

# COMUNE DI VARAZZE

PROVINCIA DI SAVONA

P.U.O. RIQUALIFICAZIONE E RECUPERO URBANO  
DELLA ZONA T1-C E T1-A (PARTE)  
DEL P.U.C. DEL COMUNE DI VARAZZE

ADEGUAMENTO TOMBINATURA DEL RIO CUCCO

Studio Tecnico ing. Franzoni



**INGEGNERIA IDRAULICA  
CIVILE ED AMBIENTALE**

Via Famagosta 11/7 17100 Savona  
Tel. 019856540 - cell. 338 2929898  
p.i. 01202980098 [g.f.ing@tiscali.it](mailto:g.f.ing@tiscali.it)

*(Progettista)*

Dott. Ing. Giorgio Franzoni  
Ordine Ingegneri di Savona n° 1068

*(Committente)*

ANTEO S.R.L.  
via O. Vigliani 143/b Torino

NEW.CO VARAZZE S.R.L.  
via dei Vegerio 6/7 Savona

*(Dott. Ing. Giorgio Franzoni)*

Copia conforme al prot. n° 9604  
del 18-03-2010

**RELAZIONE INTEGRATIVA**

Scala

Elab. n.

**A 2**

Data

INTEGRAZIONE MARZO 2010

File

## SOMMARIO

1	PREMESSA .....	2
3	DESCRIZIONE DELLO STATO DI PROGETTO "SITUAZIONE INTERMEDIA" .....	4
4	VALUTAZIONE PORTATA DI PROGETTO .....	5
5	VERIFICA IDRAULICA .....	6
6	VALUTAZIONI SULLE DINAMICHE ESONDATIVE.....	15
7	CONCLUSIONI.....	18
	SEZIONI IDRAULICHE.....	19
	PROFILO IDRAULICO .....	19

### ALLEGATI:

Tavola B3 – Situazione Intermedia – Planimetria

Tavola C4 – Situazione Intermedia – Sezioni

## 1 PREMESSA

Le società Anteo S.r.l. e New.Co Varazze S.r.l. hanno intenzione di procedere alla definizione del P.U.O. relativo alla riqualificazione ed al recupero urbano della zona T1 c e parte della zona T1 a del Piano Urbanistico Comunale di Varazze, relativo alle zone del retroporto. In particolare vengono previste alcune nuove edificazioni, fra cui un centro natatorio ed altri servizi di interesse pubblico.

Dal punto di vista della pianificazione di bacino, l'area in oggetto, ed in special modo il sedime su cui sorge oggi il campo da calcio, sono interessati dalla presenza della tombinatura del Rio Cucco, un corso d'acqua appartenente al reticolo idrografico principale (come mappato dal Piano di Bacino del T. Sanda, in cui il Rio Cucco è inserito), non indagato in sede di pianificazione di bacino.

Tale tombinatura, che scorre da nord-ovest verso sud-est, interessa dapprima il viadotto ferroviario della linea Sanpierdarena – confine francese, quindi il campo da calcio, poi la strada aurelia bis, il punto vendita carburanti, la SP 1 Aurelia ed, infine, giunge al tratto a cielo aperto e, quindi, allo sfocio nel bacino portuale.

Dal rilievo delle sezioni costruttive della tombinatura nonché del tracciato, appare evidente come la tombinatura sia stata realizzata in tempi diversi, con allungamenti successivi, via via che procedevano le urbanizzazioni e l'utilizzo del territorio. In linea generale il manufatto, come del resto tutti quelli realizzati nel secondo dopoguerra, non risulta dimensionato con le portate di cui al piano di bacino del T. Sanda ed ha causato, nel recente passato, rotture della sede stradale ed allagamenti della stessa.

Per tutto quanto sopra riportato è emersa la necessità di provvedere, preliminarmente alla esecuzione delle previsioni edificatorie, all'adeguamento della tombinatura del Rio Cucco ed, in tale ottica, il sottoscritto Dott. Ing. Giorgio Franzoni, iscritto all'Ordine degli Ingegneri della Provincia di Savona al n. 1068 A ha redatto il progetto idraulico della nuova tombinatura e di eseguire le necessarie verifiche e valutazioni idrauliche.

Nel progetto complessivo la tombinatura viene adeguata per tutto il tratto compreso fra il rilevato ferroviario ed il tratto già sistemato nei pressi del porto. Tale soluzione è infatti apparsa la migliore, nell'ottica della mitigazione del rischio idraulico, compatibilmente con la presenza della linea ferroviaria Genova – Ventimiglia.

La presente integrazione, denominata "marzo 2010" si rende necessaria in quanto, contrariamente alle prime previsioni, l'intero tratto della tombinatura non è nella disponibilità dei soggetti attuatori. In particolare un breve tratto, immediatamente a valle della ferrovia, non rientra attualmente nel perimetro di SUA.

A tal fine si rende necessario eseguire le verifiche idrauliche per una situazione definita "intermedia", nella quale si ipotizza la sistemazione della tombinatura per un tratto di lunghezza leggermente inferiore a quella inizialmente prevista: tali verifiche idrauliche costituiscono l'oggetto della presente relazione.

Si premette che nella presente relazione si farà ampio riferimento al progetto di adeguamento redatto dal sottoscritto nel luglio 2007 ed in particolare alla Relazione Idraulica, della quale la presente costituisce integrazione.

### 3 DESCRIZIONE DELLO STATO DI PROGETTO "SITUAZIONE INTERMEDIA"

Con riferimento alle Tavole B1, B2, C1, C2 e C3 del progetto del luglio 2007, il progetto complessivo prevede il rifacimento della tombinatura del Rio Cucco dalla sezione immediatamente a valle del rilevato ferroviario (sezione 7v) alla sezione 16 (sbocco a cielo aperto), per una lunghezza complessiva di circa 139 m.

Poiché il primo tratto di sistemazione, dalla sezione 7v alla sezione 8, non rientra nella disponibilità del soggetto attuatore, si rende necessario ridurre il tratto sistemato, che sarà quindi compreso fra la sezione 8 e la sezione 16, per una lunghezza complessiva di circa 116 m.

Le altre caratteristiche della tombinatura non variano, ovvero si prevede una larghezza pari a 6.00 m ed altezza netta variabile fra 1.70 m e 2.70 m.

Le uniche modifiche si hanno proprio nel tratto di raccordo fra la vecchia tombinatura e la nuova, ovvero fra la sezione 8 e la sezione 8.05: in tale tratto il raccordo avverrà con un allargamento graduale.

Inoltre, per quanto riguarda le quote del fondo, poiché è necessario raccordare la quota della sezione 8 (attuale), pari a 3.81 m s.l.m. con la quota della sezione 8.05 (progetto), che sarebbe invece prevista pari a 3.87 m s.l.m., quest'ultima quota dovrà necessariamente essere abbassata ad una quota compatibile. Si è pertanto assegnata alla sezione 8.05, nella situazione intermedia, la quota di fondo di progetto pari a 3.80 m s.l.m.

Ovviamente nel passaggio tra la situazione intermedia e la situazione finale verrà completata la tombinatura dalla sezione 7v alla sezione 8.05 compresa (quindi demolendo anche il breve tratto di raccordo già realizzato), con il conseguente rialzo della quota fondo di quest'ultima alla quota definitiva pari a 3.87 m s.l.m.

## 4 VALUTAZIONE PORTATA DI PROGETTO

Si fa riferimento alle portate valutate nella relazione del luglio 2007, che porgeva le seguenti portate di calcolo:

	T=50 anni	T=200 anni	T=500 anni
Portata di calcolo Rio Cucco (monte ferrovia)	14.5 m <sup>3</sup> /s	21.0 m <sup>3</sup> /s	25.2 m <sup>3</sup> /s
Portata di calcolo Rio Cucco (valle ferrovia)	15.5 m <sup>3</sup> /s	22.0 m <sup>3</sup> /s	26.5 m <sup>3</sup> /s

## 5 VERIFICA IDRAULICA

Nel presente paragrafo vengono espone le verifiche idrauliche che sono state effettuate sulla tombinatura del Rio Cucco, nella situazione di progetto intermedio. La presente verifica idraulica integra quelle già effettuate nella relazione del luglio 2007, relative allo stato attuale ed allo stato di progetto completo.

Il metodo utilizzato è quello della verifica di luglio 2007, così come le condizioni al contorno, che qui si riportano per semplicità di comprensione.

La verifica è stata condotta assumendo le seguenti condizioni al contorno in termini di carico piezometrico  $h$ :

- *Condizione di valle:* la condizione di valle per il calcolo del profilo in moto permanente è stata posta pari alla quota dello specchio acqueo del porto aumentato di 0.30 m per tenere conto dell'effetto della marea. Tale quota risulta pari a 1.6 m in quanto il riferimento del rilievo è pari a +1.3 m, come si nota dalle sezioni 15, 16 e 17 (stato attuale) in cui è quotato il pelo libero dell'acqua che, dallo specchio acqueo del porto, penetra all'interno del canale.
- *Condizione di monte:* si è acquisita quale condizione al contorno di monte la profondità critica, pari alla maggiore altezza che una corrente veloce possa avere. Tale condizione risulta cautelativa ed infatti viene presto abbandonata dal moto che evolve rapidamente verso i regimi supercritici.

I parametri di scabrezza sono immutati e, per la precisione è stato adottato un coefficiente di Manning pari a  $n=0.0286 \text{ m}^{-1/3}\text{s}$  (pari ad un coefficiente di Gauckler-Strickler  $K_s 35 \text{ m}^{1/3}\text{s}^{-1}$ ) per le sezioni esterne alla tombinatura (da sezione 2 a sezione 5m) e pari a  $n=0.025 \text{ m}^{-1/3}\text{s}$  (pari ad un coefficiente di Gauckler-Strickler  $K_s 40 \text{ m}^{1/3}\text{s}^{-1}$ ) per le sezioni artificializzate interne alla tombinatura (da sezione 5v a sezione 17).

Per quanto riguarda la verifica di progetto situazione intermedia, il modello idraulico è costituito da 29 sezioni, numerate da sezione n° 2 a sezione n° 17 con l'infittimento delle seguenti:

- sezione 4m (monte della briglia) – sezione 4v (valle della briglia)
- sezione 5m (monte dell'imbocco della tombinatura ferroviaria) – sezione 5v (valle dell'imbocco

della tombinatura ferroviaria)

- sezione 7m (monte del cambio di sezione fra le tombinatura ferroviaria e comunale)
- sezione 7v (valle del cambio di sezione fra le tombinatura ferroviaria e comunale);
- sezione 8 inizio transizione fra vecchia e nuova
- sezione 8.05 fine transizione fra vecchia e nuova
- sezione 8.1 di infittimento;
- sezione 9 v di infittimento;
- sezione 9.1 di infittimento per fine ponte;
- sezione 11.1 di infittimento per eccessiva distanza fra la sezione 10 e la sezione 11
- sezione 13.1 di infittimento per eccessiva distanza fra la sezione 13 e la sezione 14
- sezione 16m (monte della briglia)
- sezione 16V (valle della briglia)

Nel seguito si riportano i risultati delle verifiche effettuate nella situazione di progetto intermedio.

In particolare il tratto verificato presenta dapprima un tratto di monte, suddiviso in un tratto a cielo aperto, compreso fra la sezione 2 e la sezione 5m, ed un tratto relativo alla tombinatura ferroviaria, compreso fra le sezioni 5v e 7m. Tale tratto non subisce variazioni.

A valle della linea ferroviaria si trova un ulteriore tratto che, nella configurazione di progetto intermedio, non viene modificata. Tale tratto è compreso fra la sezione 7v e la sezione 8.

Quindi si ha il tratto di transizione tra la sezione 8 e la sezione 8.05.

Successivamente ha inizio il tratto oggetto di adeguamento, compreso fra le sezioni 8.05 e 16m.

Per effetto di quanto sopra la lunghezza del tratto adeguato è pari a circa 115 m.

Nella tabella seguente si è riportato, per ogni sezione, il valore della portata di calcolo  $Q_{tot}$  [ $m^3/s$ ], la distanza progressiva fra le sezioni  $Dist$  [m], la quota del fondo alveo  $Quota\ fondo$  [m], la quota del pelo libero  $Q\ p.l.$  [m], la profondità critica della corrente  $prof.\ cr.$  [m], il carico totale  $H$  [m], la quota dell'intradosso della soletta  $q.\ intra$  [m], la velocità media della corrente  $Vel$  [m/s] ed il numero di Froude.

Dall'esame delle tabelle, dei profili allegati e delle sezioni, si nota che la tombinatura, nella configurazione di progetto intermedio, risulta sufficiente a smaltire le portate aventi periodo di ritorno pari a 50, 200 per il tratto adeguato, ovvero a valle di sezione 8.05.



Il tratto a monte, che non viene interessato in questa configurazione, non è sufficiente a smaltire la portata 50-ennale, per cui si instaura un moto in pressione che provoca un rigurgito a monte, in corrispondenza di sezione 5m.

Sez.	Q tot (mc/s)	Dist (m)	Quota fondo (m)	Quota p.l. (m)	Prof. critica. (m)	H (m)	Quota intradosso (m)	Vel. (m/s)	Num. Fr	Note <i>File: riocucco 4</i>
2	14.50	189.51	6.69	9.14	8.23	9.31	--	1.86	0.39	
3	14.50	185.26	6.40	9.14	7.68	9.28	--	1.61	0.32	
4m	14.50	181.46	6.28	9.13		9.26	--	1.61	0.31	
4v	14.50	181.36	4.76	9.18		9.24	--	1.06	0.17	
5m	15.50	175.60	5.08	9.17		9.24	--	1.16	0.19	
5v	15.50	175.50	5.09	8.77	6.73	9.20	7.59	2.90	0.49	Inizio tomb. FS
6	15.50	159.50	4.93	8.59	6.51	9.03	7.30	2.94	0.49	
7m	15.50	144.80	4.48	8.47	6.20	8.88	7.25	2.84	0.46	Fine tomb. FS
7v	15.50	144.70	4.47	7.73	5.99	8.81	5.99	4.61	0.83	Tombinatura sotto capannone
8	15.50	121.80	3.81	4.81	4.81	7.43	4.81	7.17	2.34	Fine tratto invariato
8.05	15.50	118.55	3.80	4.14	4.68	7.04	5.70	7.54	4.12	Tratto di transizione
8.1	15.50	108.95	3.65	4.11	4.53	5.69	5.45	5.56	2.60	Inizio tratto adeguato
9	15.50	98.94	3.42	3.98	4.30	5.06	5.45	4.61	1.97	
9v	15.50	93.69	3.30	3.90	4.18	4.85	5.45	4.34	1.80	
9.1	15.50	88.19	3.17	3.79	4.05	4.68	5.45	4.19	1.70	
10	15.50	70.65	2.76	3.41	3.64	4.22	5.45	4.00	1.59	
11	15.50	59.35	2.50	3.15	3.38	3.96	4.40	4.00	1.59	
11.1	15.50	46.85	2.21	2.86	3.09	3.67	4.30	4.00	1.59	Aurelia bis
12	15.50	33.25	1.90	2.55	2.78	3.36	4.30	3.98	1.58	
13	15.50	24.60	1.70	2.35	2.58	3.16	4.20	3.98	1.58	
13.1	15.50	19.70	1.58	2.23	2.46	3.04	4.20	4.00	1.59	Aurelia
14	15.50	15.95	1.50	2.15	2.38	2.95	4.20	3.97	1.57	
15	15.50	11.65	1.40	2.05	2.28	2.85	4.07	3.97	1.57	
16m	15.50	6.10	1.27	1.92	2.15	2.72	4.07	3.97	1.57	
16v	15.50	6.00	0.38	0.81	1.26	2.62	4.07	5.95	2.89	Fine tratto adeguato
17	15.50		0.38	0.90	1.24	2.09	--	4.84	2.15	

Tabella 1: verifica con T=50 anni – progetto intermedio

Sez.	Q tot (mc/s)	Dist (m)	Quota fondo (m)	Quota p.l. (m)	Prof. critica. (m)	H (m)	Quota intradosso (m)	Vel. (m/s)	Num. Fr	Note <i>File: riocucco 4</i>
2	21.00	189.51	6.69	13.41	8.55	13.45	--	0.86	0.11	
3	21.00	185.26	6.40	13.41	8.01	13.45	--	0.82	0.10	
4m	21.00	181.46	6.28	13.40		13.44	--	0.90	0.11	
4v	21.00	181.36	4.76	13.41		13.44	--	0.76	0.08	
5m	22.00	175.60	5.08	13.41		13.44	--	0.77	0.09	
5v	22.00	175.50	5.09	12.99	7.09	13.40	7.59	2.84	0.32	Inizio tomb. FS
6	22.00	159.50	4.93	12.77	6.86	13.25	7.30	3.06	0.35	
7m	22.00	144.80	4.48	12.51	6.56	13.06	7.25	3.29	0.37	Fine tomb. FS
7v	22.00	144.70	4.47	10.72	5.99	12.90	5.99	6.54	0.84	Tombinatura sotto capannone
8	22.00	121.80	3.81	4.81	4.81	10.11	4.81	10.20	3.34	Fine tratto invariato
8.05	22.00	118.55	3.80	4.16	4.91	9.42	5.70	10.16	5.40	Tratto di transizione
8.1	22.00	108.95	3.65	4.13	4.76	7.05	5.45	7.57	3.47	Inizio tratto adeguato
9	22.00	98.94	3.42	4.02	4.53	5.95	5.45	6.15	2.55	
9v	22.00	93.69	3.30	3.95	4.41	5.58	5.45	5.66	2.24	
9.1	22.00	88.19	3.17	3.86	4.28	5.29	5.45	5.30	2.03	
10	22.00	70.65	2.76	3.55	3.87	4.66	5.45	4.67	1.68	
11	22.00	59.35	2.50	3.31	3.61	4.36	4.40	4.55	1.62	
11.1	22.00	46.85	2.21	3.02	3.32	4.07	4.30	4.54	1.61	Aurelia bis
12	22.00	33.25	1.90	2.71	3.01	3.75	4.30	4.50	1.59	
13	22.00	24.60	1.70	2.51	2.81	3.55	4.20	4.50	1.59	
13.1	22.00	19.70	1.58	2.39	2.69	3.43	4.20	4.52	1.60	Aurelia
14	22.00	15.95	1.50	2.32	2.61	3.34	4.20	4.49	1.59	
15	22.00	11.65	1.40	2.22	2.51	3.24	4.07	4.49	1.58	
16m	22.00	6.10	1.27	2.09	2.38	3.11	4.07	4.49	1.59	
16v	22.00	6.00	0.38	0.96	1.49	3.01	4.07	6.34	2.66	Fine tratto adeguato
17	22.00		0.38	1.03	1.46	2.53	--	5.42	2.14	

Tabella 2: verifica con T=200 anni – progetto intermedio

Dalle verifiche eseguite, i cui risultati sono riportati nelle tabelle, nei profili e nelle sezioni allegate, risulta che la nuova tombinatura è verificata, limitatamente al tratto oggetto di intervento, con la portata avente periodo pari a 200 anni.

In particolare con la portata avente periodo pari a 200 anni il comportamento della tombinatura è tale da:

- Consentire lo sviluppo del profilo di rigurgito in corrente a pelo libero,
- Presentare un lungo tratto in moto quasi-uniforme: tale tratto è quello compreso fra le sezioni 8.05 (inizio adeguamento tombinatura) e 16 m (fine tombinatura). In tale tratto le altezze di pelo libero risultano tendere alla profondità di moto uniforme, per la data sezione (e pendenza) e per la data portata, pari a 0.90-0.95 m. In particolare il ramo di profilo fra le sezioni 8.05 e 16m è un tipico ramo di corrente di tipo S3 in alveo torrentizio (steep slope).
- Indurre un netto miglioramento nel tratto a monte della tombinatura rispetto alla situazione di stato attuale. Infatti nel tratto compreso fra l'inizio adeguamento (sezione 8.05) e sezione 5m, pur essendo la tombinatura governata da moto in pressione, i carichi piezometrici sono dell'ordine di 13 m s.l.m. con sovrappressioni di circa 5 m rispetto alla quota di intradosso, per la portata 200-ennale. Tali carichi risultavano dell'ordine di circa 23 m s.l.m. con sovrappressione dell'ordine di 15 m rispetto alla quota di intradosso.
- Ridurre il rigurgito a monte della tombinatura ferroviaria.

Si evidenzia, quindi, che la soluzione di progetto intermedia è comunque ampiamente migliorativa rispetto a quella esistente, anche in termini di sgravio delle pressioni negative. Infatti le verifiche idrauliche riportate sono state condotte nell'ipotesi che la copertura della tombinatura esistente sia in grado di resistere alle pressioni negative (rivolte verso l'alto). In caso contrario si potrebbero avere rotture della tombinatura, situazione particolarmente critica nel tratto interessato dalla presenza di un insediamento artigianale.

Al fine di individuare meglio la performance della situazione di progetto intermedio, nelle prossime tabelle si sono riportate le grandezze idrauliche relative alle portate 50-ennale e 200-ennale di tale configurazione, confrontate con lo stato di progetto completo e con lo stato attuale.

Sez.	PROGETTO COMPLETO						PROGETTO INTERMEDIO					
	Dist (m)	Quota fondo (m)	Quota p.l. (m)	H (m)	Vel. (m/s)	Num. Fr	Dist (m)	Quota fondo (m)	Quota p.l. (m)	H (m)	Vel. (m/s)	Num. Fr
2	189.82	6.69	8.23	8.80	3.36	0.91	189.51	6.69	9.14	9.31	1.86	0.39
3	185.57	6.40	7.30	8.56	4.97	1.81	185.26	6.40	9.14	9.28	1.61	0.32
4m	181.77	6.28	7.44	8.33	4.19	1.46	181.46	6.28	9.13	9.26	1.61	0.31
4v	181.67	4.76	7.49	7.66	1.79	0.36	181.36	4.76	9.18	9.24	1.06	0.17
5m	175.91	5.08	7.39	7.63	2.16	0.47	175.60	5.08	9.17	9.24	1.16	0.19
5v	175.81	5.09	6.91	7.59	3.65	0.88	175.50	5.09	8.77	9.20	2.90	0.49
6	159.81	4.93	6.51	7.34	4.02	1.03	159.50	4.93	8.59	9.03	2.94	0.49
7m	145.11	4.48	6.07	7.05	4.39	1.15	144.80	4.48	8.47	8.88	2.84	0.46
7v	145.01	4.48	4.89	6.94	6.34	3.17	144.70	4.47	7.73	8.81	4.61	0.83
7.04	142.01	4.41	4.85	6.58	5.82	2.79						
7.05	142.00	4.41	4.85	6.58	5.82	2.79						
7.1	132.20	4.20	4.75	5.89	4.74	2.05						
8	121.80	3.95	4.56	5.48	4.25	1.74	121.80	3.81	4.81	7.43	7.17	2.34
8.05	118.55	3.87	4.48	5.38	4.20	1.71	118.55	3.80	4.14	7.04	7.54	4.12
8.1	108.95	3.65	4.29	5.12	4.04	1.61	108.95	3.65	4.11	5.69	5.56	2.60
9	98.94	3.42	4.07	4.88	4.00	1.59	98.94	3.42	3.98	5.06	4.61	1.97
9v	93.69	3.30	3.95	4.76	4.00	1.59	93.69	3.30	3.90	4.85	4.34	1.80
9.1	88.19	3.17	3.81	4.63	4.02	1.60	88.19	3.17	3.79	4.68	4.19	1.70
10	70.65	2.76	3.40	4.22	4.02	1.60	70.65	2.76	3.41	4.22	4.00	1.59
11	59.35	2.50	3.15	3.96	4.00	1.59	59.35	2.50	3.15	3.96	4.00	1.59
11.1	46.85	2.21	2.86	3.67	4.00	1.59	46.85	2.21	2.86	3.67	4.00	1.59
12	33.25	1.90	2.55	3.36	3.99	1.58	33.25	1.90	2.55	3.36	3.98	1.58
13	24.60	1.70	2.35	3.16	3.98	1.58	24.60	1.70	2.35	3.16	3.98	1.58
13.1	19.70	1.58	2.22	3.04	4.01	1.59	19.70	1.58	2.23	3.04	4.00	1.59
14	15.95	1.50	2.15	2.95	3.97	1.57	15.95	1.50	2.15	2.95	3.97	1.57
15	11.65	1.40	2.05	2.85	3.97	1.57	11.65	1.40	2.05	2.85	3.97	1.57
16m	6.10	1.27	1.92	2.72	3.97	1.57	6.10	1.27	1.92	2.72	3.97	1.57
16v	6.00	0.38	0.81	2.62	5.96	2.89	6.00	0.38	0.81	2.62	5.95	2.89
17		0.38	0.90	2.09	4.84	2.15		0.38	0.90	2.09	4.84	2.15

Tabella 3: confronto fra progetto completo e progetto intermedio - T=50 anni

Sez.	PROGETTO COMPLETO						PROGETTO INTERMEDIO					
	Dist (m)	Quota fondo (m)	Quota p.l. (m)	H (m)	Vel. (m/s)	Num. Fr	Dist (m)	Quota fondo (m)	Quota p.l. (m)	H (m)	Vel. (m/s)	Num. Fr
2	189.82	6.69	8.55	9.28	3.78	0.92	189.51	6.69	13.41	13.45	0.86	0.11
3	185.57	6.40	7.57	9.08	5.38	1.70	185.26	6.40	13.41	13.45	0.82	0.10
4m	181.77	6.28	7.88	8.84	4.31	1.17	181.46	6.28	13.40	13.44	0.90	0.11
4v	181.67	4.76	8.23	8.43	1.99	0.36	181.36	4.76	13.41	13.44	0.76	0.08
5m	175.91	5.08	8.16	8.41	2.24	0.43	175.60	5.08	13.41	13.44	0.77	0.09
5v	175.81	5.09	7.44	8.35	4.22	0.89	175.50	5.09	12.99	13.40	2.84	0.32
6	159.81	4.93	6.99	8.03	4.53	1.01	159.50	4.93	12.77	13.25	3.06	0.35
7m	145.11	4.48	6.56	7.71	4.77	1.09	144.80	4.48	12.51	13.06	3.29	0.37
7v	145.01	4.48	5.00	7.57	7.10	3.16	144.70	4.47	10.72	12.90	6.54	0.84
7.04	142.01	4.41	4.96	7.22	6.65	2.86						
7.05	142.00	4.41	4.96	7.22	6.65	2.86						
7.1	132.20	4.20	4.85	6.45	5.60	2.21						
8	121.80	3.95	4.68	5.97	5.02	1.88	121.80	3.81	4.81	10.11	10.20	3.34
8.05	118.55	3.87	4.61	5.85	4.92	1.82	118.55	3.80	4.16	9.42	10.16	5.40
8.1	108.95	3.65	4.43	5.55	4.67	1.68	108.95	3.65	4.13	7.05	7.57	3.47
9	98.94	3.42	4.22	5.28	4.56	1.62	98.94	3.42	4.02	5.95	6.15	2.55
9v	93.69	3.30	4.11	5.16	4.55	1.62	93.69	3.30	3.95	5.58	5.66	2.24
9.1	88.19	3.17	3.98	5.03	4.55	1.62	88.19	3.17	3.86	5.29	5.30	2.03
10	70.65	2.76	3.57	4.62	4.54	1.61	70.65	2.76	3.55	4.66	4.67	1.68
11	59.35	2.50	3.31	4.35	4.52	1.60	59.35	2.50	3.31	4.36	4.55	1.62
11.1	46.85	2.21	3.02	4.06	4.52	1.60	46.85	2.21	3.02	4.07	4.54	1.61
12	33.25	1.90	2.71	3.75	4.51	1.60	33.25	1.90	2.71	3.75	4.50	1.59
13	24.60	1.70	2.51	3.55	4.51	1.60	24.60	1.70	2.51	3.55	4.50	1.59
13.1	19.70	1.58	2.39	3.43	4.53	1.61	19.70	1.58	2.39	3.43	4.52	1.60
14	15.95	1.50	2.32	3.34	4.49	1.59	15.95	1.50	2.32	3.34	4.49	1.59
15	11.65	1.40	2.22	3.24	4.49	1.59	11.65	1.40	2.22	3.24	4.49	1.58
16m	6.10	1.27	2.09	3.11	4.49	1.59	6.10	1.27	2.09	3.11	4.49	1.59
16v	6.00	0.38	0.96	3.01	6.34	2.66	6.00	0.38	0.96	3.01	6.34	2.66
17		0.38	1.03	2.53	5.42	2.14		0.38	1.03	2.53	5.42	2.14

Tabella 4: confronto fra progetto completo e progetto intermedio - T=200 anni

Sez.	STATO ATTUALE						PROGETTO INTERMEDIO					
	Dist (m)	Quota fondo (m)	Quota p.l. (m)	H (m)	Vel. (m/s)	Num. Fr	Dist (m)	Quota fondo (m)	Quota p.l. (m)	H (m)	Vel. (m/s)	Num. Fr
2	189.46	6.69	18.29	18.29	0.33	0.03	189.51	6.69	9.14	9.31	1.86	0.39
3	185.21	6.40	18.29	18.29	0.33	0.03	185.26	6.40	9.14	9.28	1.61	0.32
4m	181.41	6.28	18.29	18.29	0.37	0.03	181.46	6.28	9.13	9.26	1.61	0.31
4v	181.31	4.76	18.29	18.29	0.33	0.03	181.36	4.76	9.18	9.24	1.06	0.17
5m	175.55	5.08	18.29	18.29	0.34	0.03	175.60	5.08	9.17	9.24	1.16	0.19
5v	175.45	5.09	17.82	18.25	2.90	0.26	175.50	5.09	8.77	9.20	2.90	0.49
6	159.45	4.93	17.64	18.08	2.94	0.26	159.50	4.93	8.59	9.03	2.94	0.49
7m	144.75	4.47	17.52	17.93	2.83	0.25	144.80	4.48	8.47	8.88	2.84	0.46
7v	144.65	4.47	16.77	17.86	4.61	0.42	144.70	4.47	7.73	8.81	4.61	0.83
7.04												
7.05												
7.1												
8	121.75	3.81	13.54	16.17	7.19	0.74	121.80	3.81	4.81	7.43	7.17	2.34
8.05							118.55	3.80	4.14	7.04	7.54	4.12
8.1							108.95	3.65	4.11	5.69	5.56	2.60
9	98.94	3.63	11.26	13.29	6.31	0.73	98.94	3.42	3.98	5.06	4.61	1.97
9v							93.69	3.30	3.90	4.85	4.34	1.80
9.1	88.14	3.78	7.39	11.37	8.83	1.49	88.19	3.17	3.79	4.68	4.19	1.70
10	70.60	3.33	5.96	7.97	6.28	1.28	70.65	2.76	3.41	4.22	4.00	1.59
10v	70.50	3.02	6.70	7.65	4.30	0.72						
11	59.30	3.17	5.75	7.12	5.18	1.04	59.35	2.50	3.15	3.96	4.00	1.59
11.1							46.85	2.21	2.86	3.67	4.00	1.59
12	33.20	2.67	5.73	6.20	3.02	0.56	33.25	1.90	2.55	3.36	3.98	1.58
13	24.55	2.56	3.88	5.81	6.15	1.77	24.60	1.70	2.35	3.16	3.98	1.58
13.1							19.70	1.58	2.23	3.04	4.00	1.59
14	15.90	2.33	3.42	5.20	5.90	1.97	15.95	1.50	2.15	2.95	3.97	1.57
15	11.60	2.00	2.52	4.83	6.74	3.23	11.65	1.40	2.05	2.85	3.97	1.57
15v	11.50	1.15	1.56	4.73	7.88	4.39						
16m	6.10	0.31	0.68	3.66	7.66	4.19	6.10	1.27	1.92	2.72	3.97	1.57
16v							6.00	0.38	0.81	2.62	5.95	2.89
17		0.38	0.80	2.59	5.93	2.92		0.38	0.90	2.09	4.84	2.15

Tabella 5: confronto fra stato attuale e progetto intermedio - T=50 anni

Sez.	STATO ATTUALE						PROGETTO INTERMEDIO					
	Dist (m)	Quota fondo (m)	Quota p.l. (m)	H (m)	Vel. (m/s)	Num. Fr	Dist (m)	Quota fondo (m)	Quota p.l. (m)	H (m)	Vel. (m/s)	Num. Fr
2	189.46	6.69	23.56	23.56	0.33	0.03	189.51	6.69	13.41	13.45	0.86	0.11
3	185.21	6.40	23.56	23.56	0.32	0.02	185.26	6.40	13.41	13.45	0.82	0.10
4m	181.41	6.28	23.56	23.56	0.37	0.03	181.46	6.28	13.40	13.44	0.90	0.11
4v	181.31	4.76	23.56	23.56	0.34	0.03	181.36	4.76	13.41	13.44	0.76	0.08
5m	175.55	5.08	23.56	23.56	0.34	0.03	175.60	5.08	13.41	13.44	0.77	0.09
5v	175.45	5.09	23.42	23.55	1.62	0.12	175.50	5.09	12.99	13.40	2.84	0.32
6	159.45	4.93	23.40	23.53	1.60	0.12	159.50	4.93	12.77	13.25	3.06	0.35
7m	144.75	4.47	23.37	23.50	1.62	0.12	144.80	4.48	12.51	13.06	3.29	0.37
7v	144.65	4.47	23.30	23.50	1.95	0.14	144.70	4.47	10.72	12.90	6.54	0.84
7.04												
7.05												
7.1												
8	121.75	3.81	23.15	23.43	2.37	0.17	121.80	3.81	4.81	10.11	10.20	3.34
8.05							118.55	3.80	4.16	9.42	10.16	5.40
8.1							108.95	3.65	4.13	7.05	7.57	3.47
9	98.94	3.63	18.74	22.82	8.95	0.74	98.94	3.42	4.02	5.95	6.15	2.55
9v							93.69	3.30	3.95	5.58	5.66	2.24
9.1	88.14	3.78	10.95	18.96	12.54	1.50	88.19	3.17	3.86	5.29	5.30	2.03
10	70.60	3.33	8.07	12.12	8.92	1.33	70.65	2.76	3.55	4.66	4.67	1.68
10v	70.50	3.02	9.56	11.46	6.11	0.77						
11	59.30	3.17	7.65	10.41	7.36	1.12	59.35	2.50	3.31	4.36	4.55	1.62
11.1							46.85	2.21	3.02	4.07	4.54	1.61
12	33.20	2.67	7.60	8.54	4.29	0.62	33.25	1.90	2.71	3.75	4.50	1.59
13	24.55	2.56	3.90	7.76	8.70	2.48	24.60	1.70	2.51	3.55	4.50	1.59
13.1							19.70	1.58	2.39	3.43	4.52	1.60
14	15.90	2.33	3.57	6.44	7.50	2.32	15.95	1.50	2.32	3.34	4.49	1.59
15	11.60	2.00	2.59	5.95	8.11	3.58	11.65	1.40	2.22	3.24	4.49	1.58
15v	11.50	1.15	1.64	5.84	9.09	4.57						
16m	6.10	0.31	0.75	4.72	8.82	4.35	6.10	1.27	2.09	3.11	4.49	1.59
16v							6.00	0.38	0.96	3.01	6.34	2.66
17		0.38	0.87	3.51	7.19	3.27		0.38	1.03	2.53	5.42	2.14

Tabella 6: confronto fra stato attuale e progetto intermedio - T=200 anni

## 6 VALUTAZIONI SULLE DINAMICHE ESONDATIVE

Nel presente paragrafo si espongono le valutazioni effettuate per la stima della fascia di inondabilità residua che si ha nella condizione dei progetto intermedia.

Nella presente verifica si è quindi rimossa l'ipotesi di portata contenuta in argini indefinitamente alti e, al contrario, si è attivata la possibilità alla portata di defluire attraverso sfioratori laterali posti alla quota arginale sinistra. In tale modo si ha la possibilità di valutare, in maniera più accurata, la portata disalveata ed i tiranti che si instaurano in alveo. Tale fenomeno è stato modellato (ai soli fini della stima delle portate esondanti), nell'ambito del pacchetto applicativo utilizzato, tramite l'inserimento di "lateral structures" fra la sezione 2 e la sezione 5, aventi quale quota di sfioro la quota arginale sinistra.

È stato quindi eseguito il running del modello utilizzando, quale condizione iniziale, la condizione con sfiori nulli, e si è ottenuta la convergenza con poche iterazioni.

I risultati ottenuti sono evidenziati nelle successive tabelle, nelle quali si nota che la portata transitante in alveo non è costante ma, al contrario, diminuisce in ragione della portata disalveate che, pertanto può essere agevolmente stimata per differenza.

Sez.	Q tot (mc/s)	Dist (m)	Quota fondo (m)	Quota p.l. (m)	Prof. critica. (m)	H (m)	Quota Argine SX (m)	Vel. (m/s)	Num. Fr	Portata esondata <i>File: riocucco 4_1</i>
2	14.50	189.51	6.69	8.23	8.23	8.80	7.65	3.36	0.91	
Lat Struct										
3	14.38	185.26	6.40	7.23	7.67	8.71	8.02	5.39	1.99	Q(2-3)= 0.12 mc/s
Lat Struct										
4m	14.38	181.46	6.28	7.17	7.63	8.70	7.73	5.50	1.90	Q(3-4)= 0.00 mc/s
4v	14.38	181.36	4.76	8.12	6.18	8.22	7.73	1.42	0.26	
Lat Struct										
5m	13.58	175.60	5.08	8.11		8.21	7.65	1.41	0.27	Q(4-5)= 0.80 mc/s
										Qtot= 0.92 mc/s

Tabella 7: verifica con T=50 anni – progetto intermedio – stima della portata esondante



Sez.	Q tot (mc/s)	Dist (m)	Quota fondo (m)	Quota p.l. (m)	Prof. critica. (m)	H (m)	Quota intradosso (m)	Vel. (m/s)	Num. Fr	Portata esondata <i>File: riocucco 4_1</i>
2	21.00	189.51	6.69	8.55	8.55	9.28	7.65	3.78	0.92	
Lat Struct	Lat Struct									
3	20.46	185.26	6.40	7.47	7.99	9.18	8.02	5.80	1.88	Q(2-3)= 0.54 mc/s
Lat Struct	Lat Struct									
4m	20.46	181.46	6.28	7.45	7.97	9.18	7.73	5.82	1.76	Q(3-4)= 0.00 mc/s
4v	20.46	181.36	4.76	8.70	6.54	8.84	7.73	1.70	0.28	
Lat Struct	Lat Struct									
5m	14.74	175.60	5.08	8.74		8.81	7.65	1.24	0.22	Q(4-5)= 5.72 mc/s
										Q <sub>tot</sub> = 6.26 mc/s

Tabella 8: verifica con T=200 anni – progetto intermedio – stima della portata esondante

Le portate esondanti sono quindi valutabili in circa 1.0 mc/s per quanto riguarda l'evento 50-ennale e circa 6.5 mc/s per quanto riguarda l'evento 200-ennale.

Una volta ottenute le portate esondanti che, disalveate, percorrono la via Vallino, si possono stimare le aree inondabili sulla scorta di alcune semplici valutazioni legate alla propagazione del moto uniforme.

Assumendo infatti la via Vallino come un canale di larghezza pari a circa 8 m e pendenza pari a circa 0.005 (tali dati geometrici sono ottenuti dalla Tavola B1, rilevando un dislivello di circa 0.3 m per una lunghezza di circa 60 m), la formulazione del moto uniforme secondo Gauckler-Strickler con coefficiente di scabrezza pari a  $45 \text{ m}^{1/3} \text{ s}^{-1}$  restituisce i seguenti risultati in termini di altezza idrica:

<b>b</b>	<b>Y</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>R</b>	<b>Q</b>	
8.00	0.05	0.40	8.10	0.05	0.17	
<b>8.00</b>	<b>0.15</b>	<b>1.20</b>	<b>8.30</b>	<b>0.14</b>	<b>1.05</b>	<b>T=50</b>
8.00	0.25	2.00	8.50	0.24	2.43	
8.00	0.35	2.80	8.70	0.32	4.18	
<b>8.00</b>	<b>0.45</b>	<b>3.60</b>	<b>8.90</b>	<b>0.40</b>	<b>6.27</b>	<b>T=200</b>
8.00	0.50	4.00	9.00	0.44	7.41	
8.00	0.60	4.80	9.20	0.52	9.90	
8.00	0.70	5.60	9.40	0.60	12.62	

Si può concludere che la fascia A e la fascia B sono contenute nella Via Vallino, in quanto i tiranti che le caratterizzano sono pari a circa 0.15 m (per la portata  $T=50$ ) e 0.45 m (per la portata  $T=200$ ): le portate disalveate non interessano la zona oggetto di edificazione che è posta ad una quota superiore di circa 1.20 m rispetto alla via Vallino (quota 6.20 s.l.m. rispetto a 5.00 m s.l.m.).

## 7 CONCLUSIONI

Nella presente relazione sono state effettuate le verifiche idrauliche relative alla ipotesi di sistemazione di un tratto della tombinatura del Rio Cucco, denominata "progetto intermedio".

La verifica di tale scenario si è resa necessaria per la possibilità che, almeno in un primo momento, i soggetti attuatori del PUO non abbiano la disponibilità di tutto il tratto della tombinatura a valle della ferrovia.

Per la verifica sono state utilizzate le medesime portate utilizzate per il progetto principale dell'adeguamento della tombinatura nonché il medesimo modello, ad esclusione del tratto fra le sezioni 7v e 8.

Le verifiche dello stato di progetto intermedio hanno evidenziato che la nuova tombinatura, nel tratto in cui essa viene adeguata, è in grado di smaltire le portate di calcolo per i periodi di ritorno pari a 50, 200 e 500 anni.

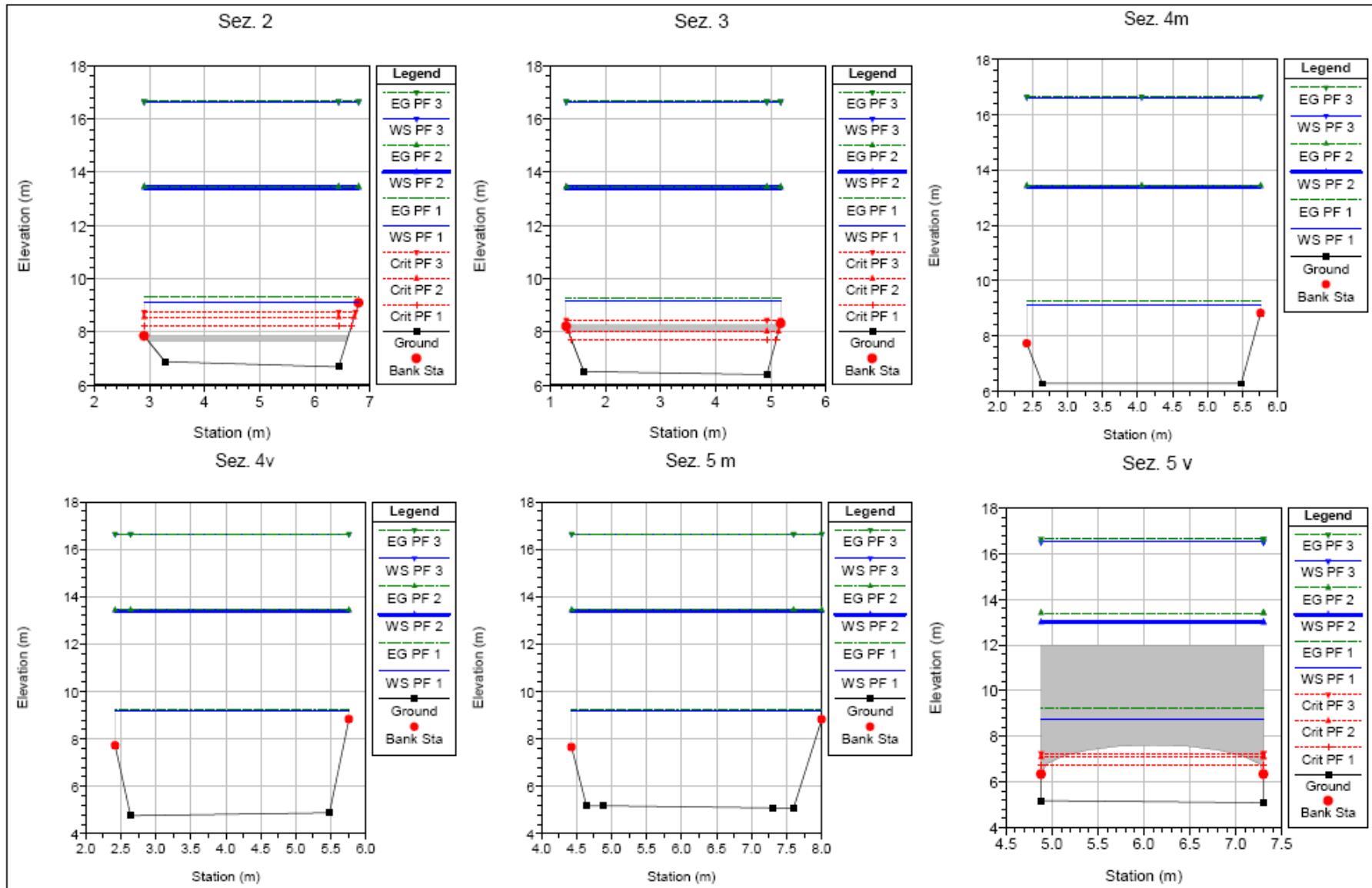
Il tratto che non viene adeguato genera invece un rigurgito verso monte che, seppure con tiranti e carichi piezometrici decisamente inferiori alla situazione di stato attuale, possono generare una esondazione sulla via Vallino, a monte della ferrovia.

Sono state quindi stimate le estensioni delle fasce di inondabilità, che sono state valutate limitate alla via Vallino.

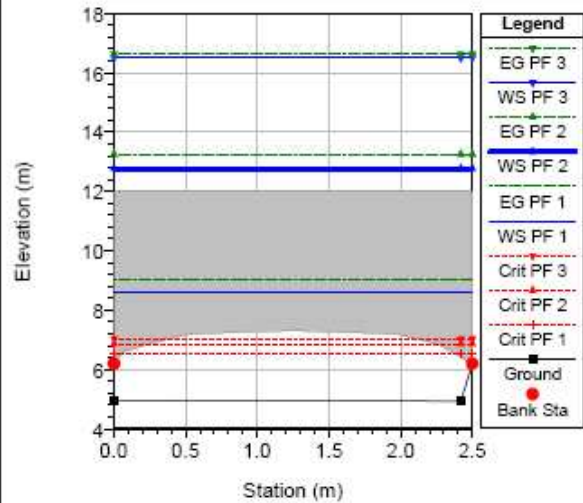
Si ritiene quindi che la situazione di progetto intermedio possa essere valutata positivamente quale stralcio funzionale dell'adeguamento complessivo dell'intero tratto, che rimane la soluzione consigliata.

SEZIONI IDRAULICHE

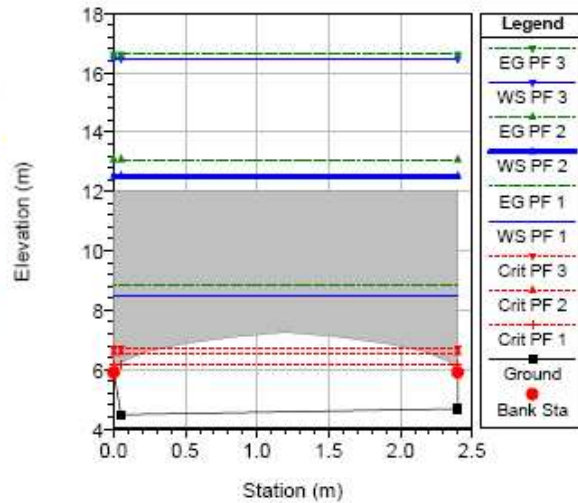
PROFILO IDRAULICO



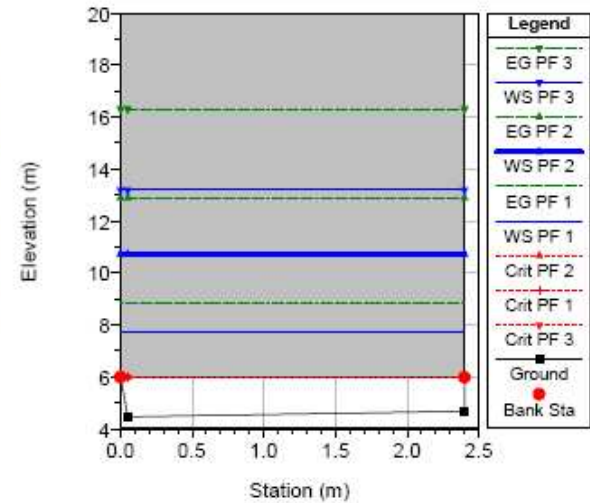
Sez. 6



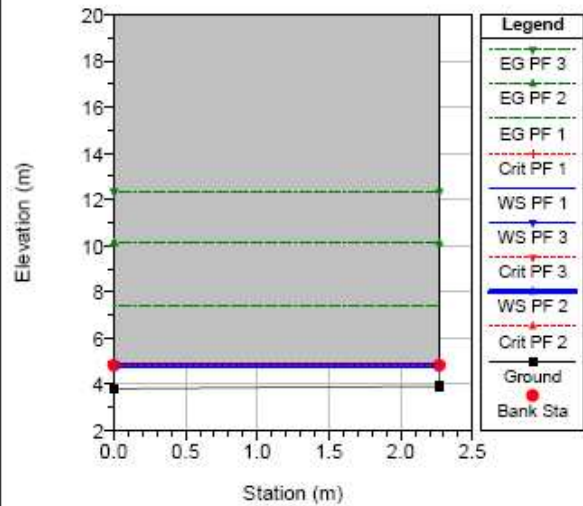
Sez. 7 m



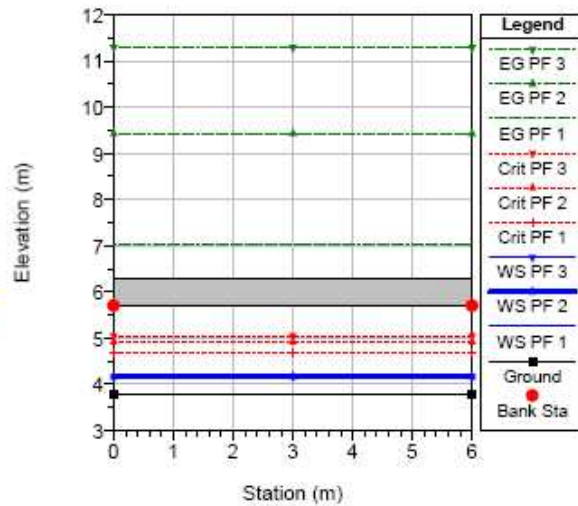
Sez. 7 v



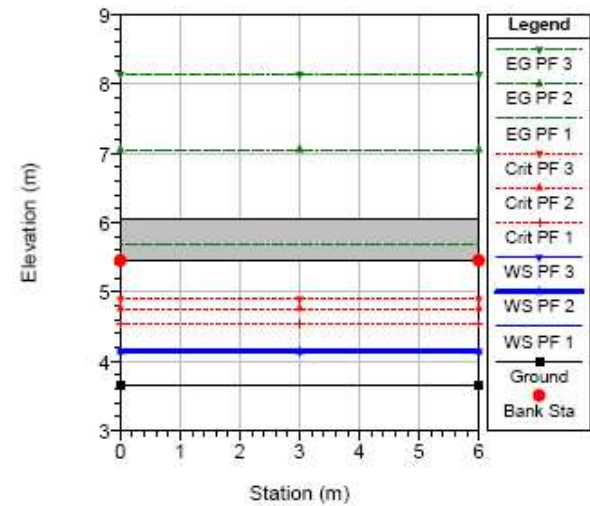
Sez. 8



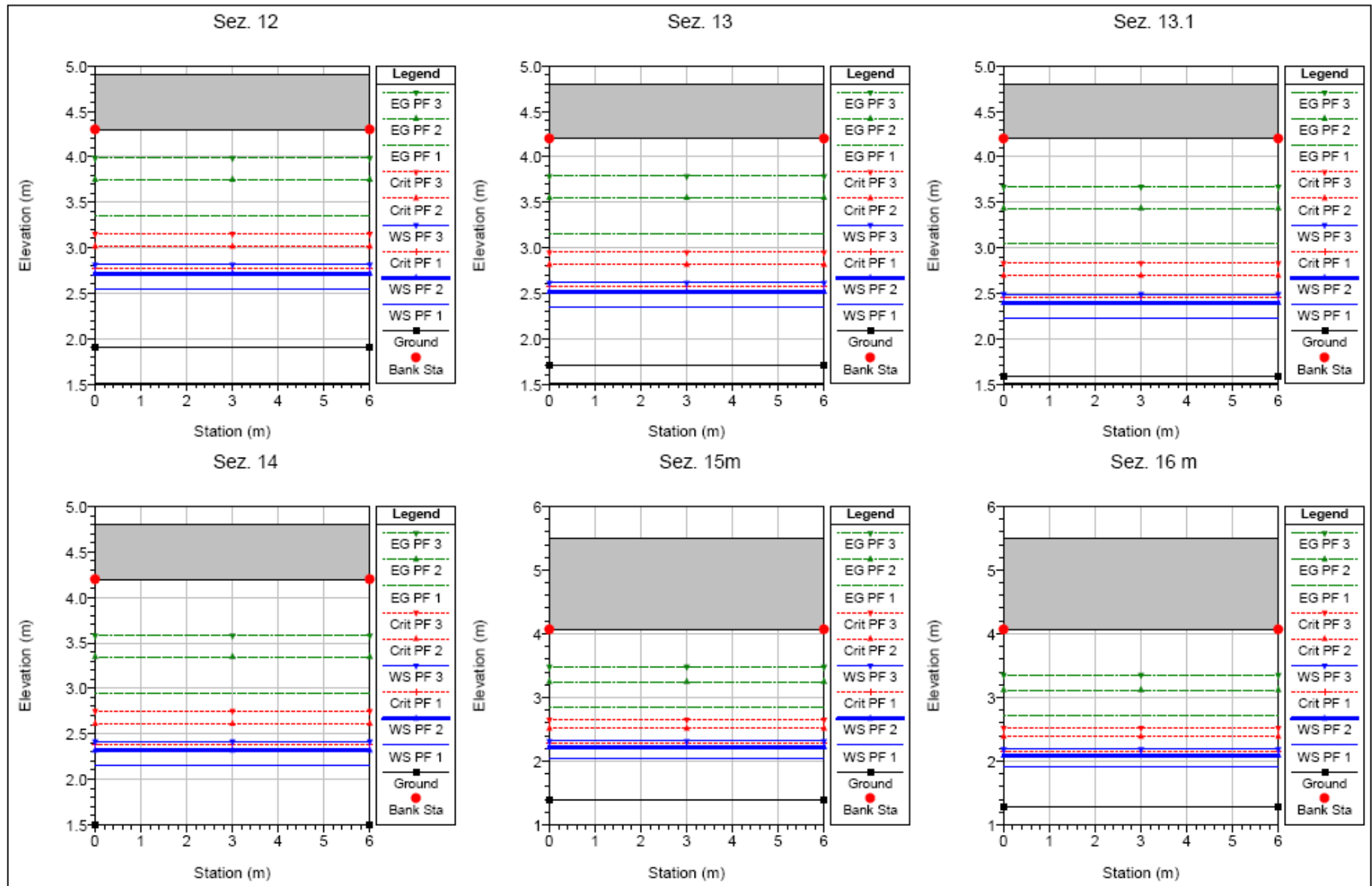
Sez. 8.05



Sez. 8.1

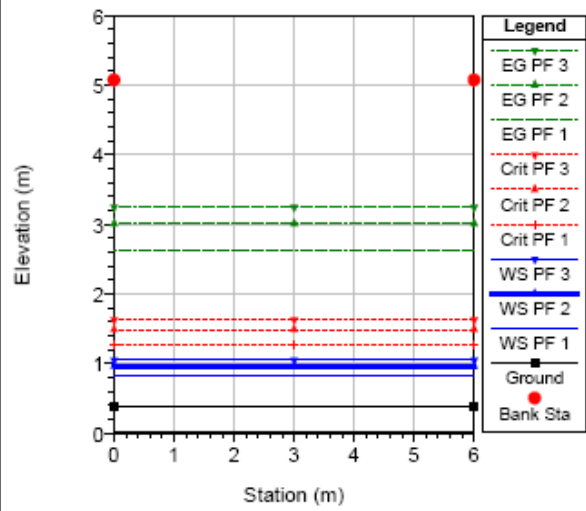








Sez. 16 v



Sez. 17

