

Allegato 3.1

Verifica delle sezioni a valle della diga



CALCOLO DELLA PORTATA MASSIMA SCARICABILE VERSO VALLE

**(ai sensi delle Circ. PCM n° DSTN/2/22806 del 13.12.1995 e
PCM n° DSTN/2/12874 del 16.06.1998)**



DIGA DI CA' ZUL

PROVINCIA DI PORDENONE
(FRIULI VENEZIA GIULIA)

dicembre 2006





INDICE

1	PREMESSA.....	1-1
2	CARATTERISTICHE DELL'ALVEO DI VALLE	2-1
3	RELAZIONE TECNICA: CALCOLI IDRAULICI.....	3-1
3.1	IL MODELLO MATEMATICO ADOTTATO.....	3-1
3.2	LE CONDIZIONI AL CONTORNO DEL MODELLO	3-3
3.3	RISULTATI IDRAULICI DEL MODELLO	3-4

1 PREMESSA

Il presente lavoro ha lo scopo di determinare la massima portata transitabile nell' alveo del torrente Meduna a valle dello sbarramento di Ca' Zul, in modo che essa risulti contenuta all'interno della fascia di pertinenza fluviale definita dalla Circolare DSTN/2/22806 del 13/12/1995, con un franco idraulico di almeno un metro e franco nullo.

2 CARATTERISTICHE DELL'ALVEO DI VALLE

Il tronco d'alveo preso in esame si estende dalla diga di Ca' Zul (Figura 2.1) fino all'immissione del torrente Meduna nel bacino di Tramonti, per una lunghezza di circa 10 km.

All'analisi delle carte planimetriche (**Allegato A**), il torrente Meduna presenta un corso piuttosto irregolare: tratti pressoché rettilinei si alternano, infatti, a zone tortuose. In particolare curve ad ampio raggio si possono notare sia in corrispondenza dello sbarramento di Ca' Zul che della località Pradis, prima della confluenza da nord del torrente Viela.

Poco più a valle, a monte dell'abitato di Tramonti di Sotto, vi è l'importante confluenza nel Meduna anche del torrente Chierchia.

Il presente studio considera il tratto finale del torrente Meduna, sito in corrispondenza della località Sottoriva nel comune di Tramonti di Sotto in Provincia di Pordenone (Friuli Venezia Giulia). Nel restante tratto, posto più a monte nel comune di Tramonti di Sopra, il Meduna scorre incassato all'interno di gole profonde e gli insediamenti antropici risultano essere praticamente inesistenti; in tali condizioni non vi è presenza di rischio idraulico.

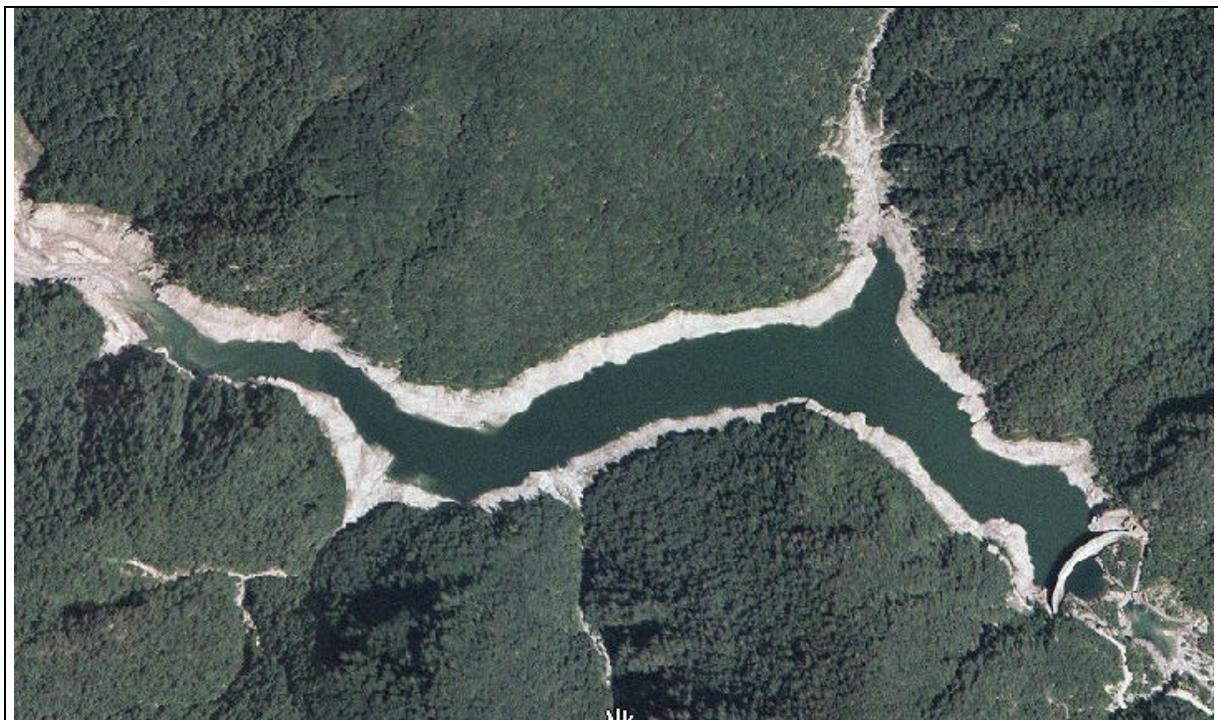


Figura 2.1: vista aerea del bacino di Ca' Zul

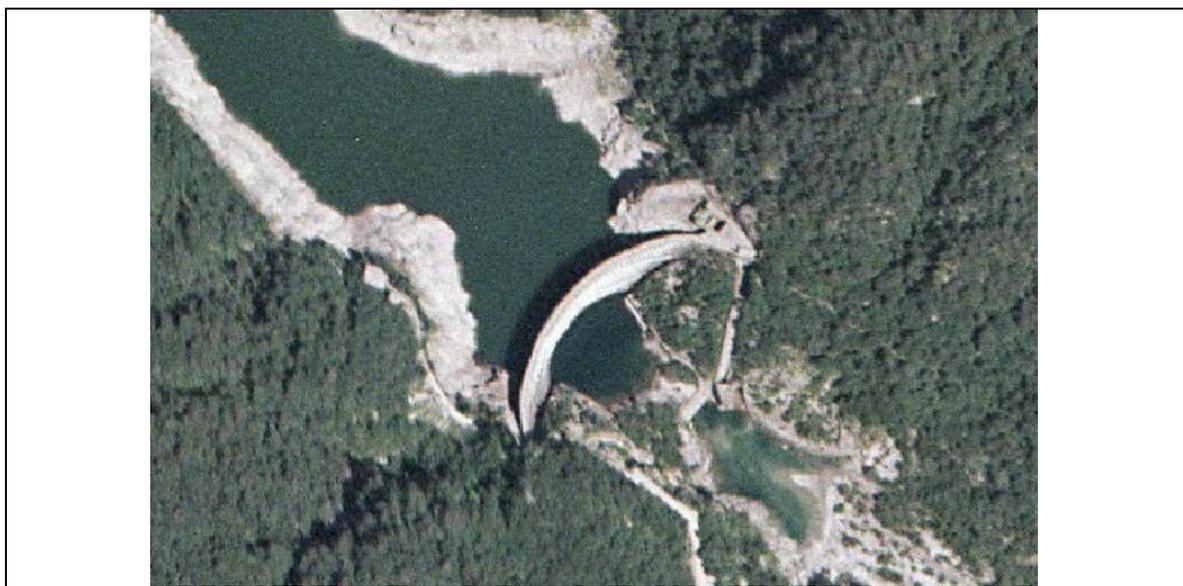


Figura 2.2: dettaglio aereo della diga di Ca' Zul



Figura 2.3: vista da monte e da valle della diga di Ca' Zul

Anche tra Pradis e la confluenza del Viela l'alveo risulta oltre 10 m sotto la quota sia del piano campagna, sia delle abitazioni che delle strade laterali; anche tra la confluenza del Viela e quella del Chierchia prima di Tramonti di Sotto, nella zona sportiva, l'alveo risulta molto largo e profondo alcuni metri, e quindi risulta in grado di far defluire portate assai elevate.

Le sezioni di gran lunga più critiche risultano quelle a valle della confluenza del Chierchia, ad ovest di Tramonti di Sotto, in corrispondenza della confluenza del torrente Tiarcenò, dove l'alveo risulta non molto largo e, soprattutto, poco profondo, come visibile nelle sezioni dell' **Allegato B**.



Figura 2.4: fase di costruzione della diga di Ca' Zul

Dal punto di vista morfologico, molto frequente è la presenza di barre, formatesi per la deposizione del materiale d'alveo, le quali dividono il flusso della vena liquida in due o più parti.

Numerose sono poi le opere di difesa spondale che sono state costruite a Tramonti di Sotto, tra le quali argini e pennelli. In prossimità dell'immissione nel lago si nota la presenza di una zona di espansione golenale dalle notevoli dimensioni.

Dal punto di vista degli insediamenti antropici, questi sono localizzati dopo la località Pradis e raggiungono il massimo sviluppo nel comune di Tramonti di Sotto.

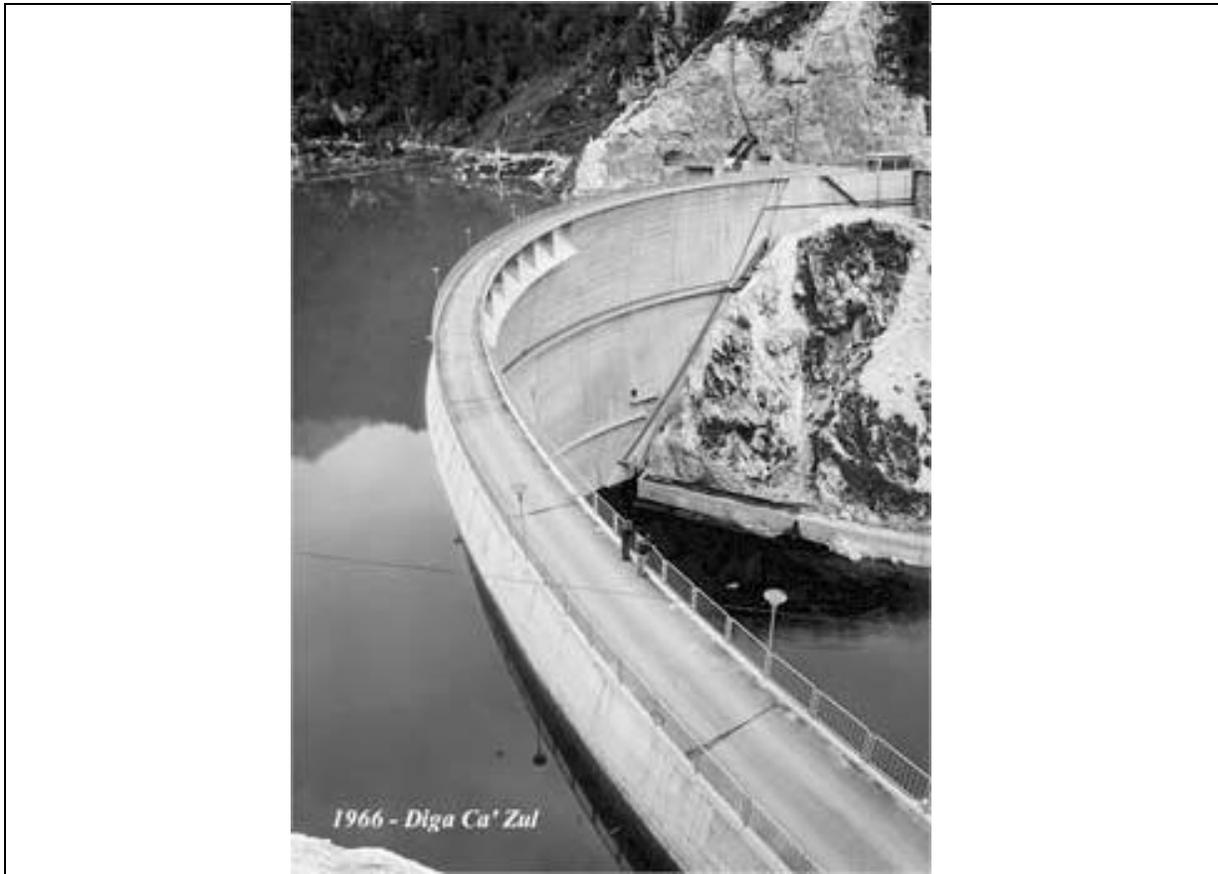


Figura 2.5: diga di Ca' Zul a fine costruzione

Per quanto riguarda la determinazione delle caratteristiche delle sezioni, riportate in **Allegato B**, sono stati utilizzati i dati proposti dal Concessionario EDISON S.p.A.; nella planimetria riportata in **Allegato A** è poi rappresentato il tronco del corso d'acqua preso in esame nello studio, ed è indicata la posizione delle sezioni trasversali di calcolo.

Per il coefficiente di *Manning* (n), parametro che rappresenta la scabrezza delle sezioni, necessario per implementare il codice di calcolo utilizzato per le simulazioni (paragrafo 3.1), è stato adottato un valore pari a $0,07 \text{ s/m}^{1/3}$ ed è indicato nei tabulati in **Allegato C**.

3 RELAZIONE TECNICA: CALCOLI IDRAULICI

3.1 IL MODELLO MATEMATICO ADOTTATO

Per operare un'analisi dell'andamento del pelo libero lungo l'intero bacino si è implementato il software *HEC RAS* il quale è in grado di simulare l'andamento idraulico monodimensionale del tirante in canali naturali o artificiali sia in condizioni di fondo mobile che fisso.

Ai fini del progetto il programma è stato utilizzato con l'opzione *Steady Flow Water Surface Profiles* che consente di calcolare il profilo del pelo libero in condizione di variazione istantanea della portata in regime subcritico, supercritico o vario.

La procedura di computazione è basata sulla soluzione dell'equazione monodimensionale dell'energia; le perdite energetiche vengono considerate in funzione sia della scabrezza (coefficiente di *Manning*) che dei fenomeni di brusco allargamento o restringimento della sezione (direttamente proporzionale al quadrato della velocità). L'equazione di conservazione della quantità di moto viene utilizzata nei casi in cui si verificano repentine variazioni del profilo, situazioni che includono i salti idraulici, l'idraulica dei ponti e la valutazione dei profili in corrispondenza di confluenze con altri torrenti.

Anche gli effetti di ostruzione provocati da strutture quali le pile e le travature dei ponti vengono considerati dal programma.

Il profilo della superficie libera viene computato tra due sezioni successive risolvendo l'equazione dell'energia (3.1) con un processo iterativo chiamato *standard step method*.

$$Y_2 + Z_2 + \frac{\alpha_2 v_2^2}{2g} = Y_1 + Z_1 + \frac{\alpha_1 v_1^2}{2g} + h_e \quad (3.1)$$

dove Y_1 e Y_2 rappresentano il tirante nelle due sezioni successive, Z_1 e Z_2 quota del canale principale, v_1 e v_2 le velocità medie, α_1 e α_2 coefficienti di *Coriolis*, g accelerazione di gravità ed h_e perdita di energia.

In Figura 3.1 è schematizzato il processo seguito dal programma per il calcolo del pelo libero; p rappresenta la pressione idrostatica che insiste sulla sezione i -esima, W la forza peso.

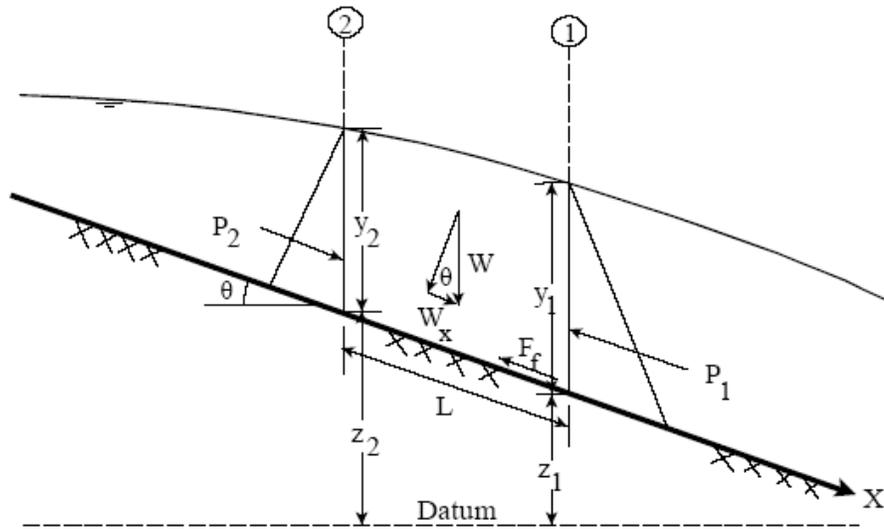


Fig 3.1 : applicazione della conservazione della quantità di moto

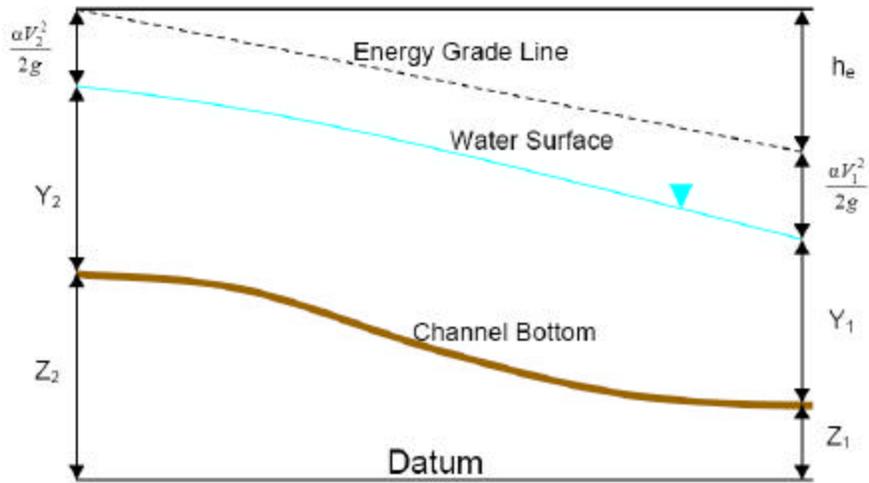


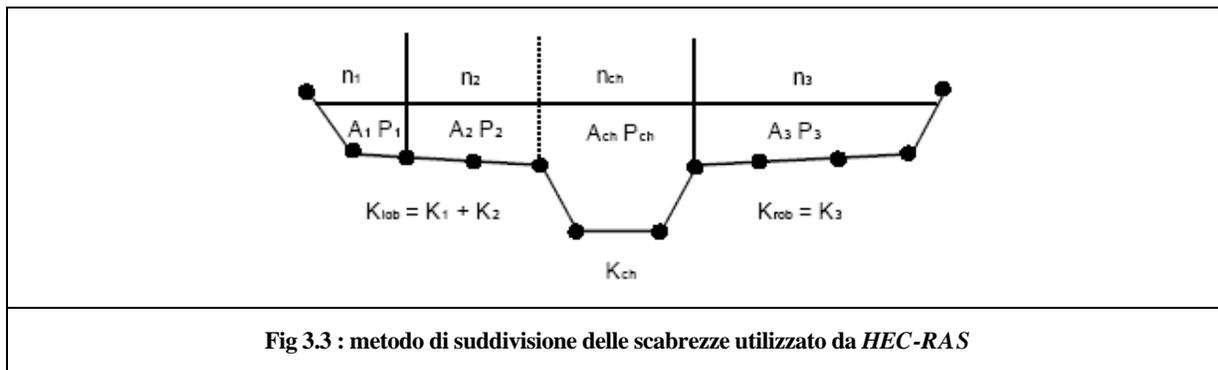
Fig 3.2 : rappresentazione dei termini nell'equazione dell'energia

Le perdite di energia h_e seguono la (3.2):

$$h_e = L S_f + C \left(\frac{\alpha_1 v_1^2}{2g} - \frac{\alpha_2 v_2^2}{2g} \right) \quad (3.2)$$

dove L rappresenta la variazione media per unità di lunghezza della portata, S_f la pendenza tra le due sezioni e C il coefficiente di espansione o contrazione.

La determinazione dei coefficienti in gioco richiede che il flusso sia suddiviso in unità all'interno delle quali la velocità sia uniformemente distribuita; l'approccio utilizzato da *HEC-RAS* consiste nel suddividere tali zone dove si verificano variazioni del coefficiente di *Manning*. Il programma somma tutti i coefficienti di scabrezza nelle sottozone per ottenere un valore rappresentativo per la sponda destra e per la sinistra mentre la scabrezza relativa al *talweg* viene mantenuta pari al valore inserito come *input*. Il coefficiente di scabrezza totale della sezione è ottenuto sommando i tre valori di scabrezza.



3.2 LE CONDIZIONI AL CONTORNO DEL MODELLO

Per poter funzionare correttamente il programma chiede, come dato da inserire a video, le condizioni idriche del pelo libero a monte ed a valle; per quanto riguarda la prima si è fornito il valore della pendenza dell'alveo in corrispondenza della sezione iniziale in modo che, applicando l'equazione di moto uniforme (3.3), il programma sia in grado di calcolare l'altezza del pelo libero per la prima sezione; la medesima operazione è stata effettuata per la condizione di valle, fornendo in questo caso la pendenza dell'alveo nell'ultima sezione.

$$Q(h) = \frac{A(h) R_h(h)^{2/3} i_f^{1/2}}{n} \quad (3.3)$$

dove :

- $Q(h)$ rappresenta la portata in funzione del tirante h [m^3/s]
- $A(h)$ rappresenta l'area della sezione di deflusso in funzione del tirante h [m^2]
- $R_h(h) = \frac{A(h)}{C(h)}$ rappresenta il raggio idraulico in funzione del tirante h [m]
- $C(h)$ rappresenta il contorno bagnato della sezione in funzione del tirante h [m]
- i_f rappresenta la pendenza del tratto in esame [-]

- n rappresenta il coefficiente di *Manning* [$s/m^{1/3}$].

Come *input HEC-RAS* richiede, inoltre, l'inserimento del coefficiente di scabrezza di *Manning*, relativo sia al fondo che alle sponde, pari $0,07 s/m^{1/3}$, secondo quanto affermato nel Capitolo 2.

Nell'*output* grafico dell'*HEC-RAS* (**Allegato B**) vengono rappresentate le immagini relative alle sezioni nel caso in cui transiti la massima portata calcolata nella simulazione (Capitolo 3.3).

Nella tabella riepilogativa in **Allegato C**, vengono invece riportati i risultati numerici relativi alla stessa simulazione.

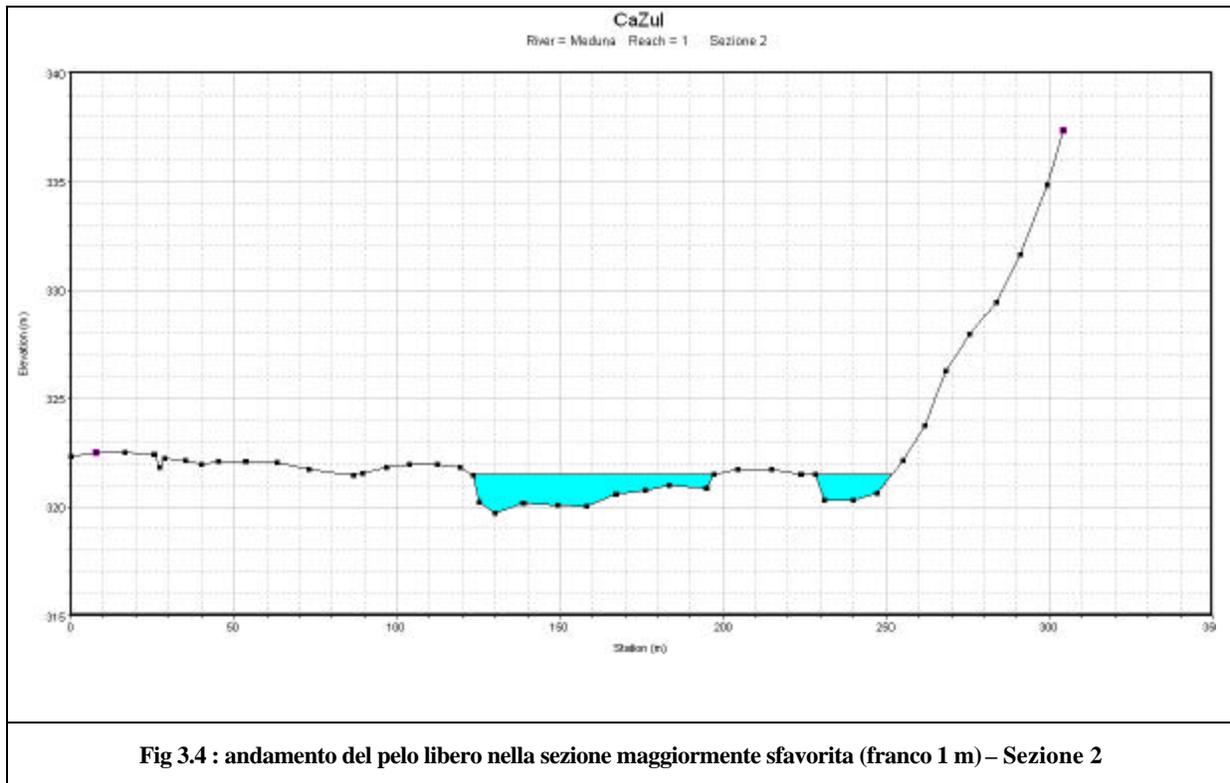
3.3 RISULTATI IDRAULICI DEL MODELLO

Come già affermato nel Capitolo 2 nel presente studio è stato considerato solo l'ultimo tratto del torrente Meduna poiché nella zona a monte il corso d'acqua scorre all'interno di profonde gole; in tal caso, pertanto, il rischio idraulico risulta nullo.

Per quel che riguarda la simulazione, è stato riscontrato che la sezione critica del torrente risulta essere posta in **Sezione 2** (Figura 3.4); questa sezione, infatti, presenta una quota di argine sinistro pari a 322,51 m s.l.m. a fronte di un tirante la cui quota è di 321,51 m s.l.m.

In tali condizioni la **massima portata transitabile con franco di un metro** risulta pari a **90 m³/s**.

In **Allegato C** vengono riportati i risultati relativi ad ogni sezione.



È poi stata effettuata una seconda simulazione avente lo scopo di determinare la **massima portata transitabile con franco nullo**; il valore ottenuto risulta pari a **285 m³/s** ed, anche in questo caso, la sezione critica risulta essere in corrispondenza della **Sezione 2**, la quale presenta una quota di argine sinistro pari a 322,51 m s.l.m. a fronte di un tirante la cui quota è di 322,49 m s.l.m.

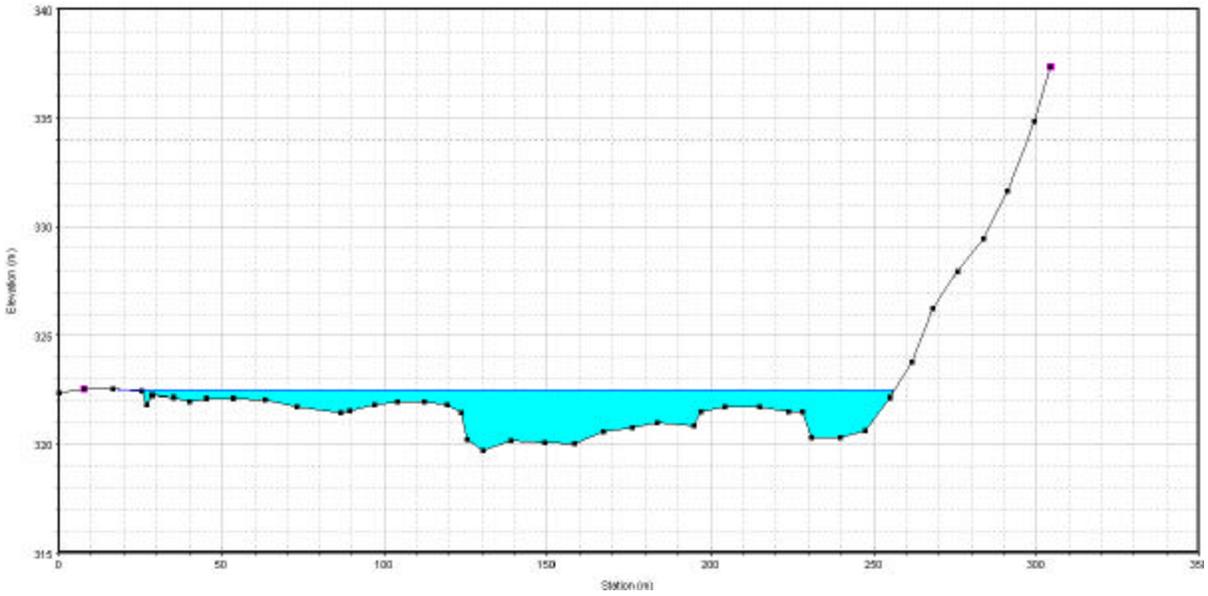


Fig 3.5 : andamento del pelo libero nella sezione maggiormente sfavorita (franco nullo) – Sezione 2

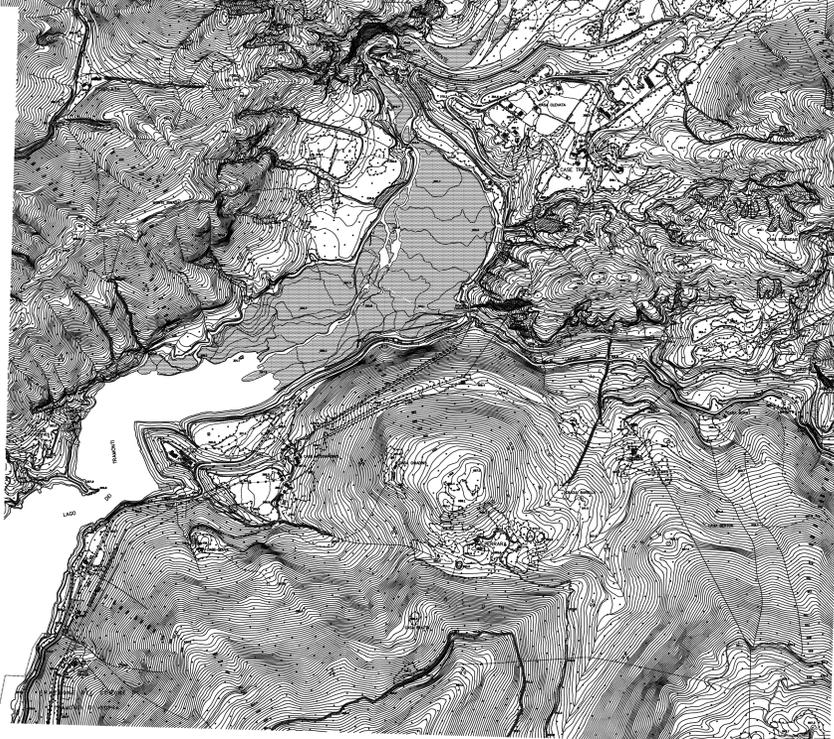
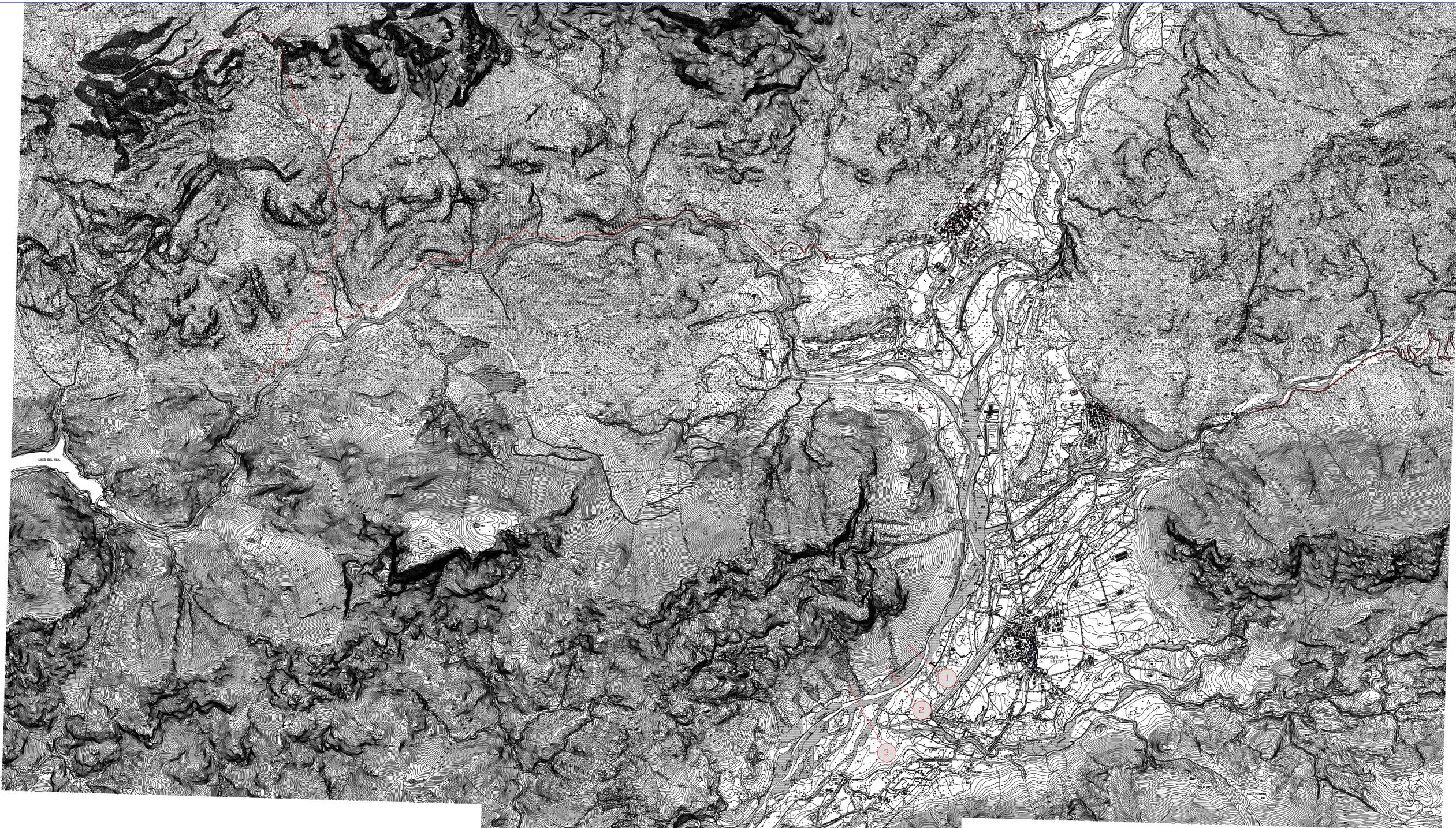
TRENTO, dicembre 2006

ing. Franco GARZON



ALLEGATO A

Inquadramento planimetrico scala 1:1 0000



DIGA DI CA' ZUL
CALCOLO DELLA MASSIMA PIENA TRANSIBILE A VALLE
 ex Circ. DSTN/2/22806 - COROGRAFIA

COMMESSA: LEW034 CODIFICA: G I T F 0 1 6 0 0 E 3 5 SCALA: 1:10.000

REV.	DESCRIZIONE	REDATTO	DATA	VERIFICATO	DATA	APPROVATO	DATA
1	Emissione	PR	04.03.2008	GR	04.03.2008	GR	04.03.2008
2							
3							
4							

PROGETTORE: PR
 VERIFICATORE: GR
 REDAZIONE: SEBASTIANI
 APPROVATORE: GR



ALLEGATO B

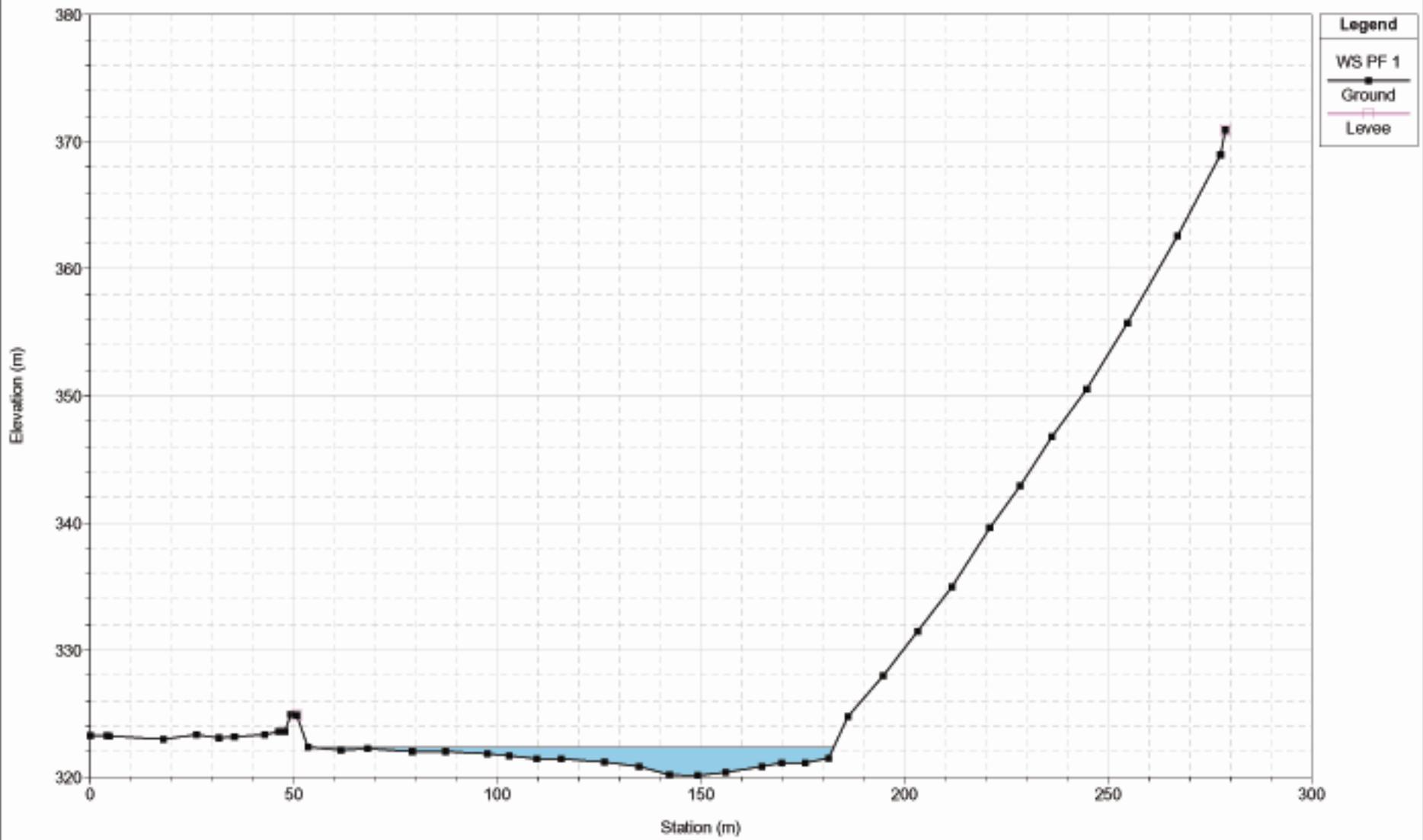
Sezioni n° 1, 2 e 3 per i due casi:

portata $Q = \underline{90 \text{ m}^3/\text{s}}$;

portata $Q = \underline{285 \text{ m}^3/\text{s}}$;

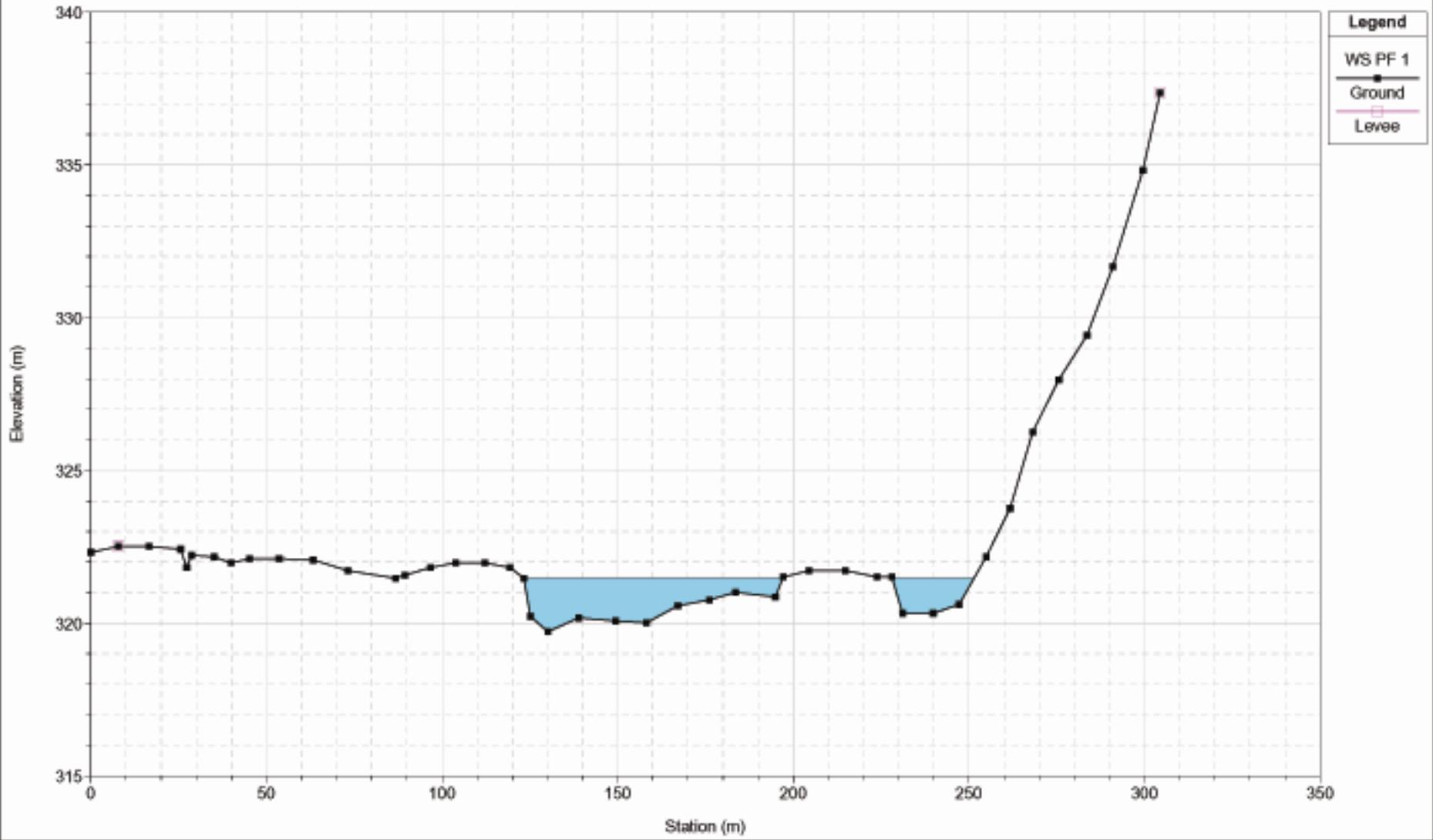
CaZul

River = Meduna Reach = 1 Sezione 1



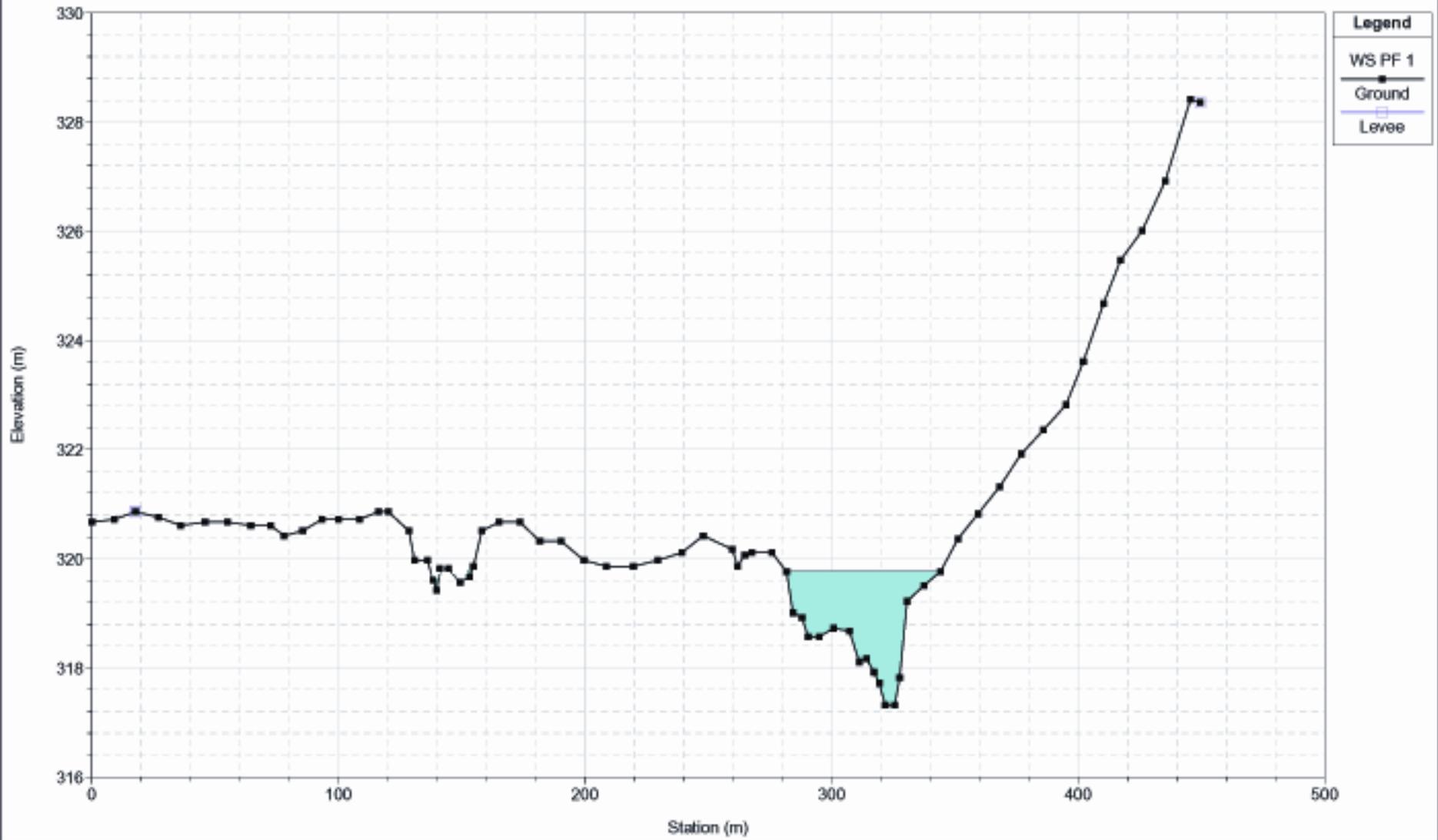
CaZul

River = Meduna Reach = 1 Sezione 2



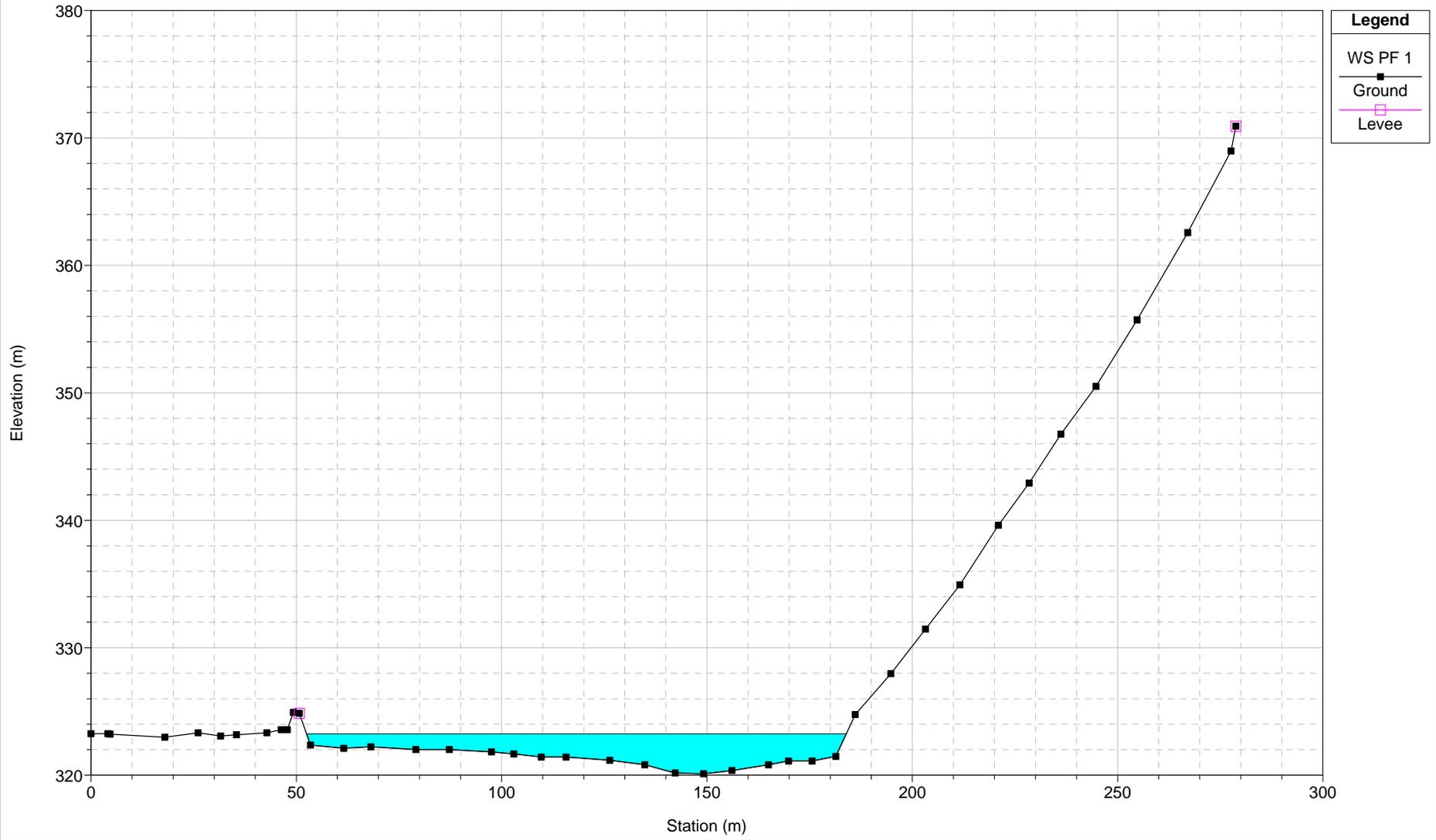
CaZul

River = Meduna Reach = 1 Sezione 3



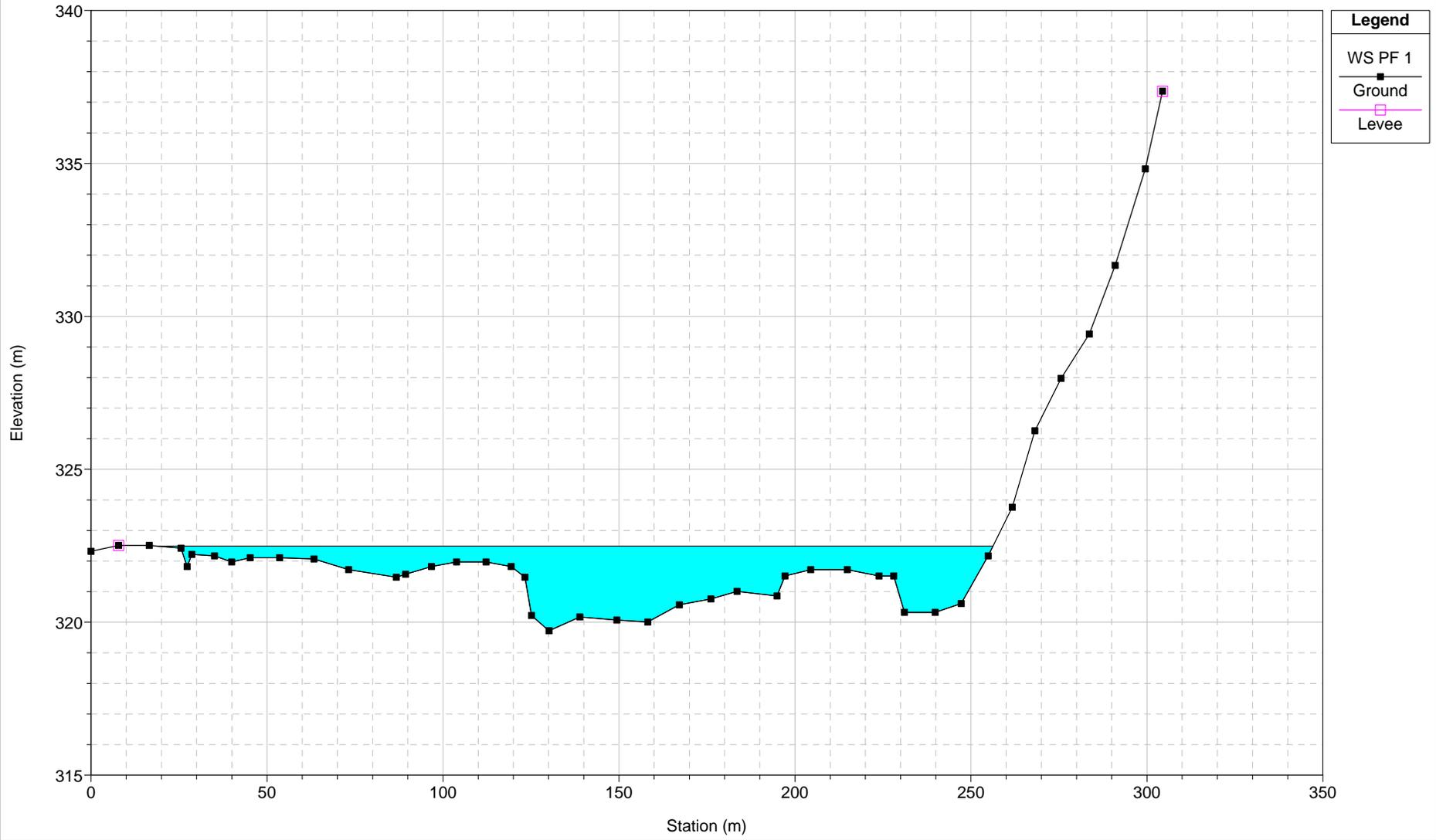
CaZul

River = Meduna Reach = 1 Sezione 1



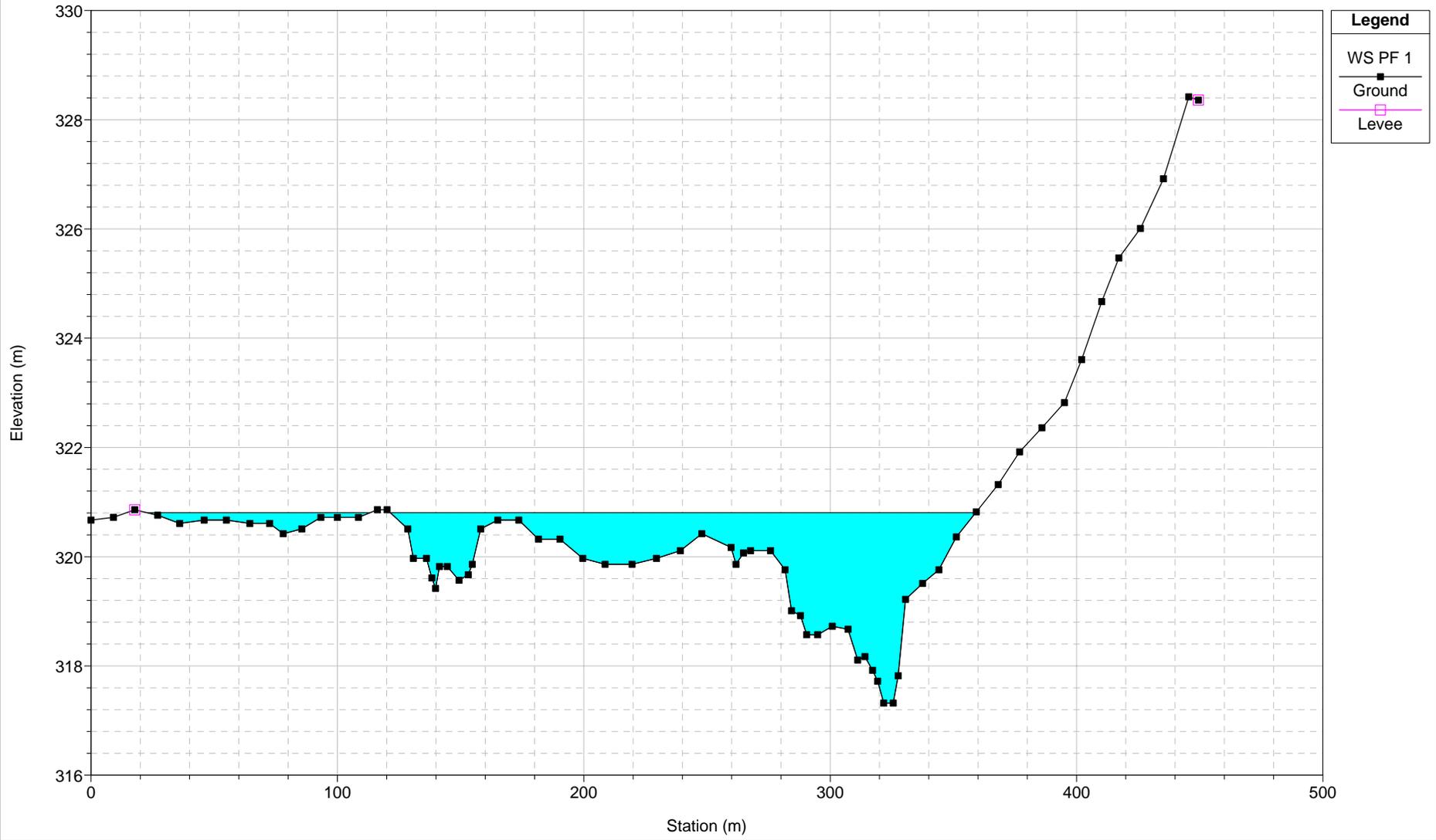
CaZul

River = Meduna Reach = 1 Sezione 2



CaZul

River = Meduna Reach = 1 Sezione 3





ALLEGATO C

Tabelle dei risultati

Tab. 1 - Risultati relativi alla simulazione con portata costante pari a 90 m³/s

DIGA DI CA' ZUL

SEZ.	PROGR.	FONDO	ALTEZZE	QUOTA P.L.	VELOCITA'	Froude	FRANCO MIN	n
	(m)	(m s.m.)	(m)	(m)	(m/s)		(m)	(s/m ^{1/3})
1	9894.00	320.11	2.18	322.29	0.74	0.24	2.57	0.070
2	10124.00	319.72	1.79	321.51	0.88	0.28	1.00	0.070
3	10443.00	317.32	2.46	319.78	1.21	0.39	1.08	0.070

Tab. 2 - Risultati relativi alla simulazione con portata costante pari a 285 m³/s

DIGA DI CA' ZUL

SEZ.	PROGR.	FONDO	ALTEZZE	QUOTA P.L.	VELOCITA'	Froude	FRANCO MIN	n
	(m)	(m s.m.)	(m)	(m)	(m/s)		(m)	(s/m ^{1/3})
1	9894.00	320.11	3.14	323.25	1.16	0.27	1.61	0.070
2	10124.00	319.72	2.77	322.49	1.00	0.29	0.02	0.070
3	10443.00	317.32	3.49	320.81	1.07	0.38	0.05	0.070