ITEC engineering

COMUNE DI RONCO SCRIVIA

Committente:
Comune di
Ronco Scrivia

Livello di Progetto:
Studio fattibilità

Titolo:

SISTEMAZIONE IDRAULICA DEL TORRENTE SCRIVIA IN LOCALITA' CAMPI SPORTIVI IN COMUNE DI RONCO SCRIVIA.
STUDIO DI FATTIBILITÀ DEL LOTTO I

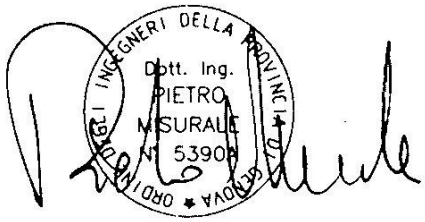
Oggetto:

RELAZIONE IDRAULICA

Codice Progetto:
P059-17

Nome File:
P059-17-F-RE-IDR-001-B

Firme:





Rev.	Modifiche/Revisioni	Redatto	Data	Contr./Appr.	Data
A	PRIMA EMISSIONE	SN	08/08/2017	DR/PM	10/08/2017
B	AGGIORNAMENTO INTERVENTI DI SISTEMAZIONE	SN	04/12/2017	DR/PM	05/12/2017

ITEC engineering S.r.l.
19038 SARZANA (SP)
Via Variante Aurelia, 98
TEL. +39 0187 610532 FAX +39 0187 610775
info@itec-engineering.it

16129 GENOVA
Via Antonio Cecchi 7/9-10
TEL. +39 010 5959690 FAX +39 010 5848355
www.itec-engineering.it

Sistema Certificato
UNI EN ISO 9001
SC 10-2588/EA 34

È vietata a norma di legge la riproduzione, anche parziale, non autorizzata di questo documento

INDICE

1 PREMESSA 2

2 NORMATIVA IDRAULICA DI RIFERIMENTO 3

3 INTERVENTI PREVISTI 5

4 VERIFICHE IDRAULICHE 5

4.1 PORTATE DI PROGETTO 5
4.2 METODOLOGIA DI CALCOLO 6
4.3 CONFIGURAZIONE DI VERIFICA E PARAMETRI DI CALCOLO 6
4.4 RISULTATI 7
4.4.1 Stato attuale 7
4.4.2 Stato di progetto 7

5 DIMENSIONAMENTO IDRAULICO DELLA SCOGLIERA 9

Allegati:

ALLEGATO A: Verifiche idrauliche del torrente Scrivia

Appendici:

APPENDICE 1: Software di calcolo Hec-Ras 5.0.3

1 PREMESSA

La presente relazione è allegata allo studio di fattibilità degli interventi di "sistemazione idraulica del torrente Scrivia in localita' Campi Sportivi in comune di Ronco Scrivia.

Essa contiene le verifiche idrauliche di un tratto del torrente Scrivia in corrispondenza del centro abitato di Ronco Scrivia compresa tra compreso tra il ponte per località Pietrafraccia e il ponte ferroviario della linea Genova-Milano.

Lo studio è articolato in due fasi distinte, la prima volta alla determinazione dello stato attuale del corso d'acqua e del relativo grado di rischio idraulico, la seconda relativa alla determinazione degli interventi volti alla mitigazione delle criticità idrauliche riscontrate.

Esso riprende e aggiorna quanto già contenuto negli studi e progetti precedenti effettuati per conto della Comunità Montana dell'Alta Valle Scrivia (2006) e dal Comune di Ronco Scrivia (2013) per lo stesso tratto di corso d'acqua, che hanno formato l'oggetto delle richieste di finanziamento del Progetto Periferie di Genova Città Metropolitana e secondo la DGR 321 del 28/04/2017.

Le verifiche idrauliche di stato attuale e gli interventi previsti tengono conto inoltre della configurazione dell'alveo a seguito dei lavori di Somma Urgenza realizzati dopo l'evento alluvionale del 2014, con l'asportazione di materiale litoide dall'alveo del torrente Scrivia nel tratto di interesse.

2 NORMATIVA IDRAULICA DI RIFERIMENTO

La normativa idraulica di riferimento è costituita dalla *Variante al Piano Territoriale di Coordinamento della Provincia di Genova con valore ed effetti del Piano di Bacino per la parte del territorio provinciale compresa nel bacino del fiume Po* (VBP)[1].

Con riferimento all'elaborato della VBP "T2 Carta del dissesto 07" relativa al territorio del Comune di Ronco Scrivia l'area in oggetto ricade all'interno di una zona *Ee* (area coinvolgibile da fenomeni di esondazione con pericolosità molto elevata) come mostra l'estratto della figura seguente.

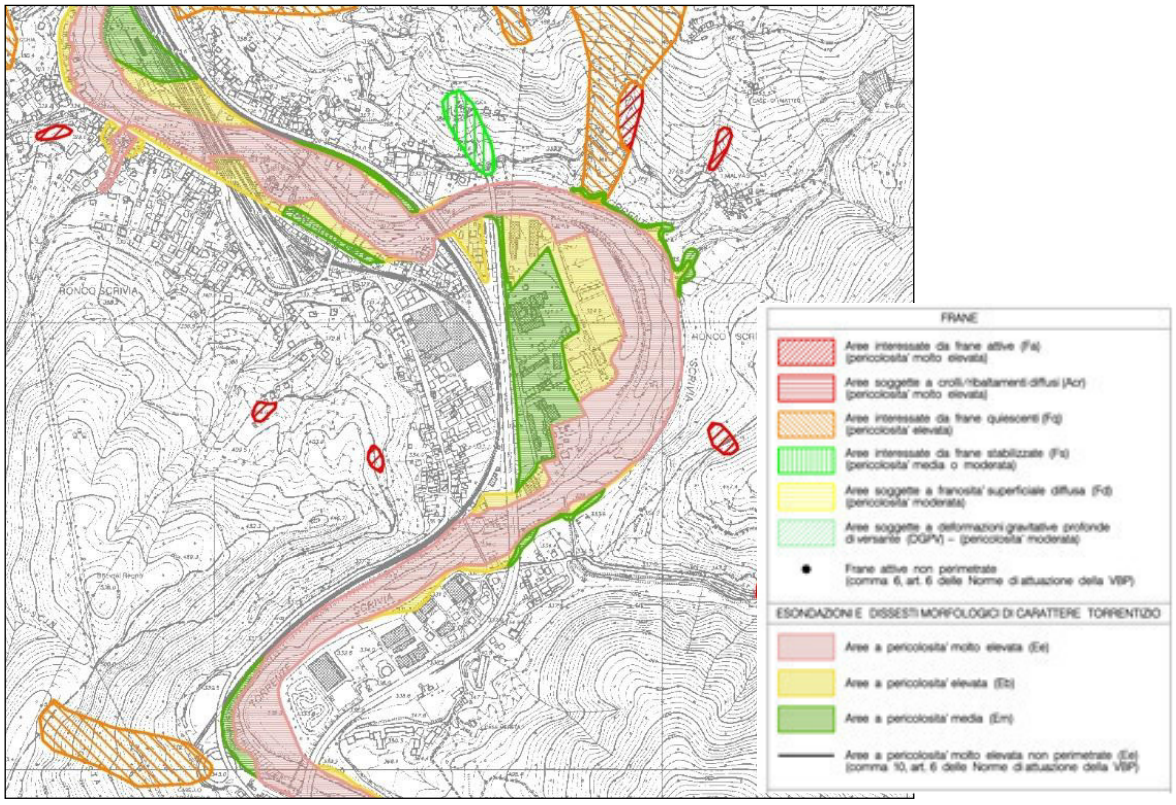


Figura 1

A seguito della direttiva europea CE/2007/60, cosiddetta "*Direttiva alluvioni*"(riguardante la *valutazione e la gestione dei rischi di alluvioni in Europa*), emanata dal Parlamento europeo il 23 ottobre 2007 e recepita nell'ordinamento italiano con il *d.lgs. 49/2010*, la Regione Liguria ha elaborato le mappature di pericolosità e rischio da alluvioni per gli

[1] Approvato con Accordo di pianificazione ai sensi dell'art. 57 della L.R. n. 36/1997 e s.m.i., fra Autorità di bacino del fiume Po, Regione Liguria, Provincia di Genova, per l'approvazione della variante al Piano Territoriale di Coordinamento della Provincia di Genova.
Variante approvata con Accordo di pianificazione del 23-03-2011 tra l'Autorità di bacino del fiume Po, la Regione Liguria, la Provincia di Genova comportante l'approvazione della Variante al Piano Territoriale di Coordinamento provinciale (PTCp) "Variante al P.T.C. - Bacini Padani".

ambiti fluviali liguri (deliberazione regionale n.1012/2013)sulla base delle quali è stato redatto il Piano di gestione del rischio Alluvioni (PGRA).

Tali mappature sono state approvate dai Comitati Istituzionali integrati per il distretti Padano e il distretto Appennino Settentrionale in cui ricade il territorio ligure nel dicembre 2013**.**

Nella figura seguente è riportata la mappatura per l'area oggetto di intervento.

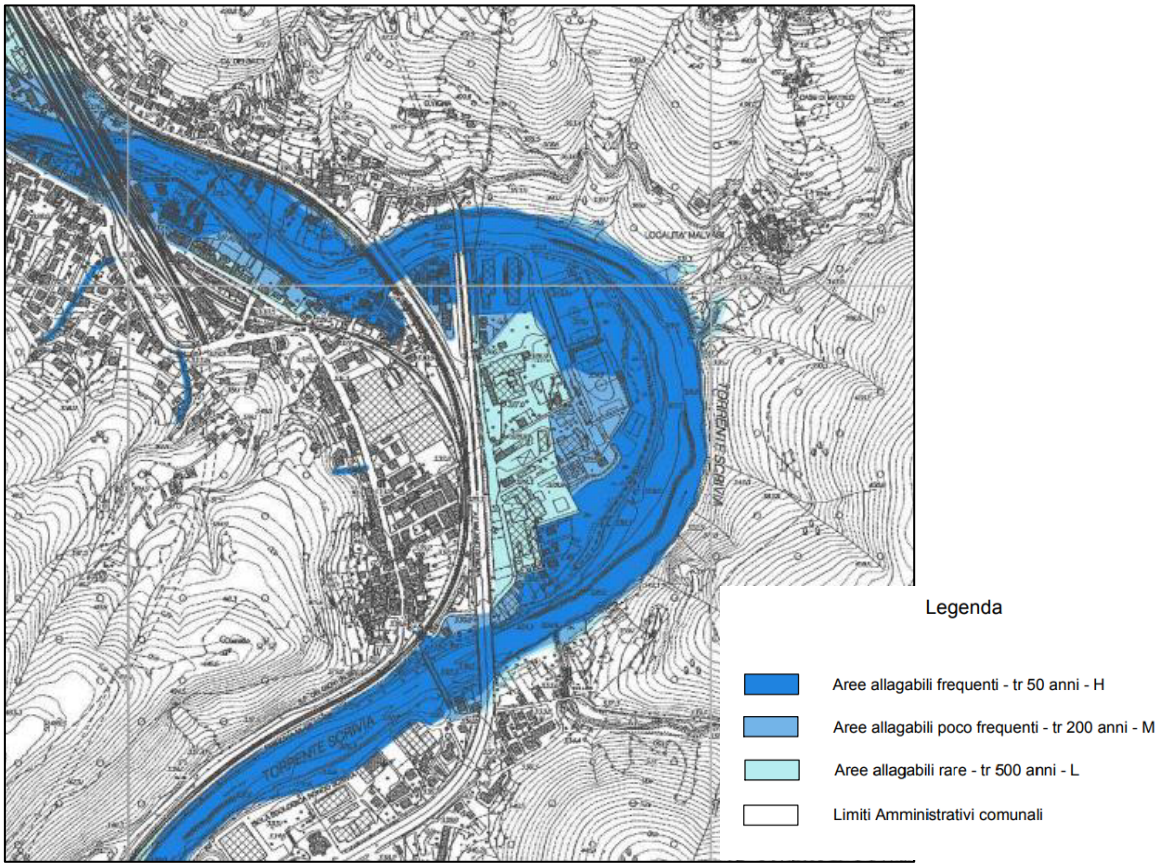


Figura 2

Entrambe le mappature evidenziano una criticità idraulica legata principalmente all'insufficienza delle sezioni di deflusso del corso d'acqua allo smaltimento di portate con periodi di ritorno anche modesti (inferiori a 50 anni), con inondazione delle aree in fregio all'alveo in sponda sinistra, come già accaduto anche durante recenti eventi alluvionali.

La porzione di territorio in sponda sinistra soggetta a rischio idraulico per esondazione del torrente Scrivia è compresa fra il rilevato arginale e il rilevato autostradale, più interno , e quello ferroviario, più esterno.

3 INTERVENTI PREVISTI

Gli interventi previsti sono descritti nel dettaglio nella relazione illustrativa e riportati graficamente negli elaborati allegati allo studio.

In sintesi gli interventi consistono in:

Lotto 1 - Stralcio A

- rialzamento e rinforzo del muro d'argine in c.a. in sponda sinistra nel tratto della lunghezza di circa 300 m a monte del ponte ferroviario

Lotto 1 - Stralcio B

- risagomatura del fondo alveo su una pendenza dello 0.4% circa e regolarizzazione delle sezioni di deflusso con un tratto centrale di larghezza pari a circa 40 m e inclinazione delle sponde pari al 12% per uno sviluppo di circa 450 m a valle del ponte di accesso alla località Pietrafraccia;
- realizzazione e/o innalzamento dell'argine in sponda sinistra per uno sviluppo di circa 250 m a valle del ponte di accesso alla località Pietrafraccia mediante terre rinforzate, muro in c.a. e scogliera in massi naturali.

Una descrizione più dettagliata degli interventi di sistemazione previsti è riportata nella relazione illustrativa allegata al progetto (RE-GEN-001-B).

4 VERIFICHE IDRAULICHE

4.1 PORTATE DI PROGETTO

Le portate di progetto adottate nelle verifiche idrauliche sono desunte dall'elaborato *V1 – Verifiche idrauliche per l'individuazione delle aree inondabili e delle fasce fluviali (SCRIVIA)* della VBP nel tratto compreso tra la sez. 9 e la sez. 3.

Tali valori risultano essere lievemente superiori a quelli corrispondenti alla sez. di chiusura SR-024 e indicati nell'elaborato *T3 Corografia con i sottobacini idrografici (Scrivia)* della VBP.

Nella tabella seguente sono riportati i valori di portata adottati:

Corso d'acqua	Q 50 [m^3/s]	Q 200 [m^3/s]	Q 500 [m^3/s]
T. Scrivia	1252	1503	1659

Tabella I

4.2 METODOLOGIA DI CALCOLO

Le verifiche idrauliche sono state effettuate con il software di calcolo *Hec-Ras 5.0.3*[2] .

Il software consente il calcolo dell'andamento dei profili di rigurgito in moto permanente gradualmente variato in alvei naturali o canali artificiali e la valutazione degli effetti sulla corrente dovuti all'interazione con ponti, tombinature, briglie, stramazzi, aree golenali ecc.,

La metodologia è riportata più in dettaglio nell'Appendice 1 allegata alla presente relazione.

4.3 CONFIGURAZIONE DI VERIFICA E PARAMETRI DI CALCOLO

La verifica ha riguardato un tratto del torrente Scrivia di lunghezza pari a circa 2.0 km compreso tra il ponte per località Pietrafraccia e il ponte ferroviario della linea Genova-Milano.

Le informazioni di carattere topografico ai fini della verifica sono state ricavate da un rilievo topografico di dettaglio eseguito a seguito dei lavori di Somma Urgenza realizzati nel 2015 lungo il tratto di alveo oggetto di verifica, opportunamente integrato e omogeneizzato con le sezioni idrauliche della VBP e con la cartografia tecnica regionale disponibile in formato vettoriale.

Ai fini del calcolo è stato assunto un valore cautelativo del coefficiente di scabrezza equivalente *n* di Manning pari a 0.04 per tener conto del possibile movimento di materiale al fondo, della presenza di ostruzioni in alveo quali pile di ponti, e della presenza di vegetazione.

Lungo l'asta del corso d'acqua sono state individuate una serie di sezioni trasversali numerate dalla 3.4 alla 9, in funzione delle caratteristiche geometriche e morfologiche dell'alveo (larghezza, pendenza, depositi al fondo, vegetazione, presenza di ponti, passerelle, briglie, ecc.), con l'aggiunta di alcune sezioni di calcolo intermedie in corrispondenza dei manufatti di attraversamento.

Le verifiche sono state effettuate nell'ipotesi di sponde infinite qualora il livello di piena superi le quote di sommità arginali.

L'ubicazione delle sezioni e i risultati delle verifiche in forma numerica e grafica sono riportati nell'Allegato A.

Dato il carattere torrentizio dell'alveo in oggetto il profilo è stato integrato per entrambe le condizioni di corrente veloce (Fr>1) da monte verso valle, e di corrente lenta (Fr<1) da valle verso monte, imponendo quali condizioni al contorno nelle sezioni di estremità

[2] HEC-RAS, Hydrologic Engineering Center – US Army Corps of Engineers

(sezione 3.5 e sezione 9) le profondità risultanti dalle verifiche idrauliche allegate alla VBP.

4.4 RISULTATI

4.4.1 Stato attuale

Il deflusso della portata 200-ennale (1503 m^3/s) avviene in corrente lenta, con numeri di Froude variabili tra 0.4 e 0.8, massima profondità del pelo libero variabile tra 4.8 m e 8.3 m circa e velocità comprese tra 2.4 m/s e 5.0 m/s circa.

Le profondità maggiori, e conseguentemente le velocità inferiori, si verificano nel tratto a valle per effetto del rigurgito provocato dall'attraversamento del ponte ferroviario e del viadotto autostradale.

In tali condizioni si verifica esondazione in sponda sinistra, in particolare nel tratto a valle compreso tra le sezioni 3.5 e 6 (lunghezza 460 m circa, con una sopraelevazione rispetto alla sommità arginale dell'ordine di 1 m circa) e nel tratto di monte compreso tra le sezioni 6.06 e 8 (lunghezza 500 m circa, sopraelevazione rispetto alla sommità arginale compresa tra 0 e 2 m circa).

I franchi rispetto agli intradossi dei ponti autostradali e ferroviario sono superiori al metro, mentre il primo ponte a monte di collegamento con l'abitato di Pietrafraccia ha un franco ridotto, pari a circa 0.6 m.

La portata 50-ennale presenta un andamento del pelo libero analogo a quello della portata 200-ennale con quote del pelo libero inferiori di circa 1.0 m nel tratto a valle della sezione 6.05 e 0.5 m circa nel tratto a monte. In questo caso si verifica esondazione lungo la sponda sinistra nel tratto a valle compreso tra le sezioni 5 e 5.1 (lunghezza 40 m circa) e nel tratto a monte compreso tra le sezioni 6.06 e 7.5 (lunghezza 350 m circa).

4.4.2 Stato di progetto

La portata 200-ennale presenta un andamento del pelo libero analogo a quello dello stato attuale dalla sezione 3.5 alla sezione 6.05 (circa metà curva) mentre il restante tratto di monte presenta valori del pelo libero inferiori rispetto allo stato attuale di circa 0.40 m.

Il rischio associato al deflusso della portata 200-ennale risulta notevolmente migliorato rispetto alla configurazione di stato attuale in quanto il profilo idraulico è coincidente in gran parte con la quota dell'argine in sponda sinistra per un tratto della lunghezza di circa 350 m a monte del ponte ferroviario, mentre risulta contenuto all'interno degli argini con franchi adeguati lungo tutto il tratto a monte.

In particolare nel tratto a monte della sez. 6.5 dove è prevista la realizzazione del nuovo argine in scogliera in sponda sinistra, il franco rispetto alla sommità dell'argine risulta compreso tra 0.5 m e 1.0 m circa con il carico contenuto.

I franchi rispetto agli intradossi dei ponti autostradali e ferroviario sono superiori al metro, mentre anche il primo ponte a monte di collegamento con l'abitato di Pietrafraccia ha un franco di 1 m circa con il carico coincidente con l'intradosso, con un sensibile miglioramento rispetto alla configurazione attuale.

La portata 50-ennale presenta un andamento del pelo libero analogo a quello della portata 200-ennale con quote del pelo libero inferiori di circa 0.7 m e rimane contenuta lungo tutto il tratto all'interno dell'alveo senza esondazioni garantendo un franco idraulico variabile da un minimo di 0.5 m ad un massimo di 2.0 m, con il carico ovunque contenuto.

5 DIMENSIONAMENTO IDRAULICO DELLA SCOGLIERA

Il dimensionamento della scogliera è stato effettuato con riferimento agli aspetti idraulici del tratto di torrente analizzato.

La verifica idraulica ha fornito i parametri idraulici necessari a determinare le condizioni di equilibrio del singolo masso soggetto alle forze idrodinamiche della corrente che tendono a metterlo in movimento (velocità critica e tensione tangenziale al fondo).

In particolare sono state determinate le dimensioni minime del singolo masso, e conseguentemente il suo peso, in grado di garantire le condizioni di stabilità in presenza di una corrente caratterizzata da una velocità media *v*.

Le formule di uso più comune, derivate dagli studi di Shields sul trasporto solido, definiscono la velocità critica v_{cr} che dà luogo al moto in funzione del diametro equivalente *d* della particella immersa nella corrente secondo la seguente espressione:

$$v_{cr} = k \cdot d^{0.5}$$

con v_{cr} espresso in m/s e *d* in metri.

Il coefficiente k assume valori variabili fra 4 e 8; nel caso in esame è stato utilizzato un valore di k = 5[3]. pari al valore che si assume nella pratica progettuale.

Assumendo, a favore di sicurezza, come velocità critica la velocità massima della corrente nel caso di portata 200-ennale e risolvendo l'espressione secondo *d*, si ottiene la dimensione dei massi da utilizzare nel caso esaminato.

Nel caso in esame, per il deflusso della portata 200-ennale, data v= 5.2 m/s, risulta d= 1.05 m, corrispondente ad un masso del peso di 1530 kg.

Utilizzando un coefficiente di sicurezza pari a 2, si prevede quindi l'impiego di massi di III categoria, corrispondenti ad un peso variabile da 3 a 7 t con i massi di maggior peso per la berma di fondazione.

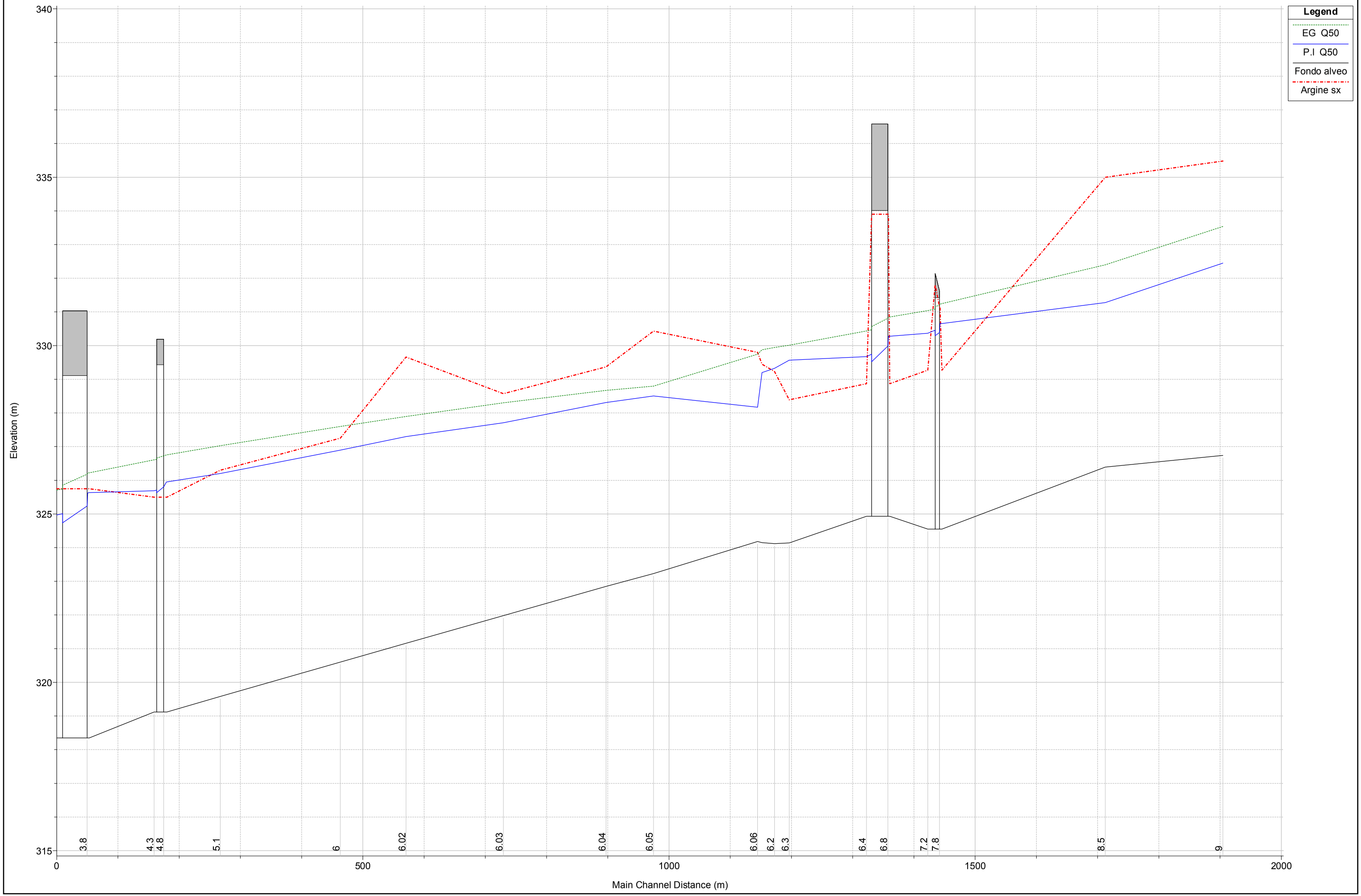
[3] L. Da Deppo-C. Datei-P. Salandin: Sistemazione dei corsi d'acqua, Cortina edizioni, Padova 1997.

ALLEGATO A

VERIFICHE IDRAULICHE DEL TORRENTE SCRIVIA

Scrivia-STATO-ATTUALE

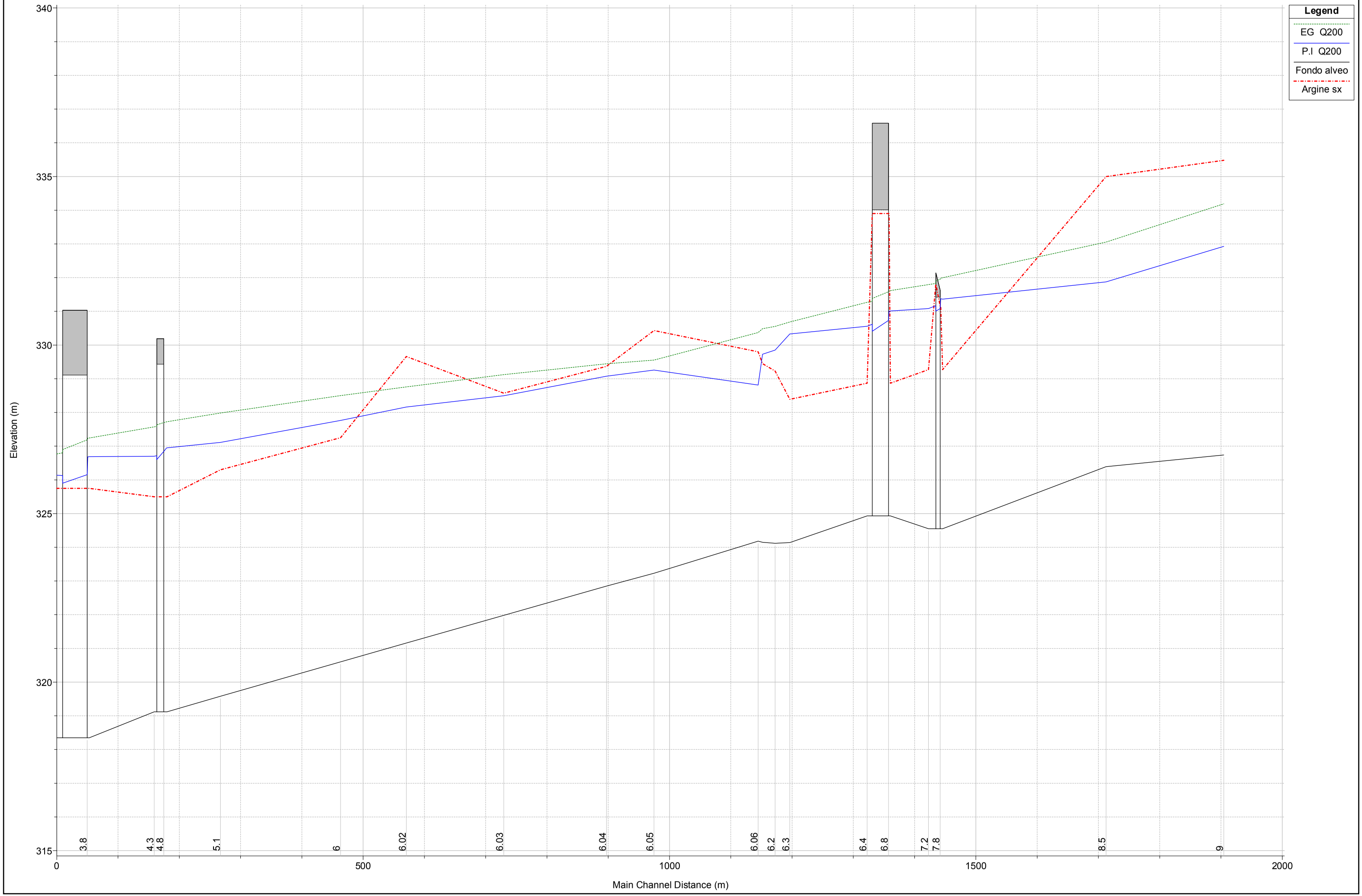
Torrente Scrivia



1 cm Horiz. = 55 m 1 cm Vert. = 1 m

Scrivia-STATO-ATTUALE

Torrente Scrivia



1 cm Horiz. = 55 m 1 cm Vert. = 1 m

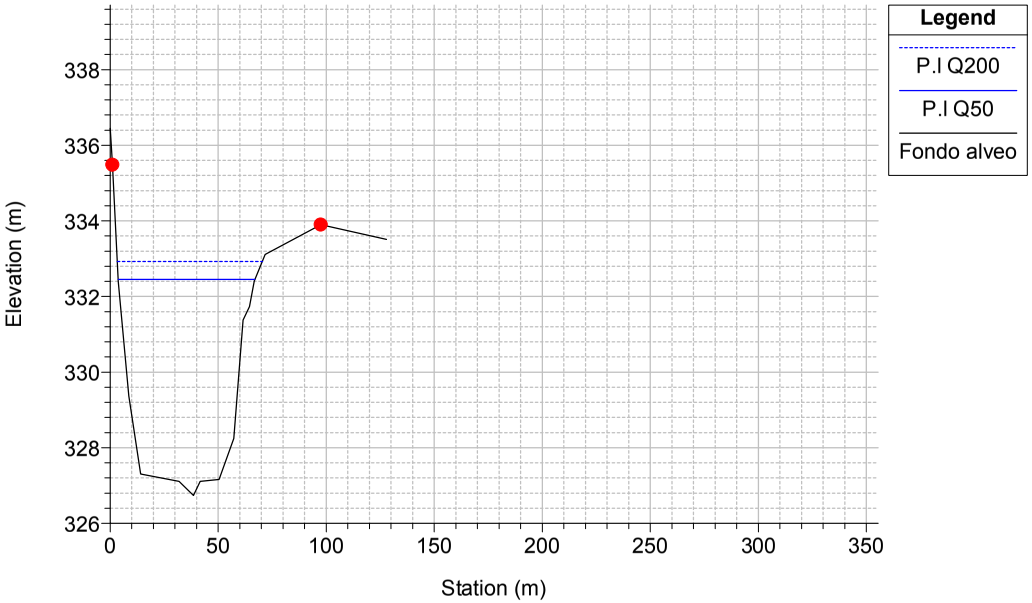
HEC-RAS Plan: stato attuale River: scrivia Reach: vall Profile: Q50

Reach	River Sta	Profile	Cum Ch Len	Q Total	Min Ch El	LOB Elev	ROB Elev	W.S. Elev	E.G. Elev	Hydr Depth	Max Chl Dpth	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
			(m)	(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/s)	(m2)	(m)	
vall	9	Q50	1904.60	1252.00	326.74	335.48	333.90	332.45	333.54	4.28	5.71	4.62	270.97	63.31	0.71
vall	8.5	Q50	1712.60	1252.00	326.39	335.00	331.35	331.28	332.40	3.52	4.89	4.69	266.73	75.86	0.80
vall	8.1	Q50	1445.60	1252.00	324.55	329.27	329.94	330.66	331.25	4.45	6.11	3.42	374.48	104.99	0.49
vall	8	Q50	1442.60	1252.00	324.55	331.15	329.94	330.66	331.23	4.46	6.11	3.34	375.17	105.27	0.50
vall	7.8		Bridge												
vall	7.5	Q50	1434.60	1252.00	324.55	331.80	332.00	330.46	331.08	4.26	5.91	3.50	357.41	83.94	0.54
vall	7.2	Q50	1422.60	1252.00	324.55	329.27	332.00	330.37	331.04	4.17	5.82	3.65	350.02	83.87	0.54
vall	7.1	Q50	1360.40	1252.00	324.93	328.87	329.61	330.28	330.85	4.44	5.35	3.36	377.49	114.80	0.50
vall	7	Q50	1358.30	1252.00	324.93	333.90	329.61	330.28	330.84	4.45	5.35	3.32	376.72	104.45	0.50
vall	6.8		Bridge												
vall	6.5	Q50	1330.80	1252.00	324.93	333.90	329.61	329.75	330.47	3.73	4.82	3.77	332.20	89.17	0.61
vall	6.4	Q50	1322.40	1252.00	324.93	328.87	329.61	329.67	330.43	3.71	4.74	3.88	326.07	87.78	0.62
vall	6.3	Q50	1196.20	1252.00	324.14	328.39	330.00	329.57	330.01	4.72	5.43	2.96	423.31	89.69	0.43
vall	6.2	Q50	1172.20	1252.00	324.12	329.23	330.00	329.33	329.94	4.36	5.21	3.47	360.72	82.67	0.53
vall	6.1	Q50	1151.90	1252.00	324.15	329.45	330.00	329.20	329.87	4.14	5.05	3.64	344.34	83.17	0.57
vall	6.06	Q50	1144.60	1252.00	324.18	329.80	329.75	328.17	329.74	3.16	3.99	5.56	225.32	71.40	1.00
vall	6.05	Q50	974.60	1252.00	323.23	330.43	331.50	328.51	328.80	4.09	5.28	2.38	525.05	128.24	0.38
vall	6.04	Q50	897.00	1252.00	322.85	329.37	331.50	328.31	328.67	4.25	5.46	2.65	471.72	111.12	0.41
vall	6.03	Q50	729.50	1252.00	321.98	328.57	331.50	327.71	328.30	4.69	5.73	3.41	367.50	78.28	0.50
vall	6.02	Q50	570.50	1252.00	321.16	329.66	331.50	327.30	327.89	4.51	6.14	3.42	366.60	81.26	0.51
vall	6	Q50	463.00	1252.00	320.60	327.25	331.57	326.89	327.60	5.06	6.29	3.71	337.12	66.63	0.53
vall	5.1	Q50	267.00	1252.00	319.58	326.30	329.00	326.20	327.03	5.56	6.62	4.01	311.84	56.08	0.54
vall	5.05	Q50	180.00	1252.00	319.12	325.50	329.12	325.95	326.76	5.52	6.83	3.97	315.40	57.17	0.54
vall	5	Q50	179.00	1252.00	319.12	325.50	329.12	325.95	326.75	5.51	6.83	3.97	315.16	57.16	0.54
vall	4.8		Bridge												
vall	4.5	Q50	163.00	1252.00	319.12	325.50	329.12	325.71	326.62	5.23	6.59	4.23	296.28	56.61	0.59
vall	4.3	Q50	159.00	1252.00	319.12	325.50	329.12	325.69	326.61	5.21	6.57	4.25	294.93	56.56	0.59
vall	4.1	Q50	53.00	1252.00	318.35	325.75	327.76	325.63	326.22	6.12	7.28	3.40	368.07	60.10	0.44
vall	4	Q50	50.60	1252.00	318.35	325.75	327.76	325.63	326.22	6.12	7.28	3.41	367.67	60.08	0.44
vall	3.8		Bridge												
vall	3.5	Q50	9.60	1252.00	318.35	325.75	327.76	325.01	325.74	5.61	6.66	3.78	330.87	58.98	0.51
vall	3.4	Q50		1252.00	318.35	325.75	327.76	324.97	325.71	5.58	6.62	3.81	328.61	58.92	0.52

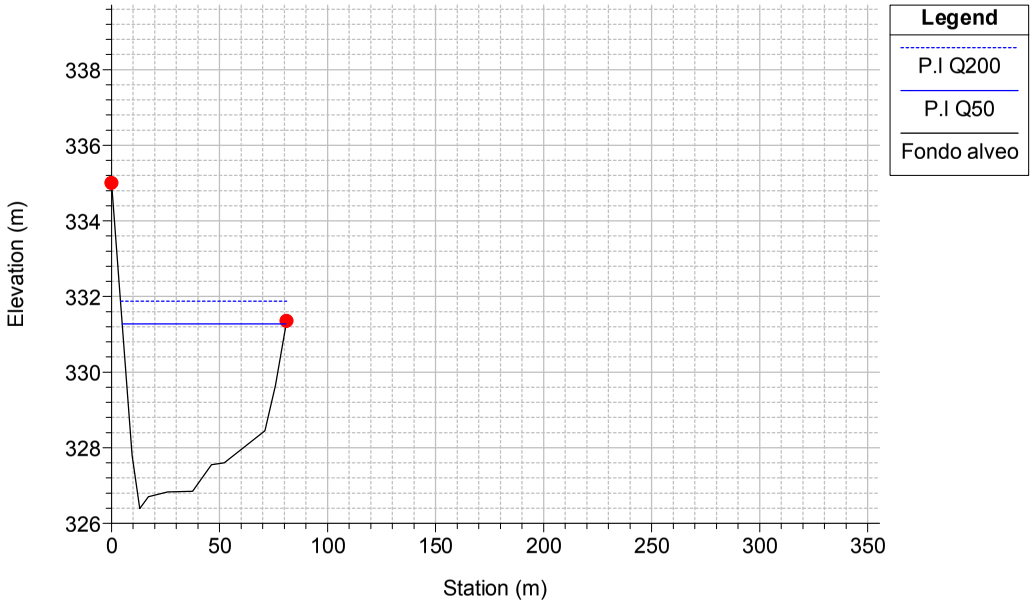
HEC-RAS Plan: stato attuale River: scrivia Reach: vall Profile: Q200

Reach	River Sta	Profile	Cum Ch Len	Q Total	Min Ch El	LOB Elev	ROB Elev	W.S. Elev	E.G. Elev	Hydr Depth	Max Chl Dpth	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
			(m)	(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/s)	(m2)	(m)	
vall	9	Q200	1904.60	1503.00	326.74	335.48	333.90	332.93	334.19	4.50	6.19	4.97	302.30	67.19	0.75
vall	8.5	Q200	1712.60	1503.00	326.39	335.00	331.35	331.87	333.05	4.06	5.48	4.81	312.45	76.87	0.76
vall	8.1	Q200	1445.60	1503.00	324.55	329.27	329.94	331.36	332.00	5.05	6.81	3.57	434.19	118.25	0.48
vall	8	Q200	1442.60	1503.00	324.55	331.15	329.94	331.38	331.98	5.06	6.83	3.45	435.35	118.38	0.49
vall	7.8		Bridge												
vall	7.5	Q200	1434.60	1503.00	324.55	331.80	332.00	331.17	331.83	4.93	6.62	3.60	417.35	84.71	0.52
vall	7.2	Q200	1422.60	1503.00	324.55	329.27	332.00	331.08	331.79	4.85	6.53	3.77	410.06	84.47	0.52
vall	7.1	Q200	1360.40	1503.00	324.93	328.87	329.61	331.01	331.62	5.18	6.08	3.46	439.92	146.45	0.48
vall	7	Q200	1358.30	1503.00	324.93	333.90	329.61	331.01	331.61	5.18	6.08	3.42	438.98	111.83	0.48
vall	6.8		Bridge												
vall	6.5	Q200	1330.80	1503.00	324.93	333.90	329.61	330.62	331.29	3.63	5.69	3.66	423.57	116.84	0.54
vall	6.4	Q200	1322.40	1503.00	324.93	328.87	329.61	330.56	331.27	3.04	5.63	3.77	423.10	139.21	0.54
vall	6.3	Q200	1196.20	1503.00	324.14	328.39	330.00	330.33	330.68	1.73	6.19	2.63	571.20	330.00	0.64
vall	6.2	Q200	1172.20	1503.00	324.12	329.23	330.00	329.85	330.55	4.82	5.73	3.72	404.21	83.87	0.54
vall	6.1	Q200	1151.90	1503.00	324.15	329.45	330.00	329.73	330.49	4.47	5.58	3.86	389.58	87.16	0.58
vall	6.06	Q200	1144.60	1503.00	324.18	329.80	329.75	328.81	330.37	3.68	4.63	5.52	272.08	74.00	0.92
vall	6.05	Q200	974.60	1503.00	323.23	330.43	331.50	329.26	329.55	4.74	6.03	2.41	622.62	131.34	0.35
vall	6.04	Q200	897.00	1503.00	322.85	329.37	331.50	329.07	329.44	4.91	6.22	2.69	557.71	113.49	0.39
vall	6.03	Q200	729.50	1503.00	321.98	328.57	331.50	328.50	329.12	5.34	6.52	3.49	430.16	80.61	0.48
vall	6.02	Q200	570.50	1503.00	321.16	329.66	331.50	328.16	328.76	5.16	7.00	3.43	438.05	84.85	0.48
vall	6	Q200	463.00	1503.00	320.60	327.25	331.57	327.76	328.50	5.81	7.16	3.80	395.91	68.13	0.50
vall	5.1	Q200	267.00	1503.00	319.58	326.30	329.00	327.11	327.98	6.36	7.53	4.14	363.16	57.11	0.52
vall	5.05	Q200	180.00	1503.00	319.12	325.50	329.12	326.95	327.72	5.93	7.83	3.93	390.74	135.70	0.50
vall	5	Q200	179.00	1503.00	319.12	325.50	329.12	326.95	327.72	5.92	7.83	3.94	390.51	135.69	0.50
vall	4.8		Bridge												
vall	4.5	Q200	163.00	1503.00	319.12	325.50	329.12	326.72	327.58	5.66	7.60	4.15	370.25	135.17	0.54
vall	4.3	Q200	159.00	1503.00	319.12	325.50	329.12	326.70	327.57	5.65	7.58	4.16	369.14	135.13	0.54
vall	4.1	Q200	53.00	1503.00	318.35	325.75	327.76	326.69	327.24	6.24	8.34	3.35	464.81	85.26	0.40
vall	4	Q200	50.60	1503.00	318.35	325.75	327.76	326.68	327.24	6.24	8.33	3.35	464.40	85.25	0.40
vall	3.8		Bridge												
vall	3.5	Q200	9.60	1503.00	318.35	325.75	327.76	326.13	326.80	5.76	7.78	3.67	423.50	84.36	0.46
vall	3.4	Q200		1503.00	318.35	325.75	327.76	326.14	326.77	5.27	7.79	3.58	444.89	84.37	0.45

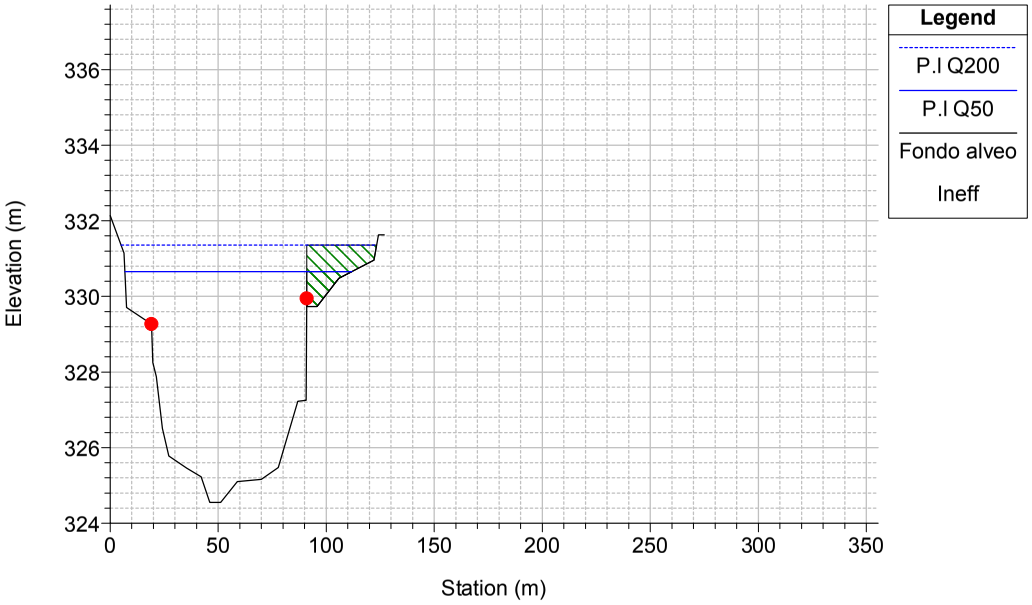
Scrivia-STATO-ATTUALE
RS = 9 Torrente Scrivia



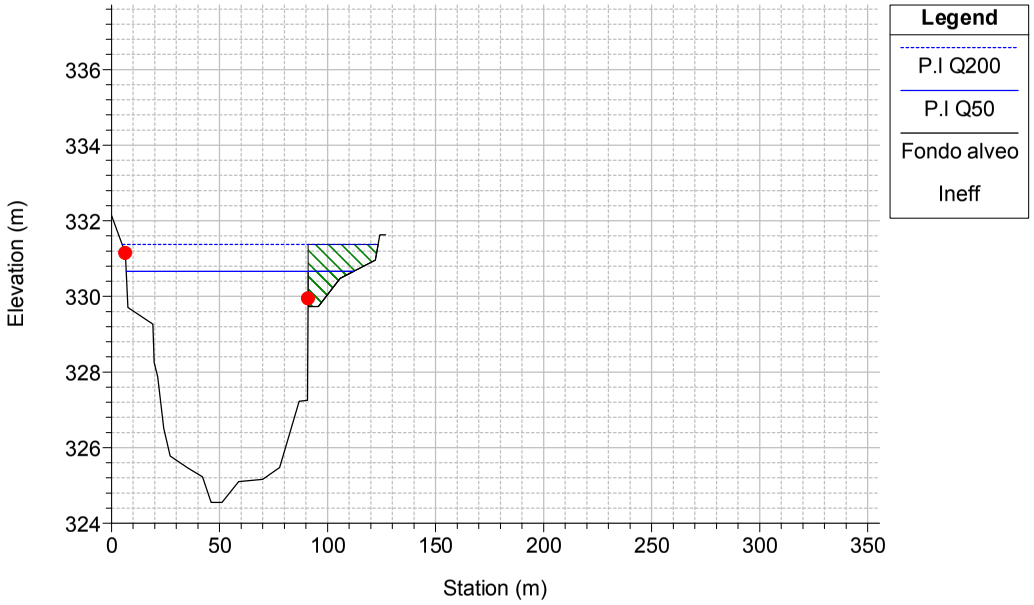
Scrivia-STATO-ATTUALE
RS = 8.5 Torrente Scrivia



Scrivia-STATO-ATTUALE
RS = 8.1 Torrente Scrivia

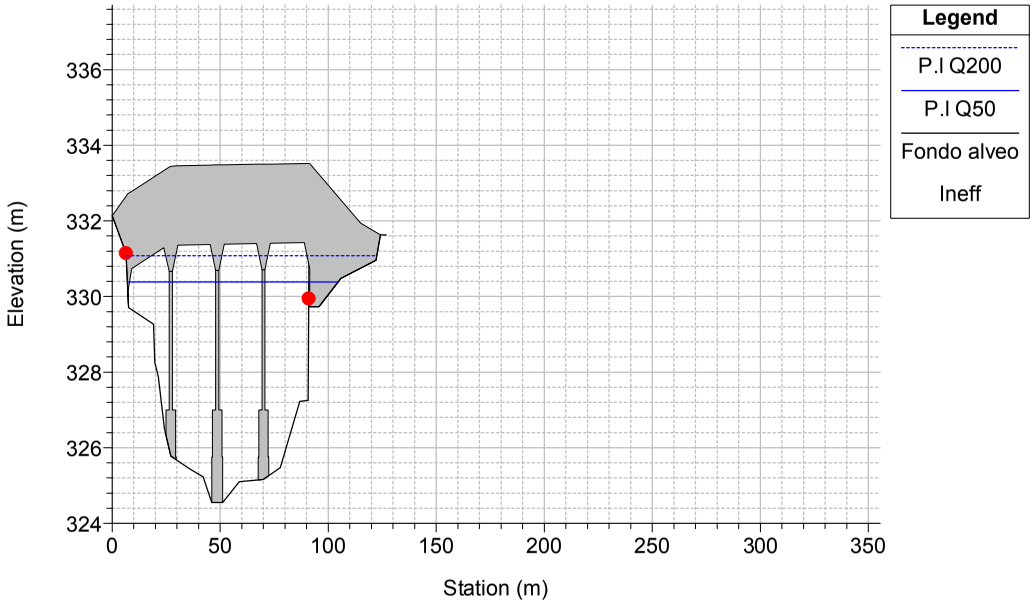


Scrivia-STATO-ATTUALE
RS = 8 Torrente Scrivia

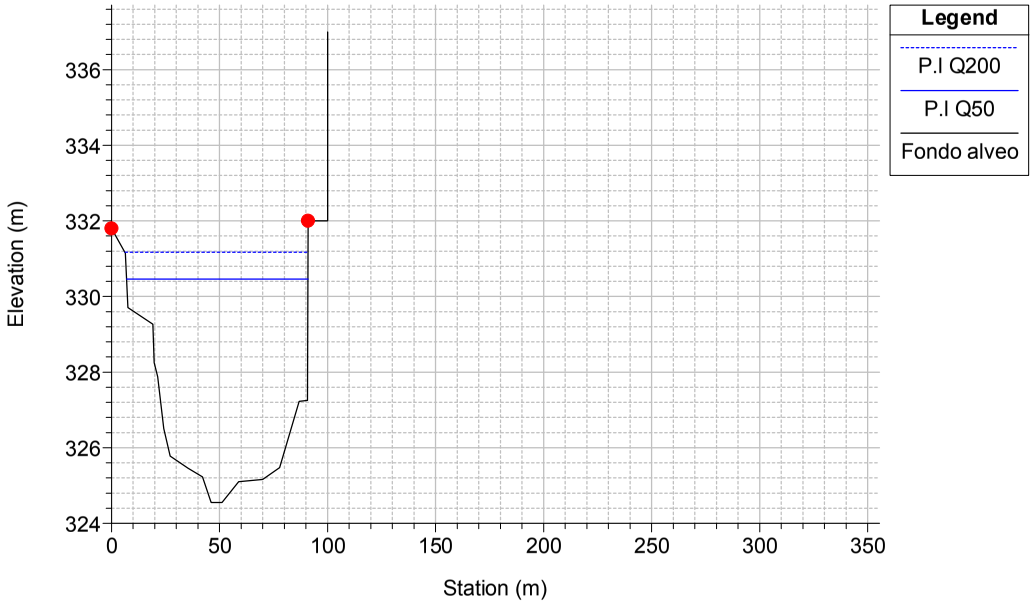


1 cm Horiz. = 35 m 1 cm Vert. = 2 m

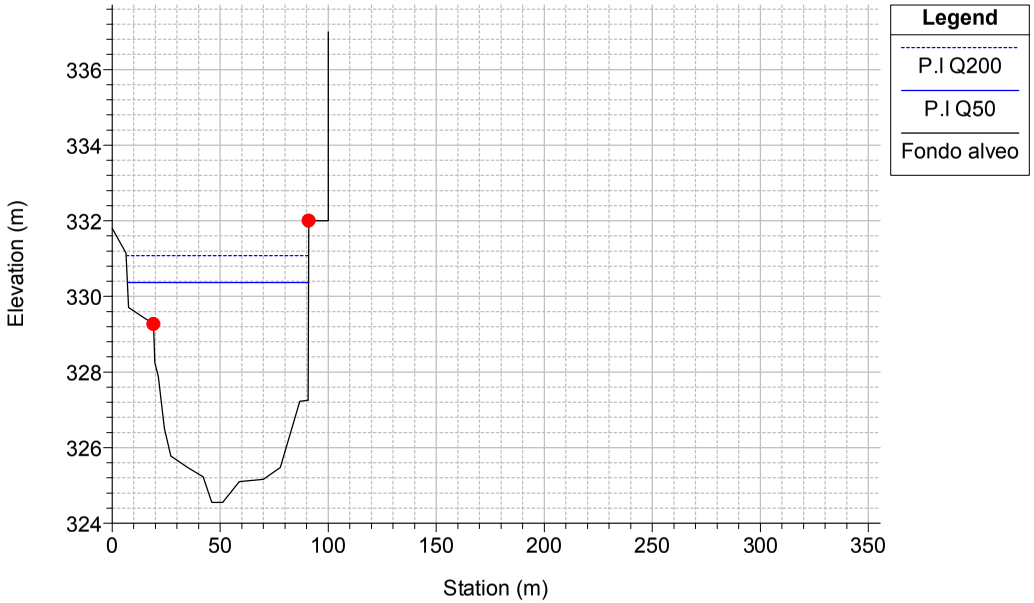
Scrivia-STATO-ATTUALE
RS = 7.8 BR Torrente Scrivia



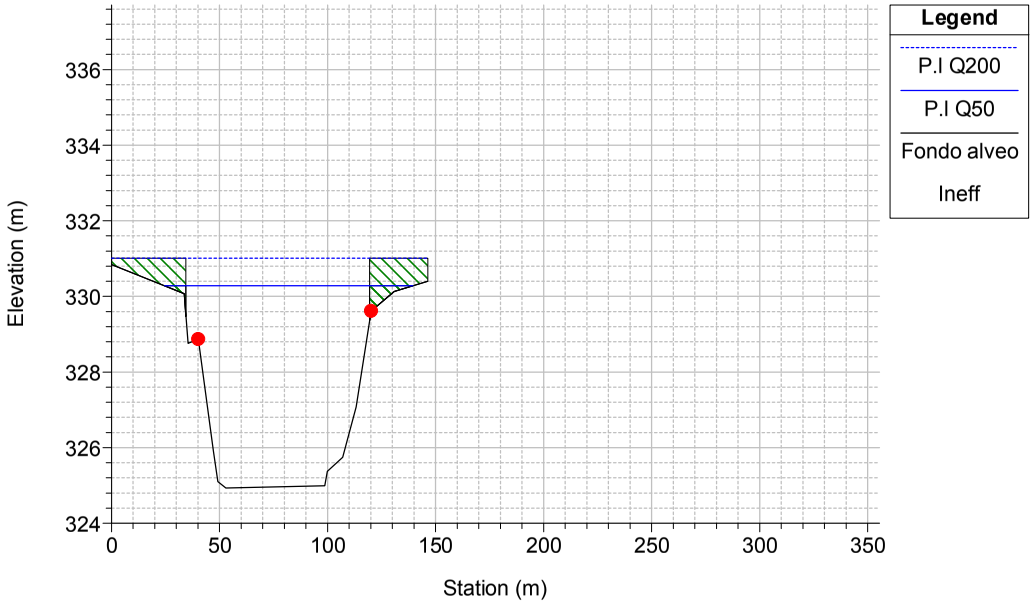
Scrivia-STATO-ATTUALE
RS = 7.5 Torrente Scrivia



Scrivia-STATO-ATTUALE
RS = 7.2 Torrente Scrivia

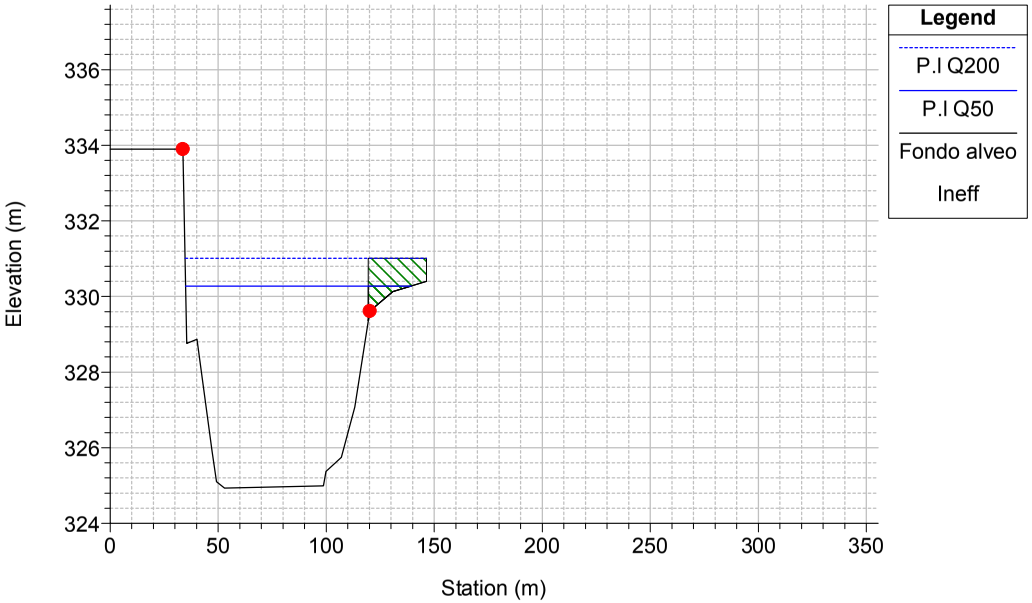


Scrivia-STATO-ATTUALE
RS = 7.1 Torrente Scrivia

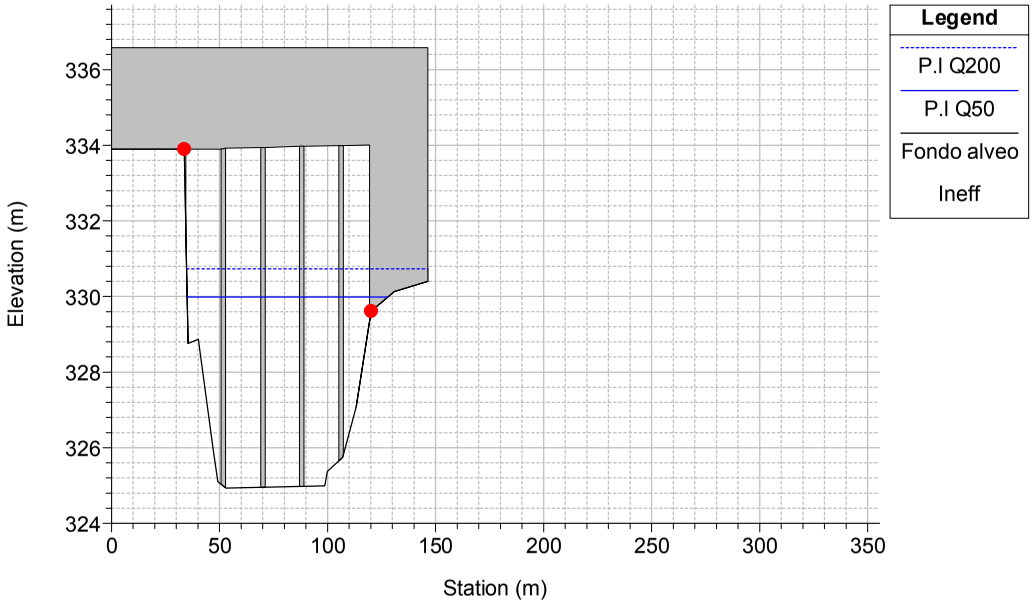


1 cm Horiz. = 35 m 1 cm Vert. = 2 m

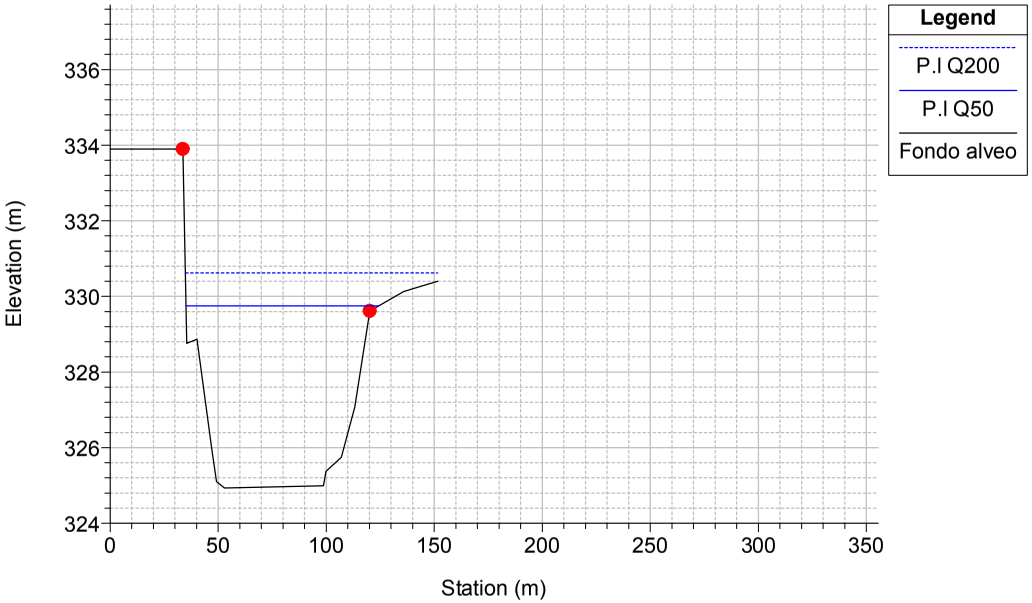
Scrivia-STATO-ATTUALE
RS = 7 Torrente Scrivia



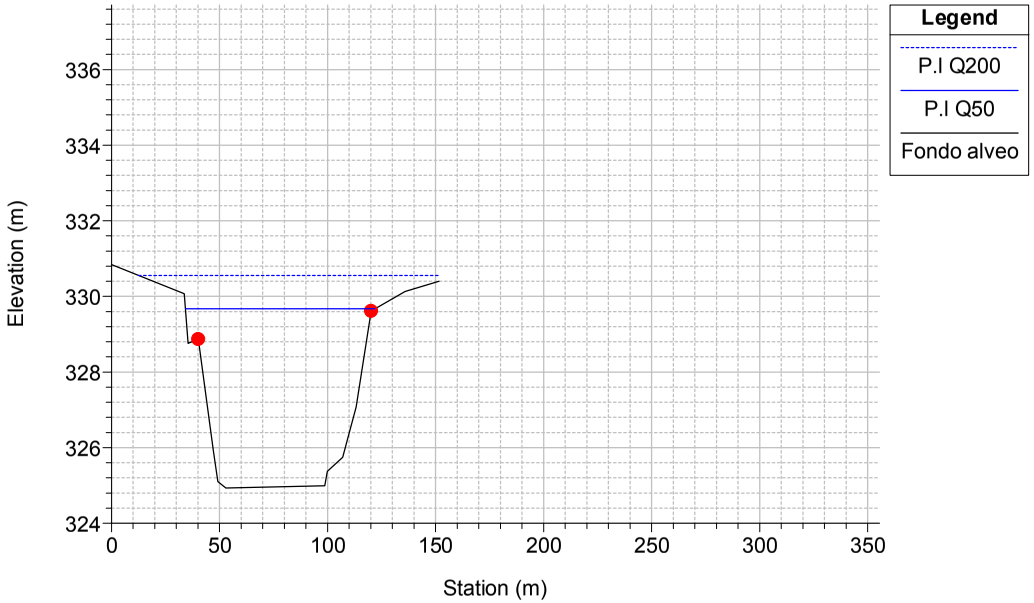
Scrivia-STATO-ATTUALE
RS = 6.8 BR Torrente Scrivia



Scrivia-STATO-ATTUALE
RS = 6.5 Torrente Scrivia

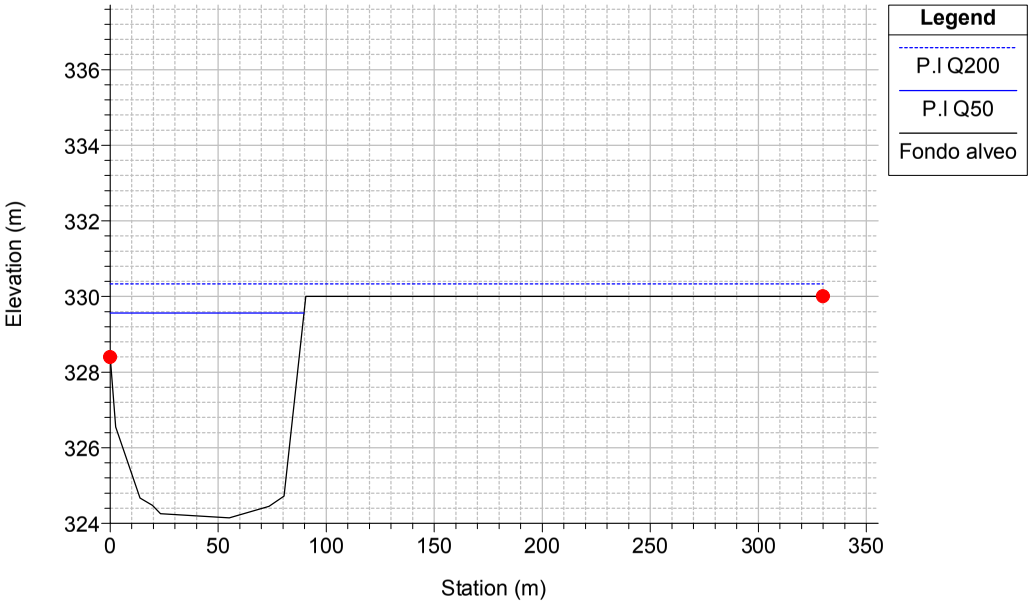


Scrivia-STATO-ATTUALE
RS = 6.4 Torrente Scrivia

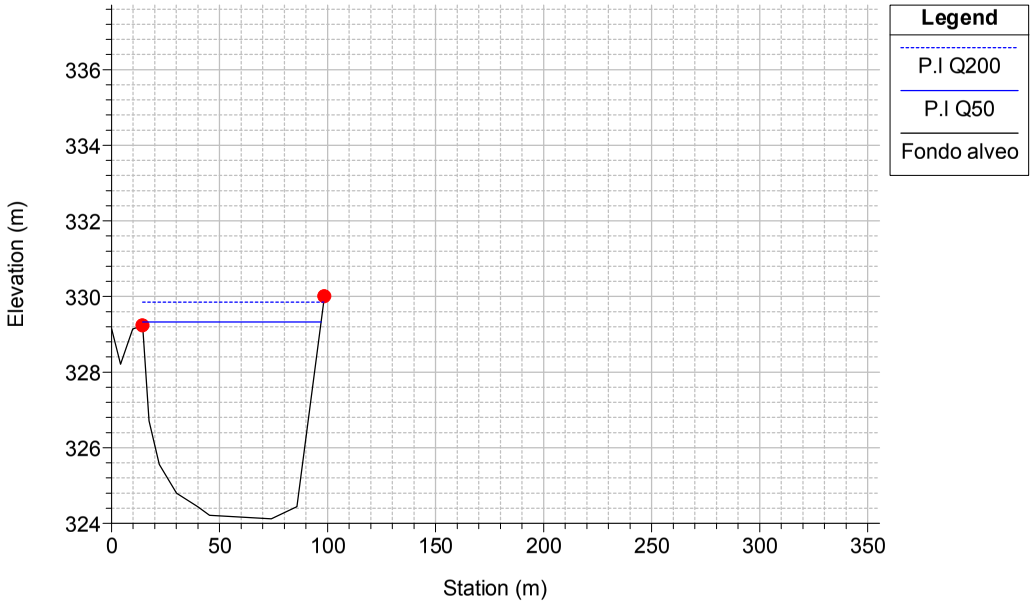


1 cm Horiz. = 35 m 1 cm Vert. = 2 m

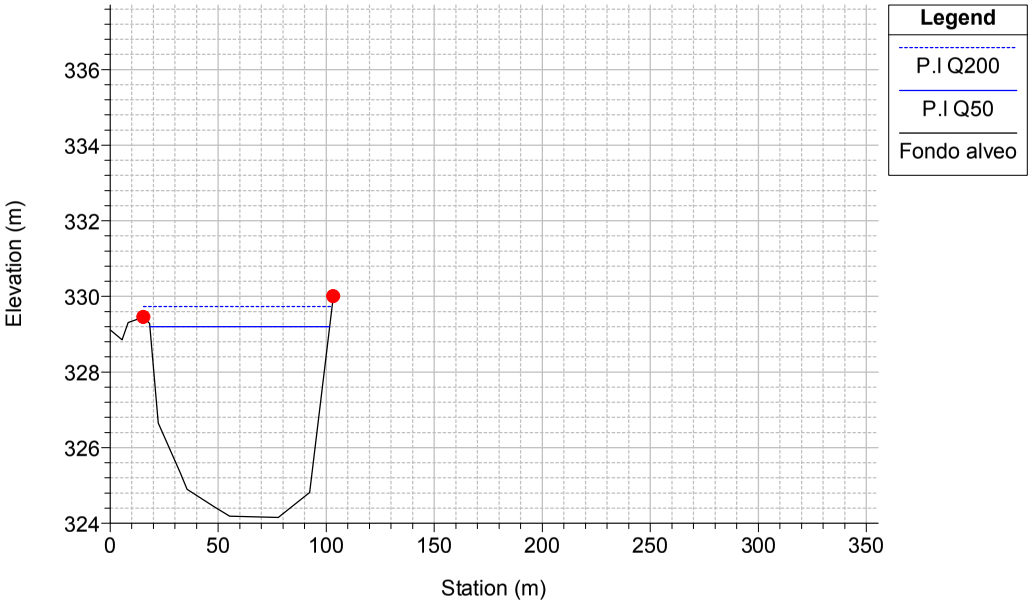
Scrivia-STATO-ATTUALE
RS = 6.3 Torrente Scrivia



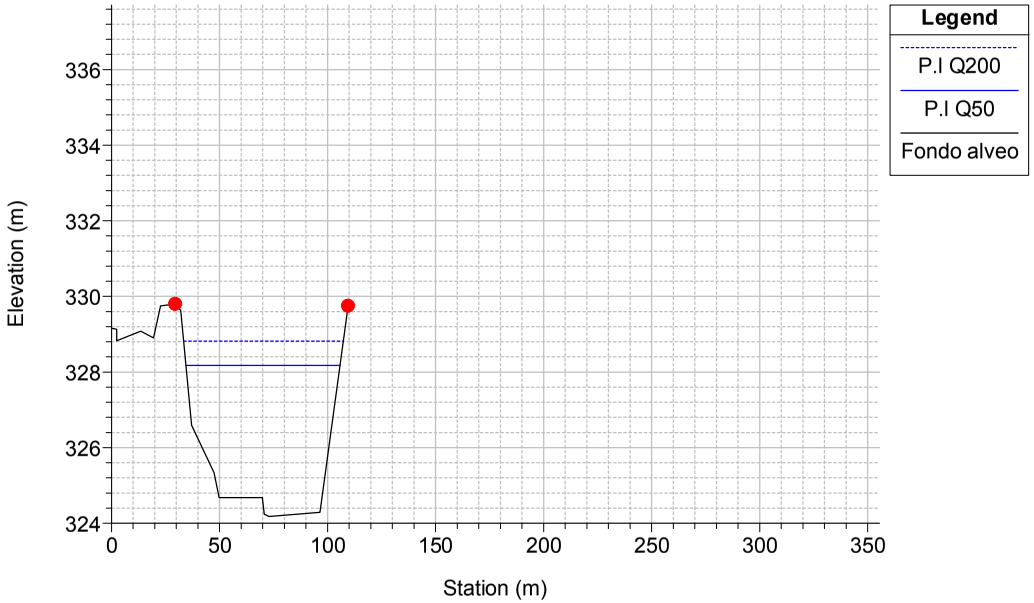
Scrivia-STATO-ATTUALE
RS = 6.2 Torrente Scrivia



Scrivia-STATO-ATTUALE
RS = 6.1 Torrente Scrivia

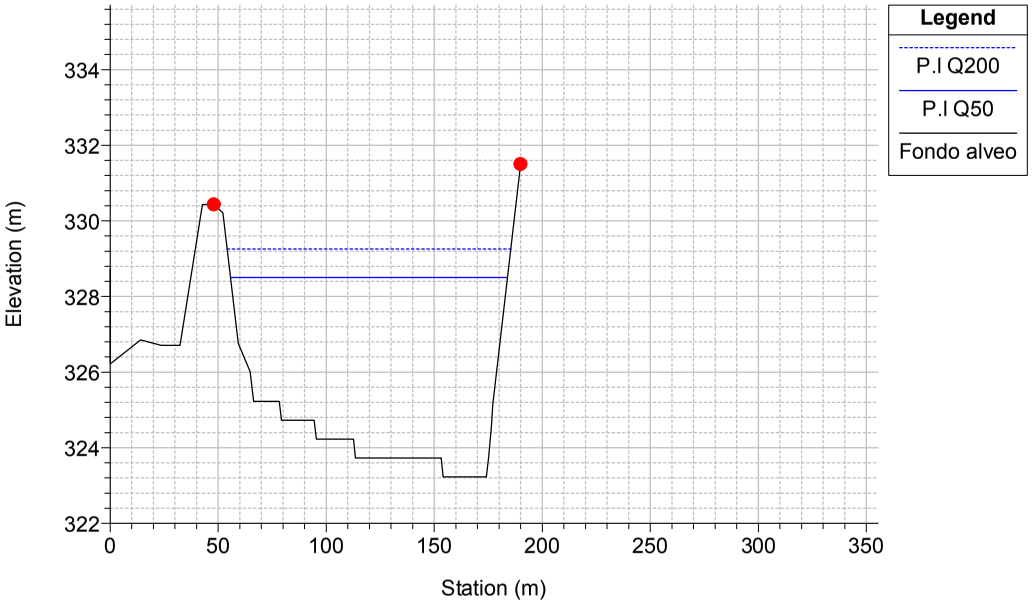


Scrivia-STATO-ATTUALE
RS = 6.06 Torrente Scrivia

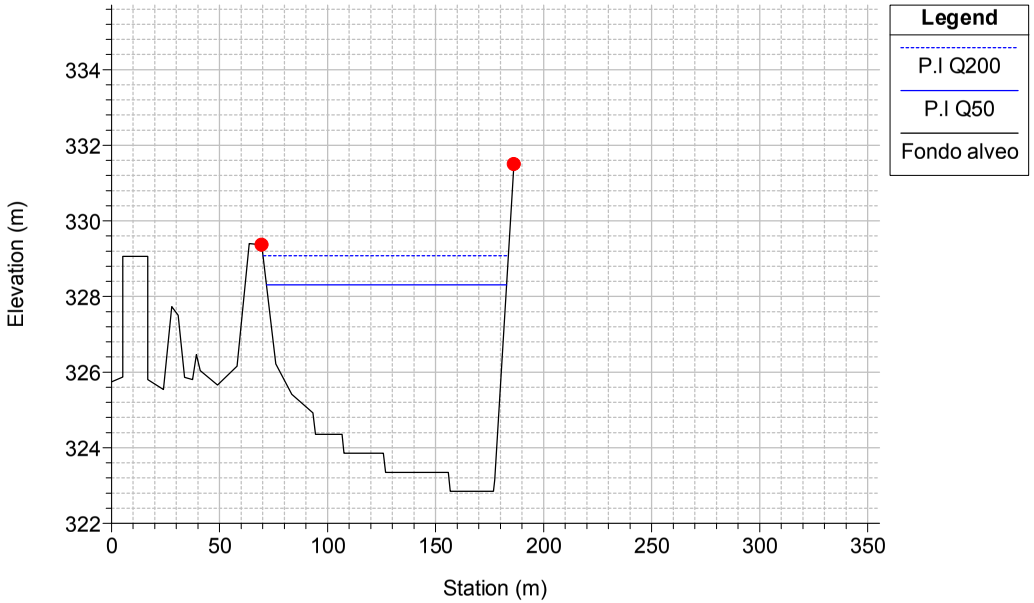


1 cm Horiz. = 35 m 1 cm Vert. = 2 m

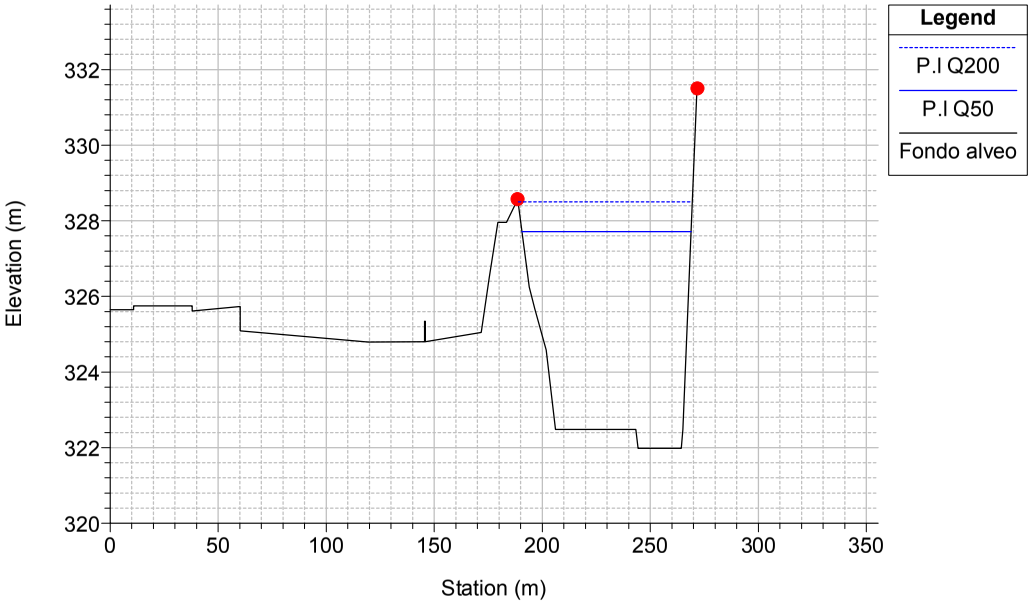
Scrivia-STATO-ATTUALE
RS = 6.05 Torrente Scrivia



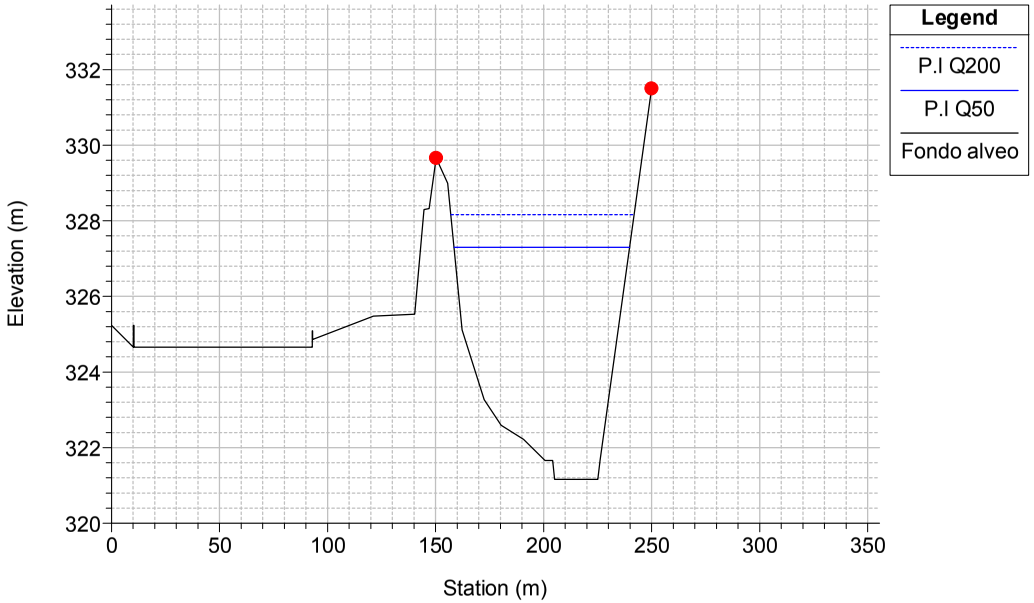
Scrivia-STATO-ATTUALE
RS = 6.04 Torrente Scrivia



Scrivia-STATO-ATTUALE
RS = 6.03 Torrente Scrivia

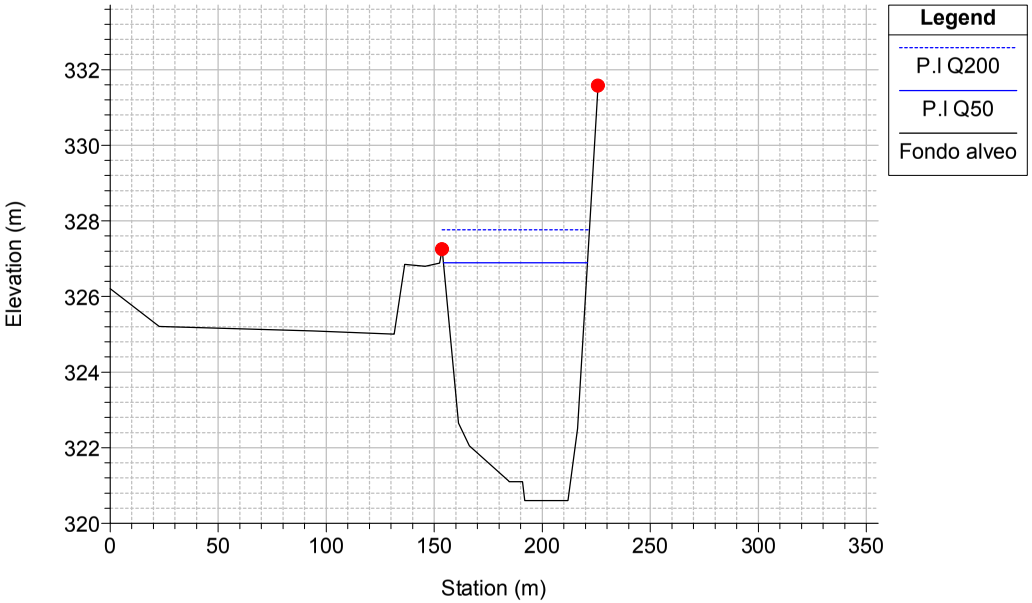


Scrivia-STATO-ATTUALE
RS = 6.02 Torrente Scrivia

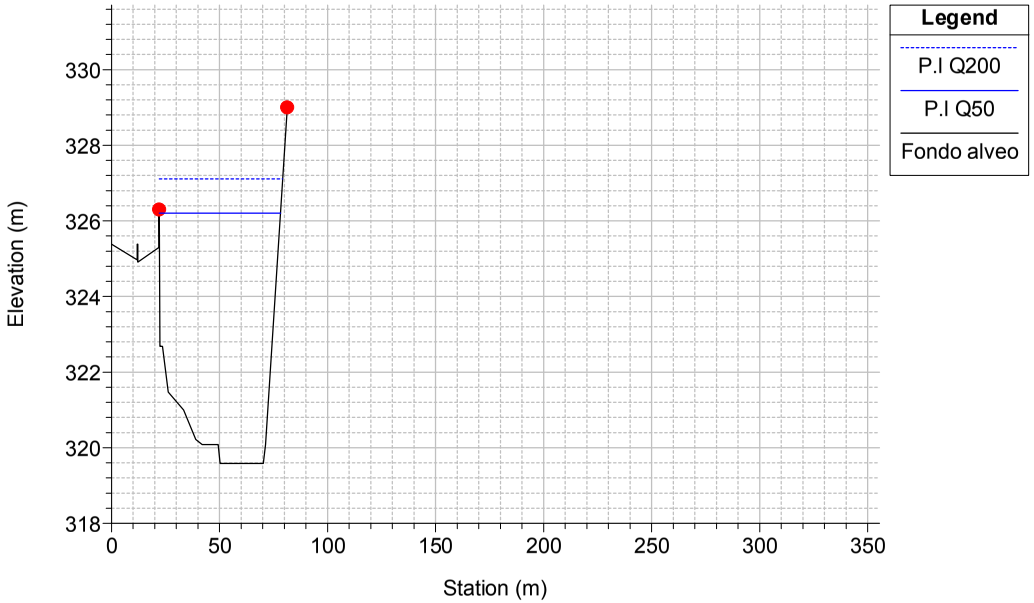


1 cm Horiz. = 35 m 1 cm Vert. = 2 m

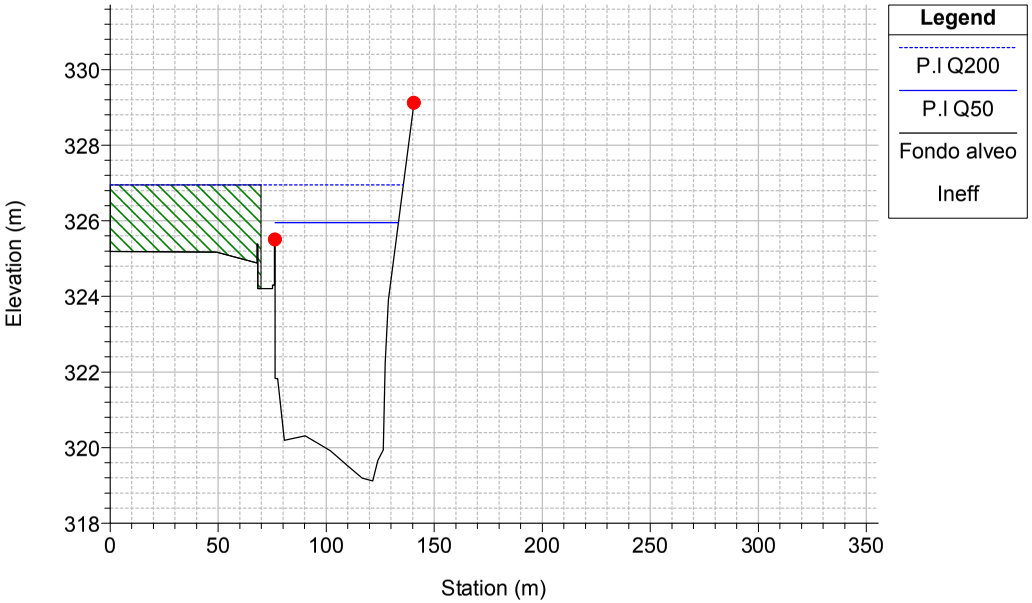
Scrivia-STATO-ATTUALE
RS = 6 Torrente Scrivia



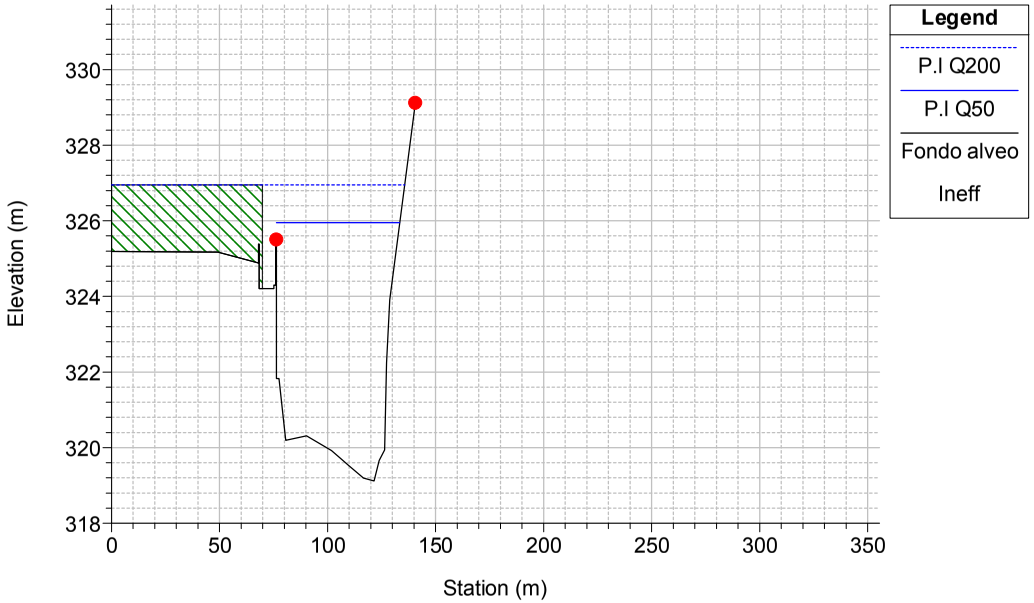
Scrivia-STATO-ATTUALE
RS = 5.1 Torrente Scrivia



Scrivia-STATO-ATTUALE
RS = 5.05 Torrente Scrivia

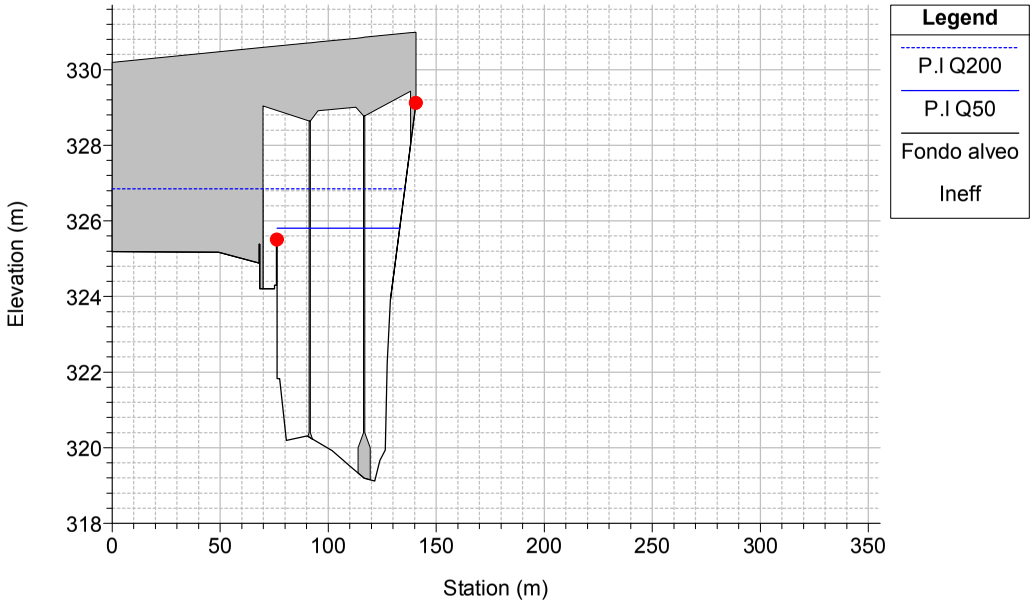


Scrivia-STATO-ATTUALE
RS = 5 Torrente Scrivia

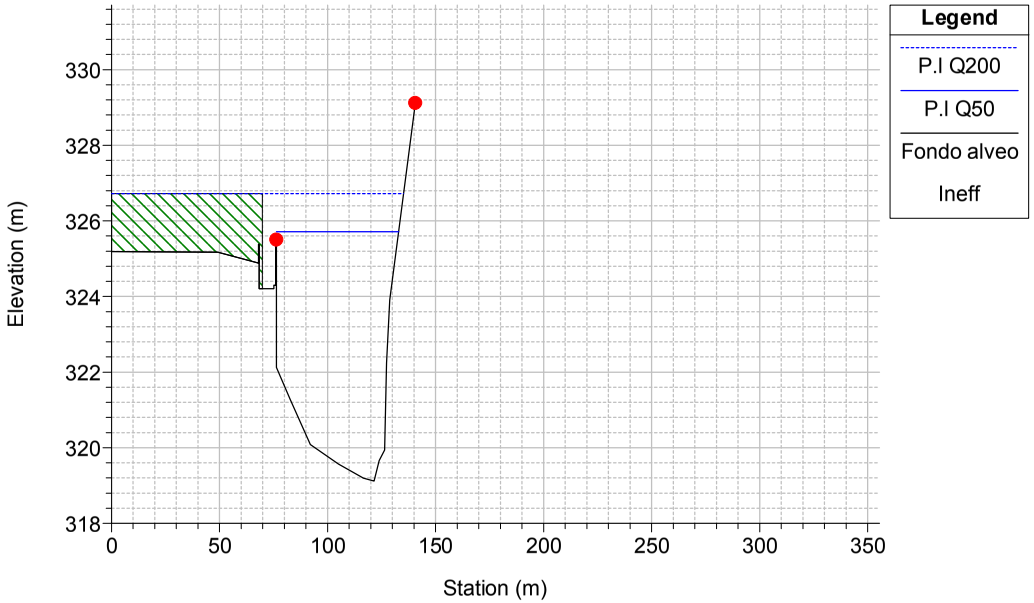


1 cm Horiz. = 35 m 1 cm Vert. = 2 m

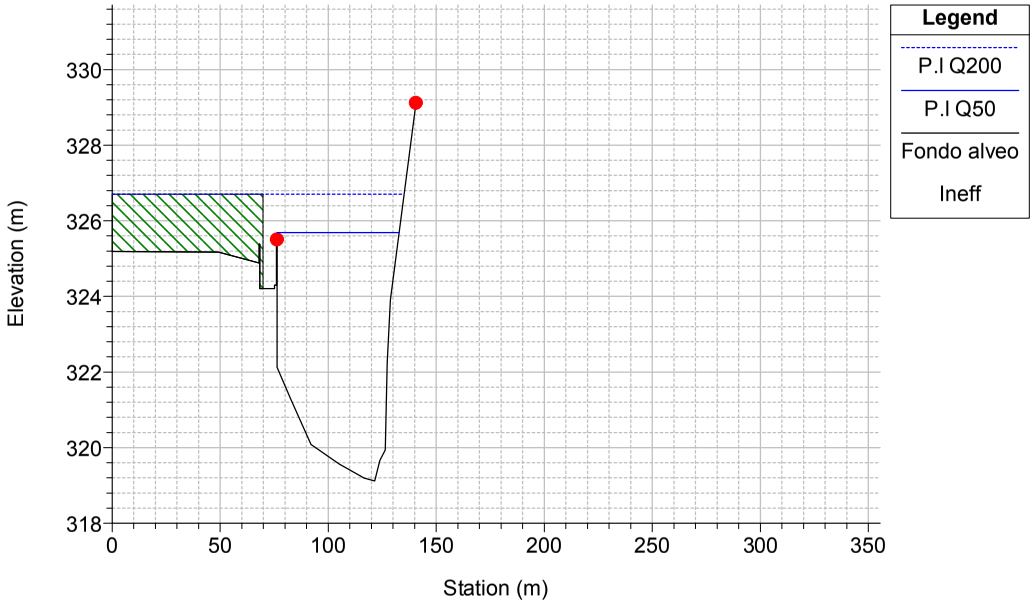
Scrivia-STATO-ATTUALE
RS = 4.8 BR Torrente Scrivia



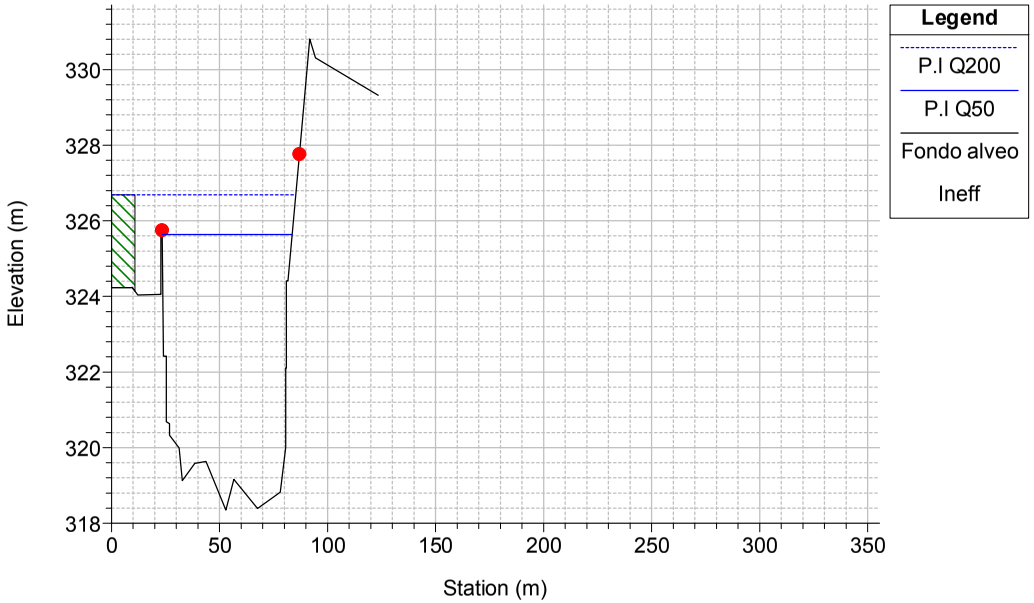
Scrivia-STATO-ATTUALE
RS = 4.5 Torrente Scrivia



Scrivia-STATO-ATTUALE
RS = 4.3 Torrente Scrivia

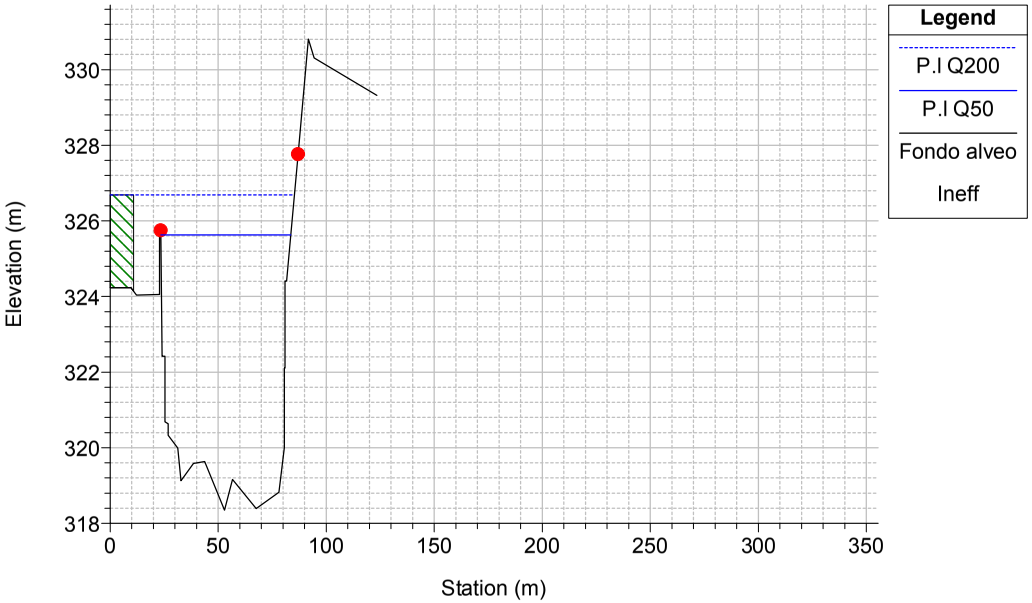


Scrivia-STATO-ATTUALE
RS = 4.1 Torrente Scrivia

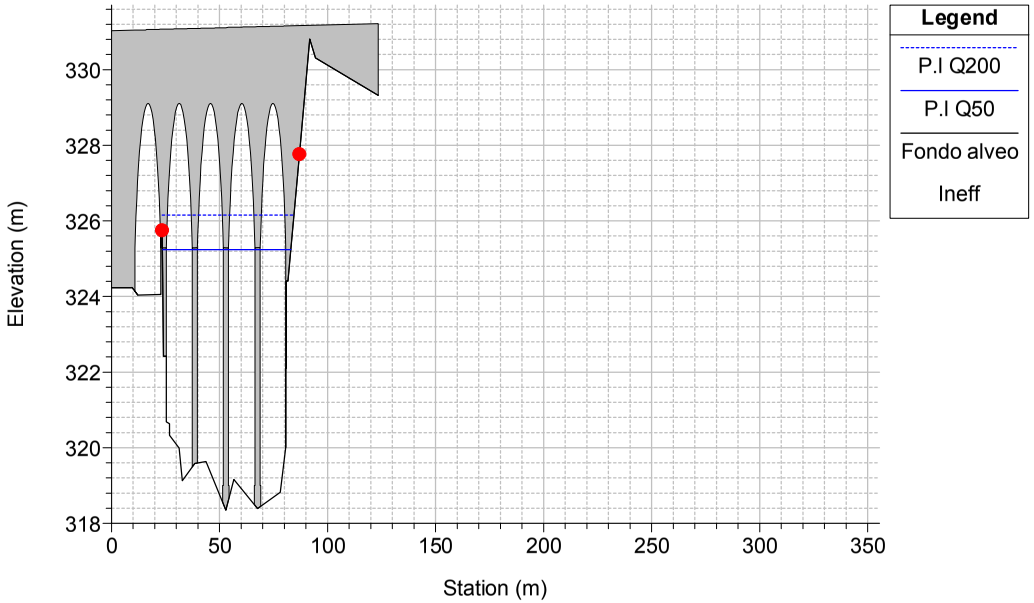


1 cm Horiz. = 35 m 1 cm Vert. = 2 m

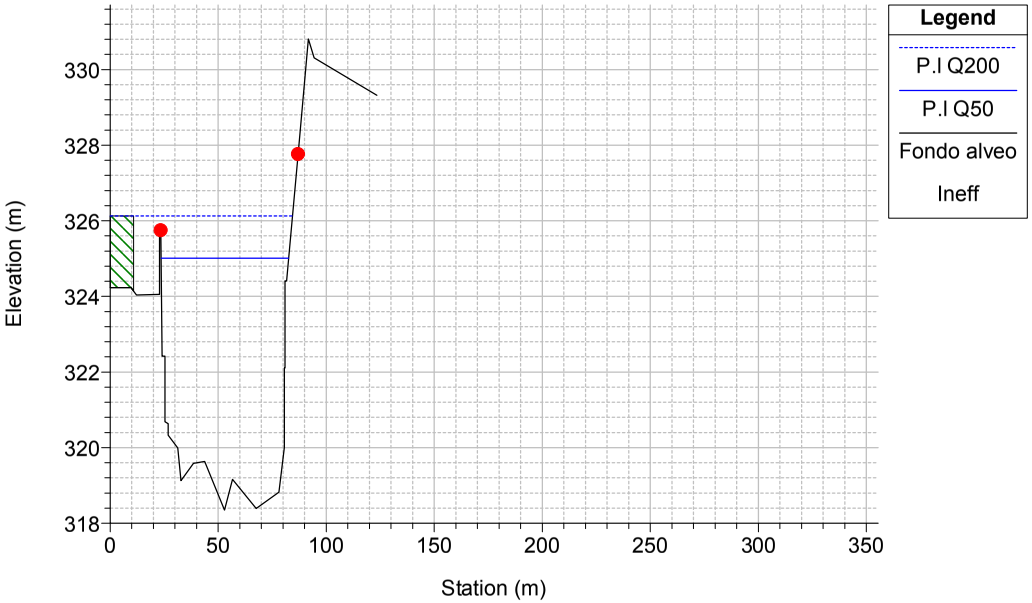
Scrivia-STATO-ATTUALE
RS = 4 Torrente Scrivia



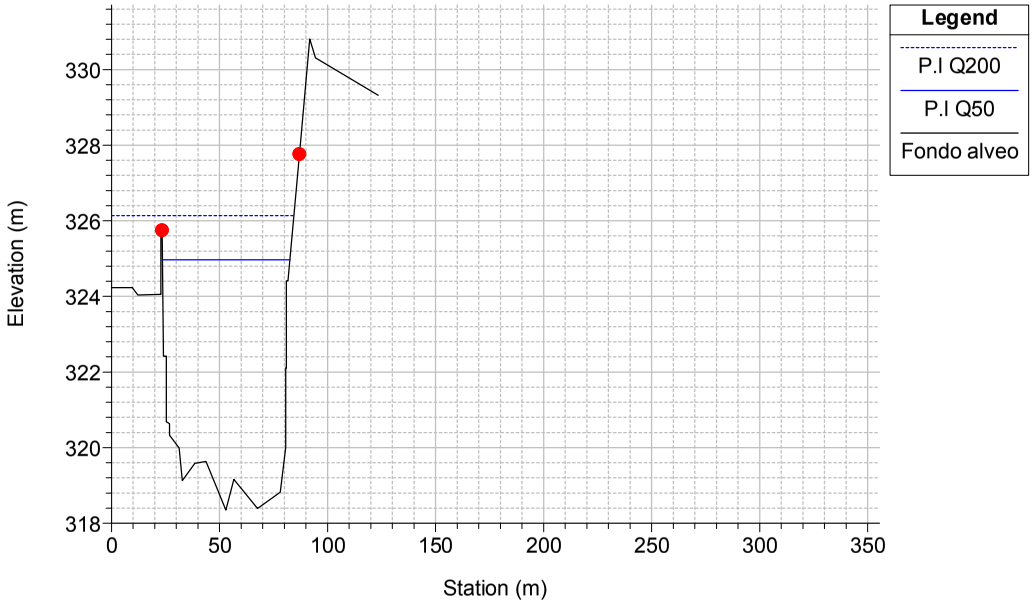
Scrivia-STATO-ATTUALE
RS = 3.8 BR Torrente Scrivia



Scrivia-STATO-ATTUALE
RS = 3.5 Torrente Scrivia



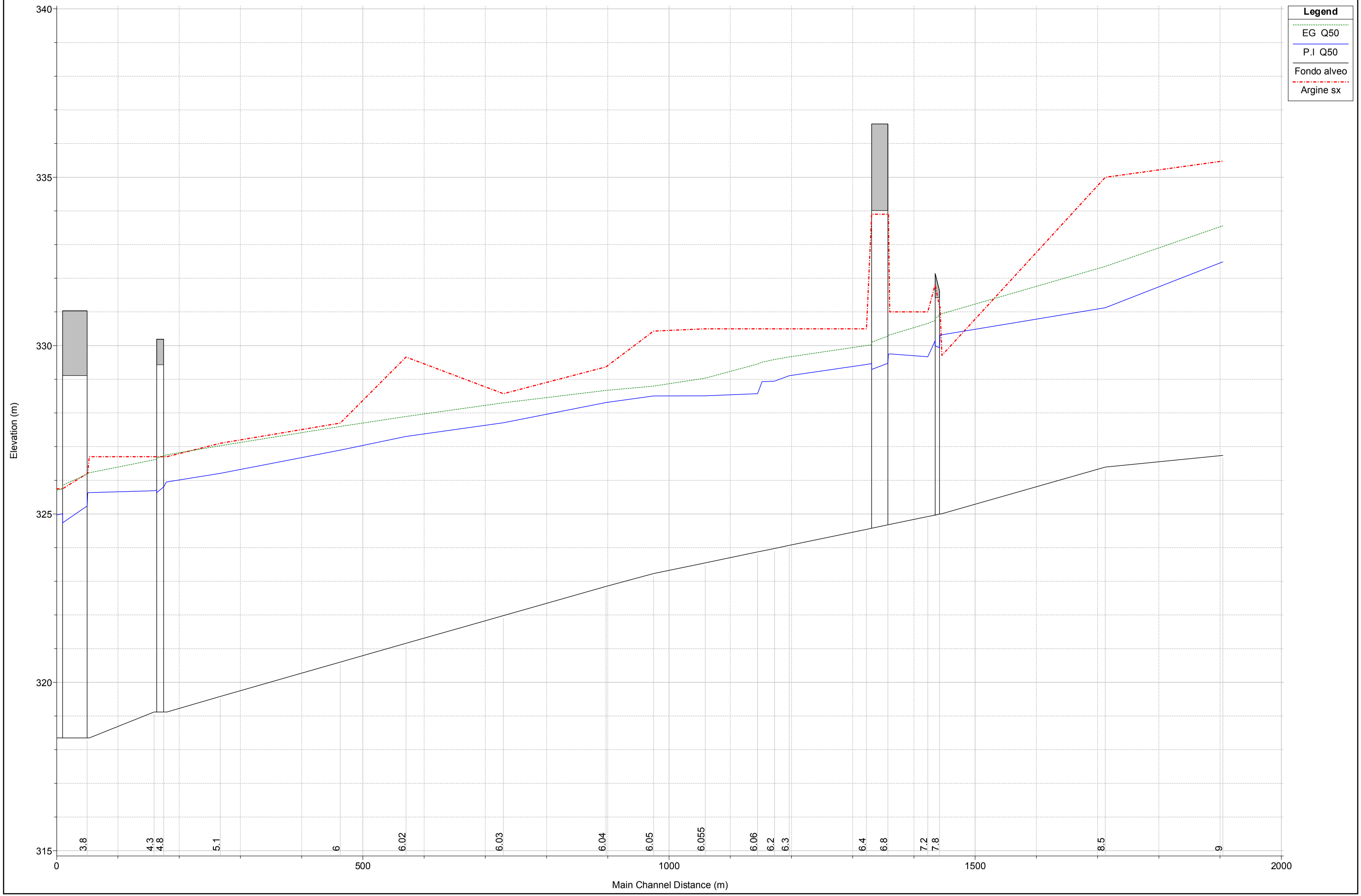
Scrivia-STATO-ATTUALE
RS = 3.4 Torrente Scrivia



1 cm Horiz. = 35 m 1 cm Vert. = 2 m

Scrivia-PROGETTO-LOTTO1

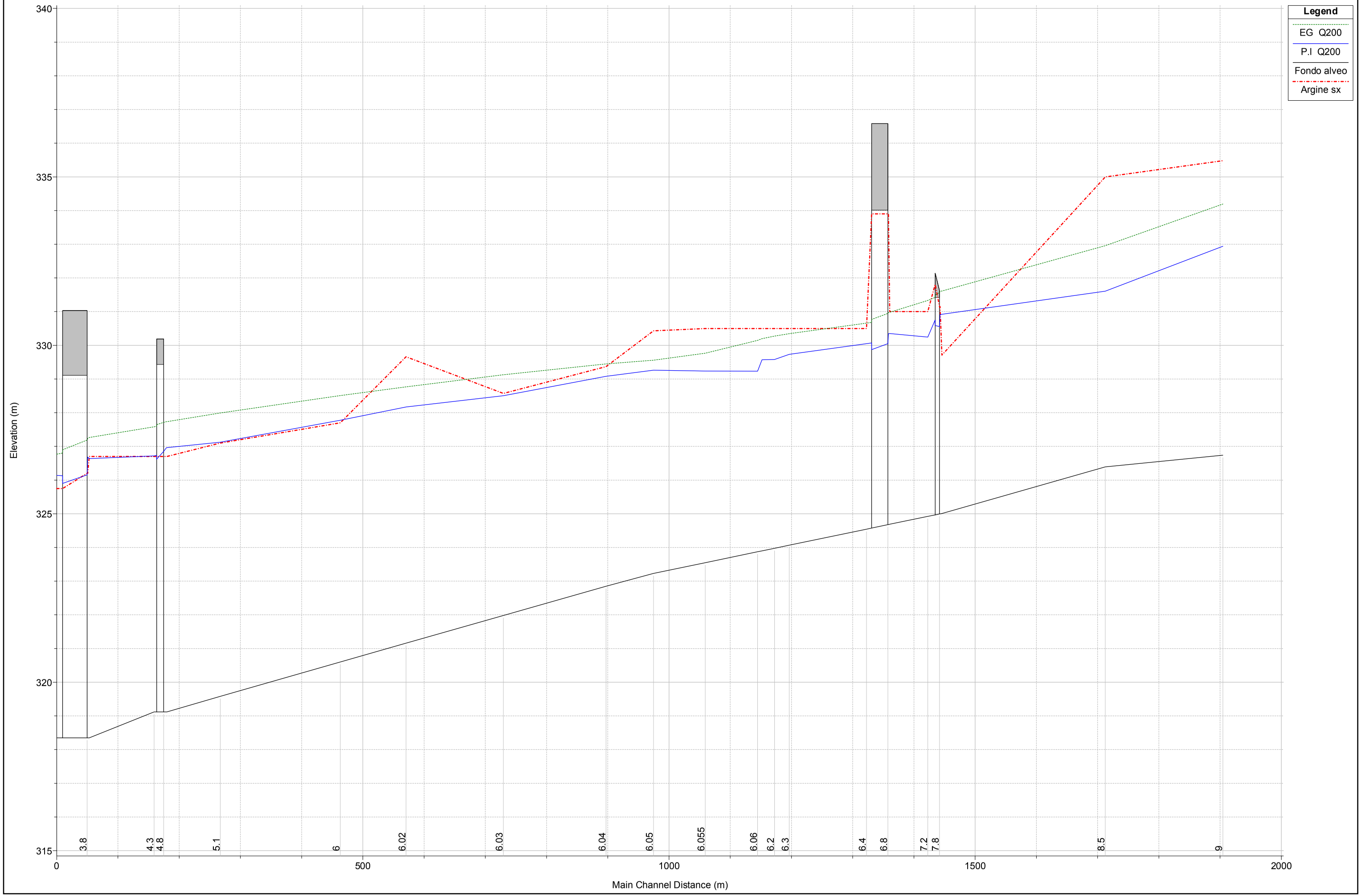
Torrente Scrivia



1 cm Horiz. = 55 m 1 cm Vert. = 1 m

Scrivia-PROGETTO-LOTTO1

Torrente Scrivia



1 cm Horiz. = 55 m 1 cm Vert. = 1 m

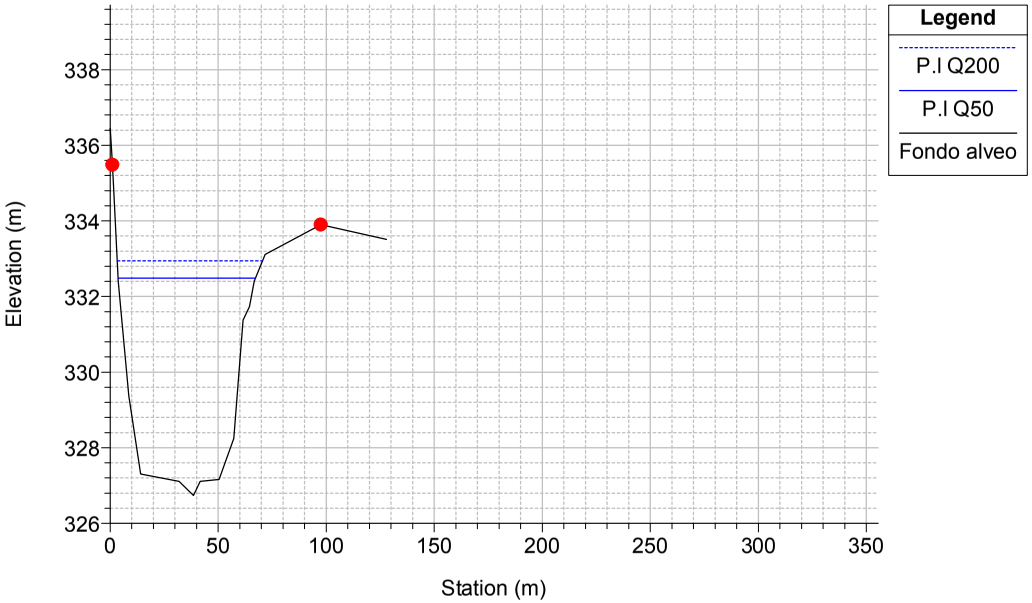
HEC-RAS Plan: PRG-LOTTO-I River: scrivia Reach: vall Profile: Q50

Reach	River Sta	Profile	Cum Ch Len	Q Total	Min Ch El	LOB Elev	ROB Elev	W.S. Elev	E.G. Elev	Hydr Depth	Max Chl Dpth	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
			(m)	(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/s)	(m2)	(m)	
vall	9	Q50	1904.60	1252.00	326.74	335.48	333.90	332.49	333.56	4.30	5.75	4.58	273.48	63.63	0.71
vall	8.5	Q50	1712.60	1252.00	326.39	335.00	331.35	331.12	332.35	3.39	4.73	4.90	255.30	75.21	0.85
vall	8.1	Q50	1445.60	1252.00	325.01	329.71	329.94	330.32	330.95	4.26	5.31	3.50	357.56	96.62	0.54
vall	8	Q50	1442.60	1252.00	325.00	331.15	329.94	330.31	330.94	4.26	5.32	3.50	357.40	96.48	0.54
vall	7.8		Bridge												
vall	7.5	Q50	1434.60	1252.00	324.97	331.80	332.00	330.14	330.74	4.62	5.17	3.44	364.28	78.80	0.51
vall	7.2	Q50	1422.60	1252.00	324.92	331.00	332.00	329.67	330.66	4.08	4.75	4.41	283.89	69.53	0.70
vall	7.1	Q50	1360.40	1252.00	324.69	331.00	329.61	329.75	330.32	4.42	5.06	3.33	375.92	93.72	0.51
vall	7	Q50	1358.30	1252.00	324.68	333.90	329.61	329.75	330.31	4.42	5.07	3.33	376.19	93.61	0.51
vall	6.8		Bridge												
vall	6.5	Q50	1330.80	1252.00	324.57	333.90	329.61	329.47	330.03	4.07	4.89	3.31	378.35	92.86	0.52
vall	6.4	Q50	1322.40	1252.00	324.54	330.50	329.61	329.44	330.00	4.07	4.90	3.31	377.98	92.79	0.52
vall	6.3	Q50	1196.20	1252.00	324.07	330.50	330.00	329.10	329.66	4.32	5.04	3.31	377.99	87.49	0.51
vall	6.2	Q50	1172.20	1252.00	323.98	330.50	330.00	328.94	329.59	4.13	4.97	3.55	352.74	85.37	0.56
vall	6.1	Q50	1151.90	1252.00	323.90	330.50	330.00	328.93	329.51	4.16	5.03	3.38	370.43	89.07	0.53
vall	6.06	Q50	1144.60	1252.00	323.87	330.50	329.75	328.57	329.45	3.74	4.70	4.15	301.68	80.69	0.69
vall	6.055	Q50	1059.25	1252.00	323.55	330.50	330.00	328.51	329.03	3.78	4.96	3.21	389.82	103.20	0.53
vall	6.05	Q50	974.60	1252.00	323.23	330.43	331.50	328.51	328.80	4.09	5.28	2.38	525.10	128.25	0.38
vall	6.04	Q50	897.00	1252.00	322.85	329.37	331.50	328.31	328.67	4.25	5.46	2.65	471.76	111.12	0.41
vall	6.03	Q50	729.50	1252.00	321.98	328.57	331.50	327.71	328.30	4.70	5.73	3.41	367.55	78.28	0.50
vall	6.02	Q50	570.50	1252.00	321.16	329.66	331.50	327.30	327.89	4.51	6.14	3.41	366.67	81.26	0.51
vall	6	Q50	463.00	1252.00	320.60	327.70	331.57	326.90	327.60	5.06	6.30	3.71	337.19	66.64	0.53
vall	5.1	Q50	267.00	1252.00	319.58	327.10	329.00	326.20	327.03	5.56	6.62	4.02	311.76	56.03	0.54
vall	5.05	Q50	180.00	1252.00	319.12	326.70	329.12	325.95	326.76	5.52	6.83	3.97	315.41	57.17	0.54
vall	5	Q50	179.00	1252.00	319.12	326.70	329.12	325.95	326.75	5.51	6.83	3.97	315.17	57.16	0.54
vall	4.8		Bridge												
vall	4.5	Q50	163.00	1252.00	319.12	326.70	329.12	325.71	326.62	5.23	6.59	4.23	296.27	56.61	0.59
vall	4.3	Q50	159.00	1252.00	319.12	326.70	329.12	325.69	326.61	5.21	6.57	4.25	294.92	56.56	0.59
vall	4.1	Q50	53.00	1252.00	318.35	326.70	327.76	325.63	326.22	6.13	7.28	3.40	367.84	59.98	0.44
vall	4	Q50	50.60	1252.00	318.35	326.20	327.76	325.63	326.22	6.12	7.28	3.41	367.54	60.02	0.44
vall	3.8		Bridge												
vall	3.5	Q50	9.60	1252.00	318.35	325.75	327.76	325.01	325.74	5.61	6.66	3.78	330.87	58.98	0.51
vall	3.4	Q50		1252.00	318.35	325.75	327.76	324.97	325.71	5.58	6.62	3.81	328.61	58.92	0.52

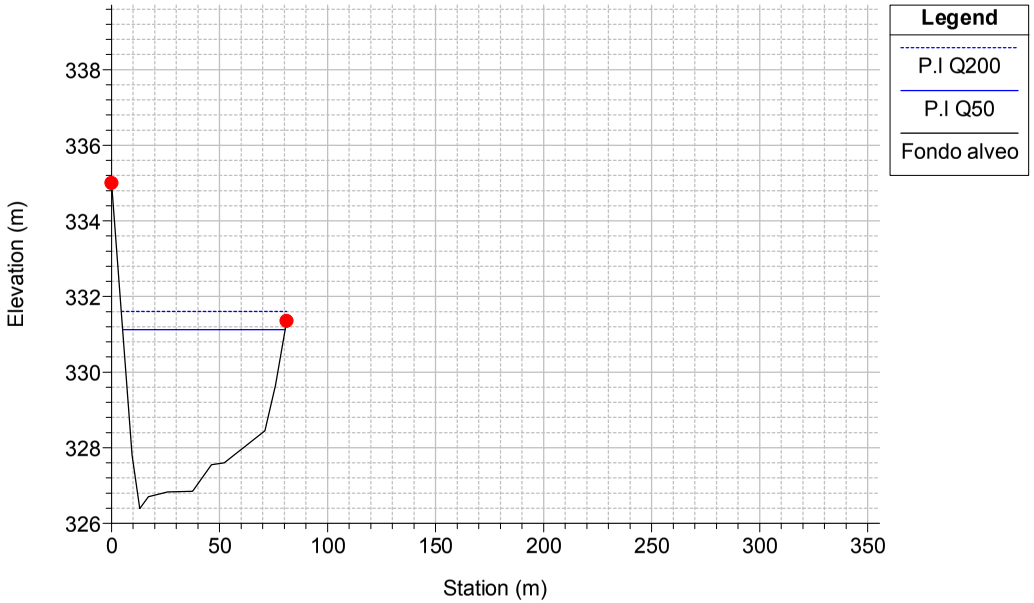
HEC-RAS Plan: PRG-LOTTO-I River: scrivia Reach: vall Profile: Q200

Reach	River Sta	Profile	Cum Ch Len	Q Total	Min Ch El	LOB Elev	ROB Elev	W.S. Elev	E.G. Elev	Hydr Depth	Max Chl Dpth	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
			(m)	(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/s)	(m2)	(m)	
vall	9	Q200	1904.60	1503.00	326.74	335.48	333.90	332.94	334.19	4.50	6.20	4.96	303.07	67.28	0.75
vall	8.5	Q200	1712.60	1503.00	326.39	335.00	331.35	331.61	332.96	3.82	5.22	5.15	292.09	76.52	0.84
vall	8.1	Q200	1445.60	1503.00	325.01	329.71	329.94	330.92	331.61	4.83	5.91	3.69	408.00	114.10	0.53
vall	8	Q200	1442.60	1503.00	325.00	331.15	329.94	330.91	331.60	4.83	5.92	3.68	408.01	113.83	0.54
vall	7.8		Bridge												
vall	7.5	Q200	1434.60	1503.00	324.97	331.80	332.00	330.75	331.42	4.73	5.78	3.63	413.52	87.50	0.53
vall	7.2	Q200	1422.60	1503.00	324.92	331.00	332.00	330.24	331.33	4.29	5.32	4.62	325.09	75.80	0.71
vall	7.1	Q200	1360.40	1503.00	324.69	331.00	329.61	330.35	330.98	5.02	5.66	3.52	426.87	114.28	0.50
vall	7	Q200	1358.30	1503.00	324.68	333.90	329.61	330.35	330.98	5.02	5.67	3.52	427.16	113.99	0.50
vall	6.8		Bridge												
vall	6.5	Q200	1330.80	1503.00	324.57	333.90	329.61	330.07	330.68	4.25	5.50	3.45	436.95	102.70	0.51
vall	6.4	Q200	1322.40	1503.00	324.54	330.50	329.61	330.05	330.66	4.27	5.51	3.46	436.68	102.25	0.51
vall	6.3	Q200	1196.20	1503.00	324.07	330.50	330.00	329.73	330.34	4.86	5.66	3.47	433.40	89.25	0.50
vall	6.2	Q200	1172.20	1503.00	323.98	330.50	330.00	329.58	330.27	4.66	5.60	3.69	407.57	87.47	0.55
vall	6.1	Q200	1151.90	1503.00	323.90	330.50	330.00	329.57	330.20	4.70	5.67	3.51	428.37	91.06	0.52
vall	6.06	Q200	1144.60	1503.00	323.87	330.50	329.75	329.23	330.14	4.29	5.36	4.23	355.71	82.93	0.65
vall	6.055	Q200	1059.25	1503.00	323.55	330.50	330.00	329.24	329.77	4.42	5.69	3.23	465.93	105.35	0.49
vall	6.05	Q200	974.60	1503.00	323.23	330.43	331.50	329.26	329.56	4.74	6.03	2.41	623.23	131.35	0.35
vall	6.04	Q200	897.00	1503.00	322.85	329.37	331.50	329.08	329.45	4.92	6.23	2.69	558.30	113.51	0.39
vall	6.03	Q200	729.50	1503.00	321.98	328.57	331.50	328.51	329.13	5.34	6.53	3.49	430.75	80.64	0.48
vall	6.02	Q200	570.50	1503.00	321.16	329.66	331.50	328.17	328.77	5.17	7.01	3.42	438.85	84.88	0.48
vall	6	Q200	463.00	1503.00	320.60	327.70	331.57	327.78	328.51	5.76	7.18	3.79	396.95	68.86	0.50
vall	5.1	Q200	267.00	1503.00	319.58	327.10	329.00	327.12	327.99	6.37	7.54	4.13	363.75	57.12	0.52
vall	5.05	Q200	180.00	1503.00	319.12	326.70	329.12	326.96	327.74	5.93	7.84	3.93	391.20	135.73	0.50
vall	5	Q200	179.00	1503.00	319.12	326.70	329.12	326.96	327.73	5.93	7.84	3.93	390.98	135.72	0.50
vall	4.8		Bridge												
vall	4.5	Q200	163.00	1503.00	319.12	326.70	329.12	326.73	327.60	5.67	7.61	4.14	370.84	135.20	0.54
vall	4.3	Q200	159.00	1503.00	319.12	326.70	329.12	326.72	327.58	5.65	7.60	4.16	369.74	135.17	0.54
vall	4.1	Q200	53.00	1503.00	318.35	326.70	327.76	326.64	327.26	6.95	8.29	3.50	429.10	61.73	0.42
vall	4	Q200	50.60	1503.00	318.35	326.20	327.76	326.68	327.24	6.23	8.33	3.35	463.94	85.25	0.41
vall	3.8		Bridge												
vall	3.5	Q200	9.60	1503.00	318.35	325.75	327.76	326.13	326.80	5.76	7.78	3.67	423.50	84.36	0.46
vall	3.4	Q200		1503.00	318.35	325.75	327.76	326.14	326.77	5.27	7.79	3.58	444.89	84.37	0.45

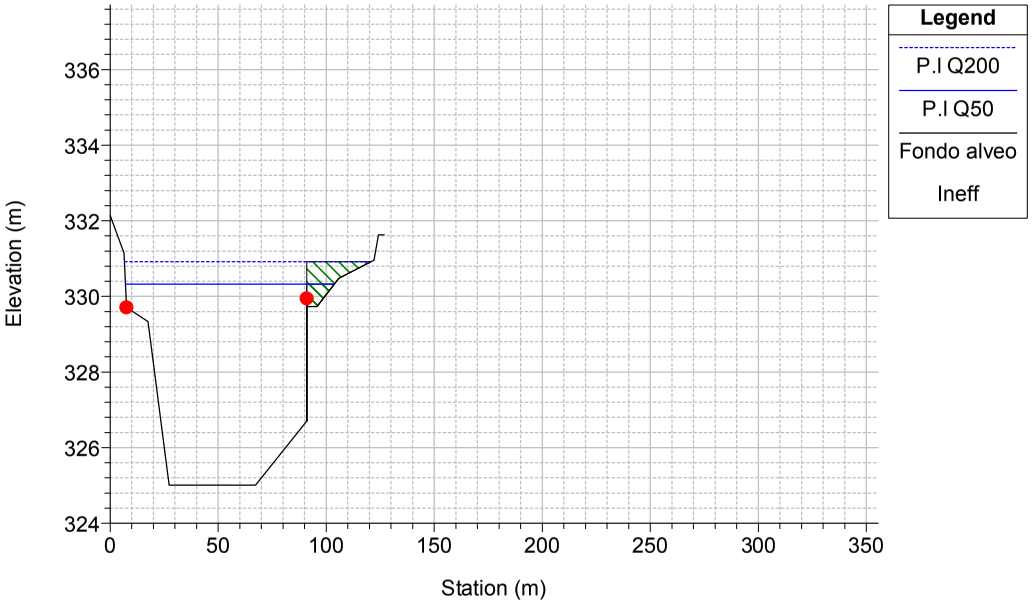
Scrivia-PROGETTO-LOTTO1
RS = 9 Torrente Scrivia



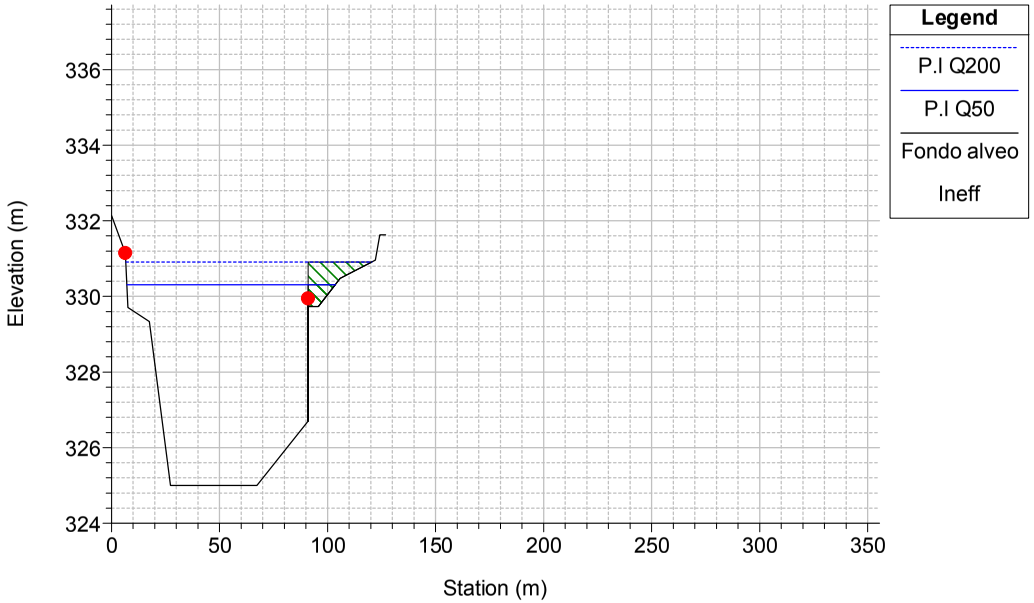
Scrivia-PROGETTO-LOTTO1
RS = 8.5 Torrente Scrivia



Scrivia-PROGETTO-LOTTO1
RS = 8.1 Torrente Scrivia

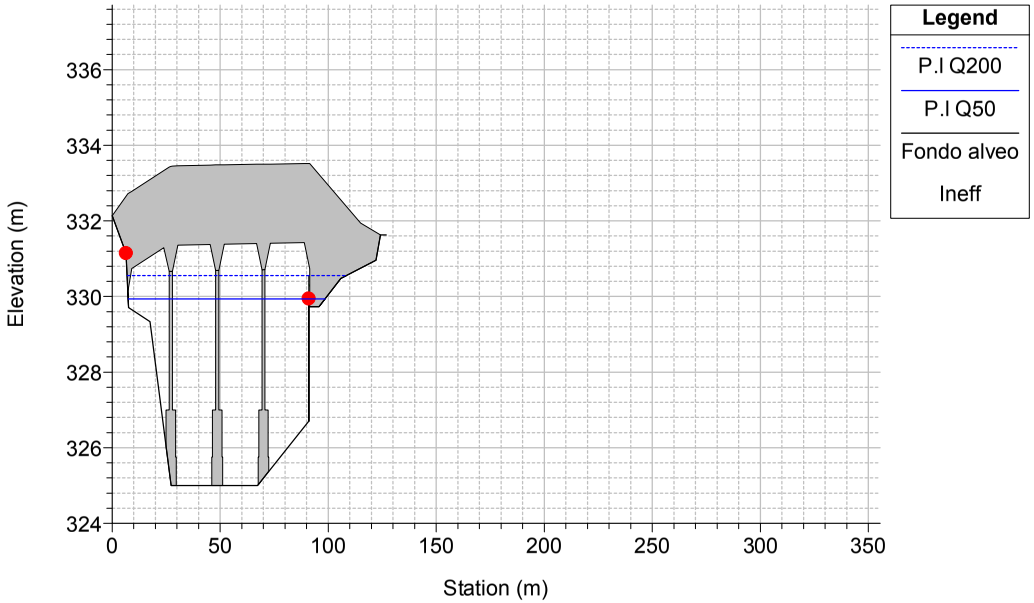


Scrivia-PROGETTO-LOTTO1
RS = 8 Torrente Scrivia

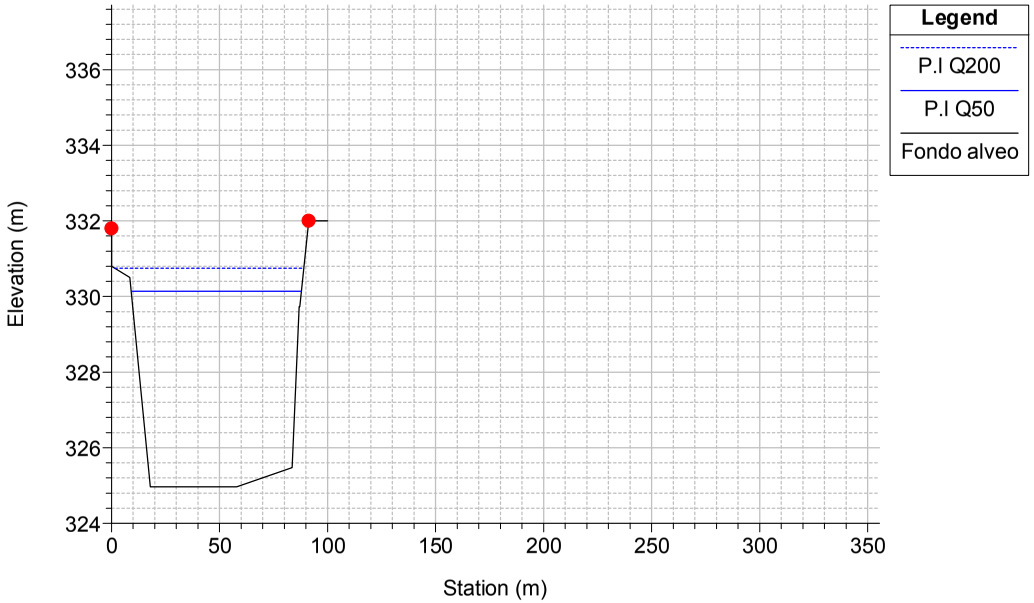


1 cm Horiz. = 35 m 1 cm Vert. = 2 m

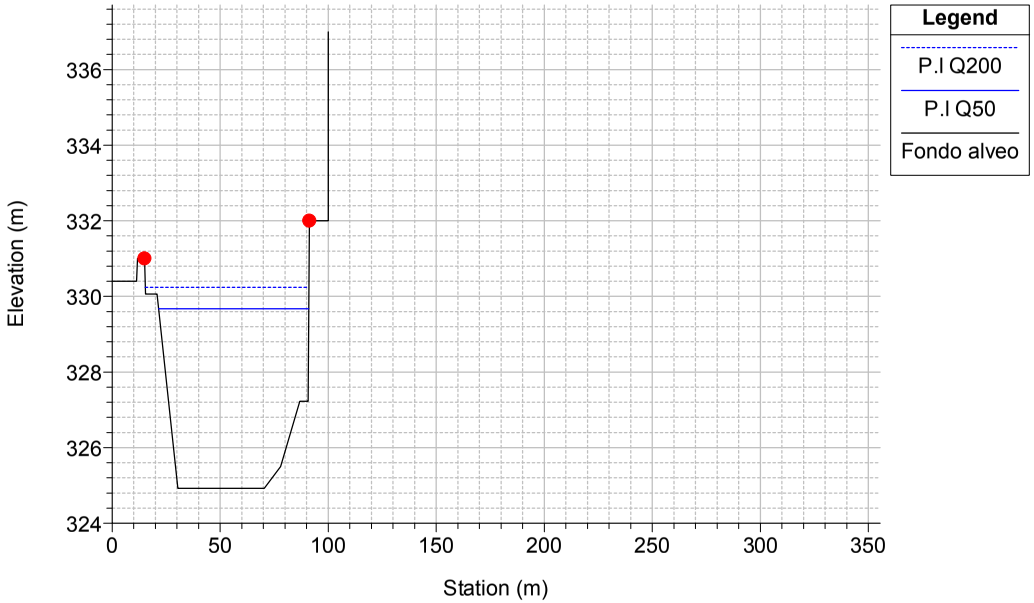
Scrivia-PROGETTO-LOTTO1
RS = 7.8 BR Torrente Scrivia



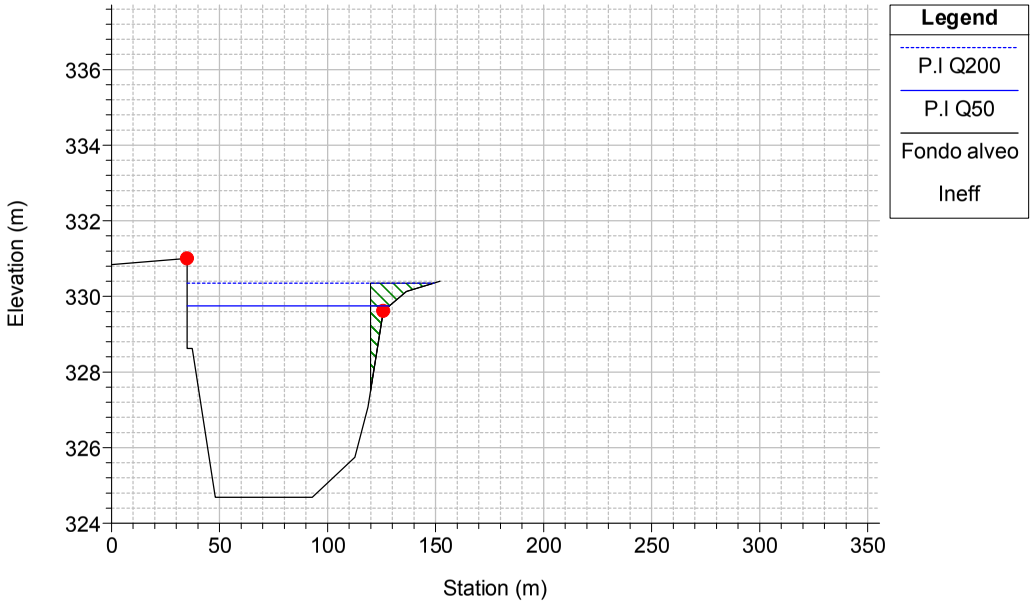
Scrivia-PROGETTO-LOTTO1
RS = 7.5 Torrente Scrivia



Scrivia-PROGETTO-LOTTO1
RS = 7.2 Torrente Scrivia

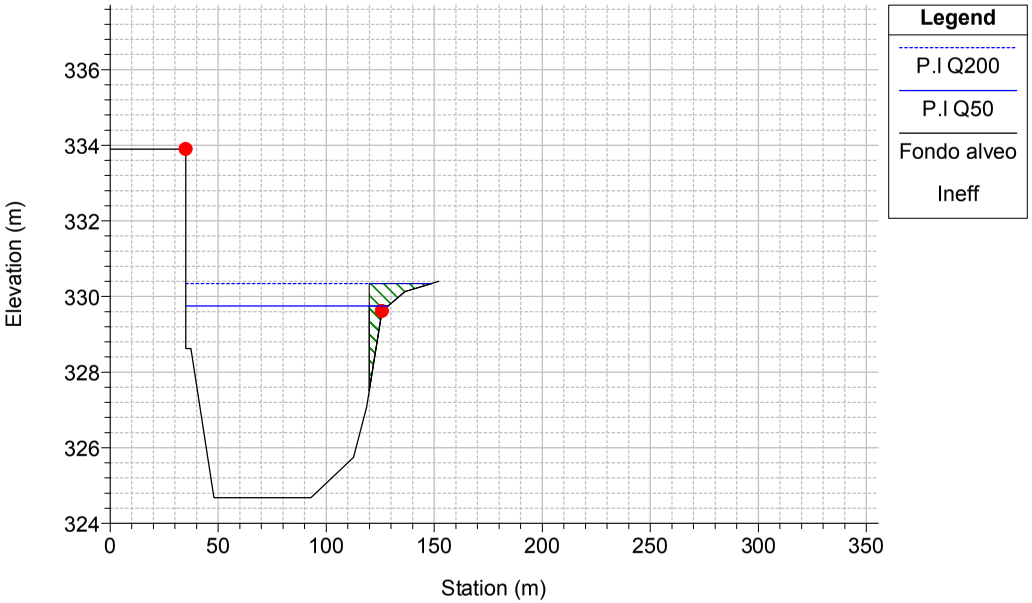


Scrivia-PROGETTO-LOTTO1
RS = 7.1 Torrente Scrivia

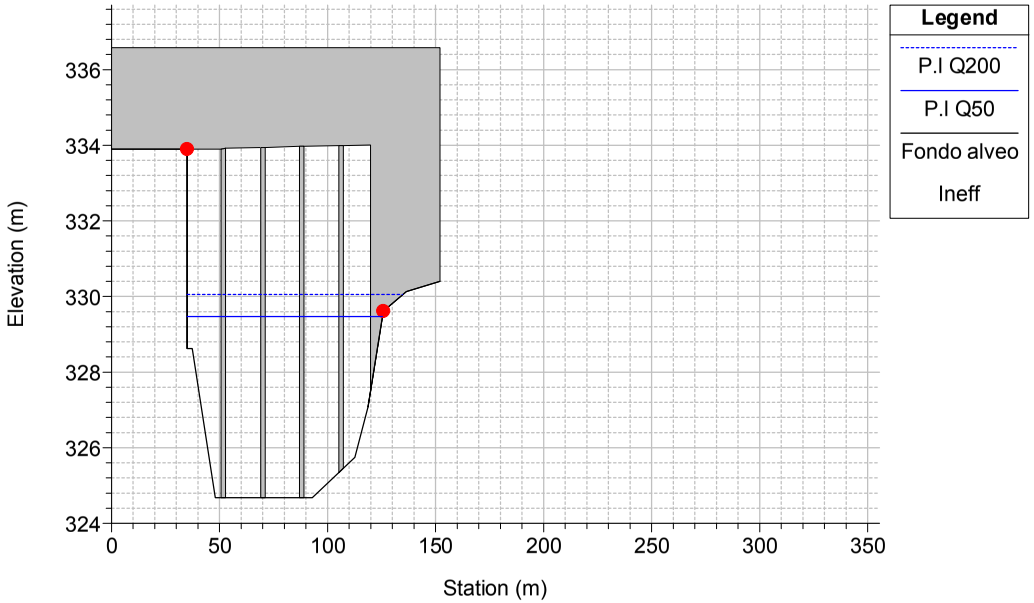


1 cm Horiz. = 35 m 1 cm Vert. = 2 m

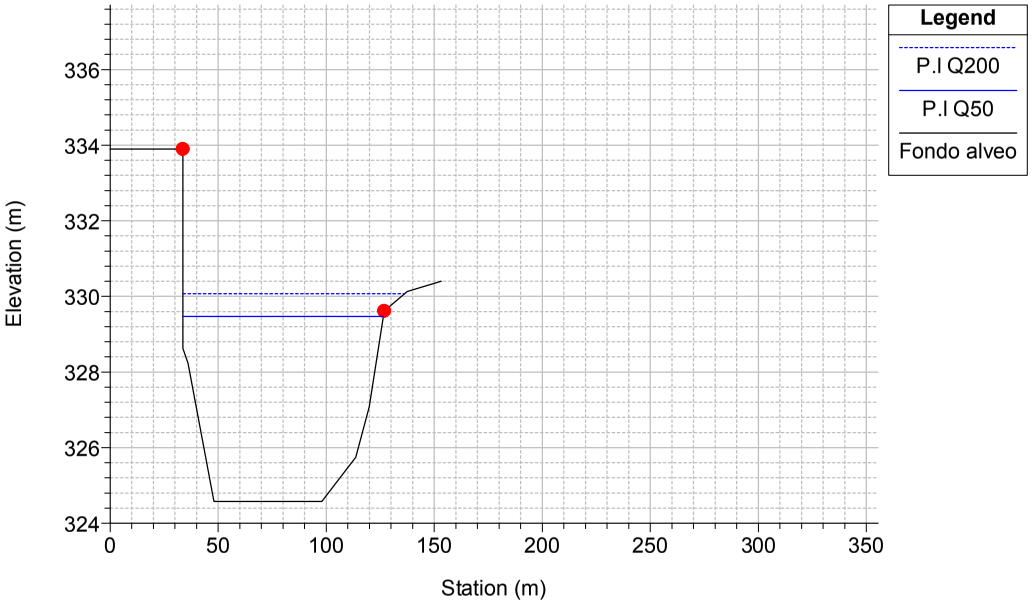
Scrivia-PROGETTO-LOTTO1
RS = 7 Torrente Scrivia



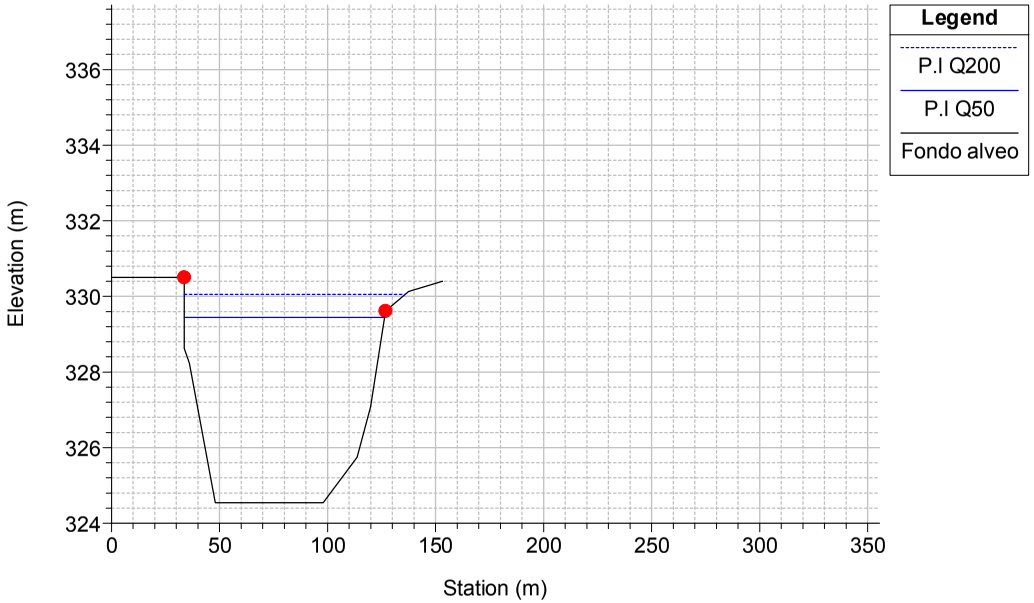
Scrivia-PROGETTO-LOTTO1
RS = 6.8 BR Torrente Scrivia



Scrivia-PROGETTO-LOTTO1
RS = 6.5 Torrente Scrivia

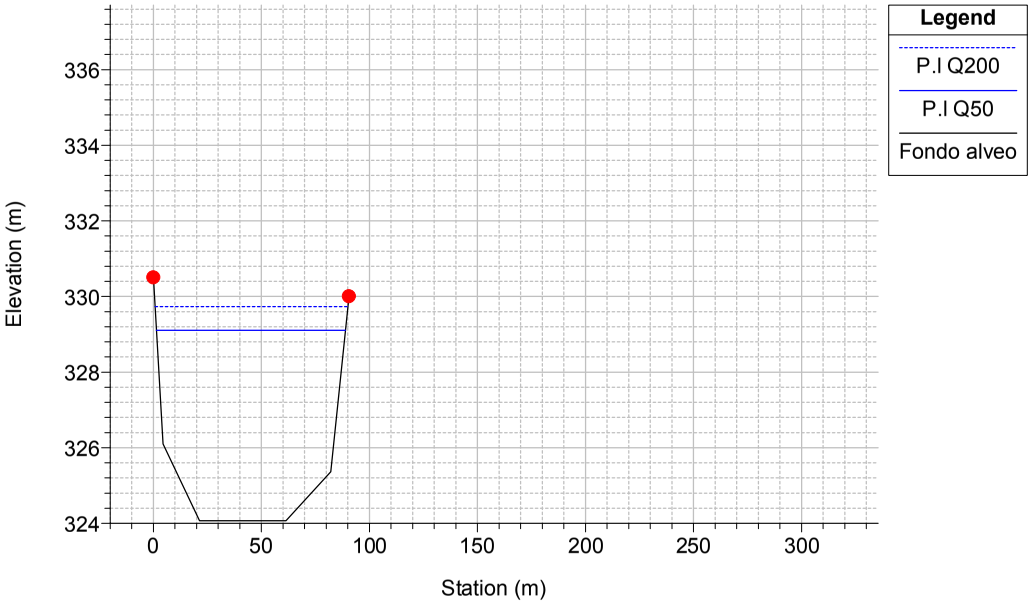


Scrivia-PROGETTO-LOTTO1
RS = 6.4 Torrente Scrivia

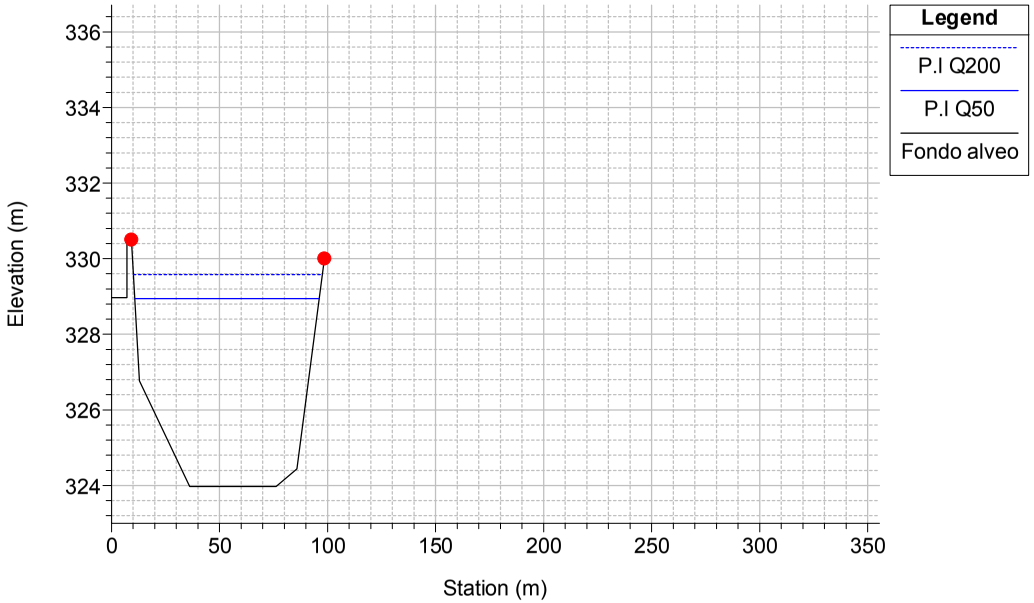


1 cm Horiz. = 35 m 1 cm Vert. = 2 m

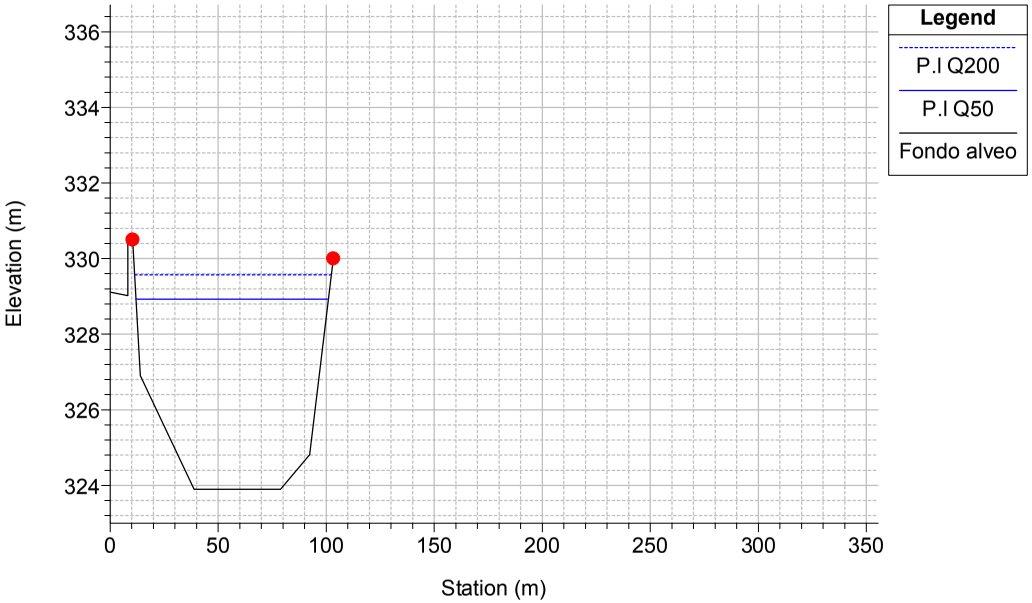
Scrivia-PROGETTO-LOTTO1
RS = 6.3 Torrente Scrivia



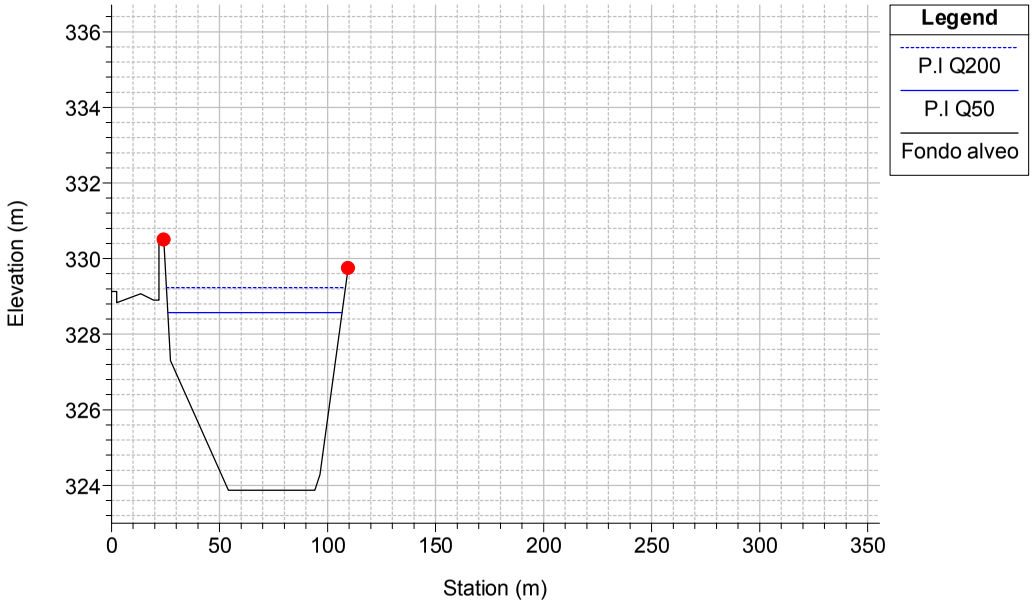
Scrivia-PROGETTO-LOTTO1
RS = 6.2 Torrente Scrivia



Scrivia-PROGETTO-LOTTO1
RS = 6.1 Torrente Scrivia



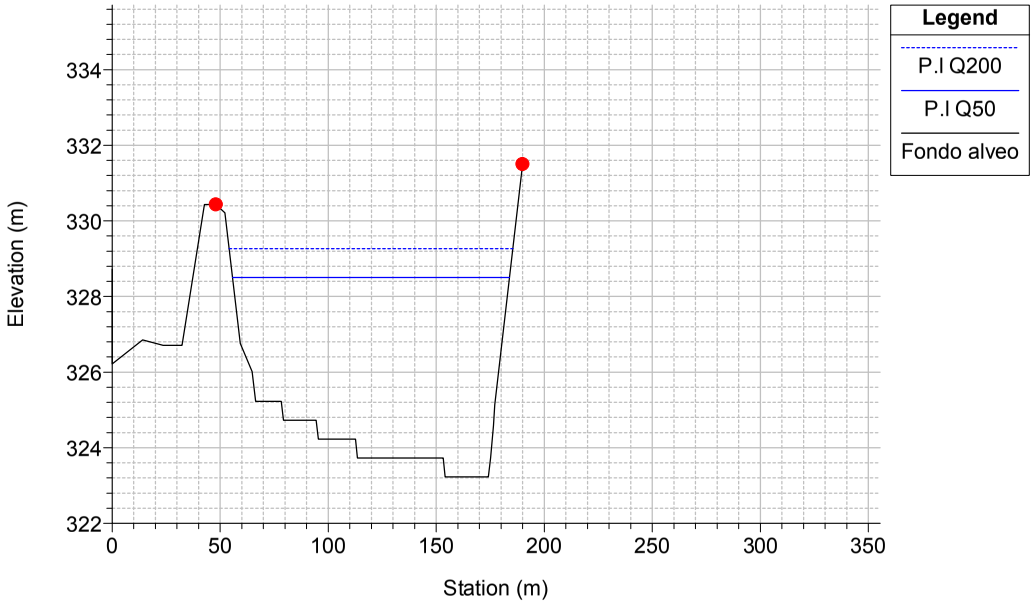
Scrivia-PROGETTO-LOTTO1
RS = 6.06 Torrente Scrivia



1 cm Horiz. = 35 m 1 cm Vert. = 2 m

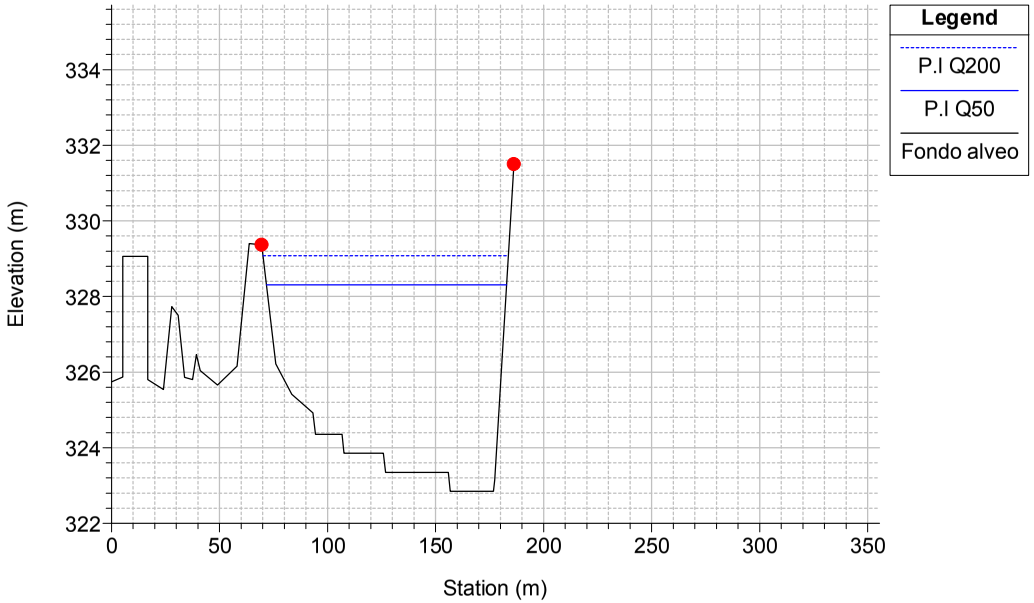
Scrivia-PROGETTO-LOTTO1

RS = 6.05 Torrente Scrivia



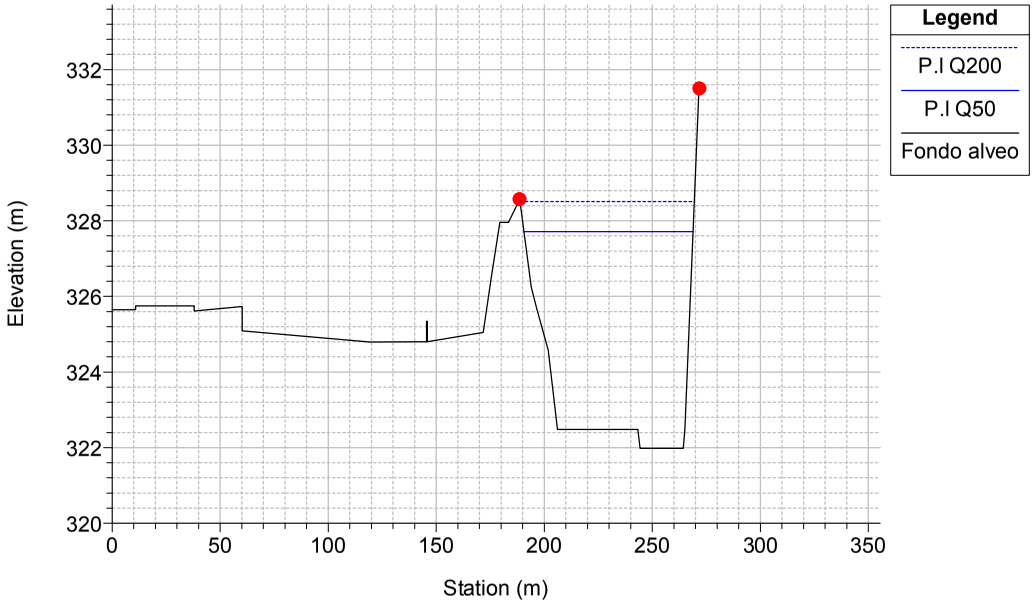
Scrivia-PROGETTO-LOTTO1

RS = 6.04 Torrente Scrivia



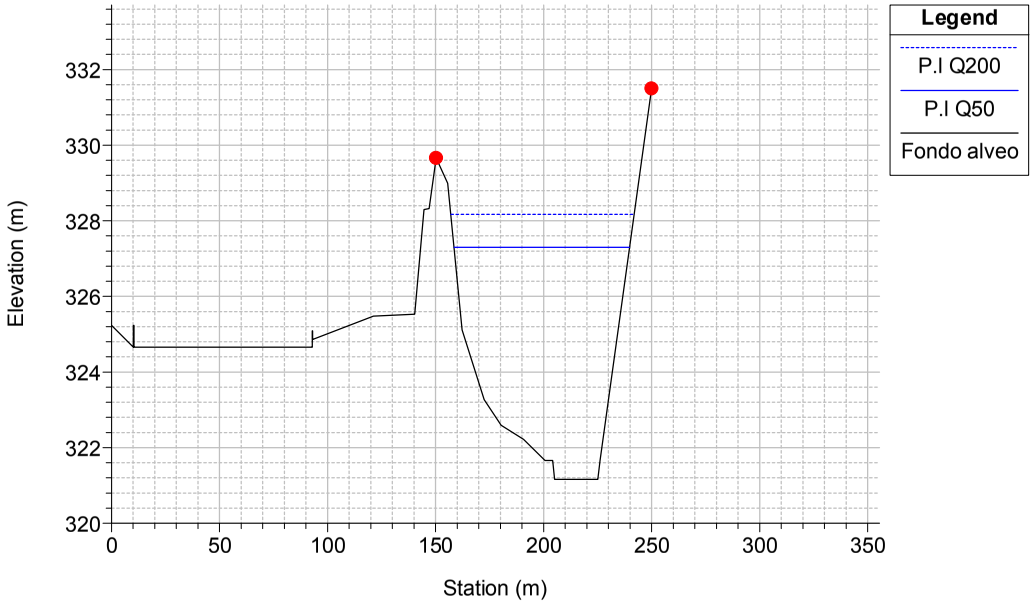
Scrivia-PROGETTO-LOTTO1

RS = 6.03 Torrente Scrivia



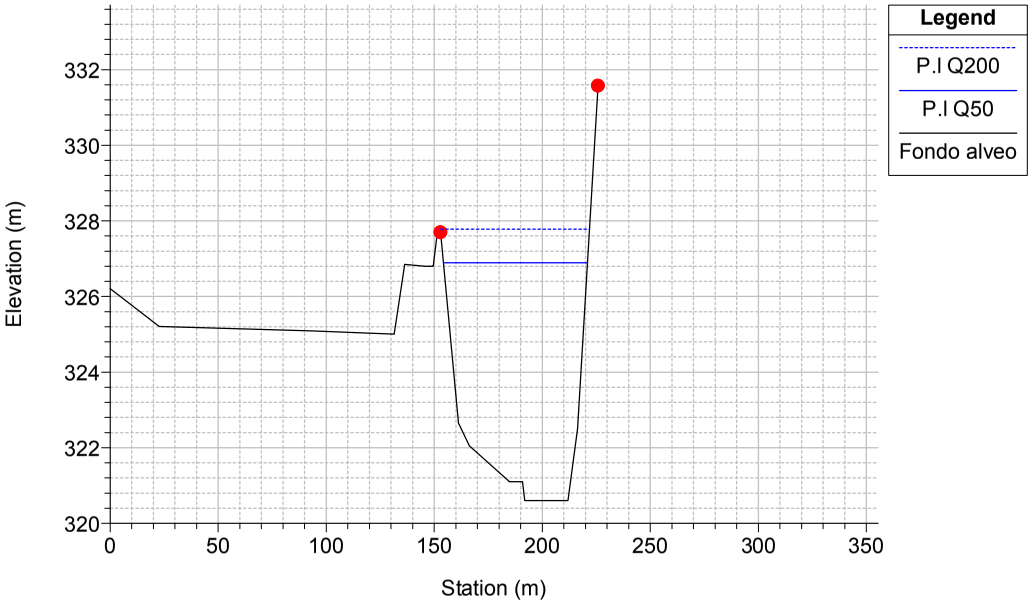
Scrivia-PROGETTO-LOTTO1

RS = 6.02 Torrente Scrivia

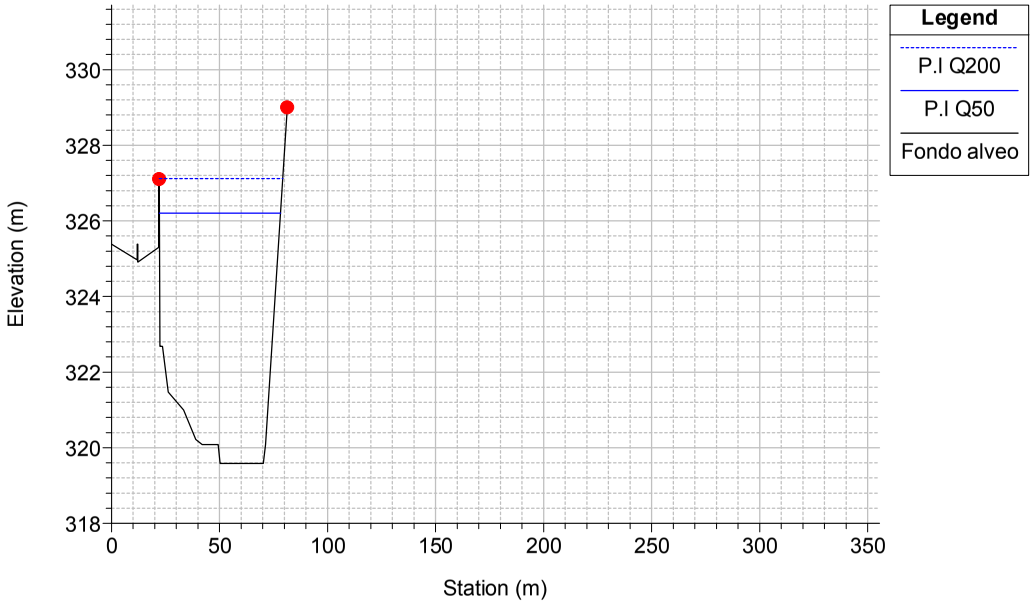


1 cm Horiz. = 35 m 1 cm Vert. = 2 m

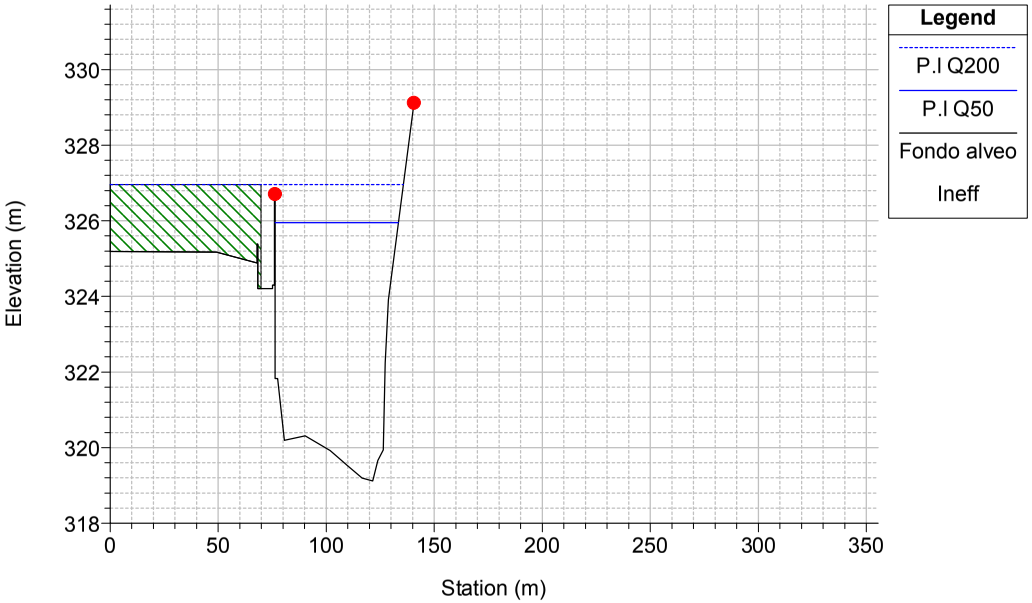
Scrivia-PROGETTO-LOTTO1
RS = 6 Torrente Scrivia



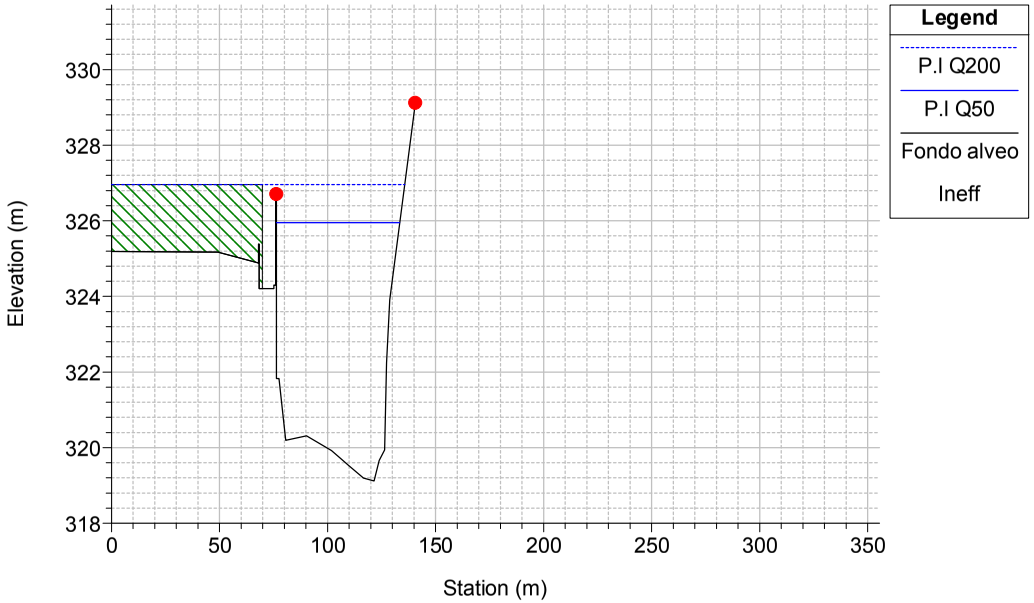
Scrivia-PROGETTO-LOTTO1
RS = 5.1 Torrente Scrivia



Scrivia-PROGETTO-LOTTO1
RS = 5.05 Torrente Scrivia

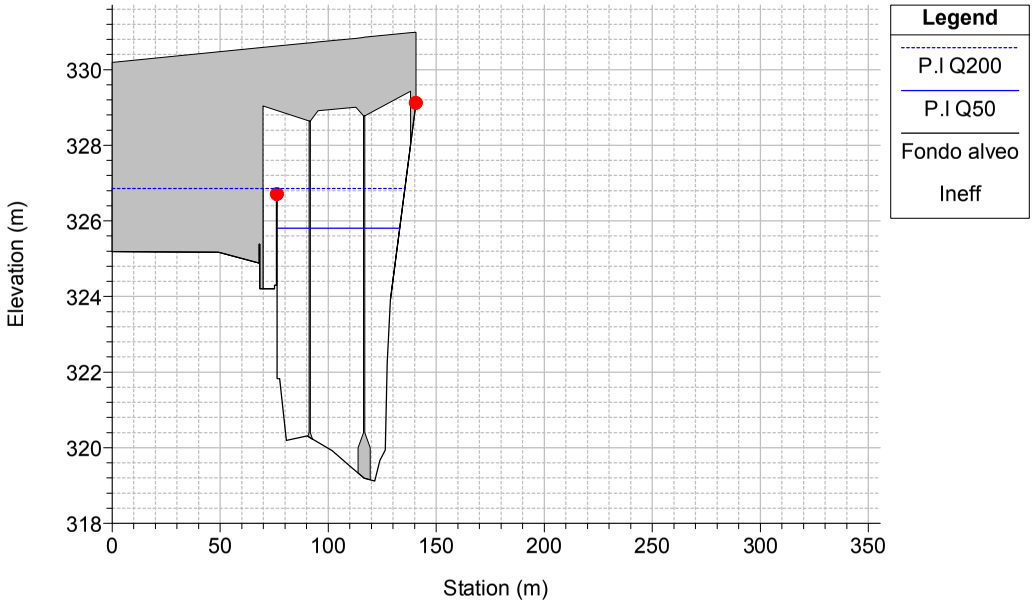


Scrivia-PROGETTO-LOTTO1
RS = 5 Torrente Scrivia

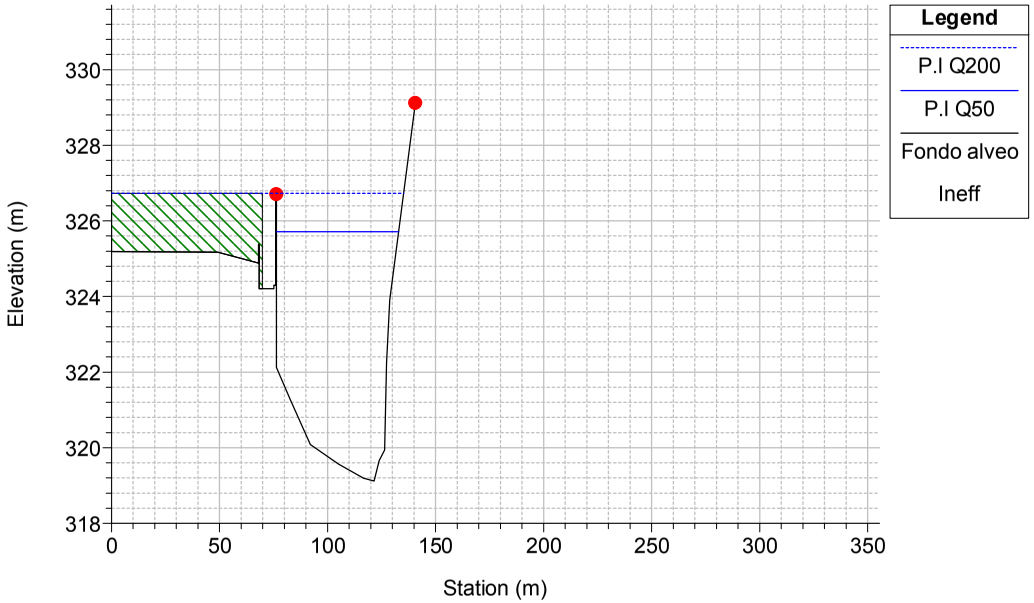


1 cm Horiz. = 35 m 1 cm Vert. = 2 m

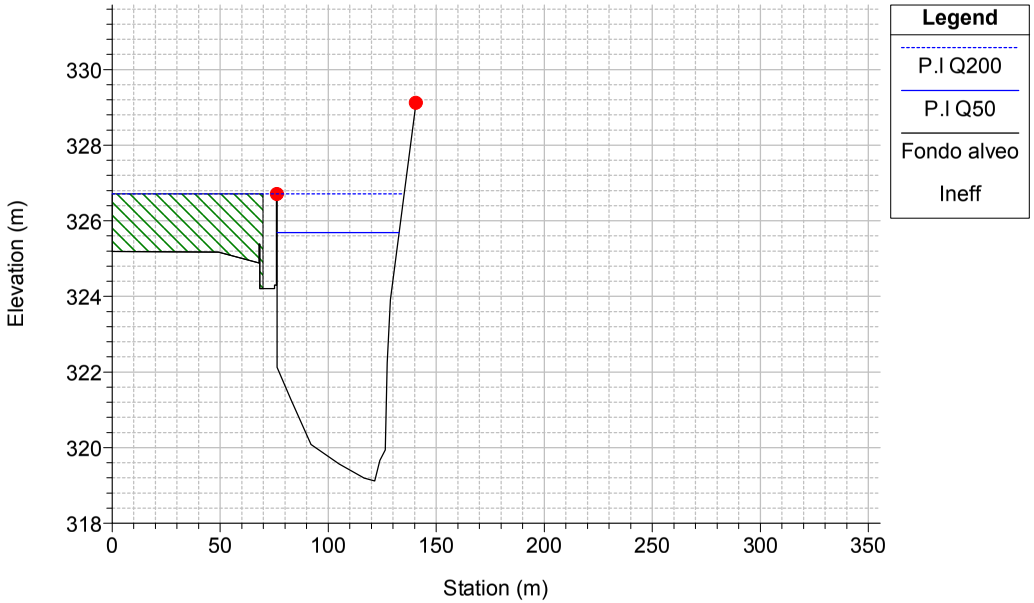
Scrivia-PROGETTO-LOTTO1
RS = 4.8 BR Torrente Scrivia



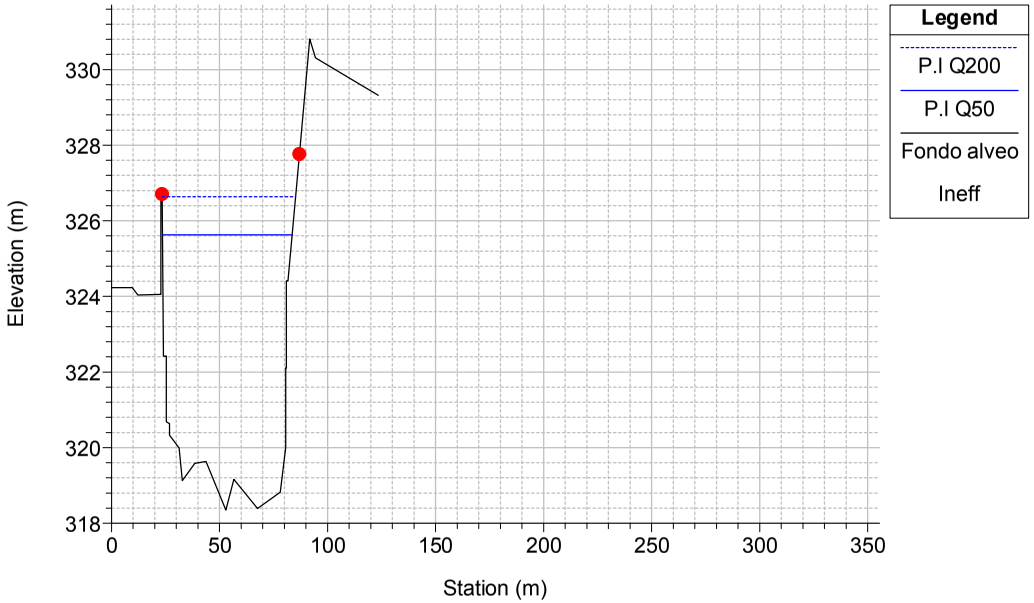
Scrivia-PROGETTO-LOTTO1
RS = 4.5 Torrente Scrivia



Scrivia-PROGETTO-LOTTO1
RS = 4.3 Torrente Scrivia

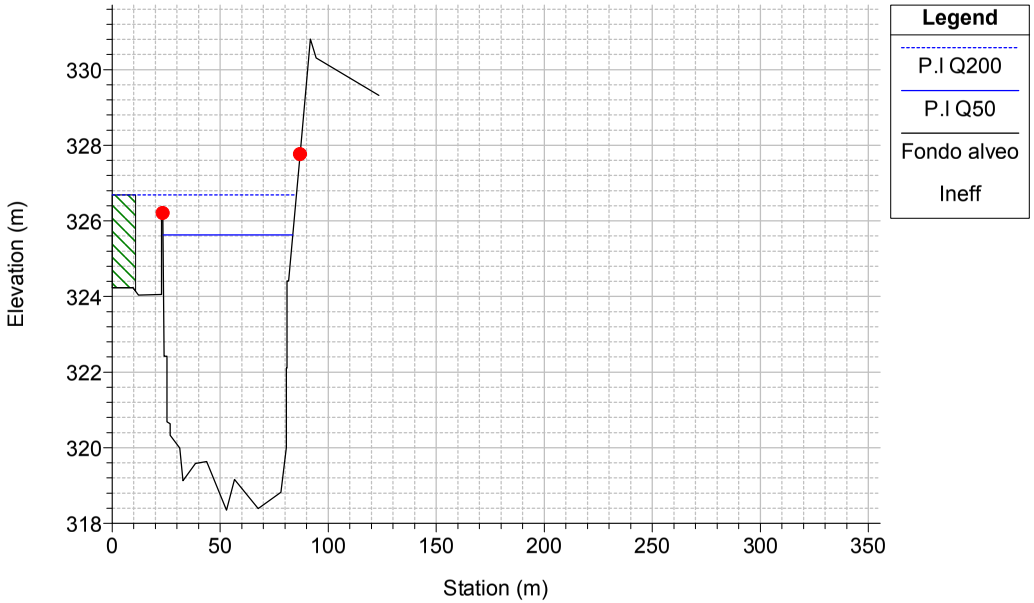


Scrivia-PROGETTO-LOTTO1
RS = 4.1 Torrente Scrivia

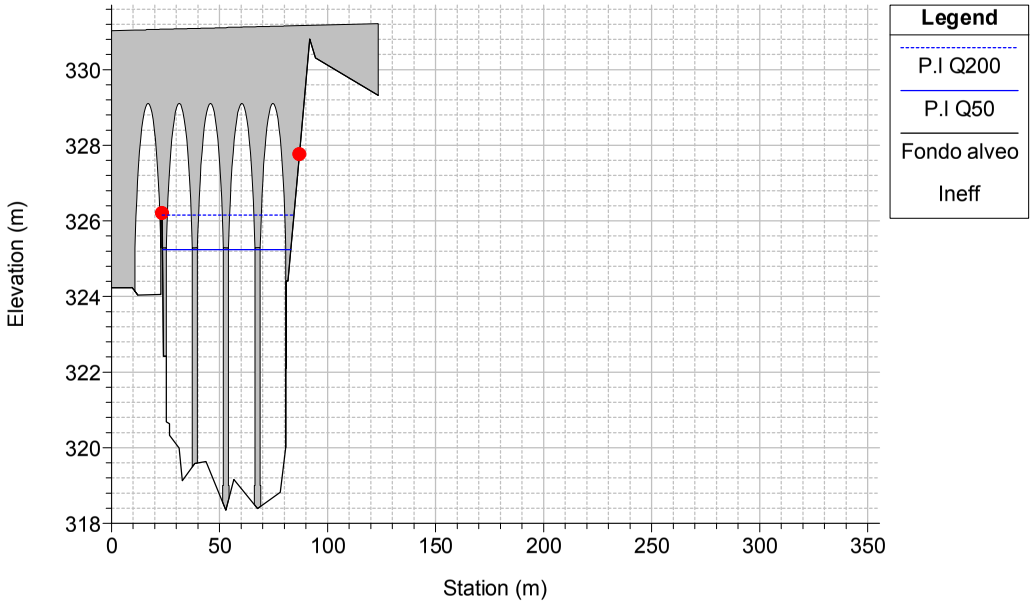


1 cm Horiz. = 35 m 1 cm Vert. = 2 m

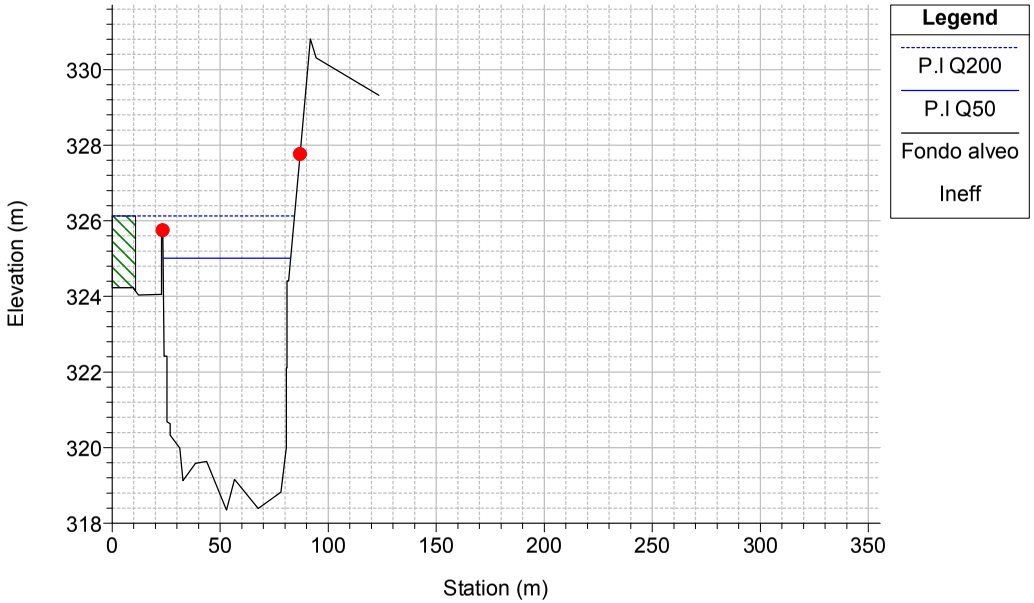
Scrivia-PROGETTO-LOTTO1
RS = 4 Torrente Scrivia



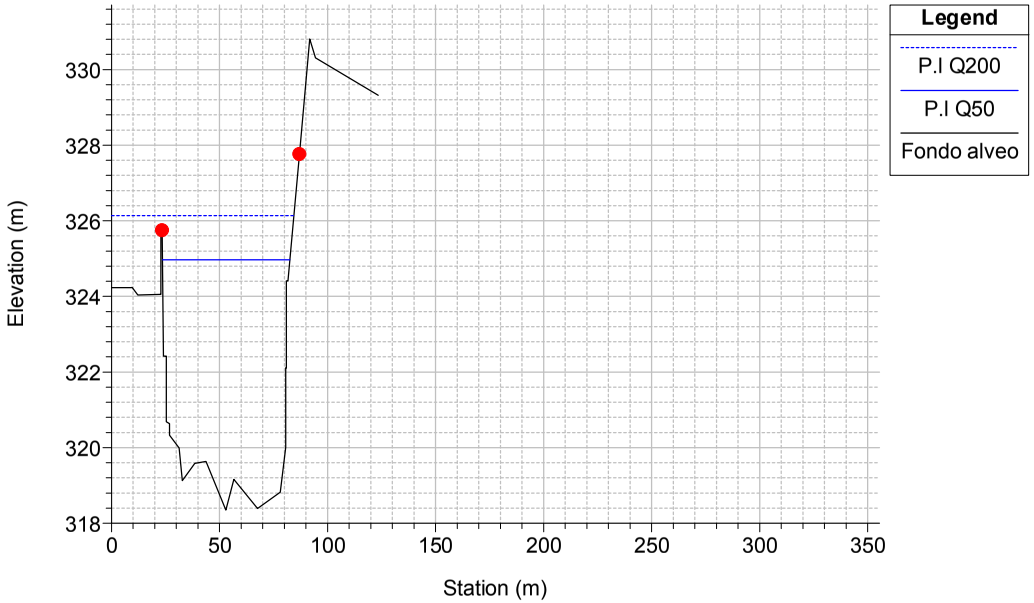
Scrivia-PROGETTO-LOTTO1
RS = 3.8 BR Torrente Scrivia



Scrivia-PROGETTO-LOTTO1
RS = 3.5 Torrente Scrivia



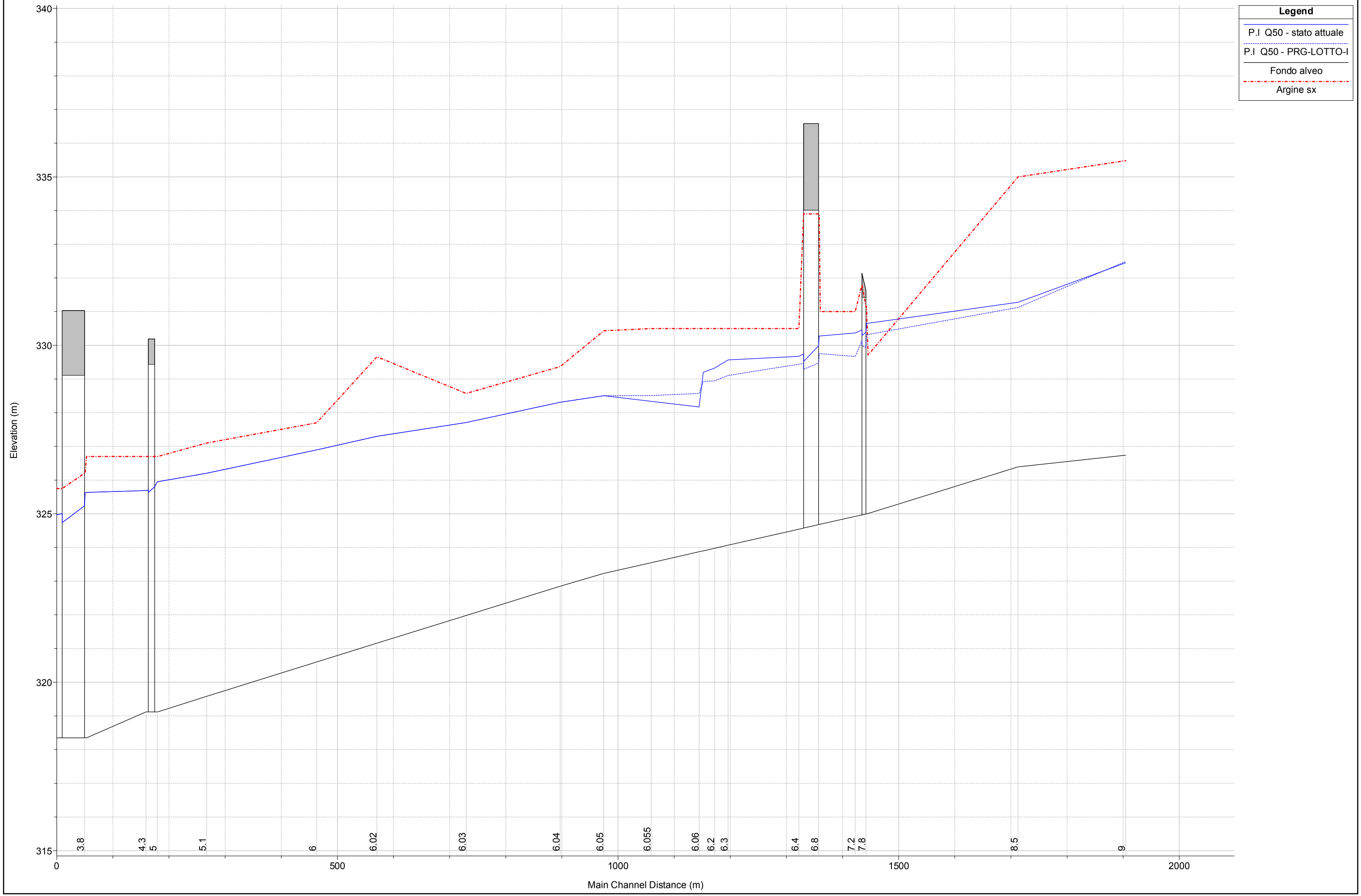
Scrivia-PROGETTO-LOTTO1
RS = 3.4 Torrente Scrivia



1 cm Horiz. = 35 m 1 cm Vert. = 2 m

1) stato attuale 2) PRG-LOTTO-I

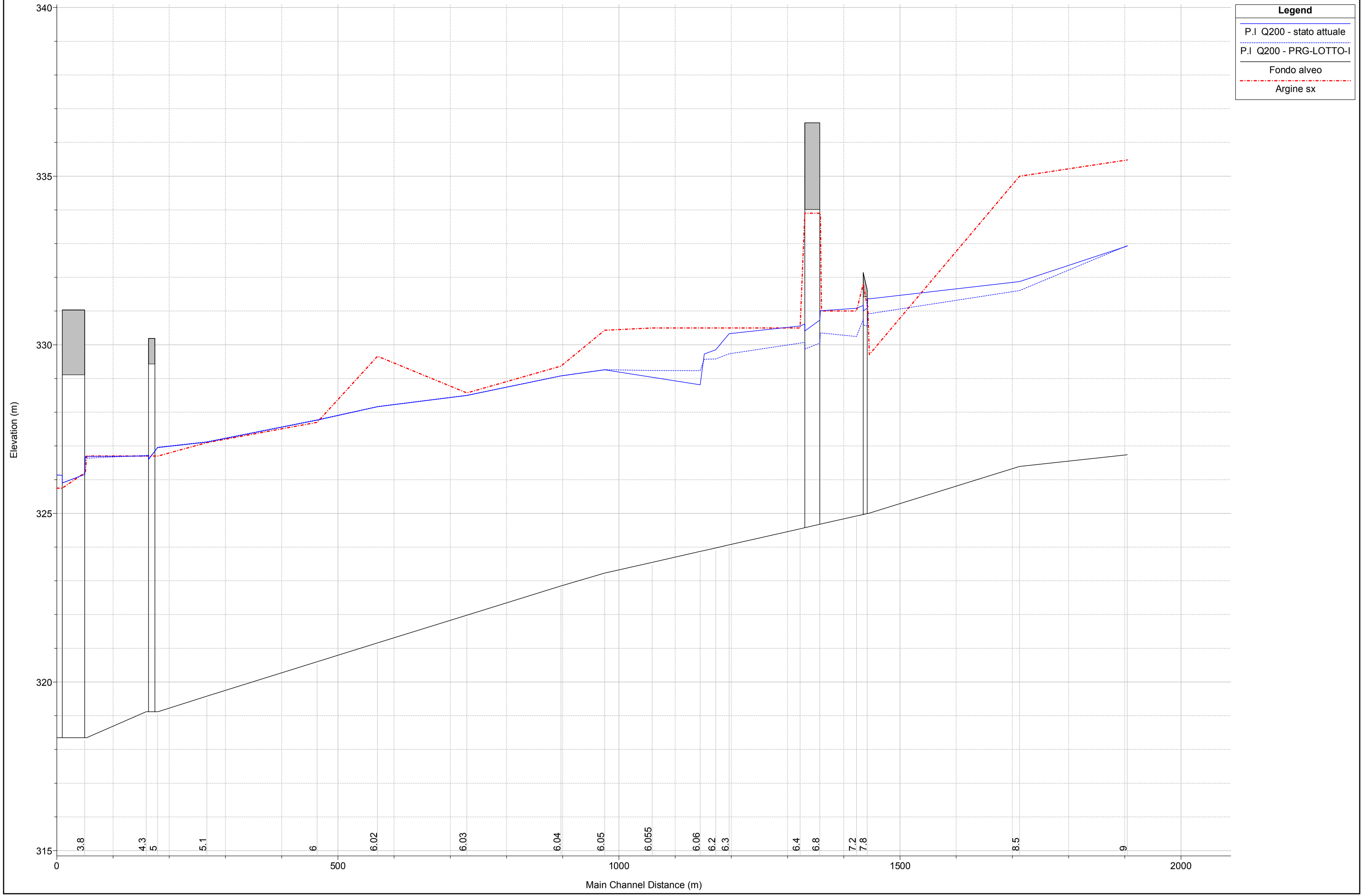
Torrente Scrivia



1 cm Horiz. = 60 m 1 cm Vert. = 1 m

1) stato attuale 2) PRG-LOTTO-I

Torrente Scrivia



1 cm Horiz. = 60 m 1 cm Vert. = 1 m

APPENDICE 1

SOFTWARE DI CALCOLO HEC-RAS 5.0.3

Il software di calcolo *Hec-Ras 5.0.3* della US Army Corps of Engineers consente il calcolo dell'andamento dei profili di rigurgito in moto permanente gradualmente variato in alvei naturali o canali artificiali e la valutazione degli effetti sulla corrente dovuti all'interazione con ponti, tombinature, briglie, stramazzi, aree golenali ecc.,

La determinazione del profilo teorico è ottenuta tramite l'applicazione del cosiddetto *Standard step method* che si basa sulla semplice equazione mono-dimensionale del contenuto energetico della corrente:

$$H_1 - H_2 = h_f + h_e$$

dove $H_1[m]$ ed $H_2[m]$ sono i carichi totali della corrente nelle sezioni di monte e di valle del tronco d'alveo considerato, $h_f[m]$ sono le perdite di carico dovute all'attrito del fondo e delle sponde, mentre $h_e[m]$ è un termine che tiene conto degli effetti dovuti alla non cilindricità della corrente.

In particolare h_f dipende principalmente dalla scabrezza del tratto d'alveo considerato ed è esprimibile come:

$$h_f = j_f \cdot L$$

con j_f pendenza motrice nel tratto di lunghezza $L[m]$.

Il calcolo di j_f è effettuabile con diverse formulazioni, in funzione della pendenza motrice J in corrispondenza delle sezioni d'inizio e fine di ciascun tratto.

Il calcolo del termine J nella singola sezione è effettuato mediante la:

$$J = \left[\frac{Q}{K}\right]^2$$

dove $Q[m^3/s]$ è la portata di calcolo e K (denominato *conveyance*) è ricavabile attraverso la seguente espressione:

$$K = \frac{1}{n} \cdot A \cdot R^{\frac{2}{3}}$$

dove $A[m^2]$ l'area della sezione liquida, $R[m]$ il raggio idraulico e $n[m^{-1/3}\ s]$ è il parametro rappresentativo della scabrezza del fondo e delle sponde di Manning.

Il valore del coefficiente n è determinato secondo la procedura sviluppata da Cowan selezionando le caratteristiche più rilevanti ai fini della quantificazione dell'indice di resistenza.

Il termine h_e dipende invece dalla variazione del carico cinetico della corrente tra le sezioni 1 e 2 dovuta al cambio di geometria delle sezioni stesse ed è a sua volta esprimibile come:

$$h_e = \beta \cdot \left| \alpha_1 \cdot \frac{V_1^2}{2 \cdot g} - \alpha_2 \cdot \frac{V_2^2}{2 \cdot g} \right|$$

dove β è un coefficiente di contrazione o espansione dipendente dalle condizioni geometriche del tratto considerato, V_1 e V_2 $[m/s]$ sono i valori delle velocità medie agli estremi del tronco e α_1 e α_2 sono i coefficienti correttivi dell'energia cinetica.

Il modello consente di suddividere la sezione in più zone in cui assegnare un valore diverso del parametro *n* di scabrezza; in particolare è possibile individuare tre zone principali: quella centrale dell'alveo inciso (denominata *main channel*) e due zone laterali golenali (denominate *right and left overbanks*).

Il programma consente la simulazione del deflusso attraverso ponti e tombinature (*bridge* and *culvert*) mediante la loro schematizzazione geometrica (impalcato, pile, setti, ecc.).

La procedura di calcolo utilizzata consente di simulare il deflusso a pelo libero al di sotto dell'impalcato, il deflusso in pressione al di sotto dell'impalcato e la combinazione del deflusso in pressione e del deflusso con scavalcamento dell'impalcato stesso (funzionamento a stramazzo).

Per il deflusso a pelo libero il modello consente la scelta fra diversi metodi di calcolo quali il metodo del bilancio energetico (*Standard step method*), il metodo dei momenti (*Momentum Balance*), la formula di Yarnell per correnti lente.

Il funzionamento in pressione è simulato mediante la formulazione propria dell'efflusso da luce:

$$Q = C \cdot A \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot H}$$

dove $Q[m^3/s]$ è la portata defluita attraverso la luce di area $A[m^2]$, $H[m]$ è il dislivello tra il carico totale di monte ed il pelo libero a valle e C è il cosiddetto coefficiente di efflusso.

Il programma prevede la messa in pressione della struttura quando, secondo la scelta dell'utente, il carico totale o la quota del pelo libero risultano superiori alla quota dell'intradosso dell'impalcato.

Il funzionamento a stramazzo è simulato attraverso la formulazione standard:

$$Q = C \cdot L \cdot H^{\frac{3}{2}}$$

dove $Q[m^3/s]$ è la portata defluita sulla soglia di larghezza $L[m]$ e $H[m]$ è il dislivello tra il carico totale di monte e la quota della soglia e C è il coefficiente di efflusso, variabile in funzione del tipo di stramazzo e del carico sopra la soglia.

Nel caso di funzionamento combinato di moto in pressione con scavalcamento del ponte (stramazzo) l'entità delle portate stramazzanti e defluenti al di sotto dell'impalcato viene determinata attraverso una procedura iterativa combinando le equazioni che regolano i due fenomeni.

Il modello consente inoltre il calcolo del funzionamento in pressione di coperture, scatolari, tombinature e della portata esondata lungo le sponde nei tratti a cielo aperto quando il livello superi le quote di sommità arginale (*lateral structure*).

Nel rispetto dell'equazione di continuità il programma fornisce in quest'ultimo caso per ciascuna configurazione di portata imposta da monte l'entità delle portate esondate per ciascuno stramazzo laterale e la portata residua di valle, con i rispettivi livelli.