

GLI ESTENSORI

(Dott. Ing. Roberto Keffer)



(Dott. Ing. Emilio Aliverti)



1	Febbraio 2007	Integrazione giusta nota STER del 01/02/2007 n. 4015.2007.0000502					
n°.	data	revisione			disegnato	controllato	approvato
commessa	M0306	MAGGIO 2006			disegnato	scala /	
disegno n.	33376				controllato approvato		
committente						tavola n°	
 COMUNE DI GALLARATE Provincia di Varese						2	
oggetto INDIVIDUAZIONE DEL RETICOLO IDRICO MINORE Legge Regionale 1/2000, art.3, comma 114							
titolo Relazione idraulica							



MWH

20090 Milano Segrate
 Centro Direzionale Milano 2 - Palazzo Canova
 tel. 02-210841 - fax 02-26924275
 e-mail mwh.italia@it.mwhglobal.com



**NORD
 MILANO
 CONSULT**

21052 BUSTO ARSIZIO (VA) - via B. Raimondi, 5
 tel. 0331-636702 - fax 0331-636713
 e-mail segreteria@nordmil.com

CITTA' DI GALLARATE
Provincia di Varese

INDIVIDUAZIONE DEL RETICOLO IDRICO MINORE
Legge Regionale 1/2000, art.3, comma 114

Relazione idraulica

Maggio 2006
agg. Febbraio 2007

INDICE

1.	DESCRIZIONE DEI CORPI IDRICI NON COMPUTATI NEL RETICOLO IDRICO MINORE	1
1.1	GAM03B, GAM03A, GAM03 – ROGGIA FONTANONE	2
1.2	GAM04 – COLATORE DEI PRATI	7
1.3	GAM05 – ROGGIA ROCCA	16
1.4	GAM06 – TORRENTE RIO	23
2.	DESCRIZIONE DEI CORPI IDRICI ESISTENTI NON PRESENTI IN MAPPA CATASTALE	27
2.1	GAM02 – BOCCA DEI SASSI	27
3.	STUDI IDRAULICI TORRENTI ARNO E SORGIORILE.....	29
	ALLEGATO: STUDI IDRAULICI TORRENTI ARNO E SORGIORILE SPECIFICHE DI CALCOLO DEL MODELLO DI MOTO PERMANENTE E RISULTATI DELLE ELABORAZIONI.....	30

INDICE DELLE FIGURE

Fig. 1.1.1:	GAm03b, GAm03a, GAm03 Roggia Fontanone.....	3
Fig. 1.1.2:	Punti di vista fotografici – Roggia Molinara.....	4
Fig. 1.1.3:	Foto 1.1.3 – Roggia Molinara	4
Fig. 1.1.4:	Foto 1.1.4 – Roggia Molinara	5
Fig. 1.1.5:	Foto 1.1.5 – Roggia Molinara	5
Fig. 1.1.6:	Estratto mappa di Cedrate Foglio 3	6
Fig. 1.1.7:	Estratto mappa di Cedrate Foglio 2	6
Fig. 1.1.8:	Estratto mappa di Cajello Foglio 8.....	6
Fig. 1.2.1:	GAm04 Colatore dei Prati.....	8
Fig. 1.2.2:	Punti di vista fotografica – Colatore dei Prati.....	9
Fig. 1.2.3:	Foto 1.2.3 – Colatore dei Prati.....	9
Fig. 1.2.4:	Foto 1.2.4 – Colatore dei Prati.....	10
Fig. 1.2.5:	Foto 1.2.5 – Colatore dei Prati.....	10
Fig. 1.2.6:	Foto 1.2.6 – Colatore dei Prati.....	11
Fig. 1.2.7:	Foto 1.2.7 – Colatore dei Prati.....	11
Fig. 1.2.8:	Foto 1.2.8– Colatore dei Prati.....	12
Fig. 1.2.9:	Foto 1.2.9 – Colatore dei Prati.....	13
Fig. 1.2.10:	Foto 1.2.10 – Colatore dei Prati.....	13
Fig. 1.2.11:	Foto 1.2.11 – Colatore dei Prati.....	13
Fig. 1.2.12:	Schema fognario Cadrate.....	14
Fig. 1.2.13:	Estratto mappa di Cedrate Foglio 1	15
Fig. 1.2.14:	Estratto mappa di Cedrate Foglio 4	15
Fig. 1.2.15:	Estratto mappa di Cedrate Foglio 6	15
Fig. 1.3.1:	GAm05 Roggia Rocca.....	17
Fig. 1.3.2:	Punti di vista fotografica - Roggia Rocca.....	18
Fig. 1.3.3:	Foto 1.3.3 - Roggia Rocca.....	18
Fig. 1.3.4:	Foto 1.3.4 - Roggia Rocca.....	19
Fig. 1.3.5:	Foto 1.3.5 - Roggia Rocca.....	19
Fig. 1.3.6:	Foto 1.3.6 - Roggia Rocca.....	20
Fig. 1.3.7:	Foto 1.3.7 - Roggia Rocca.....	20
Fig. 1.3.8:	Foto 1.3.8 - Roggia Rocca.....	21
Fig. 1.3.9:	Foto 1.3.9 - Roggia Rocca.....	21
Fig. 1.3.10:	Estratto mappa di Cajello Foglio 3.....	22
Fig. 1.3.11:	Estratto mappa di Cajello Foglio 7	22
Fig. 1.3.12:	Estratto mappa di Crenna Foglio 7	22
Fig. 1.4.1:	GAm06 Torrente Rio.....	24
Fig. 1.4.2:	GAm06 Torrente Rio – Stralcio dallo strumento urbanistico.....	25
Fig. 1.4.3:	Estratto mappa di Cedrate Foglio 9	26
Fig. 1.4.4:	Estratto mappa di Cedrate Foglio 8	26
Fig. 1.4.5:	Estratto mappa di Cedrate Foglio 11	26
Fig. 2.1.1:	GAm02 Bocca dei Sassi.....	28

1. Descrizione dei corpi idrici non computati nel reticolo idrico minore

La D.G.R. 1 agosto 2003- n. 7/13950- Modifica della D.G.R 25 Gennaio 2002, n. 7/7868 - Determinazione del reticolo idrico principale. Trasferimento delle funzioni relative alla polizia idraulica concernenti il Reticolo Idrico Minore come indicato dall'art. 3 comma 114 della L.R. 1/2000- Determinazione dei canoni di polizia idraulica nell'Allegato "A" contiene il nuovo elenco dei corsi d'acqua che definiscono il Reticolo Idrico Principale per i quali l'attività di Polizia Idraulica è di competenza della Regione Lombardia, Il Reticolo Idrico Minore è individuato per differenza dal suddetto elenco.

La prima fase di indagini ha individuato sulle carte catastali storiche i tracciati dei corsi d'acqua: gli stessi sono stati riportati sulla cartografia attuale.

Si sono quindi condotti sopralluoghi e si è proceduto a mappare i risultati confrontandoli con la cartografia esistente.

Sono stati quindi classificati i tratti, anche di proprietà demaniale, che non sono più riconoscibili sul terreno o che non sono più collegati al reticolo idrico.

L'esclusione dei corsi d'acqua dal reticolo di competenza comunale è motivata nella presente relazione.

Tutti i corpi idrici non computati nel reticolo idrico minore, possono essere oggetto di sdemanializzazione presso l'agenzia del Demanio.

Per tali corpi idrici non verranno individuate la fascia di tutela assoluta né la fascia di tutela e rispetto ma, fino alla conclusione delle relative pratiche di sdemanializzazione, continueranno ad essere oggetto di concessioni ed autorizzazioni ai sensi del R.D. 523/1904 e smi.

1.1 GAm03b, GAm03a, GAm03 – Roggia Fontanone

La Roggia Fontanone è un affluente in destra orografica del Torrente Arno e scorre interamente nel territorio del comune di Gallarate.

Il corso d'acqua si origina nella parte settentrionale del territorio comunale in località Cascinetta nei pressi di un'ansa del Torrente Arno e scorre in un primo tratto (GAm03b) in direzione NW-SE.

In corrispondenza della biforcazione autostradale Varese – Sesto Calende si rileva un secondo ramo che si ricongiunge a quello principale subito a valle della suddetta biforcazione.

Il corso idrico piega quindi verso nord fino ad arrivare nei pressi di via Rossa. Forma poi un'ansa e prosegue in direzione SW (tratto GAm03a). Infine piega in direzione SE per poi tombinarsi e recapitare le acque in Arno nei pressi di via Lazzaretto (tratto GAm03).

Il corso d'acqua non risulta presente nell'elenco delle AA.PP. (G.U. n. 33 del 09/04/1934) redatto in base al Testo Unico n. 1775/1993, ma catastalmente figura nel comune di Gallarate sezione censuaria di Cajello nel foglio 8, Cedrate nei fogli 2, 3.

Il tratto montano della Roggia Fontanone (GAm03b) è presente nelle mappe catastali, ma a seguito dei lavori per lo svincolo autostradale e dei lavori di regimazione idraulica a monte del corpo idrico suddetto ed in particolar modo alla realizzazione delle vasche di laminazione sul torrente Arno a protezione del centro abitato di Gallarate, allo stato dei luoghi non si rileva più la presenza dell'alveo inciso e lo scorrere naturale delle acque anche in tempo di piena. Si propone quindi l'esclusione del suddetto tratto dai corpi idrici del reticolo minore.

Il tratto intermedio della Roggia Fontanone (GAm03a) è già stato sdemanializzato dall'Agenzia del Demanio (cfr. nota 20/06/2003 prot. n. 25397/03 dell'Agenzia del Demanio).

Il tratto vallivo della Roggia Fontanone (GAm03) è presente nelle mappe catastali e sul territorio si rileva ancora la presenza di tratti dell'alveo inciso e di un tratto tombinato, tuttavia non risulta interessato dallo scorrere naturale delle acque nemmeno in periodi di piena. Si propone quindi l'esclusione del suddetto tratto dai corpi idrici del reticolo minore.

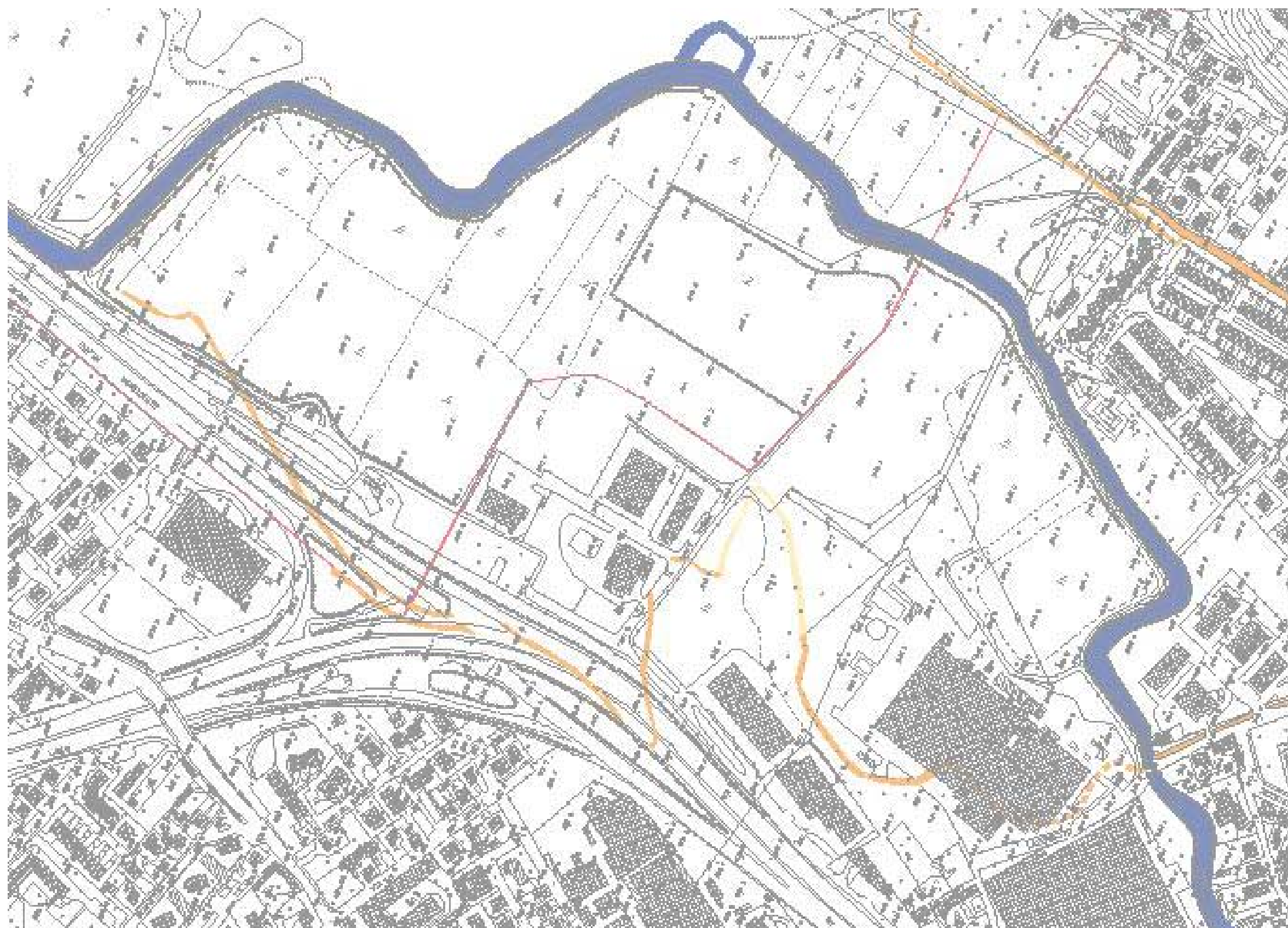


Fig. 1.1.1: GAm03b,
GAm03a, GAm03 Roggia
Fontanone

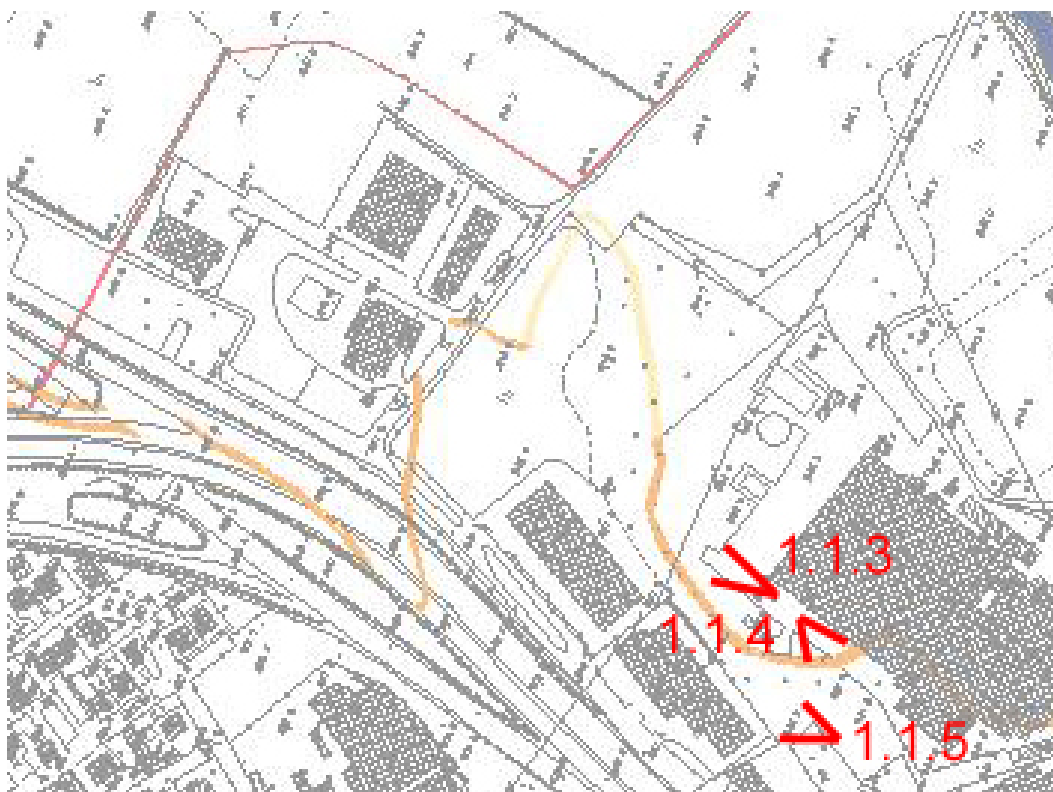


Fig. 1.1.2: Punti di vista fotografici – Roggia Molinara



Fig. 1.1.3: Foto 1.1.3 – Roggia Molinara

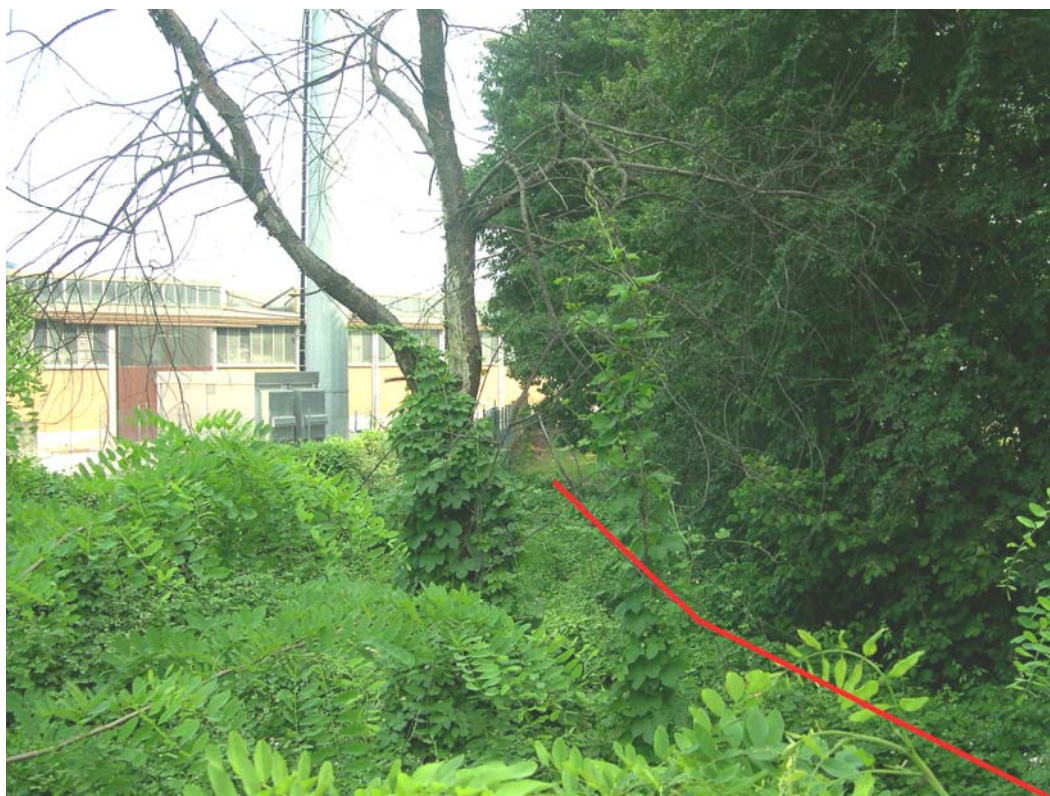


Fig. 1.1.4: Foto 1.1.4 – Roggia Molinara



Fig. 1.1.5: Foto 1.1.5 – Roggia Molinara

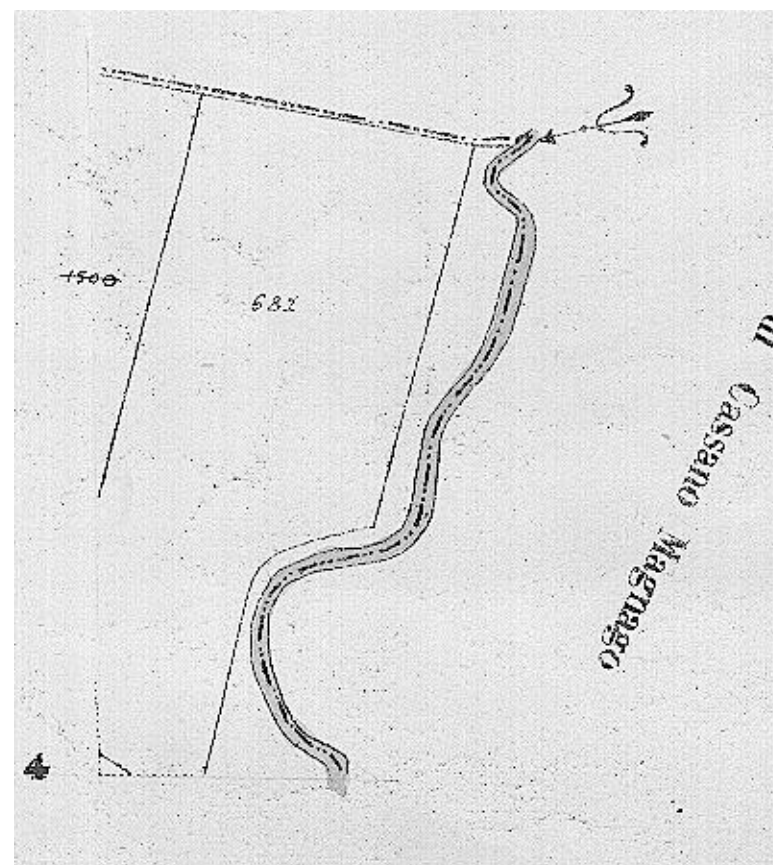
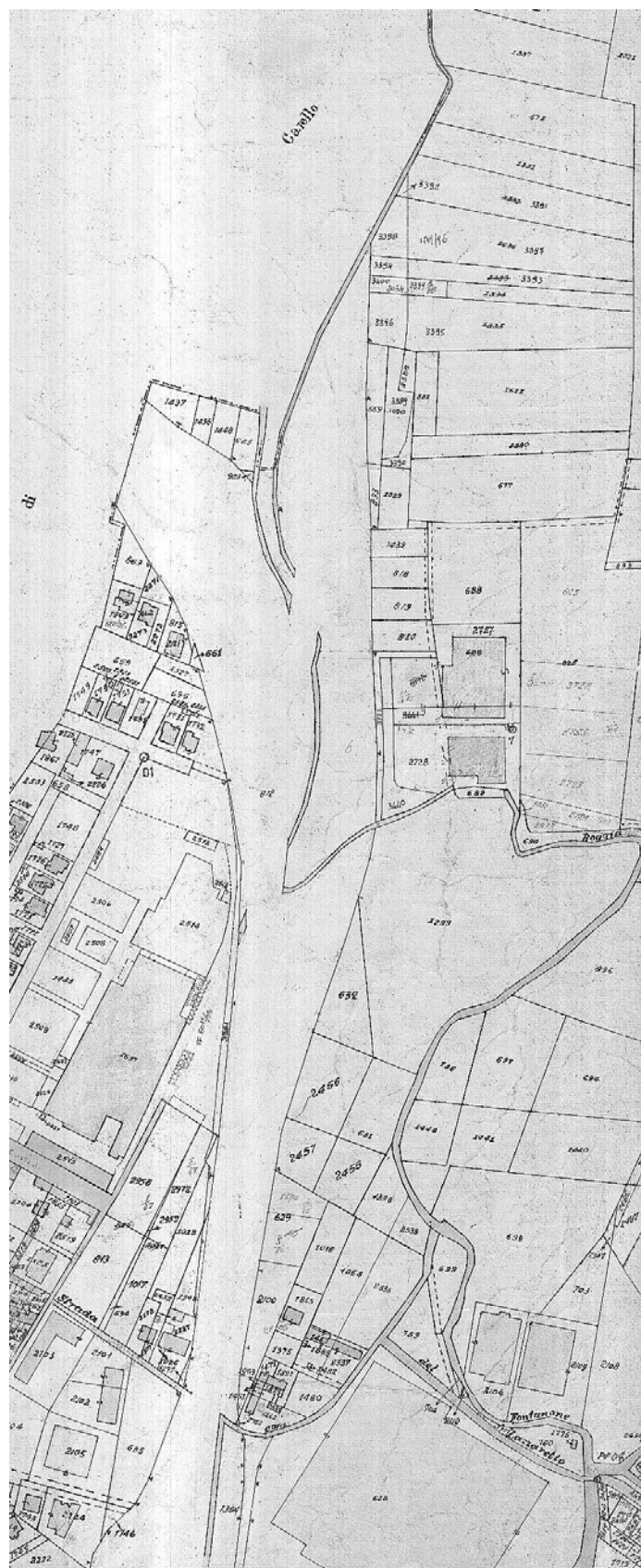


Fig. 1.1.7: Estratto mappa di Cedrate Foglio 2

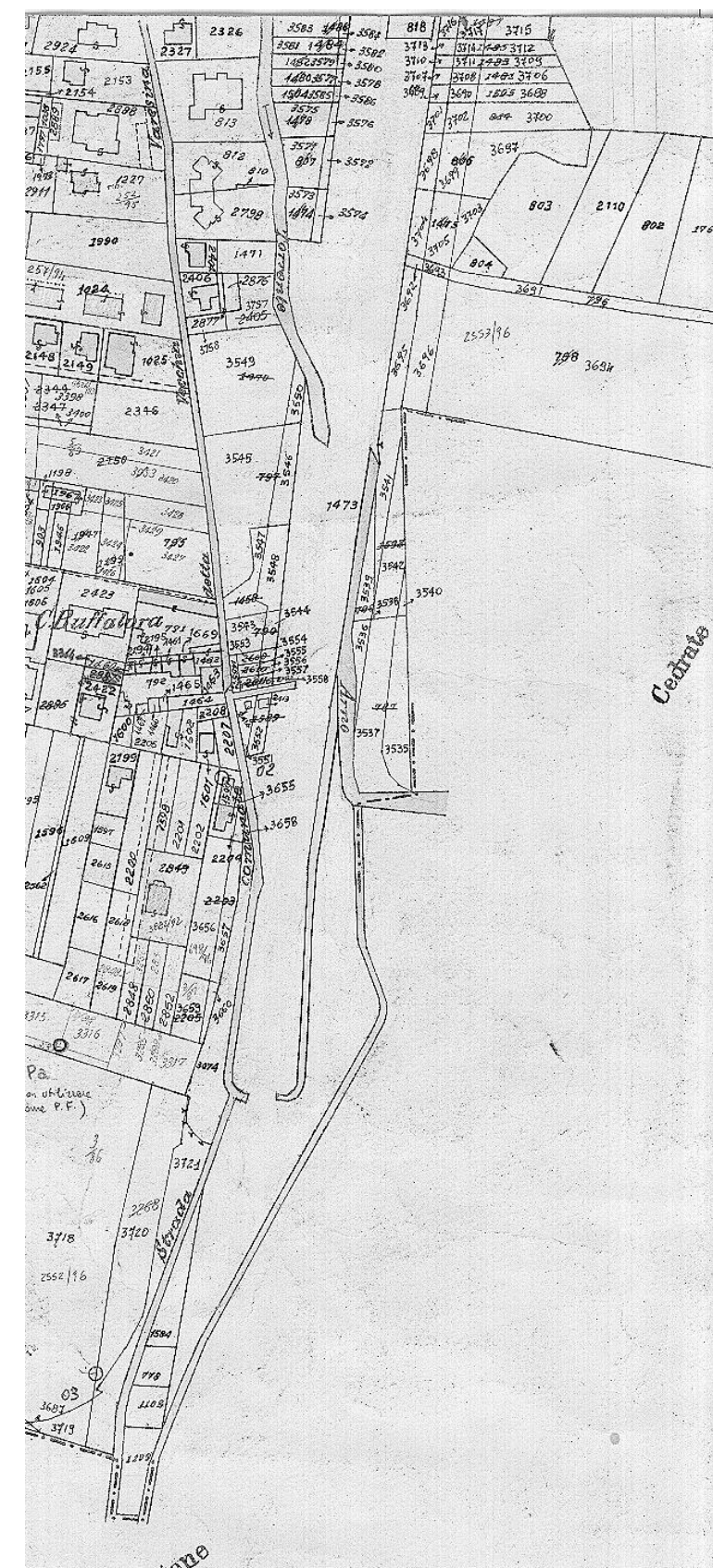


Fig. 1.1.8: Estratto mappa di Cajello Foglio 8

Fig. 1.1.6: Estratto mappa di Cedrate Foglio 3

1.2 GAm04 – Colatore dei Prati

Il Colatore dei Prati è un affluente in sinistra orografica del torrente Arno e scorre interamente nel territorio del comune di Gallarate.

Come è possibile evidenziare dall'areofotogrammetrico, il corso d'acqua si origina nella parte settentrionale del territorio comunale nei pressi del confine con il comune di Cassano Magnano, a monte della centrale elettrica di Cedrate; il corpo idrico scorre in un primo tratto in direzione NW-SE parallelamente al Torrente Arno fino all'incrocio fra via Mauri e via Magellano ove è tombinato fino allo sfocio in Arno nei pressi di via Lazzaretto. Sopra questa tombinatura nei pressi dell'incrocio fra via Lazzaretto e via Introini si rileva un secondo tratto del colatore che scorre a cielo aperto in direzione E-W fino a recapitare le acque nel torrente Arno sempre nei pressi di via Lazzaretto.

Il corso d'acqua non risulta presente nell'elenco delle AA.PP. (G.U. n.33 del 09/04/1934) redatto in base al Testo Unico n.1775/1993, ma catastalmente figura nel comune di Gallarate sezione censuaria di Cedrate nei fogli 1,4 e 6.

Recentemente anche a seguito dei lavori di realizzazione di un nuovo tratto di fognatura in via Dembowschi, via Mauri e via Magellano (maggio 2004), il Colatore dei Prati è divenuto parte integrante del sistema di drenaggio delle acque meteoriche urbane.

In questa parte della città l'Amministrazione comunale ha deciso di utilizzare un sistema di fognature misto per il drenaggio delle acque nere e bianche, sfruttando il sistema di collettori dell'ex depuratore per lo smaltimento delle acque meteoriche in Arno lungo la via Magellano e costruendo un sistema di collettamento per i reflui urbani e industriali convogliandoli nel collettore principale 27 (cfr. P.G.M. 1984). A seguito dello sviluppo residenziale urbano in questa zona del territorio comunale di Gallarate, si è reso necessario l'allacciamento dei nuovi edificati al sistema fognario.

La scelta adottata dall'Amministrazione comunale è stata sempre quella di una fognatura di tipo separato, convogliando le acque meteoriche della via Dembowschi nel Colatore dei Prati lungo la via Mauri. Per garantire lo smaltimento delle portate anche in tempo di piena, a monte dell'ingresso della tombinatura del corso d'acqua è stato realizzato uno sfioratore di troppo pieno che recapita in Arno attraverso la fognatura bianca in via Magellano.

Avendo perso la propria funzionalità idraulica e non riscontrando allo stato presenza di acqua, il suddetto corpo idrico non viene computato come appartenente al reticolo idrico minore.

Gli interventi di regimazione antropica riconoscibili nelle Foto 1.2.6 e 1.2.7, gli attraversamenti visibili nelle Foto 1.2.5, 1.2.8, 1.2.9 e 1.2.10 e la presenza di alveo inciso come evidente nelle Foto 1.2.7 e 1.2.9 sono dovuti all'attuale funzione del Colatore dei Prati quale struttura integrata nel sistema di drenaggio delle acque meteoriche della zona settentrionale del territorio comunale (rione di Cedrate).

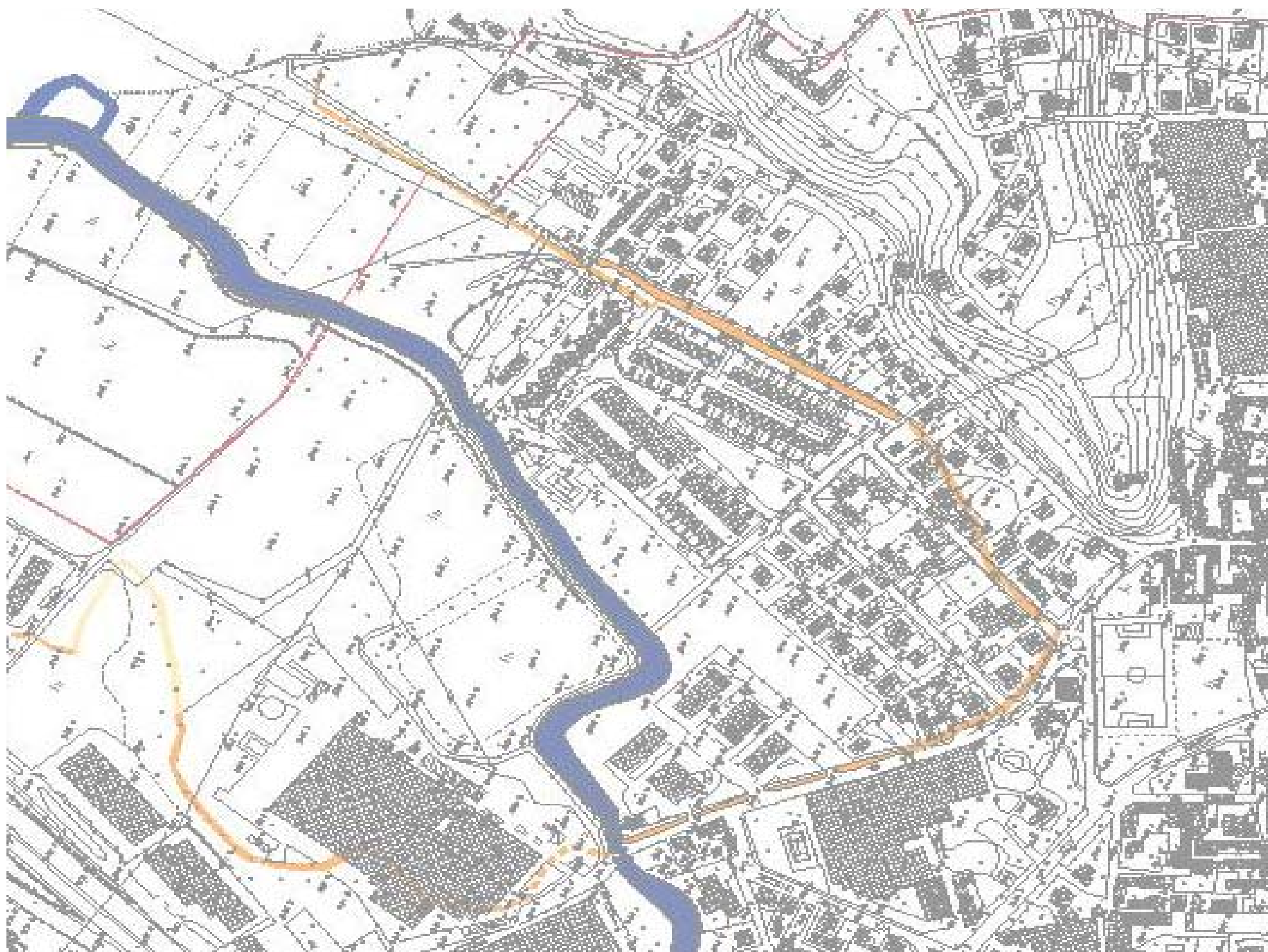


Fig. 1.2.1: GAm04
Colatore dei Prati



Fig. 1.2.2: Punti di vista fotografica – Colatore dei Prati



Fig. 1.2.3: Foto 1.2.3 – Colatore dei Prati



Fig. 1.2.4: Foto 1.2.4 – Colatore dei Prati



Fig. 1.2.5: Foto 1.2.5 – Colatore dei Prati



Fig. 1.2.6: Foto 1.2.6 – Colatore dei Prati



Fig. 1.2.7: Foto 1.2.7 – Colatore dei Prati



Fig. 1.2.8: Foto 1.2.8– Colatore dei Prati



Fig. 1.2.9: Foto 1.2.9 – Colatore dei Prati



Fig. 1.2.10: Foto 1.2.10 – Colatore dei Prati

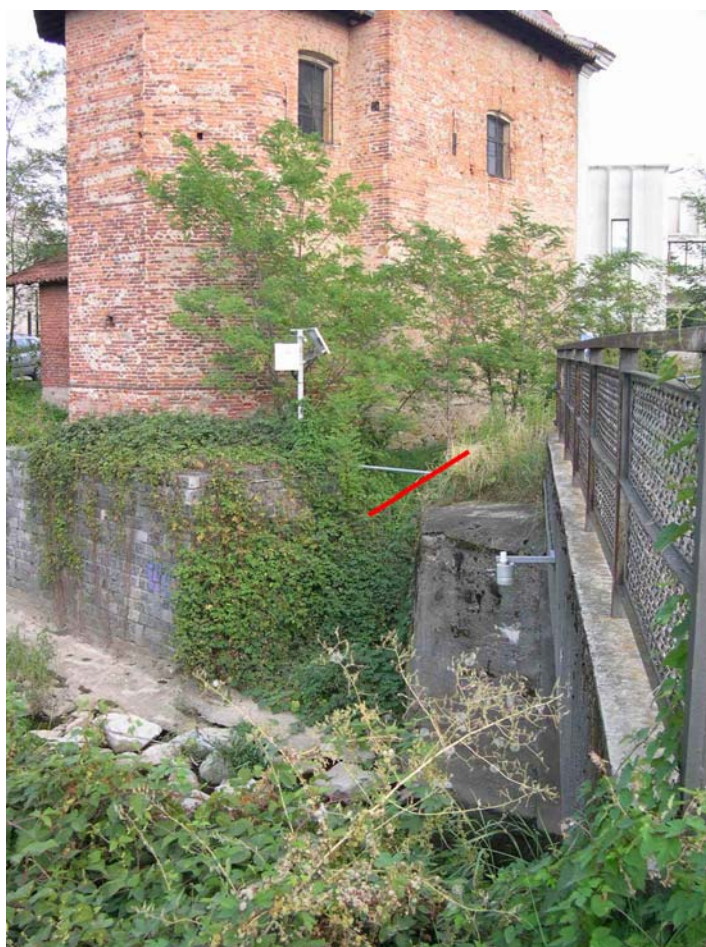


Fig. 1.2.11: Foto 1.2.11 – Colatore dei Prati

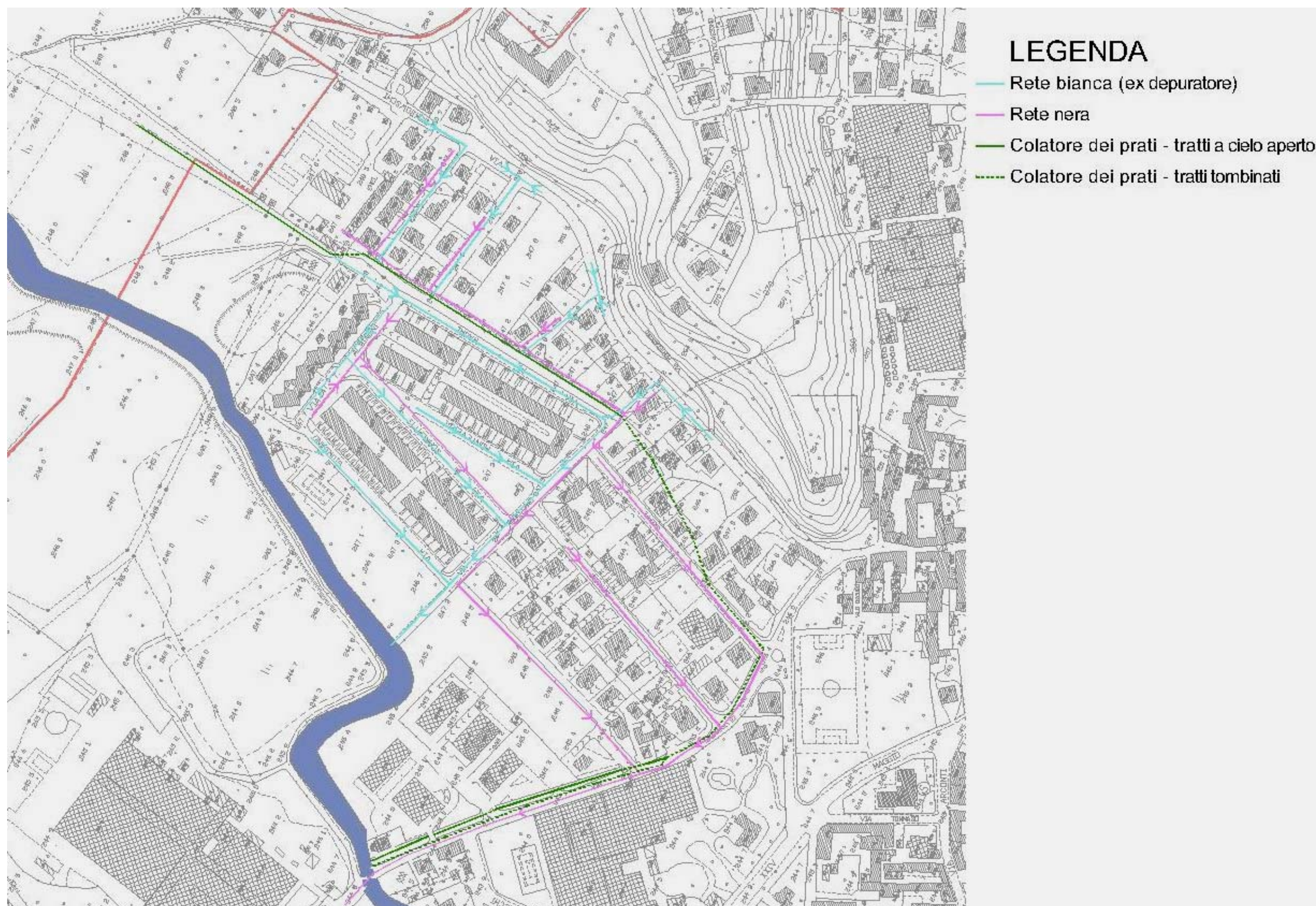


Fig. 1.2.12 Schema fognario Cadrate

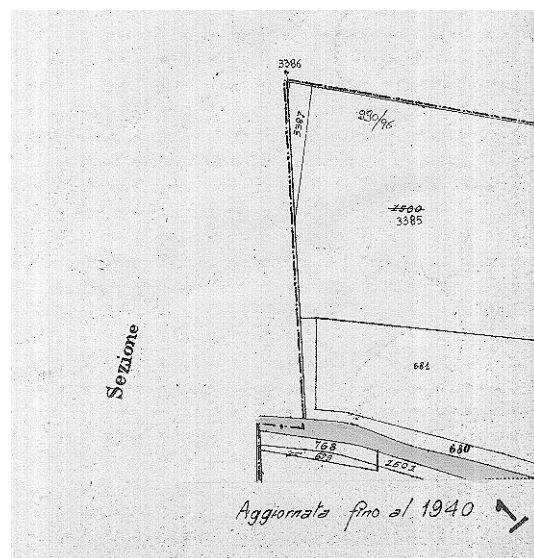


Fig. 1.2.13: Estratto mappa di Cedrate Foglio 1

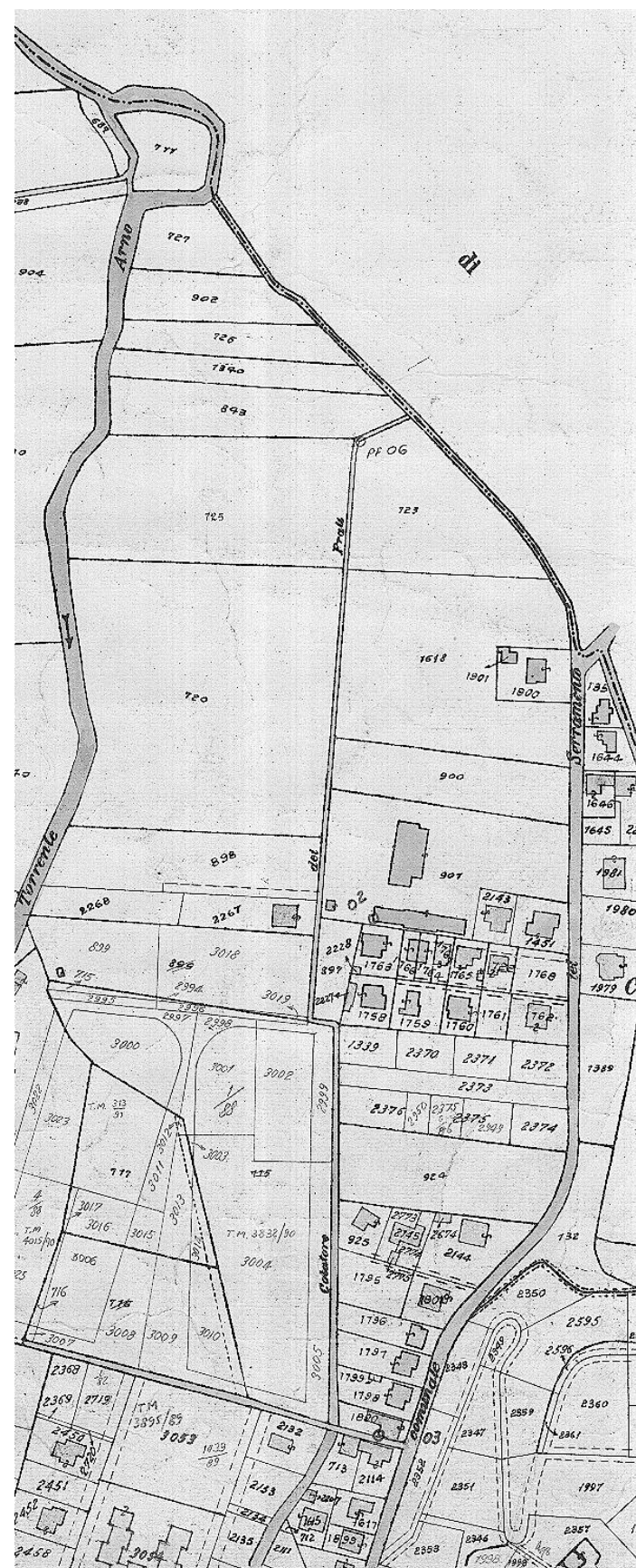


Fig. 1.2.14: Estratto mappa di Cedrate Foglio 4

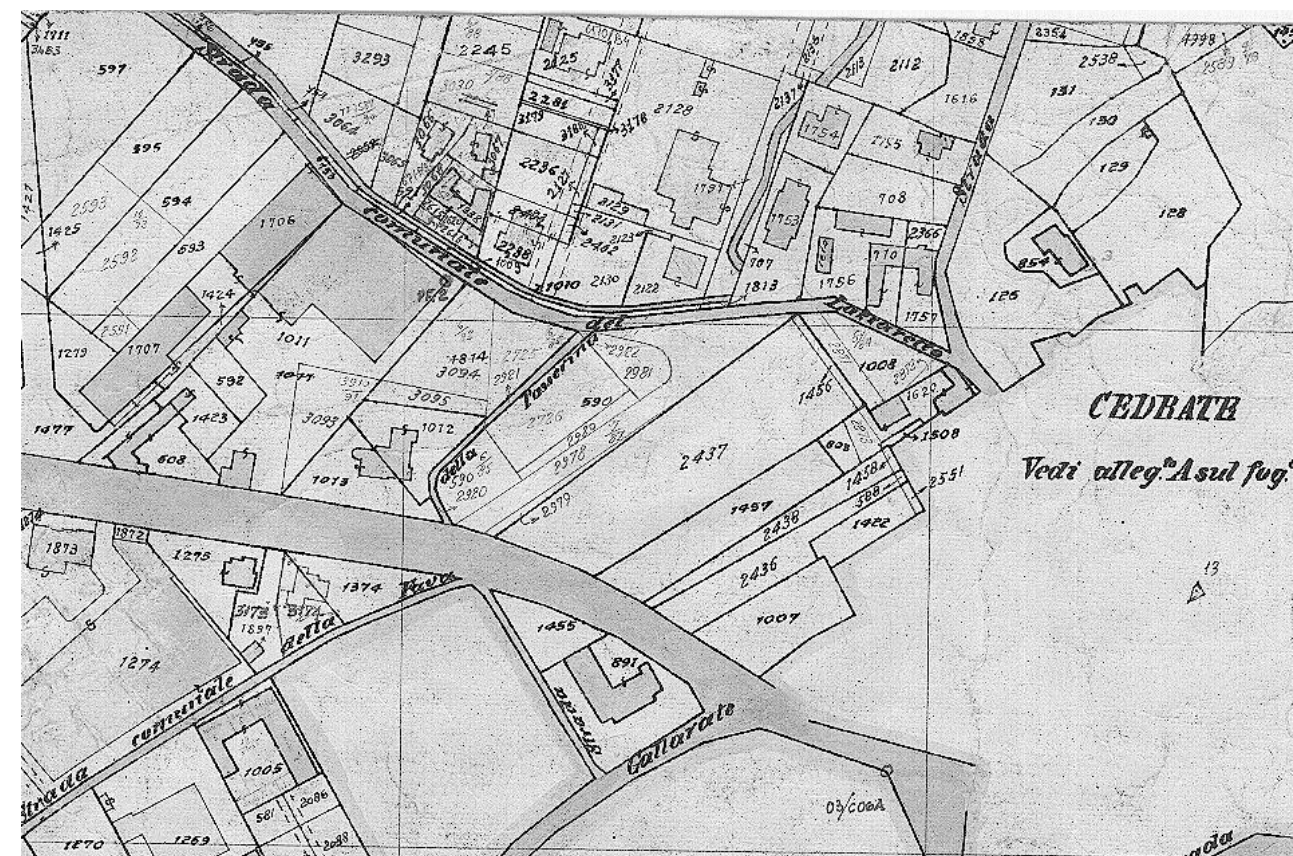


Fig. 1.2.15: Estratto mappa di Cedrate Foglio 6

1.3 GAm05 – Roggia Rocca

La Roggia Rocca è una diramazione del Torrente Sorgiorile e scorre interamente nel territorio del comune di Gallarate.

Come è possibile evidenziare dall'aerofotogrammetrico, il suddetto corpo idrico ha origine in località Cajello poco a valle del Molino della Rocca e scorre in un primo tratto da ovest verso est fino in prossimità di via Passo Sella dove piega verso SE costeggiando il campo sportivo, per dividersi poi in due rami uno ad est ed uno ad ovest; la diramazione orientale si ricongiunge al tratto principale poco più a valle nei pressi del tronco autostradale. Il corso d'acqua scorre poi sempre in direzione NW-SE fino nei pressi del complesso industriale in via Del Lavoro dove si tombina fino a recapitare le acque nel Torrente Sorgiorile.

Il corso d'acqua risulta presente nell'elenco delle AA.PP. (G.U. n.33 del 09/04/1934) redatto in base al Testo Unico n.1775/1993, con numero d'iscrizione 183 (24M) e ne risulta sottoposto a vincolo l'intero tratto. Catastralmente figura nel comune di Gallarate sezione censuaria di Cajello nei fogli 3 e 7, sezione censuaria di Crenna foglio 7.

Allo stato dei luoghi il corpo idrico risulta pressoché occluso (cfr. note ex Ufficio Genio Civile del 24/05/1999 n.C155.1999.0006566 e 28/09/1999 C155.1999.0011519) e gli Utenti Roggia Rocca di Cajello non hanno più rinnovato la concessione per uso irriguo (cfr. nota ex Genio Civile del 31/12/1985 prot. n.10233).

Il corso d'acqua ha perso la propria funzionalità idraulica e non risulta interessato dallo scorrere naturale delle acque nemmeno in periodi di piena. Si propone quindi l'esclusione del suddetto corso d'acqua dai corpi idrici del reticolo minore.



Fig. 1.3.1: GAM05
Roggia Rocca

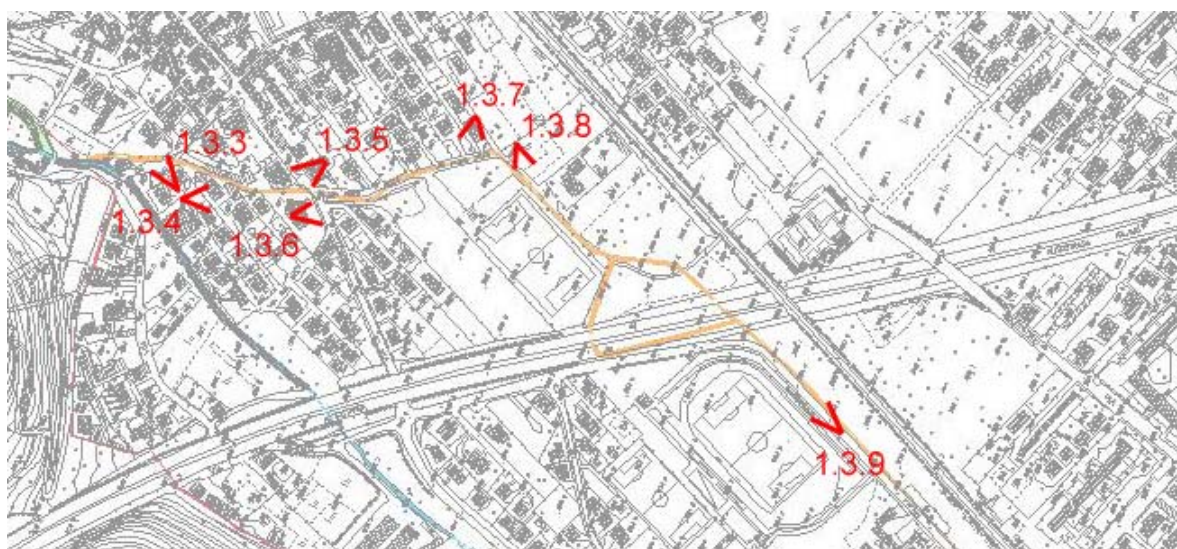


Fig. 1.3.2: Punti di vista fotografica - Roggia Rocca



Fig. 1.3.3: Foto 1.3.3 - Roggia Rocca



Fig. 1.3.4: Foto 1.3.4 - Roggia Rocca



Fig. 1.3.5: Foto 1.3.5 - Roggia Rocca



Fig. 1.3.6: Foto 1.3.6 - Roggia Rocca



Fig. 1.3.7: Foto 1.3.7 - Roggia Rocca



Fig. 1.3.8: Foto 1.3.8 - Roggia Rocca



Fig. 1.3.9: Foto 1.3.9 - Roggia Rocca

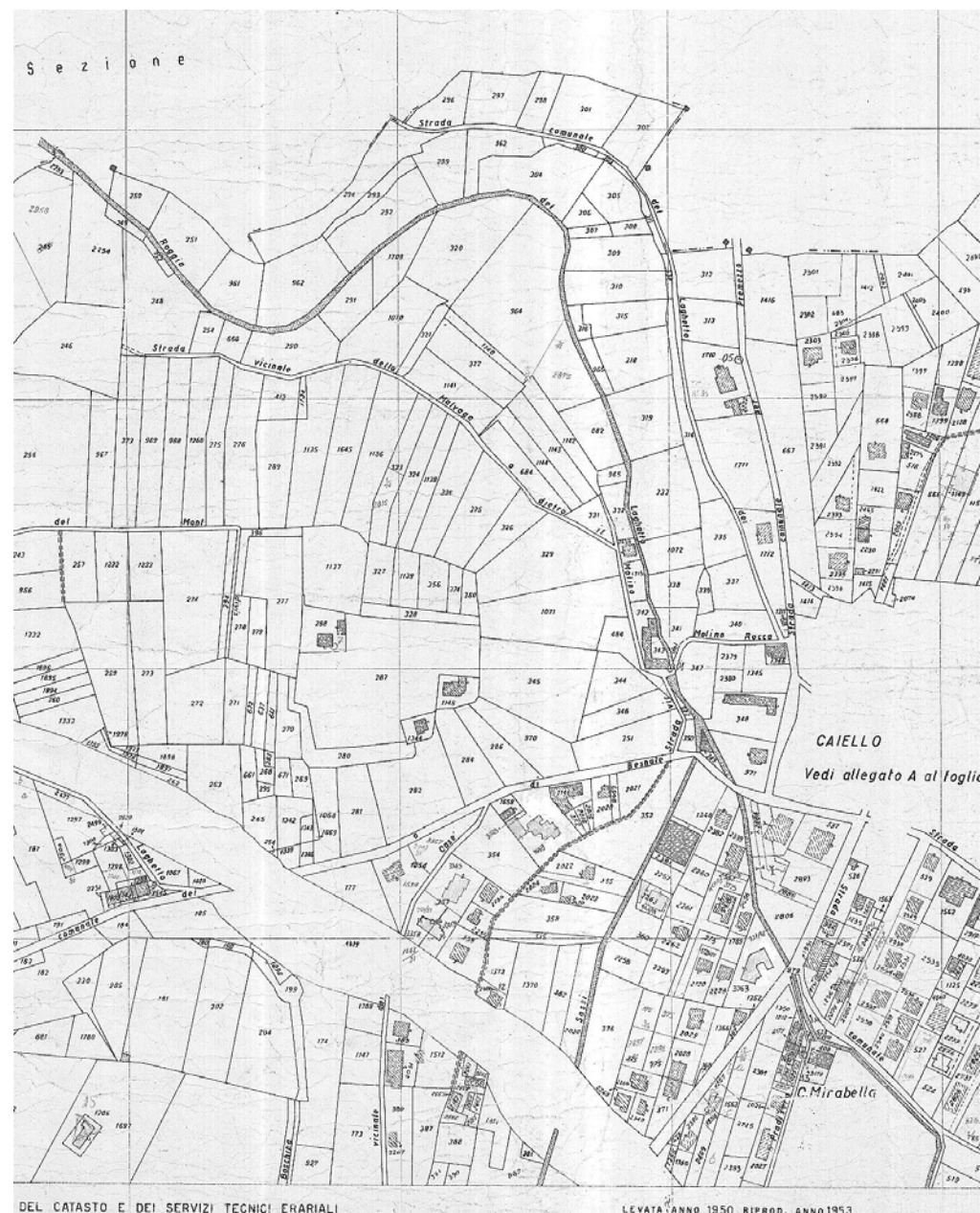


Fig. 1.3.10: Estratto mappa di Cajello Foglio 3



Fig. 1.3.11: Estratto mappa di Cajello Foglio 7

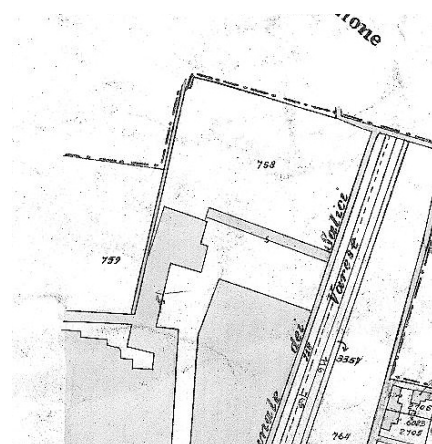


Fig. 1.3.12: Estratto mappa di Crenna Foglio 7

1.4 GAm06 – Torrente Rio

Il corso d'acqua risulta ancora presente nell'elenco delle AA.PP. (G.U. n. 33 del 09/04/1934) redatto in base al Testo Unico n. 1775/1993, con numero d'iscrizione 223C (184, 25M) e ne risulta sottoposto a vincolo l'intero tratto. Catastralmente figura nel comune di Gallarate sezione censuaria di Cedrate nei fogli 8, 9 e 11.

Allo stato dei luoghi non si rileva la presenza del corso d'acqua e il Servizio Tecnico Amministrativo Provinciale della Regione Lombardia con nota n.C155.2000.0002975 del 14/03/2000 ha espresso parere favorevole alla sdemanializzazione dell'ex alveo del Torrente Rio in Gallarate.



Fig. 1.4.1: GAm06 Torrente Rio

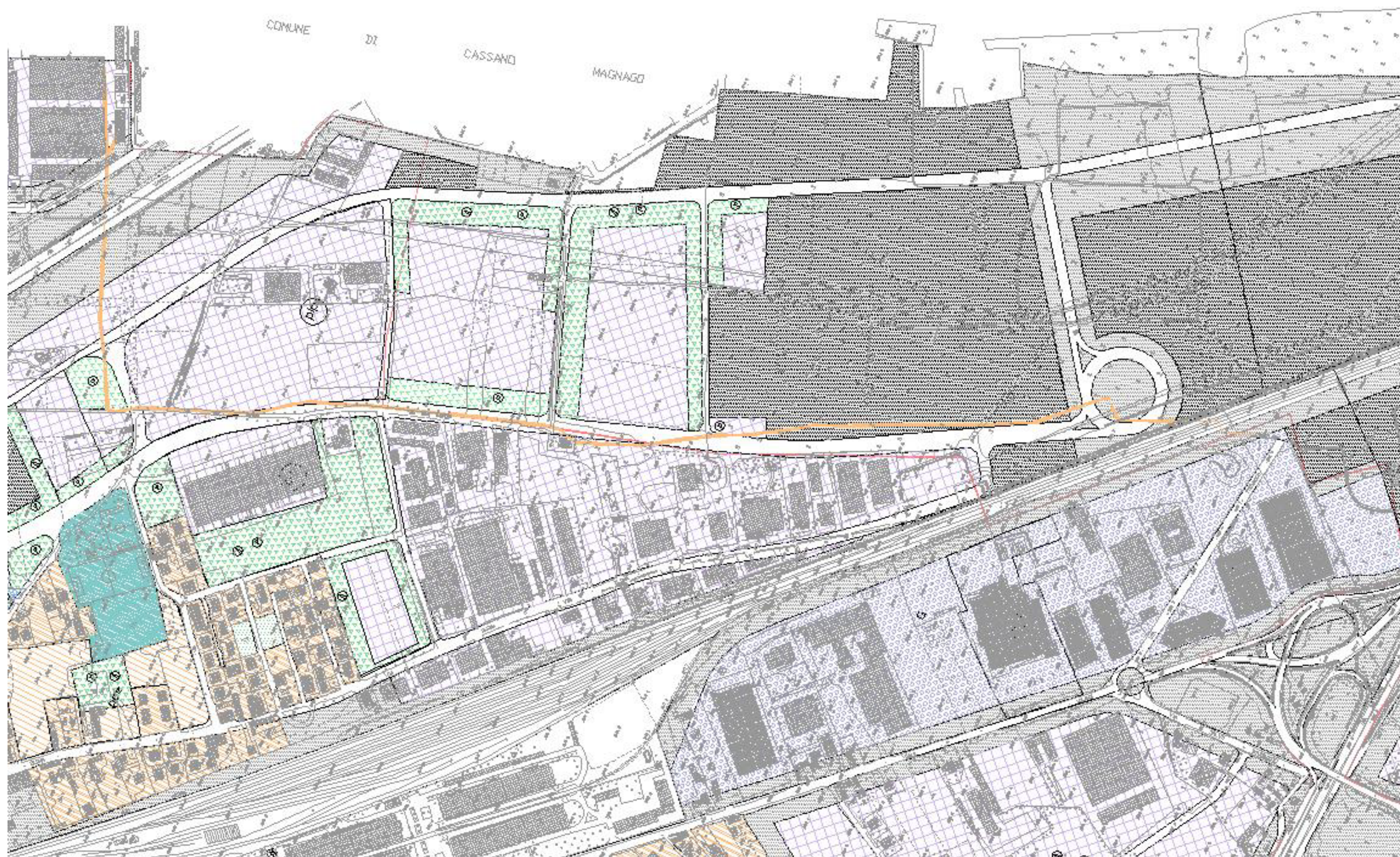


Fig. 1.4.2: GAm06 Torrente Rio – Stralcio dallo strumento urbanistico

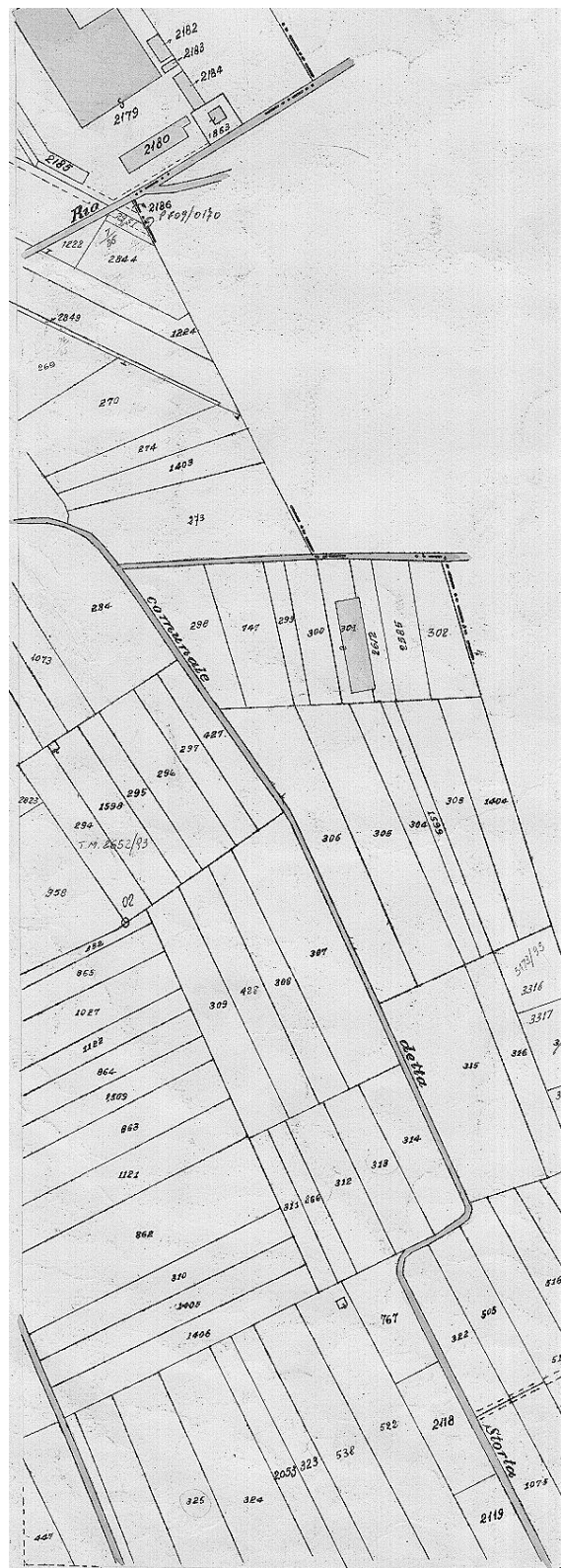


Fig. 1.4.3: Estratto mappa di Cedrate Foglio 9

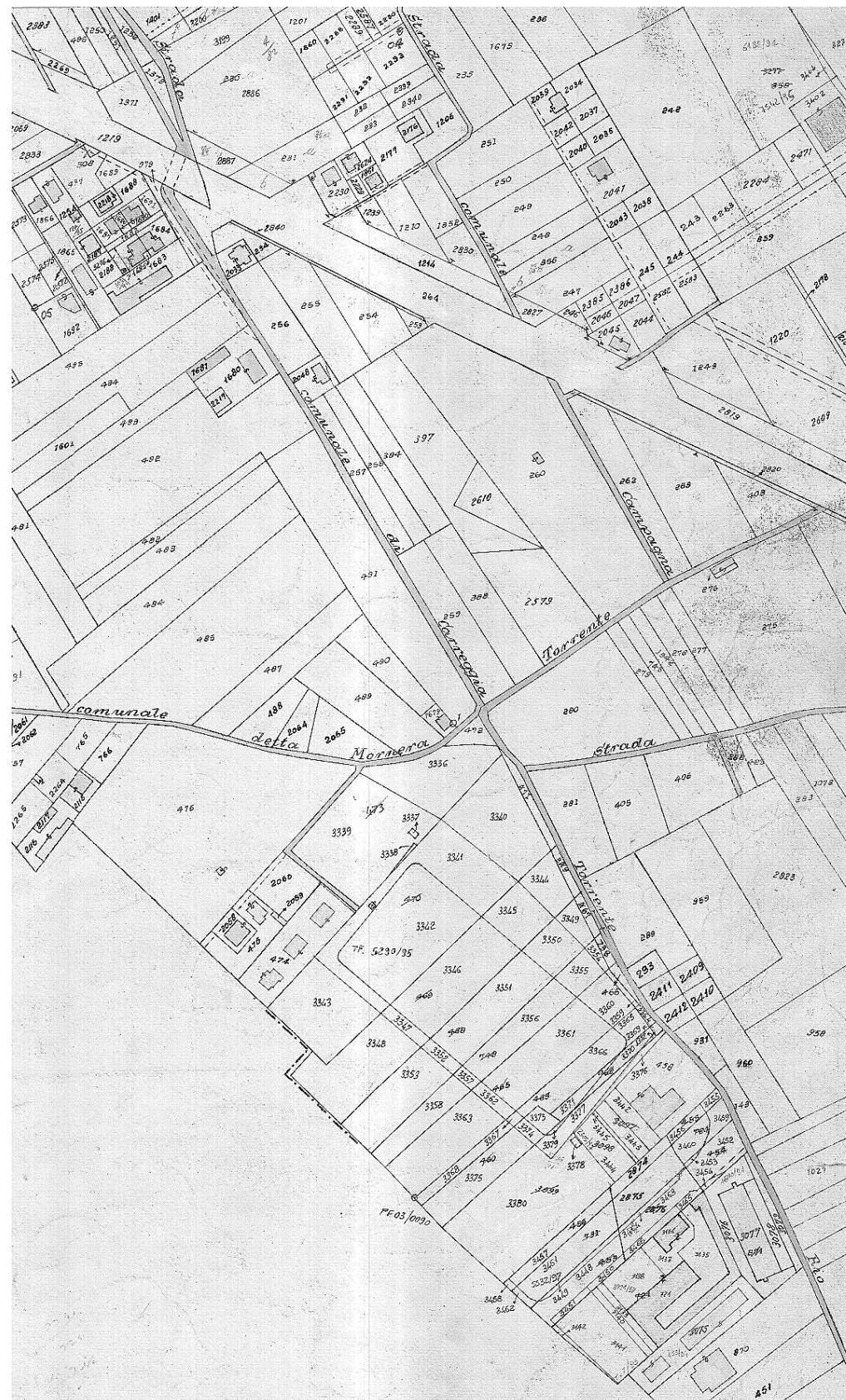


Fig. 1.4.4: Estratto mappa di Cedrate Foglio 8



Fig. 1.4.5: Estratto mappa di Cedrate Foglio 11

2. Descrizione dei corpi idrici esistenti non presenti in mappa catastale

2.1 GAm02 – Bocca dei Sassi

La bocca dei Sassi è una diramazione del Torrente Sorgiorile e scorre interamente nel territorio del comune di Gallarate.

Il corso d'acqua nasce nella parte settentrionale del territorio comunale, nei pressi del confine con il comune di Cavarina con Premezzo e scorre da ovest verso est fino a ricongiungersi al corpo idrico principale in prossimità del Molino della Rocca.

Il corso d'acqua non risulta presente nell'elenco delle AA.PP. (G.U. n. 33 del 09/04/1934) redatto in base al Testo Unico n. 1775/1993 e catastalmente non figura nel comune di Gallarate, ma allo stato dei luoghi si rileva l'esistenza sul territorio di un alveo inciso con presenza di acqua.

Questo corpo idrico è inoltre compreso nello studio idraulico finalizzato al tracciamento della fasce fluviali alla scala dello strumento urbanistico e alla valutazione delle condizioni di rischio nei territori della fascia C secondo il metodo approfondito descritto alla D.G.R. 11/12/2001 n.VII/7365 adottato con delibera del C.C. n. 9 dell'11/02/2004.

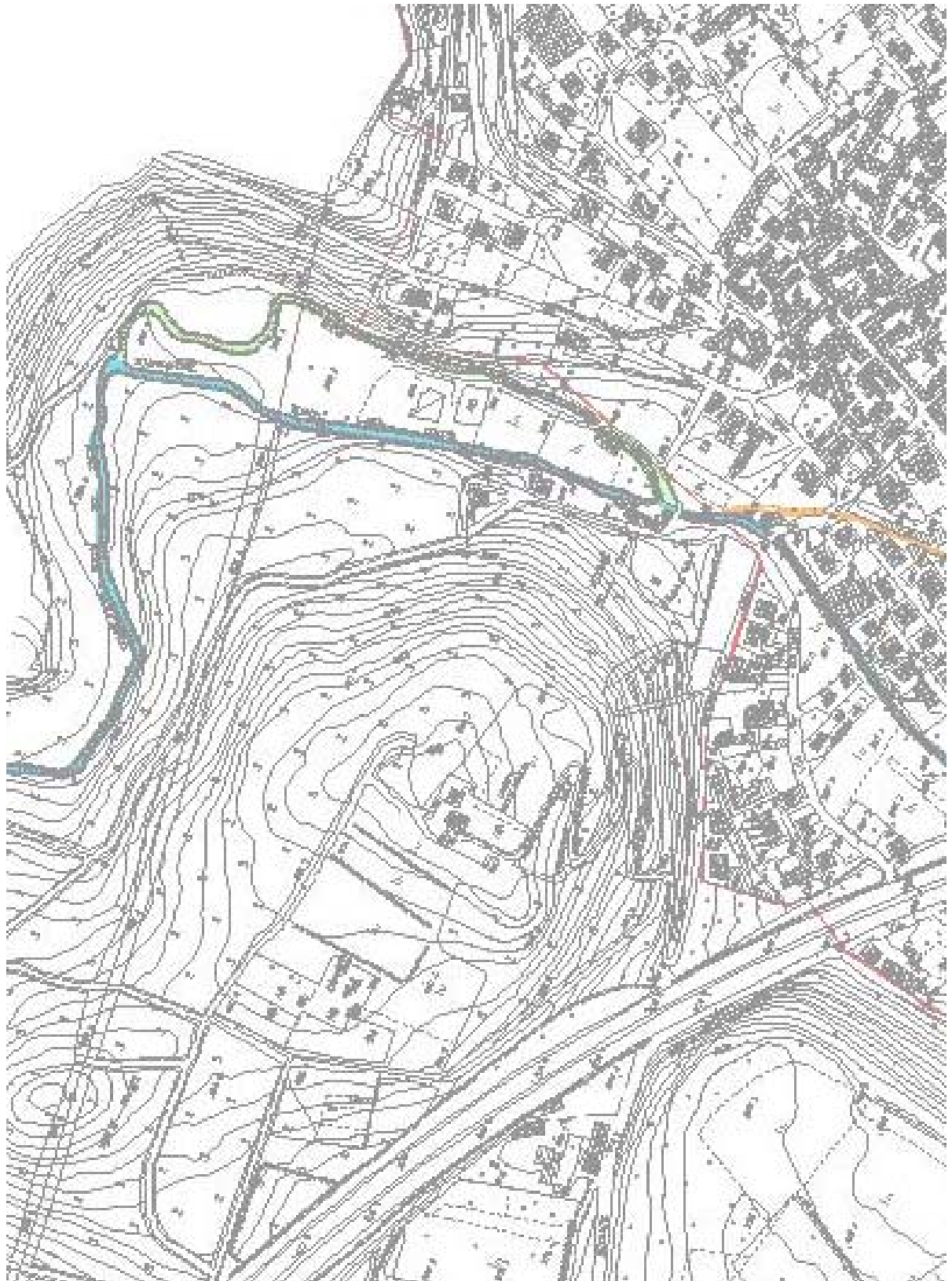


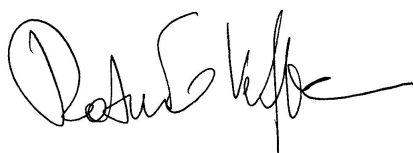
Fig. 2.1.1: GAm02 Bocca dei Sassi

3. Studi idraulici torrenti Arno e Sorgiorile

Di seguito si allegano integralmente gli studi idraulici relativi al Torrente Arno e al Torrente Sorgiorile compresi nello studio: «Adeguamento del Piano Regolatore Generale al P.A.I. "PIANO STRALCIO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO" Legge 18 maggio 1989, n. 183, art. 17, comma 6 ter.» adottato con delibera del C.C. n. 9 dell'11/02/2004. Tali studi sono utilizzati per la definizione delle fasce di rispetto ai sensi dell'art. 4.3 della D.G.R. 11 Dicembre 2001 – n. 7/7365, in deroga a quanto previsto dal R.D. 523/1904, all'interno del perimetro del centro edificato.

GLI ESTENSORI

Dott. Ing. Roberto Keffer



Dott. Ing. Emilio Aliverti



ALLEGATO:

STUDI IDRAULICI TORRENTI ARNO E SORGIORILE

Specifiche di calcolo del modello di moto permanente e risultati delle elaborazioni

INDICE

1	PREMESSA	32
2	DESCRIZIONE DELLA METODOLOGIE DI CALCOLO	32
2.1	CALCOLO DEL PROFILO DI CORRENTE	32
2.2	CALCOLO DEL PROFILO DI CORRENTE IN PRESENZA DI UN ATTRAVERSAMENTO	37
2.3	DEFLUSSO SOMMERSO	43
3	RISULTATI DELLE ELABORAZIONI DI CALCOLO	47

1 PREMESSA

Per il tracciamento dei profili di corrente si è utilizzato il codice di calcolo Hec-Ras, sviluppato dall'Hydrologic Engineering Center dell'U.S. Army Corps of Engineers, USA; il calcolo è stato svolto in condizioni di moto permanente.

2 DESCRIZIONE DELLA METODOLOGIE DI CALCOLO

2.1 Calcolo del profilo di corrente

L'equazione fondamentale per il tracciamento dei profili di corrente in moto permanente è rappresentata dall'equazione di bilancio dell'energia.

L'equazione di bilancio dell'energia (equazione 1) mette in relazione l'energia totale posseduta da una corrente in una generica sezione 2 disposta lungo l'alveo con l'energia totale di una sezione 1 disposta ad una distanza Δs a monte della precedente:

$$z_2 + y_2 + \alpha_2 \frac{v_2^2}{2g} = z_1 + y_1 + \alpha_1 \frac{v_1^2}{2g} + h_f + \text{perdite localizzate} \quad (1)$$

dove:

z = quota di fondo (m);

y = altezza idrica (m);

α = coefficiente di ragguaglio dell'energia cinetica;

v = velocità media di portata (m/s);

h_f = perdite di carico continue (m);

g = accelerazione di gravità = 9.81 m/s².

Le perdite di carico continue possono essere valutate mediante la classica formula di resistenza di Manning:

$$h_f = n^2 \cdot R^{-4/3} \cdot v^2 \cdot \Delta s \quad (2)$$

in cui R è il raggio idraulico e n è il coefficiente di resistenza Manning.

La linea del carico totale è la linea che unisce le quote del carico totale associate nelle diverse sezioni alla relativa altezza idrica.

I termini contenuti nell'equazione dell'energia sono esplicitati nella figura 1.

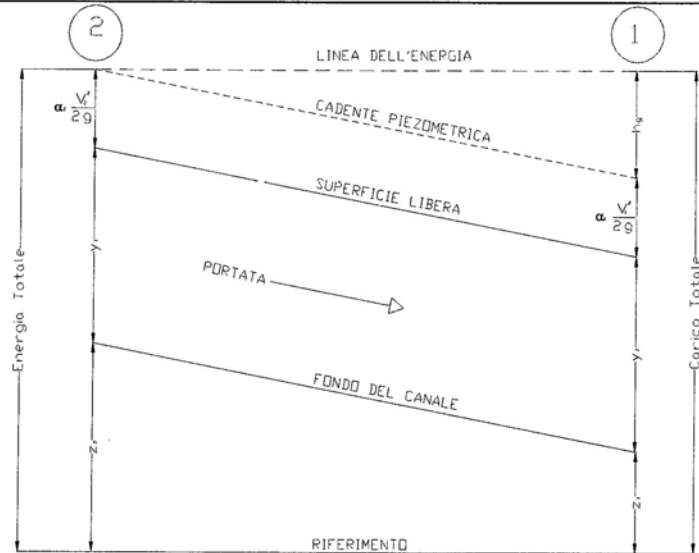


Figura 1. Elementi caratteristici dell'equazione dell'energia

In sintesi, i dati necessari per l'effettuazione dei calcoli richiedono, oltre alla conoscenza delle sezioni trasversali, le seguenti informazioni:

- distanza della sezione considerata da quella immediatamente a valle, misurata lungo l'asse dell'alveo ordinario;
- indicazione delle sponde nella sezione trasversale;
- eventuale presenza di argini, intesi a individuare la parte attiva del corso d'acqua;
- coefficiente di scabrezza di Manning "n" (tale valore può risultare variabile all'interno della sezione);
- coefficienti di contrazione e di espansione della vena liquida per il calcolo delle perdite di carico localizzate.

La presenza di un ponte sezione comporta l'inserimento di ulteriori informazioni, tra cui:

- riduzione della sezione bagnata per effetto delle spalle del ponte;
- descrizione geometrica del ponte, con individuazione delle quote di estradosso ed intradosso dell'impalcato;
- la presenza di eventuali pile, specificando per ciascuna pila l'interasse e gli spessori alle varie quote sotto l'impalcato.

La procedura di integrazione numerica per passi successivi dell'equazione (1) consente, una volta che sia nota l'altezza idrica in una sezione, di determinare l'altezza idrica in una sezione posta a valle, nel caso di correnti veloci, o di una sezione posta a monte, nel caso delle correnti lente.

La procedura è sinteticamente descritta nella tabella che segue.

Passo	Azione
1	Selezionare la portata da utilizzare
2	Determinare la sezione di partenza e stabilire l'altezza idrica iniziale y_1 e calcolare tutte le variabili relative alla sezione 1
3	Assumere un'altezza idrica y_2 nella sezione 2 ed utilizzare questo valore per calcolare le variabili relative alla sezione 2
4	Calcolare le perdite di carico continue (h_f) tra le due sezioni
5	Calcolare i coefficienti di ragguglio α_1 e α_2 dell'energia cinetica
6	Calcolare le perdite concentrate dovute ad eventuali espansioni e/o contrazioni
7	Controllare il bilancio nell'equazione dell'energia
8	Calcolare l'altezza critica e l'altezza di moto uniforme
9	Assegnare l'altezza calcolata e procedere con la sezione successiva 3, in maniera simile a quanto fatto per la sezione 2
10	Ripetere i passi da 2 a 9 passi fino a che tutte le sezioni siano state calcolate

Tabella 1: Descrizione schematica della procedura di integrazione numerica dell'equazione dell'energia (1)

Si procede di seguito alla descrizione dei singoli passi:

Passo 1: sulla base dello studio idrologico si seleziona la portata (o le portate) da utilizzare;

Passo 2: con riferimento alla figura 1, si determina l'altezza idrica iniziale. Nel caso di corrente lenta si parte dall'ultima sezione disposta a valle, nel caso di corrente veloce si parte dalla prima sezione a monte. Al fine di stabilire l'altezza idrica iniziale si utilizza una delle seguenti condizioni:

- altezza idrica misurata;
- scala di deflusso nota;
- condizione di moto uniforme;
- condizione di stato critico.

Una volta assegnata l'altezza idrica nella sezione 1 si calcolano le seguenti variabili:

$$V_1 = \frac{Q_1}{A_1} \quad h_1 = \frac{V_1^2}{2g}$$

dove:

Q = portata di calcolo (m^3/s).

A_1 = area della sezione (m^2);

V_1 = velocità media nella sezione (m/s);

g = accelerazione di gravità = $9.81 m/s^2$.

Passo 3: si assume un'altezza idrica y_2 nella sezione 2 e utilizzando y_2 si calcolano le seguenti variabili:

$$V_2 = \frac{Q_2}{A_2} \quad h_2 = \frac{V_2^2}{2g}$$

Passo 4: si calcolano le perdite di carico continue tra le due sezioni utilizzando le seguenti equazioni:

$$h_f = L \left(\frac{Q}{k_m} \right)^2 \quad (3)$$

$$k_m = \frac{k_1 + k_2}{2}; \quad k_1 = \frac{A_1 R_1^{2/3}}{n}; \quad k_2 = \frac{A_2 R_2^{2/3}}{n} \quad (4)$$

dove:

R = raggio idraulico (m);

L = distanza tra le sezioni (m).

Passo 5: si calcolano i coefficienti di ragguglio dell'energia cinetica ($\square 1$ e $\square 2$)

Passo 6: quando presenti, si calcolano le perdite di carico per espansione e per contrazione utilizzando le equazioni 5 e 6.

$$h_e = K_e \frac{\Delta V^2}{2g} \quad (5)$$

dove:

$K_e = 0.3$ per espansione graduale;

$K_e = 0.5$ per espansione brusca;

$$h_c = K_c \frac{\Delta V^2}{2g} \quad (6)$$

dove:

$K_c = 0.1$ per contrazione graduale;

$K_c = 0.3$ per contrazione brusca.

Passo 7: si verifica che sia soddisfatta l'equazione di bilancio dell'energia mediante le equazioni 7 e 8.

$$L = z_2 + y_2 + \alpha_2 \frac{v_2^2}{2g} \quad (7)$$

$$R = z_1 + y_1 + \alpha_1 \frac{v_1^2}{2g} + h_f + h_e + h_c \quad (8)$$

- se $L = R \pm \delta$, dove δ indica un prefissato valore di tolleranza accettabile, si può assumere che l'altezza idrica assunta per il calcolo sia corretta e si può procedere al passo successivo 8;
- se invece $L \neq R$, si ritorna al passo (3) assumendo un nuovo valore dell'altezza idrica y_2 .

Passo 8: si calcolano l'altezza critica y_c e l'altezza di moto uniforme y_u . L'altezza critica rappresenta il valore dell'altezza idrica in corrispondenza del minimo valore assunto dall'energia specifica per un assegnato valore della portata. Nel caso di una sezione di forma semplice l'altezza idrica è unica, nel caso di sezioni di forma geometrica più complessa, ad esempio a banchina, l'equazione del carico totale può presentare più minimi relativi.

Operativamente l'altezza critica viene determinata risolvendo iterativamente l'equazione 9:

$$\frac{Q^2}{g} = \frac{A_c^3}{L_c} \quad (9)$$

dove:

L_c = larghezza in superficie (m);

A_c = area della sezione (m^2).

L'altezza di moto uniforme viene calcolata risolvendo iterativamente la formula di resistenza di Manning.

- Se nel corso del calcolo di una corrente lenta (governata da valle) non viene determinata l'altezza y_2 o essa risulta inferiore a quella critica alla sezione 2 viene assegnata il valore dell'altezza critica y_c ;
- Se nel corso del calcolo di una corrente veloce (governata da monte) non viene determinata l'altezza y_2 o essa risulta superiore a quella critica alla sezione 2 viene assegnata il valore dall'altezza critica y_c .

Passo 9: una volta assegnata l'altezza idrica calcolata ai passi 7 o 8 si ripetono i passi da 2 a 8.

Passo 10: si ripetono tutti i passi da 1 a 9 fino a completare il calcolo in tutte le sezioni.

La presenza di eventuali sezioni nelle quali siano state assegnate condizioni di stato critico (passo 8) indicano la possibilità che siano presenti dei risalti idraulici. In tale caso il calcolo del profilo di corrente risulta più complesso. È ben noto, infatti, che per la risoluzione del risalto idraulico non si può utilizzare l'equazione dell'energia, bensì bisogna fare ricorso all'equazione globale ed in particolare alla determinazione della spinta totale. In tale condizione i passi della procedura di calcolo risultano i seguenti:

Passo 1: calcolo, a partire dalla sezione di valle, del profilo di corrente lenta come riportato nella descrizione della procedura standard. Nel corso del calcolo vengono determinate le spinte relative a tutte le sezioni e vengono evidenziate tutte le sezioni in cui si riparte da condizioni di stato critico.

Passo 2: calcolo, a partire dalla sezione di monte del profilo di corrente veloce con conseguente determinazione del valore della spinta:

- se la spinta della corrente veloce, governata da monte, risulta maggiore della spinta della corrispondente corrente lenta (passo 1), si assume che la corrente sia veloce ed il calcolo prosegue passando alla successiva sezione di valle;
- se la spinta della corrente lenta, governata da valle (passo 1), risulta maggiore della spinta della corrente veloce di monte si assume il valore della altezza idrica corrispondente alla corrente lenta e la procedura di calcolo prevede che si inizi un nuovo calcolo in corrente veloce a partire dalla prima sezione di valle nella quale, nel corso della calcolo in corrente lenta (passo 1), era stata fissata altezza critica.

Passo 3: a partire dalla nuova sezione in stato critico il calcolo procede verso valle fintanto che in ogni sezione la spinta della corrente veloce di monte risulta maggiore della spinta in corrente lenta. Quando il calcolo raggiunge una sezione in cui la spinta della corrente lenta risulta maggiore della spinta in corrente veloce si presume che tra la sezione data e la precedente si verifichi un risalto idraulico.

Passo 4: il calcolo procede verso valle passando alla successiva sezione di valle nella quale si è stabilita, nel corso del passo 1, una condizione di stato critico, e ripetendo la procedura indicata al passo 2.

Passo 5: si reitera il passo 4 fino al completamento di tutte le sezioni nelle quali è stato riportata una condizione di stato critico.

2.2 Calcolo del profilo di corrente in presenza di un attraversamento

La presenza di un attraversamento comporta in generale la riduzione della sezione idrica disponibile per il deflusso della portata. L'influenza di un restringimento della sezione sul profilo di corrente nel corso d'acqua dipende dalle caratteristiche geometriche dell'attraversamento stesso ed in particolare dalla larghezza e dall'altezza della sezione lasciata libera per il deflusso della portata.

Nel seguito vengono brevemente illustrati gli aspetti relativi alla valutazione degli effetti della presenza di un ponte sul profilo di corrente. La figura 2 mostra una vista planimetrica dell'area di inserimento di un ponte. Si possono riconoscere tre zone:

- zona 1 (a valle);
- zona 2 (in corrispondenza del ponte);
- zona 3 (a monte).

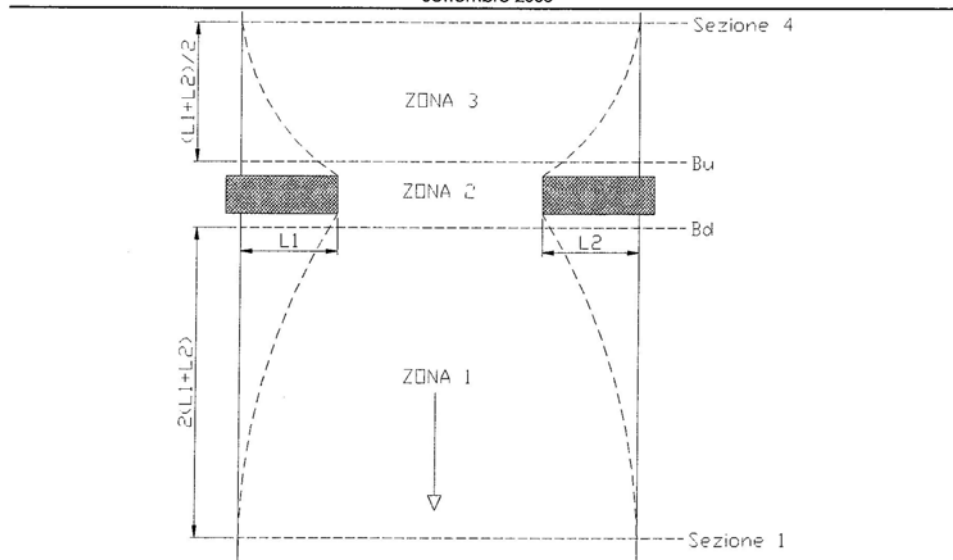


Figura 2. Diverse zone di flusso in corrispondenza di un ponte

La sezione 4 in figura 2 (talvolta indicata come sezione di approccio) rappresenta la geometria della sezione nella quale inizia il fenomeno di contrazione.

Le sezioni Bu e Bd, disposte immediatamente a monte ed a valle del ponte, rappresentano le sezioni geometriche che approssimano l'andamento della sezione ristretta in prossimità del ponte stesso.

La sezione 1 (talvolta indicata come sezione di uscita) rappresenta la geometria della corrente al termine della zona di espansione.

La zona 3 rappresenta la zona, posta a monte del ponte, all'interno della quale avviene il fenomeno di contrazione. In assenza di altre indicazioni si può assumere una distanza pari alla larghezza della sezione indisturbata diminuita della larghezza del ponte.

La zona 2 rappresenta l'area in prossimità del ponte, in questa sezione si generano notevoli perdite di carico concentrate.

La zona 1 rappresenta la zona posta a valle del ponte nella quale avviene il fenomeno di espansione della corrente. L'estensione di tale zona dipende dalla portata e dal rapporto relativo tra sezione ristretta del ponte e sezione dell'alveo, in assenza di altre indicazioni si può fare riferimento ad un valore di massima pari a 4 volte la larghezza della sezione indisturbata diminuita della larghezza del ponte.

Quando presente, il sopralzo del livello idrico, indotto dalla presenza di un ponte, risulta massimo nella sezione 4. È in ogni caso consigliabile proseguire il tracciamento del profilo di corrente a monte del ponte stesso fino a che la superficie idrica risulta praticamente coincidente con quella ottenuta in condizione di assenza del ponte.

Per quanto riguarda le condizioni idrauliche nella sezione di inserimento del ponte, in via del tutto generale, si possono individuare due condizioni di deflusso:

- deflusso libero;
- deflusso sommerso.

Il regime deflusso libero descrive la condizione idraulica per la quale la superficie idrica nelle zone 1, 2 e 3 è sempre in contatto con l'atmosfera, in altri termini il profilo idrico si trova tutto al di sotto dell'intradosso del ponte.

I possibili profili di corrente in condizioni di deflusso libero sono riportati nella tabella seguente:

Tipo di profilo	Descrizione
I	Corrente lenta in tutte le zone 1, 2 e 3
II A	Corrente lenta nelle zone 1 e 3, condizioni di stato critico nella zona 2
II B	Corrente lenta nella zona 3, condizioni di stato critico nella zona 2, risalto idraulico nella zona 1
III	Corrente veloce in tutte le zone 1, 2 e 3

La condizione di deflusso sommerso si riferisce al caso in cui la corrente interagisce con la sovrastruttura del ponte, in tale condizione, all'aumentare del livello idrico, possono identificarsi i seguenti casi:

- livello idrico a monte del ponte più elevato della quota di intradosso del ponte, ma nel contempo l'intradosso del ponte stesso non risulta completamente a contatto con la superficie idrica. In tale condizione l'efflusso è schematizzabile come un efflusso al di sotto di una paratoia;
- livello idrico a monte del ponte più elevato della quota di intradosso del ponte ed intradosso del ponte completamente a contatto con la superficie idrica, in tale condizione il deflusso può assimilarsi a quello di un efflusso da una luce a battente;
- livello idrico a monte del ponte più elevato della quota di estradosso del ponte stesso con acqua che defluisce attraverso la luce del ponte ed al di sopra del piano stradale, in tale caso:
 1. se il tirante idrico al di sopra del piano stradale è limitato, l'altezza idrica a monte del ponte può essere valutata sommando i contributi relativi all'efflusso sotto battente, attraverso la luce del ponte, ed alla condizione di efflusso su una soglia al di sopra del piano stradale;
 2. se l'altezza idrica sul piano stradale eccede l'altezza critica la simulazione come luce a battente risulta inadeguata ed il calcolo può essere effettuato utilizzando l'equazione dell'energia o l'equazione globale all'interno delle quali la presenza del ponte è introdotta attraverso una semplice riduzione della sezione geometrica effettiva ed un incremento del perimetro bagnato.

Per quanto riguarda la procedura da utilizzare per il calcolo del profilo di corrente in prossimità di un ponte sono applicabili 2 approcci:

- equazione di bilancio dell'energia (procedura standard) da applicarsi se il ponte rappresenta un'effettiva contrazione rispetto alla sezione naturale e l'effetto delle pile è inesistente o trascurabile;
- equazione di bilancio della quantità di moto (equazione globale), da applicarsi se la corrente è veloce e la resistenza esercitata dalle pile è significativa.

Il ricorso all'equazione dell'energia richiama gli aspetti già descritti della procedura standard illustrata precedentemente; alcuni aspetti specifici vengono sommariamente descritti di seguito.

La figura 3 mostra la posizione delle sezioni prossime al ponte da considerare per il calcolo del profilo di corrente; Bd e Bu si riferiscono alla geometria del ponte rispettivamente nella parte a valle ed a monte del ponte.

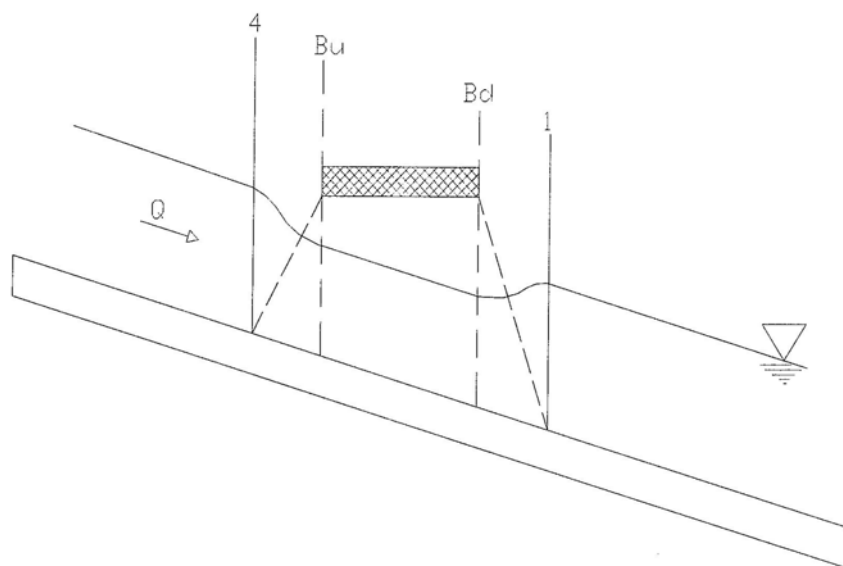


Figura 3: sezione longitudinale con indicazione delle sezioni utilizzate per il calcolo del profilo di corrente in corrispondenza di un ponte

Procedura standard	
Passo	Azione
1	Risolvere l'equazione dell'energia tra la sezione 1 e la sezione Bd immediatamente a valle del ponte.
2	Procedere nel calcolo passando alla sezione Bu disposta a monte del ponte.
3	Includere, in maniera approssimata l'effetto delle pile e dell'interazione con le spalle.
4	Proseguire con il calcolo valutando l'altezza idrica nella sezione 4.
5	Continuare il tracciamento del profilo di corrente verso monte a partire dalla sezione 4.

Passo 1: si risolve l'equazione dell'energia tra la sezione 1 e la sezione disposta a valle del ponte (Bd). Si utilizza l'altezza idrica nella sezione 1 calcolata dal calcolo generale del profilo di corrente.

Passo 2: si procede verso monte sovrapponendo la sezione del ponte sulle sezioni naturali.

Passo 3: si include l'effetto di eventuali pile riducendo l'area della sezione ed incrementando il perimetro bagnato.

Passo 4: si include l'eventuale flusso al di sopra del ponte e si procede al calcolo dell'altezza idrica nella sezione a monte del ponte (Bu) e da questa alla sezione 4.

Passo 5: come descritto precedentemente si prosegue il calcolo verso monte.

L'approccio basato sull'equazione globale calcola il profilo di corrente nella zona 2 della figura 2 bilanciando le forze agenti su tre tronchi di corrente:

- tra la sezione 1 e la sezione a valle del ponte (Bd);
- tra la sezione a valle del ponte (Bd) e la sezione a monte del ponte (Bu);
- tra la sezione a monte del ponte (Bu) e la sezione 4.

Nell'ipotesi di distribuzione idrostatica della pressione, le forze agenti su un volume di controllo compreso tra due sezioni 1 e 2 sono espresse dalla relazione (10):

$$F_{p1} + F_{m1} = F_{p2} + F_{m2} + F_f + F_d - F_w \quad (10)$$

dove:

F_{p1}, F_{p2} = forze dovute alla pressione idrostatica;

F_m = quantità di moto;

F_f = forze dovute all'attrito sulle pareti;

F_d = forze resistenti dovute alla presenza di ostacoli;

F_w = componente della forza peso nella direzione del moto.

La procedura numerica di bilanciamento dell'equazione globale avviene attraverso i seguenti passi:

Passo	Azione
1	Determinare i valori di velocità ed altezza idrica nella sezione 1.
2	Determinare i valori di velocità ed altezza idrica nella sezione Bd.
3	Determinare il coefficiente di ragguaglio della quantità di moto
4	Determinare i valori di velocità ed altezza idrica nella sezione Bu.
5	Determinare la quantità di moto tra la sezione di monte (Bu) e la sezione 4.
6	Completare il calcolo del profilo a partire dalla sezione 4.

Di seguito i passi vengono meglio illustrati:

Passo 1: nel caso di corrente lenta si determinano, dalla risoluzione dell'equazione del profilo idrico, l'altezza idrica e la velocità nella sezione 1.

Passo 2: si calcolano, attraverso successive iterazioni dell'equazione (11), l'altezza idrica e la velocità nella sezione Bd:

$$A_{Bd} \bar{y}_{Bd} + \beta_{Bd} \frac{Q^2}{g A_{Bd}} = A_1 \bar{y}_1 - A_{pd} \bar{y}_{pd} + \frac{Q^2}{g A_{Bd}} + \left(\frac{A_1 + A_{Bd}}{2} \right) L S_f - \left(\frac{A_1 + A_{Bd}}{2} \right) L S_0 \quad (11)$$

dove:

- il pedice 1 si riferisce alla sezione 1 ed il pedice Bd alla sezione immediatamente a valle del ponte;

Q = portata (m³/s);

A_1 = area della sezione 1 (m²);

A_{pd} = area ostruita dalle pile (m²);

S_f = cadente piezometrica (m/m);

g = accelerazione di gravità (m/s²);

S_o = pendenza dell'alveo (m/m);

β = coefficiente di ragguglio della quantità di moto.

Passo 3: si determina il coefficiente di ragguglio delle quantità di moto.

Passo 4: a partire dall'altezza idrica nella sezione Bd si ripete la procedura del passo 2 per calcolare l'altezza idrica e la velocità nella sezione Bu utilizzando l'equazione:

$$A_{Bu} \bar{y}_{Bu} + \beta_{Bu} \frac{Q^2}{g A_{Bu}} = A_{Bd} \bar{y}_{Bd} + \frac{Q^2}{g A_{Bd}} + \left(\frac{A_{Bd} + A_{Bu}}{2} \right) L S_f - \left(\frac{A_{Bd} + A_{Bu}}{2} \right) L S_o \quad (12)$$

Passo 5: si applica l'equazione (13) di bilancio della quantità di moto tra la sezione Bu e la sezione 4. Valori di riferimento per il calcolo della forza di drag esercitata dalla pile sono riportati nella tabella seguente

$$A_4 \bar{y}_4 + \beta_4 \frac{Q^2}{g A_4} = A_{Bu} \bar{y}_{Bu} - A_{pu} \bar{y}_{pu} + \frac{Q^2}{g A_{Bu}} + \left(\frac{A_{Bu} + A_4}{2} \right) L S_f - \left(\frac{A_{Bu} + A_4}{2} \right) L S_o + \frac{C_d + A_{pu}}{2g A_4} \quad (13)$$

dove:

- il pedice 4 si riferisce alla sezione 4;

A_{pu} = area ostruita dalle pile;

C_d = coefficiente di drag delle pile.

Valori tipici del coefficiente di drag

Tipo di pila	Coefficiente di drag, C_d
Circolare	1.20
Allungato con estremità semicircolare	1.33
Ellittica (2:1 rapporto di forma)	0.60
Ellittica (4:1 rapporto di forma)	0.32
Ellittica (8:1 rapporto di forma)	0.29
Forma squadrata	2.00
Triangolare (30 vertice)	1.00
Triangolare (60 vertice)	1.39
Triangolare (90 vertice)	1.60
Triangolare (120 vertice)	1.72

Passo 6: come già illustrato si procede al calcolo della restante parte di profilo a partire dalla sezione 4.

2.3 Deflusso sommerso

La figura 4 mostra la condizioni di deflusso sommerso, nella quale la superficie idrica tocca, nella sezione di monte, l'estradosso del ponte, ma l'intradosso del ponte non è completamente a contatto con la superficie idrica. Una condizione di flusso di questo tipo può essere simulata come un efflusso al di sotto di una paratoia utilizzando l'equazione (14).

$$Q = C A_b \left[2g \left(y_{Bu} - \frac{D_b}{2} + \frac{\alpha_{Bu} v_{Bu}^2}{2g} \right) \right]^{0.5} \quad (14)$$

dove:

Q = portata (m^3/s);

C = coefficiente di efflusso (valore suggerito 0.5);

A_b = area netta al di sotto del ponte (m^2);

y_{Bu} = altezza idrica nella sezione Bu (m);

D_b = altezza dell'intradosso del ponte valutata rispetto al fondo dell'alveo (m).

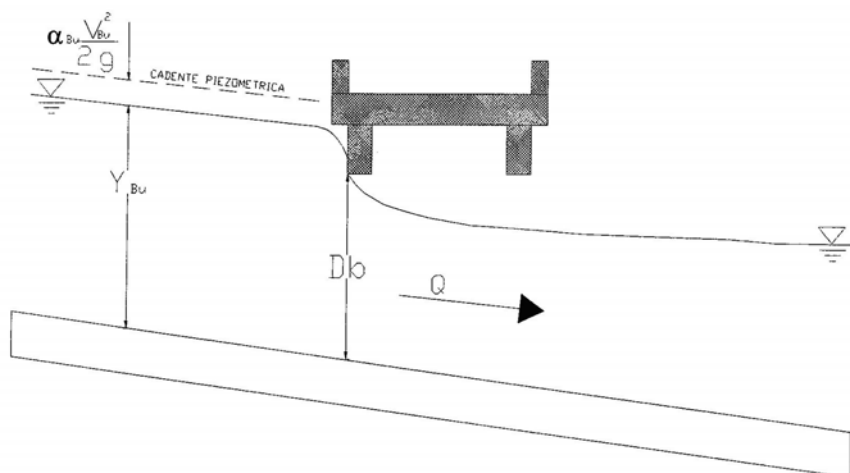


Figura 4: Funzionamento a paratoia

La procedura iterativa consiste nell'assumere valori dell'altezza idrica nella sezione Bu (y_{Bu}) fino a che il valore della portata calcolata con la (14) non risulta uguale, con una ragionevole tolleranza, alla portata di calcolo.

La Figura 5 mostra il caso di un ponte nel quale l'altezza idrica a monte del ponte stesso risulta inferiore alla quota di estradosso. Una situazione del genere è schematizzabile come un efflusso attraverso una luce utilizzando l'equazione (15).

$$Q = C_\mu A_b [2gH]^{0.5} \quad (15)$$

dove:

C_μ = coefficiente di efflusso (0.8 valore tipico);

H = differenza tra il carico totale nella sezione Bu e l'altezza idrica nella sezione Bd;

$$H = y_{Bu} + \alpha_{Bu} \frac{v_{Bu}^2}{2g} - y_{Bd} \quad (16)$$

α_{Bu} = coefficiente di ragguglio dell'energia cinetica;

$$C_d = 0.104 \frac{L_c}{b} + 0.7145$$

L_c = larghezza del ponte (m).

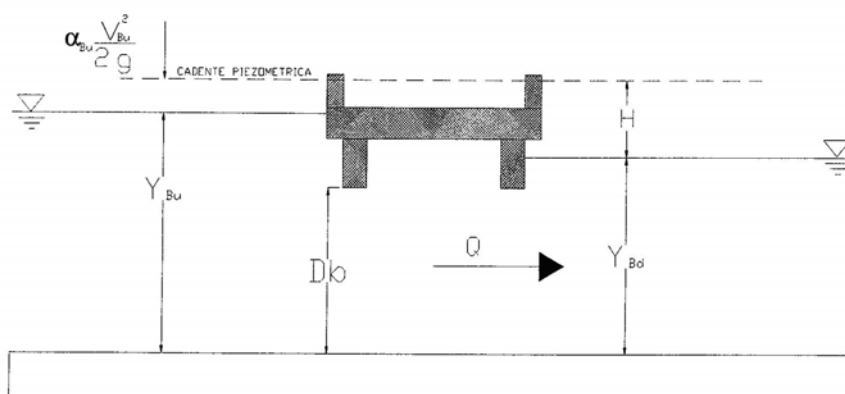


Figura 5. Funzionamento a battente

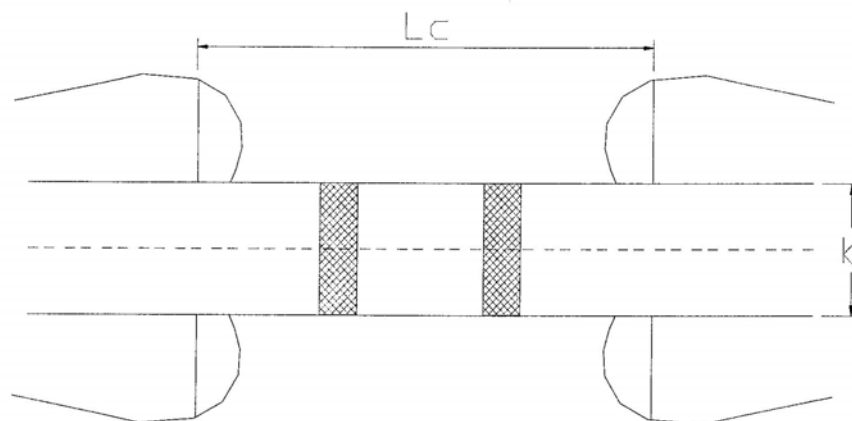


Figura 6. Dimensioni del ponte per il calcolo in pressione

La procedura di calcolo richiede di assumere un'altezza idrica nella sezione B_u (v_{Bu}) fino a che la portata calcolata con la (15) non risulta uguale, con una ragionevole tolleranza, alla portata di calcolo.

Nel caso il ponte risulti sormontato (figura 7) si possono verificare due condizioni di deflusso.

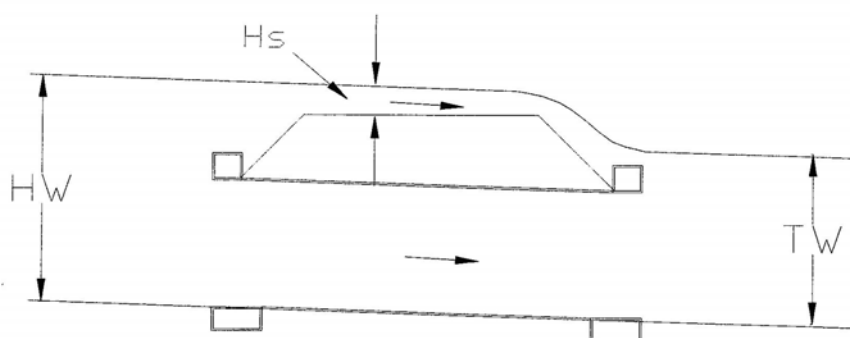


Figura 7. Schema per il calcolo di ponte sormontato.

A seconda dei livelli idrici a monte ed a valle valgono i seguenti schemi:
se altezza d'acqua sul ponte è inferiore all'altezza critica, l'altezza idrica a monte del ponte può essere calcolata considerando le due aliquote: una prima, relativa al flusso in pressione al disotto del ponte, calcolata con l'equazione (15) ed una seconda relativa al flusso al di sopra del piano stradale. La prima aliquota è calcolabile secondo gli schemi in pressione descritti precedentemente, mentre la

porzione di portata che defluisce al di sopra del ponte può essere calcolata utilizzando l'equazione (17):

$$Q = CL[H_h]^{1.5} \quad (17)$$

dove:

Q = portata (m^3/s);

C = coefficiente di efflusso (valore suggerito 1.66);

L = larghezza della soglia (m);

H_h = tirante idrico sulla soglia valutato come differenza tra l'altezza idrica a monte del ponte e la quota del piano stradale;

a mano a mano che l'altezza idrica al di sopra del ponte aumenta, la percentuale della portata che defluisce al di sotto del ponte diminuisce progressivamente e le condizioni di deflusso tendono verso quelle di una corrente a superficie libera in cui la presenza del ponte è assimilabile ad una riduzione di sezione idrica ed una perdita di carico localizzata aggiuntiva. In tale caso la procedura di integrazione ritorna allo schema standard.

3 RISULTATI DELLE ELABORAZIONI DI CALCOLO

Di seguito si riportano i risultati delle simulazioni monodimensionali. Nella tabelle seguenti sono riportati, per ciascuna sezione di calcolo, i seguenti dati caratteristici, sia per il Torrente Arno che per il torrente Riale:

- il numero della sezione;
- la portata [m^3/s]
- la quota di fondo alveo [m s.l.m.m.];
- la quota del pelo libero [m s.l.m.m.];
- la quota dell'altezza critica [m s.l.m.m.];
- la velocità media della corrente [m/s];
- l'area di flusso [m^2]
- larghezza in sommità [m]
- il numero di Froude.

Si allegano infine anche gli schemi grafici delle sezioni trasversali con l'indicazione dei relativi livelli idrici.

River	Reach	River Sta	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
sorgiorile	UN0	36	10.00	263.78	264.70	264.70	265.05	0.002879	2.60	3.85	5.67	1.01
sorgiorile	UN0	35	10.00	262.19	263.19	263.19	263.53	0.002901	2.58	3.87	5.85	1.01
sorgiorile	UN0	34	10.00	261.65	262.40	262.40	262.56	0.001717	1.88	6.43	19.84	0.78
sorgiorile	UN0	33	10.00	260.15	261.21	261.21	261.41	0.001699	2.14	5.61	12.86	0.78
sorgiorile	UN0	32	10.00	259.18	259.99	259.92	260.13	0.003680	1.83	6.40	12.50	0.65
sorgiorile	UN0	31	10.00	258.18	259.15	259.15	259.46	0.007814	2.49	4.02	6.44	1.00
sorgiorile	UN0	30	10.00	257.22	258.99	258.23	259.05	0.000665	1.10	11.16	17.27	0.30
sorgiorile	UN0	29.8	Culvert									
sorgiorile	UN0	29.5	10.00	256.94	258.72	257.95	258.77	0.000659	1.09	11.20	17.27	0.30
sorgiorile	UN0	29	10.00	256.77	258.58	258.09	258.70	0.000884	1.72	8.41	15.29	0.42
sorgiorile	UN0	28.8	Bridge									
sorgiorile	UN0	28.5	10.00	256.77	258.09	258.09	258.61	0.004762	3.20	3.26	4.56	0.91
sorgiorile	UN0	28	10.00	256.31	258.09	257.41	258.18	0.001490	1.48	8.18	11.51	0.36
sorgiorile	UN0	27.7	Bridge									
sorgiorile	UN0	27.5	10.00	256.31	257.41	257.41	257.96	0.008607	3.26	3.07	2.83	1.00
sorgiorile	UN0	27	10.00	256.26	256.73	256.21	256.83	0.000882	1.38	7.33	10.20	0.44
sorgiorile	UN0	26	10.00	254.50	256.03	255.93	256.59	0.008949	3.33	3.00	2.12	0.89
sorgiorile	UN0	25.8	Bridge									
sorgiorile	UN0	25.5	10.00	253.85	255.28	255.28	255.93	0.010706	3.58	2.79	2.12	1.00
sorgiorile	UN0	25	10.00	253.74	254.97	254.77	255.30	0.004481	2.55	3.92	3.43	0.76
sorgiorile	UN0	24.8	Bridge									
sorgiorile	UN0	24.5	10.00	253.74	254.77	254.77	255.25	0.007581	3.07	3.26	3.43	1.01
sorgiorile	UN0	24	10.00	252.65	254.33	253.73	254.50	0.000843	1.80	5.58	3.81	0.47
sorgiorile	UN0	23.8	Bridge									
sorgiorile	UN0	23	10.00	252.30	253.48	253.48	254.05	0.008906	3.35	2.99	2.64	1.00
sorgiorile	UN0	22	10.00	251.62	253.39	252.87	253.48	0.001187	1.59	8.74	18.12	0.39
sorgiorile	UN0	21.8	Bridge									
sorgiorile	UN0	21.5	10.00	251.62	253.27	252.87	253.45	0.002167	2.05	6.65	18.12	0.52
sorgiorile	UN0	21	10.00	251.12	253.10	252.87	253.19	0.001548	1.50	7.72	10.26	0.35
sorgiorile	UN0	20.8	Bridge									
sorgiorile	UN0	20.5	10.00	251.12	252.87	252.87	253.09	0.004260	2.29	5.35	10.26	0.56
sorgiorile	UN0	20	10.00	250.73	251.91		252.05	0.002684	1.77	6.42	10.59	0.61
sorgiorile	UN0	19	10.00	249.86	251.08	251.08	251.51	0.008791	2.97	3.47	4.14	1.03
sorgiorile	UN0	18	10.00	249.18	250.34	250.19	250.58	0.004609	2.14	4.66	5.73	0.76
sorgiorile	UN0	17	10.00	248.30	250.05	249.93	250.14	0.001556	1.54	8.41	16.57	0.38

HEC-RAS Plan: a+smonte Profile: PF 1 (Continued)

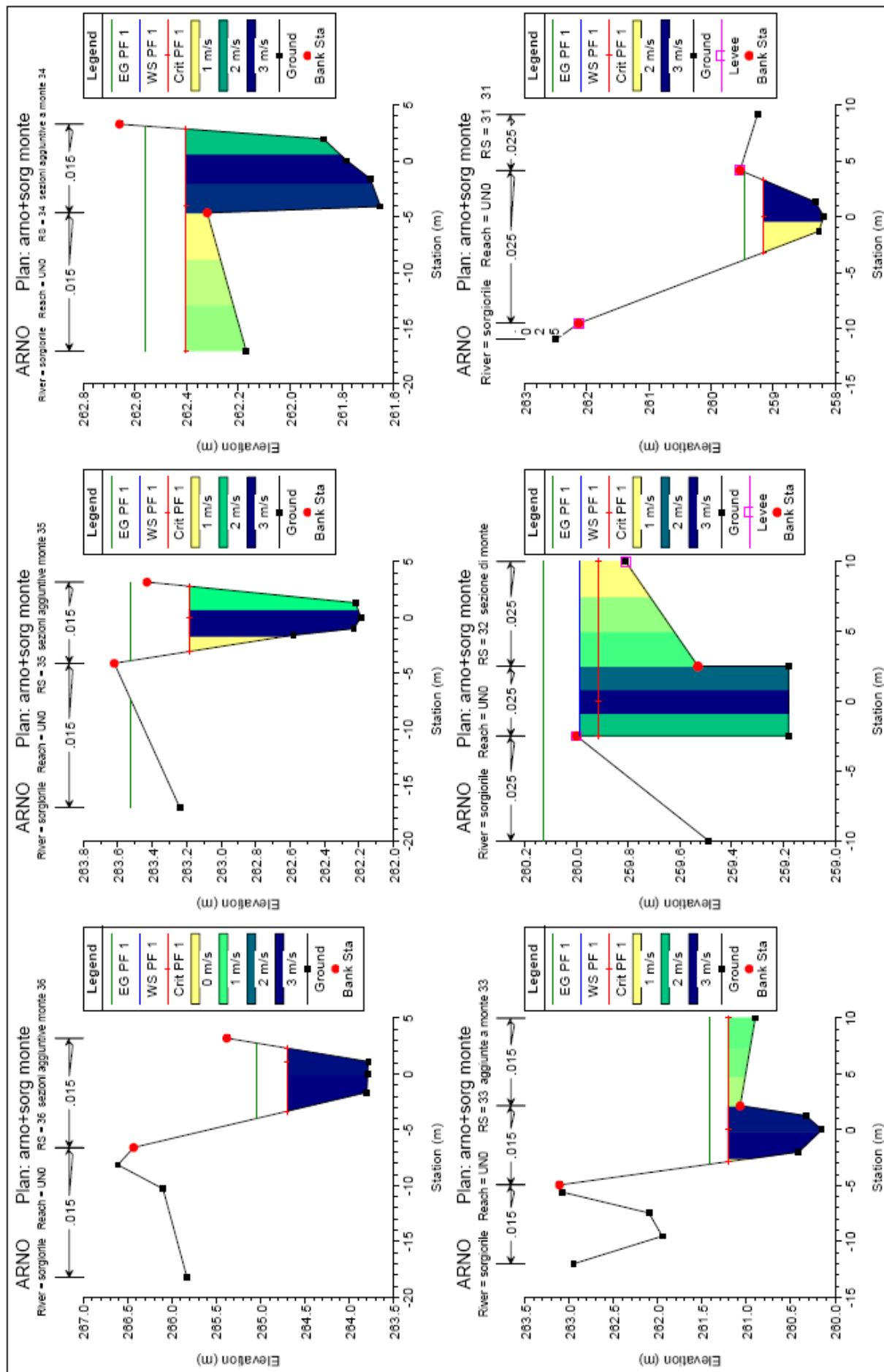
River	Reach	River Sta	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
sorgiorile		16.8	Bridge									
sorgiorile	UN0	16.5	10.00	248.30	249.95	249.95	250.10	0.002929	2.05	6.63	16.57	0.53
sorgiorile	UN0	16	10.00	247.96	249.50	249.01	249.71	0.003537	2.05	4.88	3.37	0.54
sorgiorile	UN0	15.5	Bridge									
sorgiorile	UN0	15	10.00	247.67	249.54		249.64	0.000794	1.40	7.44	4.50	0.34
sorgiorile	UN0	14	10.00	247.61	248.91	248.91	249.51	0.014004	3.45	2.90	2.38	1.00
sorgiorile	UN0	13	10.00	247.42	248.74		248.93	0.003067	1.94	5.28	7.86	0.62
sorgiorile	UN0	12	10.00	247.12	248.45	248.13	248.71	0.004810	2.28	4.38	3.50	0.65
sorgiorile	UN0	11.8	Bridge									
sorgiorile	UN0	11.5	10.00	247.12	248.13	248.13	248.61	0.010858	3.05	3.28	3.50	1.01
sorgiorile	UN0	11	10.00	246.53	247.54	247.07	247.57	0.000421	0.81	12.32	14.90	0.26
sorgiorile	UN0	10.8	Bridge									
sorgiorile	UN0	10.5	10.00	246.53	247.07	247.07	247.25	0.006096	2.02	5.38	14.90	0.89
sorgiorile	UN0	10	10.00	245.19	246.34	246.16	246.58	0.003843	2.17	4.61	5.35	0.75
sorgiorile	UN0	9	10.00	244.22	245.87	245.35	246.12	0.002873	2.23	4.49	2.80	0.56
sorgiorile	UN0	8.5	Bridge									
sorgiorile	UN0	8	10.00	244.19	245.34	245.34	245.90	0.008359	3.32	3.02	2.68	1.00
sorgiorile	UN0	7	10.00	243.12	244.32	244.21	244.58	0.005146	2.24	4.47	5.88	0.82
sorgiorile	UN0	6	10.00	242.31	244.29	243.46	244.36	0.000953	1.27	9.14	12.44	0.30
sorgiorile	UN0	5.8	Bridge									
sorgiorile	UN0	5.5	10.00	242.31	244.20		244.29	0.001275	1.42	8.11	11.48	0.35
sorgiorile	UN0	5	10.00	242.22	244.15	243.53	244.27	0.001267	1.63	7.72	12.25	0.41
sorgiorile	UN0	4.8	Bridge									
sorgiorile	UN0	4.5	10.00	242.22	243.98	243.53	244.19	0.002502	2.12	5.62	11.29	0.56
sorgiorile	UN0	4	10.00	242.20	243.86	243.36	244.01	0.001682	1.68	5.95	5.34	0.51
sorgiorile	UN0	3	10.00	241.55	243.16	243.16	243.85	0.005672	3.79	3.01	2.34	1.00
sorgiorile	UN0	2	10.00	241.42	243.11	242.65	243.44	0.002346	2.53	3.96	2.34	0.62
sorgiorile	UN0	1.8	Bridge									
sorgiorile	UN0	1.5	10.00	241.42	243.07		243.41	0.002484	2.58	3.87	2.34	0.64
sorgiorile	UN0	1	10.00	241.00	243.18	242.25	243.28	0.000508	1.46	7.22	4.53	0.32
sorgiorile	UN0	0.2	Culvert									
sorgiorile	UN0	0	10.00	237.49	238.95	238.95	239.69	0.007090	3.80	2.63	1.80	1.00
ARNO	UNICO	-73	25.00	249.40	251.26	251.03	251.68	0.009058	2.85	8.76	6.55	0.79
ARNO	UNICO	-74	25.00	248.77	250.94	250.59	251.24	0.003348	2.45	10.21	8.04	0.69
ARNO	UNICO	-74.1	Bridge									

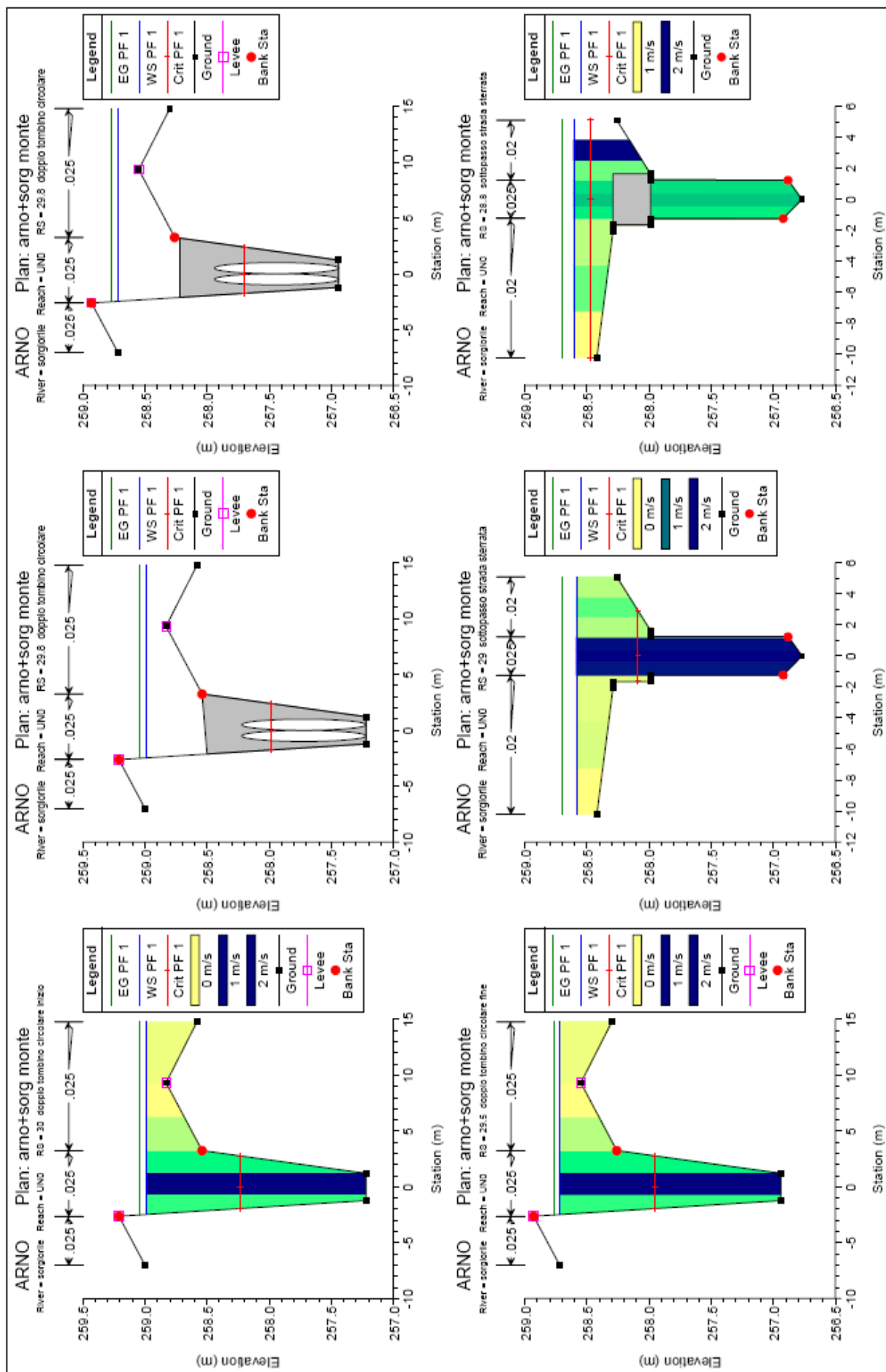
River	Reach	River Sta	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
ARNO	UNICO	-74.5	25.00	248.77	250.85	250.59	251.20	0.007972	2.63	9.49	7.76	0.76
ARNO	UNICO	-75	25.00	245.89	247.64	247.07	247.74	0.002157	1.40	17.92	17.43	0.44
ARNO	UNICO	-76	33.04	244.92	246.23	246.23	246.72	0.006804	3.12	10.58	10.78	1.01
ARNO	UNICO	-77	33.04	240.77	242.47	242.13	242.85	0.003833	2.71	12.19	7.73	0.69
ARNO	UNICO	-77.1	Bridge									
ARNO	UNICO	-77.5	33.04	240.77	242.33	242.13	242.79	0.005041	2.97	11.11	7.73	0.79
ARNO	UNICO	-78	33.04	240.04	241.77	241.50	242.13	0.002634	2.76	13.33	10.61	0.70
ARNO	UNICO	-79	33.04	239.86	241.56	241.22	241.94	0.002556	2.74	12.22	7.86	0.70
ARNO	UNICO	-79.5	33.04	239.86	241.22	241.22	241.83	0.008107	3.46	9.55	7.82	1.00
ARNO	UNICO	-80	33.04	239.03	241.21		241.44	0.001561	2.25	16.63	10.83	0.49
ARNO	UNICO	-81	36.75	238.83	240.75	240.42	241.20	0.003093	3.00	12.26	7.13	0.73
ARNO	UNICO	-81.1	Bridge									
ARNO	UNICO	-81.5	36.75	238.83	240.62		241.15	0.003833	3.23	11.39	7.13	0.82
ARNO	UNICO	-82	36.75	237.77	240.74	239.78	240.99	0.001454	2.24	16.44	6.95	0.46
ARNO	UNICO	-82.1	Bridge									
ARNO	UNICO	-82.5	36.75	237.77	240.68		240.95	0.001924	2.28	16.08	6.96	0.48
ARNO	UNICO	-83	36.75	238.19	240.39	240.06	240.84	0.002987	2.97	12.37	7.29	0.73
ARNO	UNICO	-83.1	Bridge									
ARNO	UNICO	-83.5	36.75	238.19	240.28	240.06	240.79	0.003682	3.16	11.62	7.30	0.80
ARNO	UNICO	-83.8	36.75	237.98	239.86	239.46	240.29	0.002712	2.90	12.71	7.66	0.69
ARNO	UNICO	-83.9	Bridge									
ARNO	UNICO	-84	36.75	237.98	239.74	239.46	240.24	0.001790	3.11	11.82	7.27	0.77
ARNO	UNICO	-85	36.75	237.64	239.59	238.97	239.86	0.002209	2.29	16.04	9.04	0.55
ARNO	UNICO	-86	36.75	237.36	239.53	238.47	239.63	0.000582	1.37	27.17	15.89	0.33
ARNO	UNICO	-86.1	Bridge									
ARNO	UNICO	-86.5	36.75	237.36	239.47		239.58	0.000645	1.42	26.23	15.71	0.34
ARNO	UNICOvalle	-87	53.84	236.84	238.95	238.56	239.44	0.003745	3.10	17.35	8.98	0.71
ARNO	UNICOvalle	-87.1	Bridge									
ARNO	UNICOvalle	-87.5	53.84	236.84	238.56	238.56	239.33	0.007274	3.89	13.84	8.98	1.00
ARNO	UNICOvalle	-88	53.84	235.94	238.27	237.59	238.65	0.001991	2.73	19.89	8.98	0.58
ARNO	UNICOvalle	-88.1	Bridge									
ARNO	UNICOvalle	-88.5	53.84	235.94	238.19		238.60	0.002206	2.82	19.23	8.97	0.61
ARNO	UNICOvalle	-89	53.84	235.67	237.84		238.35	0.004106	3.16	17.05	9.50	0.75
ARNO	UNICOvalle	-90	53.84	235.28	237.71	237.22	238.04	0.002434	2.57	20.92	12.32	0.63
ARNO	UNICOvalle	-90.1	Bridge									

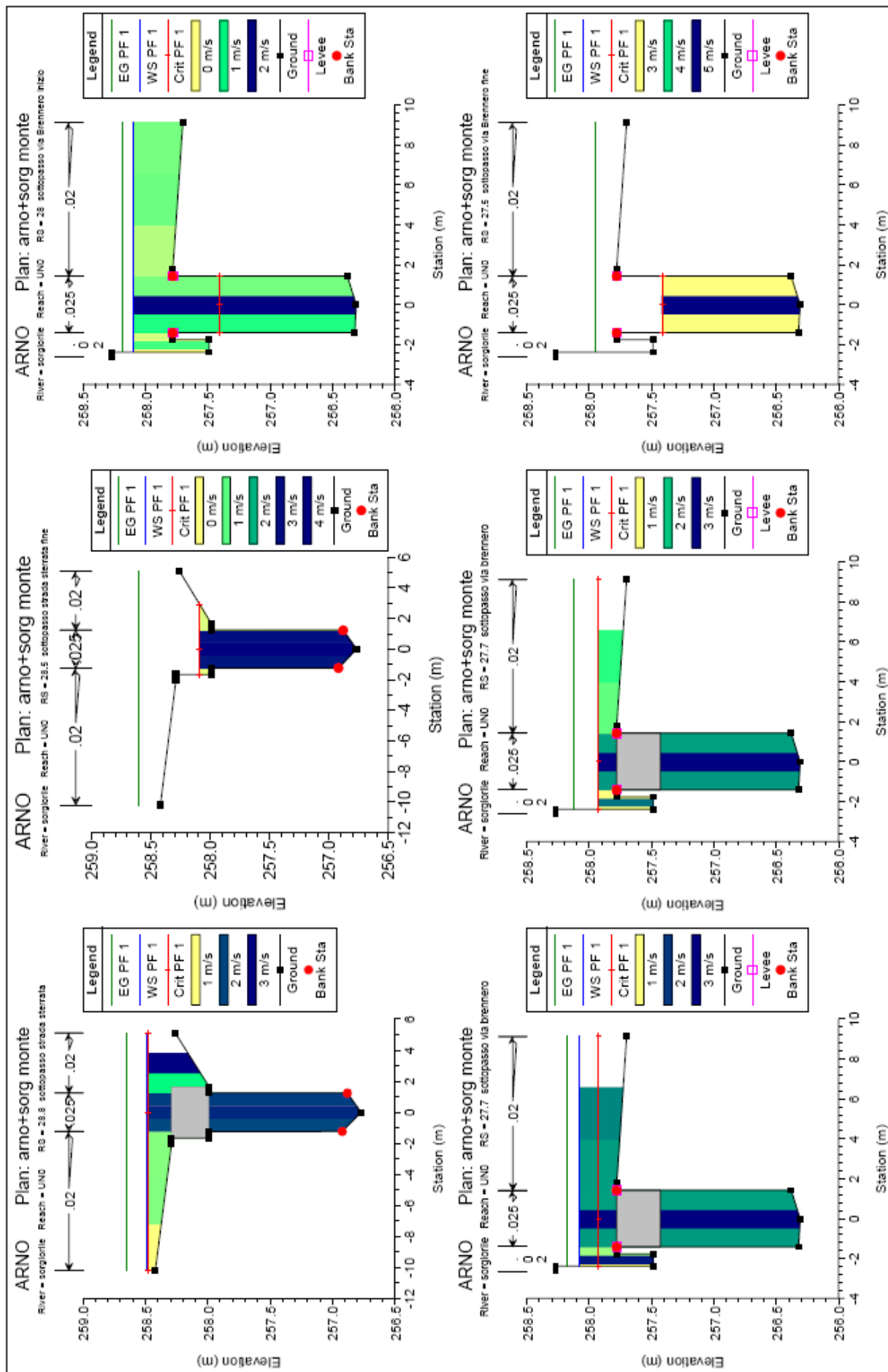
River	Reach	River Sta	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
ARNO	UNICOvalle	-90.5	53.84	235.28	237.66		238.02	0.002653	2.65	20.33	12.32	0.66
ARNO	UNICOvalle	-91	53.84	235.21	237.33	236.82	237.69	0.002584	2.67	20.18	10.88	0.63
ARNO	UNICOvalle	-91.1	Bridge									
ARNO	UNICOvalle	-91.5	53.84	235.21	236.82	236.82	237.51	0.006742	3.68	14.63	10.62	1.00
ARNO	UNICOvalle	-92	53.84	234.25	236.55	235.57	236.74	0.000856	1.98	27.25	12.28	0.42
ARNO	UNICOvalle	-92.1	Bridge									
ARNO	UNICOvalle	-92.5	53.84	234.25	236.52		236.72	0.000889	2.00	26.90	12.27	0.43
ARNO	UNICOvalle	-93	53.84	233.86	236.42		236.65	0.001448	2.13	25.47	11.85	0.45
ARNO	UNICOvalle	-94	53.84	233.66	236.43	235.18	236.59	0.000642	1.79	31.66	13.80	0.35
ARNO	UNICOvalle	-94.1	Bridge									
ARNO	UNICOvalle	-95	53.84	233.66	235.91	235.21	236.20	0.001489	2.45	22.95	12.05	0.54
ARNO	UNICOvalle	-96	53.84	232.92	235.23	234.84	235.84	0.002605	3.46	15.59	7.07	0.74
ARNO	UNICOvalle	-96.5	Bridge									
ARNO	UNICOvalle	-97	53.84	232.17	235.29		235.62	0.000977	2.55	21.14	7.25	0.48
ARNO	UNICOvalle	-98	53.84	232.26	235.21	234.03	235.52	0.000898	2.44	22.07	7.63	0.46
ARNO	UNICOvalle	-98.1	Bridge									
ARNO	UNICOvalle	-98.5	53.84	232.26	235.19	234.03	235.50	0.000922	2.46	21.90	7.60	0.46
ARNO	UNICOvalle	-99	53.84	232.03	235.07	233.89	235.40	0.002122	2.58	20.98	7.85	0.47
ARNO	UNICOvalle	-99.1	Bridge									
ARNO	UNICOvalle	-99.5	53.84	232.03	235.02		235.37	0.001541	2.62	20.61	7.71	0.49
ARNO	UNICOvalle	-100	53.84	231.83	235.07		235.29	0.000664	2.24	27.92	12.04	0.40
ARNO	UNICOvalle	-101	62.18	231.74	234.93	233.89	235.22	0.000917	2.57	27.78	12.26	0.47
ARNO	UNICOvalle	-101.1	Bridge									
ARNO	UNICOvalle	-101.5	62.18	231.74	234.19		234.78	0.002603	3.61	19.29	10.68	0.75
ARNO	UNICOvalle	-101.8	62.18	230.97	234.01	233.07	234.31	0.001688	2.44	25.52	11.45	0.52
ARNO	UNICOvalle	-102	62.18	230.68	233.95	232.45	234.21	0.000656	2.26	27.58	8.84	0.40
ARNO	UNICOvalle	-102.1	Bridge									
ARNO	UNICOvalle	-102.5	62.18	230.68	233.91		234.18	0.000682	2.28	27.26	8.44	0.41
ARNO	UNICOvalle	-102.7	62.18	230.39	233.71	232.68	234.01	0.002731	2.40	25.87	11.19	0.50
ARNO	UNICOvalle	-102.8	Bridge									
ARNO	UNICOvalle	-102.9	62.18	230.39	233.52	232.68	233.87	0.003453	2.62	23.73	10.80	0.56
ARNO	UNICOvalle	-103	67.32	229.60	232.12	231.99	233.09	0.003862	4.39	16.08	7.23	0.91
ARNO	UNICOvalle	-103.5	Bridge									
ARNO	UNICOvalle	-104	67.32	229.36	232.41	231.16	232.65	0.000844	2.15	31.29	11.20	0.41
ARNO	UNICOvalle	-105	83.01	228.25	230.94	230.94	231.76	0.005498	4.04	21.03	13.02	0.97

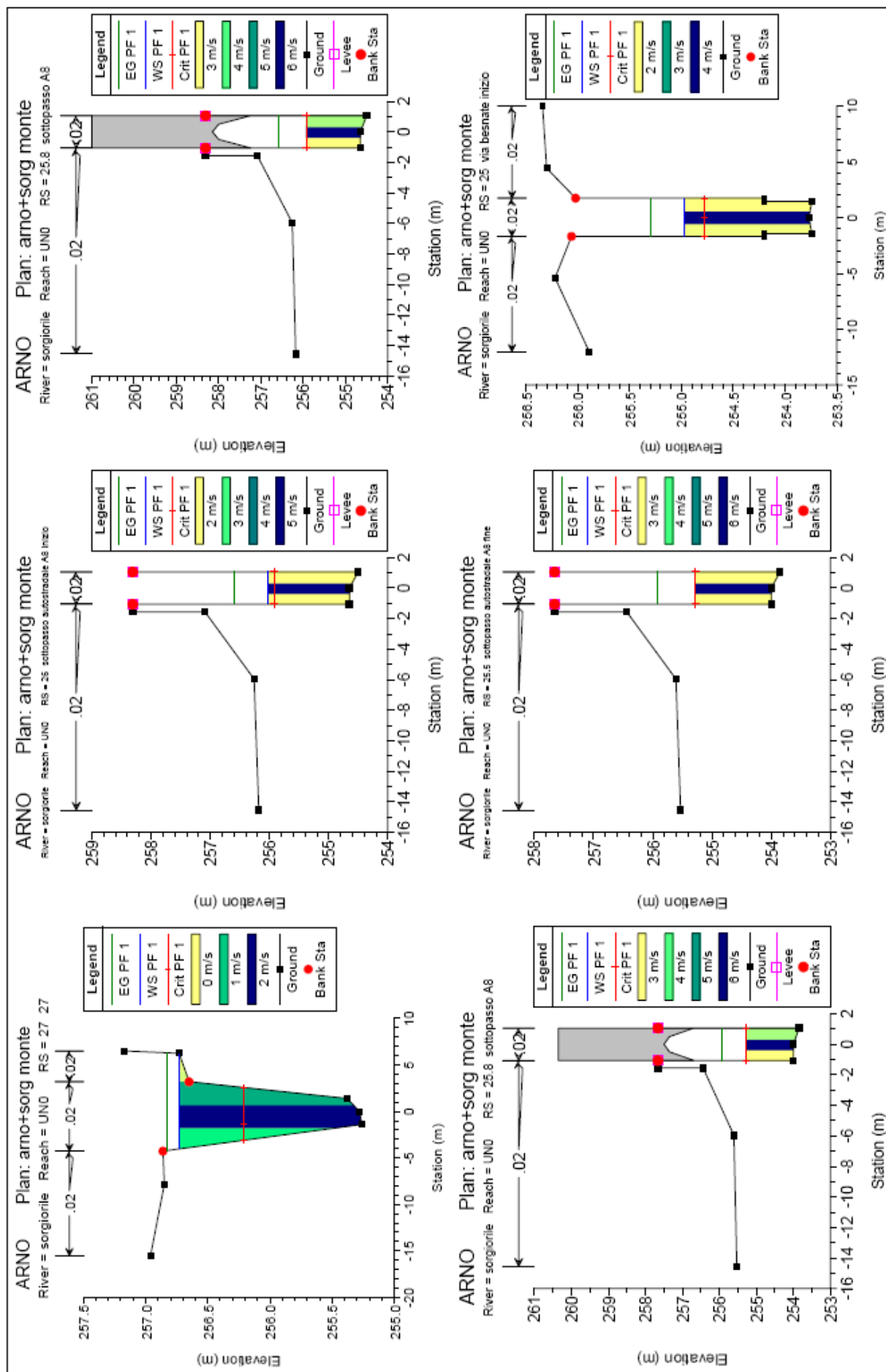
HEC-RAS Plan: a+smonite Profile: PF 1 (Continued)

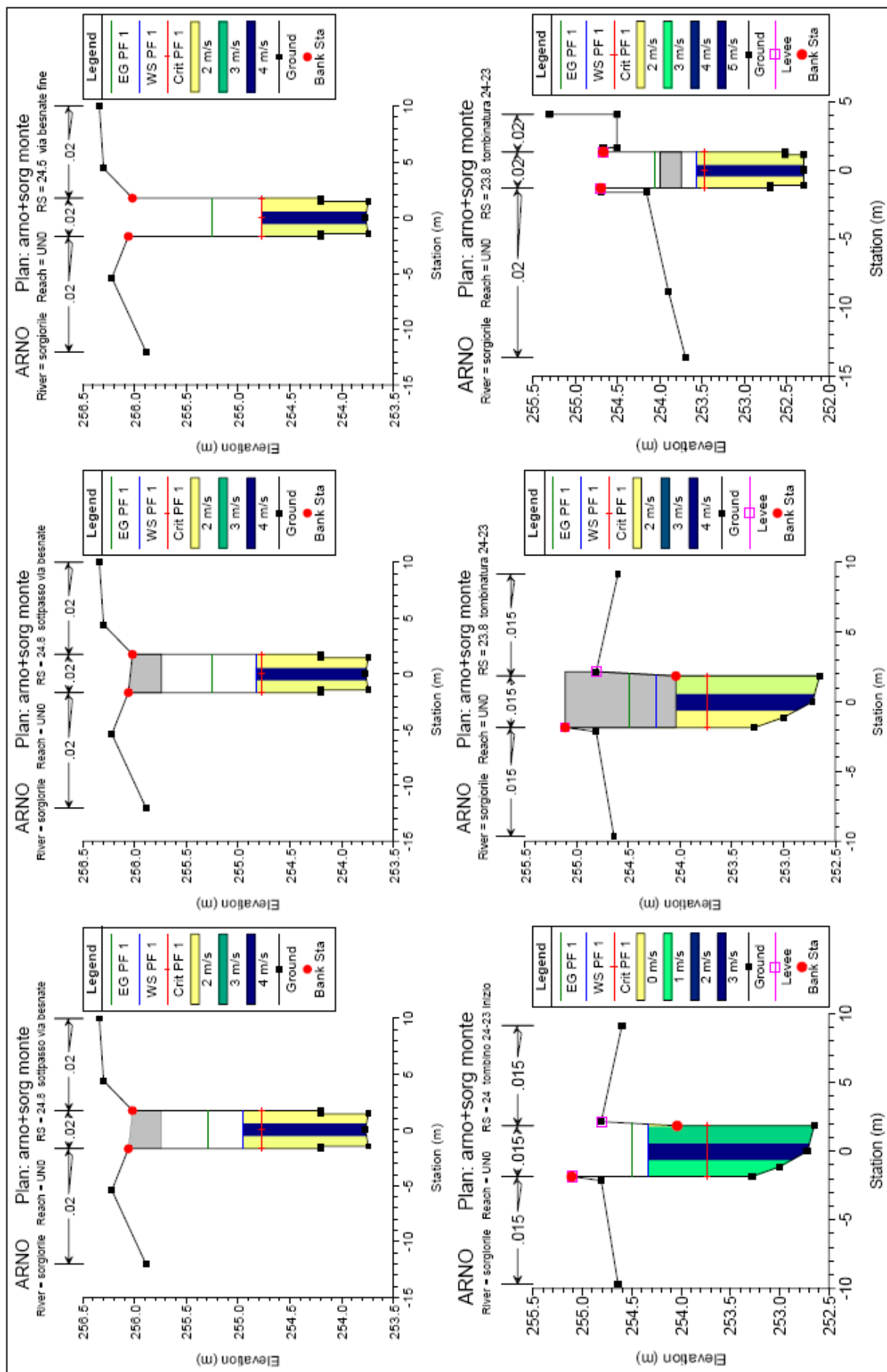
River	Reach	River Sta	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
ARNO	UNICOvalle	-106	83.01	227.79	230.52	229.73	231.01	0.001583	3.11	26.96	11.42	0.60
ARNO	UNICOvalle	-106.1	Bridge									
ARNO	UNICOvalle	-106.5	83.01	227.79	230.50	229.73	231.00	0.001627	3.13	26.71	11.36	0.61
ARNO	UNICOvalle	-107	83.01	226.71	229.92	229.21	230.57	0.004140	3.58	23.16	7.80	0.66
ARNO	UNICOvalle	-107.1	Bridge									
ARNO	UNICOvalle	-107.5	83.01	226.71	229.35	229.21	230.35	0.007500	4.43	18.74	7.80	0.91
ARNO	UNICOvalle	-108	83.01	226.76	229.12	228.78	229.68	0.003514	3.32	25.03	13.24	0.77

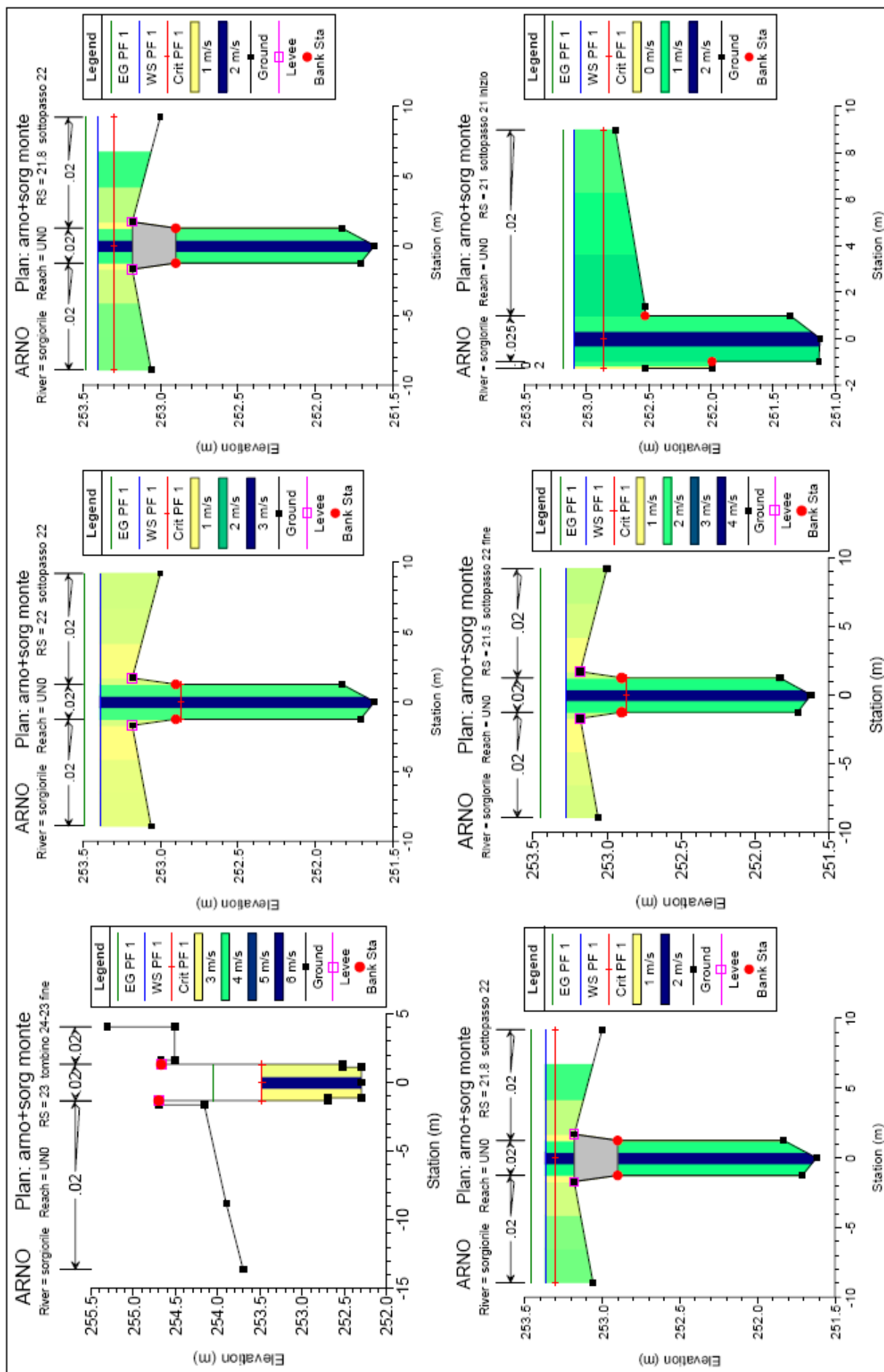


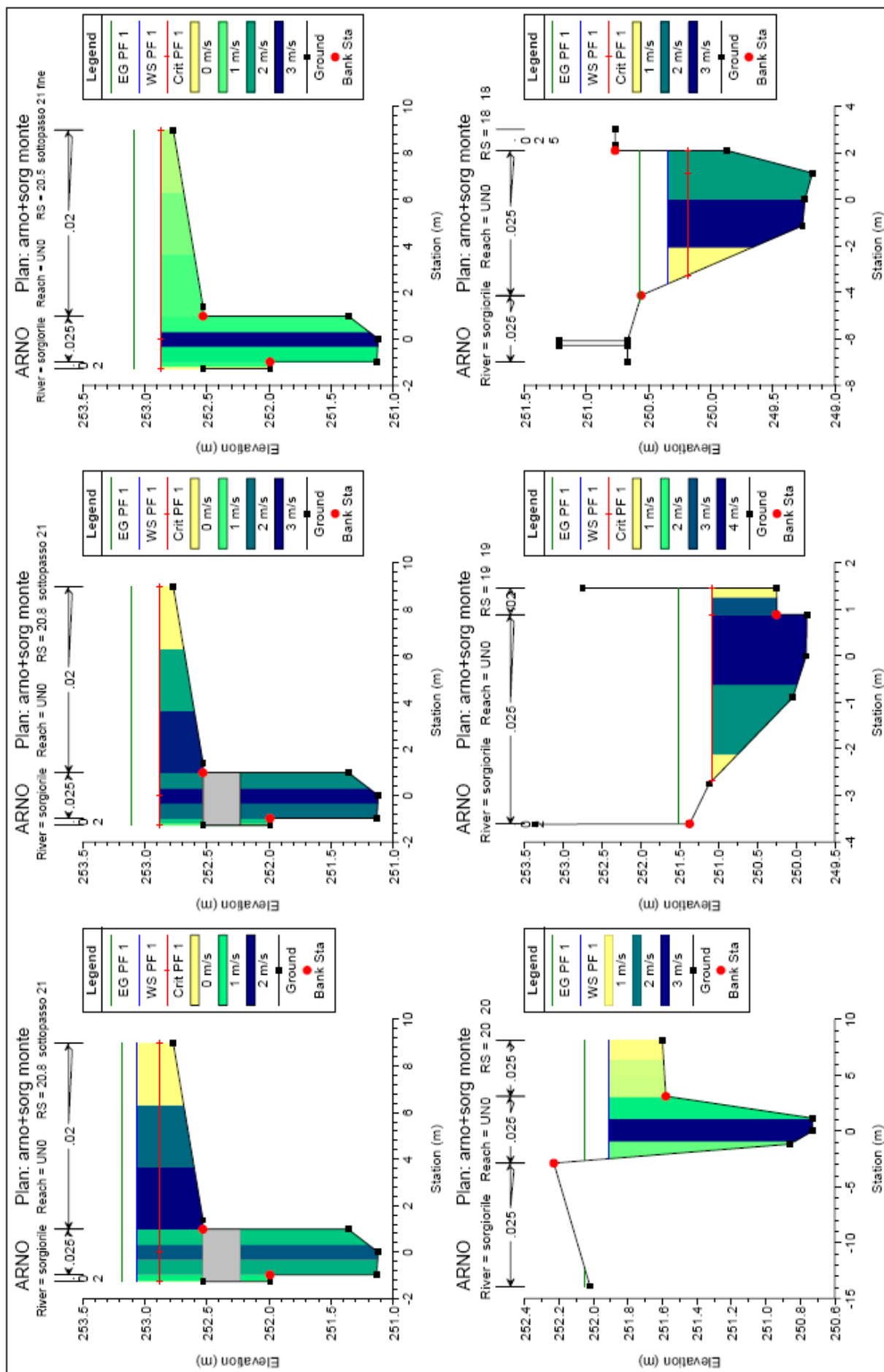


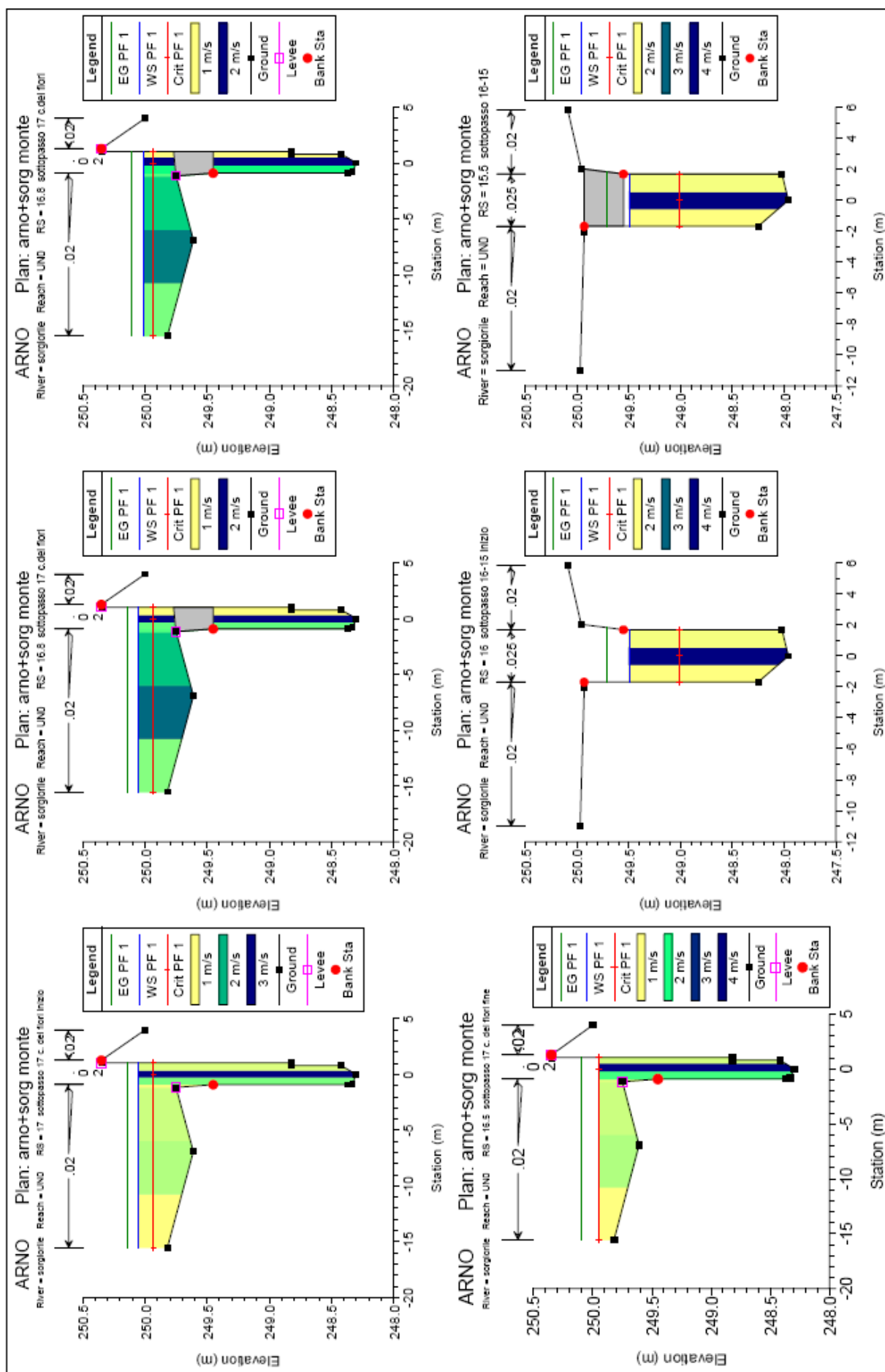


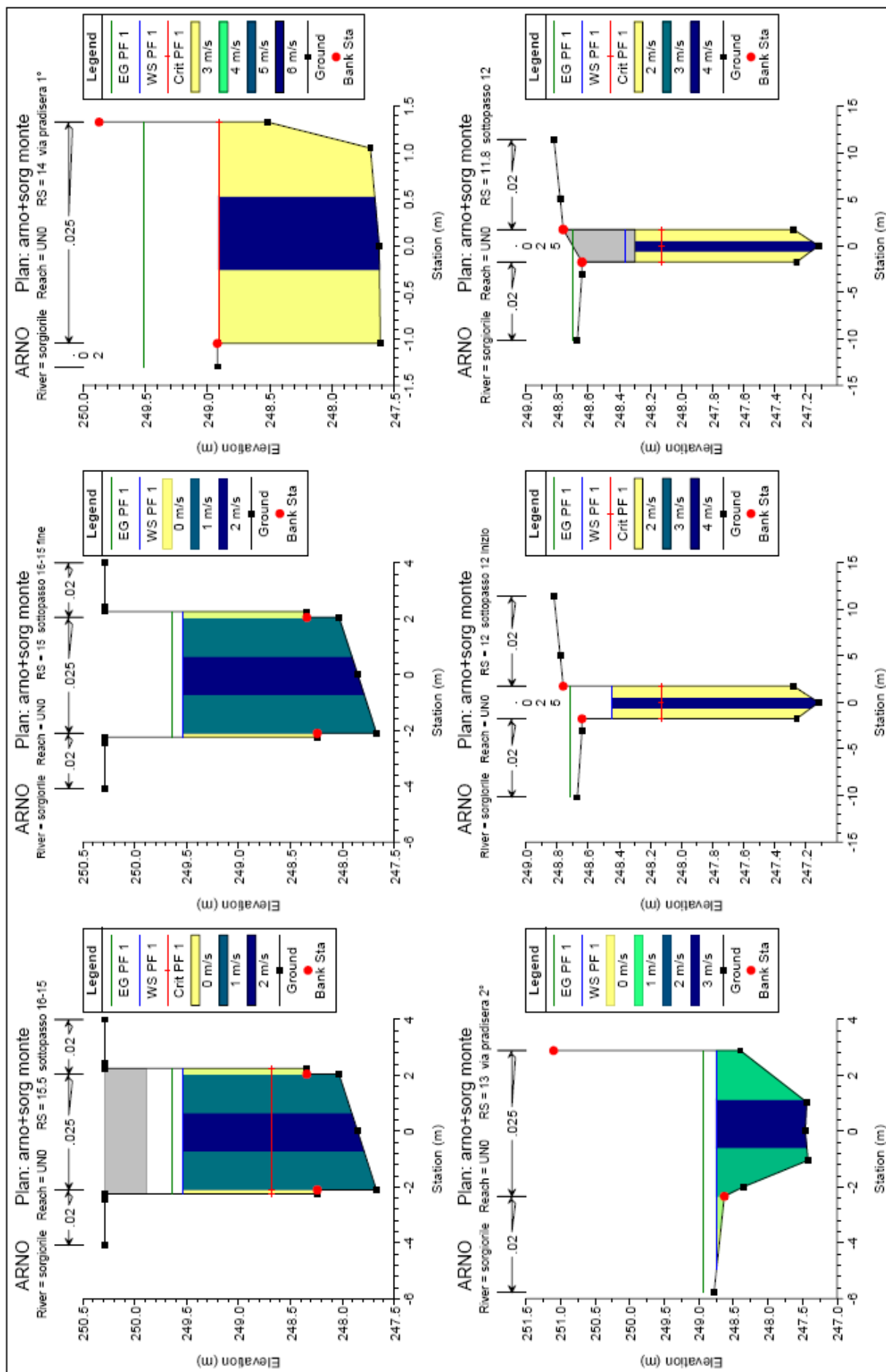


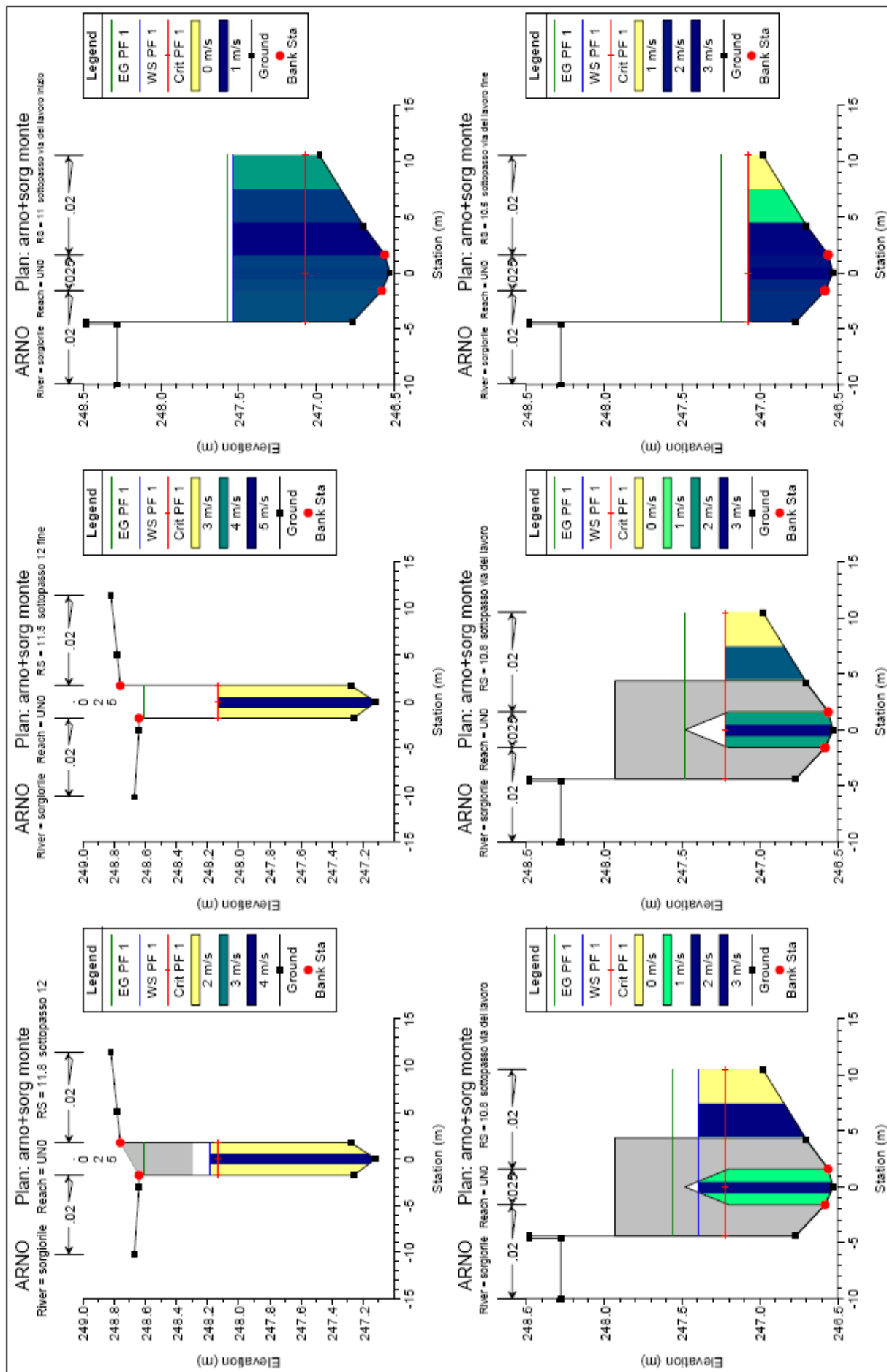


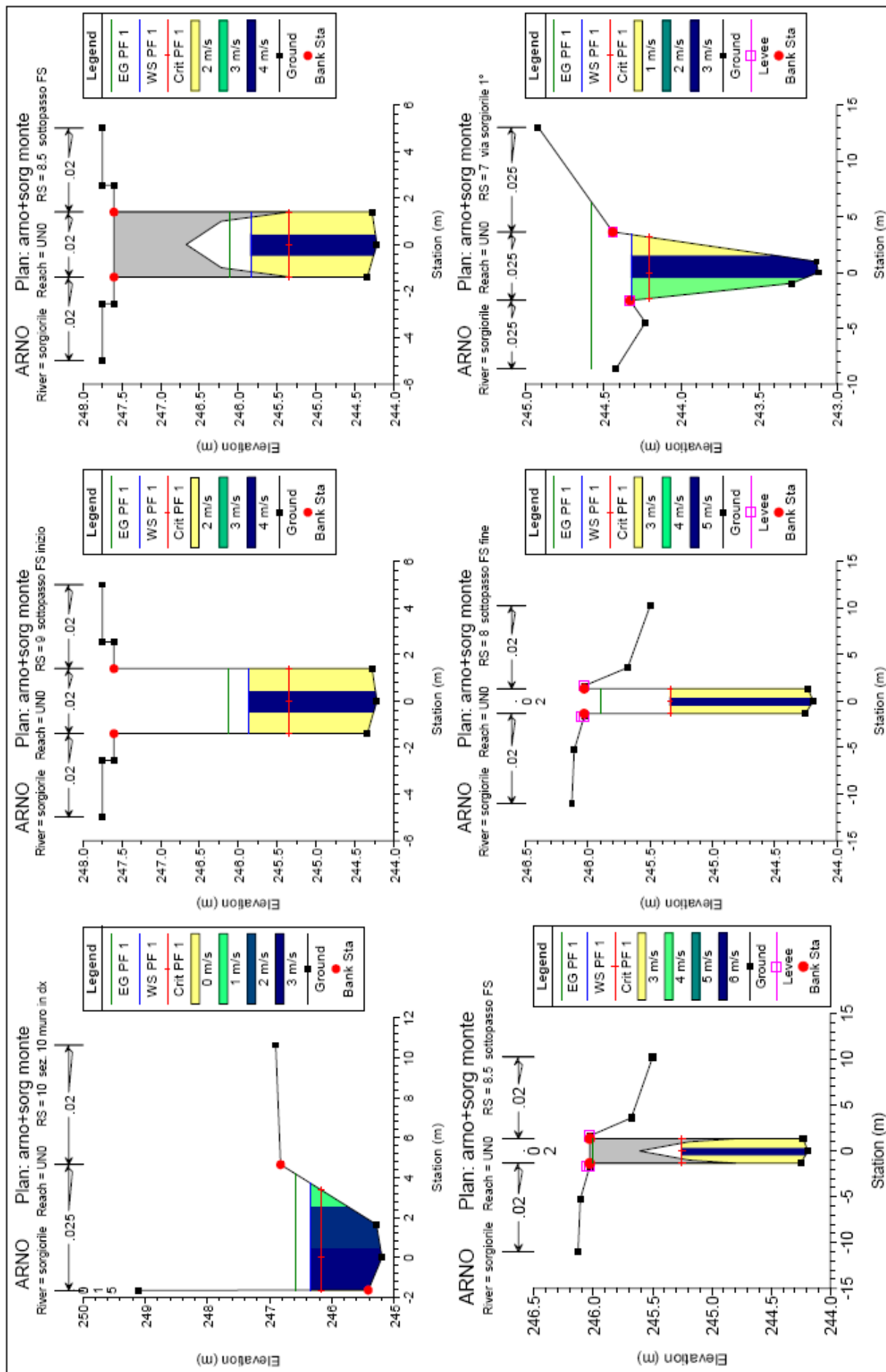


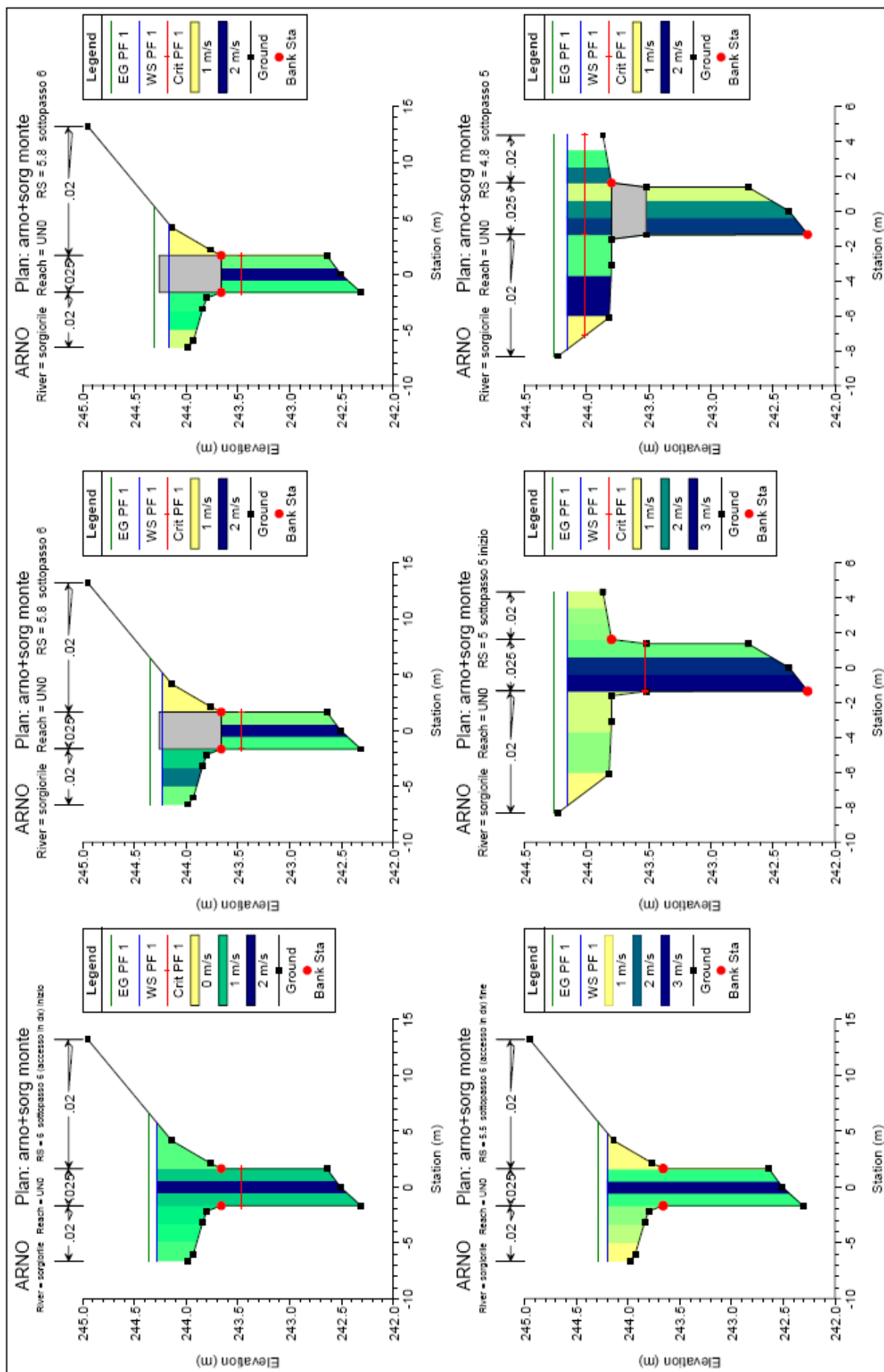


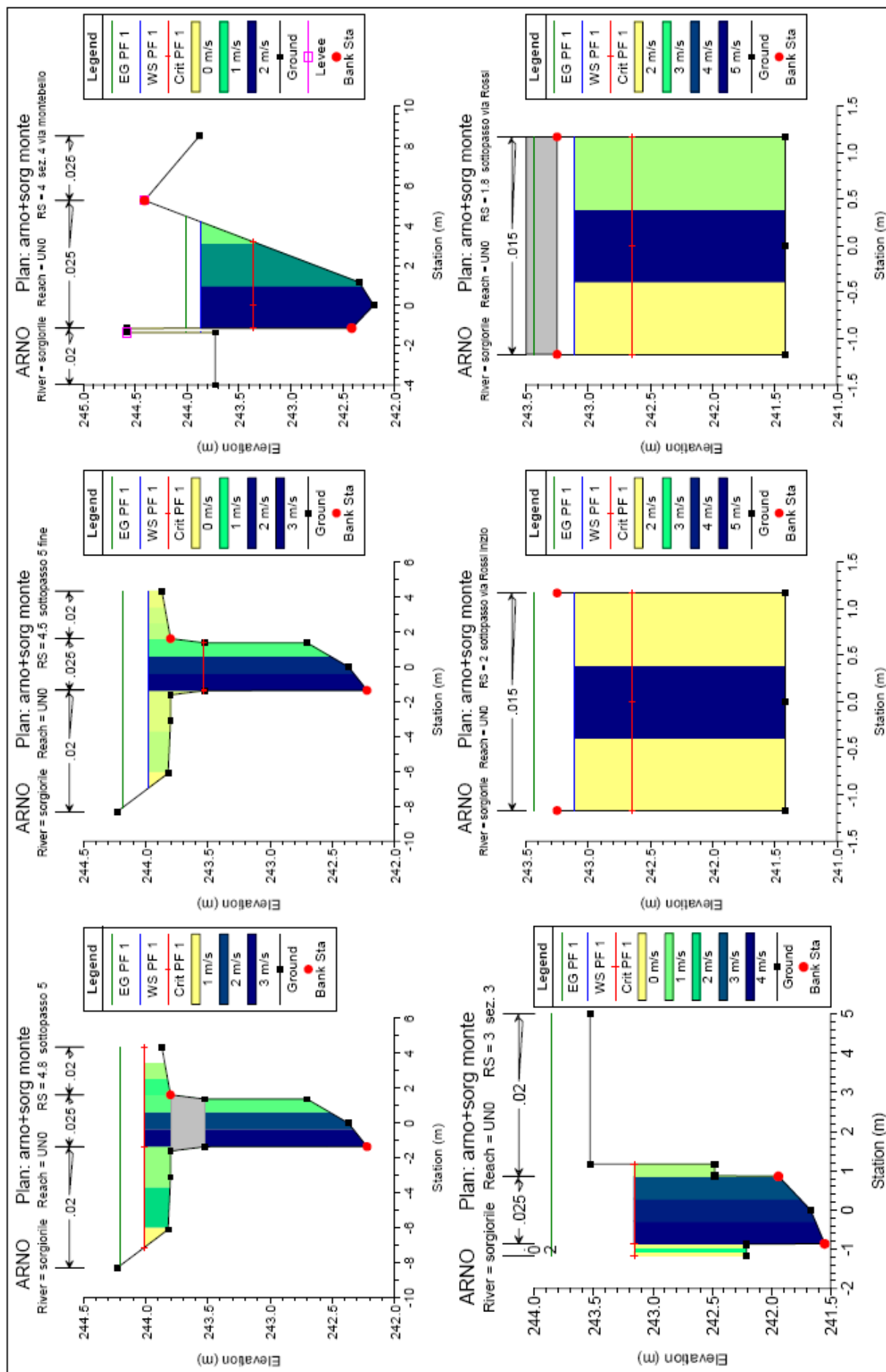


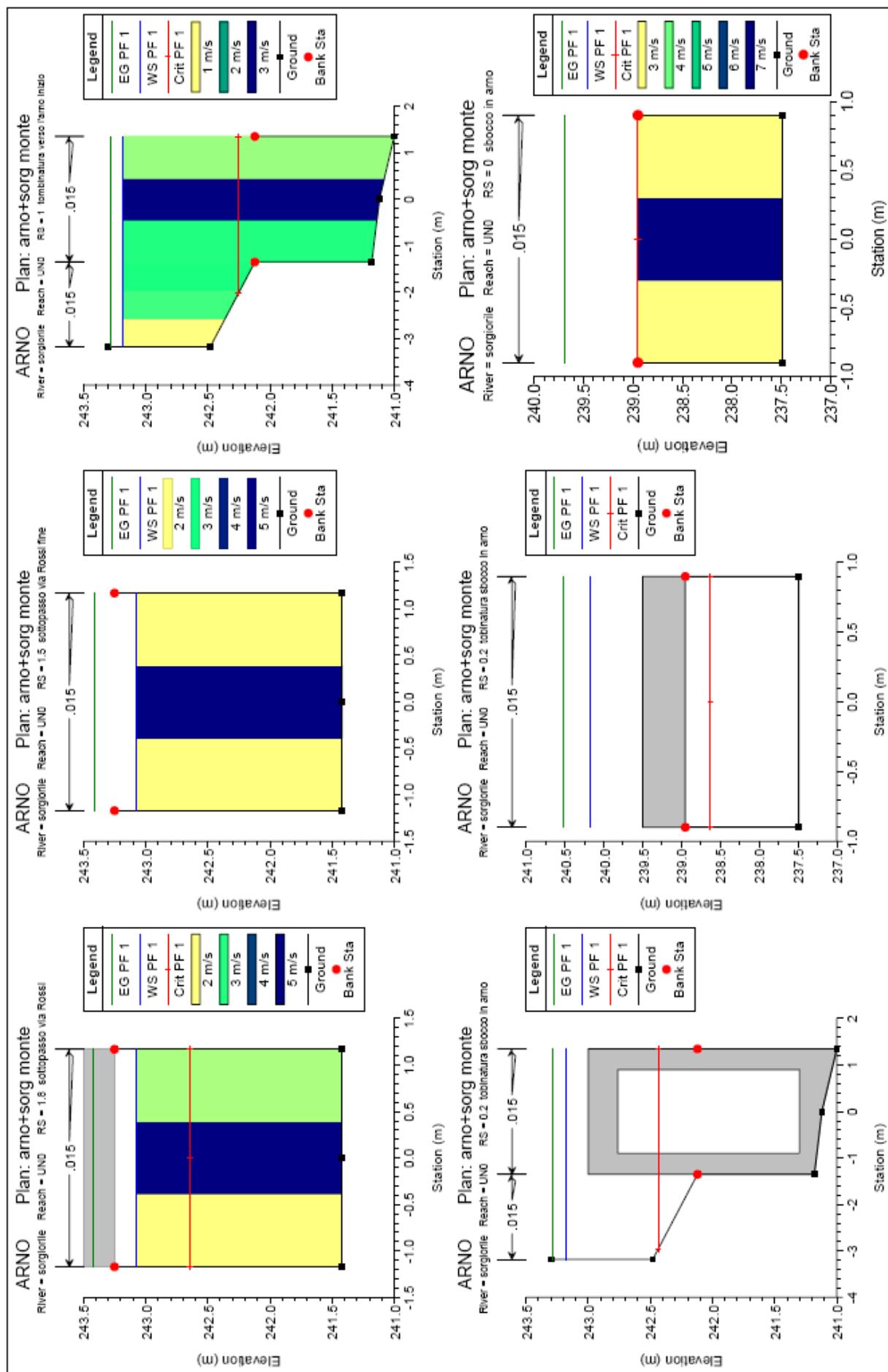


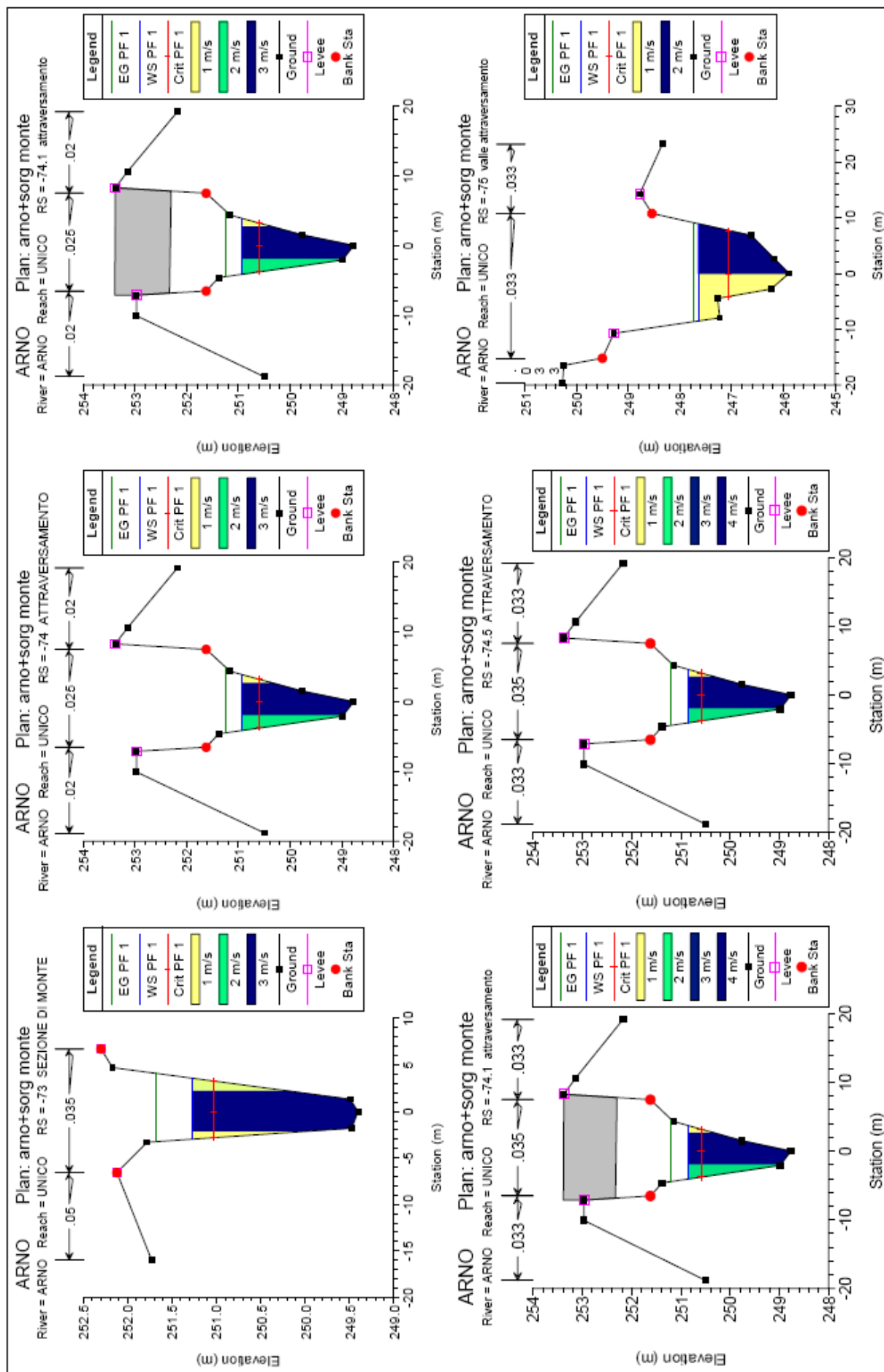


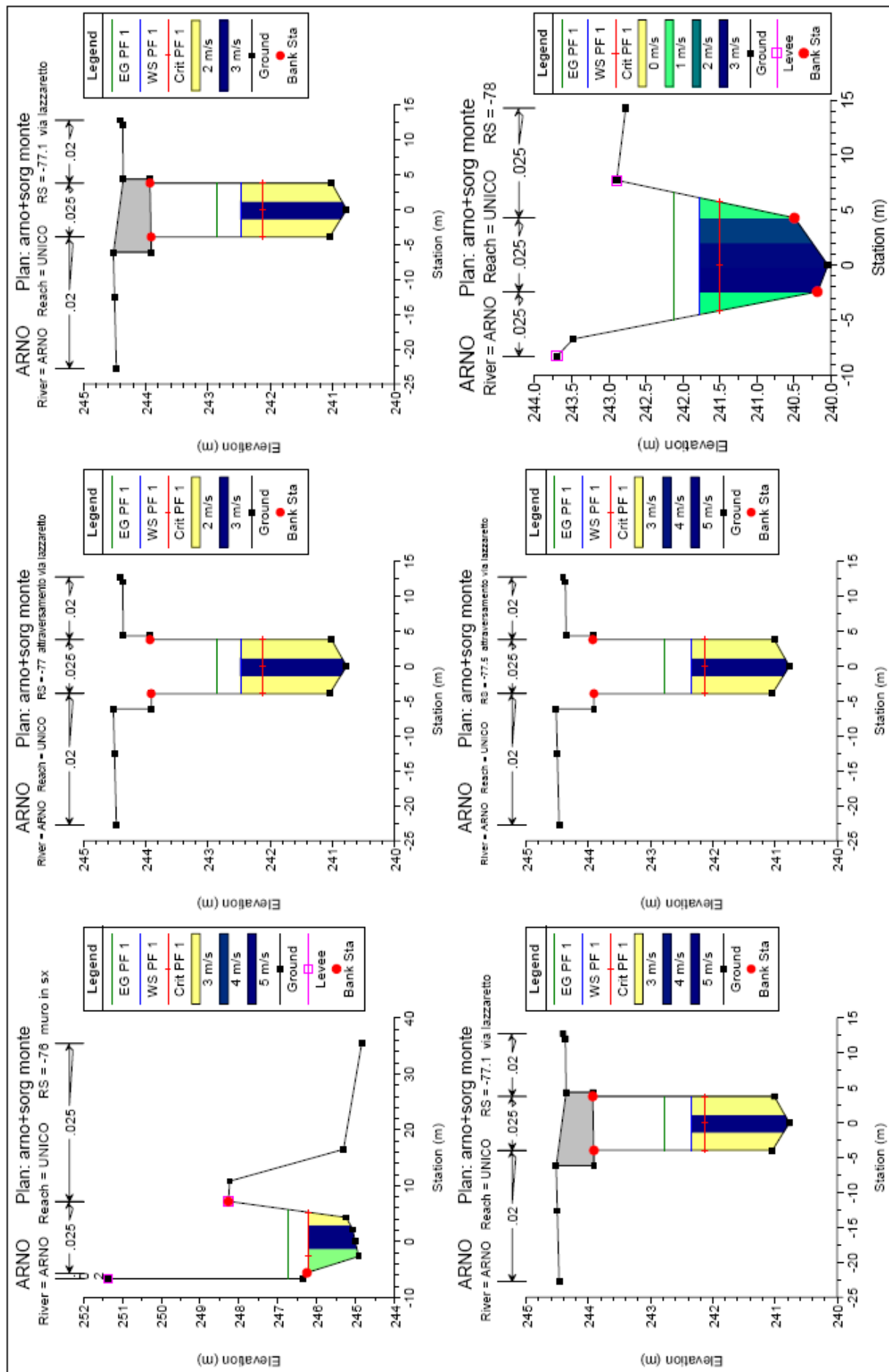


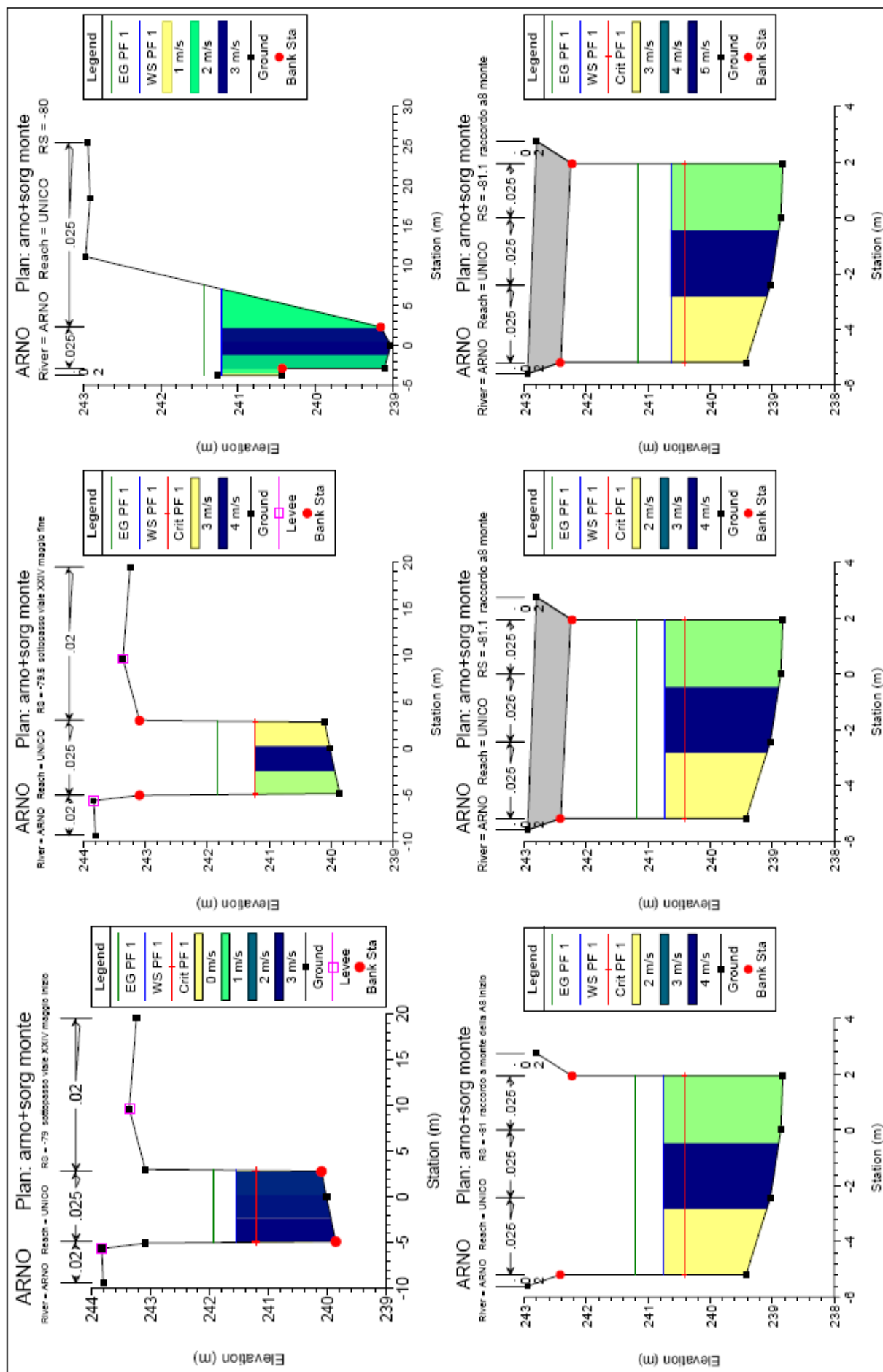


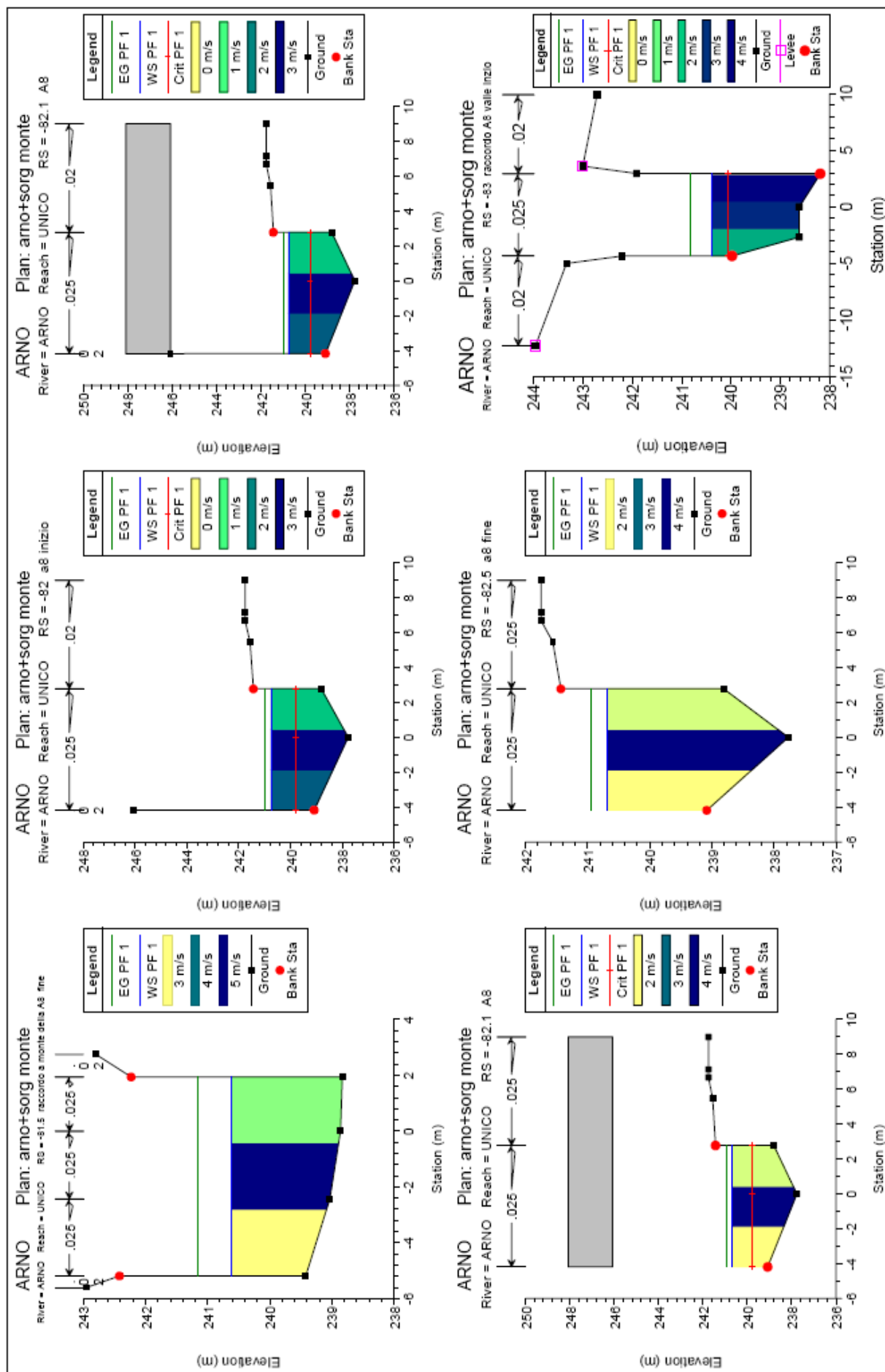


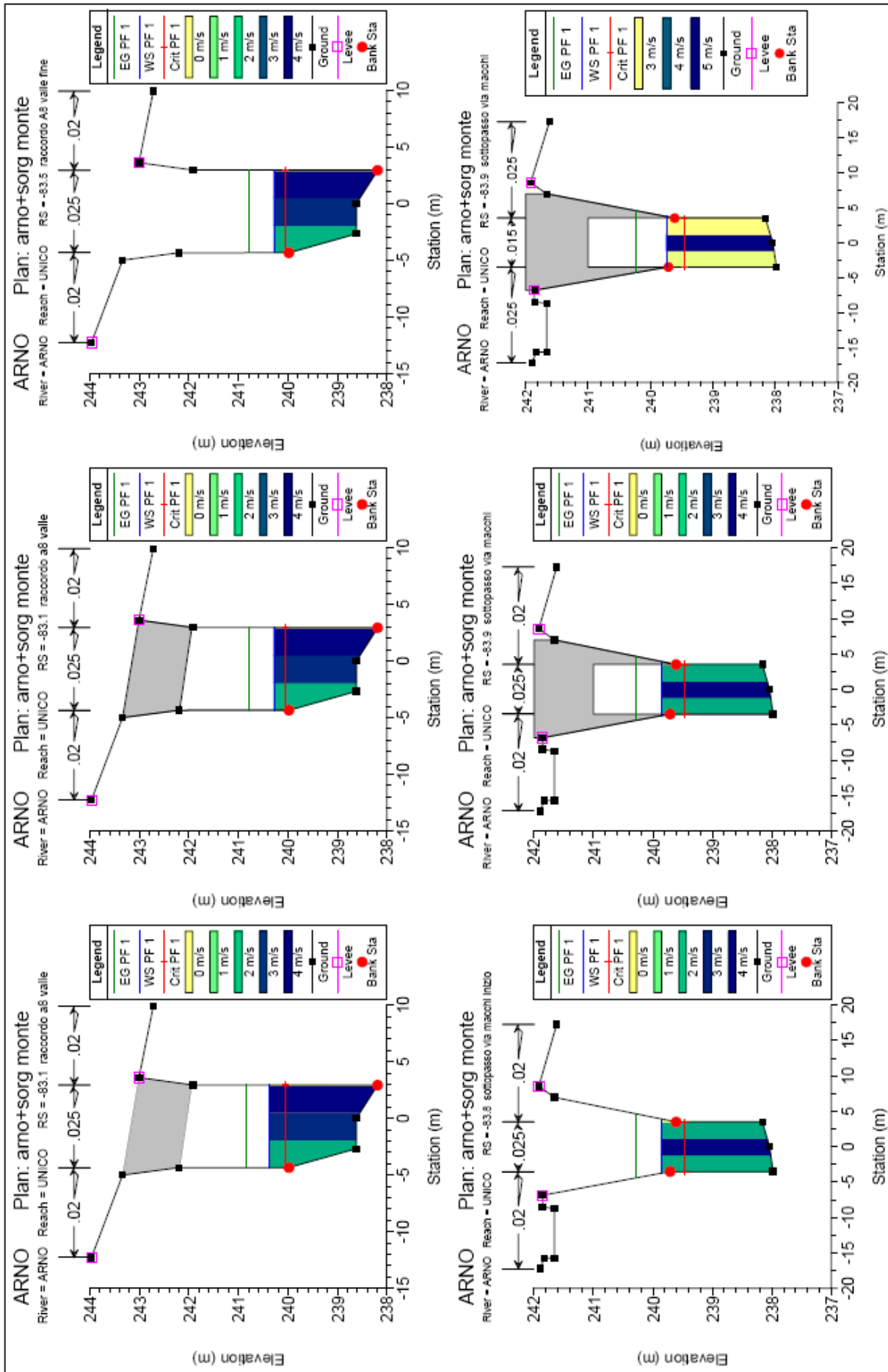


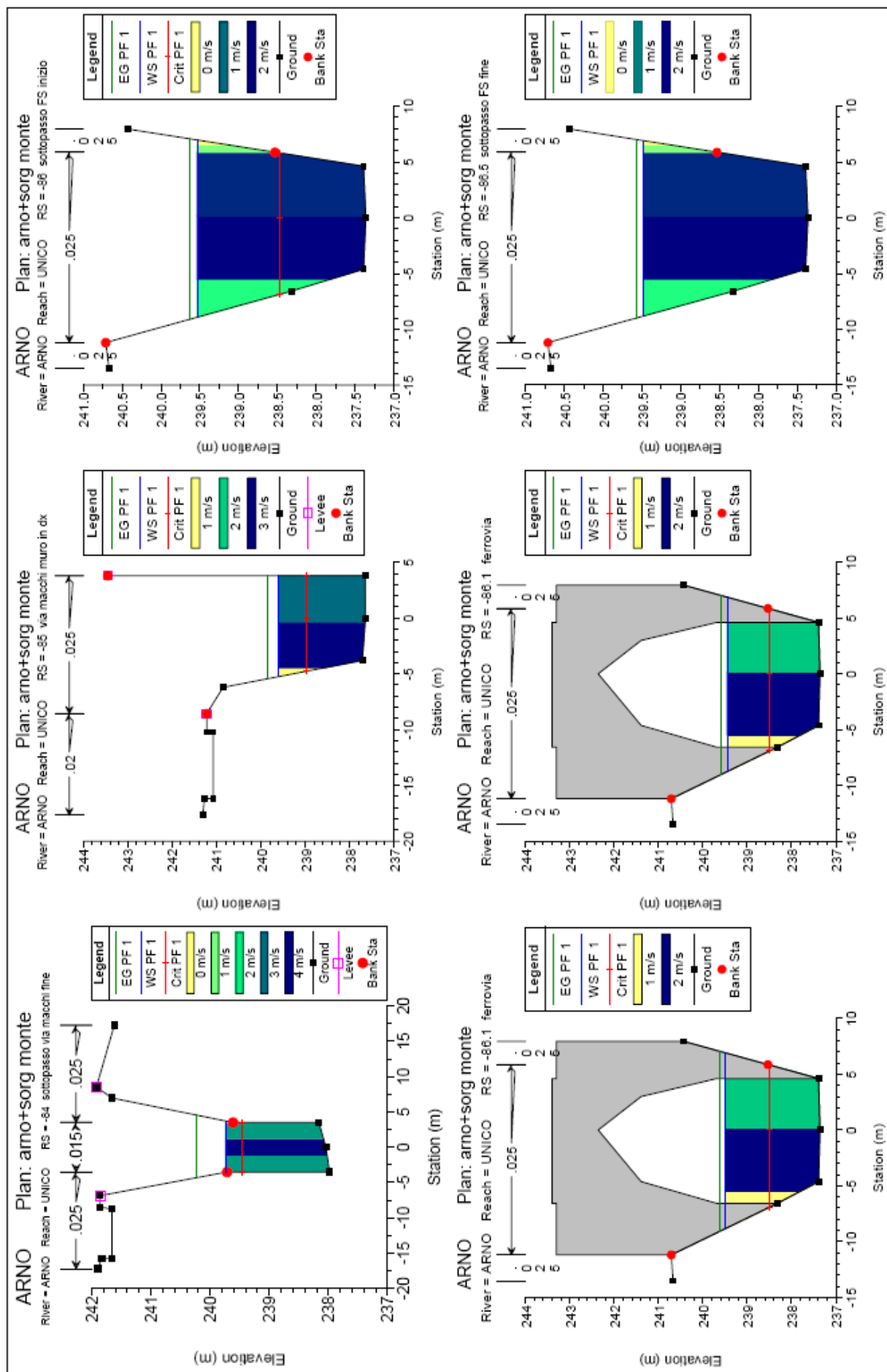


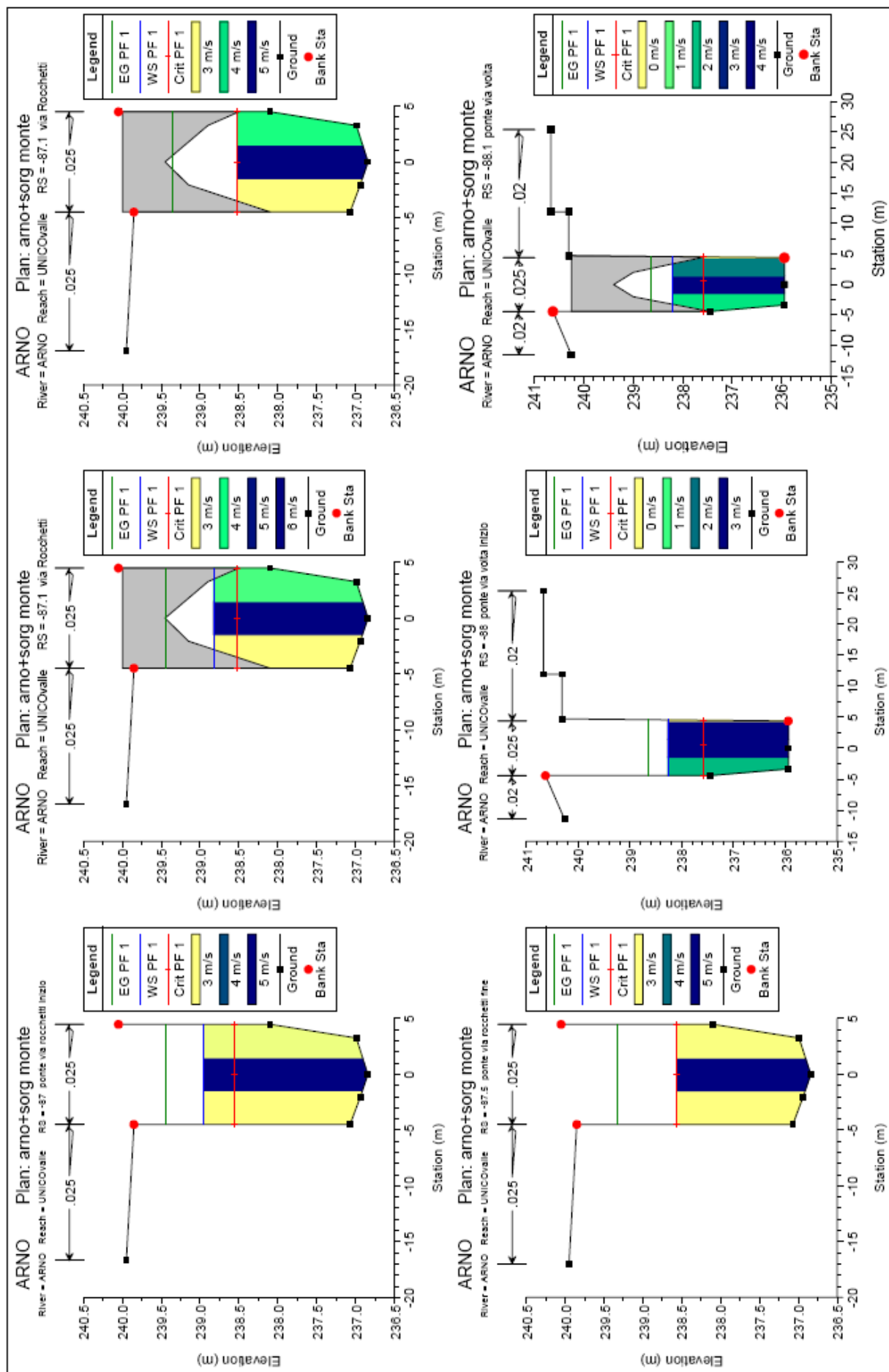


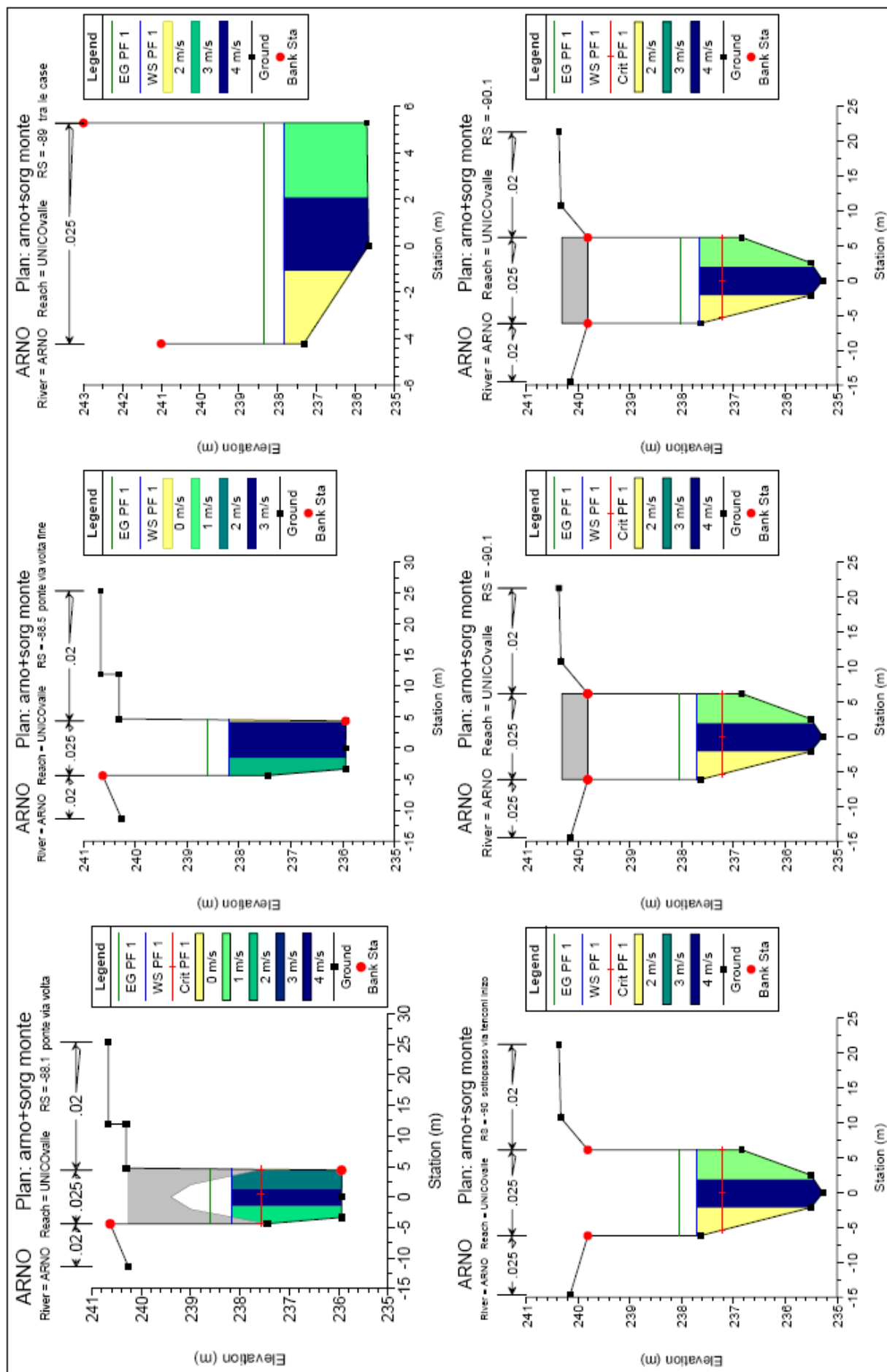


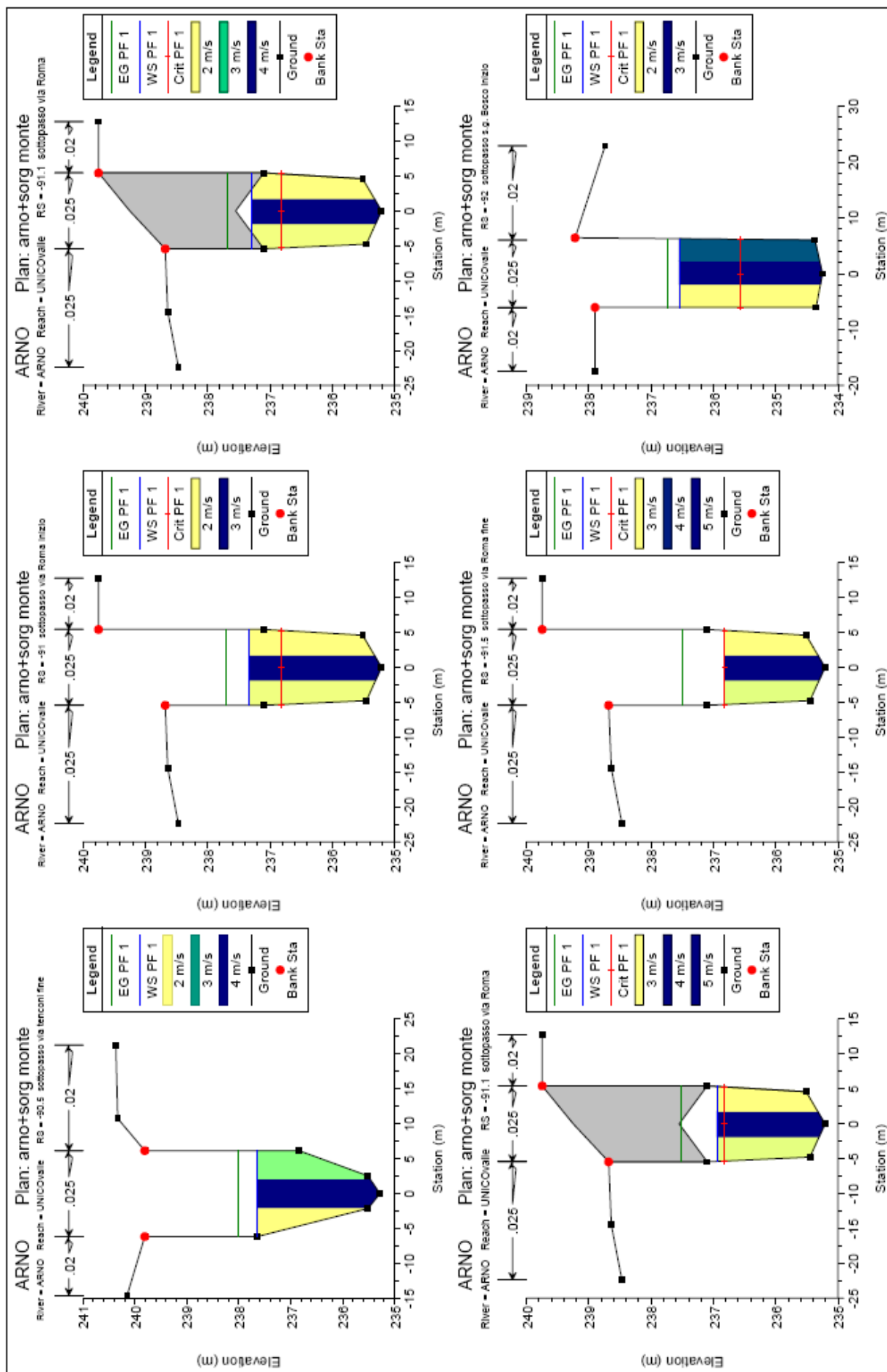


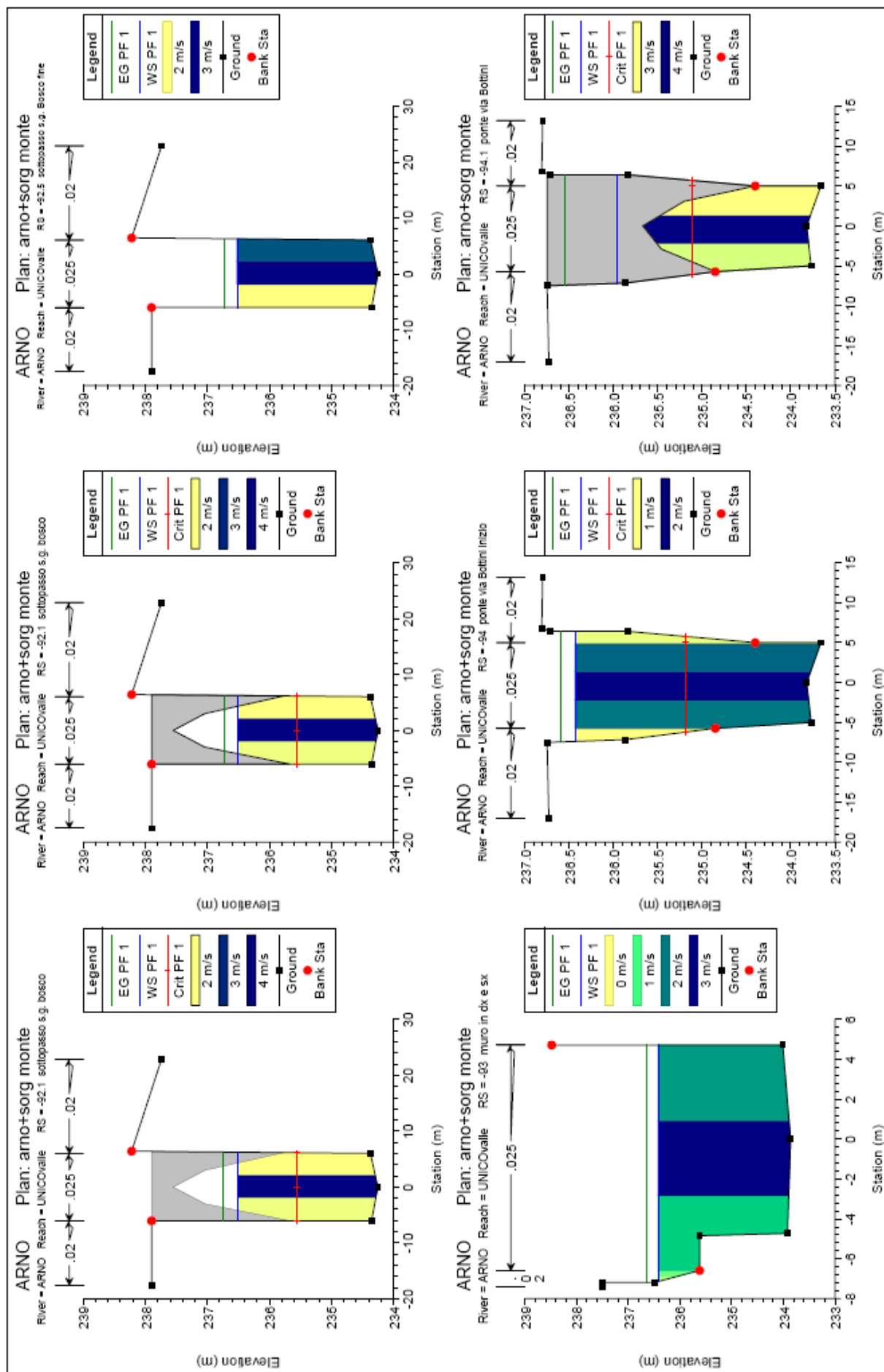


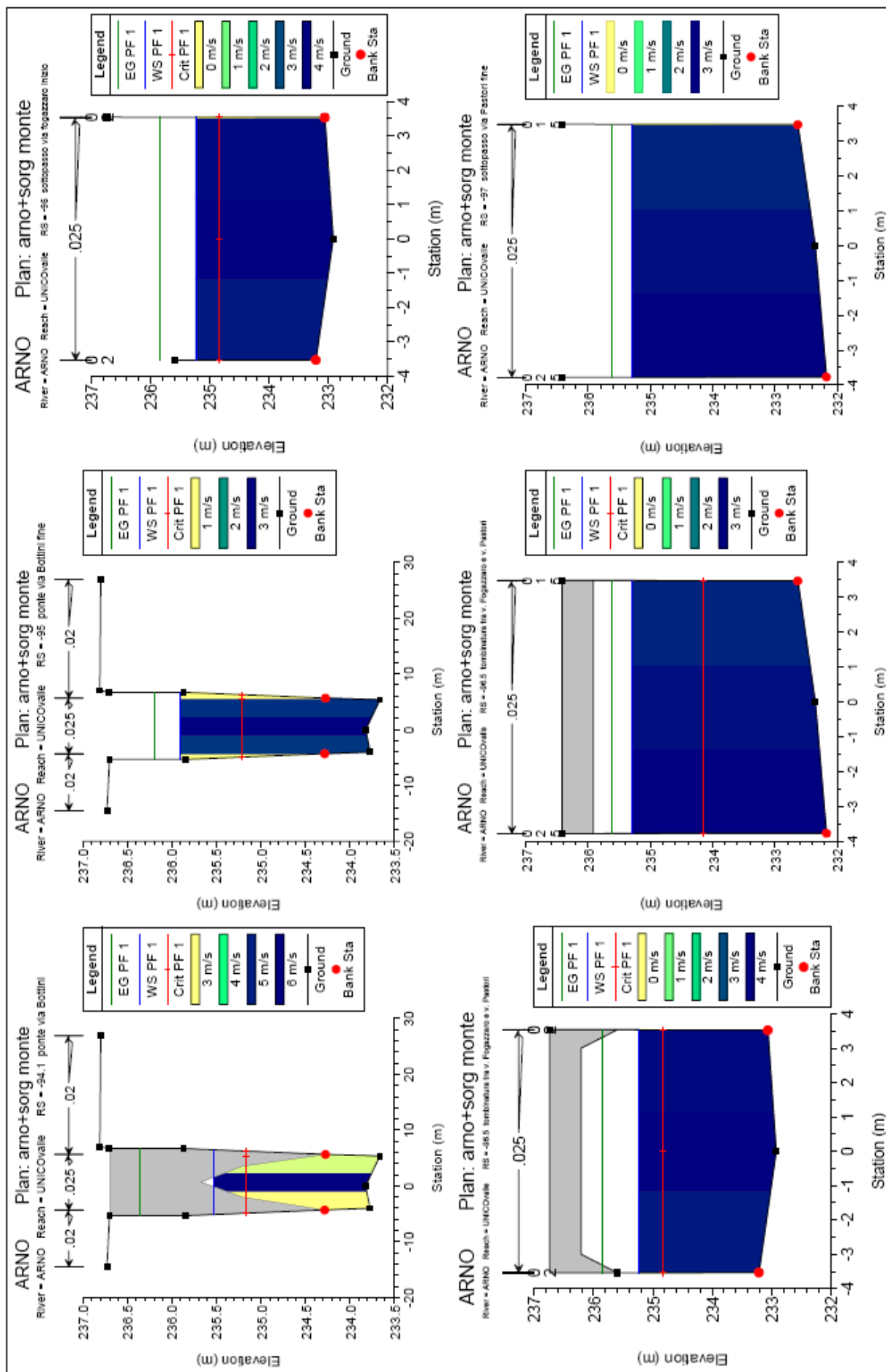


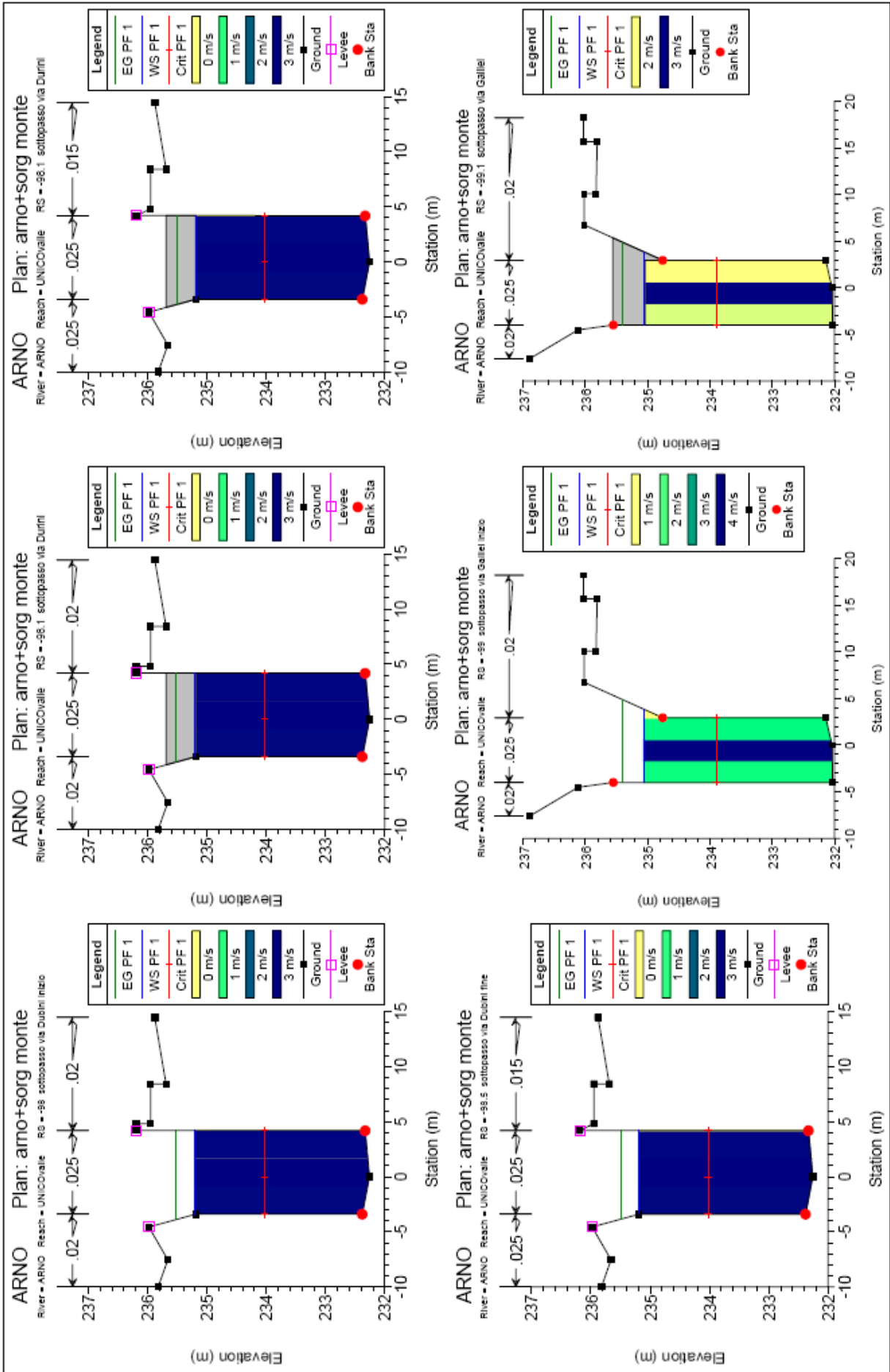


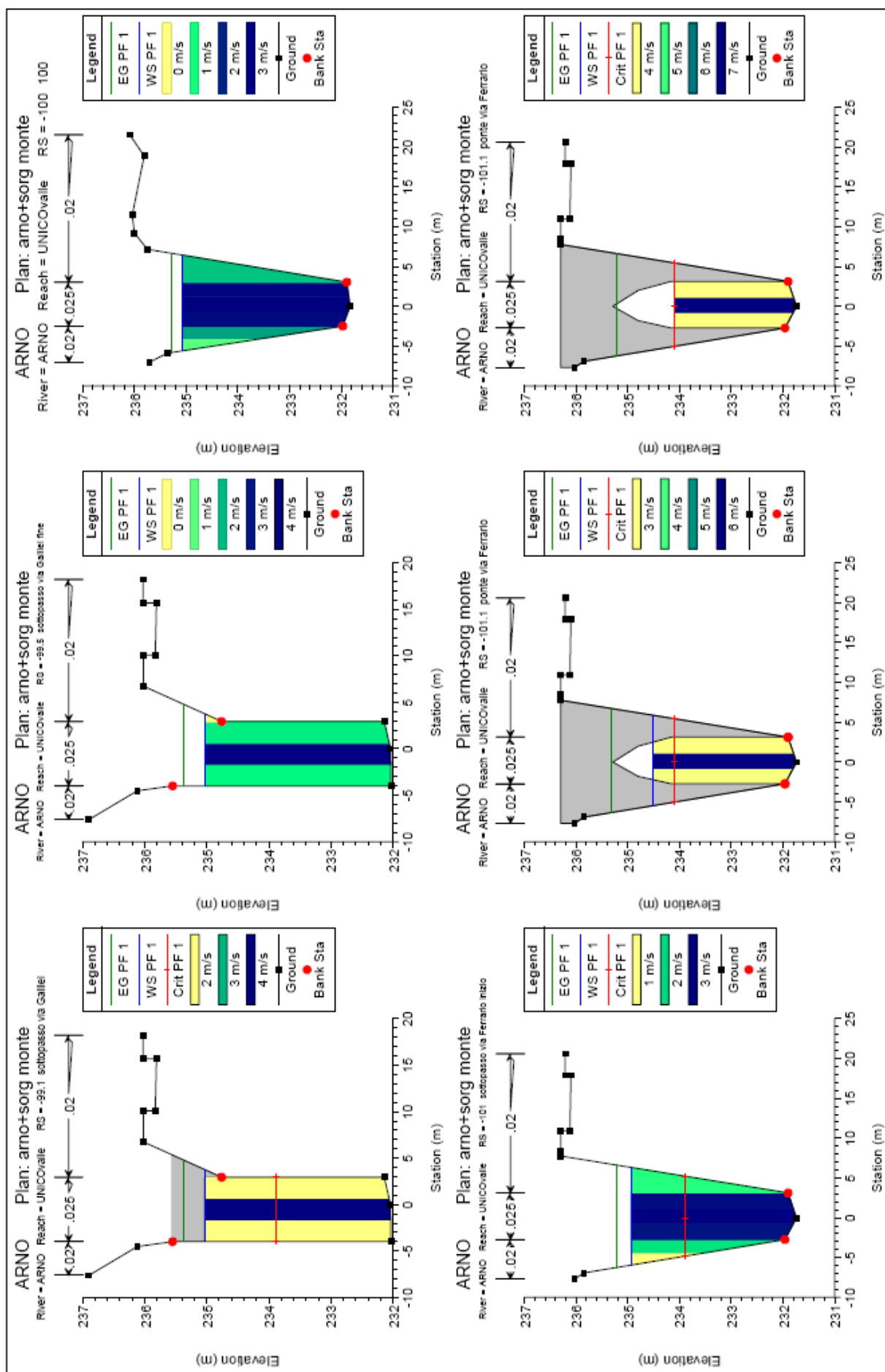


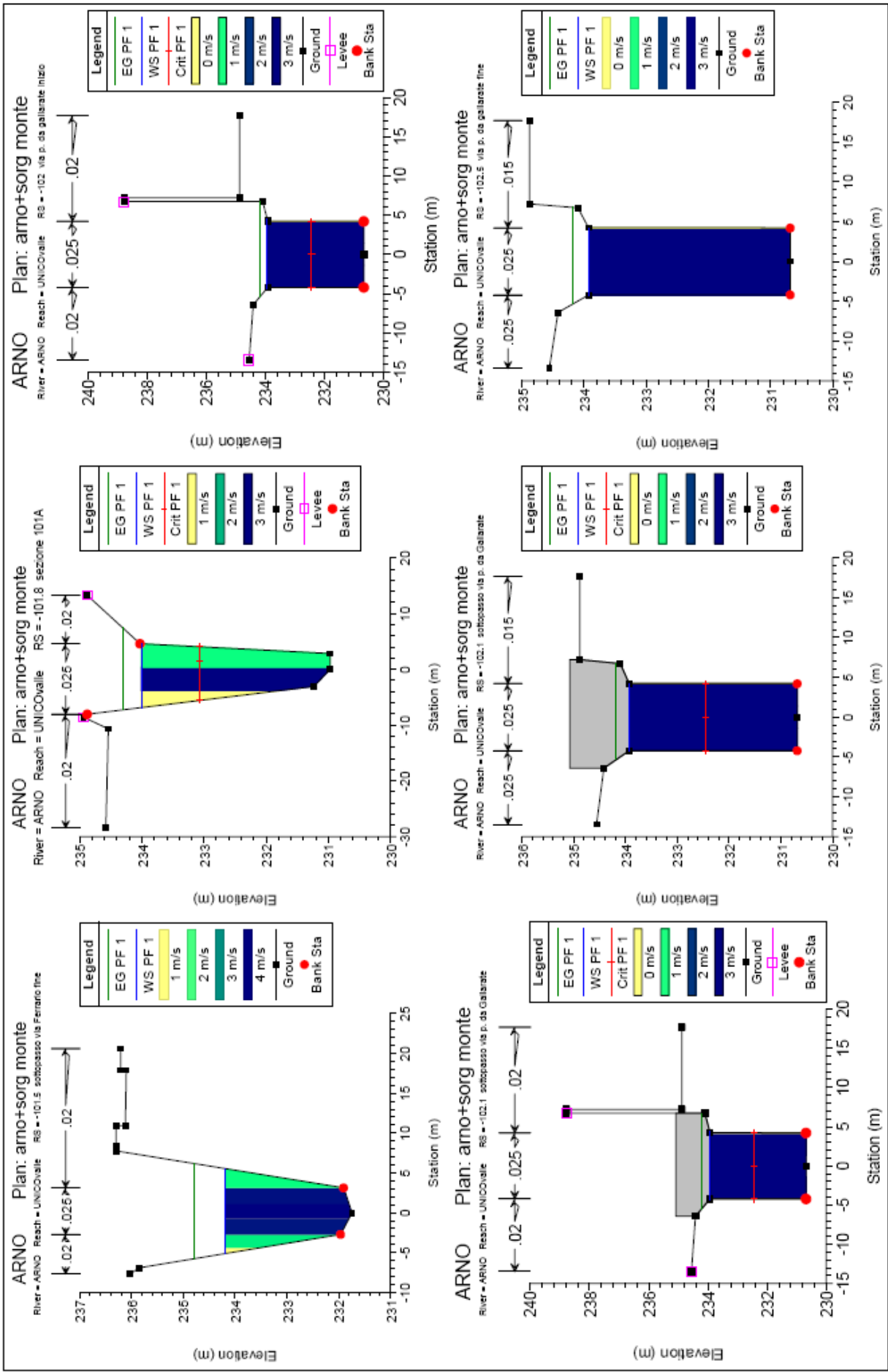


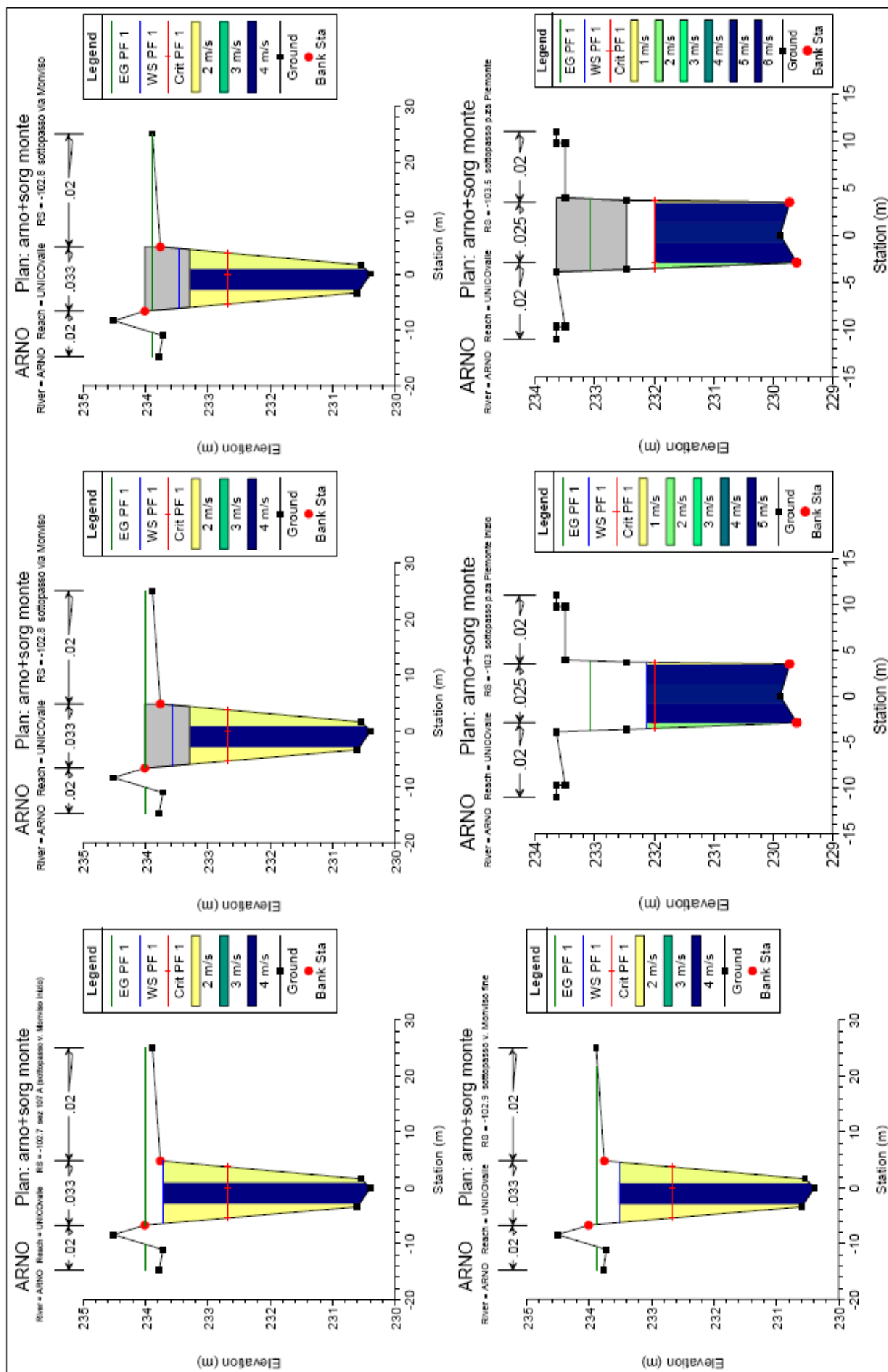


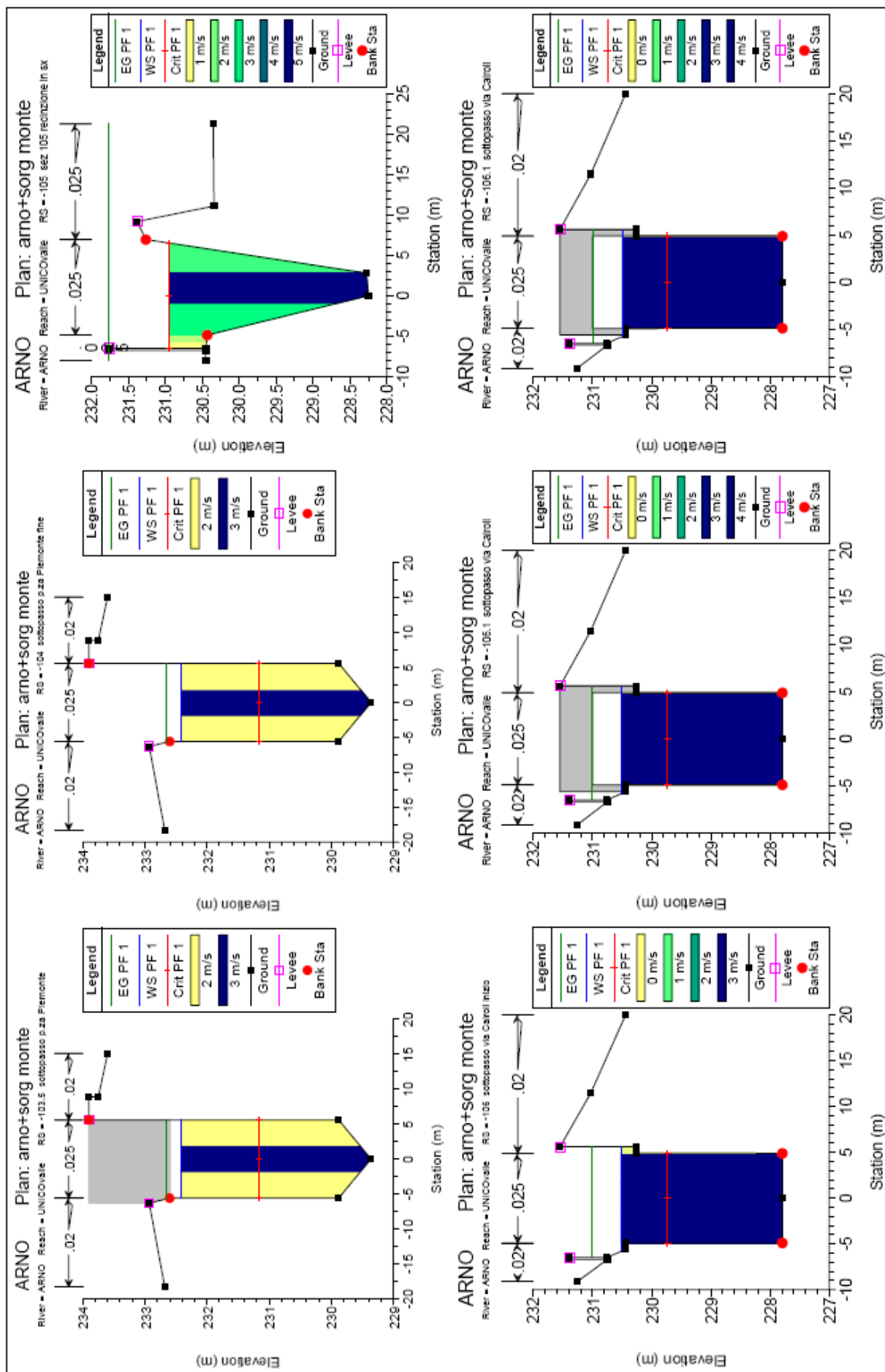


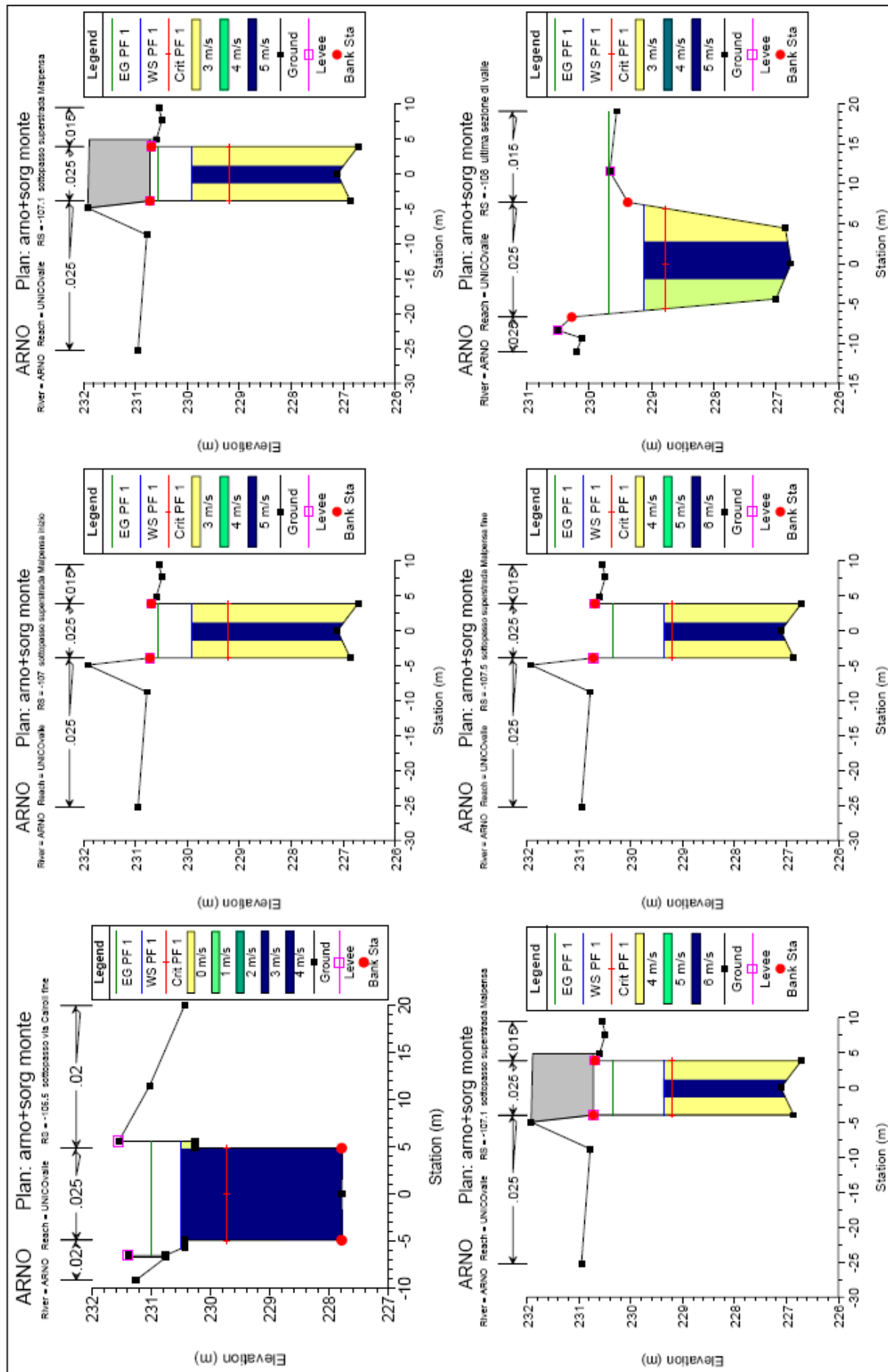












GLI ESTENSORI

Dott. Ing. Roberto Keffer

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Roberto Keffer', with a stylized, flowing script.

Dott. Ing. Emilio Aliverti

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Emilio Aliverti', with a stylized, flowing script.