

S.F.T.R.F. S.A.
Société Française du Tunnel du Fréjus
S.I.T.A.F. S.p.A.
Società Italiana Traforo Autostradale Fréjus

**TRAFORO AUTOSTRADALE DEL FREJUS
GALLERIA DI SICUREZZA
OPERE ESTERNE LATO ITALIA: RECUPERO
AMBIENTALE E OPERE DI MITIGAZIONE
PROGETTO DEFINITIVO**

RELAZIONE IDRAULICA GENERALE

LOMBARDI SA
INGEGNERI CONSULENTI



INDICE

	pagina
1. PREMESSE	1
2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO	2
3. STUDIO DI COMPATIBILITÀ	2
3.1 Assetto geometrico dell'alveo	3
3.2 Caratteristiche morfologiche dell'alveo	3
3.3 Caratteristiche granulometriche del materiale dell'alveo	3
3.4 Caratteristiche ambientali e paesistiche della regione fluviale	4
3.5 Portate di piena	4
3.6 Opere di difesa idraulica	8
3.7 Manufatti interferenti	8
3.8 Modalità di deflusso in piena	8
3.8.1 Metodo di calcolo	9
3.8.2 Condizioni al contorno	9
3.8.3 Condizioni fisiche di riferimento	9
3.8.4 Coefficiente di scabrezza	10
3.8.5 Effetto di rigurgito provocato da restringimenti e da pile	10
3.8.6 Erosioni localizzate attorno alle fondazioni	10
3.9 Effetto degli interventi in progetto	11
3.9.1 Modifiche indotte sul profilo involuppo di piena	11
3.9.2 Riduzioni della capacità d'invaso	11
3.9.3 Interazione con le opere di difesa idrauliche esistenti	12
3.9.4 Modifiche indotte sull'assetto morfologico planimetrico e altimetrico dell'alveo	12
3.9.5 Modifiche indotte sulle caratteristiche naturali e paesaggistiche della regione fluviale	12
3.9.6 Condizioni di sicurezza dell'intervento rispetto alla piena	13

Allegati:

- 1) Risultati HEC-RAS
- 2) Confronto tra franco minimo e franco di progetto

1. PREMESSE

La presente relazione illustra le verifiche idrauliche per la sistemazione del torrente Rochemolles nel tratto relativo agli interventi di riqualificazione dell'imbocco italiano del Traforo del Fréjus.

Le opere di sistemazione in progetto consistono in:

- demolizione parziale della platea sfondata;
- disalveo del torrente mantenendo i massi ciclopici presenti e recuperando i massi di adeguate dimensioni da utilizzare per gli altri interventi;
- realizzazione di step pool in corrispondenza delle soglie esistenti con massi vincolati alle briglie e alle scogliere esistenti;
- realizzazione di nuovi step pool con massi vincolati con putrelle;
- protezione del piede delle arginature esistenti con scogliere in massi vincolati;
- infissione di talee di *Salix spp.* nelle scogliere esistenti;
- consolidamento delle arginature in sponda sinistra mediante micropali;
- consolidamento delle arginature in sponda destra in corrispondenza del viadotto dell'imbocco mediante micropali.

Inoltre, le verifiche sono state estese al nuovo attraversamento, in sostituzione della fatiscente passerella metallica esistente, al ponte della viabilità di servizio ed al viadotto esistente che porta all'imbocco, oggetto di allargamento.

Il progetto ha recepito le indicazioni fornite dallo Studio di Impatto Ambientale redatto da MUSI.NET S.p.a. allegato al progetto preliminare.

2. **NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

Per le considerazioni progettuali dell'intervento in oggetto sono state osservate le seguenti norme in vigore:

- Direttiva "Criteri per la valutazione della compatibilità idraulica delle infrastrutture pubbliche e di interesse pubblico all'interno delle fasce A e B"- deliberazione n. 2/99, in data 11.05.1999, del Comitato Istituzionale Autorità di Bacino del Fiume Po;

3. **STUDIO DI COMPATIBILITÀ**

Obiettivo dello studio idraulico, come richiesto dalle Autorità Competenti in sede di istruttoria nell'approvazione del progetto preliminare, è di quantificare su base statistica l'entità del fenomeno di piena più gravoso (con tempi di ritorno pari a 200 e 500 anni), orientando, in funzione di esso, le scelte progettuali e garantire la sicurezza delle strutture limitrofe all'asta torrentizia.

Tale aspetto è verificato sia per i manufatti di proprietà SITAF, esistenti e nuovi, sia per le aree adiacenti.

Lo studio di compatibilità idraulica per la realizzazione delle nuove opere si compone dei seguenti punti, che costituiscono la caratterizzazione conoscitiva del sistema fluviale e la valutazione degli effetti ascrivibili al progetto di intervento:

1. assetto geometrico dell'alveo;
2. caratteristiche morfologiche dell'alveo;
3. caratteristiche granulometriche del materiale dell'alveo;
4. caratteristiche ambientali e paesistiche della regione fluviale;
5. portate di piena;
6. opere di difesa idraulica;
7. manufatti interferenti;
8. modalità di deflusso in piena;
9. effetti degli interventi in progetto.

3.1 Assetto geometrico dell'alveo

Nel tratto interessato dagli interventi, il torrente Rochemolles ha uno sviluppo planimetrico curvilineo, con il tratto terminale che si riporta rettilineo in corrispondenza dei due viadotti esistenti in c.a. (viadotto imbocco e viadotto viabilità di servizio).

L'andamento planimetrico non viene rettificato, come pure la larghezza utile del fondo alveo, mentre viene rettificato l'andamento altimetrico con asportazione del materiale sedimentato.

Per i dati riguardanti le arginature, attuali e di progetto, le larghezze del fondo alveo e le pendenze longitudinali si rimanda alle tavole progettuali.

3.2 Caratteristiche morfologiche dell'alveo

Il tratto di torrente a monte del piazzale del Traforo del Fréjus risulta arginato per un tratto di circa 600 m con massicciate, briglie e pennelli prefabbricati in cls, mentre quello a valle che confluisce nella conca di Bardonecchia non presenta alcuna arginatura artificiale.

L'attuale tendenza evolutiva del Torrente è caratterizzata da intensi fenomeni erosivi lungo il tratto arginato in prossimità della zona di imbocco del Traforo Autostradale del Fréjus, con approfondimento del letto dell'alveo, scalzamento alla base delle opere di difesa spondale e sottoescavazione a valle delle soglie.

Gli interventi in progetto sono mirati all'eliminazione dei fenomeni erosivi sopra menzionati.

3.3 Caratteristiche granulometriche del materiale dell'alveo

I depositi alluvionali relativi all'alveo attuale del torrente Rochemolles sono costituiti prevalentemente da clasti eterometrici, poligenici, angolosi o subarrotondati,

frammisti a matrice sabbioso-ghiaiosa con una colorazione prevalentemente grigia conferita dalla prevalenza litologica dei calcescisti.

I depositi derivano dall'attività torrentizia che si caratterizza soprattutto per l'elevatissima capacità di trasporto solido alimentata principalmente dalle frane attive a monte del tratto oggetto di intervento.

3.4 Caratteristiche ambientali e paesistiche della regione fluviale

Per la caratterizzazione ambientale e paesistica della regione fluviale si rimanda allo Studio di Impatto Ambientale redatto da MUSI.NET S.p.a. allegato al progetto preliminare.

In aggiunta si sottolinea che la realizzazione delle nuove opere avviene in area antropizzata (piazzale Traforo del Fréjus e imbocco Traforo) senza una modifica sostanziale del paesaggio e dell'impatto acustico.

Le difese spondali saranno rinverdate con la messa a dimora di talee; la parte sommitale delle sponde sarà inerbita e piantumata con specie consolidanti arbustive autoctone.

L'allargamento del viadotto esistente che porta all'imbocco è minimo, 1,75 m per parte. La nuova passerella carrabile metallica è posizionata a circa 15 m più a monte dell'attuale. Il ponte di servizio esistente non viene interessato dai lavori in oggetto.

Tutti gli attraversamenti interessanti il tratto di asta torrentizia esaminata, esistenti ed in progetto, hanno la quota dell'intradosso dell'impalcato superiore alla quota di testa delle arginature.

3.5 Portate di piena

I dati sul bacino idrografico del torrente Rochemolles e sulle portate di piena sono stati desunti dalla relazione idrologica-idraulica redatta dal Consorzio Forestale

Alta Valle di Susa nell'ambito del progetto "Interventi di arginatura tratto terminale torrente Rochemolles" del marzo 2004, commissionato dal Comune di Bardonecchia.

L'affidabilità di tali dati è confermata dal confronto di questi con l'analisi idrologica del torrente Rochemolles finalizzata alla revisione del P.R.G.C. del Comune di Bardonecchia, redatta dall'ing. Martina.

Nella valutazione delle portate di piena non si è preso in considerazione l'effetto di laminazione (conservativo) del bacino ENEL a monte; tale aspetto è valido ovviamente in caso di corretta gestione dell'invaso artificiale da parte dell'ENEL, di concerto e coordinandosi con le Autorità di Protezione Civile in caso di eventi eccezionali.

Non essendo disponibili misurazioni dirette dei valori di portata o dei livelli idrometrici, il calcolo dei valori di portata di massima piena è stato condotto ricorrendo a metodi indiretti di valutazione. Al fine di determinare i valori pluviometrici è stata assunta la curva di possibilità climatica seguente:

$$h = a \cdot \left(\frac{t}{24} \right)^{n, n^*}$$

dove:

- | | | |
|----------|---|---|
| h | = | altezza di pioggia espressa in mm |
| t | = | durata della precipitazione espressa in giorni |
| a, n, n* | = | parametri corrispondenti alle caratteristiche pluviometriche: per precipitazioni superiori alle 24 ore si assumono i valori di n, mentre per durate inferiori alle 24 ore si utilizza n*; a ed n dipendono dal tempo di ritorno adottato. |

Sulla base delle curve individuate, la determinazione della portata di progetto è stata condotta mediante l'adozione del modello cinematico o di corrivazione.

Il modello si basa sulle seguenti ipotesi:

- la formazione della piena risulta essenzialmente legata ad un fenomeno di trasferimento della massa liquida;

- ogni particella d'acqua presenta un movimento sulla superficie del bacino idrografico invariabile nel tempo che risulta legato esclusivamente alla posizione assunta dalla particella medesima;
- ogni particella d'acqua nel proprio moto di trasferimento lungo il bacino, dalla sua posizione originaria alla sezione di chiusura, non risulta influenzata dalla presenza di altre particelle;
- la portata complessiva si ottiene come somma dei contributi elementari delle singole particelle precipitate che nello stesso istante si trovano nella sezione di chiusura considerata.

Il modello assunto a base progettuale per la determinazione della portata di piena individua come durata critica della precipitazione quella corrispondente ad un tempo pari a quello di corrivazione.

Il tempo di corrivazione, rispetto alla sezione di chiusura, è espresso in ore ed è stato calcolato mediante la formula di Giandotti:

$$t_c = \frac{4 \cdot \sqrt{A} + 1,5 \cdot L}{0,8 \cdot \sqrt{H}} \quad [\text{ore}] \quad (1)$$

dove:

A = superficie del bacino [km²]

L = lunghezza dell'alveo estesa fino allo spartiacque [km]

H = altitudine media del bacino rispetto alla sezione di chiusura [m]

Per il calcolo della portata di piena, la formulazione adottata è quella di Giandotti:

$$Q_{max} = \frac{C \cdot h \cdot A}{3,6 \cdot t_c} \quad [\text{m}^3/\text{s}] \quad (2)$$

dove:

Q_{max} = portata massima al colmo [m³/s]

C = coefficiente di deflusso, che dipende dalle caratteristiche di Drenaggio del bacino

h = altezza di pioggia critica [mm]

In sintesi si riportano di seguito i dati inerenti il bacino idrografico e le portate di piena:

- Area bacino = 45 km²;
- Lunghezza asta principale = 15,3 km;
- Altitudine media ipsometrica rispetto alla sezione di chiusura= 1.917 m;
- Coefficiente di deflusso = 0,6
- Tempo di corrivazione = 2,43 h

T_R (anni)	Coeff. a	Coeff. n	Coeff. n*	h (mm)
200	163,6372	0,470356	0,457657	57,35
500	182,0272	0,475461	0,455423	64,12

Tabella 1: Coefficienti dell'equazione di possibilità climatica e altezze di pioggia critiche

T_R (anni)	Q_c (m³/s)
200	177
500	198

Tabella 2: Portate massime al colmo per tempi di ritorno di 200 e 500 anni

3.6 Opere di difesa idraulica

Le opere di difesa idraulica presenti nel tratto di corso d'acqua interessato sono costituite da:

- arginature in pietra e malta su sponda destra;
- arginature in c.a. su sponda sinistra;
- briglie in calcestruzzo armato con relative soglie.

Le nuove opere di difesa consistono in:

- realizzazione di step pool in corrispondenza delle soglie esistenti con massi vincolati alle briglie e alle scogliere esistenti;
- realizzazione di nuovi step pool con massi vincolati con putrelle;
- protezione del piede delle arginature esistenti con scogliere in massi vincolati;
- infissione di talee di *Salix* spp. nelle scogliere esistenti;
- consolidamento delle arginature in sponda sinistra mediante micropali;
- consolidamento delle arginature in sponda destra in corrispondenza del viadotto dell'imbocco mediante micropali.

Tutte le nuove opere sono volte a migliorare la stabilità dell'alveo nel suo complesso, (sponde, fondo) minimizzando l'azione erosiva della corrente.

3.7 Manufatti interferenti

Nel tratto di torrente interessato dai lavori vi sono tre attraversamenti, due esistenti e uno nuovo (in sostituzione di una passerella fatiscente); tutti sono ad unica campata con spalle a quota superiore alle arginature esistenti.

3.8 Modalità di deflusso in piena

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

3.8.1 Metodo di calcolo

Lo schema di calcolo del profilo idrico della corrente nel tratto di corso d'acqua in esame si basa su un moto stazionario monodimensionale (portata costante e geometria dell'alveo variabile). La geometria del torrente Rochemolles lungo un tratto di 240 m è stata modellata con il codice di calcolo uni-dimensionale HEC-RAS (Hydrologic Engineering Center - River Analysis System)

HEC-RAS utilizza un modello attualmente tra i più adeguati per il calcolo del pelo d'acqua di un fiume. Tale modello tiene conto della variazione delle dimensioni dell'alveo e delle singolarità localizzate (costituite da manufatti, bruschi restringimenti o allargamenti, variazioni di scabrezza, salti di fondo).

Il torrente Rochemolles è stato modellato con 13 sezioni rilevate lungo il tratto in esame (distanza tra due sezioni successive pari a 20 m). Nel modello sono state inoltre interpolate delle sezioni supplementari ogni 2 m allo scopo di aumentare la precisione del calcolo. In totale sono quindi state considerate più di 120 sezioni.

3.8.2 Condizioni al contorno

Il calcolo del profilo idrico nel tratto di corso d'acqua in esame è stato effettuato considerando le condizioni al contorno seguenti:

A monte: portata costante, e
altezza d'acqua corrispondente all'altezza normale associata alla pendenza dell'alveo pari a 3.94%.

A valle: non necessaria in quanto il deflusso è di tipo veloce.

3.8.3 Condizioni fisiche di riferimento

I calcoli idraulici per la definizione delle condizioni di deflusso sono stati condotti con riferimento alla situazione di progetto, andando a verificare le arginature ed il franco degli attraversamenti.

3.8.4 Coefficiente di scabrezza

Per la scelta del coefficiente di scabrezza si è utilizzata la tabella 2 riportata alle pagg. 21÷22 della Direttiva "Criteri per la valutazione della compatibilità idraulica delle infrastrutture pubbliche e di interesse pubblico all'interno delle fasce A e B"- deliberazione n. 2/99, in data 11.05.1999.

Si è assunto un coefficiente di scabrezza di Strickler pari a 25 ($m^{1/3}s^{-1}$).

3.8.5 Effetto di rigurgito provocato da restringimenti e da pile

Gli attraversamenti attuali e in progetto non costituiscono singolarità geometriche dell'alveo. Infatti gli schemi esistenti e progettuali adottati non generano restringimenti della sezione idraulica. Il posizionamento delle spalle esternamente alla sezione di deflusso e l'assenza di pile consentono di non arrecare effetti negativi sulle altezze idrometriche della corrente.

3.8.6 Erosioni localizzate attorno alle fondazioni

Le rapide variazioni d'intensità e di distribuzione della velocità della corrente liquida possono provocare fenomeni di erosione localizzata e diffusa, soprattutto se l'alveo è composto da materiale incoerente.

La realizzazione degli step pool e delle nuove scogliere con massi vincolati a protezione delle difese spondali esistenti, oltre ai consolidamenti degli argini in sponda sinistra, mirano a minimizzare tale effetto erosivo, prevenendo così possibili fenomeni di instabilità delle arginature e dei manufatti limitrofi, attraversamenti compresi.

I calcoli sono quindi stati effettuati mentendo l'alveo fisso, quindi senza considerare il trasporto solido.

3.9 Effetto degli interventi in progetto

3.9.1 Modifiche indotte sul profilo involuppo di piena

Alla luce dei dati idrologici e delle geometrie riportate sugli elaborati grafici di progetto sono state verificate le condizioni di deflusso nel tratto di torrente Rochemolles in esame per le piene con tempo di ritorno T_R 200 e 500 anni.

I risultati principali dei calcoli eseguiti con HEC-RAS sono riassunti in forma tabellare e grafica nell'Allegato 1.

Per tutta la tratta in esame il deflusso è di tipo veloce, con un numero di Froude compreso tra 1.3 e 2.0.

Come illustrato nel profilo longitudinale del corso d'acqua per le portate considerate, le step pool risultano sommerse. Le perdite di carico in corrispondenza di queste soglie risultano quindi di debole entità.

Sulla base dei livelli idrici calcolati, nella tabella dell'Allegato 2 è stato verificato che i seguenti valori di franco minimo sono garantiti:

per le arginature: 1,00 m dal pelo libero della corrente di piena all'estradosso dell'arginatura;
per i ponti: non inferiore a 0,5 volte l'altezza cinetica della corrente e comunque non inferiore a 1,00 m tra la quota idrometrica relativa alla piena di progetto e la quota di intradosso del ponte

3.9.2 Riduzioni della capacità d'invaso

Le opere in progetto non riducono il volume d'invaso dell'alveo in quanto gli attraversamenti sono tutti a quota superiore alle arginature e queste ultime vengono protette senza provocare una diminuzione della sezione idrica (le scogliere con massi vincolati andranno ad occupare zone interessate attualmente dai sedimenti grossolani da asportate).

3.9.3 Interazione con le opere di difesa idrauliche esistenti

Le briglie esistenti vengono consolidate con la realizzazione degli step pool.

Le arginature esistenti vengono rinverdite con talee e protette da scogliere con massi vincolati.

La difesa spondale sinistra viene consolidata con un ordine di micropali da realizzarsi tra il paramento in c.a. e la scogliera di protezione.

L'arginatura destra in corrispondenza del viadotto che porta all'imbocco viene consolidata con un ordine di micropali da realizzarsi tra il paramento in c.a. e la scogliera di protezione.

3.9.4 Modifiche indotte sull'assetto morfologico planimetrico e altimetrico dell'alveo

Gli interventi di disalveo del torrente e la demolizione della platea sfondata esistente comportano leggere rettifiche dell'assetto altimetrico dell'alveo, con modifiche alla pendenza longitudinale (rif. elaborati grafici progettuali).

Non si producono modifiche dal punto di vista planimetrico.

3.9.5 Modifiche indotte sulle caratteristiche naturali e paesaggistiche della regione fluviale

Rispetto alla situazione attuale non vengono introdotte modifiche alle caratteristiche naturali e della regione fluviale interessata dall'intervento.

La costruzione del nuovo attraversamento, in sostituzione della passerella fatiscente, non comporta una variazione sostanziale nell'ambito paesaggistico della zona.

L'allargamento del viadotto esistente di collegamento con l'imbocco del traforo è oggetto di specifico studio di mitigazione.

3.9.6 Condizioni di sicurezza dell'intervento rispetto alla piena

Alla luce dei risultati presentati nell'Allegato 1 si evince che le arginature e gli attraversamenti rispettano le condizioni di sicurezza descritte al paragrafo 3.9.1.

Una tabella riassuntiva delle condizioni di sicurezza è riportata nell'**Allegato 2**.

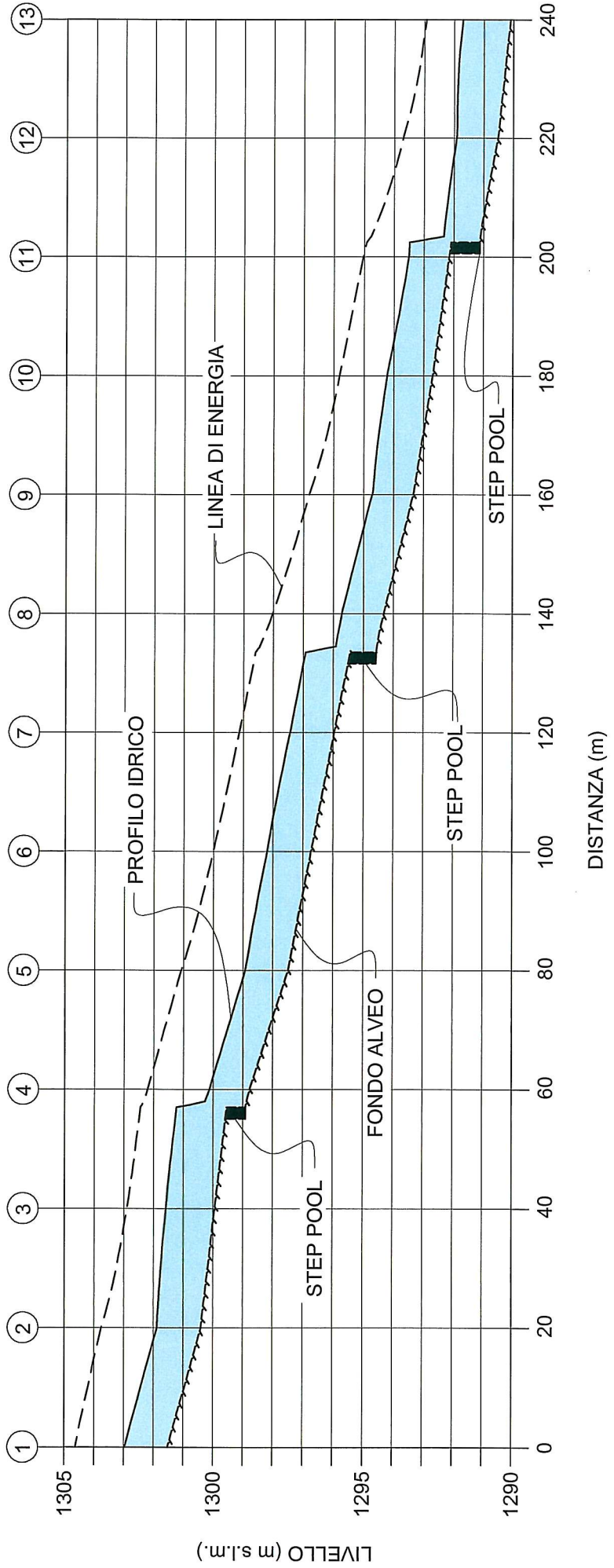
ALLEGATO 1

Risultati calcoli HEC-RAS

TORRENTE ROCHEMOLLES

PROFILO IDRICO PER $Q_{TR-200} = 177 \text{ m}^3/\text{s}$

Sezione N°	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Livello alveo (mlsm)	1301.52	1300.41	1299.95	1298.78	1297.49	1296.74	1295.95	1294.29	1293.32	1292.68	1292.14	1290.51	1290.09
Livello acqua (mlsm)	1302.97	1301.88	1301.58	1300.13	1298.93	1298.20	1297.42	1295.70	1294.69	1294.21	1293.50	1291.91	1291.70
Altezza acqua (m)	1.45	1.47	1.63	1.35	1.44	1.46	1.47	1.41	1.37	1.53	1.36	1.40	1.61
Velocità media (m/s)	5.71	6.07	5.09	6.38	6.50	5.96	5.78	6.71	6.42	5.55	5.44	5.90	4.89
N° di Froude (-)	1.61	1.76	1.39	1.91	1.93	1.70	1.66	2.00	1.88	1.58	1.52	1.66	1.28



Torrente Rochemolles nel tratto relativo agli interventi di riqualfificazione dell'imbocco italiano del Traforo del Fréjus
 HEC_RAS: risultati del calcolo idraulico

Piena tempo di ritorno TR = 200 anni

Portata = 177 m³/s

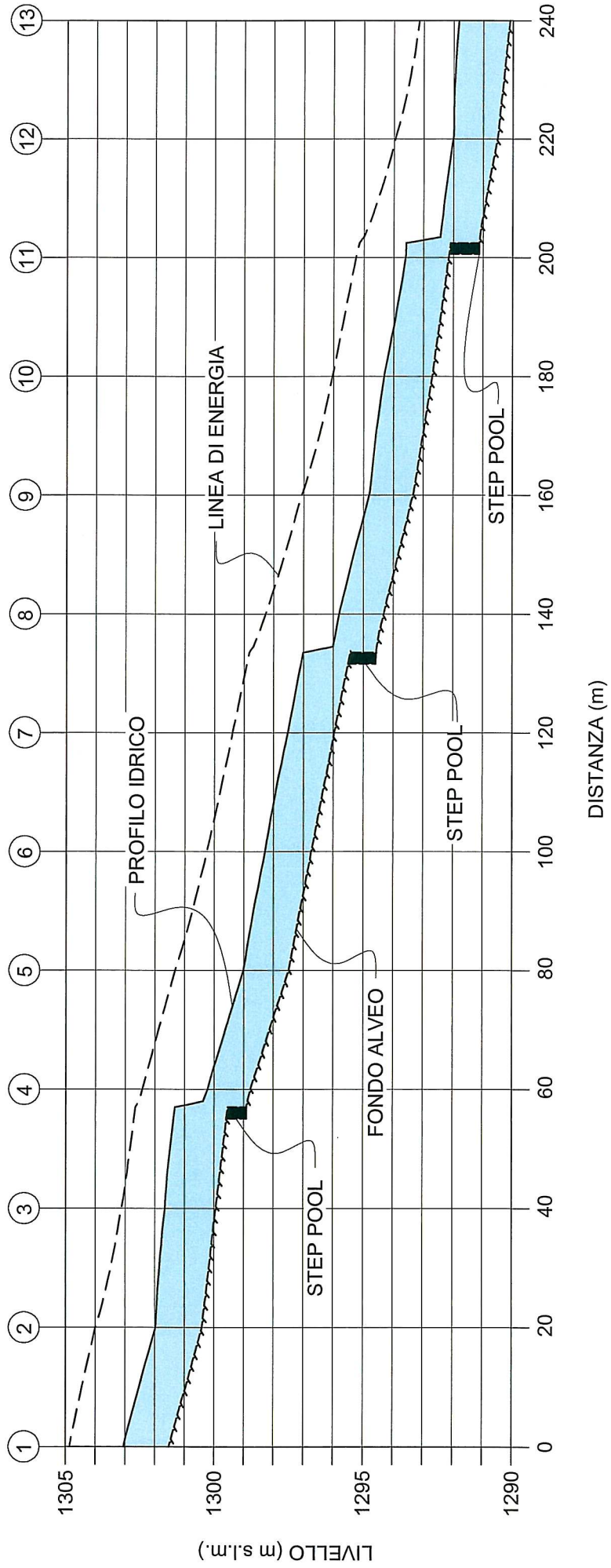
Scabrezza di Strickler = 25 m^{1/3}/s

N° Sezione	Progressiva [m]	Livello del alveo [m s.l.m.]	Livello dell'acqua [m s.l.m.]	Altezza d'acqua [-]	Livello di energia [m s.l.m.]	Pendenza linea di energia [-]	Velocità media [m/s]	Sezione bagnata [m ²]	Larghezza piano d'acqua [m]	N° di Froude
1	0	1301.52	1302.97	1.45	1304.63	0.0394	5.71	31.00	24.32	1.61
2	20	1300.41	1301.88	1.47	1303.76	0.0471	6.07	29.17	24.18	1.76
3	40	1299.95	1301.58	1.63	1302.90	0.0287	5.09	34.74	25.48	1.39
4	60	1298.78	1300.13	1.35	1302.21	0.0563	6.38	27.72	24.31	1.91
5	80	1297.49	1298.93	1.44	1301.08	0.0571	6.50	27.24	23.52	1.93
6	100	1296.74	1298.20	1.46	1300.01	0.0437	5.96	29.69	23.72	1.70
7	120	1295.95	1297.42	1.47	1299.13	0.0421	5.78	30.60	24.88	1.66
8	140	1294.29	1295.70	1.41	1297.99	0.0613	6.71	26.38	22.91	2.00
9	160	1293.32	1294.69	1.37	1296.79	0.0544	6.42	27.59	23.33	1.88
10	180	1292.68	1294.21	1.53	1295.79	0.0376	5.55	31.86	25.31	1.58
11	200	1292.14	1293.50	1.36	1295.01	0.0358	5.44	32.56	25.13	1.52
12	220	1290.51	1291.91	1.40	1293.68	0.0424	5.90	30.02	23.45	1.66
13	240	1290.09	1291.70	1.61	1292.92	0.0250	4.89	36.17	24.45	1.28

TORRENTE ROCHEMOLLES

PROFILO IDRICO PER $Q_{TR-500} = 198 \text{ m}^3/\text{s}$

Sezione N°	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Livello alveo (msm)	1301.52	1300.41	1299.95	1298.78	1297.49	1296.74	1295.95	1294.29	1293.32	1292.68	1292.14	1290.51	1290.09
Livello acqua (msm)	1303.06	1301.97	1301.66	1300.23	1299.02	1298.29	1297.51	1295.79	1294.79	1294.30	1293.59	1292.00	1291.81
Altezza acqua (m)	1.54	1.56	1.71	1.45	1.53	1.55	1.56	1.50	1.47	1.62	1.45	1.49	1.72
Velocità media (m/s)	5.95	6.30	5.37	6.56	6.72	6.21	6.03	6.93	6.66	5.81	5.68	6.15	5.12
N° di Froude (-)	1.63	1.77	1.43	1.89	1.93	1.72	1.68	2.00	1.90	1.60	1.54	1.68	1.30



Torrente Rochemolles nel tratto relativo agli interventi di riqualificazione dell'imbocco italiano del Traforo del Fréjus
 HEC_RAS: risultati del calcolo idraulico

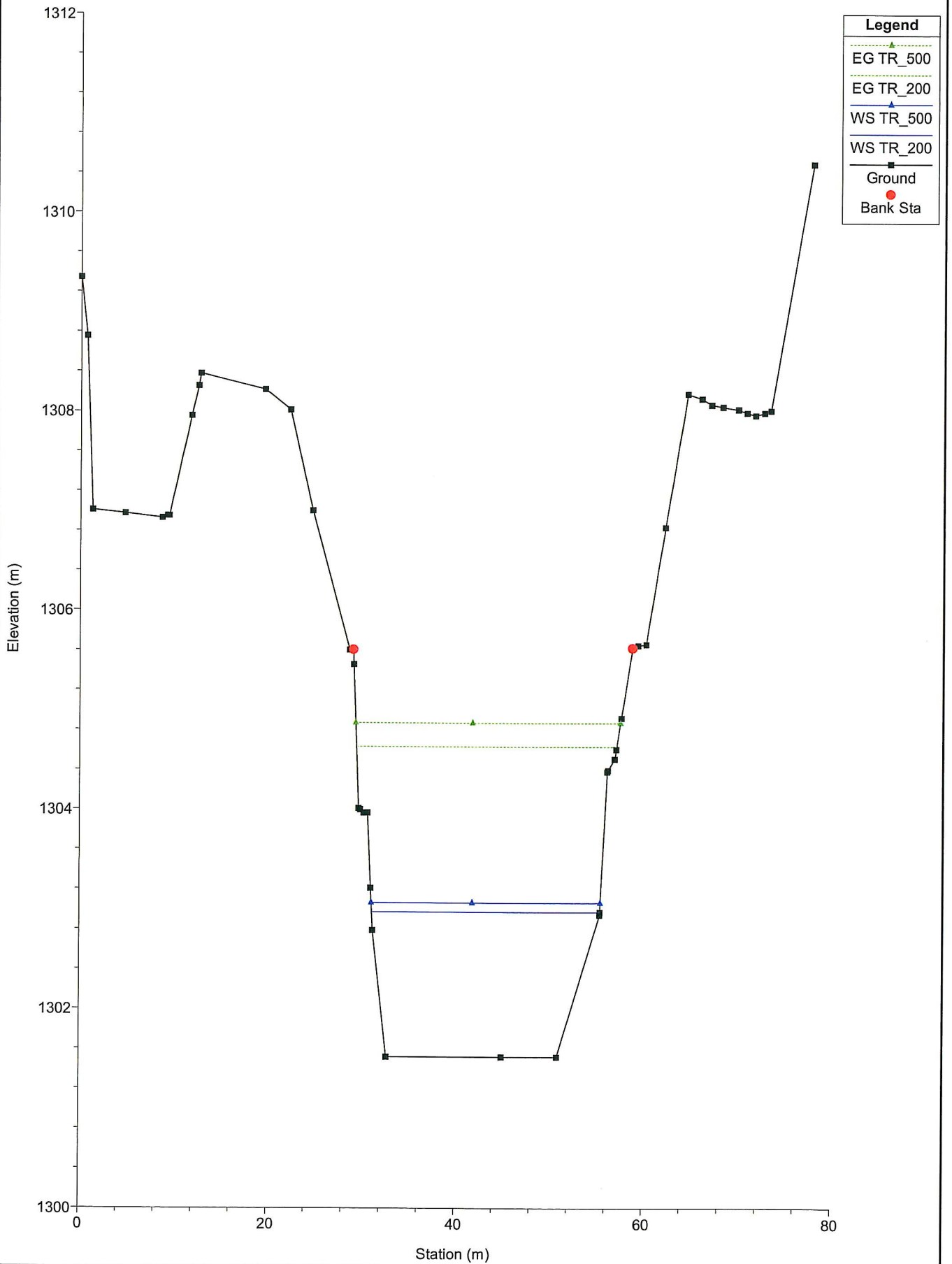
Piena tempo di ritorno TR = 500 anni

Portata = 198 m³/s

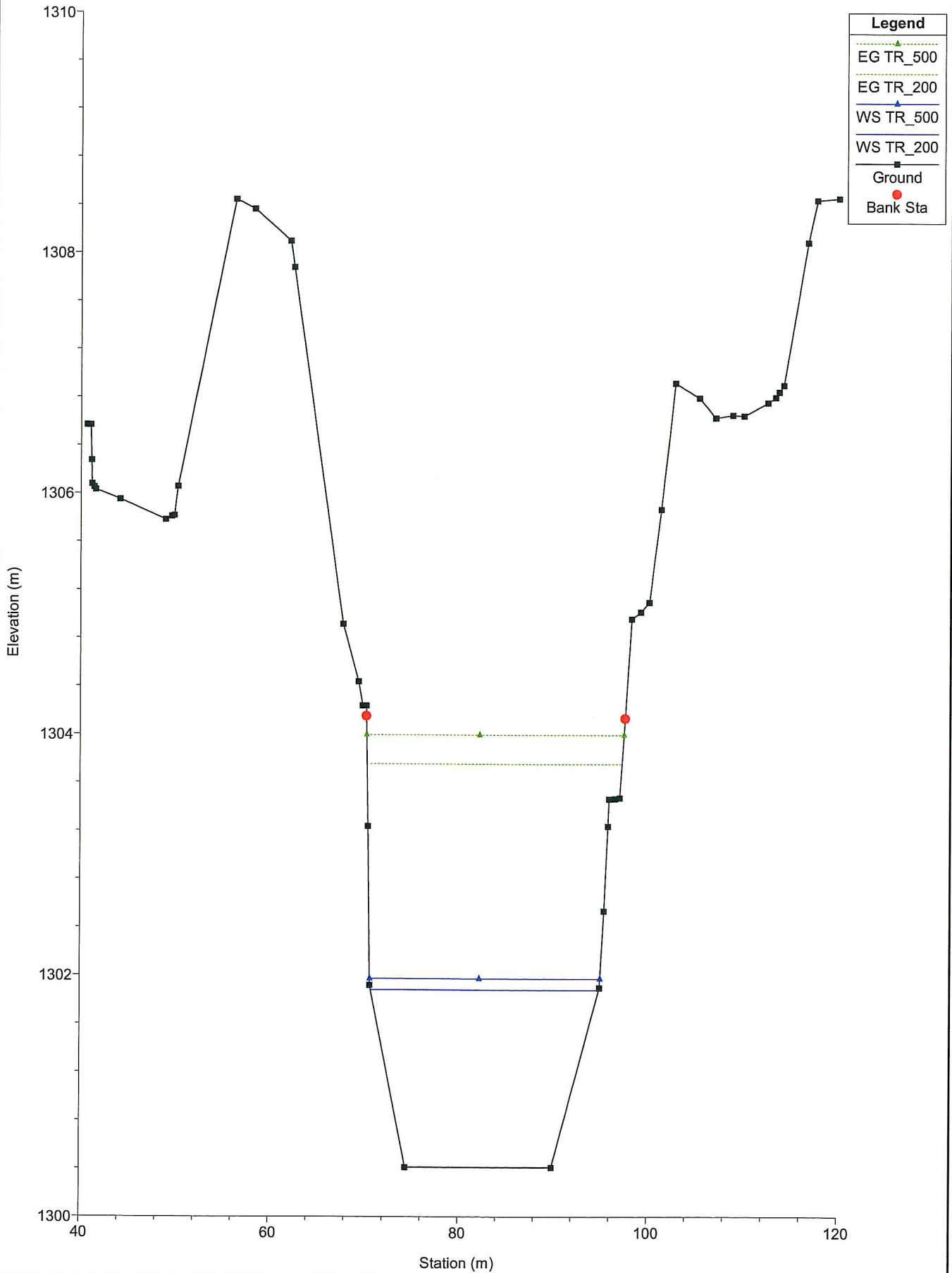
Scabrezza di Strickler = 25 m^{1/3}/s

N° Sezione	Progressiva [m]	Livello del alveo [m s.l.m.]	Livello dell'acqua [m s.l.m.]	Altezza d'acqua [-]	Livello di energia [m s.l.m.]	Pendenza linea di energia [-]	Velocità media [m/s]	Sezione bagnata [m ²]	Larghezza piano d'acqua [m]	N° di Froude [-]
1	0	1301.52	1303.06	1.54	1304.87	0.0395	5.95	33.26	24.41	1.63
2	20	1300.41	1301.97	1.56	1304.00	0.0468	6.30	31.42	24.38	1.77
3	40	1299.95	1301.66	1.71	1303.13	0.0297	5.37	36.89	25.53	1.43
4	60	1298.78	1300.23	1.45	1302.43	0.0541	6.56	30.18	24.6	1.89
5	80	1297.49	1299.02	1.53	1301.32	0.0563	6.72	29.46	23.84	1.93
6	100	1296.74	1298.29	1.55	1300.26	0.0439	6.21	31.89	24	1.72
7	120	1295.95	1297.51	1.56	1299.37	0.0421	6.03	32.83	24.96	1.68
8	140	1294.29	1295.79	1.50	1298.24	0.0608	6.93	28.57	23.46	2.00
9	160	1293.32	1294.79	1.47	1297.04	0.0543	6.66	29.74	23.74	1.90
10	180	1292.68	1294.30	1.62	1296.02	0.0382	5.81	34.06	25.43	1.60
11	200	1292.14	1293.59	1.45	1295.24	0.0361	5.68	34.86	25.17	1.54
12	220	1290.51	1292.00	1.49	1293.93	0.0428	6.15	32.19	23.65	1.68
13	240	1290.09	1291.81	1.72	1293.14	0.0253	5.12	38.68	24.47	1.30

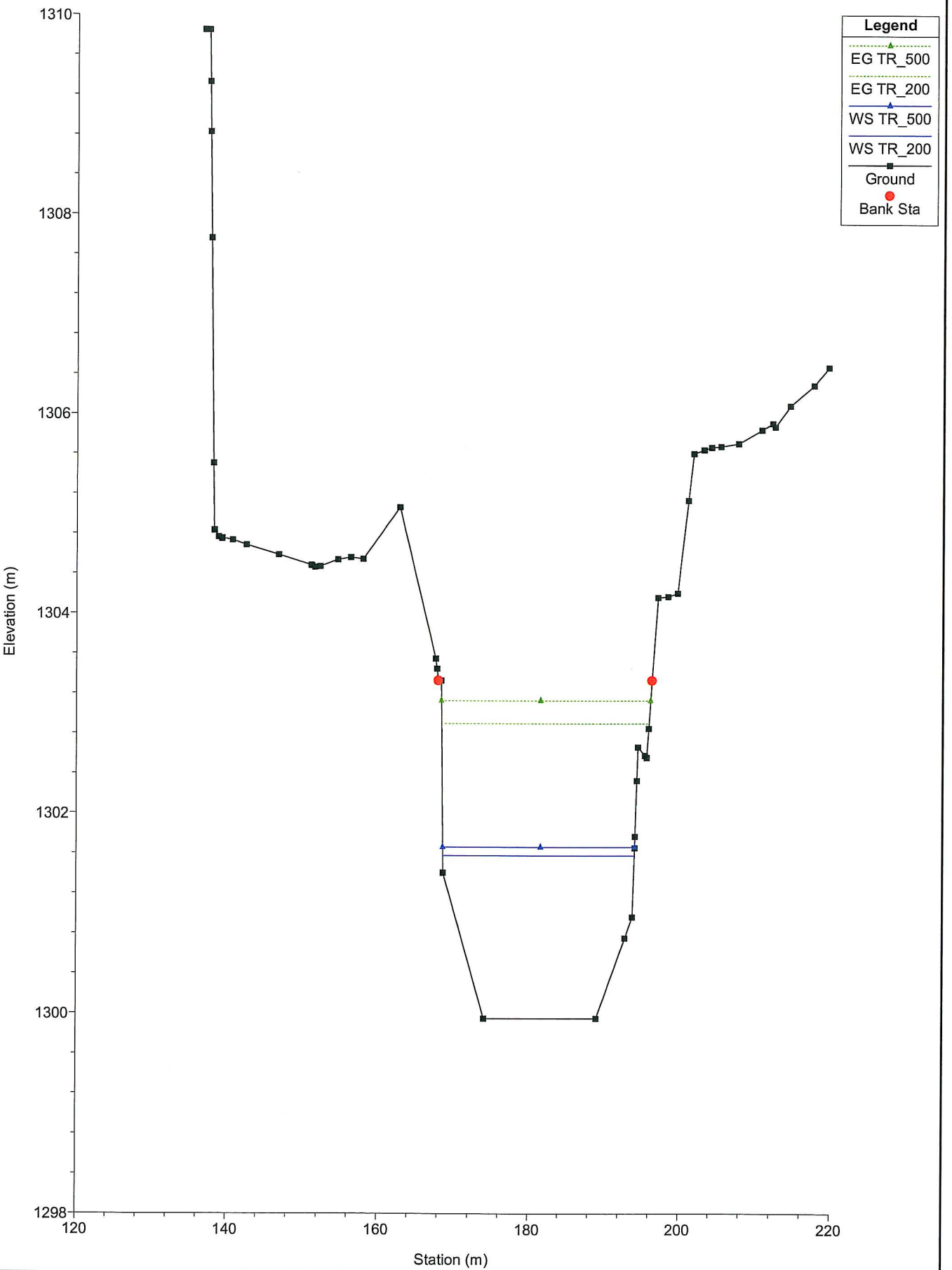
Torrente Rochemolles
Sct. 1



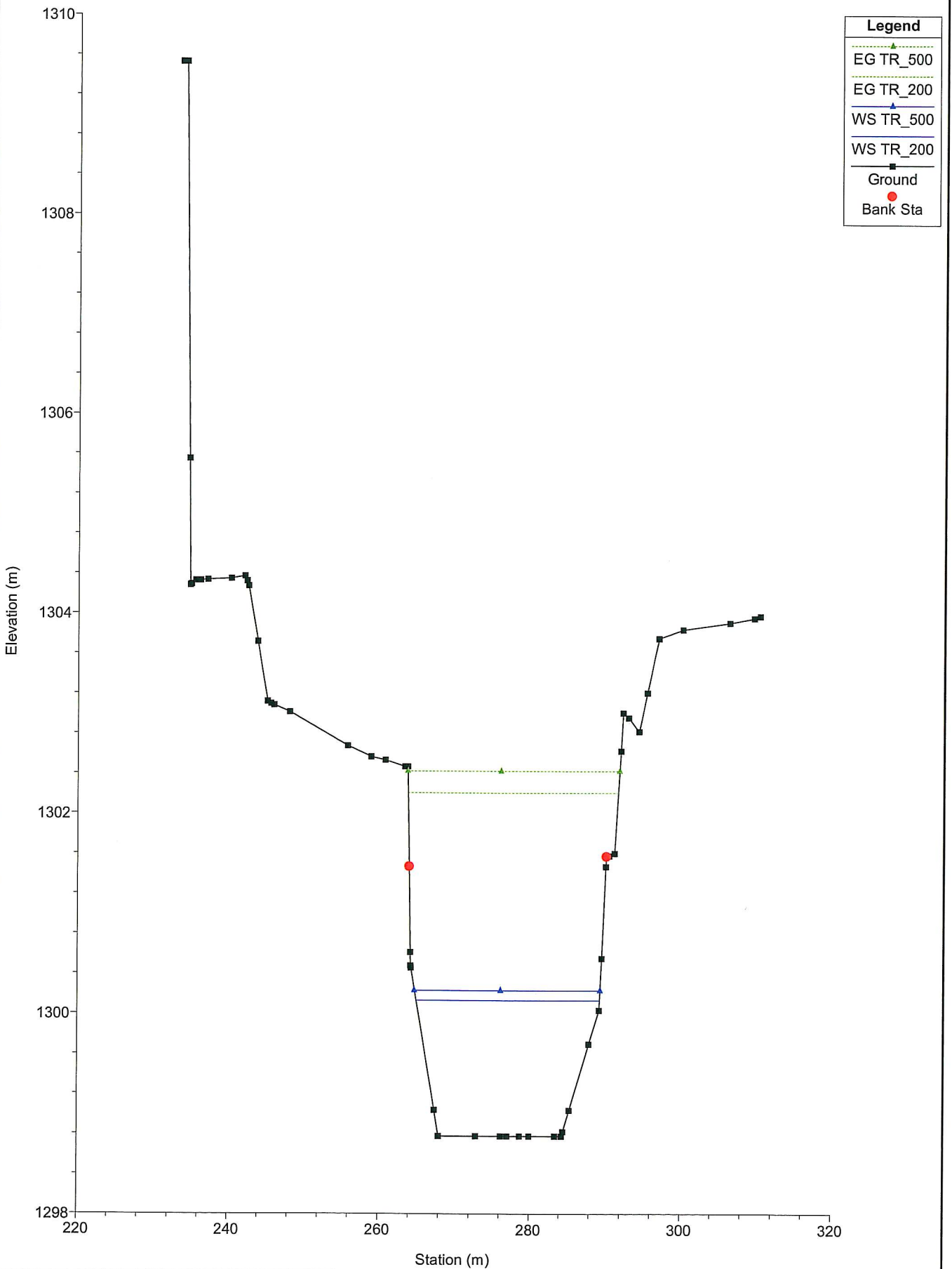
Torrente Rochemolles
Sct. 2



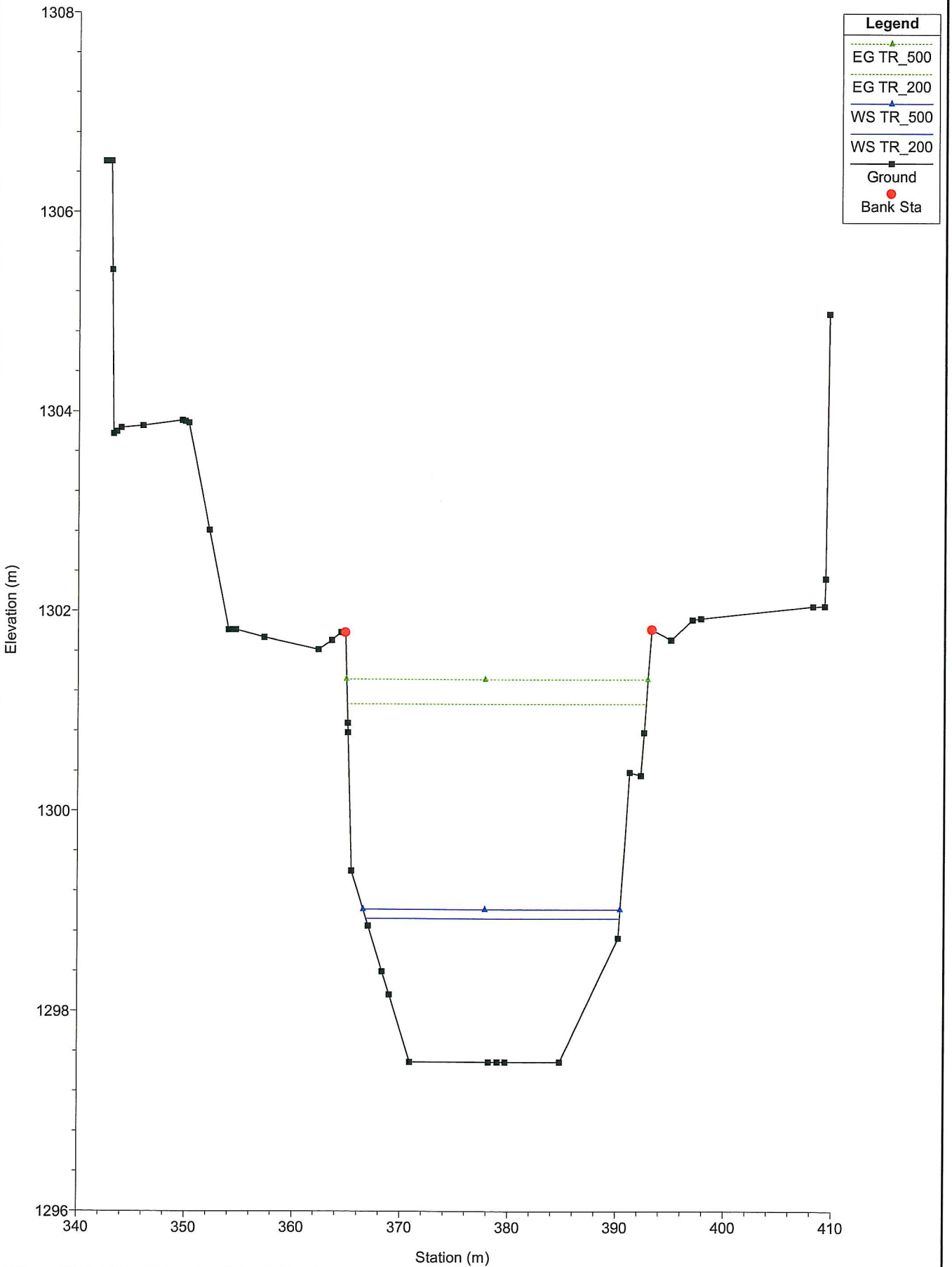
Torrente Rochemolles
Sct. 3



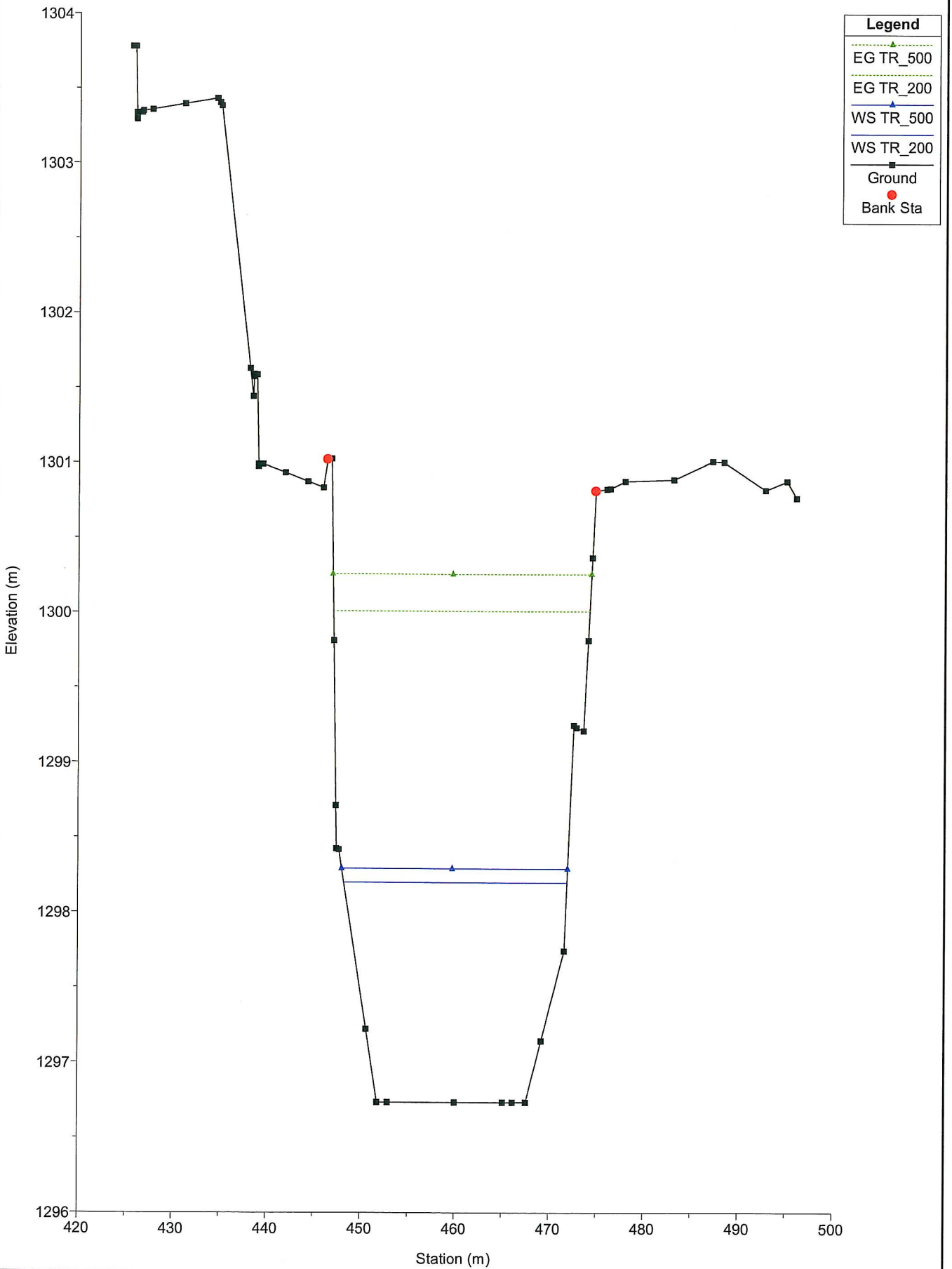
Torrente Rochemolles
Sct. 4



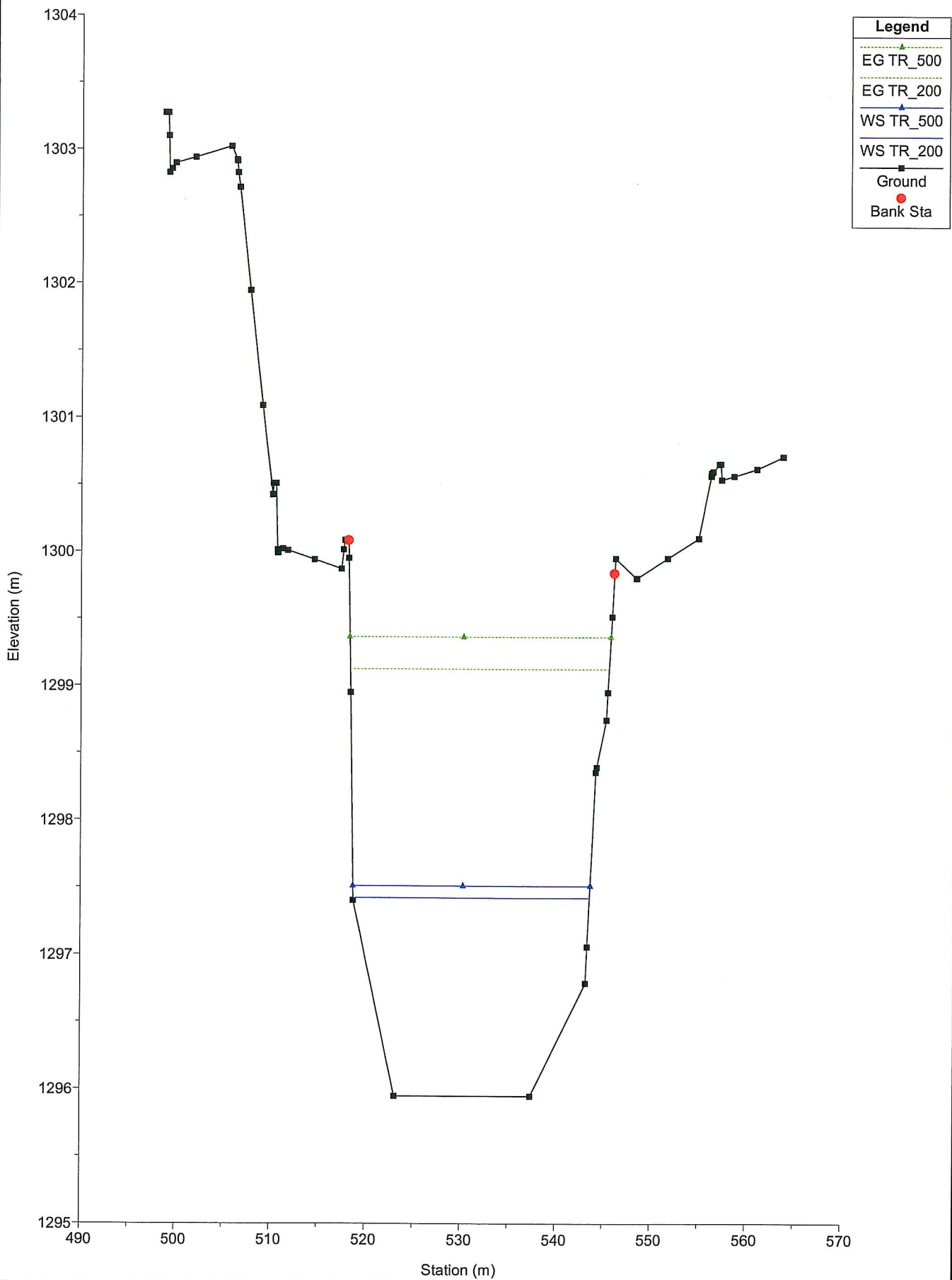
Torrente Rochemolles
Sct. 5



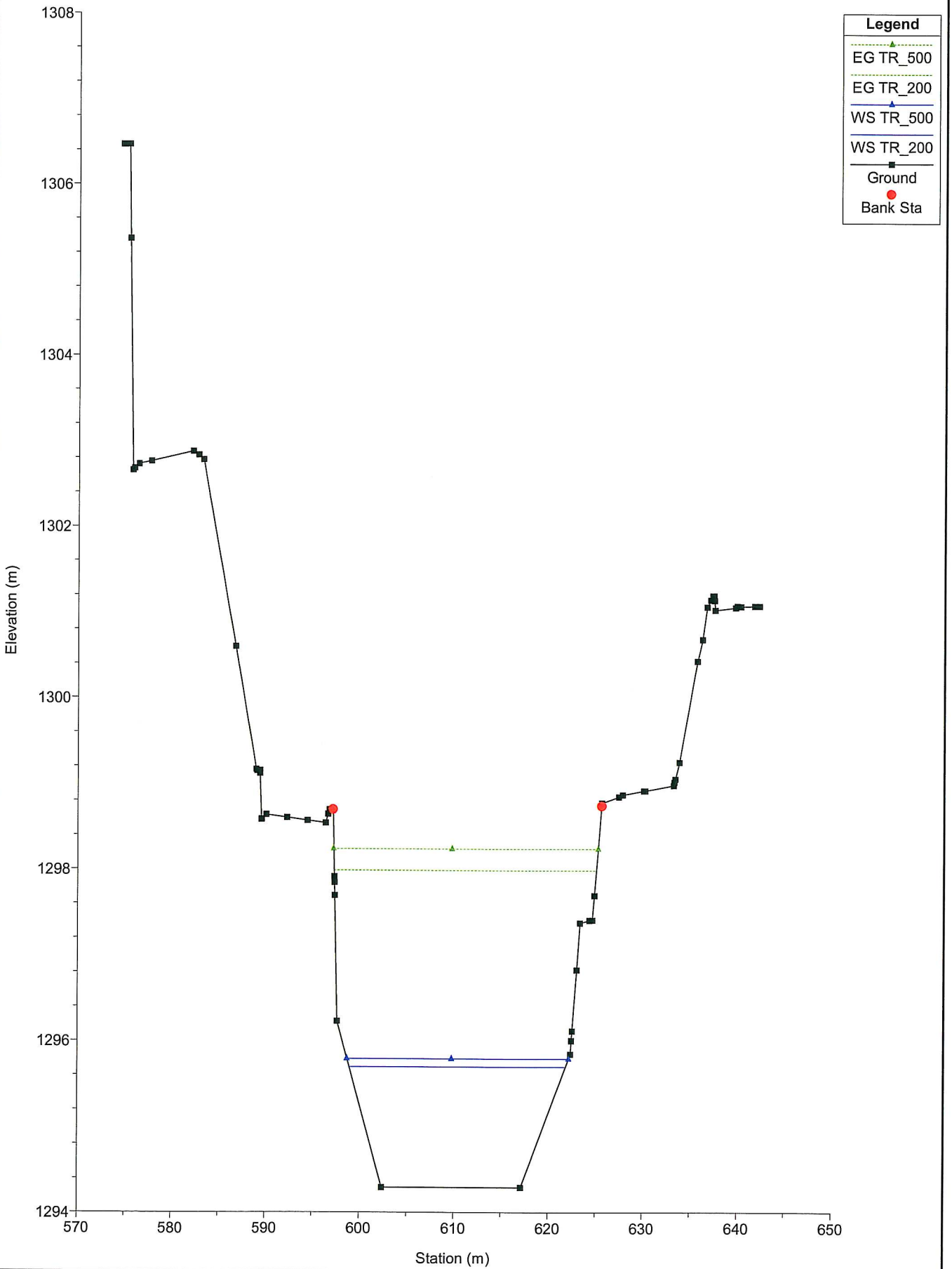
Torrente Rochemolles
Sct. 6



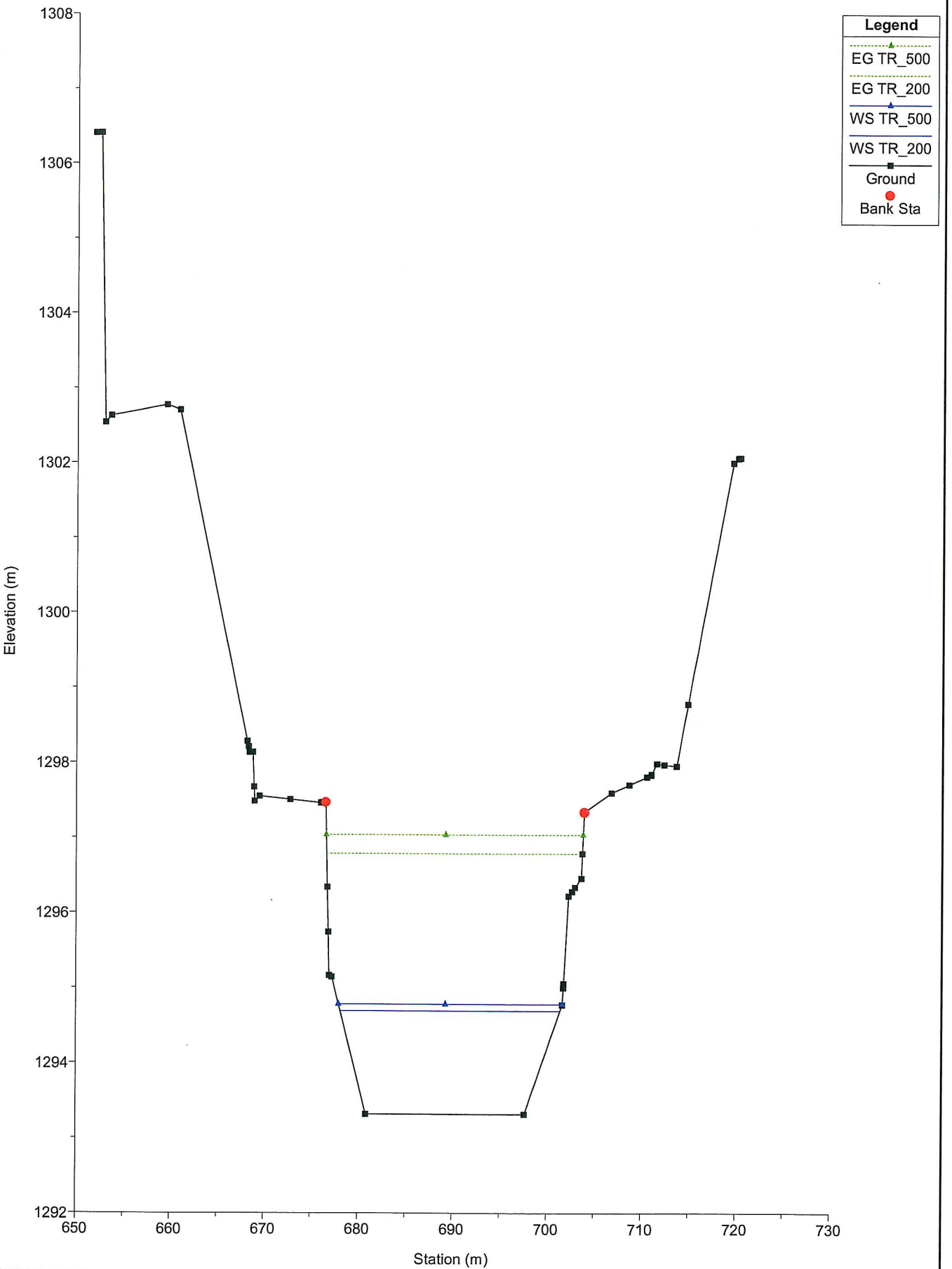
Torrente Rochemolles
Sct. 7



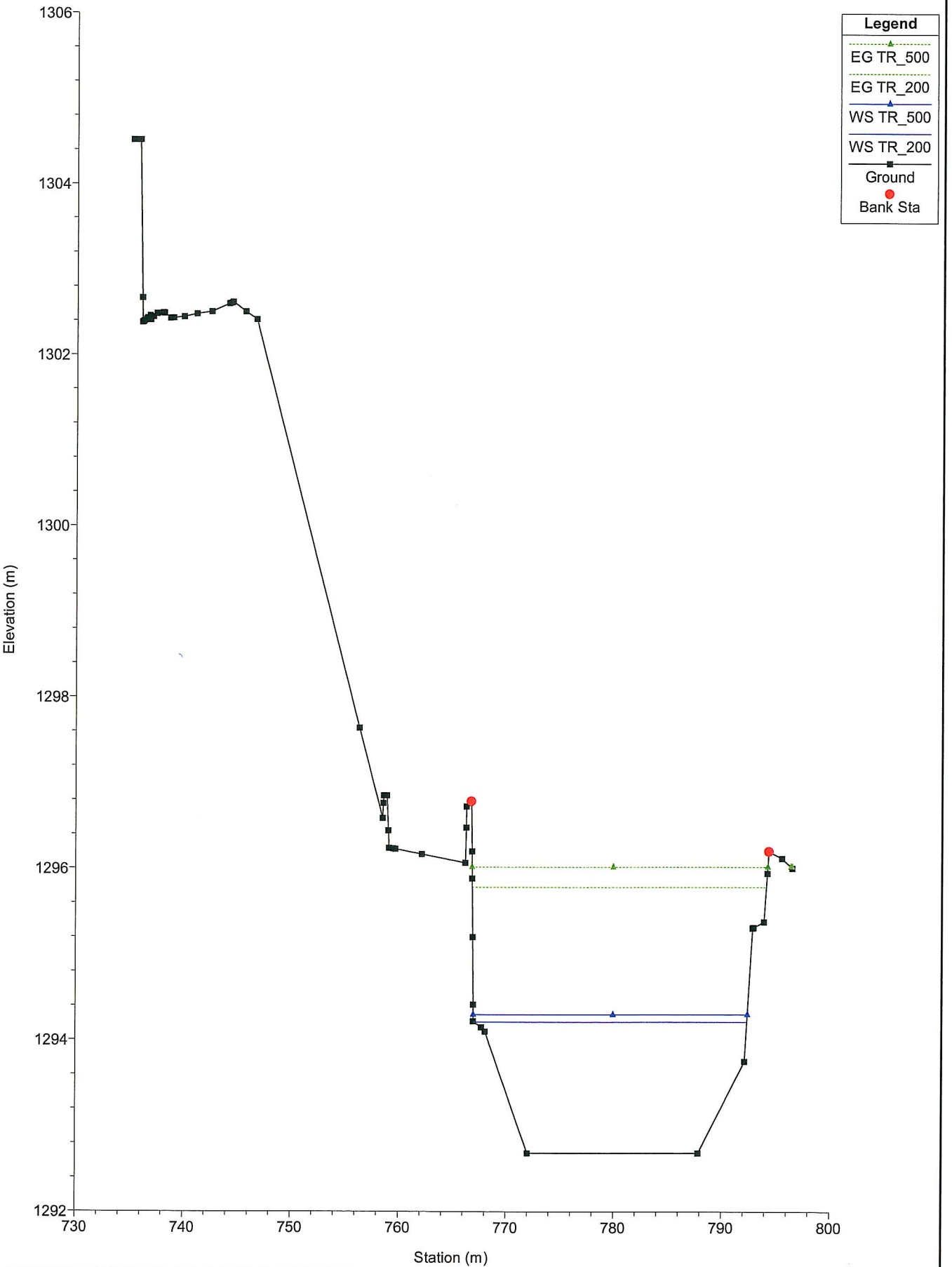
Torrente Rochemolles
Sct. 8



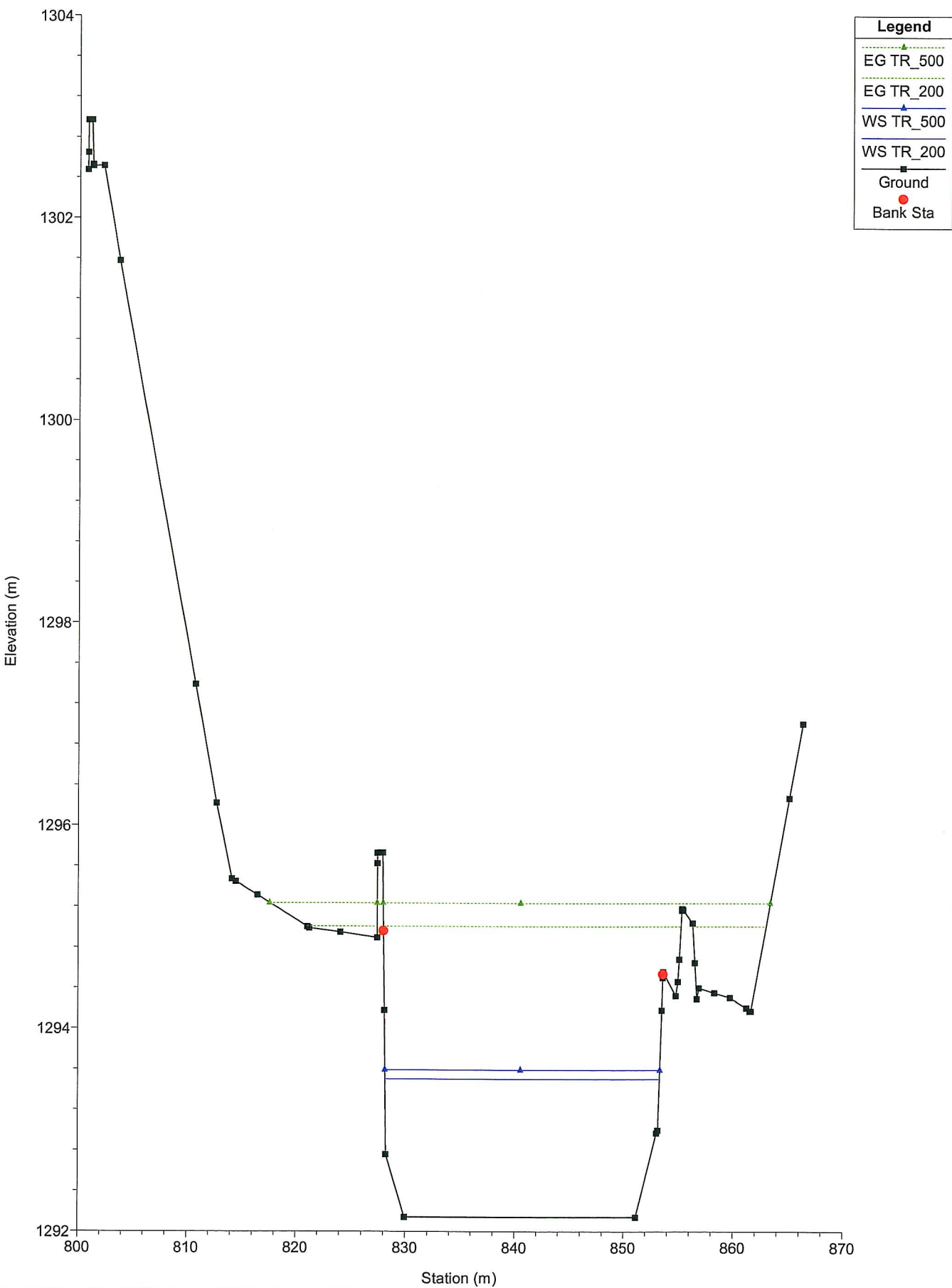
Torrente Rochemolles
Sct. 9



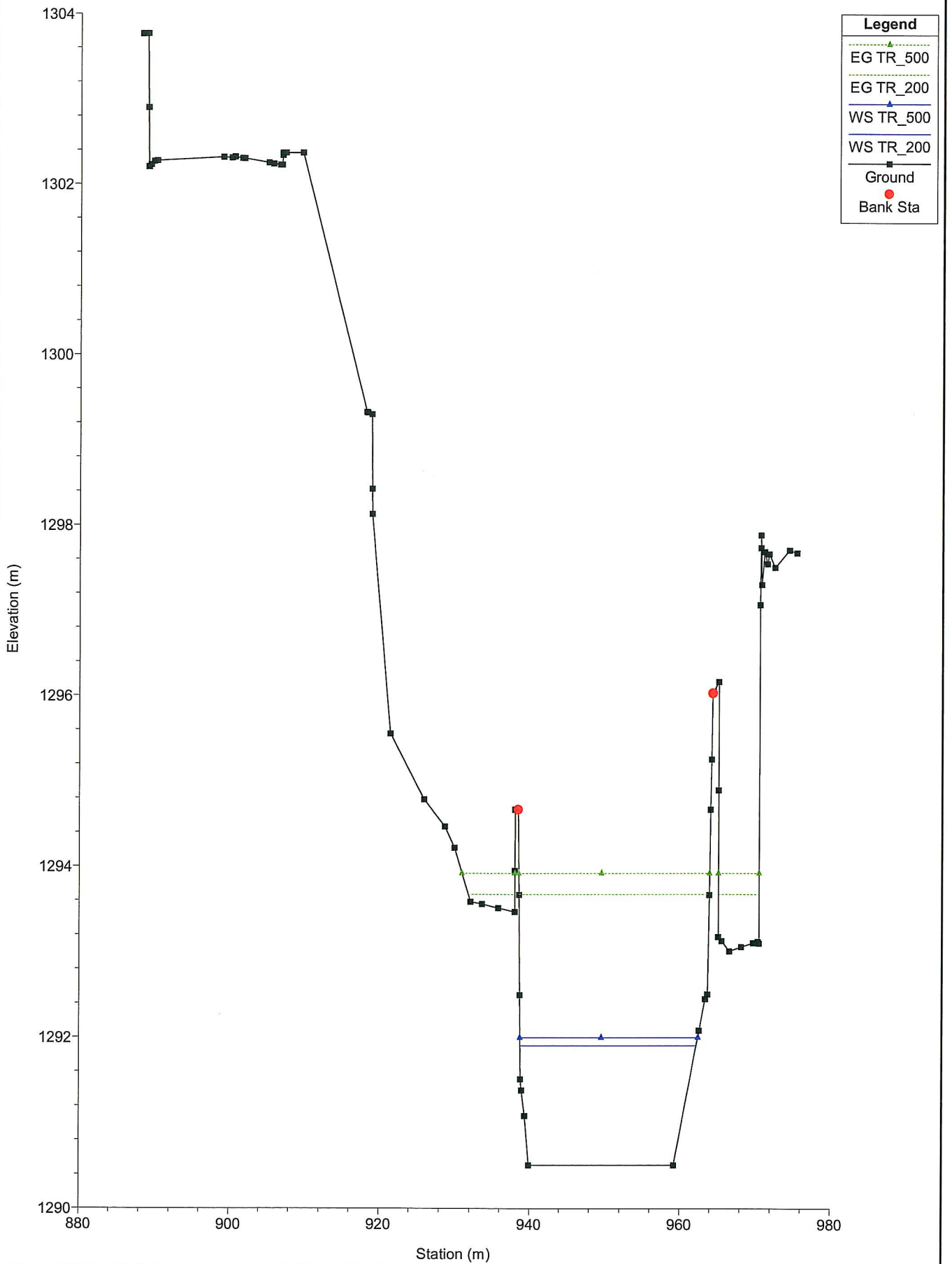
Torrente Rochemolles
Sct. 10



Torrente Rochemolles
Sct. 11



Torrente Rochemolles
Sct.13



ALLEGATO 2

Confronto tra franco minimo e franco di progetto

Torrente Rochemolles nel tratto relativo agli interventi di riqualificazione dell'imbocco italiano del Traforo del Fréjus

Confronto tra franco minimo e franco di progetto

N° Sezione	Progressiva [m]	Altezza d'acqua TR_200 [m]	Altezza d'acqua TR_500 [m]	Livello del alveo [m s.l.m.]	Livello testa arginatura [m s.l.m.]	Livello intradosso attraversamento [m s.l.m.]	Franco argine TR_200 [m]	Franco argine TR_500 [m]	Franco minimo (disivello) [m]	Franco minimo TR_200 (0.5 termine cinetico)	Franco minimo TR_500 (0.5 termine cinetico) [-]
1	0	1.45	1.54	1301.52	1305.60	-	2.63	2.54	1.0	0.83	0.90
2	20	1.47	1.56	1300.41	1304.26	1305.51	2.38	2.29	1.0	0.94	1.01
3	40	1.63	1.71	1299.95	1303.33	-	1.75	1.67	1.0	0.66	0.73
4	60	1.35	1.45	1298.78	1302.47	-	2.34	2.24	1.0	1.04	1.10
5	80	1.44	1.53	1297.49	1301.82	-	2.89	2.80	1.0	1.08	1.15
6	100	1.46	1.55	1296.74	1300.81	-	2.61	2.52	1.0	0.91	0.98
7	120	1.47	1.56	1295.95	1299.95	-	2.53	2.44	1.0	0.85	0.93
8	140	1.41	1.50	1294.29	1298.69	-	2.99	2.90	1.0	1.15	1.22
9	160	1.37	1.47	1293.32	1297.34	-	2.65	2.55	1.0	1.05	1.13
10	180	1.53	1.62	1292.68	1296.25	-	2.04	1.95	1.0	0.78	0.86
11	200	1.36	1.45	1292.14	1295.18	1300.05	1.68	1.59	1.0	0.75	0.82
12	220	1.40	1.49	1290.51	1294.67	-	2.76	2.67	1.0	0.89	0.96
13	240	1.61	1.72	1290.09	1293.63	1296.58	1.93	1.82	1.0	0.61	0.67