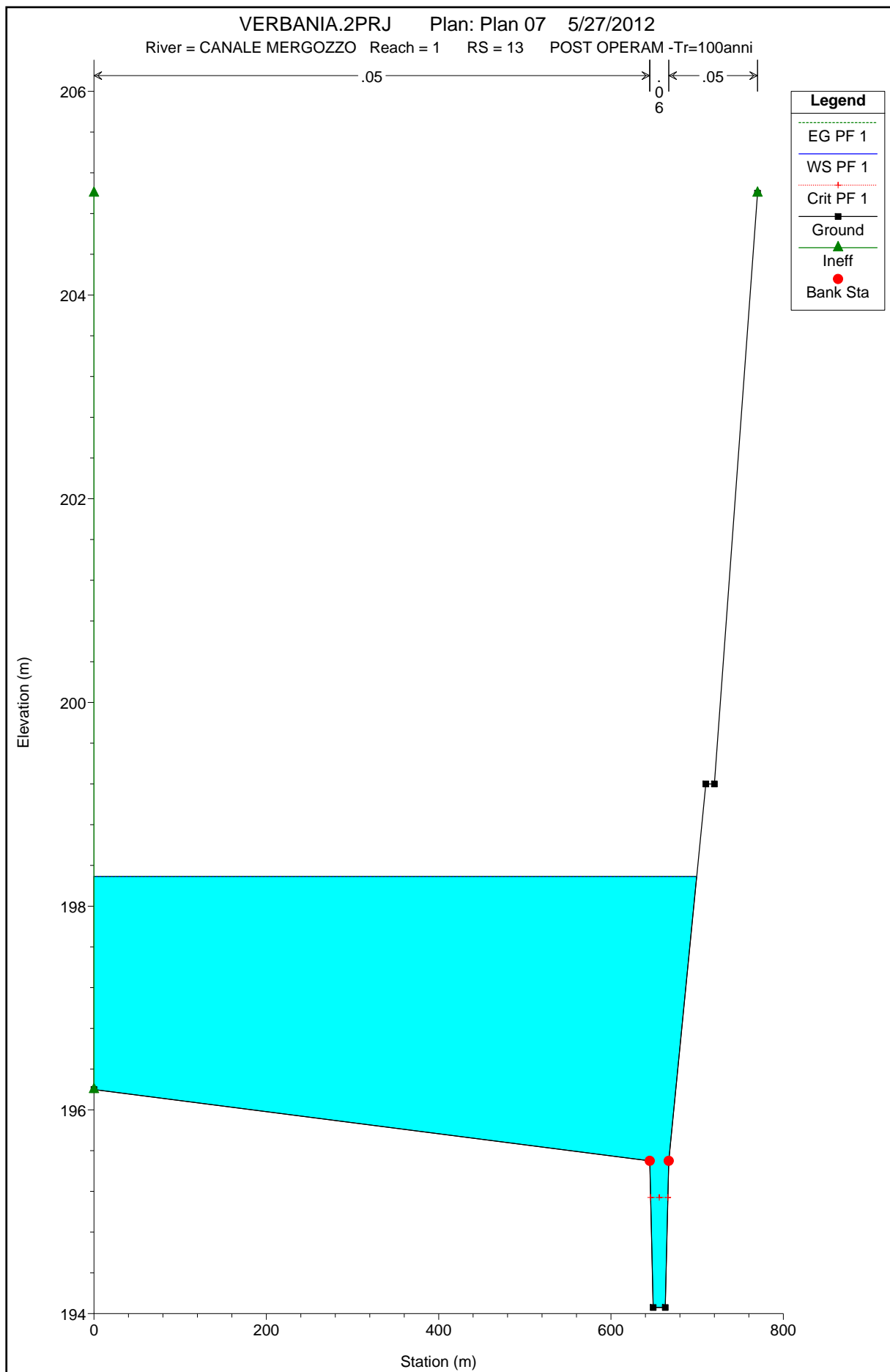
Tr=100anni

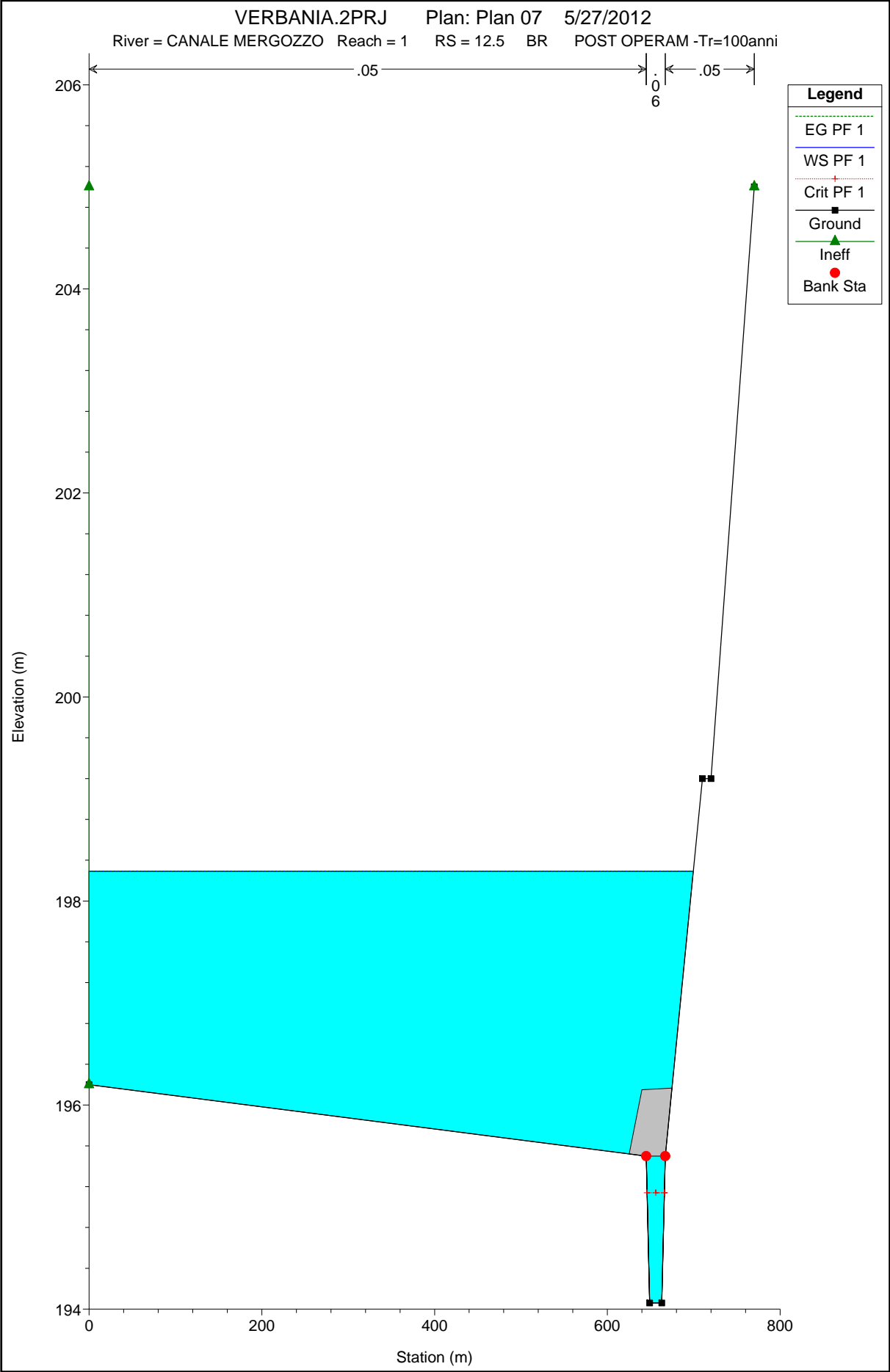
VERBANIA.2PRJ Plan: Plan 07 5/27/2012
POST OPERAM -Tr=100anni

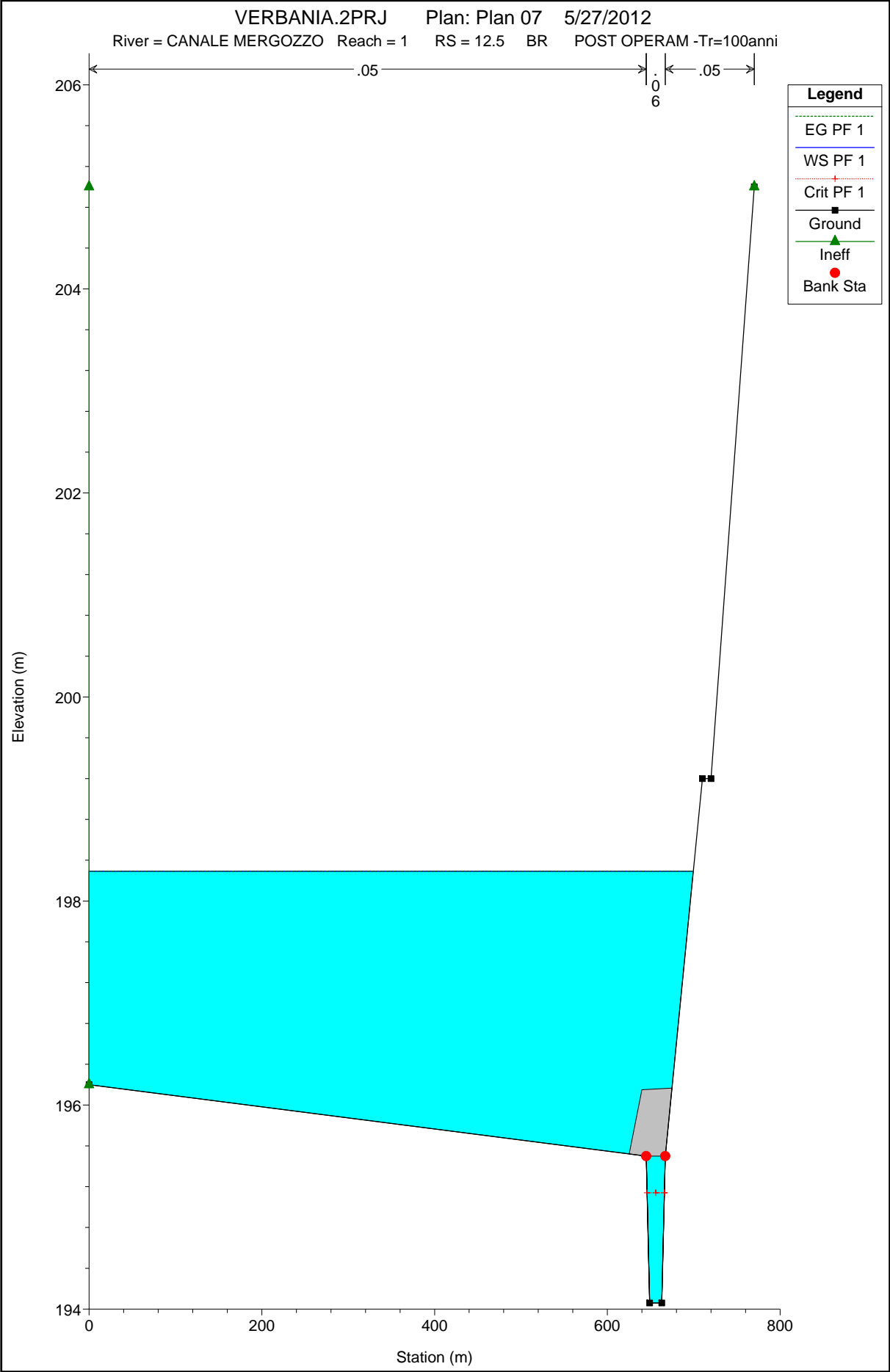


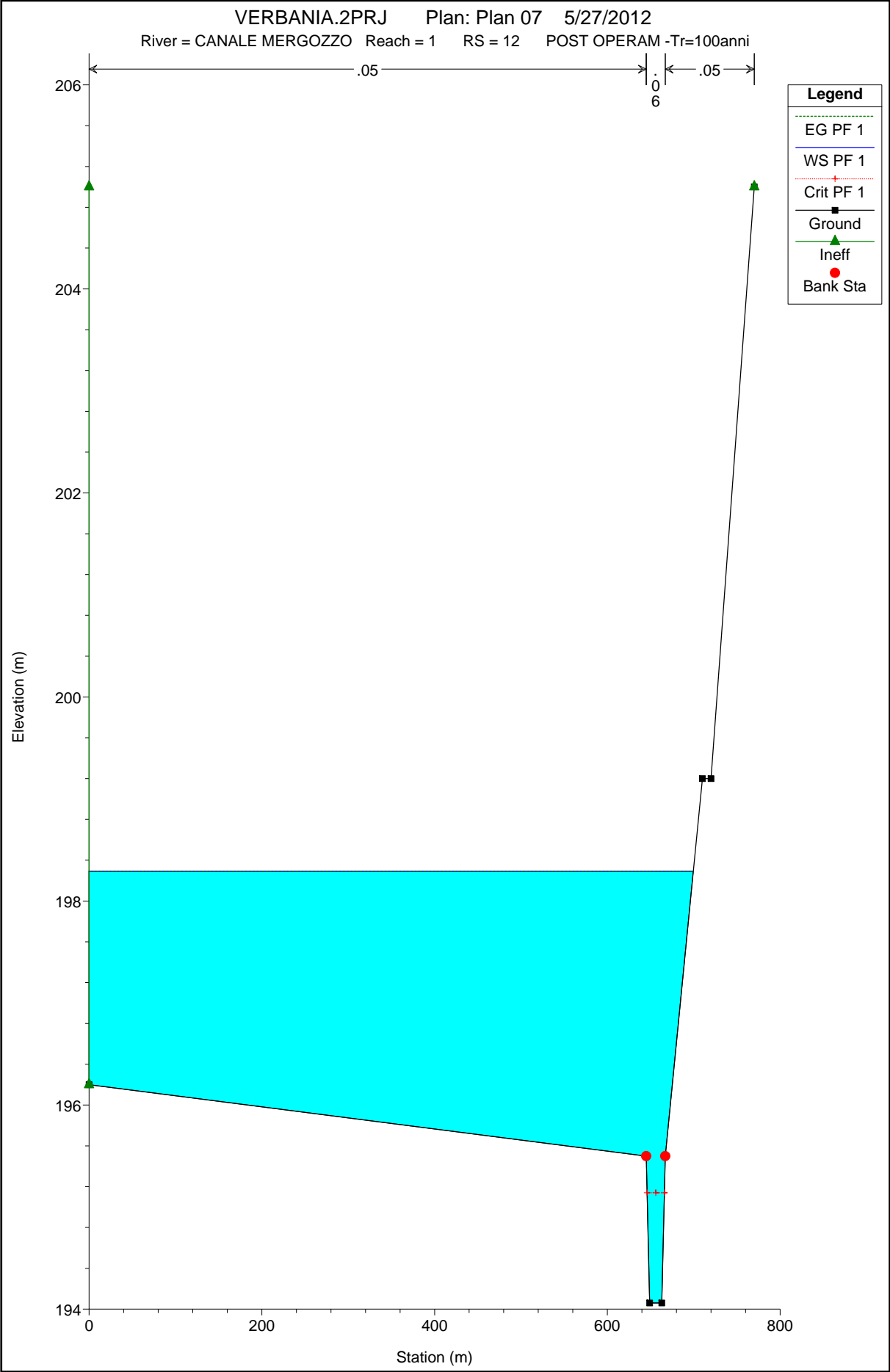
Legend
EG PF 1
WS PF 1
Crit PF 1
Ground
Left Levee

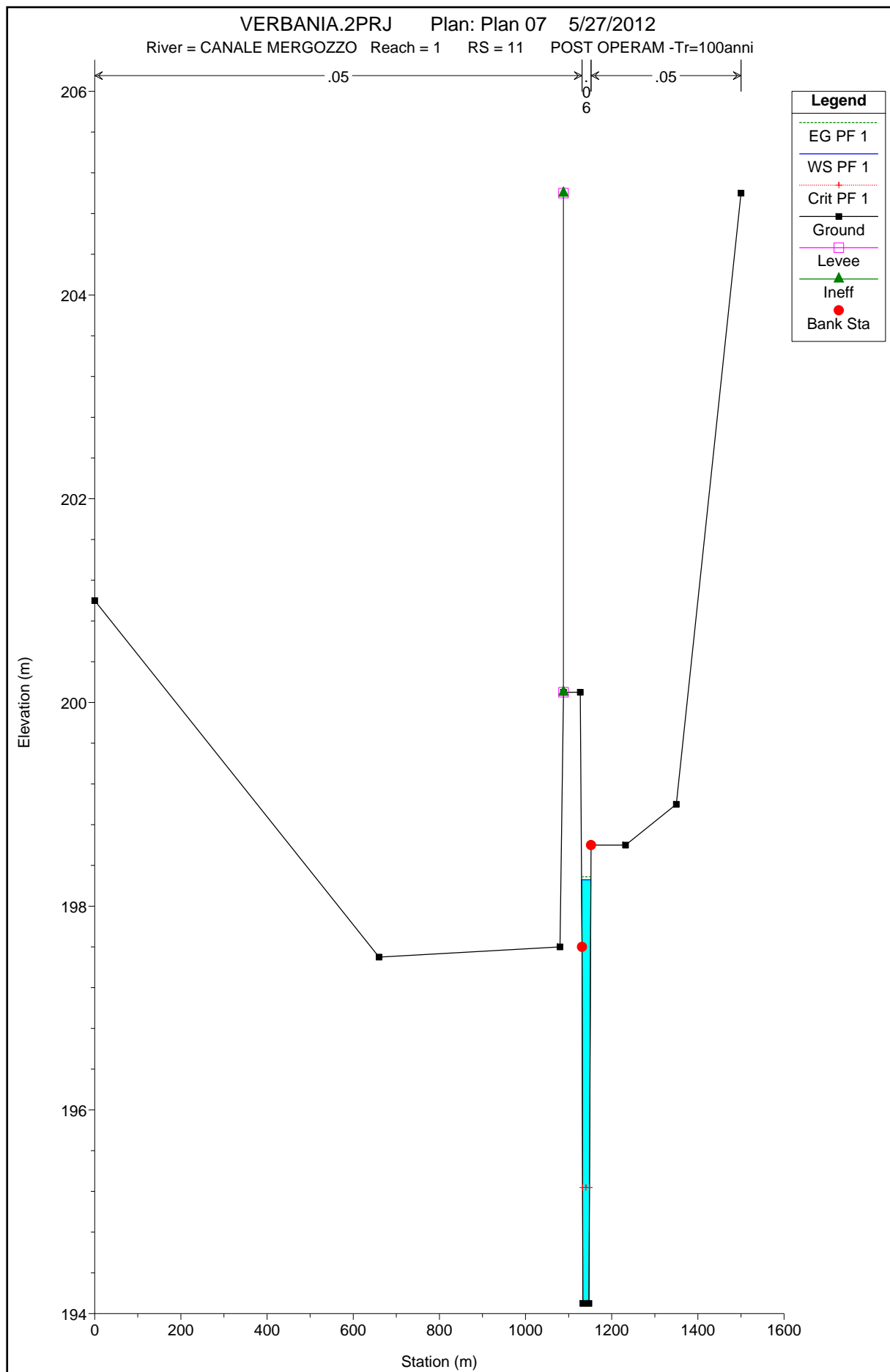


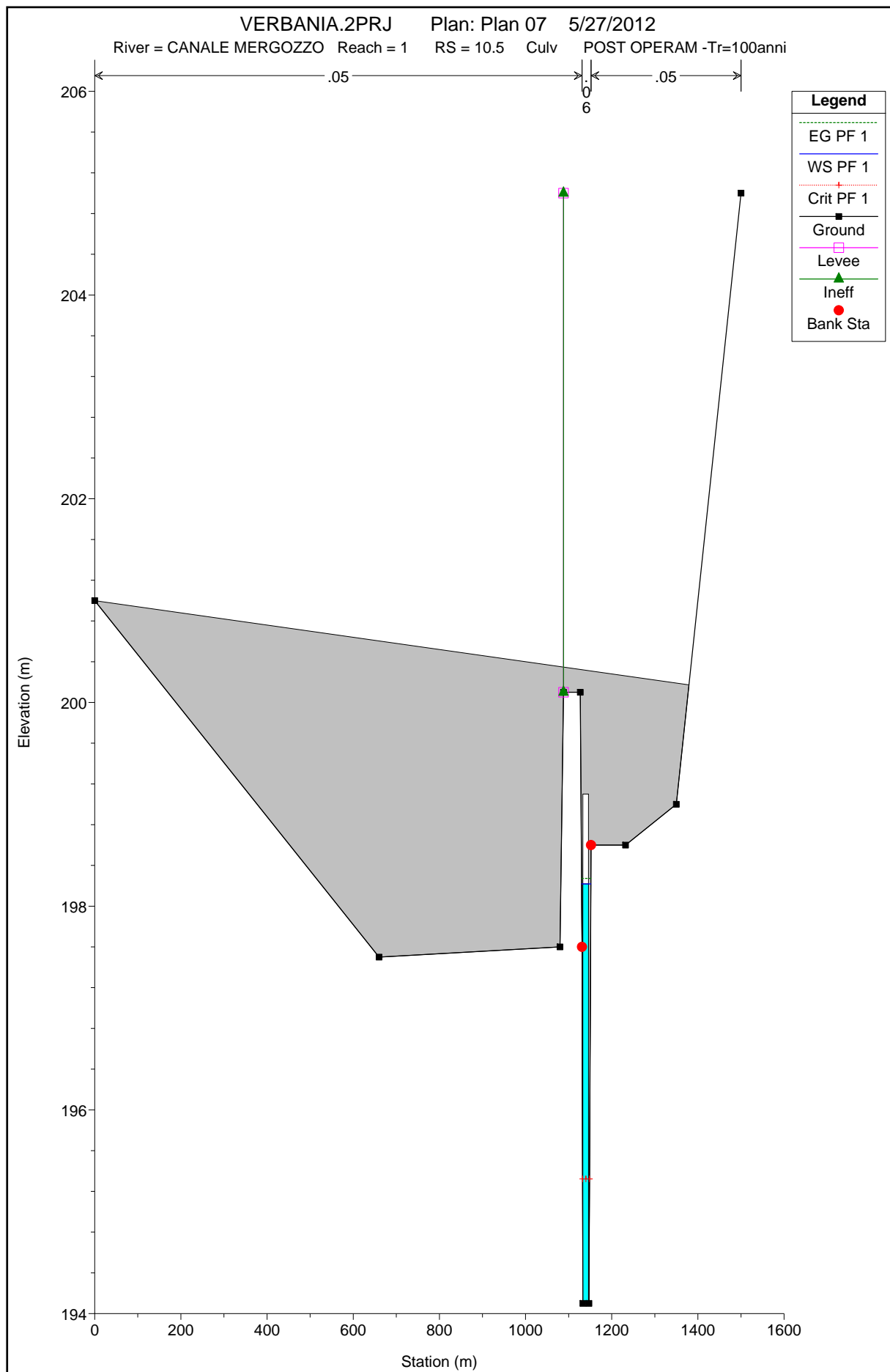


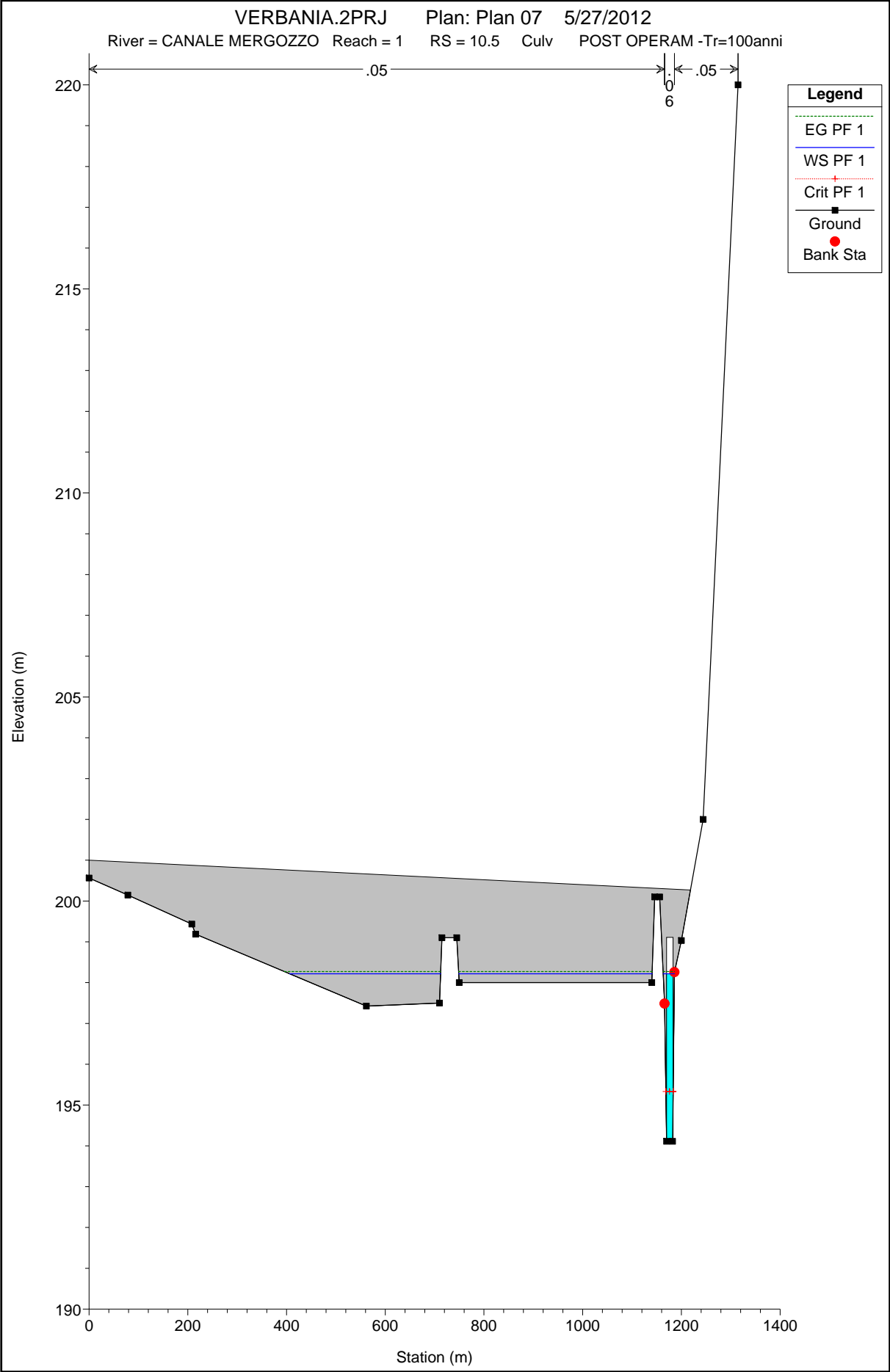


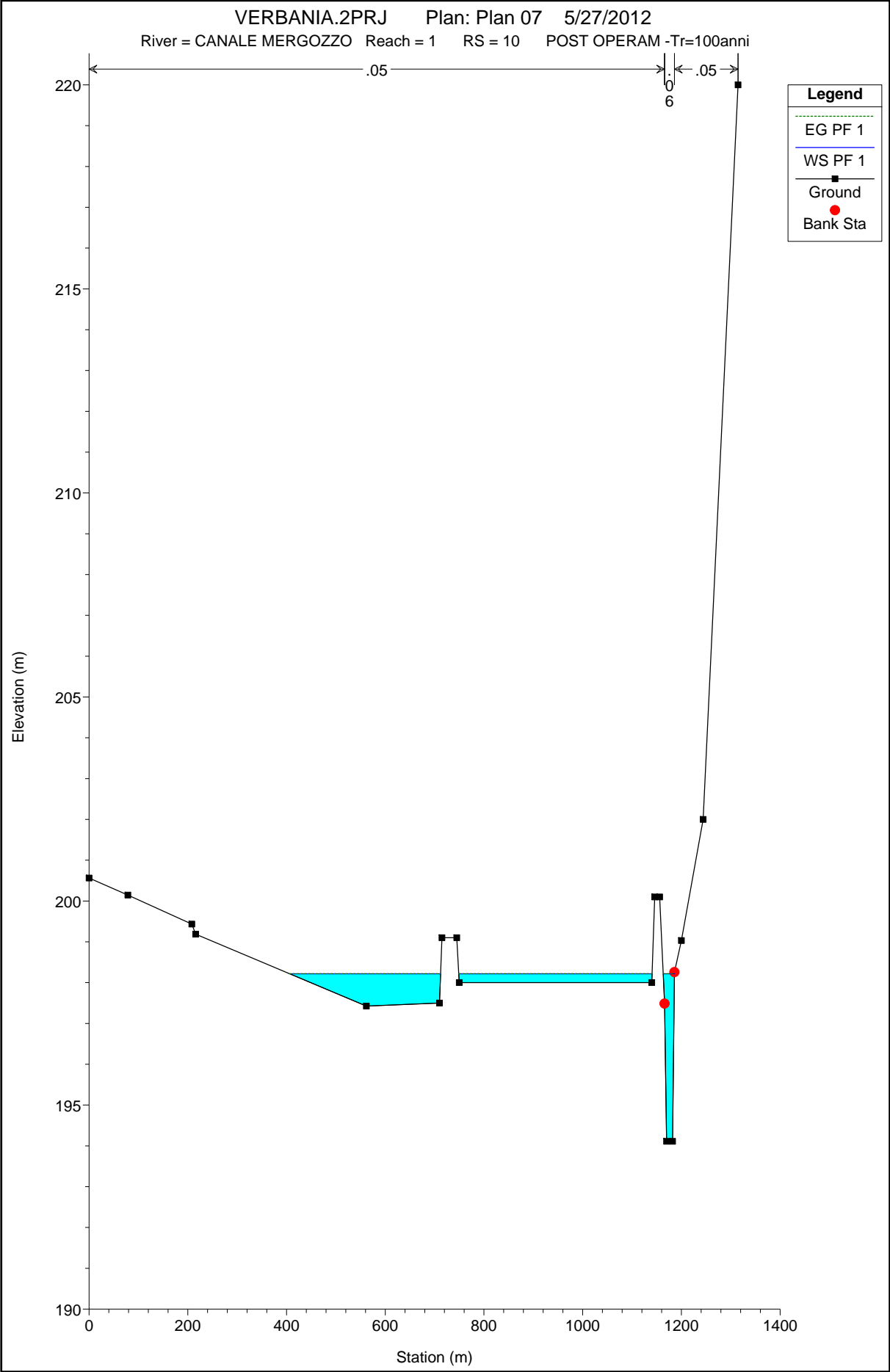


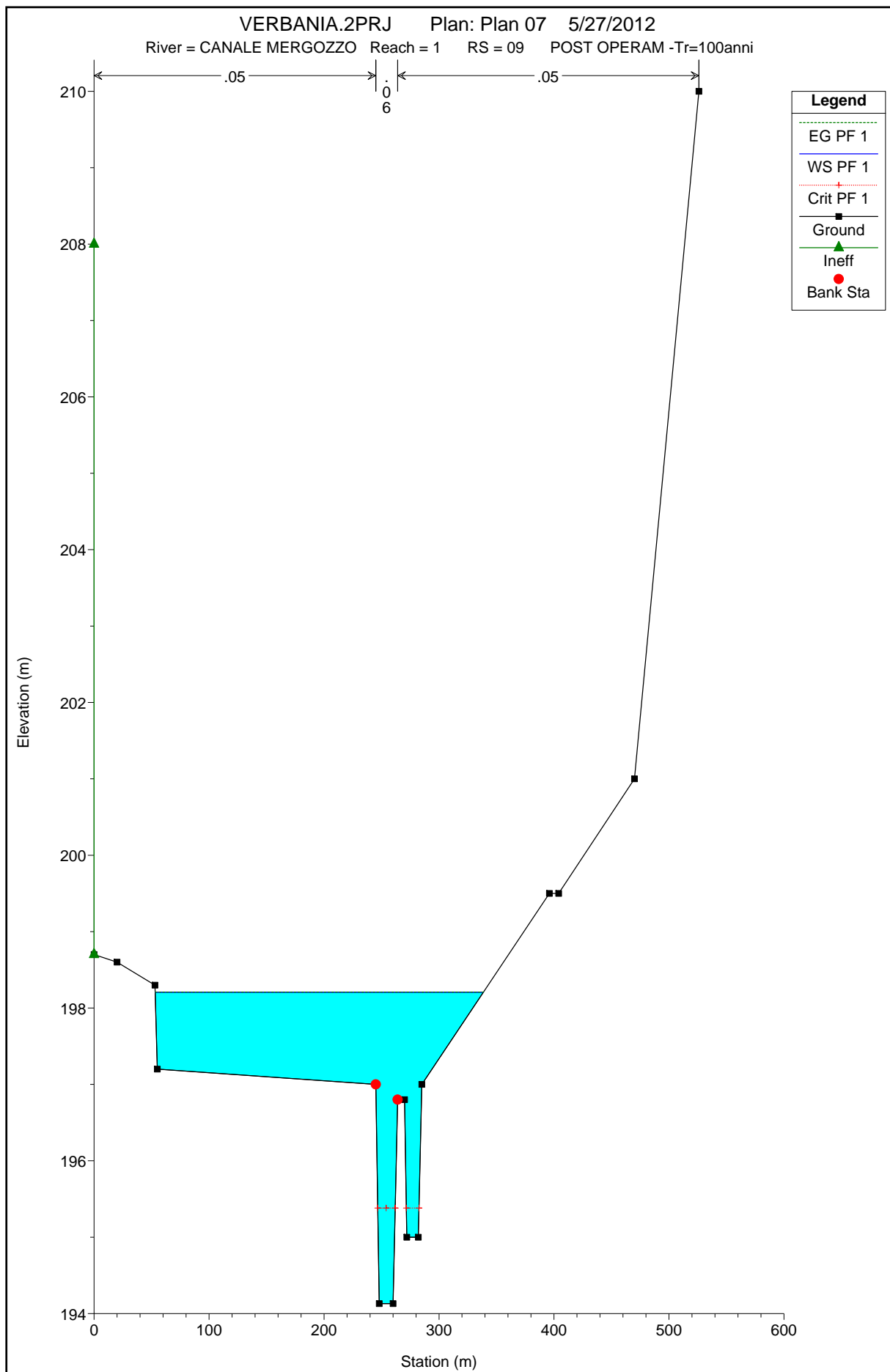


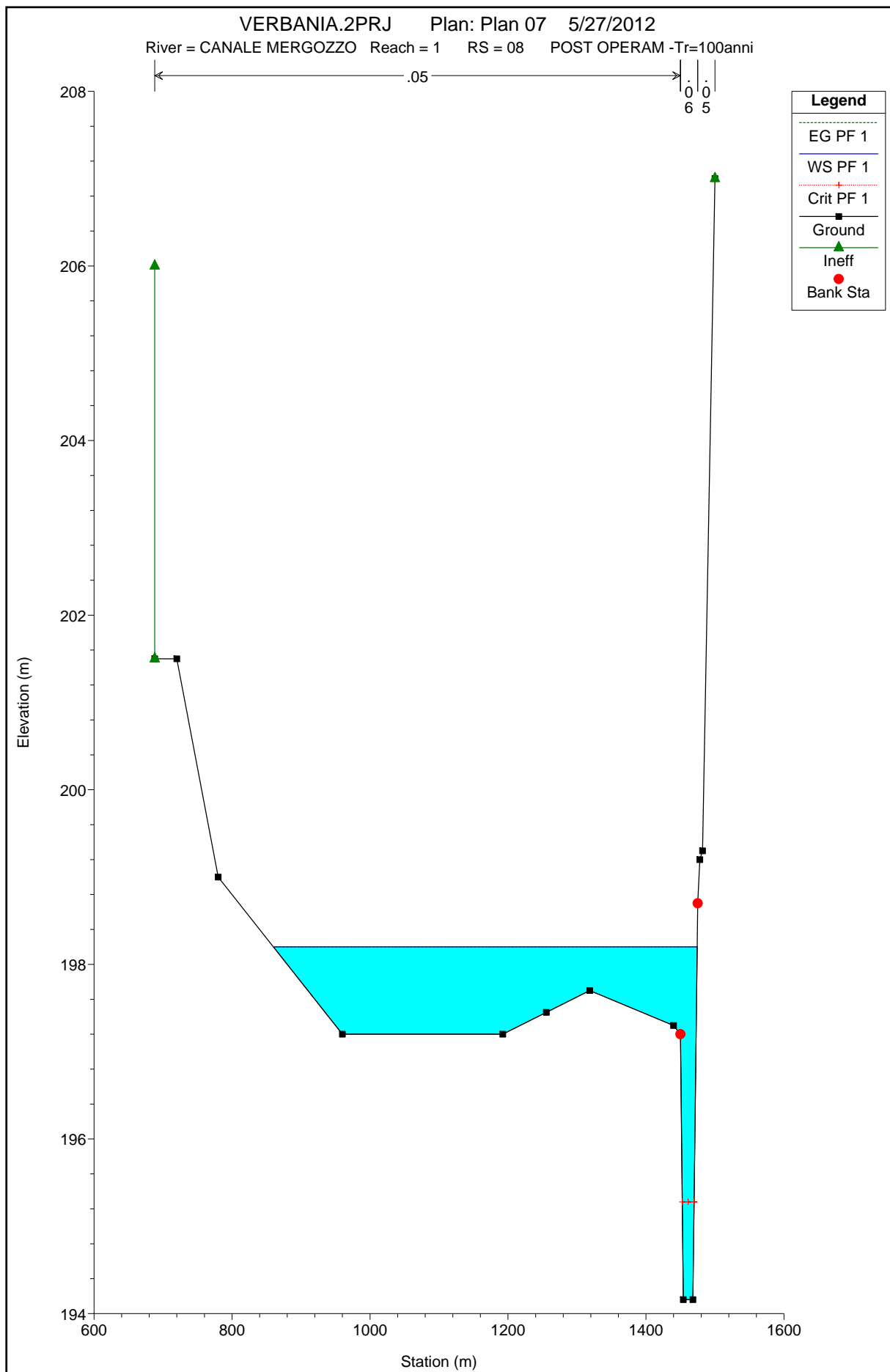


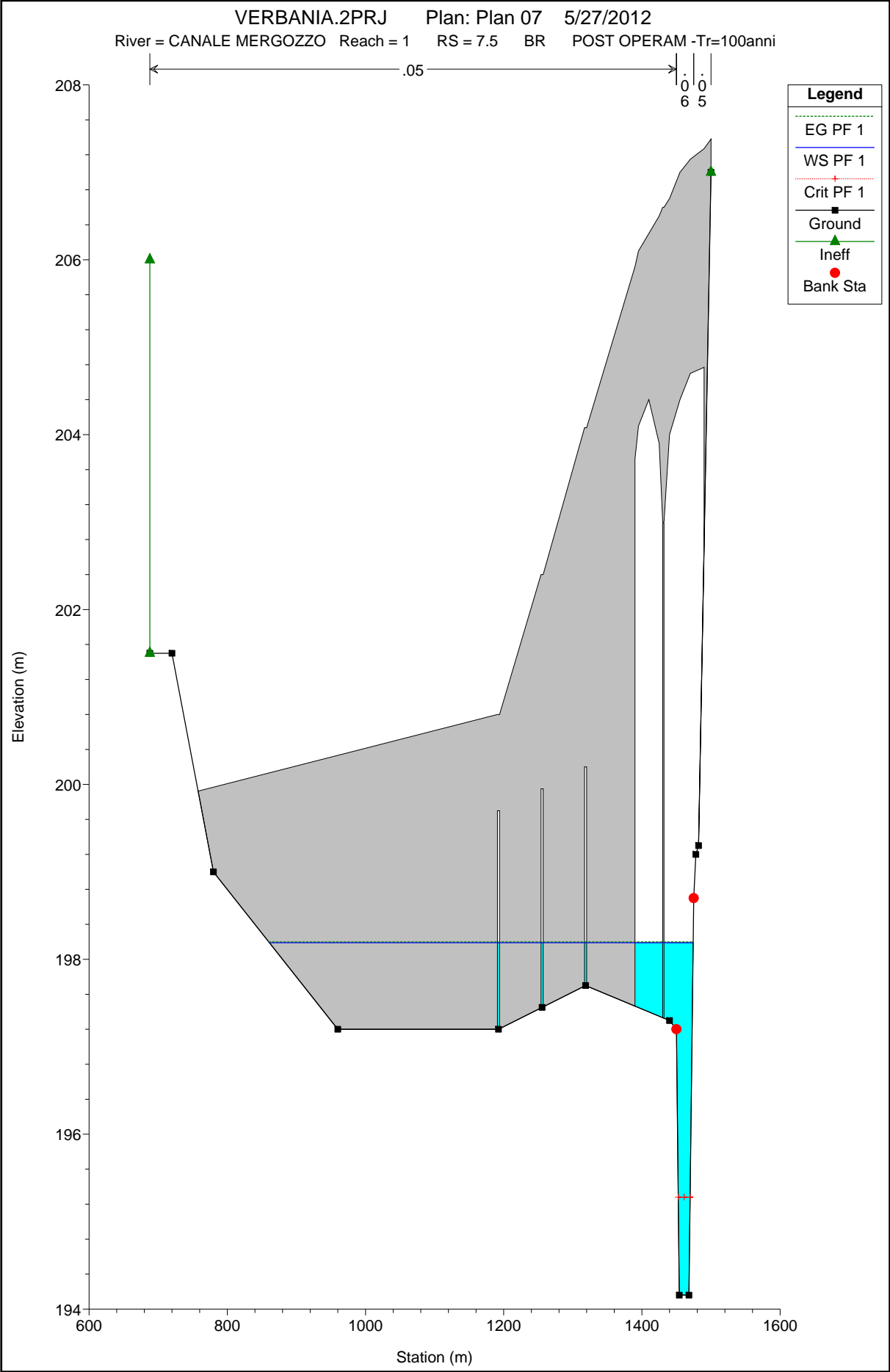


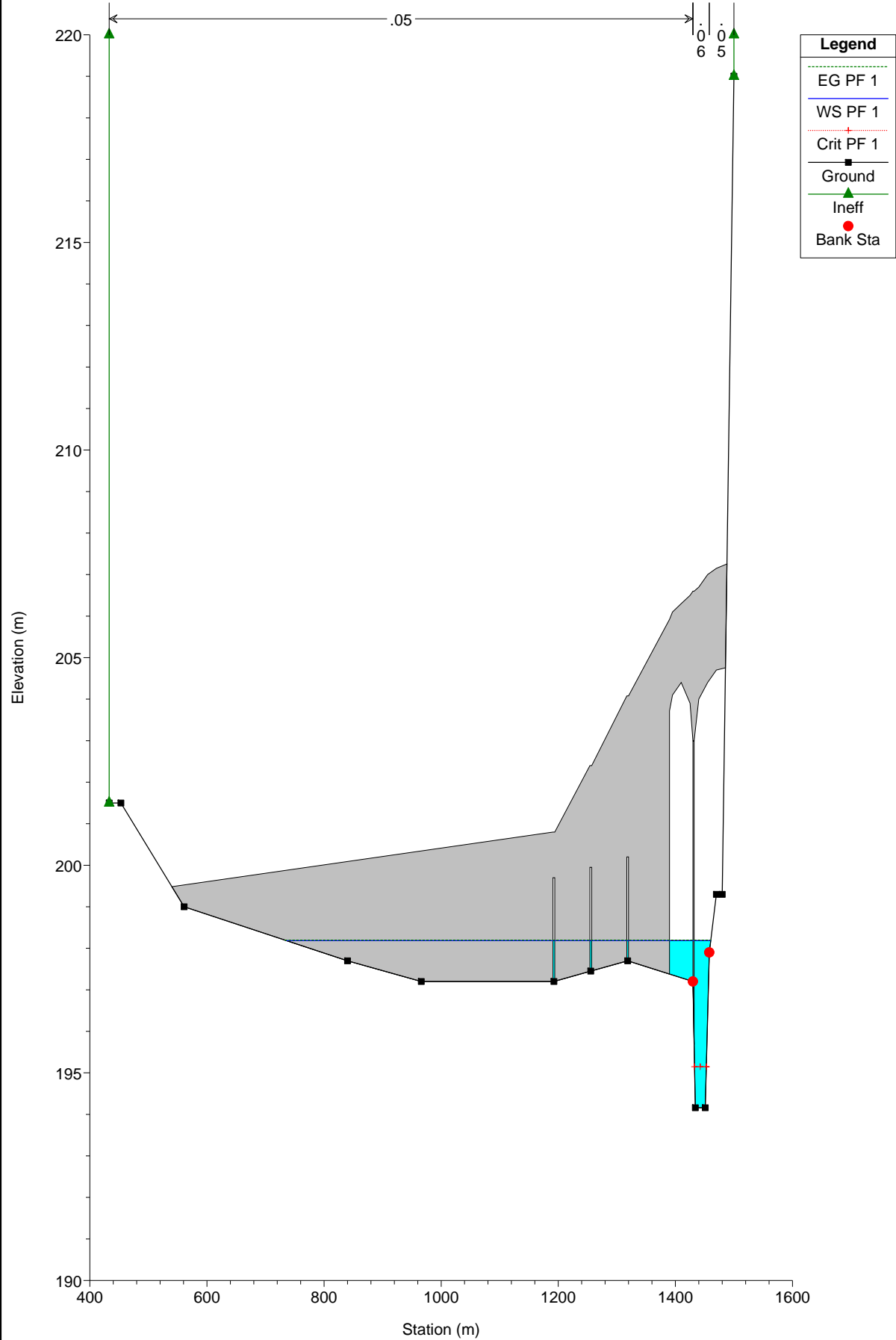


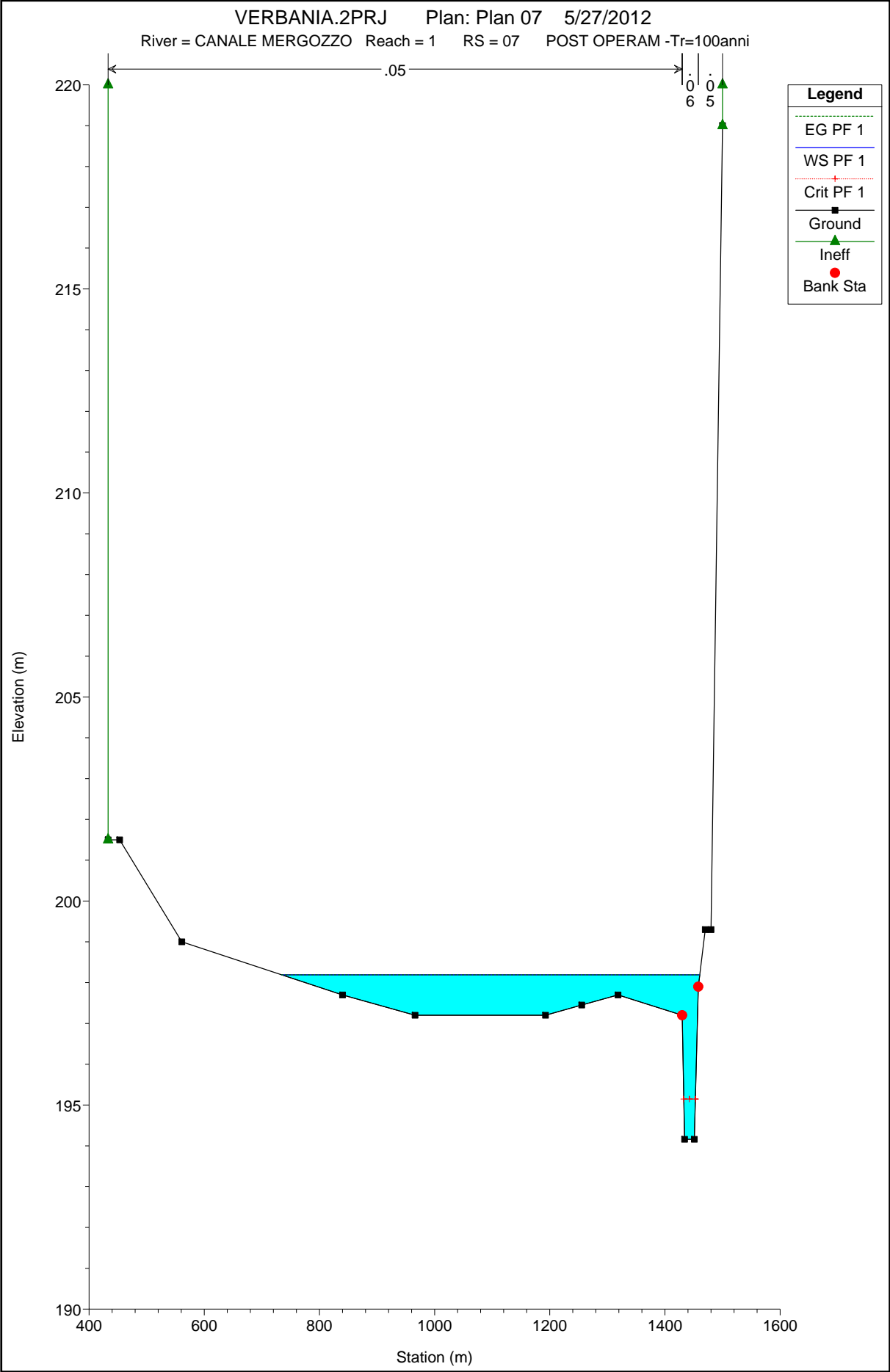


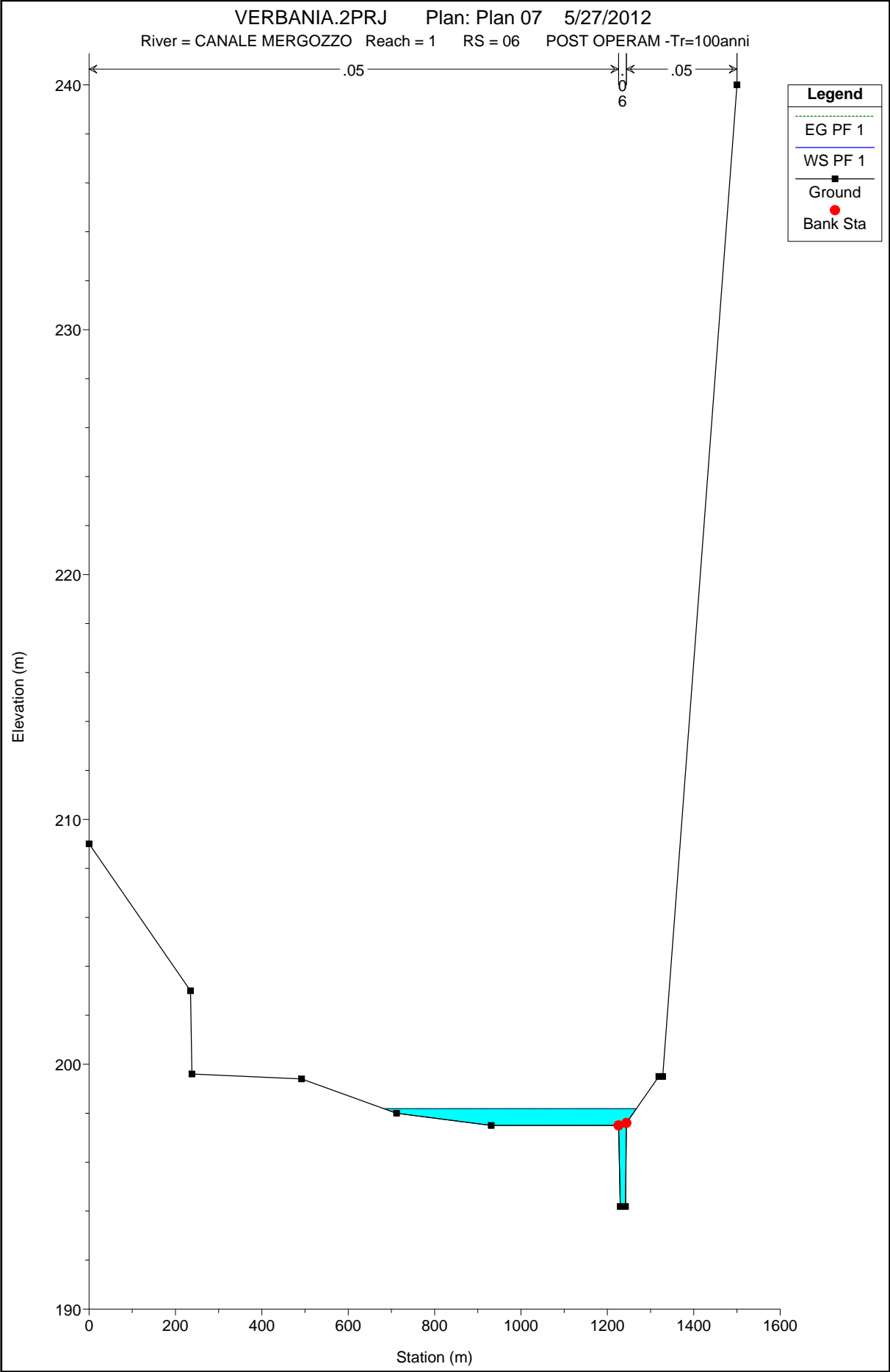


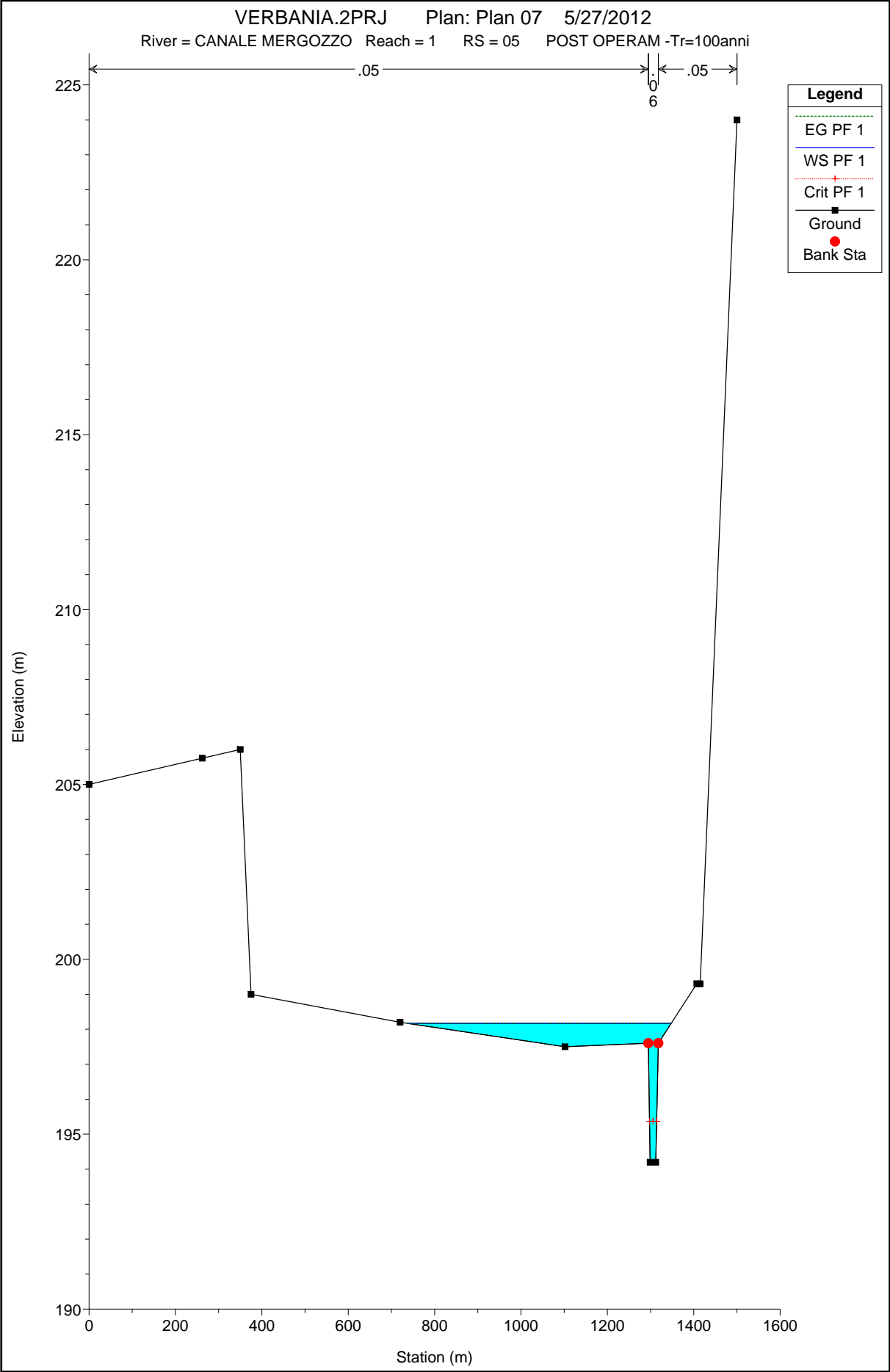


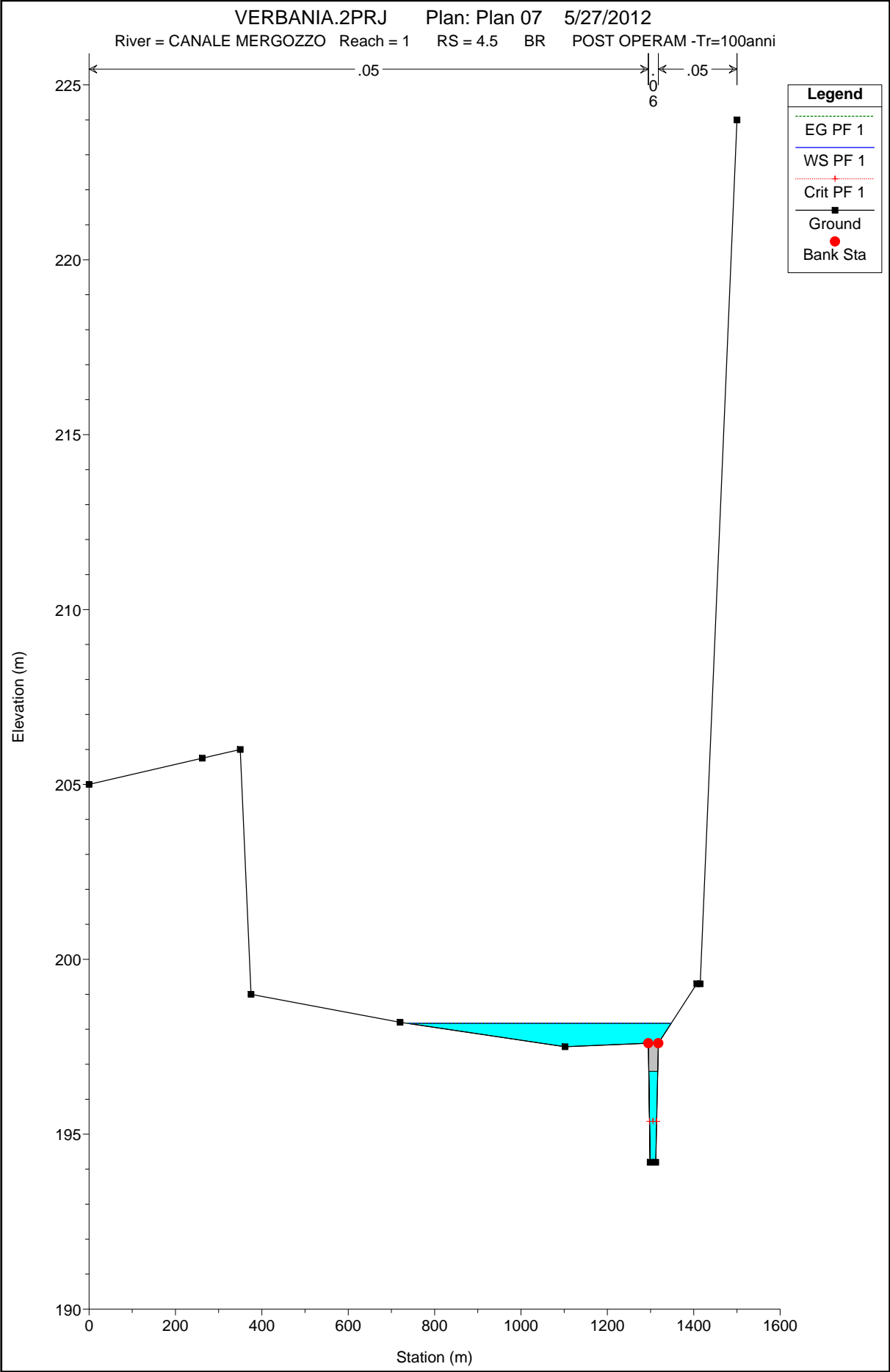


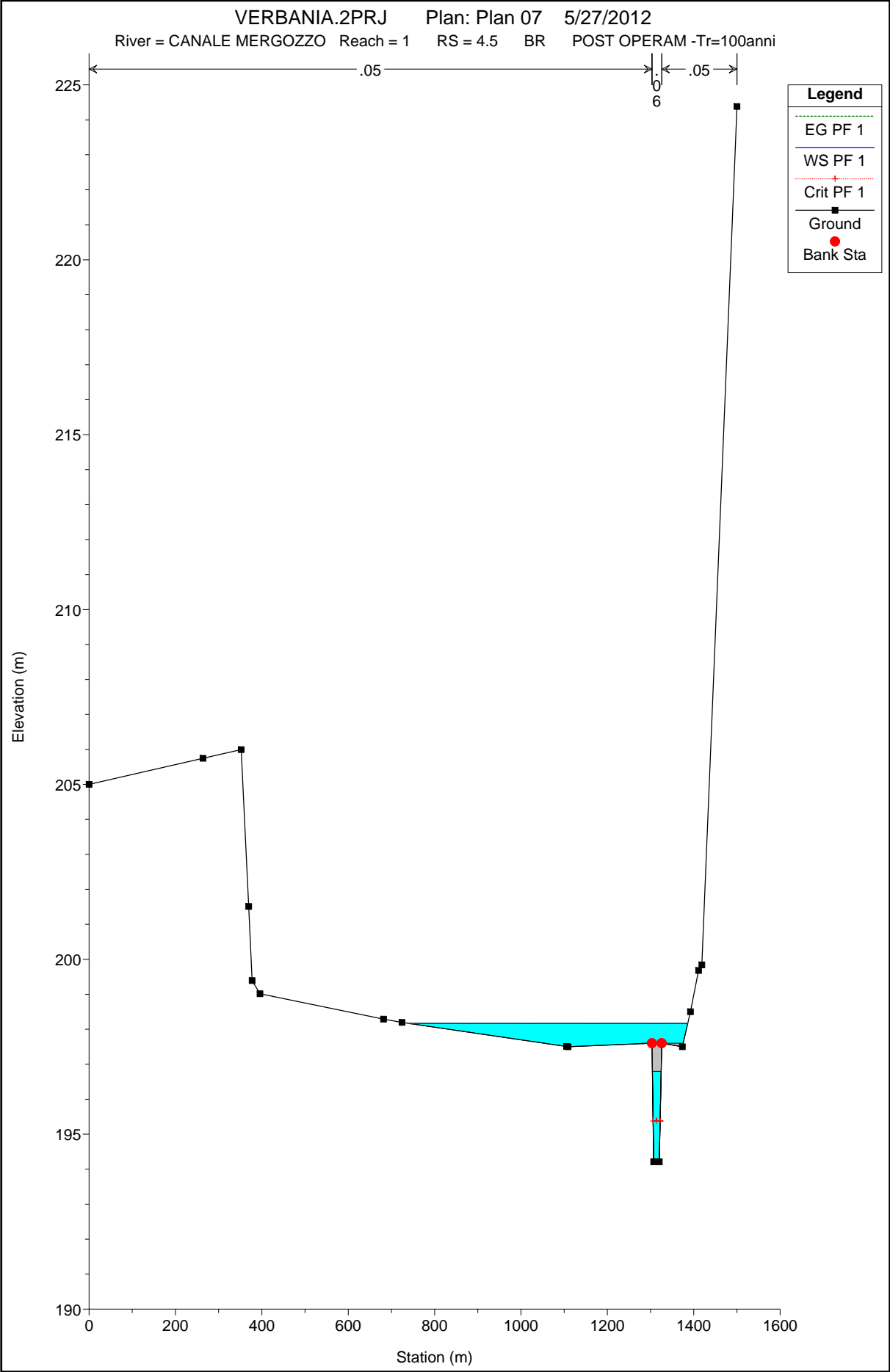


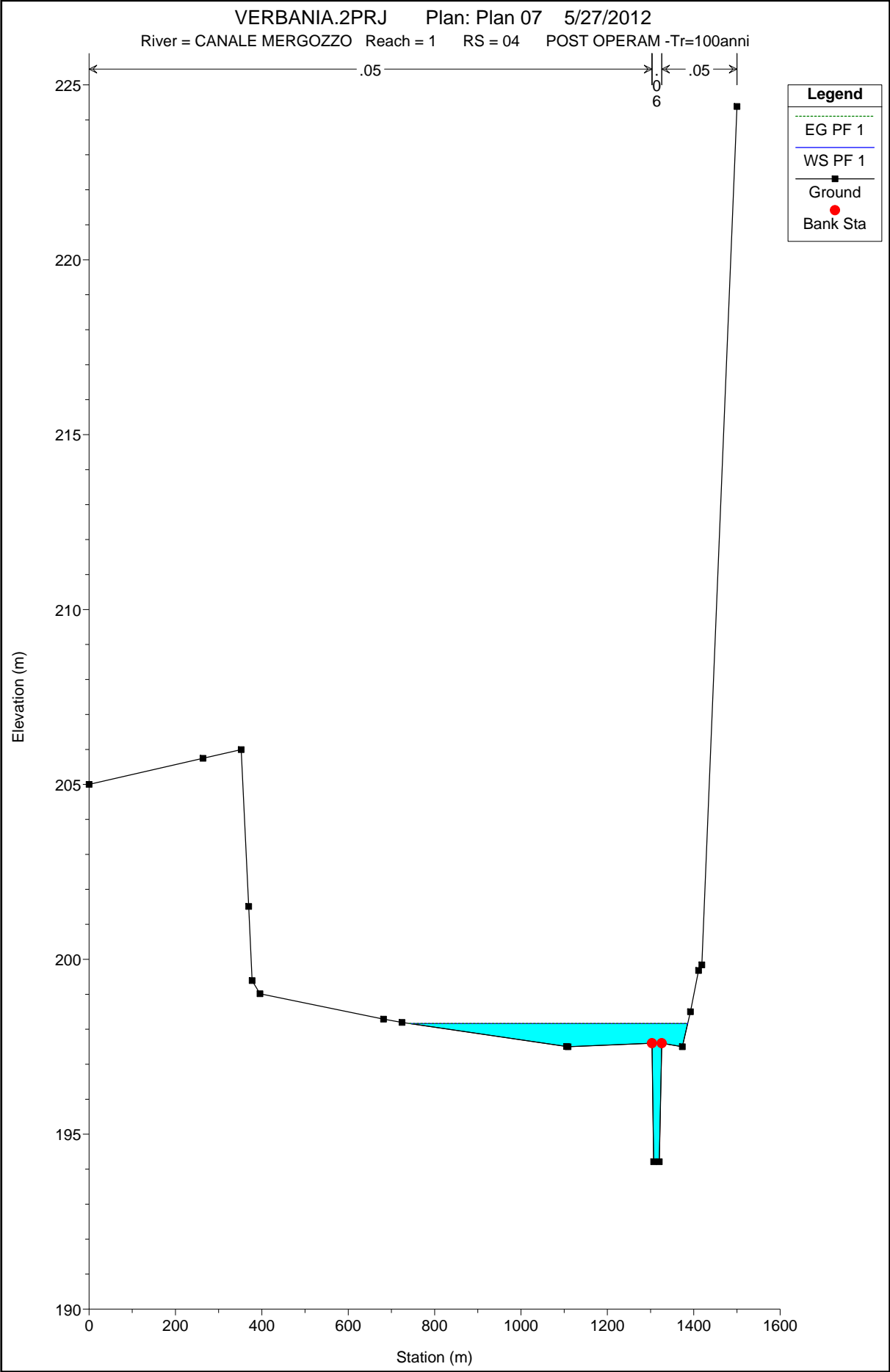


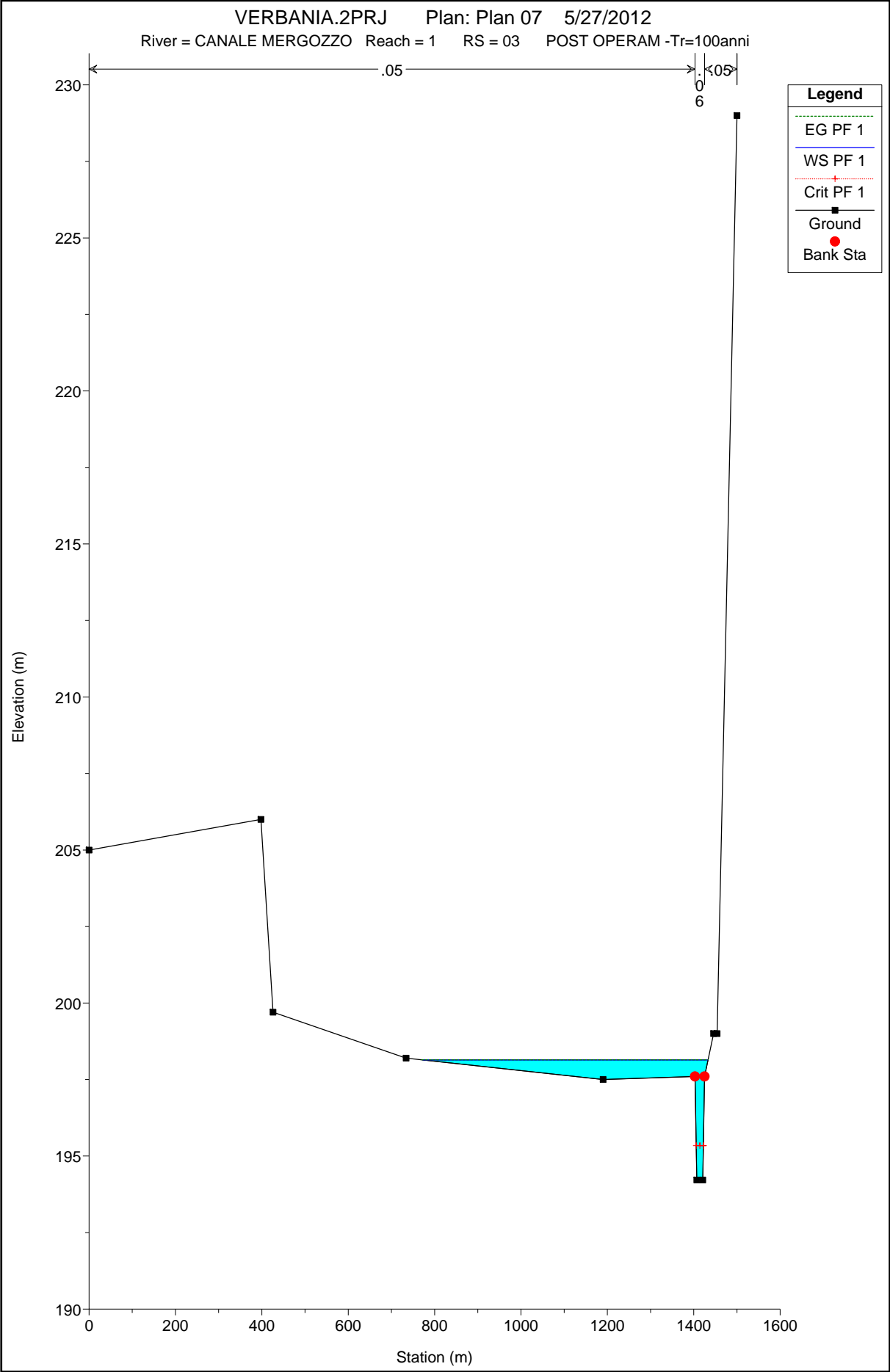


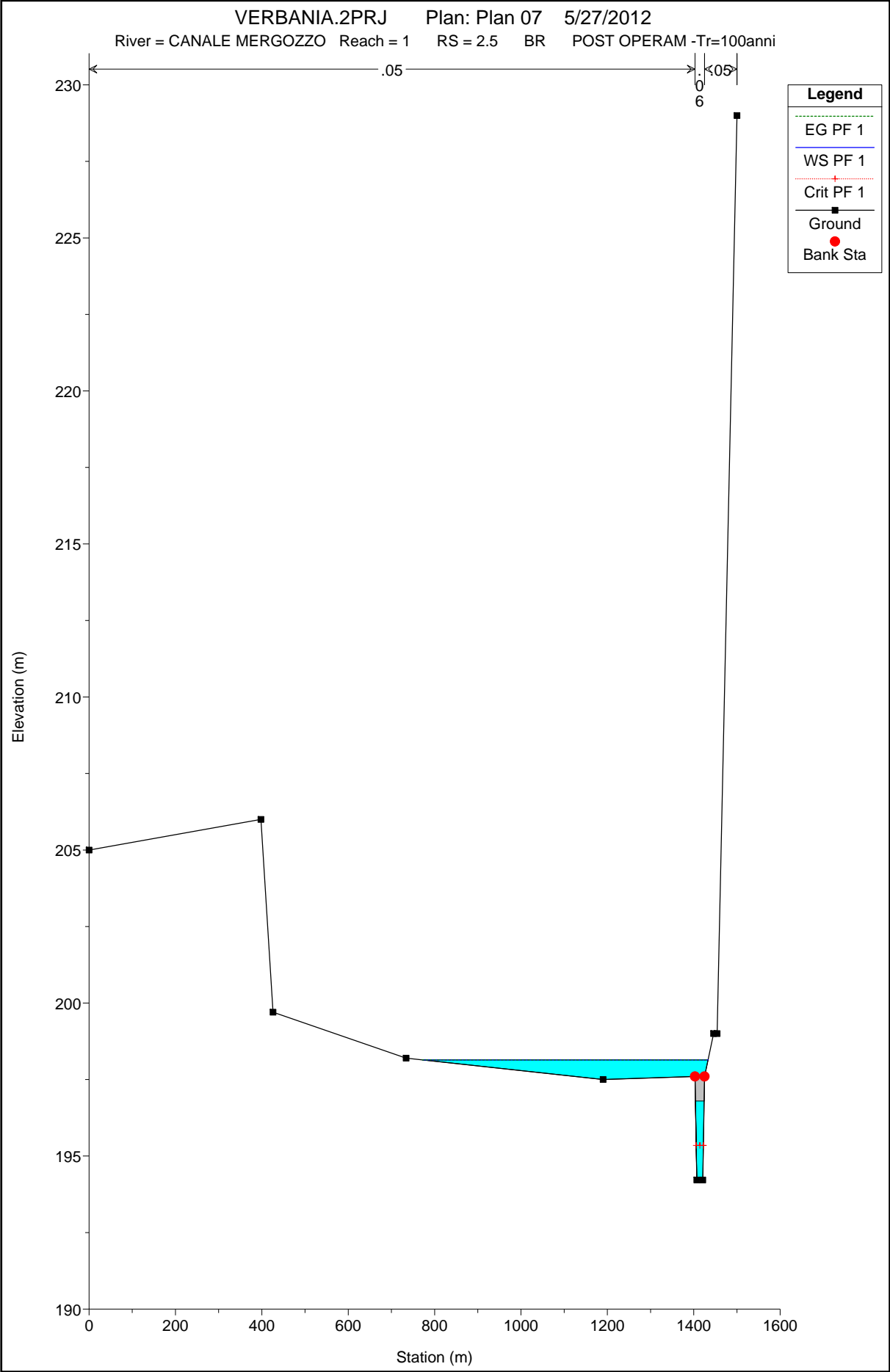


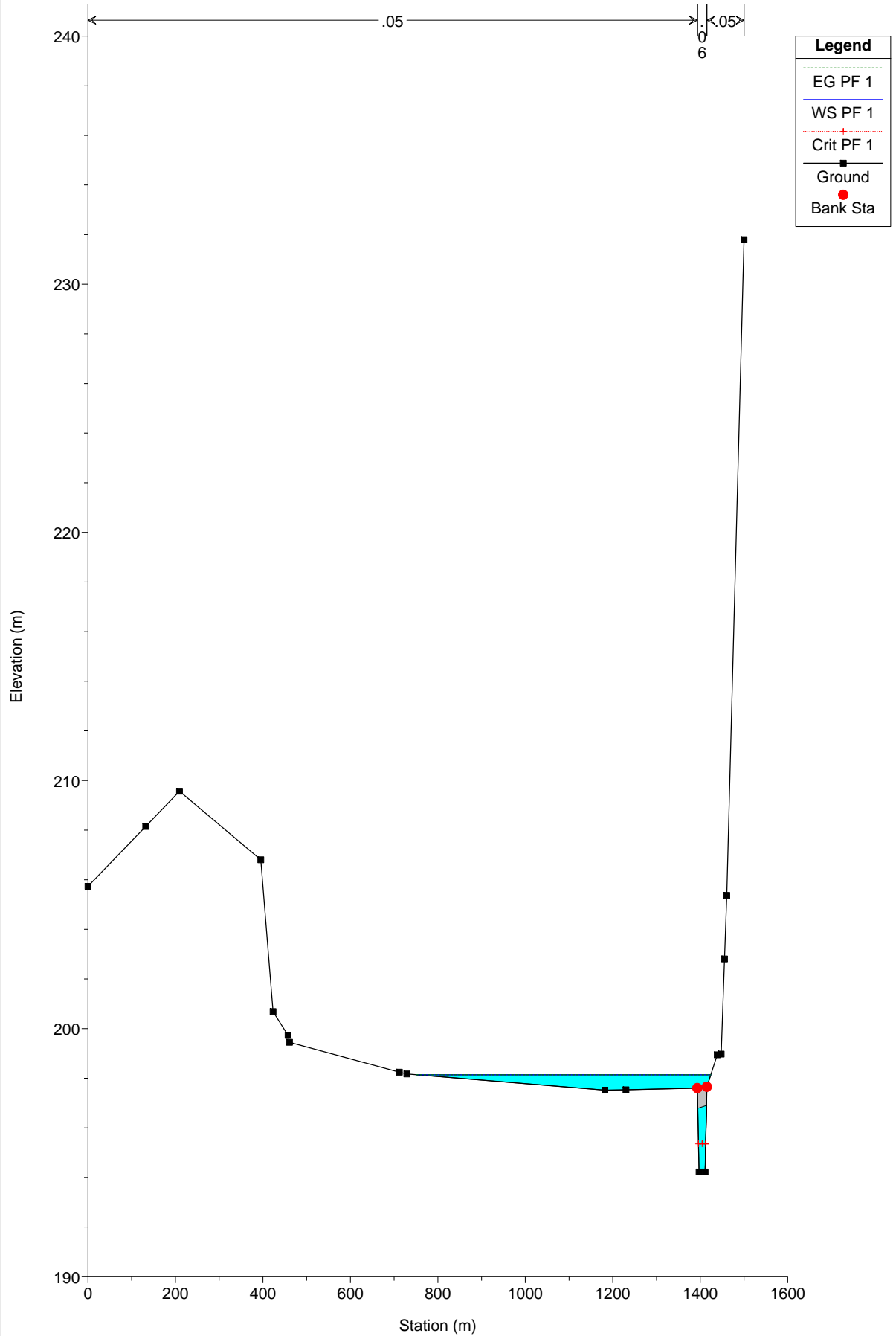


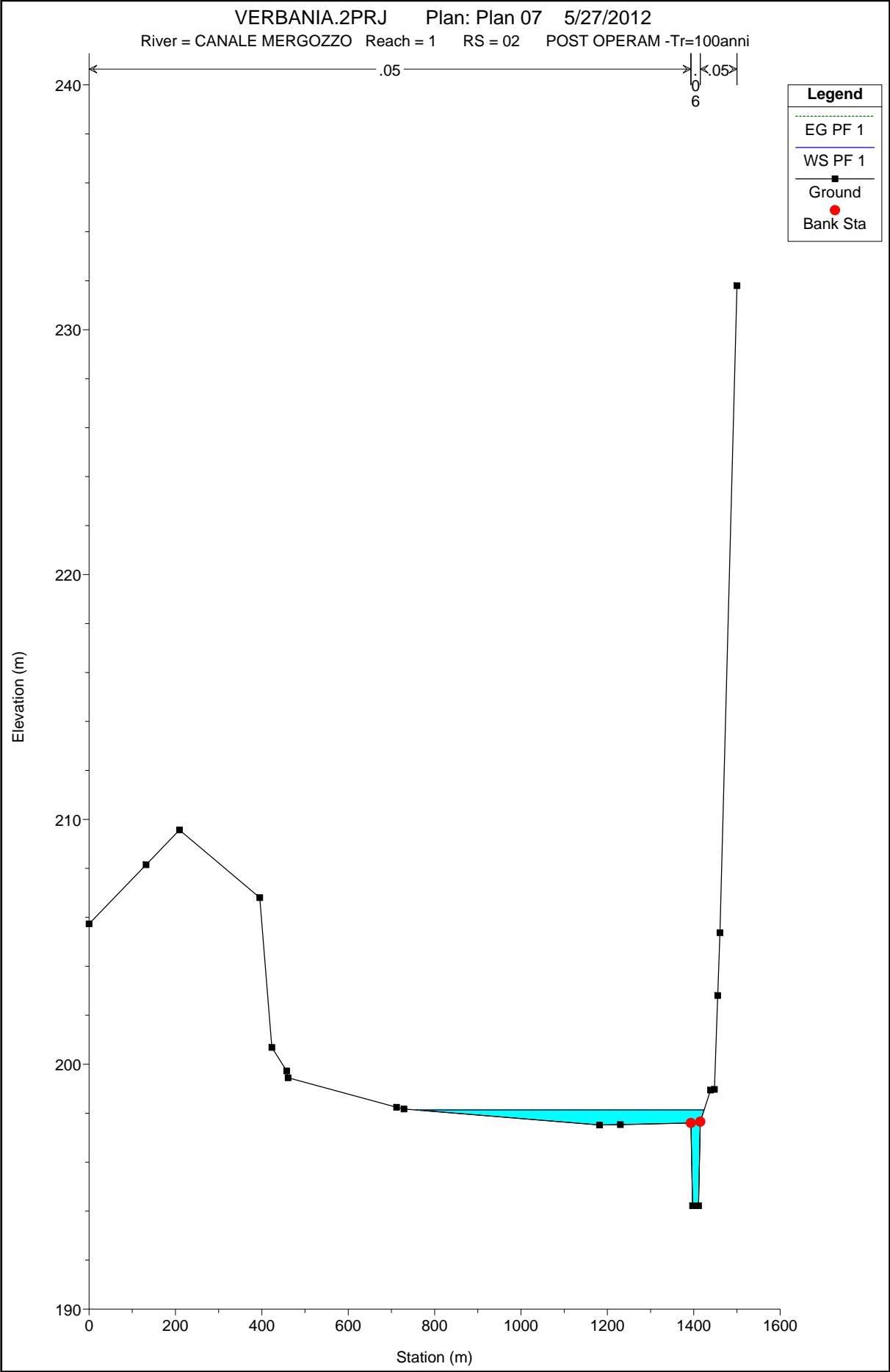


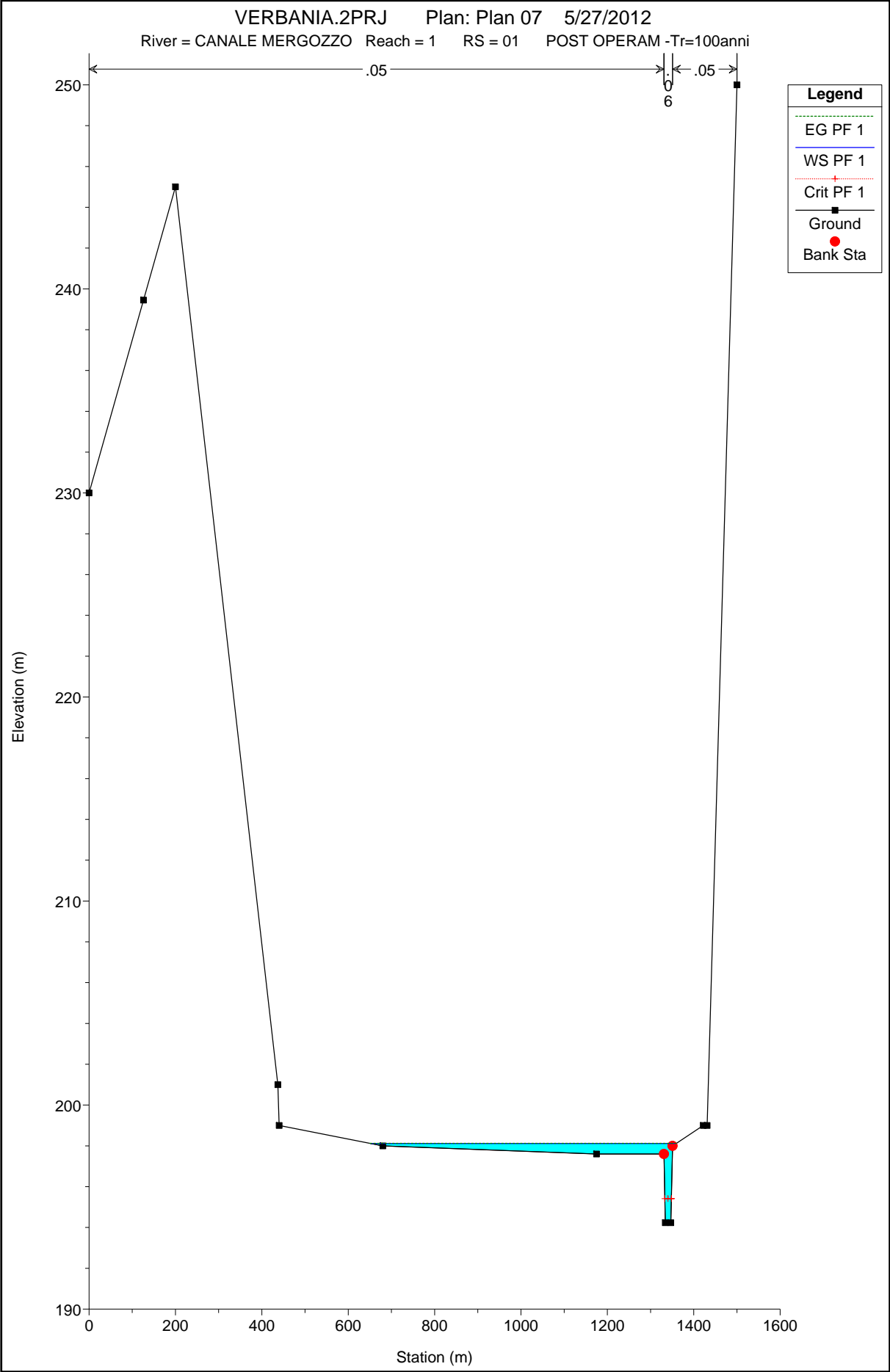












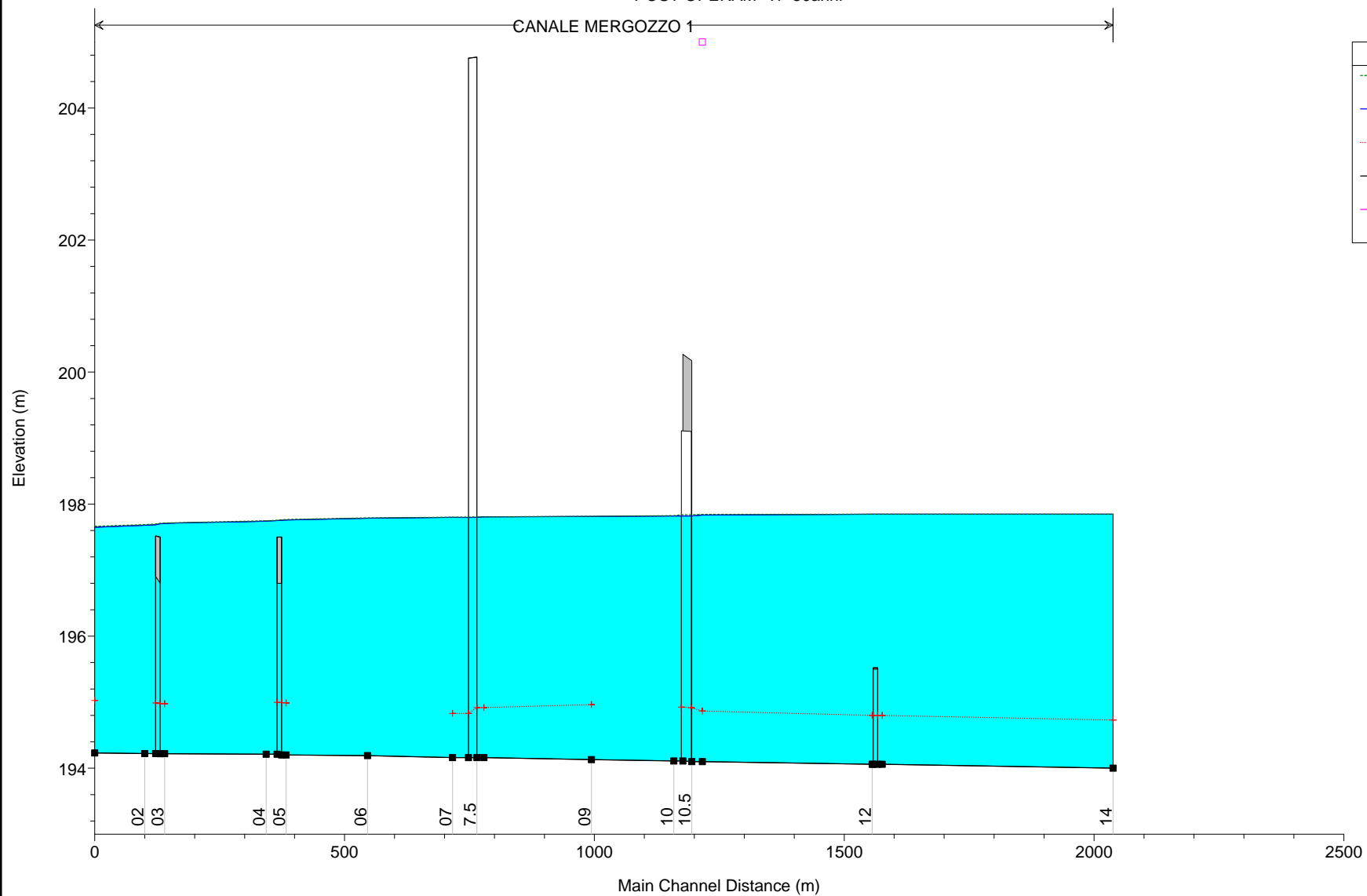
HEC-RAS Plan: Plan 07 River: CANALE MERGOZZO Reach: 1 Profile: PF 1

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)	
1	14	PF 1	55.00	194.00	198.29	194.82	198.29	0.000000	0.02	2207.29	699.16	0.00
1	13	PF 1	55.00	194.06	198.29	195.14	198.29	0.000001	0.04	1707.74	699.45	0.01
1	12.5		Bridge									
1	12	PF 1	55.00	194.06	198.29	195.14	198.29	0.000001	0.04	1707.74	699.45	0.01
1	11	PF 1	55.00	194.10	198.26	195.24	198.29	0.000476	0.76	73.00	21.68	0.13
1	10.5		Culvert									
1	10	PF 1	55.00	194.11	198.22		198.22	0.000108	0.35	326.89	720.16	0.06
1	09	PF 1	55.00	194.13	198.21	195.38	198.21	0.000039	0.23	363.40	285.46	0.04
1	08	PF 1	55.00	194.16	198.20	195.28	198.20	0.000025	0.17	551.71	614.39	0.03
1	7.5		Bridge									
1	07	PF 1	55.00	194.16	198.19	195.15	198.19	0.000021	0.16	614.13	726.01	0.03
1	06	PF 1	55.00	194.19	198.18		198.19	0.000079	0.30	367.91	583.92	0.05
1	05	PF 1	55.00	194.20	198.17	195.37	198.17	0.000105	0.35	323.51	610.11	0.06
1	4.5		Bridge									
1	04	PF 1	55.00	194.21	198.16		198.16	0.000093	0.33	346.45	642.76	0.06
1	03	PF 1	55.00	194.22	198.14	195.34	198.14	0.000104	0.35	334.69	660.79	0.06
1	2.5		Bridge									
1	02	PF 1	55.00	194.22	198.13		198.14	0.000112	0.36	326.76	668.19	0.06
1	01	PF 1	55.00	194.23	198.12	195.41	198.12	0.000143	0.40	306.98	708.34	0.07

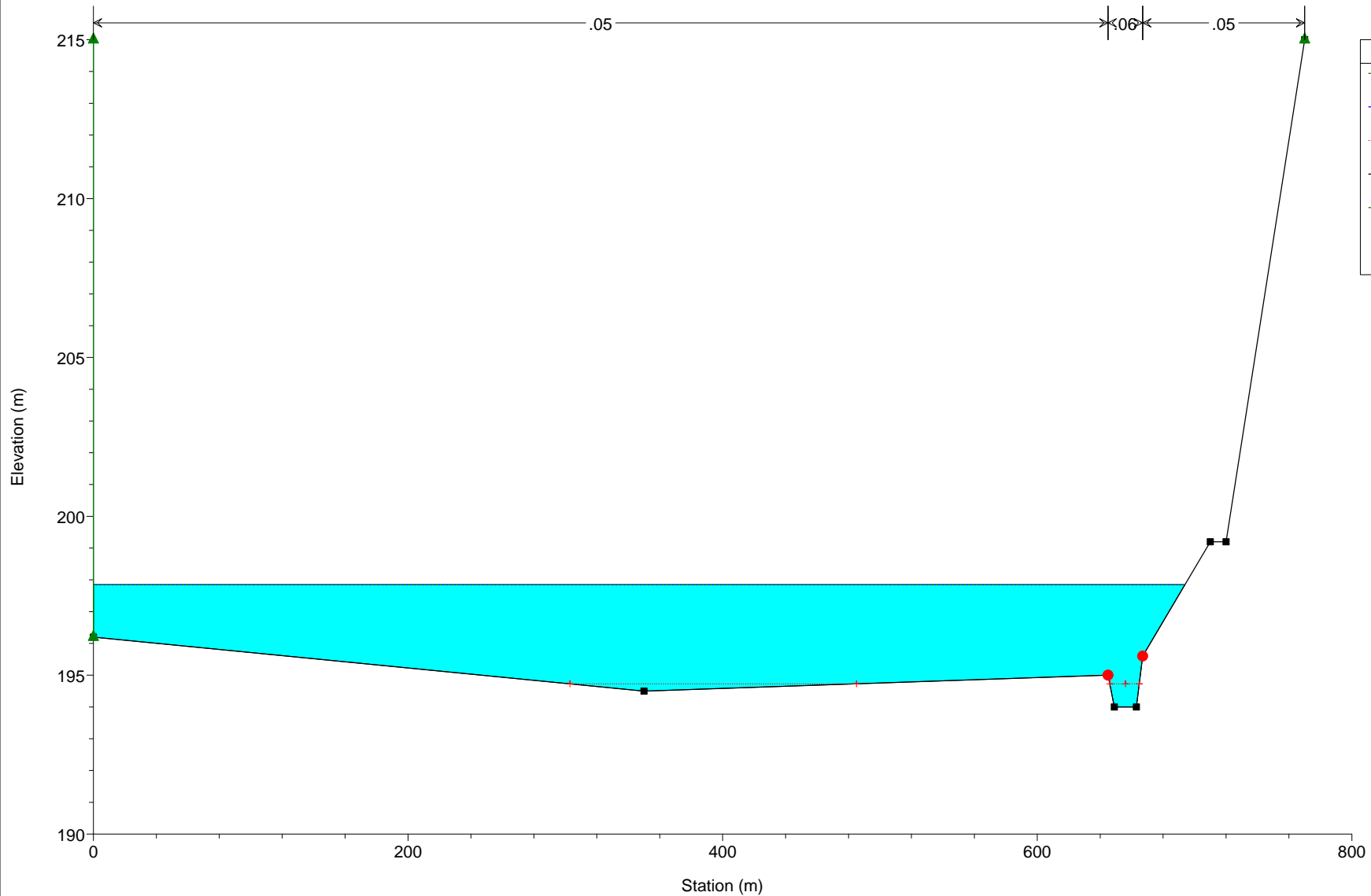
POST OPERAM

Tr=50anni

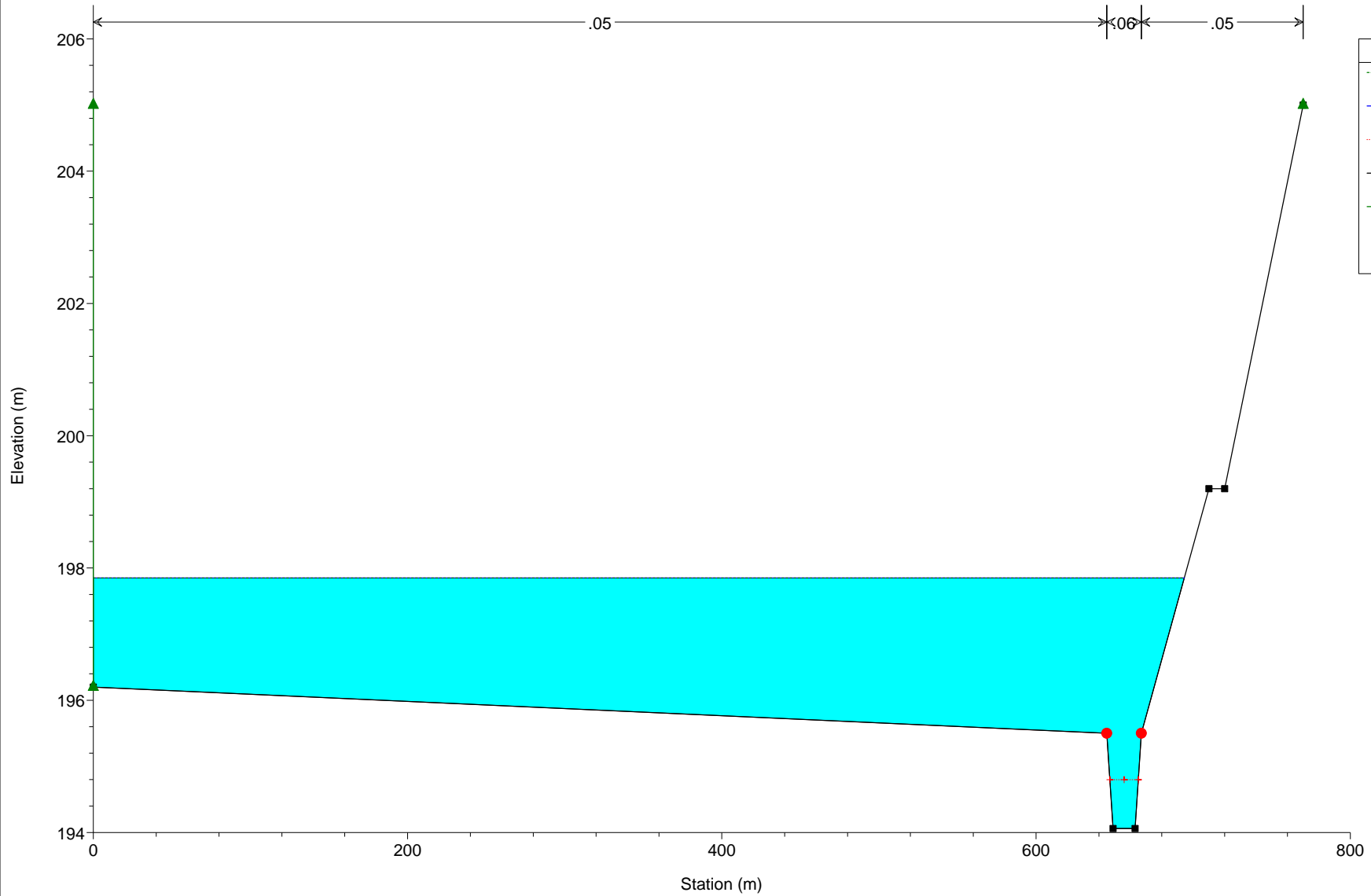
VERBANIA.2PRJ Plan: Plan 07 5/27/2012
POST OPERAM -Tr=50anni



VERBANIA.2PRJ Plan: Plan 07 5/27/2012
River = CANALE MERGOZZO Reach = 1 RS = 14 POST OPERAM -Tr=50anni

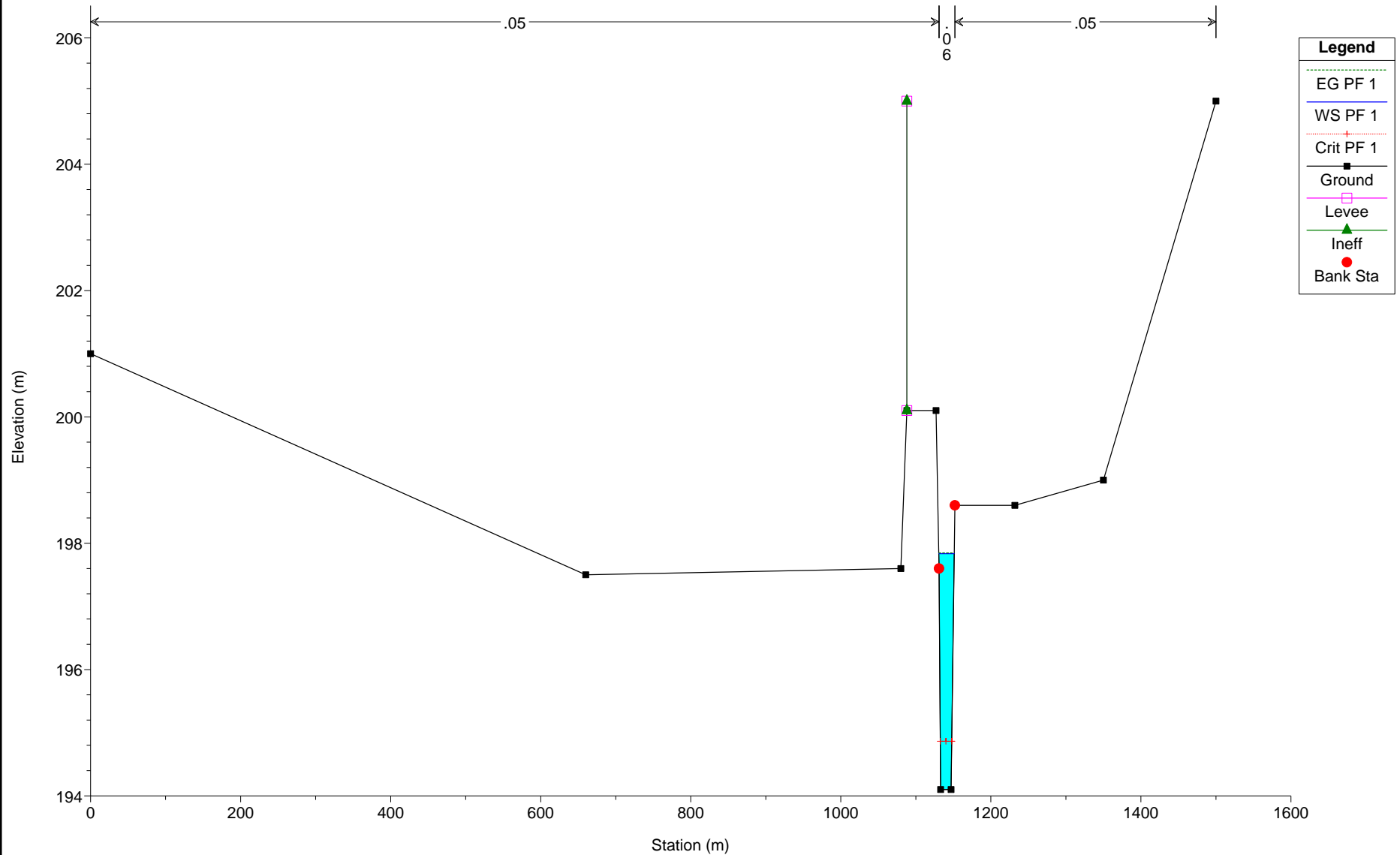


VERBANIA.2PRJ Plan: Plan 07 5/27/2012
River = CANALE MERGOZZO Reach = 1 RS = 12 POST OPERAM -Tr=50anni

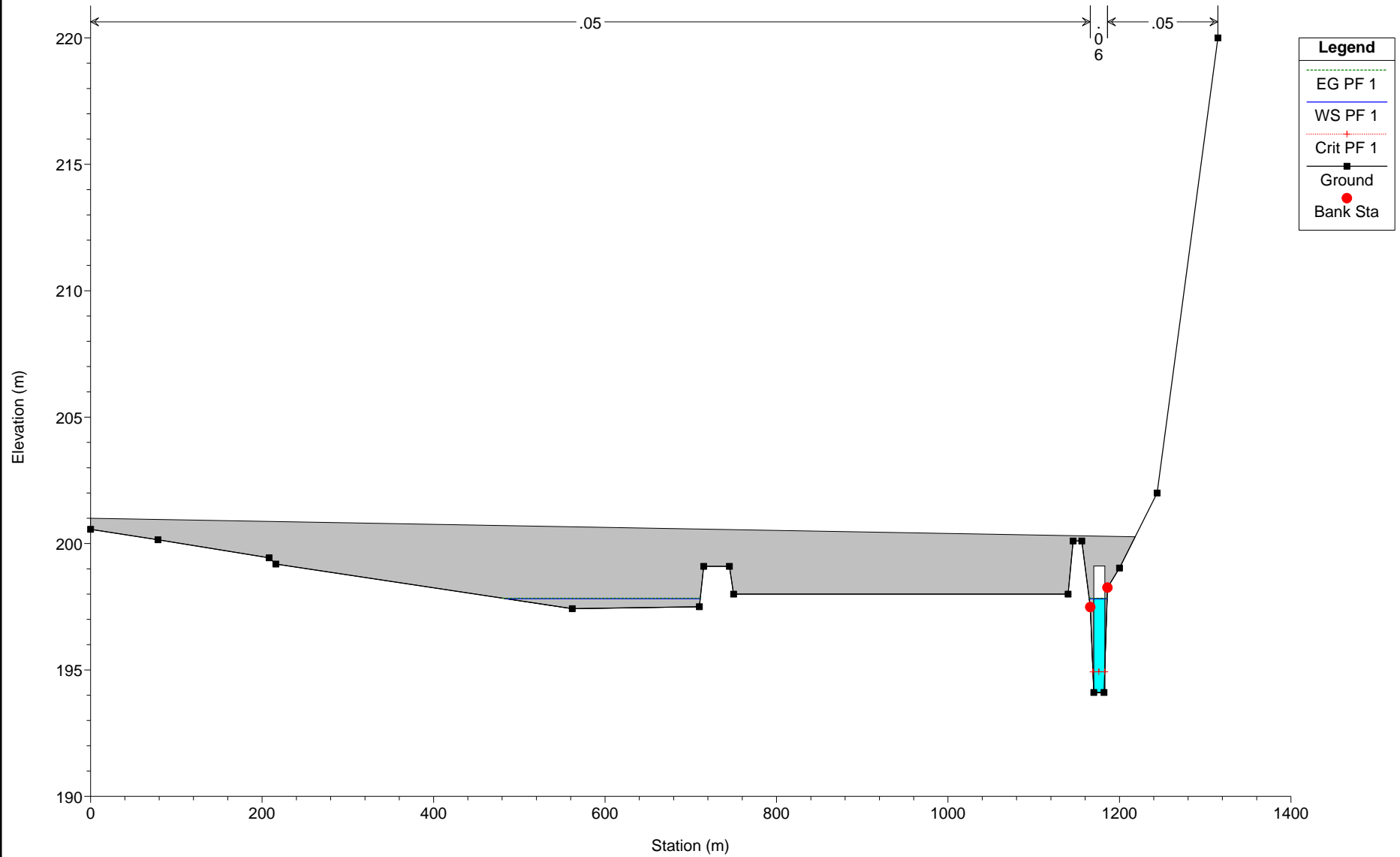


Legend	
EG PF 1	
WS PF 1	
Crit PF 1	
Ground	
Ineff	
Bank Sta	

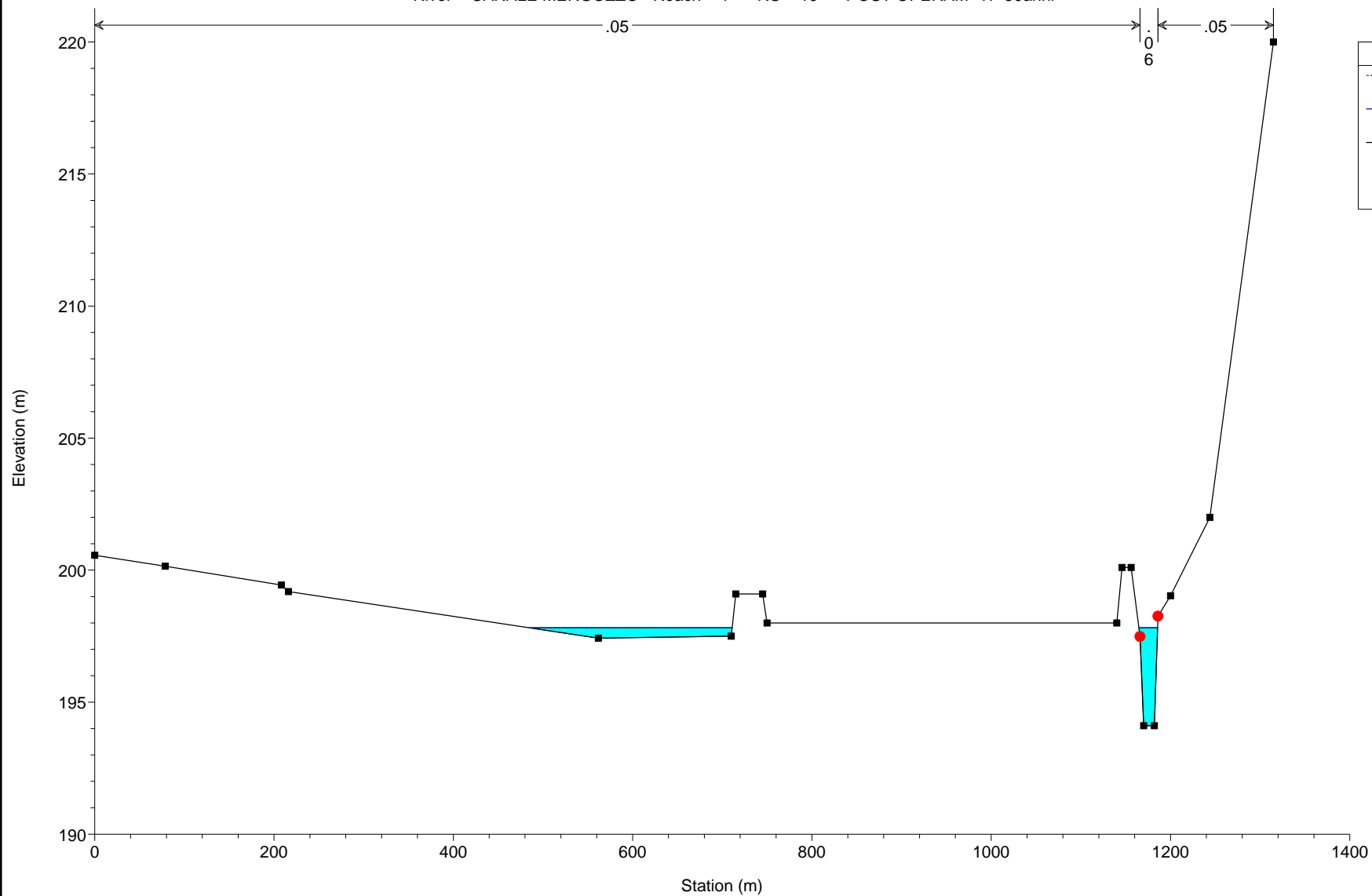
VERBANIA.2PRJ Plan: Plan 07 5/27/2012
River = CANALE MERGOZZO Reach = 1 RS = 11 POST OPERAM -Tr=50anni



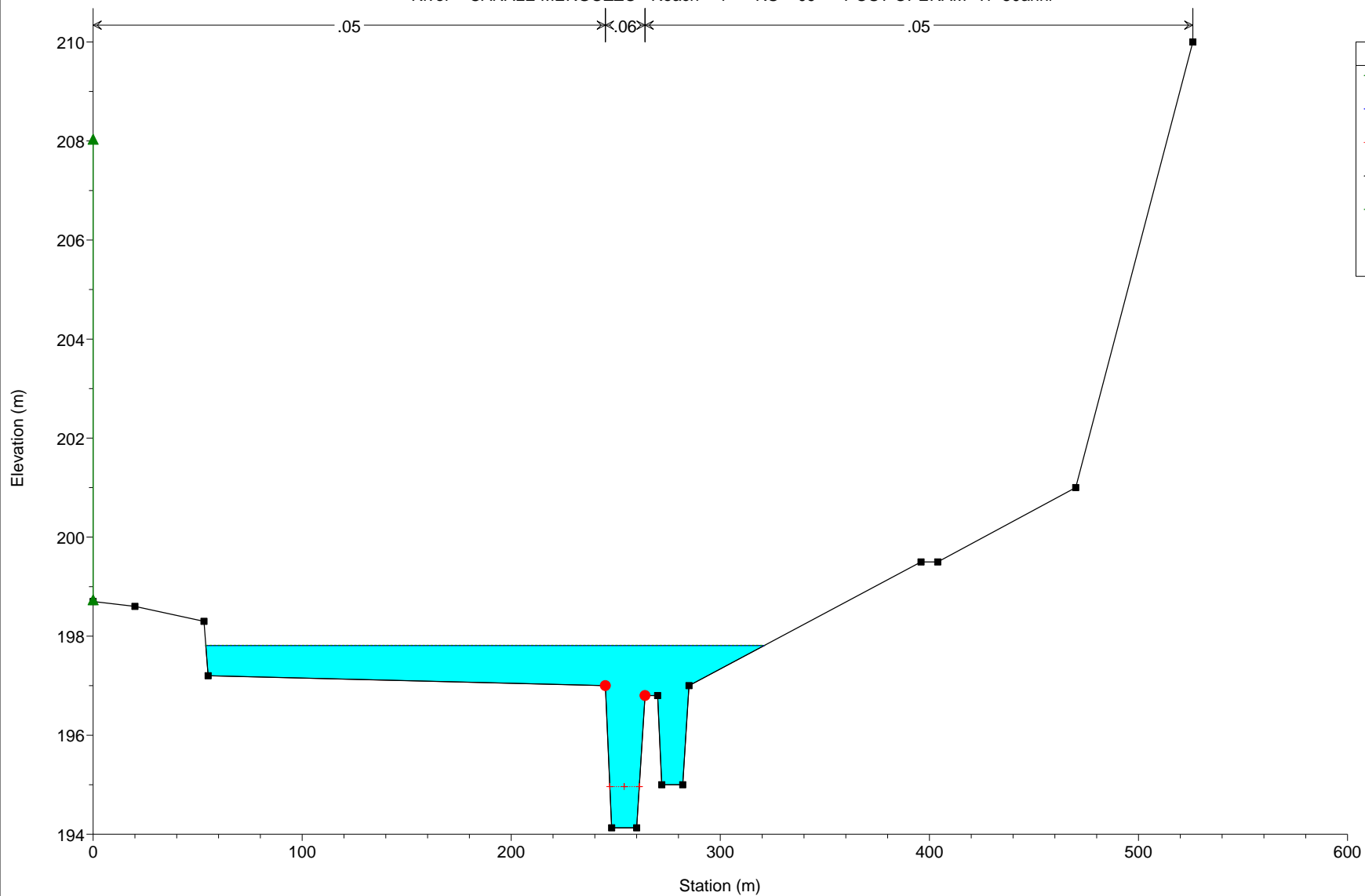
VERBANIA.2PRJ Plan: Plan 07 5/27/2012
River = CANALE MERGOZZO Reach = 1 RS = 10.5 Culv POST OPERAM -Tr=50anni



VERBANIA.2PRJ Plan: Plan 07 5/27/2012
River = CANALE MERGOZZO Reach = 1 RS = 10 POST OPERAM -Tr=50anni

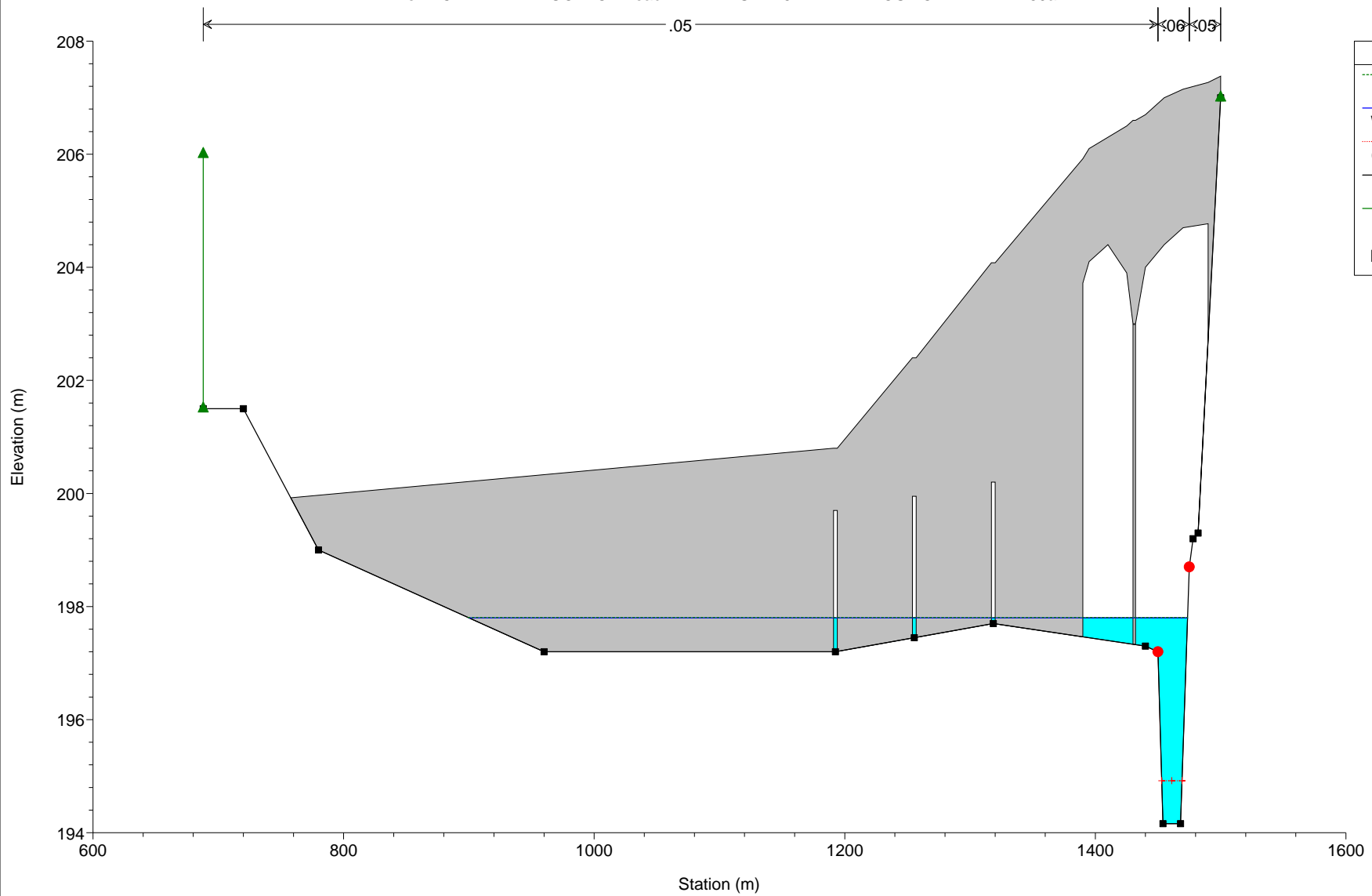


VERBANIA.2PRJ Plan: Plan 07 5/27/2012
River = CANALE MERGOZZO Reach = 1 RS = 09 POST OPERAM -Tr=50anni

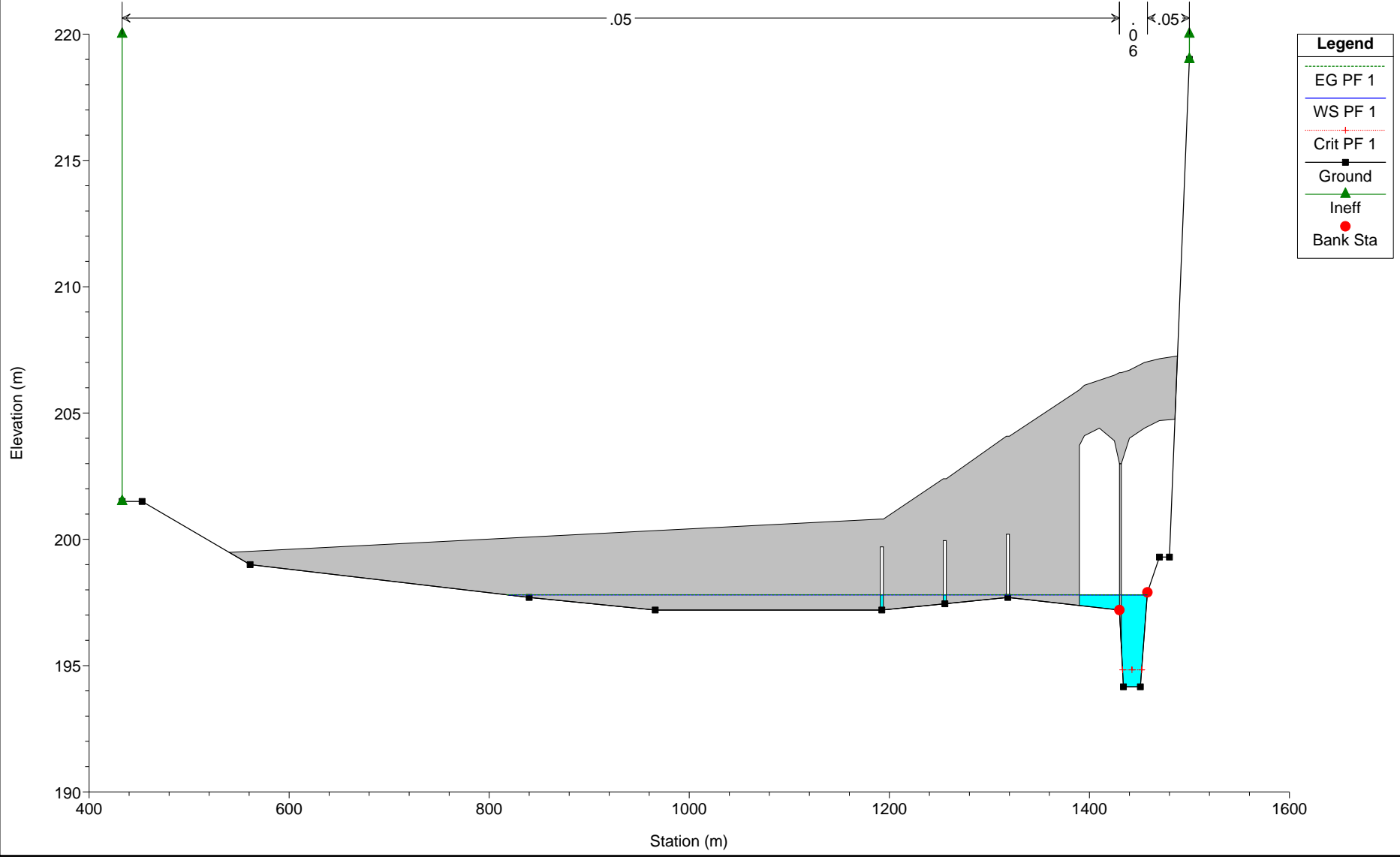


VERBANIA.2PRJ Plan: Plan 07 5/27/2012

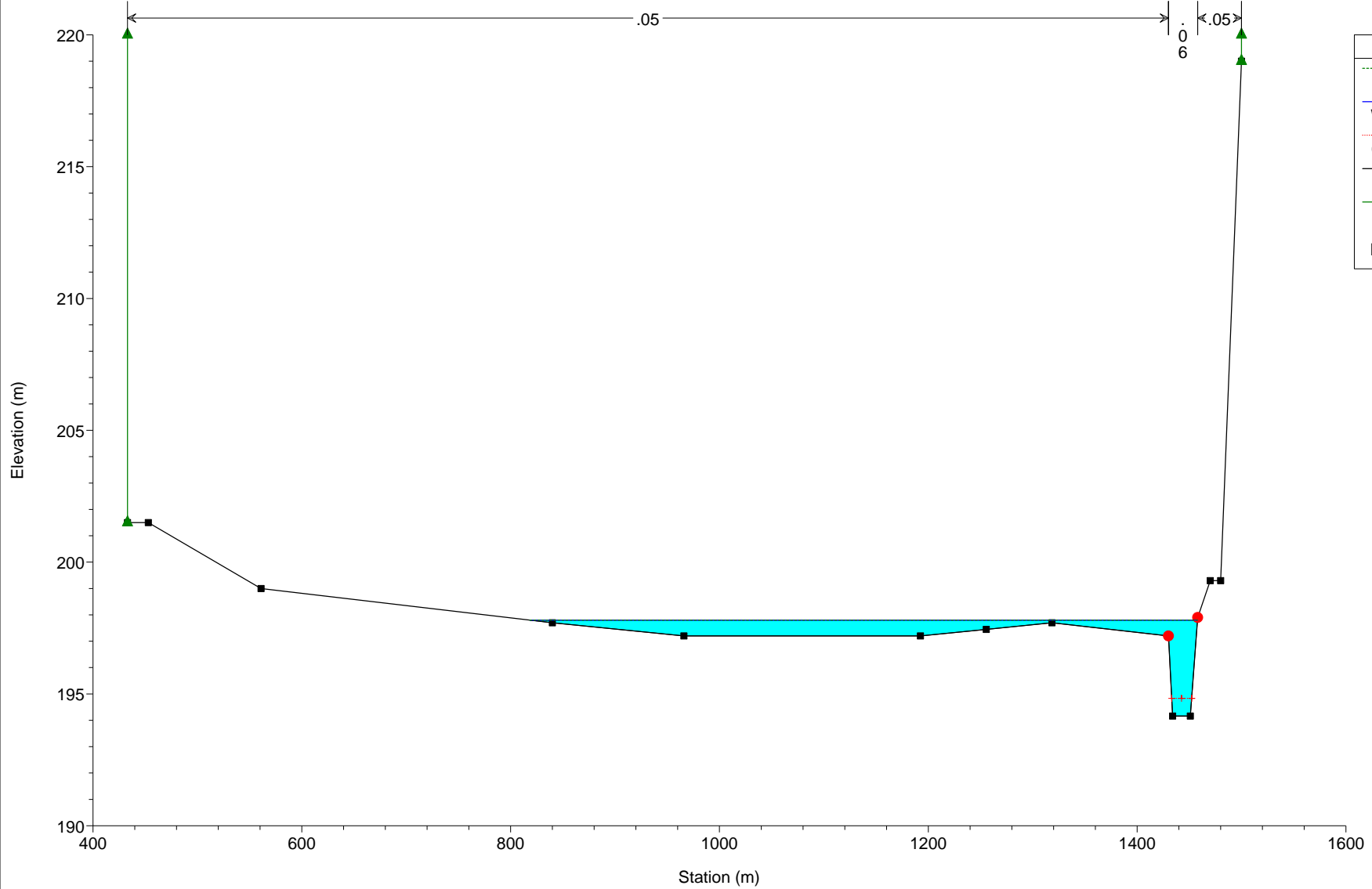
River = CANALE MERGOZZO Reach = 1 RS = 7.5 BR POST OPERAM -Tr=50anni



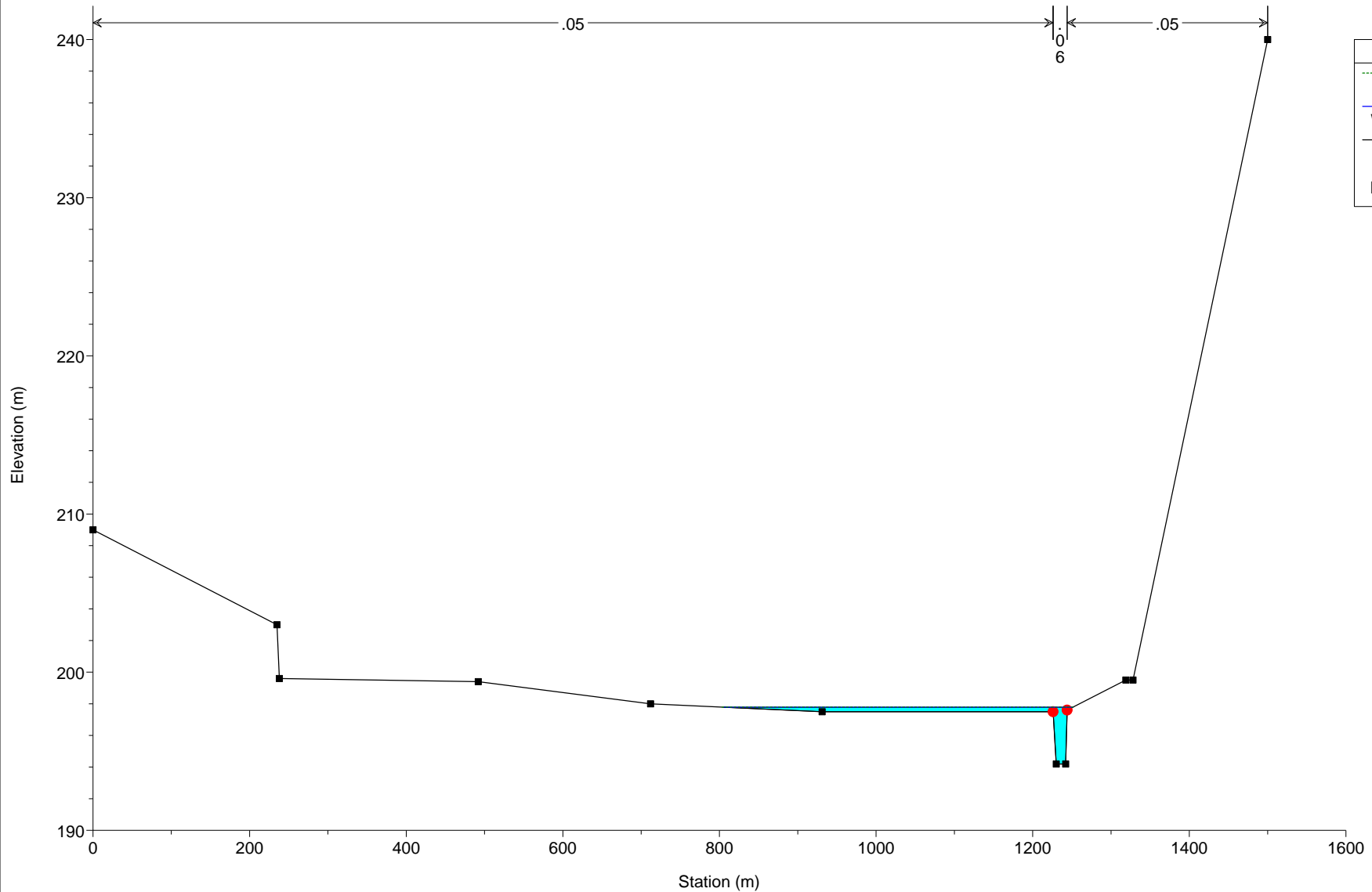
VERBANIA.2PRJ Plan: Plan 07 5/27/2012
River = CANALE MERGOZZO Reach = 1 RS = 7.5 BR POST OPERAM -Tr=50anni



VERBANIA.2PRJ Plan: Plan 07 5/27/2012
River = CANALE MERGOZZO Reach = 1 RS = 07 POST OPERAM -Tr=50anni

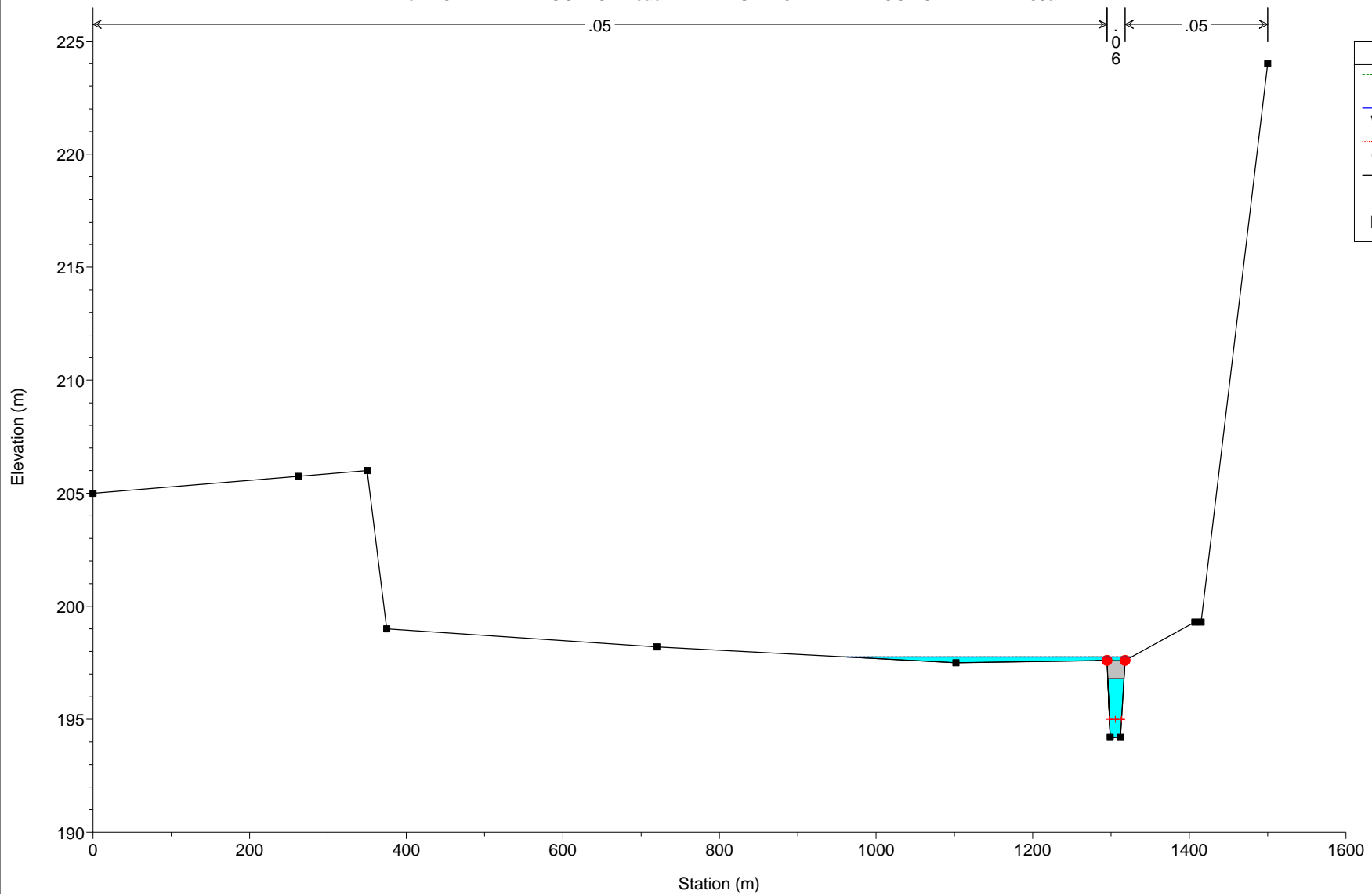


VERBANIA.2PRJ Plan: Plan 07 5/27/2012
River = CANALE MERGOZZO Reach = 1 RS = 06 POST OPERAM -Tr=50anni



VERBANIA.2PRJ Plan: Plan 07 5/27/2012

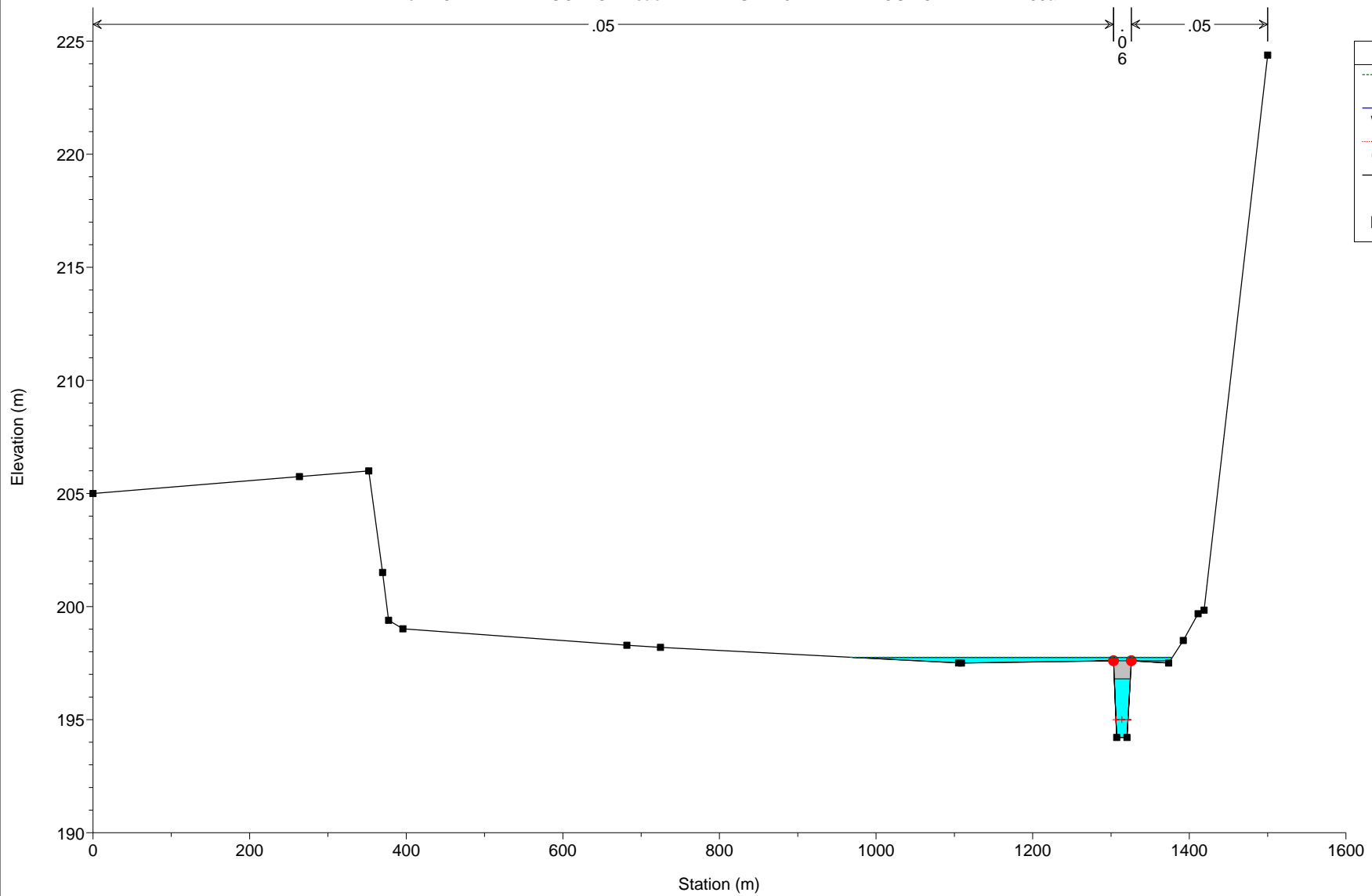
River = CANALE MERGOZZO Reach = 1 RS = 4.5 BR POST OPERAM -Tr=50anni



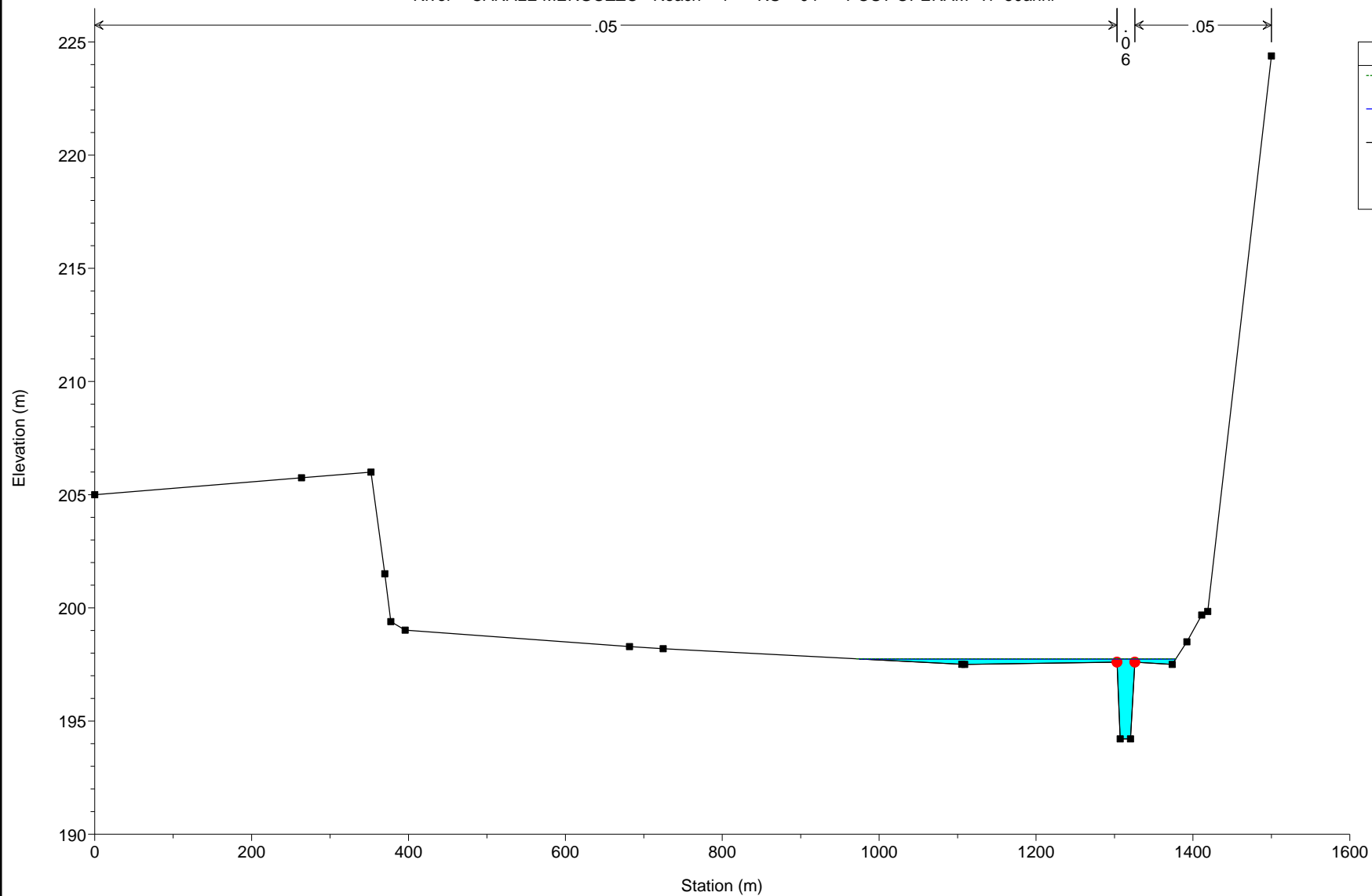
Legend	
EG PF 1	
WS PF 1	
Crit PF 1	
Ground	
Bank Sta	

VERBANIA.2PRJ Plan: Plan 07 5/27/2012

River = CANALE MERGOZZO Reach = 1 RS = 4.5 BR POST OPERAM -Tr=50anni

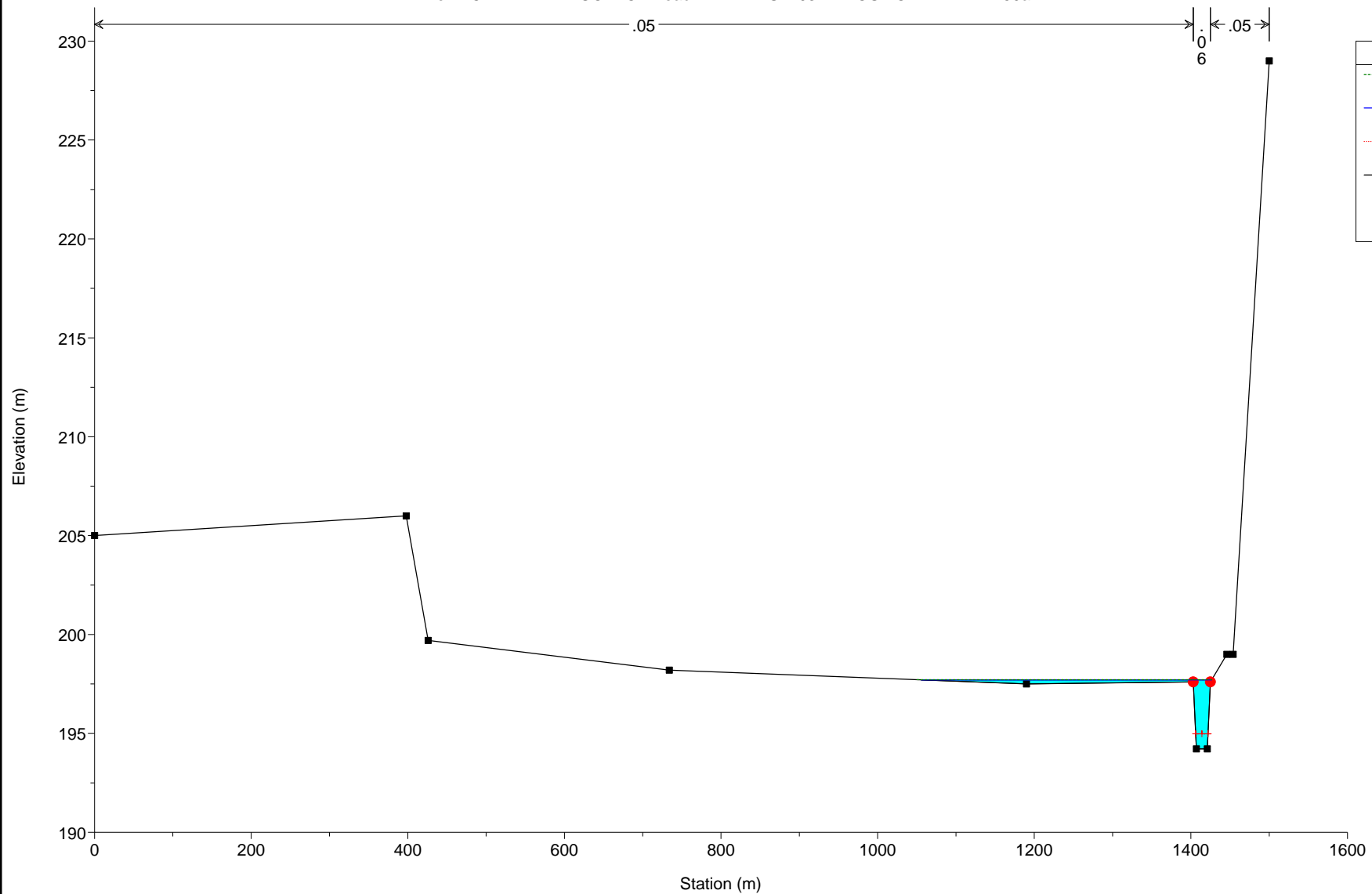


VERBANIA.2PRJ Plan: Plan 07 5/27/2012
River = CANALE MERGOZZO Reach = 1 RS = 04 POST OPERAM -Tr=50anni



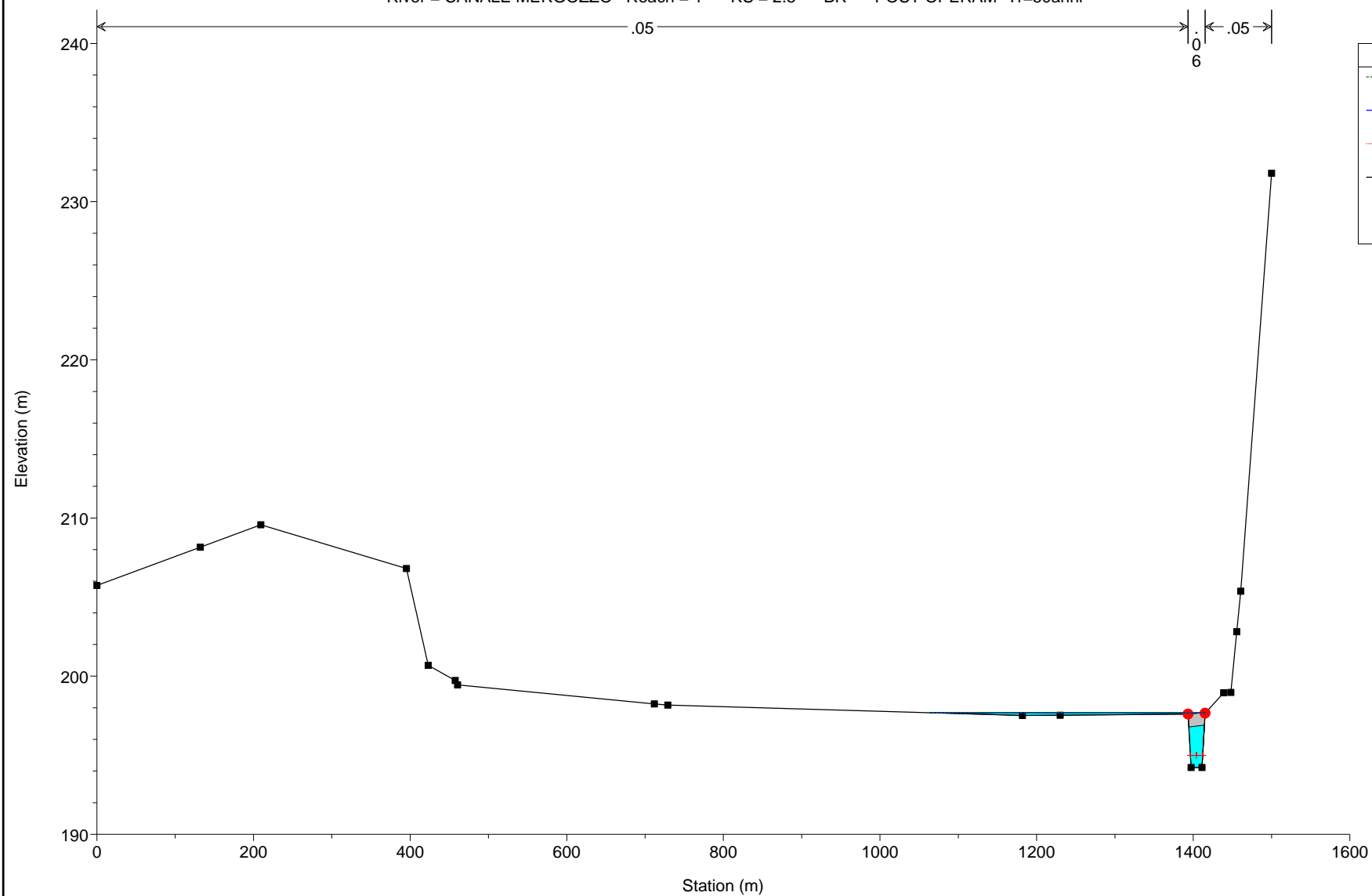
Legend
EG PF 1
WS PF 1
Ground
Bank Sta

VERBANIA.2PRJ Plan: Plan 07 5/27/2012
River = CANALE MERGOZZO Reach = 1 RS = 03 POST OPERAM -Tr=50anni

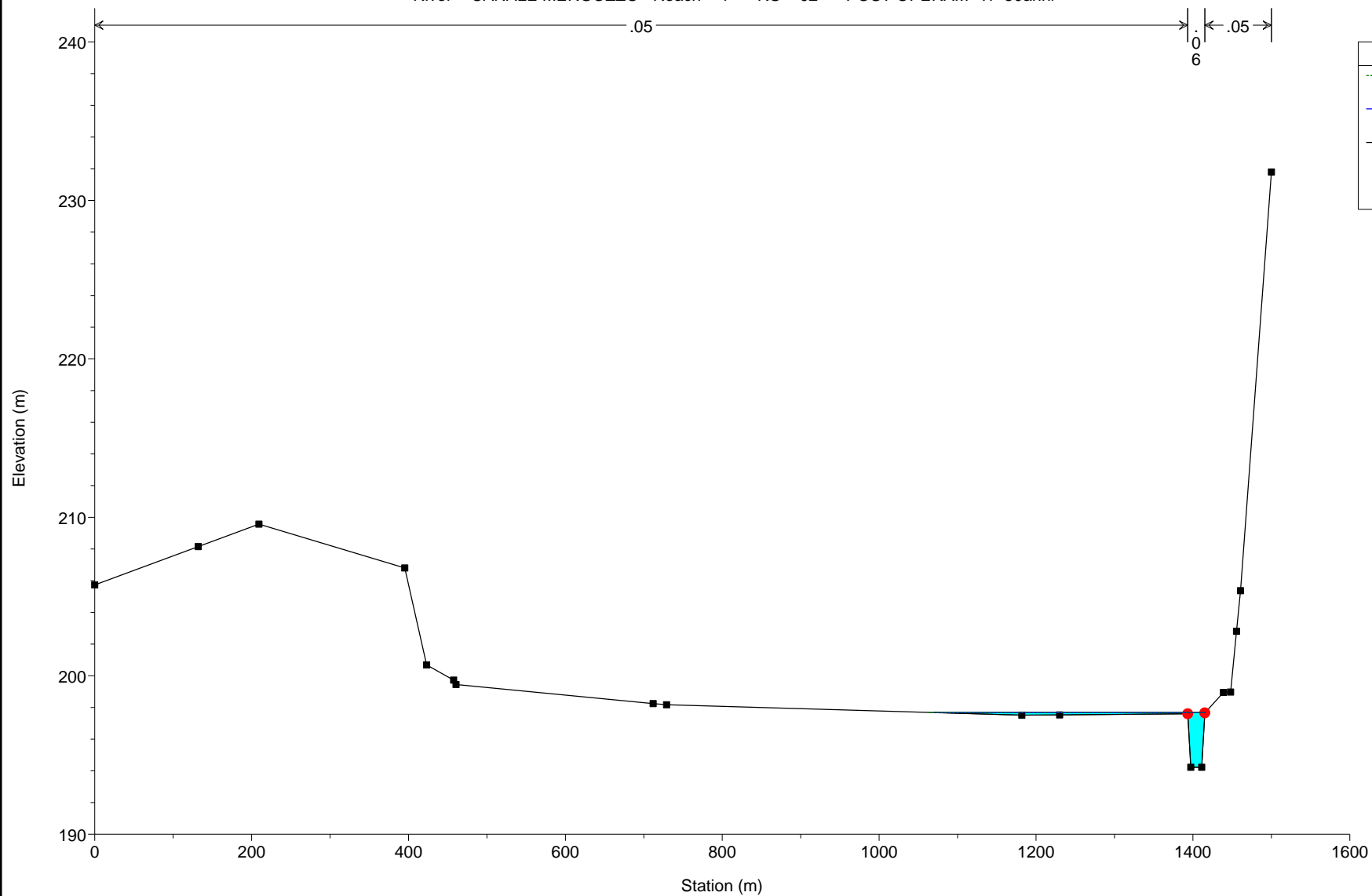


VERBANIA.2PRJ Plan: Plan 07 5/27/2012

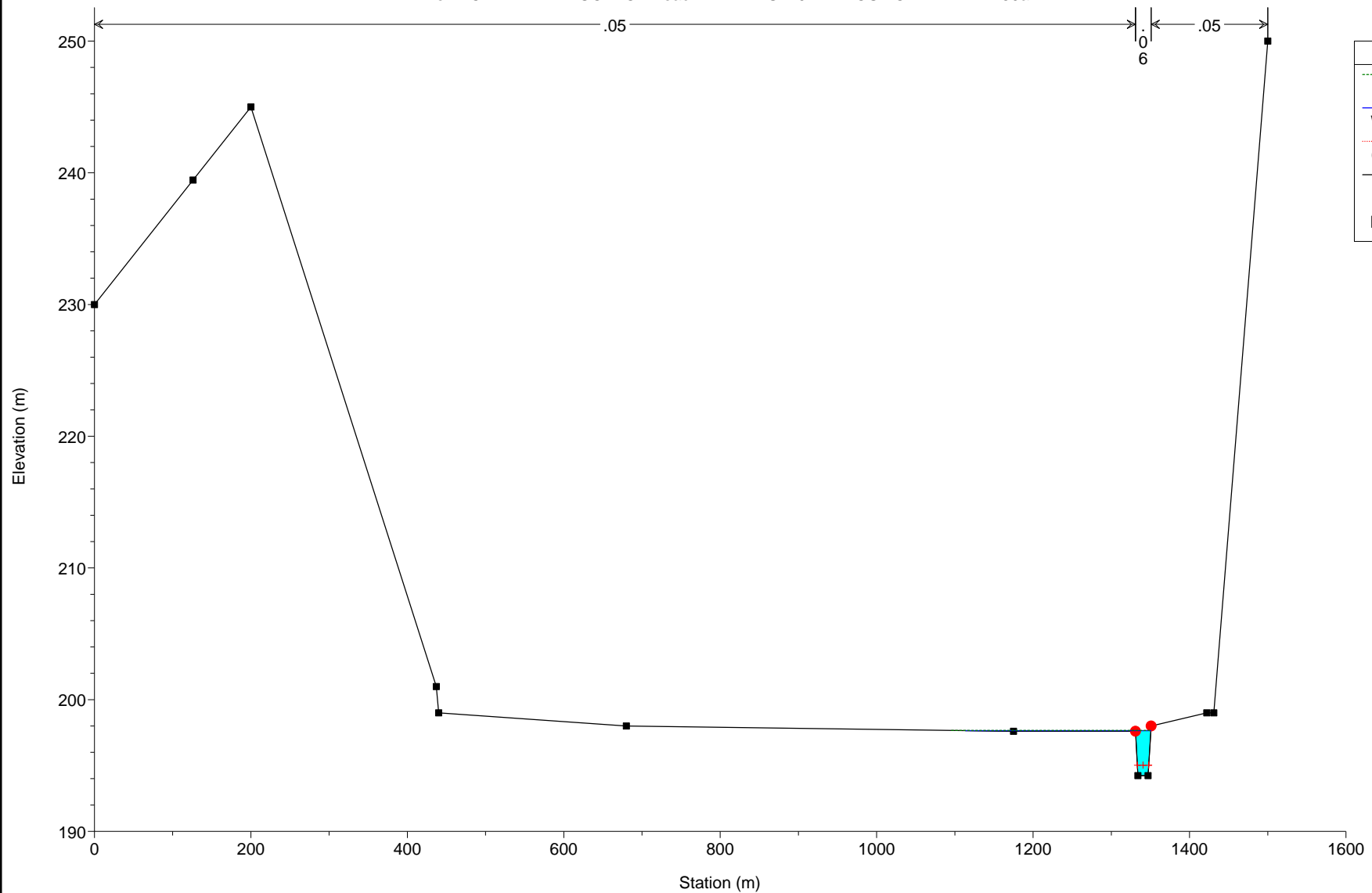
River = CANALE MERGOZZO Reach = 1 RS = 2.5 BR POST OPERAM -Tr=50anni



VERBANIA.2PRJ Plan: Plan 07 5/27/2012
River = CANALE MERGOZZO Reach = 1 RS = 02 POST OPERAM -Tr=50anni



VERBANIA.2PRJ Plan: Plan 07 5/27/2012
River = CANALE MERGOZZO Reach = 1 RS = 01 POST OPERAM -Tr=50anni



HEC-RAS Plan: Plan 07 River: CANALE MERGOZZO Reach: 1 Profile: PF 1

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)	
1	14	PF 1	30.00	194.00	197.85	194.73	197.85	0.000000	0.02	1897.62	693.85	0.00
1	13	PF 1	30.00	194.06	197.85	194.80	197.85	0.000000	0.03	1398.00	694.28	0.00
1	12.5		Bridge									
1	12	PF 1	30.00	194.06	197.85	194.80	197.85	0.000000	0.03	1398.00	694.28	0.00
1	11	PF 1	30.00	194.10	197.83	194.87	197.85	0.000209	0.47	64.05	20.53	0.08
1	10.5		Culvert									
1	10	PF 1	30.00	194.11	197.82		197.83	0.000143	0.38	127.86	247.57	0.07
1	09	PF 1	30.00	194.13	197.81	194.96	197.81	0.000031	0.19	254.42	267.24	0.03
1	08	PF 1	30.00	194.16	197.81	194.92	197.81	0.000034	0.19	316.91	574.27	0.04
1	7.5		Bridge									
1	07	PF 1	30.00	194.16	197.80	194.83	197.80	0.000027	0.17	346.90	639.27	0.03
1	06	PF 1	30.00	194.19	197.79		197.79	0.000142	0.37	157.85	445.83	0.07
1	05	PF 1	30.00	194.20	197.76	194.99	197.77	0.000155	0.39	124.71	366.59	0.07
1	4.5		Bridge									
1	04	PF 1	30.00	194.21	197.74		197.75	0.000159	0.39	127.31	403.28	0.07
1	03	PF 1	30.00	194.22	197.71	194.98	197.71	0.000181	0.42	110.49	371.14	0.08
1	2.5		Bridge									
1	02	PF 1	30.00	194.22	197.68		197.69	0.000208	0.45	96.84	345.87	0.08
1	01	PF 1	30.00	194.23	197.65	195.03	197.66	0.000301	0.53	65.21	237.50	0.10