

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



LINEA LAMEZIA T. - CATANZARO L.

U.O. COORDINAMENTO NO CAPTIVE E INGEGNERIA DI SISTEMA

PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA

COLLEGAMENTO LAMEZIA T. - SETTINGIANO.

VELOCIZZAZIONE MEDIANTE RETTIFICHE DI TRACCIATO.

IDROLOGIA E IDRAULICA

Relazione idraulica corsi d'acqua minori

SCALA:

COMMESSA LOTTO FASE ENTE TIPO DOC. OPERA/DISCIPLINA Progr. REV.

RC0Y 00 R 10 RI ID0002 003 B

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione Esecutiva	E. Frank	Febbraio 2019	M. Villani E. Di Lucia	Febbraio 2019	S. Vanfiori	Febbraio 2019	L. Berardi Marzo 2021
B	Emissione Esecutiva	P. Martini	Marzo 2021	M. Villani	Marzo 2021	I. D'Amore	Marzo 2021	

File: RC0Y00R10RIID0002003B.docx

n. Elab.:

INDICE

1	PREMESSA	14
2	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	17
3	AREE SENSIBILI RFI	19
4	METODOLOGIA DI VERIFICA IDRAULICA	20
4.1	METODOLOGIA DI VERIFICA IDRAULICA IN MOTO UNIFORME	22
4.1.1	<i>Portate di progetto</i>	22
4.2	VERIFICHE A MOTO PERMANENTE	22
4.2.1	<i>Modello numerico</i>	22
4.2.2	<i>Geometria degli alvei</i>	24
4.2.3	<i>Portate di progetto</i>	24
4.2.4	<i>Condizioni al contorno</i>	24
5	VERIFICHE IDRAULICHE ANTE OPERAM	25
5.1	INTERFERENZE A MOTO UNIFORME	25
5.2	INTERFERENZE A MOTO PERMANENTE	29
5.3	SINTESI E CONCLUSIONI DELLE VERIFICHE ANTE OPERAM	33
6	VERIFICHE IDRAULICHE POST OPERAM	36
6.1	INTERFERENZE A MOTO UNIFORME	36
6.1.1	<i>Lavorazioni integrative necessarie</i>	38
6.2	INTERFERENZE A MOTO PERMANENTE	42
6.2.1	<i>Lavorazioni integrative necessarie</i>	45
7	BIBLIOGRAFIA	50
8	APPENDICE A – RISULTATI DEL MODELLO HEC-RAS 1D	52
8.1	INTERFERENZA IN80 – STATO DI FATTO	52
8.2	INTERFERENZA IN110 – STATO DI FATTO	54
8.3	INTERFERENZA IN140 – STATO DI FATTO	57
8.1	INTERFERENZA IN150 – STATO DI FATTO	59
8.2	INTERFERENZA IN230 – STATO DI FATTO	61
8.3	INTERFERENZA IN240 – STATO DI FATTO	63
8.1	INTERFERENZA IN260 – STATO DI FATTO	65
8.1	INTERFERENZA IN270 – STATO DI FATTO	67

8.1	INTERFERENZA IN280 – STATO DI FATTO	69
8.2	INTERFERENZA IN290 – STATO DI FATTO	71
8.3	INTERFERENZA IN300 – STATO DI FATTO	73
8.1	INTERFERENZA IN340 – STATO DI FATTO	75
8.2	INTERFERENZA IN350 – STATO DI FATTO	77
8.1	INTERFERENZA IN360 – STATO DI FATTO	78
8.2	INTERFERENZA IN370 – STATO DI FATTO	81
8.1	INTERFERENZA IN380 – STATO DI FATTO	83
8.2	INTERFERENZA IN385 – STATO DI FATTO	85
8.3	INTERFERENZA IN390 – STATO DI FATTO	87
8.4	INTERFERENZA IN440 – STATO DI FATTO	89
8.5	INTERFERENZA IN450 – STATO DI FATTO	91
8.6	INTERFERENZA IN460 – STATO DI FATTO	93
8.1	INTERFERENZA IN530 – STATO DI FATTO	95
8.2	INTERFERENZA IN80 – STATO DI PROGETTO	97
8.3	INTERFERENZA IN100 – STATO DI PROGETTO	100
8.4	INTERFERENZA IN110 – STATO DI PROGETTO	102
8.5	INTERFERENZA IN140 – STATO DI PROGETTO	104
8.6	INTERFERENZA IN150 – STATO DI PROGETTO	106
8.1	INTERFERENZA IN230 – STATO DI PROGETTO	108
8.2	INTERFERENZA IN240 – STATO DI PROGETTO	110
8.3	INTERFERENZA IN260 – STATO DI PROGETTO	113
8.4	INTERFERENZA IN270 – STATO DI PROGETTO	115
8.5	INTERFERENZA IN280 – STATO DI PROGETTO	117
8.6	INTERFERENZA IN290 – STATO DI PROGETTO	119
8.7	INTERFERENZA IN300 – STATO DI PROGETTO	121
8.8	INTERFERENZA IN340 – STATO DI PROGETTO	123
8.9	INTERFERENZA IN350 – STATO DI PROGETTO	125
8.1	INTERFERENZA IN360 – STATO DI PROGETTO	127
8.2	INTERFERENZA IN370 – STATO DI PROGETTO	129
8.1	INTERFERENZA IN380 – STATO DI PROGETTO	131

8.2	INTERFERENZA IN390 – STATO DI PROGETTO	133
8.1	INTERFERENZA IN440 – STATO DI PROGETTO	135
8.2	INTERFERENZA IN450 – STATO DI PROGETTO	137
8.3	INTERFERENZA IN460 – STATO DI PROGETTO	139
8.1	INTERFERENZA IN530 – STATO DI PROGETTO	141
9	APPENDICE B – MODELLO NUMERICO 1D	143
10	APPENDICE C - IL MODELLO IDRAULICO INFOWORKS ICM	157

	PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICO ECONOMICA COLLEGAMENTO LAMEZIA T. - SETTINGIANO.					
	VELOCIZZAZIONE TRACCIATO		MEDIANTE		RETTIFICHE DI	
RELAZIONE IDRAULICA	PROGETTO RC0Y	LOTTO 00	CODIFICA R 10 RI	DOCUMENTO ID 0002 003	REV. B	FOGLIO 5 di 160

INDICE DELLE FIGURE

Figura 4.1 – Schema profilo longitudinale tombino/ponticello.	22
Figura 5.1 – Foto dell’interferenza IN140.....	30
Figura 8.1 – Planimetria modello 1D – stato di fatto interferenza IN80.	52
Figura 8.2 – Profilo idrico realtivo alla portata di progetto modello 1D – stato di fatto interferenza IN80. ..	52
Figura 8.3 – Sezione monte manufatto 1 – stato di fatto interferenza IN80.	53
Figura 8.4 – Sezione valle manufatto 1 – stato di fatto interferenza IN80.....	53
Figura 8.5 – Sezione monte manufatto 2 – stato di fatto interferenza IN80.	54
Figura 8.6 – Sezione valle manufatto 2 – stato di fatto interferenza IN80.....	54
Figura 8.7 – Planimetria modello 1D – stato di fatto interferenza IN110.	55
Figura 8.8 – Profilo idrico realtivo alla portata di progetto modello 1D – stato di fatto interferenza IN110.	55
Figura 8.9 – Sezione monte manufatto – stato di fatto interferenza IN110.	56
Figura 8.10 – Sezione valle manufatto – stato di fatto interferenza IN110.....	56
Figura 8.11 – Planimetria modello 1D – stato di fatto interferenza IN140.	57
Figura 8.12 – Profilo idrico realtivo alla portata di progetto modello 1D – stato di fatto interferenza IN140.....	57
Figura 8.13 – Sezione monte manufatto – stato di fatto interferenza IN140.	58
Figura 8.14 – Sezione valle manufatto – stato di fatto interferenza IN140.....	58
Figura 8.15 – Planimetria modello 1D – stato di fatto interferenza IN150.	59
Figura 8.16 – Profilo idrico realtivo alla portata di progetto modello 1D – stato di fatto interferenza IN150.....	59
Figura 8.17 – Sezione monte manufatto – stato di fatto interferenza IN150.	60
Figura 8.18 – Sezione valle manufatto – stato di fatto interferenza IN150.....	60
Figura 8.19 – Planimetria modello 1D – stato di fatto interferenza IN230.	61
Figura 8.20 – Profilo idrico realtivo alla portata di progetto modello 1D – stato di fatto interferenza IN230.....	61
Figura 8.21 – Sezione monte manufatto – stato di fatto interferenza IN230.	62
Figura 8.22 – Sezione valle manufatto – stato di fatto interferenza IN230.....	62
Figura 8.23 – Planimetria modello 1D – stato di fatto interferenza IN240.	63
Figura 8.24 – Profilo idrico realtivo alla portata di progetto modello 1D – stato di fatto interferenza IN240.....	63
Figura 8.25 – Sezione monte manufatto – stato di fatto interferenza IN240.	64
Figura 8.26 – Sezione valle manufatto – stato di fatto interferenza IN240.....	64

Figura 8.27 – Planimetria modello 1D – stato di fatto interferenza IN260.	65
Figura 8.28 – Profilo idrico realtivo alla portata di progetto modello 1D – stato di fatto interferenza IN260.	65
Figura 8.29 – Sezione monte manufatto – stato di fatto interferenza IN260.	66
Figura 8.30 – Sezione valle manufatto – stato di fatto interferenza IN260.	66
Figura 8.31 – Planimetria modello 1D – stato di fatto interferenza IN270.	67
Figura 8.32 – Profilo idrico realtivo alla portata di progetto modello 1D – stato di fatto interferenza IN270.	67
Figura 8.33 – Sezione monte manufatto – stato di fatto interferenza IN270.	68
Figura 8.34 – Sezione valle manufatto – stato di fatto interferenza IN270.	68
Figura 8.35 – Planimetria modello 1D – stato di fatto interferenza IN280.	69
Figura 8.36 – Profilo idrico realtivo alla portata di progetto modello 1D – stato di fatto interferenza IN280.	69
Figura 8.37 – Sezione monte manufatto – stato di fatto interferenza IN280.	70
Figura 8.38 – Sezione valle manufatto – stato di fatto interferenza IN280.	70
Figura 8.39 – Planimetria modello 1D – stato di fatto interferenza IN290.	71
Figura 8.40 – Profilo idrico realtivo alla portata di progetto modello 1D – stato di fatto interferenza IN290.	71
Figura 8.41 – Sezione monte manufatto – stato di fatto interferenza IN290.	72
Figura 8.42 – Sezione valle manufatto – stato di fatto interferenza IN290.	72
Figura 8.43 – Planimetria modello 1D – stato di fatto interferenza IN300.	73
Figura 8.44 – Profilo idrico realtivo alla portata di progetto modello 1D – stato di fatto interferenza IN300.	73
Figura 8.45 – Sezione monte manufatto – stato di fatto interferenza IN300.	74
Figura 8.46 – Sezione valle manufatto – stato di fatto interferenza IN300.	74
Figura 8.47 – Planimetria modello 1D – stato di fatto interferenza IN340.	75
Figura 8.48 – Profilo idrico realtivo alla portata di progetto modello 1D – stato di fatto interferenza IN340.	75
Figura 8.49 – Sezione monte manufatto – stato di fatto interferenza IN340.	76
Figura 8.50 – Sezione valle manufatto – stato di fatto interferenza IN340.	76
Figura 8.51 – Planimetria modello 1D – stato di fatto interferenza IN350.	77
Figura 8.52 – Profilo idrico realtivo alla portata di progetto modello 1D – stato di fatto interferenza IN350.	77
Figura 8.53 – Sezione monte manufatto – stato di fatto interferenza IN350.	78
Figura 8.54 – Sezione valle manufatto – stato di fatto interferenza IN350.	78
Figura 8.55 – Planimetria modello 1D – stato di fatto interferenza IN360.	79
Figura 8.56 – Profilo idrico realtivo alla portata di progetto modello 1D – stato di fatto interferenza IN360.	79
Figura 8.57 – Sezione monte manufatto – stato di fatto interferenza IN360.	80

Figura 8.58 – Sezione valle manufatto – stato di fatto interferenza IN360.....	80
Figura 8.59 – Planimetria modello 1D – stato di fatto interferenza IN370.....	81
Figura 8.60 – Profilo idrico realtivo alla portata di progetto modello 1D – stato di fatto interferenza IN370.81	
Figura 8.61 – Sezione monte manufatto – stato di fatto interferenza IN370.....	82
Figura 8.62 – Sezione valle manufatto – stato di fatto interferenza IN370.....	82
Figura 8.63 – Planimetria modello 1D – stato di fatto interferenza IN380.....	83
Figura 8.64 – Profilo idrico realtivo alla portata di progetto modello 1D – stato di fatto interferenza IN380.83	
Figura 8.65 – Sezione monte manufatto – stato di fatto interferenza IN380.....	84
Figura 8.66 – Sezione valle manufatto – stato di fatto interferenza IN380.....	84
Figura 8.67 – Planimetria modello 1D – stato di fatto interferenza IN385.....	85
Figura 8.68 – Profilo idrico realtivo alla portata di progetto modello 1D – stato di fatto interferenza IN385.85	
Figura 8.69 – Sezione monte manufatto – stato di fatto interferenza IN385.....	86
Figura 8.70 – Sezione valle manufatto – stato di fatto interferenza IN385.....	86
Figura 8.71 – Planimetria modello 1D – stato di fatto interferenza IN390.....	87
Figura 8.72 – Profilo idrico realtivo alla portata di progetto modello 1D – stato di fatto interferenza IN390.87	
Figura 8.73 – Sezione monte manufatto – stato di fatto interferenza IN390.....	88
Figura 8.74 – Sezione valle manufatto – stato di fatto interferenza IN390.....	88
Figura 8.75 – Planimetria modello 1D – stato di fatto interferenza IN440.....	89
Figura 8.76 – Profilo idrico realtivo alla portata di progetto modello 1D – stato di fatto interferenza IN440.89	
Figura 8.77 – Sezione monte manufatto – stato di fatto interferenza IN440.....	90
Figura 8.78 – Sezione valle manufatto – stato di fatto interferenza IN440.....	90
Figura 8.79 – Planimetria modello 1D – stato di fatto interferenza IN450.....	91
Figura 8.80 – Profilo idrico realtivo alla portata di progetto modello 1D – stato di fatto interferenza IN450.91	
Figura 8.81 – Sezione monte manufatto – stato di fatto interferenza IN450.....	92
Figura 8.82 – Sezione valle manufatto – stato di fatto interferenza IN450.....	92
Figura 8.83 – Planimetria modello 1D – stato di fatto interferenza IN460.....	93
Figura 8.84 – Profilo idrico realtivo alla portata di progetto modello 1D – stato di fatto interferenza IN460.93	
Figura 8.85 – Sezione monte manufatto – stato di fatto interferenza IN460.....	94
Figura 8.86 – Sezione valle manufatto – stato di fatto interferenza IN460.....	94
Figura 8.87 – Planimetria modello 1D – stato di fatto interferenza IN530.....	95
Figura 8.88 – Profilo idrico realtivo alla portata di progetto modello 1D – stato di fatto interferenza IN530.95	

Figura 8.89 – Sezione monte manufatto – stato di fatto interferenza 530.....	96
Figura 8.90 – Sezione valle manufatto – stato di fatto interferenza IN530.....	96
Figura 8.91 – Planimetria modello 1D – stato di progetto interferenza IN80.....	97
Figura 8.92 – Profilo idrico reattivo alla portata di progetto modello 1D – stato di progetto interferenza IN80.....	97
Figura 8.93 – Sezione monte manufatto 1 – stato di progetto interferenza IN80.....	98
Figura 8.94 – Sezione valle manufatto 1 – stato di progetto interferenza IN80.....	98
Figura 8.95 – Sezione monte manufatto 2 – stato di progetto interferenza IN80.....	99
Figura 8.96 – Sezione valle manufatto 2 – stato di progetto interferenza IN80.....	99
Figura 8.97 – Planimetria modello 1D – stato di progetto interferenza IN100.....	100
Figura 8.98 – Profilo idrico reattivo alla portata di progetto modello 1D – stato di progetto interferenza IN100.....	100
Figura 8.99 – Sezione monte manufatto – stato di progetto interferenza IN100.....	101
Figura 8.100 – Sezione valle manufatto – stato di progetto interferenza IN100.....	101
Figura 8.101 – Planimetria modello 1D – stato di progetto interferenza IN110.....	102
Figura 8.102 – Profilo idrico reattivo alla portata di progetto modello 1D – stato di progetto interferenza IN110.....	102
Figura 8.103 – Sezione monte manufatto – stato di progetto interferenza IN110.....	103
Figura 8.104 – Sezione valle manufatto – stato di progetto interferenza IN110.....	103
Figura 8.105 – Planimetria modello 1D – stato di progetto interferenza IN140.....	104
Figura 8.106 – Profilo idrico reattivo alla portata di progetto modello 1D – stato di progetto interferenza IN140.....	104
Figura 8.107 – Sezione monte manufatto – stato di progetto interferenza IN140.....	105
Figura 8.108 – Sezione valle manufatto – stato di progetto interferenza IN140.....	105
Figura 8.109 – Planimetria modello 1D – stato di progetto interferenza IN150.....	106
Figura 8.110 – Profilo idrico reattivo alla portata di progetto modello 1D – stato di progetto interferenza IN150.....	106
Figura 8.111 – Sezione monte manufatto – stato di progetto interferenza IN150.....	107
Figura 8.112 – Sezione valle manufatto – stato di progetto interferenza IN150.....	107
Figura 8.113 – Planimetria modello 1D – stato di progetto interferenza IN230.....	108
Figura 8.114 – Profilo idrico reattivo alla portata di progetto modello 1D – stato di progetto interferenza IN230.....	108
Figura 8.115 – Sezione monte manufatto – stato di progetto interferenza IN230.....	109
Figura 8.116 – Sezione valle manufatto – stato di progetto interferenza IN230.....	109

Figura 8.117 – Planimetria modello 1D – stato di progetto interferenza IN240.....	110
Figura 8.118 – Profilo idrico realtivo alla portata di progetto modello 1D – stato di progetto interferenza IN240.....	110
Figura 8.119 – Sezione monte manufatto – stato di progetto interferenza IN240.....	111
Figura 8.120 – Sezione valle manufatto – stato di progetto interferenza IN240.....	111
Figura 8.121 – Sezione monte manufatto – stato di progetto attraversamento stradale interferenza IN240.....	112
Figura 8.122 – Sezione valle manufatto – stato di progetto attraversamento stradale interferenza IN240.....	112
Figura 8.123 – Planimetria modello 1D – stato di progetto interferenza IN260.....	113
Figura 8.124 – Profilo idrico realtivo alla portata di progetto modello 1D – stato di progetto interferenza IN260.....	113
Figura 8.125 – Sezione monte manufatto – stato di progetto interferenza IN260.....	114
Figura 8.126 – Sezione valle manufatto – stato di progetto interferenza IN260.....	114
Figura 8.127 – Planimetria modello 1D – stato di progetto interferenza IN270.....	115
Figura 8.128 – Profilo idrico realtivo alla portata di progetto modello 1D – stato di progetto interferenza IN270.....	115
Figura 8.129 – Sezione monte manufatto – stato di progetto interferenza IN270.....	116
Figura 8.130 – Sezione valle manufatto – stato di progetto interferenza IN270.....	116
Figura 8.131 – Planimetria modello 1D – stato di progetto interferenza IN280.....	117
Figura 8.132 – Profilo idrico realtivo alla portata di progetto modello 1D – stato di progetto interferenza IN280.....	117
Figura 8.133 – Sezione monte manufatto – stato di progetto interferenza IN280.....	118
Figura 8.134 – Sezione valle manufatto – stato di progetto interferenza IN280.....	118
Figura 8.135 – Planimetria modello 1D – stato di progetto interferenza IN290.....	119
Figura 8.136 – Profilo idrico realtivo alla portata di progetto modello 1D – stato di progetto interferenza IN290.....	119
Figura 8.137 – Sezione monte manufatto – stato di progetto interferenza IN290.....	120
Figura 8.138 – Sezione valle manufatto – stato di progetto interferenza IN290.....	120
Figura 8.139 – Planimetria modello 1D – stato di progetto interferenza IN300.....	121
Figura 8.140 – Profilo idrico realtivo alla portata di progetto modello 1D – stato di progetto interferenza IN300.....	121
Figura 8.141 – Sezione monte manufatto – stato di progetto interferenza IN300.....	122
Figura 8.142 – Sezione valle manufatto – stato di progetto interferenza IN300.....	122
Figura 8.143 – Planimetria modello 1D – stato di progetto interferenza IN340.....	123

Figura 8.144 – Profilo idrico realtivo alla portata di progetto modello 1D – stato di progetto interferenza IN340.....	123
Figura 8.145 – Sezione monte manufatto – stato di progetto interferenza IN340.....	124
Figura 8.146 – Sezione valle manufatto – stato di progetto interferenza IN340.....	124
Figura 8.147 – Planimetria modello 1D – stato di progetto interferenza IN350.....	125
Figura 8.148 – Profilo idrico realtivo alla portata di progetto modello 1D – stato di progetto interferenza IN350.....	125
Figura 8.149 – Sezione monte manufatto – stato di progetto interferenza IN350.....	126
Figura 8.150 – Sezione valle manufatto – stato di progetto interferenza IN350.....	126
Figura 8.151 – Planimetria modello 1D – stato di progetto interferenza IN360.....	127
Figura 8.152 – Profilo idrico realtivo alla portata di progetto modello 1D – stato di progetto interferenza IN360.....	127
Figura 8.153 – Sezione monte manufatto – stato di progetto interferenza IN360.....	128
Figura 8.154 – Sezione valle manufatto – stato di progetto interferenza IN360.....	128
Figura 8.155 – Planimetria modello 1D – stato di progetto interferenza IN370.....	129
Figura 8.156 – Profilo idrico realtivo alla portata di progetto modello 1D – stato di progetto interferenza IN370.....	129
Figura 8.157 – Sezione monte manufatto – stato di progetto interferenza IN370.....	130
Figura 8.158 – Sezione valle manufatto – stato di progetto interferenza IN370.....	130
Figura 8.159 – Planimetria modello 1D – stato di progetto interferenza IN380.....	131
Figura 8.160 – Profilo idrico realtivo alla portata di progetto modello 1D – stato di progetto interferenza IN380.....	131
Figura 8.161 – Sezione monte manufatto – stato di progetto interferenza IN380.....	132
Figura 8.162 – Sezione valle manufatto – stato di progetto interferenza IN380.....	132
Figura 8.163 – Planimetria modello 1D – stato di progetto interferenza IN390.....	133
Figura 8.164 – Profilo idrico realtivo alla portata di progetto modello 1D – stato di progetto interferenza IN390.....	133
Figura 8.165 – Sezione monte manufatto – stato di progetto interferenza IN390.....	134
Figura 8.166 – Sezione valle manufatto – stato di progetto interferenza IN390.....	134
Figura 8.167 – Planimetria modello 1D – stato di progetto interferenza IN440.....	135
Figura 8.168 – Profilo idrico realtivo alla portata di progetto modello 1D – stato di progetto interferenza IN440.....	135
Figura 8.169 – Sezione monte manufatto – stato di proegtto interferenza IN440.....	136
Figura 8.170 – Sezione valle manufatto – stato di proegtto interferenza IN440.....	136

Figura 8.171 – Planimetria modello 1D – stato di progetto interferenza IN450.....	137
Figura 8.172 – Profilo idrico realtivo alla portata di progetto modello 1D – stato di progetto interferenza IN450.....	137
Figura 8.173 – Sezione monte manufatto – stato di progetto interferenza IN450.....	138
Figura 8.174 – Sezione valle manufatto – stato di progetto interferenza IN450.....	138
Figura 8.175 – Planimetria modello 1D – stato di progetto interferenza IN460.....	139
Figura 8.176 – Profilo idrico realtivo alla portata di progetto modello 1D – stato di progetto interferenza IN460.....	139
Figura 8.177 – Sezione monte manufatto – stato di progetto interferenza IN460.....	140
Figura 8.178 – Sezione valle manufatto – stato di progetto interferenza IN460.....	140
Figura 8.179 – Planimetria modello 1D – stato di progetto interferenza IN530.....	141
Figura 8.180 – Profilo idrico realtivo alla portata di progetto modello 1D – stato di progetto interferenza IN530.....	141
Figura 8.181 – Sezione monte manufatto – stato di progetto interferenza IN530.....	142
Figura 8.182 – Sezione valle manufatto – stato di progetto interferenza IN530.....	142
Figura 9.1 - Schema di calcolo per la determinazione del profilo liquido nei corsi d'acqua.	148
Figura 9.2 - Sezione schematica di un corso d'acqua naturale.	149
Figura 9.3 – Schema di calcolo.....	151
Figura 9.4 – Pianta schematica di un attraversamento fluviale	152
Figura 9.5 – Sezione schematica di un attraversamento fluviale	153
Figura 9.6 – Schema idraulico tombino/ponticello.	154
Figura 9.7 – Diagramma di funzionamento del tombino/ponticello.....	154

INDICE DELLE TABELLE

Tabella 1.I – Sintesi interferenze ricadenti nel tratto oggetto di intervento Pk 10+000 – 13+000.....	15
Tabella 1.II – Sintesi interferenze ricadenti nel tratto oggetto di intervento Pk 18+806 – 24+000.....	15
Tabella 1.III – Sintesi interferenze ricadenti nel tratto oggetto di intervento Pk 27+000 – 29+256.....	16
Tabella 2.I – Sintesi normativa di riferimento.....	18
Tabella 3.I – Criticità ed interventi effettuati per la risoluzione.....	19
Tabella 4.I – Tipologia di verifica interferenze nel tratto velocizzato Pk 10+000 – 13+000.....	20
Tabella 4.II – Tipologia di verifica interferenze nel tratto velocizzato Pk 18+806 – 24+000.....	20
Tabella 4.III – Tipologia di verifica interferenze nel tratto velocizzato Pk 27+000 – 29+256.....	21
Tabella 5.I - Caratteristiche geometriche delle interferenze analizzate a moto uniforme nel tratto velocizzato Pk 10+000 – 13+000.....	25
Tabella 5.II – Risultati nello stato di fatto per le interferenze studiate a moto uniforme nel tratto velocizzato Pk 10+000 – 13+000.....	25
Tabella 5.III - Caratteristiche geometriche delle interferenze analizzate a moto uniforme nel tratto velocizzato Pk 18+806 – 24+000.....	26
Tabella 5.IV – Risultati nello stato di fatto per le interferenze studiate a moto uniforme nel tratto velocizzato Pk 18+806 – 24+000.....	26
Tabella 5.V - Caratteristiche geometriche delle interferenze analizzate a moto uniforme nel tratto velocizzato Pk 18+806 – 29+256.....	27
Tabella 5.VI – Risultati nello stato di fatto per le interferenze studiate a moto uniforme nel tratto velocizzato Pk 18+806 – 29+256.....	28
Tabella 5.VII - Caratteristiche geometriche delle interferenze analizzate a moto permanente nel tratto Pk 10+000 – 13+000.....	29
Tabella 5.VIII – Risultati nello stato di fatto per le interferenze studiate a moto permanente nel tratto Pk 10+000 – 13+000.....	29
Tabella 5.IX - Caratteristiche geometriche delle interferenze analizzate a moto permanente nel tratto Pk 18+806 – 24+000.....	30
Tabella 5.X – Risultati nello stato di fatto per le interferenze studiate a moto permanente Pk 18+806 – 24+000.....	31
Tabella 5.XI - Caratteristiche geometriche delle interferenze analizzate a moto permanente nel tratto pk 27+000 – 29+256.....	32
Tabella 5.XII – Risultati nello stato di fatto per le interferenze studiate a moto permanente nel tratto pk 27+000 – 29+256.....	32
Tabella 5.XIII – Sintesi delle verifiche idrauliche ante operam per i corsi d’acqua studiati a moto uniforme.....	33

Tabella 5.XIV – Sintesi delle verifiche idrauliche ante operam per i corsi d’acqua studiati a moto permanente.....	34
Tabella 6.I – Risultati nello stato di progetto per le interferenze con franchi insufficienti studiate a moto uniforme nel tratto 1 (pk 10+000 – 13+000).	36
Tabella 6.II – Risultati nello stato di progetto per le interferenze con franchi insufficienti studiate a moto uniforme nel tratto 2 (pk 18+806 – 24+000).	37
Tabella 6.III – Risultati nello stato di progetto per le interferenze non ispezionabilistudiate a moto uniforme nel tratto 2 (pk 18+806 – 24+000).....	37
Tabella 6.IV – Risultati nello stato di progetto per le interferenze con franchi insufficienti studiate a moto uniforme nel tratto 3 pk 27+000 – 29+256 km.	37
Tabella 6.V – Risultati nello stato di progetto per le interferenze non ispezionabili studiate a moto uniforme nel Tratto 3 pk 27+000 – 29+256 km.....	38
Tabella 6.VI – Quota di scorrimento e ricoprimento per le opere in progetto studiate in moto uniforme nel tratto 1 (pk 10+000 – 13+000).	40
Tabella 6.VII – Quota di scorrimento e ricoprimento per le opere in progetto studiate in moto uniforme nel tratto 2 (pk 18+806 – 24+000).	40
Tabella 6.VIII – Quota di scorrimento e ricoprimento per le opere in progetto studiate in moto uniforme nel tratto 3 pk 27+000 – 29+256 km.....	41
Tabella 6.IX – Verifiche a moto uniforme dei fossi di recapito da realizzarsi a valle dei manufatti.	42
Tabella 6.X – Risultati nello stato di progetto per le interferenze studiate a moto permanente tratto 1 Pk 10+000 – 13+000.	43
Tabella 6.XI – Risultati nello stato di progetto per le interferenze studiate a moto permanente nel tratto 2 Pk 18+806 – 24+000.	43
Tabella 6.XII – Risultati nello stato di progetto per le interferenze studiate a moto permanente pk 27+000 – 29+256.	44
Tabella 6.XIII – Ponte stradale a valle della WBS IN240.....	44
Tabella 6.XIV – Risultati nello stato di progetto	45
Tabella 6.XV - Quota di scorrimento e ricoprimento per le opere in progetto studiate in moto permanente nel tratto 1 Pk 10+000 – 13+000.....	47
Tabella 6.XVI - Quota di scorrimento e ricoprimento per le opere in progetto studiate in moto permanente nel tratto tratto 2 Pk 18+806 – 24+000.	48
Tabella 6.XVII - Quota di scorrimento e ricoprimento per le opere in progetto studiate in moto permanente nel tratto tratto 2 Pk 27+000 - 29+256.	48
Tabella 6.XVIII –Fossi/canali di riammagliamento al reticolo idrografico esistente	49
Tabella 9.I – Coefficiente di resistenza idrodinamico C_D	153

	PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICO ECONOMICA COLLEGAMENTO LAMEZIA T. - SETTINGIANO.					
	VELOCIZZAZIONE		MEDIANTE		RETTIFICHE DI TRACCIATO	
RELAZIONE IDRAULICA	PROGETTO RC0Y	LOTTO 00	CODIFICA R 10 RI	DOCUMENTO ID 0002 003	REV. B	FOGLIO 14 di 160

1 PREMESSA

La presente relazione è parte integrante del Progetto di Fattibilità Tecnico-Economica (PFTE) di velocizzazione mediante rettifiche di tracciato della linea ferroviaria esistente tra Lamezia e Settingiano.

Scopo del presente documento è lo studio idraulico delle interferenze della linea ferroviaria Lamezia – Settingiano con la rete idrografica locale, inteso come:

- verifica del funzionamento idraulico delle opere esistenti nella configurazione ante operam e adeguamento delle suddette opere laddove necessario in conformità ai criteri di progetto illustrati nel seguito;
- verifica del funzionamento dei manufatti di attraversamento presenti nei tratti della linea ferroviaria esistente Lamezia-Settingiano, che non subiranno modifiche a seguito delle varianti (variazione altimetrica e/o planimetrica del tracciato) in corso di progettazione.

Le caratteristiche delle opere esistenti oggetto di studio sono state desunte da:

- Database RFI INRETE2000;
- Rilievi topografici di campo delle singole opere, ove accessibili;
- CTR 3D in scala 1: 5000 disponibile sul geoportale della Regione Calabria;
- Rilievi celerimetrici nelle aree di intervento;
- Rilievo Lidar 1x1 m effettuato dal Ministero dell’Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare

Lo studio è stato condotto secondo quanto indicato nelle “Linee guida sulle verifiche di compatibilità idraulica delle infrastrutture interferenti con i corsi d’acqua, sugli interventi di manutenzione, sulle procedure per la classificazione delle aree d’attenzione e l’aggiornamento delle aree a rischio inondazione”, emanate dall’Autorità Regionale di Bacino nell’ambito del P.A.I. (Piano per l’Assetto Idrogeologico) della Regione Calabria.

In particolare, secondo quanto esplicitato dalla nota esplicativa AGCS.CCS.0039576.19E, l’Autorità di Bacino in merito alla modalità di approccio progettuale si è espressa come segue :“Il progetto proposto, va corredato con valutazioni di dettaglio per ogni intersezione, sia quelle con i corsi d’acqua principali che quelle con i corsi d’acqua secondari, eseguite effettuando analisi idrologiche ed idrauliche e dimensionando opportunamente i manufatti di attraversamento idraulico sia in funzione delle linee guida pubblicate dalla ex Autorità di Bacino della Calabria, sia in riferimento al DM 17 gennaio 2018, in particolare al cap. 6 e relativa circolare esplicativa.”

Nel dettaglio l’analisi effettuata ha seguito le seguenti fasi:

- verifica idraulica di opere di attraversamento associate alla rete idrografica fornita dall’Autorità di Bacino mediante simulazione idraulica 1D su modello matematico in schema di moto permanente;
- verifica idraulica delle restanti opere di attraversamento in schema di moto uniforme;
- verifica idraulica di nuove inalveazioni di progetto in schema di moto uniforme.

Le interferenze analizzate nei tre tratti velocizzati Pk 10+000 – 13+000, Pk 18+806 – 24+000 e Pk 27+000 – 29+256 sono riassunte rispettivamente in Tabella 1.I, Tabella 1.II, Tabella 1.III, nella colonna “note” delle tabelle è indicato se l’interferenza è in corrispondenza di un tratto di variante altimetrica o planimetrica.

Tabella 1.I – Sintesi interferenze ricadenti nel tratto oggetto di intervento Pk 10+000 – 13+000.

Pk storica	WBS	Tipo opera	Luce retta [m]	Altezza libera [m]	NOTE
10+136	IN80	Ponticello	2.0	2.2	Variante
10+454	IN90	Arco	2.0	3.7	Variante
10+602	IN95	Tombino ad arco	2.0	3.8	
10+751	IN100	Tombino ad arco	1.0	1.8	
10+891	IN110	Ponticello	1.0	2.8	Variante
10+979	IN115	solettone	0.5	0.6	Variante
11+038	IN116	solettone	0.5	0.7	Variante
11+116	IN120	arco	3.0	4.0	Variante
11+247	IN130	arco	1.0	2.0	Variante
11+587	IN135	solettone	1.5	0.5	Variante
11+951	IN140	Sottovia	8.0	10.2	
12+579	IN150	Ponticello	3	2.49	Variante

Tabella 1.II – Sintesi interferenze ricadenti nel tratto oggetto di intervento Pk 18+806 – 24+000.

Pk storica	WBS	Tipo opera	Luce retta [m]	Altezza libera [m]	NOTE
18+806	IN230	Ponte	9+9	4.4	
19+942	IN240	Ponte arco	5.0	2.0	Variante
20+528	IN255	Arco	1.0	0.5	Variante
20+658	IN260	Ponticello	2.0	2.4	Variante
20+730	IN265	Arco	1.0	0.5	Variante
20+791	IN270	Ponticello	2.0	2.9	Variante
20+962	IN280	Tombino ad arco	1.0	1.4	Variante
21+145	IN290	Ponte	4.0	1.0	
21+410	IN300	Ponte	6.0	5.0	
21+635	IN310	Tombino ad arco	1.0	1.5	
21+747	IN320	Arco	1.0	1.0	
21+830	IN330	Arco	1.5	0.5	Variante
22+105	IN340	Tombino ad arco	1.5	1.5	Variante

Pk storica	WBS	Tipo opera	Luce retta [m]	Altezza libera [m]	NOTE
22+273	IN350	Ponticello	1.5	1.0	Variante
22+365	IN360	Ponticello	1.0	0.7	Variante
22+610	IN370	Ponticello	2.0	1.1	
22+988	IN380	Ponticello	2.0	1.8	Variante
23+354	IN385	Ponte arco	5.5	4.5	Variante
23+708	IN386	Arco	1.0	0.8	Variante
23+869	IN390	Ponticello	2.0	2.7	

Tabella 1.III – Sintesi interferenze ricadenti nel tratto oggetto di intervento Pk 27+000 – 29+256.

Pk storica	WBS	Tipo opera	Luce retta [m]	Altezza libera [m]	NOTE
27+057	IN440	Tombino ad arco	1.0	1.8	Variante
27+185	IN445	Arco	0.8	1.3	Variante
27+283	IN446	Arco	2.5	1.0	Variante
27+345	IN450	Ponte	10.0	4.0	Variante
27+471	IN460	Tombino ad arco	1.0	1.8	
27+836	IN465	Tombino ad arco	0.5	0.5	
28+101	IN480	Tombino ad arco	1.0	1.5	
28+156	IN485	Tombino ad arco	1.0	2.0	
28+228	IN490	Tombino ad arco	1.0	1.8	
28+292	IN492	Tombino ad arco	1.0	2.0	
28+382	IN495	Arco	2.0	2.3	Variante
28+456	IN496	Arco	1.0	1.5	Variante
28+883	IN515	Arco	1.0	2.0	Variante
29+036	IN516	Arco	1.0	1.9	Variante
29+095	IN530	Ponticello	2.0	1.6	Variante
29+256	IN540	Arco	1.5	1.5	Variante

	PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICO ECONOMICA COLLEGAMENTO LAMEZIA T. - SETTINGIANO.					
	VELOCIZZAZIONE		MEDIANTE		RETTIFICHE	
DI TRACCIATO	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RELAZIONE IDRAULICA	RC0Y	00	R 10 RI	ID 0002 003	B	17 di 160

2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Per la sicurezza idraulica della linea, le opere d'arte di attraversamento, esistenti o di progetto, devono osservare le prescrizioni del Manuale di progettazione ferroviaria (anno 2020), il quale prevede che i manufatti (ponti e tombini) siano verificati per eventi di massima piena caratterizzati dai seguenti tempi di ritorno (Tr):

- linea ferroviaria $Tr = 200$ anni
- deviazioni stradali $Tr = 200$ anni

Per gli attraversamenti principali (ponti e viadotti), relativamente ai requisiti idraulici nei confronti dei livelli di massima piena, si specifica quanto segue:

- franco idraulico tra intradosso manufatto e livello della superficie libera non inferiore a 1.5 m nella sezione immediatamente a monte dell'attraversamento;
- franco minimo tra intradosso manufatto e quota di carico idraulico totale almeno pari a 50 cm.

Nel caso di attraversamento mediante tombinatura del corso d'acqua, la sezione di deflusso complessiva del tombino dovrà consentire lo smaltimento della portata di massima piena con un grado di riempimento non superiore al 70% della sezione totale.

Le opere devono, inoltre, rispondere a quanto previsto dall'«Aggiornamento delle “Norme Tecniche per le Costruzioni”» (DM 17 gennaio 2018 – di seguito NTC 2018) che riportano le indicazioni per la redazione della compatibilità idraulica dei ponti stradali e ferroviari. I criteri richiesti sono i seguenti:

- “piena di progetto caratterizzata da un tempo di ritorno Tr pari a 200 anni”;
- “Il manufatto non dovrà interessare con spalle, pile e rilevati la sezione del corso d'acqua interessata dalla piena di progetto e, se arginata, i corpi arginali. Qualora fosse necessario realizzare pile in alveo, la luce netta minima tra pile contigue, o fra pila e spalla del ponte, non deve essere inferiore a 40 m misurati ortogonalmente al filone principale della corrente.”;
- “Il franco idraulico, definito come la distanza fra la quota liquida di progetto immediatamente a monte del ponte e l'intradosso delle strutture, è da assumersi non inferiore a 1.50 m, e comunque dovrà essere scelto tenendo conto di considerazioni e previsioni sul trasporto solido di fondo e sul trasporto di materiale galleggiante, garantendo una adeguata distanza fra l'intradosso delle strutture ed il fondo alveo.”.

Per quanto riguarda i tombini, la circolare applicativa delle NTC 2018 (circolare 21 gennaio 2019, n. 7 C.S.LL.PP) riporta quanto segue:

Restano esclusi dal punto 5.1.2.3 della Norma i tombini, intendendosi per tombino un manufatto totalmente rivestito in sezione, eventualmente suddiviso in più canne, in grado di condurre complessivamente portate fino a 50 m³/s. L'evento da assumere a base del progetto di un tombino ha comunque tempo di ritorno uguale a quello da assumere per i ponti.

[...]

Oltre a quanto previsto per gli attraversamenti dalla Norma, nella Relazione idraulica è opportuno siano considerati anche i seguenti aspetti:

[...]

- nel caso di funzionamento a superficie libera, il tirante idrico non dovrà superare i 2/3 dell'altezza della sezione, garantendo comunque un franco minimo di 0,50 m;

[...]

	PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICO ECONOMICA COLLEGAMENTO LAMEZIA T. - SETTINGIANO.					
	VELOCIZZAZIONE		MEDIANTE		RETTIFICHE DI TRACCIATO	
RELAZIONE IDRAULICA	PROGETTO RC0Y	LOTTO 00	CODIFICA R 10 RI	DOCUMENTO ID 0002 003	REV. B	FOGLIO 18 di 160

- nel caso sia da temersi l'ostruzione anche parziale del manufatto da parte dei detriti galleggianti trasportati dalla corrente, è da disporre immediatamente a monte una varice presidiata da una griglia che consenta il passaggio di elementi caratterizzati da dimensioni non superiori alla metà della larghezza del tombino; in alternativa il tombino è da dimensionare assumendo che la sezione efficace ai fini del deflusso delle acque sia ridotta almeno alla metà di quella effettiva.

In Tabella 2.1 è riportata una sintesi della normativa di riferimento con alcuni elementi a integrazione di quanto sopra descritto.

Tabella 2.1 – Sintesi normativa di riferimento

	Manuale di progettazione ferroviaria	NTC 2018 e circolare applicativa NTC2018
Manufatti di attraversamento principali (ponti e viadotti)	<ul style="list-style-type: none"> linea ferroviaria $Tr= 300$ anni per $S > 10 \text{ km}^2$ linea ferroviaria $Tr= 200$ anni per $S < 10 \text{ km}^2$ deviazioni stradali $Tr=200$ anni 	$Tr = 200$ anni
Verifica Franco di Progetto ponti.	<p>Franco minimo tra l'intradosso dell'opera e la quota del carico idraulico totale corrispondente al livello idrico di massima piena, pari a 0.50 m e comunque non inferiore ad 1.5 m sul livello idrico.</p>	<p>Il franco idraulico, definito come la distanza fra la quota liquida di progetto immediatamente a monte del ponte e l'intradosso delle strutture, è da assumersi non inferiore a 1.,50 m</p>
Dislivello tra fondo e sottotrave	-	Non inferiore a 6÷7 m quando si possa temere il transito d'alberi d'alto fusto
Posizione spalle	<p>Posizionamento delle spalle del viadotto in modo tale da non ridurre significativamente la sezione di deflusso in alveo ed in gola.</p>	<p>Di norma il manufatto non dovrà interessare con spalle, pile e rilevati il corso d'acqua attivo e, se arginato, i corpi arginali.</p>
Manufatti di attraversamento secondari (tombini e scatolari)	<p>Grado di riempimento non superiore al 70% della sezione totale.</p>	<p>Grado di riempimento non superiore ai 2/3 della sezione totale e franco almeno pari a 0.5m</p>

Per quanto riguarda la tipologia di opere minori adottata, sono inoltre rispettate le seguenti indicazioni riportate nel manuale di progettazione delle opere ferroviarie:

- tombini circolari in c.a. con diametro minimo 1,5 m e tombini scatolari in c.a. con dimensione minima 2,0 x 2.0 m (per garantire l'ispezionabilità del manufatto);
- tombini in affiancamento: massimo 2;
- pendenza longitudinale del fondo dell'opera non inferiore al 2‰.

3 AREE SENSIBILI RFI

In base a quanto rilevato nel corso degli anni sono state censite delle aree che possono essere classificate come aree sensibili. Di seguito si riporta in Tabella 3.1 la lista delle criticità presenti nel tratto oggetto di intervento ed i corrispondenti interventi risolutivi, si specifica inoltre se il tratto analizzato è un tratto oggetto di variante o meno.

Tabella 3.1 – Criticità ed interventi effettuati per la risoluzione.

Criticità riscontrata	Soluzione	Note
Alluvione - km 20+048 al km 20+476	Curva 20 (inz.19+802 - Fin. 21+017) L=1215 m	Variante
Alluvione - km 20+847 al km 21+160	Curva 20 (inz.19+802 - Fin. 21+017) L=1215 m	Variante
Alluvione - km 24+531 al km 24+853	Curva 22-23-24 (inz.22+744 - Fin. 23+864) L=1120 m	Variante
Alluvione - km 27+284 al km 27+470	Curva 27 (inz.27+013 - Fin. 27+467) L=454 m	Variante
Alluvione - km 27+831 al km 27+952	Argine di protezione rilevato	-

4 METODOLOGIA DI VERIFICA IDRAULICA

Le interferenze ricadenti nei tratti non in variante, in funzione della loro importanza, sono state studiate in schema di moto uniforme, di moto permanente. Per quanto riguarda gli attraversamenti principali (IN250 – IN470 – IN510), ovvero quelli relativi ai fiumi Amato e Fallaco, questi sono stati studiati mediante modello idraulico bidimensionale a moto vario e per tali attraversamenti si rimanda alle relazioni specialistiche RC0Y00R10RIID0002001B e RC0Y00R10RIID0002002B. Mentre, per le restanti interferenze per le quali l'AdB, nella propria rete idrografica ufficiale, segnalava l'esistenza di un corso d'acqua, è stato implementato un modello 1D a moto permanente. Infine, gli attraversamenti ferroviari esclusi dalla rete idrografica ufficiale sono stati studiati mediante schema di moto uniforme.

Nelle tabelle Tabella 4.I, Tabella 4.II, Tabella 4.III sono distinte per metodo di verifica le interferenze oggetto di studio divise nei tre tratti oggetto di intervento.

Tabella 4.I – Tipologia di verifica interferenze nel tratto velocizzato Pk 10+000 – 13+000.

Pk storica	WBS	Tipo opera	Analisi	Note
10+136	IN80	Ponticello	Moto permanente	Variante
10+454	IN90	Arco	Moto uniforme	Variante
10+602	IN95	Tombino ad arco	Moto uniforme	
10+751	IN100	Tombino ad arco	Moto uniforme	
10+891	IN110	Ponticello	Moto permanente	Variante
10+979	IN115	Solettone	Moto uniforme	Variante
11+038	IN116	Solettone	Moto uniforme	Variante
11+116	IN120	Arco	Moto uniforme	Variante
11+247	IN130	Arco	Moto uniforme	Variante
11+587	IN135	Solettone	Moto uniforme	Variante
11+951	IN140	Sottovia	Moto permanente	
12+579	IN150	Ponticello	Moto permanente	Variante

Tabella 4.II – Tipologia di verifica interferenze nel tratto velocizzato Pk 18+806 – 24+000.

Pk storica	WBS	Tipo opera	Analisi	Note
18+806	IN230	Ponte	Moto permanente	
19+942	IN240	Ponte arco	Moto permanente	Variante
20+528	IN255	arco	Moto uniforme	Variante
20+658	IN260	Ponticello	Moto permanente	Variante
20+730	IN265	Arco	Moto uniforme	Variante
20+791	IN270	Ponticello	Moto permanente	Variante
20+962	IN280	Tombino ad arco	Moto permanente	Variante

Pk storica	WBS	Tipo opera	Analisi	Note
21+145	IN290	Ponte	Moto permanente	
21+410	IN300	Ponte	Moto permanente	
21+635	IN310	Tombino ad arco	Moto uniforme	
21+747	IN320	Arco	Moto uniforme	
21+830	IN330	Arco	Moto uniforme	Variante
22+105	IN340	Tombino ad arco	Moto permanente	Variante
22+273	IN350	Ponticello	Moto permanente	Variante
22+365	IN360	Ponticello	Moto permanente	Variante
22+610	IN370	Ponticello	Moto permanente	
22+988	IN380	Ponticello	Moto permanente	Variante
23+354	IN385	Ponte arco	Moto permanente	Variante
23+708	IN386	Arco	Moto uniforme	Variante
23+869	IN390	Ponticello	Moto permanente	

Tabella 4.III – Tipologia di verifica interferenze nel tratto velocizzato Pk 27+000 – 29+256

Pk storica	WBS	Tipo opera	Analisi	Note
27+057	IN440	Tombino ad arco	Moto permanente	Variante
27+185	IN445	Arco	Moto uniforme	Variante
27+283	IN446	Arco	Moto uniforme	Variante
27+345	IN450	Ponte	Moto permanente	Variante
27+471	IN460	Tombino ad arco	Moto permanente	
27+836	IN465	Tombino ad arco	Moto uniforme	
28+101	IN480	Tombino ad arco	Moto uniforme	
28+156	IN485	Tombino ad arco	Moto uniforme	
28+228	IN490	Tombino ad arco	Moto uniforme	
28+292	IN492	Tombino ad arco	Moto uniforme	
28+382	IN495	Arco	Moto uniforme	Variante
28+456	IN496	Arco	Moto uniforme	Variante
28+883	IN515	Arco	Moto uniforme	Variante
29+036	IN516	Arco	Moto uniforme	Variante
29+095	IN530	Ponticello	Moto permanente	Variante

Pk storica	WBS	Tipo opera	Analisi	Note
29+256	IN540	Arco	Moto uniforme	Variante

4.1 Metodologia di verifica idraulica in moto uniforme

Il dimensionamento idraulico degli attraversamenti minori viene eseguito utilizzando le usuali formule del moto uniforme. Per la verifica dei manufatti in progetto si fa riferimento alla formula di Gauckler-Strickler:

$$Q = \frac{1}{n} \cdot \Omega \cdot R_H^{2/3} \cdot \sqrt{i}$$

dove:

Q: portata in m³/s;

n: coefficiente di scabrezza secondo Manning; $c = 1/n$ coefficiente di scabrezza secondo Gauckler-Strickler;

R_H : raggio idraulico;

i: pendenza del corso d'acqua;

Ω : sezione bagnata.

Il valore del coefficiente di scabrezza per le strutture in calcestruzzo viene assunto, in ipotesi di stato di esercizio, pari a 0,02 m^{-1/3}/s⁻¹ ($c = 50$ m^{1/3}/s¹).

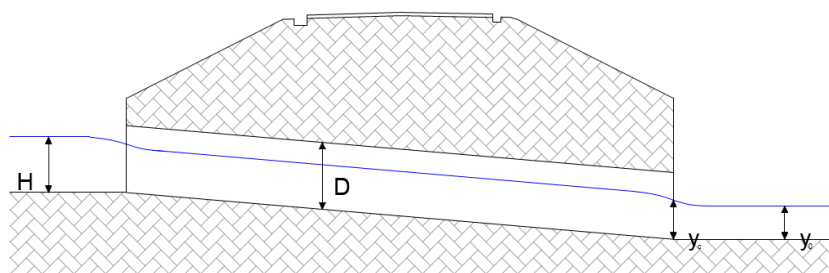


Figura 4.1 – Schema profilo longitudinale tombino/ponticello.

4.1.1 Portate di progetto

Per ogni manufatto è stata utilizzata la portata di progetto determinata con la metodologia descritta nell'elaborato di progetto "Relazione idrologica" (cod. RC0Y00R10RIID0001001C) alla quale si rimanda.

4.2 Verifiche a moto permanente

4.2.1 Modello numerico

Le simulazioni numeriche sono state condotte utilizzando un programma di calcolo monodimensionale a moto permanente che fornisce un'adeguata rappresentazione del fenomeno, descrivendo le principali grandezze fisiche per ogni sezione idraulica di calcolo. Per la determinazione dei profili idrici nei corsi d'acqua sia nella situazione attuale, sia di progetto e per i diversi tempi di ritorno considerati è stato

	PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICO ECONOMICA COLLEGAMENTO LAMEZIA T. - SETTINGIANO. VELOCIZZAZIONE MEDIANTE RETTIFICHE DI TRACCIATO					
	RELAZIONE IDRAULICA	PROGETTO RC0Y	LOTTO 00	CODIFICA R 10 RI	DOCUMENTO ID 0002 003	REV. B

utilizzato il codice denominato HEC – RAS sviluppato dalla U.S. Army Corps of Engineers, i cui fondamenti concettuali sono di seguito riportati.

Obiettivo principale del modello, utilizzato nell'ipotesi di moto permanente, è quello di correlare l'entità della portata liquida in arrivo dal bacino di monte con le velocità e con l'altezza idrometrica raggiunta nell'alveo principale e nelle golene.

Pur operando nell'ipotesi di monodimensionalità, il modello consente la ricostruzione dell'andamento della velocità all'interno di una stessa sezione di deflusso, distinguendo tra zone spondali e canale centrale, in funzione della variazione di scabrezza e di tirante idraulico.

Nel caso della simulazione in moto permanente il calcolo dell'andamento dei profili idraulici viene effettuato dal modello utilizzando un metodo numerico chiamato "standard step method", che risolve in modo sequenziale l'equazione monodimensionale dell'energia fra due sezioni adiacenti trasversali al moto.

In corrispondenza ad alcune tipologie di ponte, dove nascono condizioni di flusso complesse, vengono utilizzate invece specifiche equazioni dell'idraulica per determinare le variazioni di livello dovute a queste varie singolarità.

Sinteticamente, il modello funziona calcolando le variazioni di livello idrometrico tra sezioni trasversali adiacenti sulla base del calcolo delle perdite di energia. Il calcolo comincia a un'estremità del tronco d'alveo indagato, procedendo passo-passo sino all'altra estremità, e così sezione dopo sezione, cambiando il verso dell'indagine da valle verso monte per moto subcritico e da monte verso valle per moto supercritico.

Il funzionamento del modello HEC-RAS si basa su alcune semplificazioni nelle ipotesi di partenza:

- moto permanente;
- moto gradualmente vario;
- moto monodimensionale, con correzione della distribuzione orizzontale della velocità;
- perdite di fondo mediamente costanti fra due sezioni trasversali adiacenti;
- arginature fisse.

Il modello utilizza, all'interno dei suoi algoritmi di calcolo, elementi dell'idraulica dei canali a pelo libero. In

	PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICO ECONOMICA COLLEGAMENTO LAMEZIA T. - SETTINGIANO.					
	VELOCIZZAZIONE		MEDIANTE		RETTIFICHE	
TRACCIATO						
RELAZIONE IDRAULICA	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	RC0Y	00	R 10 RI	ID 0002 003	B	24 di 160

Appendice B sono presenti alcuni elementi per meglio chiarire il funzionamento del modello stesso.

4.2.2 Geometria degli alvei

I modelli matematici sono stati sviluppati riproducendo la geometria degli alvei naturali mediante l'implementazione delle sezioni trasversali dei corsi d'acqua, ricavate utilizzando il rilievo topografico di campagna ed il rilievo LIDAR fornito dal Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, reperito dagli scriventi. I dati grezzi sono trattati, mediante opportune procedure di classificazione ed analisi, per distinguere i punti "ground" (terreno) da quelli "over ground" (vegetazione, edifici, ecc.) e ricostruire così i modelli digitali del terreno (TIN) dell'area di indagine.

Per i corsi d'acqua per i quali non erano disponibili rilievi topografici né la copertura LIDAR, la geometria dell'asta fluviale e le sezioni trasversali sono state ricavate a partire dalla cartografia in scala 1:2000.

In seguito alla campagna di rilievi celerimetrici di campo, le simulazioni idrauliche sono state elaborate in relazione alle effettive geometrie dei corsi d'acqua analizzati e delle opere interferite.

4.2.3 Portate di progetto

Per ogni manufatto è stata utilizzata la portata di progetto determinata con la metodologia descritta nell'elaborato del presente progetto "*Relazione idrologica*" (cod. RC0Y00R10RIID0001001C) alla quale si rimanda, relativamente ad un tempo di ritorno di 200 anni.

4.2.4 Condizioni al contorno

Nei casi in cui il tratto di corso d'acqua modellato non confluisce in un corso d'acqua principale, come condizioni al contorno nel modello 1D si sono assunte le condizioni di moto uniforme.

Nei casi in cui il tirante del corso d'acqua principale, oppure le aree di allagamento generati dal modello 2D interessano la sezione terminale dei tratti modellati, come condizione al contorno è stata assunta il livello idrico relativo allo stesso tempo di ritorno ipotizzato nel modello 1D. In quest'ultimo caso si segnala che le simulazioni nello stato attuale e quelle nella configurazione in cui erano implementate le modifiche al tracciato ferroviario non hanno fornito condizioni al contorno differenti.

5 VERIFICHE IDRAULICHE ANTE OPERAM

5.1 Interferenze a moto uniforme

In

Tabella 5.11 vengono presentati i risultati delle verifiche idrauliche ottenuti per le interferenze analizzate a moto uniforme.

È necessario segnalare che, in deroga al criterio generale previsto per l'analisi degli attraversamenti, per le interferenze IN100 e IN130, nonostante la rete idrografica ufficiale indicasse la presenza di un'asta idraulica, l'analisi condotta nello stato di fatto è stata a moto uniforme. Tale scelta è stata dettata dalla mancanza di informazioni (sezioni rilevate e copertura Lidar) riguardanti la geometria delle inalveazioni.

Essendo tutti i manufatti in oggetto caratterizzati da una portata di progetto inferiore a 50 m³/s, i criteri di verifica che devono essere rispettati sono quelli propri dei tombini, ovvero il tirante idrico non deve superare i 2/3 dell'altezza della sezione, garantendo comunque un franco idraulico minimo di 0,50 m.

Il manufatto risulta idraulicamente verificato quando entrambi i criteri, grado di riempimento e franco idraulico sono rispettati. In tal caso la cella della relativa WBS è stata evidenziata con il colore verde in Diversamente il riempimento della cella è di colore rosso.

In Tabella 5.1 e Tabella 5.11 si riportano i dati e i risultati ottenuti con le verifiche delle interferenze nel tratto compreso tra le pk della linea storica 10+000 – 13+000.

Tabella 5.1 - Caratteristiche geometriche delle interferenze analizzate a moto uniforme nel tratto velocizzato Pk 10+000 – 13+000.

Pk storica	Tratto	WBS	Q prog [m ³ /s]	Tipo opera	Pendenza	Luce retta [m]	Altezza libera [m]
10+454	In variante	IN90	3.62	Arco	0.006	2.00	3.70
10+602	Linea esistente	IN95	4.48	Arco	0.003	2.00	3.80
10+751	Linea esistente	IN100	3.36	Arco	0.003	1.00	1.80
10+979	In variante	IN115	0.86	Solettone	0.003	0.50	0.60
11+038	In variante	IN116	2.03	Solettone	0.003	0.50	0.65
11+116	In variante	IN120	11.45	Arco	0.003	3.00	4.00
11+247	In variante	IN130	4.74	Arco	0.007	1.00	1.95
11+587	In variante	IN135	3.97	Solettone	0.003	1.50	0.50

Tabella 5.11 – Risultati nello stato di fatto per le interferenze studiate a moto uniforme nel tratto velocizzato Pk 10+000 – 13+000.

Pk storica	WBS	Quota fondo [m s.l.m.m.]	Velocità [m/s]	Y [m]	Grado riempimento	Franco idraulico [m]
10+454	IN90	155.97	2.26	0.80	0.22	2.90
10+602	IN95	154.60	1.84	1.22	0.32	2.58

10+751	IN100	154.30	1.30	1.80	1.00	0.00
10+979	IN115	151.15	0.86	0.60	1.00	0.00
11+038	IN116	151.05	0.87	0.65	1.00	0.00
11+116	IN120	144.90	2.33	1.64	0.41	2.36
11+247	IN130	144.55	2.06	1.94	1.00	0.01
11+587	IN135	135.50	1.23	0.50	1.00	0.00

Come è possibile notare dai risultati ottenuti, nel tratto compreso tra le pk storiche 10+000 e 13+000 5 manufatti su 8 non presentano grado di riempimento e franco idraulico adeguato, in quanto il franco minimo di 0.5 m previsto nelle NTC 2018 non viene rispettato. La totalità dei manufatti non verificati inoltre, presenta un funzionamento in pressione (grado di riempimento pari a 1) nei confronti delle portate di progetto. Dei manufatti non verificati viene presentata al cap. 6 la configurazione di progetto.

Per quanto riguarda l'interferenza IN100 nonostante la rete idrografica ufficiale indicasse la presenza di un'asta idraulica, l'analisi condotta nello stato di fatto è stata a moto uniforme. Tale scelta è stata dettata dalla mancanza di informazioni (sezioni rilevate e copertura Lidar) riguardanti la geometria delle inalveazioni. La verifica della configurazione dello stato di progetto è stata svolta a moto permanente.

In Tabella 5.III e Tabella 5.IV si riportano i dati e i risultati ottenuti con le verifiche delle interferenze nel tratto compreso tra le pk della linea storica 10+000 – 13+000.

Tabella 5.III - Caratteristiche geometriche delle interferenze analizzate a moto uniforme nel tratto velocizzato Pk 18+806 – 24+000.

Pk storica	Tratto	WBS	Q prog [m³/s]	Tipo opera	Pendenza	Luce retta [m]	Altezza libera [m]
20+528	In variante	IN255	1.79	Arco	0.003	1.00	0.50
20+730	In variante	IN265	1.25	Arco	0.023	1.00	0.50
21+635	Linea esistente	IN310	3.94	Arco	0.030	1.00	1.50
21+747	Linea esistente	IN320	5.89	Arco	0.016	1.00	1.00
21+830	In variante	IN330	5.61	Arco	0.003	1.50	0.50
23+708	In variante	IN386	3.40	Arco	0.032	1.00	0.80

Tabella 5.IV – Risultati nello stato di fatto per le interferenze studiate a moto uniforme nel tratto velocizzato Pk 18+806 – 24+000.

Pk storica	WBS	Quota fondo [m s.l.m.]	Velocità [m/s]	Y [m]	Grado riempimento	Franco idraulico [m]
20+528	IN255	96.35	0.86	0.46	0.93	0.04
20+730	IN265	95.95	2.35	0.47	0.95	0.03

<i>Pk storica</i>	<i>WBS</i>	<i>Quota fondo [m s.l.m.m.]</i>	<i>Velocità [m/s]</i>	<i>Y [m]</i>	<i>Grado riempimento</i>	<i>Franco idraulico [m]</i>
21+635	IN310	105.50	4.12	0.96	0.64	0.54
21+747	IN320	108.00	2.67	0.97	0.97	0.03
21+830	IN330	108.22	0.84	0.47	0.94	0.03
23+708	IN386	133.00	3.56	0.75	0.94	0.05

Come è possibile notare dai risultati ottenuti nel tratto (pk 18+806 – 24+000) 5 manufatti su 6 non presentano un grado di riempimento e un franco idraulico adeguato, in quanto il franco minimo di 0.5m previsto dalle NTC2018 non viene rispettato e/o viene superato il grado di riempimento massimo pari a 2/3. La quasi totalità dei manufatti non verificati, inoltre, presenta funzionamento in pressione (grado di riempimento pari a 1.0) nei confronti delle portate di progetto.

Di tali manufatti viene, pertanto, presentata al cap. 6 la configurazione di progetto

Accanto ai criteri di verifica idraulica richiesti dalla normativa di riferimento (cfr. cap. 2) e sopra analizzati, l'adeguatezza dei manufatti idraulici di attraversamento della linea ferroviaria è stata valutata anche in relazione alle dimensioni e, quindi, all'ispezionabilità degli stessi. In tal senso, si ritiene non adeguato il manufatto evidenziato in giallo in Tabella 5.IV: IN310. Anche anche per questo al cap. 6 viene presentata la configurazione di progetto ed i risultati delle verifiche idrauliche post operam.

In Tabella 5.V e Tabella 5.VI si riportano i dati e i risultati ottenuti con le verifiche delle interferenze nel tratto compreso tra le pk della linea storica 18+806 – 29+256.

Tabella 5.V - Caratteristiche geometriche delle interferenze analizzate a moto uniforme nel tratto velocizzato Pk 18+806 – 29+256.

<i>Pk storica</i>	<i>Tratto</i>	<i>WBS</i>	<i>Q prog [m³/s]</i>	<i>Tipo opera</i>	<i>Pendenza</i>	<i>Luce retta [m]</i>	<i>Altezza libera [m]</i>
27+185	In variante	IN445	1.51	Arco	0.003	0.80	1.30
27+283	In variante	IN446	0.91	Arco	0.002	2.50	1.00
27+836	Linea esistente	IN465	23.48	Arco	0.003	0.50	0.50
28+101	Linea esistente	IN480	1.87	Arco	0.003	1.00	1.50
28+156	Linea esistente	IN485	1.46	Arco	0.003	1.00	2.00
28+228	Linea esistente	IN490	1.10	Arco	0.003	1.00	1.82
28+292	Linea esistente	IN492	6.18	Arco	0.200	1.00	2.00
28+382	In variante	IN495	1.24	Arco	0.003	2.00	2.30
28+456	In variante	IN496	7.19	Arco	0.003	1.00	1.49
28+883	In variante	IN515	3.09	Arco	0.003	1.00	2.00

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICO ECONOMICA COLLEGAMENTO LAMEZIA T. - SETTINGIANO. VELOCIZZAZIONE MEDIANTE RETTIFICHE DI TRACCIATO					
	RELAZIONE IDRAULICA	PROGETTO RC0Y	LOTTO 00	CODIFICA R 10 RI	DOCUMENTO ID 0002 003	REV. B

29+036	In variante	IN516	6.01	Arco	0.003	1.00	1.90
29+256	In variante	IN540	8.35	Arco	0.003	1.50	1.50

Tabella 5.VI – Risultati nello stato di fatto per le interferenze studiate a moto uniforme nel tratto velocizzato Pk 18+806 – 29+256.

<i>Pk storica</i>	<i>WBS</i>	<i>Quota fondo [m s.l.m.m.]</i>	<i>Velocità [m/s]</i>	<i>Y [m]</i>	<i>Grado riempimento</i>	<i>Franco idraulico [m]</i>
27+185	IN445	147.07	1.14	1.28	0.99	0.02
27+283	IN446	145.05	0.96	0.42	0.42	0.58
27+836	IN465	133.30	0.68	0.50	1.00	0.00
28+101	IN480	127.80	1.24	1.50	1.00	0.00
28+156	IN485	126.10	1.34	1.09	0.54	0.91
28+228	IN490	124.98	1.27	0.86	0.47	0.96
28+292	IN492	123.30	9.60	0.64	0.32	1.36
28+382	IN495	119.50	1.29	0.48	0.21	1.82
28+456	IN496	120.00	1.34	1.40	0.94	0.09
28+883	IN515	111.00	1.42	1.92	0.96	0.08
29+036	IN516	107.60	1.39	1.85	0.97	0.05
29+256	IN540	104.96	1.51	1.46	0.97	0.04

Come è possibile notare Pk 18+806 – 29+256.nel tratto dai risultati ottenuti 7 manufatti su 12 non presentano un grado di riempimento e un franco idraulico adeguato, in quanto il franco minimo di 0.5m previsto dalle NTC2018 non viene rispettato e/o viene superato il grado di riempimento massimo pari a 2/3 . La quasi totalità dei manufatti non verificati, inoltre, presenta funzionamento in pressione (grado di riempimento pari a 1.0) nei confronti delle portate di progetto.

Di tali manufatti viene, pertanto, presentata al cap. 6 la configurazione di progetto

Accanto ai criteri di verifica idraulica richiesti dalla normativa di riferimento (cfr. cap. 2) e sopra analizzati, l'adeguatezza dei manufatti idraulici di attraversamento della linea ferroviaria è stata valutata anche in relazione alle dimensioni e, quindi, all'ispezionalibilità degli stessi. In tal senso, si ritengono non adeguati i manufatti contraddistinti dalle seguenti WBS (evidenziati in giallo in Tabella 5.VI): IN446, IN 485, IN 490 e IN 492. Anche di essi vengono presentati al cap. 6 la configurazione di progetto ed i risultati delle verifiche idrauliche post operam.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICO ECONOMICA COLLEGAMENTO LAMEZIA T. - SETTINGIANO. VELOCIZZAZIONE MEDIANTE RETTIFICHE DI TRACCIATO					
	RELAZIONE IDRAULICA	PROGETTO RC0Y	LOTTO 00	CODIFICA R 10 RI	DOCUMENTO ID 0002 003	REV. B

5.2 Interferenze a moto permanente

Vengono di seguito riassunti i risultati delle simulazioni ottenute per le interferenze analizzate a moto permanente mediante il modello numerico HEC-RAS 1D (i risultati grafici e numerici ottenuti in corrispondenza delle sezioni di calcolo sono rappresentate in Appendice A).

I criteri di verifica adottati sono i seguenti:

- per gli attraversamenti caratterizzati da una portata minore o uguale a 50 m³/s, i criteri sono quelli propri dei tombini e, quindi:
 - grado di riempimento $\leq 2/3$ dell'altezza della sezione (≤ 0.67)
 - franco idraulico di almeno 0.5 m
- per gli attraversamenti caratterizzati da una portata superiore a 50 m³/s, i criteri sono quelli propri dei ponti e, quindi:
 - franco idraulico di almeno 1.5 m
 - quando l'intradosso delle strutture non sia costituito da un'unica linea orizzontale tra gli appoggi, il franco idraulico deve essere assicurato per una ampiezza centrale di 2/3 della luce, e comunque non inferiore a 40 m.

In Tabella 5.VIII sono evidenziate con colore verde le WBS dei manufatti che risultano idraulicamente verificati. Diversamente il riempimento della rispettiva cella è di colore rosso.

Tabella 5.VII - Caratteristiche geometriche delle interferenze analizzate a moto permanente nel tratto Pk 10+000 – 13+000.

<i>Pk storica</i>	<i>WBS</i>	<i>Q prog</i> [m ³ /s]	<i>Tipo opera</i>	<i>Luce retta</i> [m]	<i>Altezza libera</i> [m]
10+136	IN80	7.56	Ponticello	2.00	2.17
10+891	IN110	11.26	Ponticello	1.00	2.80
11+952	IN140	38.08	Sottovia	8.00	10.18
12+579	IN150	20.79	Ponticello	3.00	2.50

Tabella 5.VIII – Risultati nello stato di fatto per le interferenze studiate a moto permanente nel tratto Pk 10+000 – 13+000.

<i>Pk storica</i>	<i>WBS</i>	<i>Quota fondo</i> [m s.l.m.m.]	<i>Livello idrico</i> [m s.l.m.m.]	<i>Y</i> [m]	<i>Velocità</i> [m/s]	<i>Grado riempimento</i>	<i>Franco idraulico [m]</i>
10+136	IN80	166.2	168.05	1.85	3.16	0.85	0.20
10+891	IN110	143.66	145.78	2.12	3.80	0.76	0.68
11+952	IN140	123.78	125.75	1.97	3.80	0.19	8.21

<i>Pk storica</i>	<i>WBS</i>	<i>Quota fondo</i> [m s.l.m.m.]	<i>Livello idrico</i> [m s.l.m.m.]	<i>Y</i> [m]	<i>Velocità</i> [m/s]	<i>Grado riempimento</i>	<i>Franco idraulico [m]</i>
12+579	IN150	119.8	122.6	2.80	4.75	1.00	0.00

Nel tratto compreso tra le pk storiche 10+000 – 13+000 3 manufatti su 4 risultano da adeguare per insufficienza del franco idraulico e/o per grado di riempimento maggiore di $\frac{2}{3} Y$. Di tali manufatti viene, pertanto, presentata al cap. 6 la configurazione di progetto

L'interferenza IN140 è una sottovia all'interno della quale è presente una canaletta in calcestruzzo per il convogliamento delle portate. Tale canaletta ha dimensioni insufficienti a contenere la portata di progetto (Figura 5.1) pertanto nel Cap. 6 viene presentata la configurazione *post operam* anche di questo manufatto.



Figura 5.1 – Foto dell'interferenza IN140.

Tabella 5.IX - Caratteristiche geometriche delle interferenze analizzate a moto permanente nel tratto Pk 18+806 – 24+000.

<i>Pk storica</i>	<i>WBS</i>	<i>Q prog</i> [m ³ /s]	<i>Tipo opera</i>	<i>Luce retta</i> [m]	<i>Altezza libera</i> [m]
17+806	IN230	13.53	Ponte	20.00	4.36
19+942	IN240	9.11	Ponte arco	5.00	2.00
20+658	IN260	3.99	Ponticello	2.00	1.70
20+791	IN270	3.80	Ponticello	2.00	1.50
20+962	IN280	1.96	Tombino ad arco	1.00	1.40
21+145	IN290	5.37	Ponte	4.00	1.02

<i>Pk storica</i>	<i>WBS</i>	<i>Q prog</i> <i>[m³/s]</i>	<i>Tipo opera</i>	<i>Luce retta</i> <i>[m]</i>	<i>Altezza libera</i> <i>[m]</i>
21+410	IN300	22.23	Ponte	6.00	4.97
22+105	IN340	9.83	Tombino ad arco	1.50	1.50
22+273	IN350	2.12	Ponticello	1.50	1.00
22+365	IN360	4.86	Ponticello	2.00	0.70
22+610	IN370	11.66	Ponticello	2.00	1.13
22+988	IN380	4.85	Ponticello	2.00	1.80
23+354	IN385	25.11	Ponte arco	5.50	4.66
23+869	IN390	5.67	Ponticello	2.00	2.74

Tabella 5.X – Risultati nello stato di fatto per le interferenze studiate a moto permanente Pk 18+806 – 24+000.

<i>Pk storica</i>	<i>WBS</i>	<i>Quota fondo</i> <i>[m s.l.m.m.]</i>	<i>Livello idrico</i> <i>[m s.l.m.m.]</i>	<i>Y</i> <i>[m]</i>	<i>Velocità</i> <i>[m/s]</i>	<i>Grado riempimento</i>	<i>Franco idraulico [m]</i>
18+806	IN230	106.34	107.33	0.99	2.27	0.23	3.37
19+942	IN240	95.81	97.14	1.33	1.35	0.66	0.67
20+658	IN260	93.83	94.44	0.61	2.64	0.25	1.79
20+791	IN270	93.94	95.03	1.09	2.66	0.38	1.78
20+962	IN280	95.97	96.44	0.47	4.15	0.34	0.92
21+145	IN290	99.65	100.51	0.86	1.57	-	0.16
21+410	IN300	98.81	100.16	1.35	1.14	-	3.62
22+105	IN340	110.28	113.26	2.98	3.49	1.99	0.00
22+273	IN350	111.61	112.48	0.87	3.10	0.84	0.17
22+365	IN360	112.51	115.28	2.77	4.42	1.00	0.00
22+610	IN370	115.47	118.41	2.94	4.95	0.67	0.00
22+988	IN380	122.02	123.34	1.32	2.96	0.73	0.48
23+354	IN385	120.96	123.65	2.69	3.93	0.60	1.83

<i>Pk storica</i>	<i>WBS</i>	<i>Quota fondo</i> <i>[m s.l.m.m.]</i>	<i>Livello idrico</i> <i>[m s.l.m.m.]</i>	<i>Y</i> <i>[m]</i>	<i>Velocità</i> <i>[m/s]</i>	<i>Grado riempimento</i>	<i>Franco idraulico [m]</i>
23+869	IN390	131.06	132.89	1.83	3.00	0.67	0.91

Nel tratto compreso tra le pk storiche Pk 18+806 – 24+000 7 manufatti su 14 risultano da adeguare per insufficienza del franco idraulico e/o per grado di riempimento maggiore di 2/3 Y. Di tali manufatti viene, pertanto, presentata al cap. 6 la configurazione di progetto

Le interferenze IN230 e IN300 evidenziate in azzurro sono due ponti per i quali è previsto l'adeguamento strutturale quindi al Cap. 6 viene presentata la configurazione di progetto.

L'interferenza IN390, evidenziata in azzurro, risulta verificata, ma ne è previsto il rifacimento per motivi strutturali.

Le interferenze IN240 IN260 e IN270 risultano verificate, ma è necessario verificare la configurazione di progetto in quanto si trovano in corrispondenza di un tratto in variante dove è prevista una variazione planimetrica del tracciato (VI01).

L'interferenza IN385 viene superata in quanto si trova in un tratto nel quale è prevista la realizzazione di un viadotto (VI02).

Di tali manufatti viene, pertanto, presentata al cap. 6 la configurazione di progetto.

Tabella 5.XI - Caratteristiche geometriche delle interferenze analizzate a moto permanente nel tratto pk 27+000 – 29+256.

<i>Pk storica</i>	<i>WBS</i>	<i>Q prog</i> <i>[m³/s]</i>	<i>Tipo opera</i>	<i>Luce retta</i> <i>[m]</i>	<i>Altezza libera</i> <i>[m]</i>
27+057	IN440	33.73	Tombino ad arco	1	1.77
27+345	IN450	38.45	Ponte	10	4.00
27+471	IN460	2.94	Tombino ad arco	1	1.80
29+095	IN530	2.05	Ponticello	2	1.60

Tabella 5.XII – Risultati nello stato di fatto per le interferenze studiate a moto permanente nel tratto pk 27+000 – 29+256.

<i>Pk storica</i>	<i>WBS</i>	<i>Quota fondo</i> <i>[m s.l.m.m.]</i>	<i>Livello idrico</i> <i>[m s.l.m.m.]</i>	<i>Y</i> <i>[m]</i>	<i>Velocità</i> <i>[m/s]</i>	<i>Grado riempimento</i>	<i>Franco idraulico [m]</i>
27+057	IN440	149.4	153.61	4.21	2.60	1.00	0.00
27+345	IN450	140.89	143.47	2.58	4.70	0.65	1.67
27+471	IN460	140.72	142.26	1.54	4.26	0.86	0.26

<i>Pk storica</i>	<i>WBS</i>	<i>Quota fondo [m s.l.m.m.]</i>	<i>Livello idrico [m s.l.m.m.]</i>	<i>Y [m]</i>	<i>Velocità [m/s]</i>	<i>Grado riempimento</i>	<i>Franco idraulico [m]</i>
29+095	IN530	107.04	109.31	2.27	0.38	1.00	0.00

Nel tratto compreso tra le pk storiche pk 27+000 – 29+256.3 manufatti su 4 risultano da adeguare per insufficienza del franco idraulico e/o per grado di riempimento maggiore di $2/3 Y$.

L'interferenza IN450 è un ponte per il quale è previsto l'adeguamento strutturale quindi al Cap. 6 viene presentata la configurazione di progetto.

5.3 Sintesi e conclusioni delle verifiche ante operam

Nelle seguenti tabelle vengono sintetizzati, suddivisi in base alla metodologia di verifica, i risultati ottenuti ai paragrafi precedenti esprimendo un giudizio di adeguatezza o non adeguatezza dei manufatti idraulici di attraversamento della linea ferroviaria, specificandone la motivazione ed il tipo di verifica idraulica post operam che verrà riportata nel capitolo seguente.

Tabella 5.XIII – Sintesi delle verifiche idrauliche ante operam per i corsi d'acqua studiati a moto uniforme.

Pk storica	WBS	Giudizio	Motivo	Metodologia di verifica post operam
10+454	IN90	Adeguito	-	-
10+602	IN95	Adeguito	-	-
10+751	IN100	Non adeguato	Criteri verifica idraulica	Moto permanente (*)
10979	IN115	Non adeguato	Criteri verifica idraulica	Moto uniforme
11038	IN116	Non adeguato	Criteri verifica idraulica	Moto uniforme
11+116	IN120	Adeguito	-	-
11+247	IN130	Non adeguato	Criteri verifica idraulica	Moto uniforme (**)
11+587	IN135	Non adeguato	Criteri verifica idraulica	Moto uniforme
20+528	IN255	Non adeguato	Criteri verifica idraulica	Moto uniforme
20+730	IN265	Non adeguato	Criteri verifica idraulica	Moto uniforme
21+635	IN310	Non adeguato	Ispezionabilità	Moto uniforme
21+747	IN320	Non adeguato	Criteri verifica idraulica	Moto uniforme
21+830	IN330	Non adeguato	Criteri verifica idraulica	Moto uniforme

Pk storica	WBS	Giudizio	Motivo	Metodologia di verifica post operam
23+708	IN386	Non adeguato	Criteri verifica idraulica	Moto uniforme
27+185	IN445	Non adeguato	Criteri verifica idraulica	Moto uniforme
27+283	IN446	Non adeguato	Ispezionabilità	Moto uniforme
27+836	IN465	Non adeguato	Criteri verifica idraulica	Moto uniforme
28+101	IN480	Non adeguato	Criteri verifica idraulica	Moto uniforme
28+156	IN485	Non adeguato	Ispezionabilità	Moto uniforme
28+228	IN490	Non adeguato	Ispezionabilità	Moto uniforme
28+292	IN492	Non adeguato	Ispezionabilità	Moto uniforme
28+382	IN495	Adeguato	-	-
28+456	IN496	Non adeguato	Criteri verifica idraulica	Moto uniforme
28+883	IN515	Non adeguato	Criteri verifica idraulica	Moto uniforme
29+036	IN516	Non adeguato	Spostamento tracciato	Moto uniforme
29+256	IN540	Non adeguato	Criteri verifica idraulica	Moto uniforme

(*) Come specificato al § 5.1, in deroga al criterio generale previsto per l'analisi degli attraversamenti, l'interferenza IN100 è stata studiata nell'ante operam a moto uniforme, nonostante la rete idrografica ufficiale indicasse la presenza di un'asta idraulica, per mancanza di informazioni (sezioni rilevate e copertura Lidar) riguardanti la geometria delle inalveazioni. Nella configurazione post operam, invece, viene ripreso il criterio generale e la verifica idraulica viene effettuata a moto permanente.

(**) Come specificato al § 5.1, in deroga al criterio generale previsto per l'analisi degli attraversamenti, l'interferenza IN130 è stata studiata nell'ante operam a moto uniforme, nonostante la rete idrografica ufficiale indicasse la presenza di un'asta idraulica, per mancanza di informazioni (sezioni rilevate e copertura Lidar) riguardanti la geometria delle inalveazioni. A causa della mancanza di dati tale interferenza viene studiata a moto uniforme anche nella configurazione post-operam.

Tabella 5.XIV – Sintesi delle verifiche idrauliche ante operam per i corsi d'acqua studiati a moto permanente.

Pk storica	WBS	Giudizio	Motivo	Metodologia di verifica post operam
10+136	IN80	Non adeguato	Criteri verifica idraulica	Moto permanente
10+891	IN110	Non adeguato	Criteri verifica idraulica	Moto permanente
11+951	IN140	Non adeguato	Sottovia	Moto permanente
12+579	IN150	Non adeguato	Criteri verifica idraulica	Moto permanente

Pk storica	WBS	Giudizio	Motivo	Metodologia di verifica post operam
18+806	IN230	Non adeguato	Criteri strutturali	Moto permanente
19+942	IN240	Non adeguato	Spostamento tracciato	Moto permanente
20+658	IN260	Non adeguato	Spostamento tracciato	Moto permanente
20+791	IN270	Non adeguato	Spostamento tracciato	Moto permanente
20+962	IN280	Non adeguato	Criteri verifica idraulica	Moto permanente
21+145	IN290	Non adeguato	Criteri verifica idraulica	Moto permanente
21+410	IN300	Non adeguatp	Criteri strutturali	Moto permanente
22+105	IN340	Non adeguato	Criteri verifica idraulica	Moto permanente
22+273	IN350	Non adeguato	Criteri verifica idraulica	Moto permanente
22+365	IN360	Non adeguato	Criteri verifica idraulica	Moto permanente
22+610	IN370	Non adeguato	Criteri verifica idraulica	Moto permanente
22+988	IN380	Non adeguato	Criteri verifica idraulica	Moto permanente
23+354	IN385	Adeguato	Viadotto in progetto	-
23+869	IN390	Non Adeguato	Criteri strutturali	Moto permanente
27+057	IN440	Non adeguato	Criteri verifica idraulica	Moto permanente
27+345	IN450	Non adeguato	Criteri strutturali	Moto permanente
27+471	IN460	Non adeguato	Criteri verifica idraulica	Moto permanente
29+095	IN530	Non adeguato	Criteri verifica idraulica	Moto permanente

6 VERIFICHE IDRAULICHE POST OPERAM

6.1 Interferenze a moto uniforme

Come è stato possibile riscontrare nel paragrafo 5.1, in totale nei tre tratti analizzati tra le interferenze studiate a moto uniforme, 22 manufatti su 27 non risultano verificati.

I manufatti con grado di riempimento/franco idraulico insufficiente, che dovranno essere adeguati in sede progettuale e verificati a moto uniforme, si riducono a 16, tenendo in considerazione che la IN100 verrà verificata, nello stato di progetto, a moto permanente.

Tra i manufatti che invece garantiscono un franco adeguato nei confronti delle portate dimensionanti ce ne sono 5 (IN310, IN446, IN485, IN490 ed IN492) che non rispettano gli standard di ispezionabilità richiesti dagli attraversamenti ferroviari, e pertanto, anche se non esplicitamente richiesto dalle prescrizioni di legge, se ne prevede una configurazione di progetto.

In totale, quindi, i tombini di progetto da verificare a moto uniforme risultano 21 e nei paragrafi successivi vengono suddivisi tra opere in progetto dovute all'insufficienza dei franchi (16) ed opere in progetto dovute a dimensioni minime non sufficienti a garantirne l'ispezionabilità (5) e suddivisi nei tre tratti analizzati:

- Tratto 1, pk 10+000 – 13+000 km;
- Tratto 2, pk 18+806 – 24+000 km;
- Tratto 3 pk 27+000 – 29+256 km.

Tabella 6.1 – Risultati nello stato di progetto per le interferenze con franchi insufficienti studiate a moto uniforme nel tratto 1 (pk 10+000 – 13+000).

Pk storica	WBS	Q prog [m ³ /s]	Tipo opera	i [m/m]	Luce retta [m]	Altezza libera [m]	n° canne	Velocità [m/s]	Y [m]	Gr. riempimento	Franco idraulico [m]
10+454	IN90	3.62	Opera già verificata in SdF								
10+602	IN95	4.48	Opera già verificata in SdF								
10+751	IN100	3.36	Opera analizzata a moto permanente nello SdP								
10979	IN115	0.86	Circolare	0.003	1.50	1.50	1	1.29	0.61	0.40	0.89
11038	IN116	2.03	Solettone	0.003	2.00	2.00	1	1.50	0.68	0.34	1.32
11+116	IN120	11.45	Opera già verificata in SdF								
11247	IN130	4.74	Solettone	0.007	2.00	2.00	1	2.56	0.92	0.46	1.08
11+587	IN135	3.97	Solettone	0.003	2.00	2.00	1	1.79	1.11	0.56	0.89

Tabella 6.II – Risultati nello stato di progetto per le interferenze con franchi insufficienti studiate a moto uniforme nel tratto 2 (pk 18+806 – 24+000).

Pk storica	WBS	Q prog [m ³ /s]	Tipo opera	i [m/m]	Luce retta [m]	Altezza libera [m]	n° canne	Velocità [m/s]	Y [m]	Gr. riempimento	Franco idraulico [m]
20+528	IN255	1.79	Circolare	0.003	1.50	1.50	1	1.55	0.93	0.62	0.57
20+730	IN265	1.25	Circolare	0.02	1.50	1.50	1	2.84	0.45	0.30	1.05
21+747	IN320	5.89	Solettone	0.01	2.00	2.00	1	3.10	0.95	0.48	1.05
21+830	IN330	5.61	Solettone	0.01	2.00	2.00	1	3.06	0.92	0.46	1.08
23+708	IN386	3.40	Circolare	0.01	1.50	1.50	1	2.85	0.96	0.64	0.54

Tabella 6.III – Risultati nello stato di progetto per le interferenze non ispezionabili studiate a moto uniforme nel tratto 2 (pk 18+806 – 24+000).

Pk storica	WBS	Q prog [m ³ /s]	Tipo opera	i [m/m]	Luce retta [m]	Altezza libera [m]	n° canne	Velocità [m/s]	Y [m]	Gr. riempimento	Franco idraulico [m]
21+635	IN310	3.94	Solettone	0.003	2.00	2.00	1	1.78	1.10	0.55	0.90

Tabella 6.IV – Risultati nello stato di progetto per le interferenze con franchi insufficienti studiate a moto uniforme nel tratto 3 pk 27+000 – 29+256 km.

Pk storica	WBS	Q prog [m ³ /s]	Tipo opera	i [m/m]	Luce retta [m]	Altezza libera [m]	n° canne	Velocità [m/s]	Y [m]	Gr. riempimento	Franco idraulico [m]
27+185	IN445	1.51	Circolare	0.003	1.50	1.50	1	1.49	0.84	0.56	0.66
27+836	IN465	23.48	Solettone	0.003	5.00	3.00	1	2.76	1.70	0.57	1.30
28+101	IN480	1.87	Circolare	0.003	1.50	1.50	1	1.56	0.96	0.64	0.54
28+382	IN495	1.24	Opera già verificata in SdF								
28+456	IN496	7.19	Solettone	0.01	2.00	2.00	1	3.25	1.10	0.55	0.90
28+883	IN515	3.09	Solettone	0.003	2.00	2.00	1	1.68	0.92	0.46	1.08
29+036	IN516	6.01	Solettone	0.01	2.00	2.00	1	3.11	0.97	0.48	1.03
29+256	IN540	8.35	Solettone	0.003	3.00	2.00	1	2.15	1.30	0.65	0.70

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICO ECONOMICA COLLEGAMENTO LAMEZIA T. - SETTINGIANO. VELOCIZZAZIONE MEDIANTE RETTIFICHE DI TRACCIATO					
	RELAZIONE IDRAULICA	PROGETTO RC0Y	LOTTO 00	CODIFICA R 10 RI	DOCUMENTO ID 0002 003	REV. B

Tabella 6.V – Risultati nello stato di progetto per le interferenze non ispezionabili studiate a moto uniforme nel Tratto 3 pk 27+000 – 29+256 km.

Pk storica	WBS	Q prog [m ³ /s]	Tipo opera	i [m/m]	Luce retta [m]	Altezza libera [m]	n° canne	Velocità [m/s]	Y [m]	Gr. riempimento	Franco idraulico [m]
27+283	IN446	0.91	Solettone	0.003	2.00	2.00	1	1.17	0.39	0.19	1.61
28+156	IN485	1.46	Solettone	0.003	2.00	2.00	1	1.36	0.54	0.27	1.46
28+228	IN490	1.10	Solettone	0.003	2.00	2.00	1	1.24	0.44	0.22	1.56
28+292	IN492	6.18	Solettone	0.005	2.00	2.00	1	2.41	1.28	0.64	0.72

6.1.1 Lavorazioni integrative necessarie

Per le opere di progetto per le quali non è presente un'in-alveazione a valle del tombino, è stato previsto un fosso di progetto in grado di collettare le portate dimensionanti al recapito più vicino. Inoltre, affinché sia garantito il ricoprimento minimo previsto di 1.5m (inteso come differenza di quota tra l'intradosso dell'opera ed il piano del ferro), in diversi casi si è dovuto prevedere un abbassamento della quota di scorrimento dei manufatti. A seguire sono riassunte tutte le lavorazioni integrative necessarie da prevedere per le opere in progetto.

Interferenza IN115

Riduzione quota di scorrimento imbocco a 150.13 m s.m.m. dai 151.15 attuali approfondendosi per 5m verso monte. Realizzazione fosso di recapito a valle del manufatto con sezione trapezia B=4.50m, b=1.50m, h=1.0m, L=75m e pendenza media 0.03m/m.

Interferenza IN116

Riduzione quota di scorrimento imbocco a 148.68 m s.m.m. dai 151.05 attuali approfondendosi per 5m verso monte. Realizzazione fosso di recapito a valle del manufatto con sezione trapezia B=3.50m, b=2.50m, h=0.5m, L=80m e pendenza media 0.04m/m.

Interferenza IN130

Nessuna lavorazione necessaria.

Interferenza IN135

Nessuna lavorazione necessaria.

Interferenza IN255

Realizzazione fosso di recapito a valle del manufatto con sezione trapezia B=3.00, b=1.50m, h=0.5m, L=200m e pendenza media 0.04m/m a causa dello spostamento planimetrico del tracciato.

Interferenza IN265

Realizzazione fosso di recapito a valle del manufatto con sezione trapezia B=3.00, b=1.50m, h=0.5m, L=65m e pendenza media 0.04m/m, a causa dello spostamento planimetrico del tracciato.

Interferenza IN310

	PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICO ECONOMICA COLLEGAMENTO LAMEZIA T. - SETTINGIANO.					
	VELOCIZZAZIONE		MEDIANTE		RETTIFICHE DI	
TRACCIATO	PROGETTO RC0Y	LOTTO 00	CODIFICA R 10 RI	DOCUMENTO ID 0002 003	REV. B	FOGLIO 39 di 160
RELAZIONE IDRAULICA						

Riduzione quota di scorrimento imbocco a 110 m s.m.m. dai 111 attuali approfondendosi per 5m verso monte. Realizzazione fosso di recapito a valle del manufatto con sezione trapezia $b=1.0m$, $h=1.0m$, $B=4.0m$, $L=225m$ e pendenza $0.015m/m$.

Interferenza IN320

Riduzione quota di scorrimento imbocco a 106.83 m s.m.m. dai 108 attuali approfondendosi per 5m verso monte.

Interferenza IN330

Realizzazione fosso di recapito a valle del manufatto con sezione trapezia $B=5.0m$, $b=2.0m$, $h=1.0m$, $L=90m$ e pendenza $0.015m/m$.

Interferenza IN386

Riduzione quota di scorrimento imbocco a 132.5 m s.m.m. dai 133.00 attuali approfondendosi per 5m verso monte. Realizzazione fosso di recapito a valle del manufatto con sezione rettangolare $B=1.5m$, $h=1.0m$, $L=160m$ e pendenza $0.015m/m$.

Interferenza IN445

Riduzione quota di scorrimento imbocco a 146.86 m s.m.m. dai 147.07 attuali approfondendosi per 5m verso monte. Realizzazione fosso di recapito a valle del manufatto con sezione trapezia $B=3.0m$, $b=1.5.0m$, $h=0.5m$, $L=55m$ e pendenza $0.02m/m$.

Interferenza IN446

Riduzione quota di scorrimento imbocco a 130.80 m s.m.m. dai 145.05 attuali approfondendosi per 5m verso monte. Realizzazione fosso di recapito a valle del manufatto con sezione trapezia $B=3.0m$, $b=1.5m$, $h=0.5m$, $L=27m$ e pendenza $0.02m/m$.

Interferenza IN465

Riduzione quota di scorrimento imbocco a 144.50 m s.m.m. dai 133.3 attuali approfondendosi per 5m verso monte. Realizzazione fosso di recapito a valle del manufatto con sezione trapezia rivestita in cla $B=6.0m$, $b=3.50m$, $h=1.5m$, $L=70m$ e pendenza $0.005m/m$.

Interferenza IN480

Fosso di recapito, sezione trapezia in terra $b=1m$, $B=3m$, $h=1m$, $L=200m$, pendenza $0.005 m/m$

Interferenza IN485

Nessuna lavorazione necessaria.

Interferenza IN490

Riduzione quota di scorrimento imbocco a 124.78 m s.m.m. dai 124.98 attuali approfondendosi per 5m verso monte.

Interferenza IN492

Nessuna lavorazione necessaria.

Interferenza IN496

Riduzione quota di scorrimento imbocco a 118.62 m s.m.m. dai 120 attuali approfondendosi per 5m verso monte. Realizzazione fosso di recapito a valle del manufatto con sezione trapezia $B=5.0m$, $b=2.00m$, $h=1.0m$, $L=50m$ e pendenza $0.01m/m$.

Interferenza IN515

Realizzazione fosso di recapito a valle del manufatto con sezione trapezia B=5.0m, b=2.00m, h=1.0m, L=130m e pendenza 0.01m/m, a causa dello spostamento planimetrico del tracciato.

Interferenza IN516

Riduzione quota di scorrimento imbocco a 107.53 m s.m.m. dai 108.23 attuali approfondendosi per 5m verso monte. Realizzazione fosso di recapito a valle del manufatto con sezione rettangolare B=2.0m, h=1.5m, L=60m e pendenza 0.01m/m.

Interferenza IN540

Realizzazione fosso di recapito a valle del manufatto con sezione trapezia B=6.0m, b=3.00m, h=1.0m, L=60m e pendenza 0.01m/m.

In Tabella 6.VI, Tabella 6.VII e Tabella 6.VIII si riporta, per ciascun manufatto di progetto, la dimensione del tombino, la quota di scorrimento, la quota del piano del ferro e l'altezza di ricoprimento che risulta sempre maggiore o uguale a 1.5 m.

Tabella 6.VI – Quota di scorrimento e ricoprimento per le opere in progetto studiate in moto uniforme nel tratto 1 (pk 10+000 – 13+000).

<i>Pk storica</i>	<i>WBS</i>	<i>Q prog [m³/s]</i>	<i>Tipo opera</i>	<i>Luce retta [m]</i>	<i>Altezza libera [m]</i>	<i>Quota di scorrimento in progetto [m s.m.m.]</i>	<i>Quota piano del ferro di progetto [m s.m.m.]</i>	<i>Ricoprimento [m]</i>
10+454	IN90	3.62	Opera già verificata in SdF					
10+602	IN95	4.48	Opera già verificata in SdF					
10+751	IN100	3.36	Opera analizzata a moto permanente nello SdP					
10979	IN115	0.86	Circolare	1.50	1.50	150.13	153.23	1.60
11038	IN116	2.03	Solettone	2.00	2.00	148.68	152.18	1.50
11+116	IN120	11.45	Opera già verificata in SdF					
11+247	IN130	4.74	Solettone	2.00	2.00	144.55	148.70	2.15
11+587	IN135	3.97	Solettonr	2.00	2.00	135.50	141.95	4.45

Tabella 6.VII – Quota di scorrimento e ricoprimento per le opere in progetto studiate in moto uniforme nel tratto 2 (pk 18+806 – 24+000).

<i>Pk storica</i>	<i>WBS</i>	<i>Q prog [m³/s]</i>	<i>Tipo opera</i>	<i>Luce retta [m]</i>	<i>Altezza libera [m]</i>	<i>Quota di scorrimento in progetto [m s.m.m.]</i>	<i>Quota piano del ferro di progetto [m s.m.m.]</i>	<i>Ricoprimento [m]</i>
20+528	IN255	1.79	Circolare	1.50	1.50	91.95	94.95	1.50
20+730	IN265	1.25	Circolare	1.50	1.50	93.20	96.20	1.50
21+635	IN310	3.94	Solettone	2.00	2.00	105.00	108.50	1.50
21+747	IN320	5.89	Solettone	2.00	2.00	106.83	110.33	1.50
21+830	IN330	5.61	Solettone	2.00	2.00	108.22	111.72	1.50
23+708	IN386	3.40	Circolare	1.50	1.50	132.50	135.65	1.65

Tabella 6.VIII – Quota di scorrimento e ricoprimento per le opere in progetto studiate in moto uniforme nel tratto 3 pk 27+000 – 29+256 km..

<i>Pk storica</i>	<i>WBS</i>	<i>Q prog [m³/s]</i>	<i>Tipo opera</i>	<i>Luce retta [m]</i>	<i>Altezza libera [m]</i>	<i>Quota di scorrimento in progetto [m s.m.m.]</i>	<i>Quota piano del ferro di progetto [m s.m.m.]</i>	<i>Ricoprimento [m]</i>	
27+185	IN445	1.51	Circolare	1.50	1.50	146.86	149.86	1.50	
27+283	IN446	0.91	Solettone	2.00	2.00	144.50	147.86	3.36	
27+836	IN465	23.48	Solettone	5.00	3.00	130.80	135.30	1.50	
28+101	IN480	1.87	Circolare	1.50	1.50	127.80	130.80	1.50	
28+156	IN485	1.46	Solettone	2.00	2.00	126.10	129.60	1.50	
28+228	IN490	1.10	Solettone	2.00	2.00	124.78	128.30	1.52	
28+292	IN492	6.18	Solettone	2.00	2.00	123.30	126.80	1.50	
28+382	IN495	1.24	Opera già verificata in SdF						
28+456	IN496	7.19	Solettone	2.00	2.00	118.62	122.12	1.50	
28+883	IN515	3.09	Solettone	2.00	2.00	111.00	115.06	2.06	
29+036	IN516	6.01	Solettone	2.00	2.00	107.53	111.03	1.50	
29+256	IN540	8.35	Solettone	3.00	2.00	104.96	109.75	2.79	

In Tabella 6.IX sono riportate le verifiche a moto uniforme delle sezioni di progetto delle inalveazioni da prevedersi a valle o a monte degli attraversamenti ferroviari. Per la loro posizione planimetrica si rimanda agli elaborati cod. RC0Y00R10P5ID0002001A, RC0Y00R10P5ID0002002A, RC0Y00R10P5ID0002003A.

Tabella 6.IX – Verifiche a moto uniforme dei fossi di recapito da realizzarsi a valle dei manufatti.

<i>pk STORICA</i>	<i>WBS</i>	<i>Portata</i>	<i>SEZIONE</i>	<i>Pendenza [%]</i>	<i>Bxbxh [m]</i>	<i>L [m]</i>	<i>Velocità [m/s]</i>	<i>Tirante</i>
10+979	IN115	0,86	Trapezia	3,00	4.50x1.50x1.00	75,00	1.97	0.24
11+038	IN116	2,03	Trapezia	4,00	3.50x2.50x0.50	80,00	2.59	0.27
20+582	IN255	1.79	Trapezia	4.00	3.00x1.50x0.50	200	2.73	0.32
20+730	IN265	1.25	Trapezia	4.00	3.00x1.50x0.50	65	2.45	0.26
21+635	IN310	3.94	Trapezia	1.50	4.00x1.00x1.00	225.00	1.62	0.98
21+830	IN330	5,61	Trapezia	1,50	5.00x2.00x1.00	90.00	2,61	0,70
23+708	IN386	3,40	Rettangolare	1,50	1.50x1.00 (Bxh)	160,00	2,05	1,11
27+185	IN445	1,51	Trapezia	2,00	3.00x1.50x0.50	55,00	2,04	0,36
27+283	IN446	0,91	Trapezia	2,00	3.00x1.50x0.50	27,00	1,75	0,27
27+836	IN465	23.48	Trapezia rivestita in cls	0.50	6.00x3.50x1.5	70.00	3.40	1.46
28+101	IN480	1.87	Trapezia	0.50	3.00x1.00x1.00	150.00	1.4	0.76
28+456	IN496	7,19	Trapezia	1,00	5.00x2.00x1.00	50,00	2,41	0,89
28+883	IN515	3.09	Trapezia	1	5.00x2.00x1.00	130.00	1.9	0.56
29+036	IN516	6,01	Rettangolare	1,00	2.00x1.50 (Bxh)	60,00	2.37	1.27
29+256	IN540	8,35	Trapezia	1,00	6.00x3.00x1.00	60,00	2,43	0,81

6.2 Interferenze a moto permanente

Come riscontrato nel paragrafo 5.2, nelle verifiche condotte a moto permanente 13 manufatti su 22 non presentano un franco adeguato e pertanto sarà necessario prevederne una configurazione di progetto. A questi andrà aggiunta l'opera di progetto relativa all'interferenza IN100 che necessita di un'analisi a moto permanente e la IN140 per la quale è previsto un disassamento.

Le interferenze IN230, IN300, IN390 e IN450 risultano verificate, ma vengono studiate in ogni caso nella configurazione *post operam* in quanto è previsto l'adeguamento strutturale dei manufatti.

Le interferenze IN240 IN260 e IN270 risultano verificate, ma è necessario verificare la configurazione di progetto in quanto si trovano in corrispondenza di un tratto in variante dove è prevista una variazione planimetrica del tracciato (VI01).

Pertanto i risultati in corrispondenza dei manufatti di progetto per cui è stata eseguita un'analisi mediante il modello monodimensionale HEC-RAS sono di seguito riassunti in Tabella 6.X,

Tabella 6.XI e Tabella 6.XII (i risultati grafici e numerici ottenuti in corrispondenza delle sezioni di calcolo sono rappresentati in Appendice A).

Tabella 6.X – Risultati nello stato di progetto per le interferenze studiate a moto permanente tratto 1 Pk 10+000 – 13+000.

Pk storica	WBS	Q prog [m ³ /s]	Tipo opera	I [m/m]	Luce retta [m]	Altezza libera [m]	n° canne	Velocità [m/s]	Y [m]	GR riempimento	Franco idraulico [m]
10+136	IN80	7.56	Scatolare	0.010	3.00	2.50	1	3.35	1.48	0.59	1.02
10+751	IN100	3.36	Scatolare	0.010	2.00	2.00	1	2.54	0.67	0.33	1.33
10+891	IN110	11.26	Scatolare	0.002	3.50	3.00	1	2.67	1.30	0.43	1.70
11+951	IN140	38.08	Scatolare	0.020	7.00	4.00	1	3.76	2.37	0.59	1.63
12+579	IN150	20.79	Scatolare	0.002	4.00	5.00	1	3.12	1.94	0.39	3.06

Tabella 6.XI – Risultati nello stato di progetto per le interferenze studiate a moto permanente nel tratto 2 Pk 18+806 – 24+000.

Pk storica	WBS	Q prog [m ³ /s]	Tipo opera	I [m/m]	Luce retta [m]	Altezza libera [m]	n° canne	Velocità [m/s]	Y [m]	GR riempimento	Franco idraulico [m]
17+806	IN230	13.53	Ponte in progetto								
19+942	IN240	9.11	Scatolare	0.03	5.00	2.50	1	3.10	1.10	0.44	1.40
20+658	IN260	3.99	Scatolare	0.002	2.00	2.00	1	2.79	1.25	0.63	0.75
20+791	IN270	3.80	Scatolare	0.020	3.00	2.00	1	2.97	0.87	0.44	1.13
20+962	IN280	1.96	Scatolare	0.002	2.00	2.00	1	2.13	0.80	0.40	1.20
21+145	IN290	5.37	Scatolare	0.010	2.50	2.00	1	2.76	0.99	0.49	1.01
21+410	IN300	22.23	Ponte in progetto								
22+105	IN340	9.83	Scatolare	0.002	3.00	3.00	1	3.40	1.75	0.58	1.25
22+273	IN350	2.12	Scatolare	0.002	2.00	2.00	1	2.35	0.81	0.40	1.19

<i>Pk storica</i>	<i>WBS</i>	<i>Q prog [m³/s]</i>	<i>Tipo opera</i>	<i>I [m/m]</i>	<i>Luce retta [m]</i>	<i>Altezza libera [m]</i>	<i>n° canne</i>	<i>Velocità [m/s]</i>	<i>Y [m]</i>	<i>GR riempimento</i>	<i>Franco idraulico [m]</i>
22+365	IN360	4.86	Scatolare	0.002	3.00	2.00	1	1.33	1.27	0.63	0.73
22+610	IN370	11.66	Scatolare	0.010	3.00	3.00	1	3.58	1.84	0.61	1.16
22+988	IN380	4.85	Scatolare	0.002	3.00	2.00	1	2.51	1.00	0.50	1.00
23+354	IN385	25.11	Viadotto in progetto VI01								
23+869	IN390	5.67	Scatolare	0.004	2.00	3.00	1	3.03	1.53	0.51	1.47

Per la curva 21 è previsto in progetto l'adeguamento della viabilità esistente (NV02) che si sviluppa parallelamente alla linea ferroviaria in progetto. Pertanto, in corrispondenza delle opere idrauliche ferroviarie IN340, IN350 E IN360 sono previsti opere idrauliche stradali di uguali dimensioni.

Tabella 6.XII – Risultati nello stato di progetto per le interferenze studiate a moto permanente pk 27+000 – 29+256.

<i>Pk storica</i>	<i>WBS</i>	<i>Q prog [m³/s]</i>	<i>Tipo opera</i>	<i>I [m/m]</i>	<i>Luce retta [m]</i>	<i>Altezza libera [m]</i>	<i>n° canne</i>	<i>Velocità [m/s]</i>	<i>Y [m]</i>	<i>GR riempimento</i>	<i>Franco idraulico [m]</i>
27+057	IN440	33.73	Scatolare	0.010	3.50	2.50	2	2.96	1.62	0.65	0.88
27+345	IN450	38.45	Ponte in progetto								
27+471	IN460	2.94	Scatolare	0.010	2.00	2.00	1	1.44	1.08	0.54	0.92
29+095	IN530	2.05	Scatolare	0.002	2.00	2.50	1	0.65	1.56	0.62	0.94

Per la IN240 a valle dell'attraversamento ferroviario è presente un attraversamento stradale che attraversa la viabilità di progetto le caratteristiche di questo attraversamento sono riportate in Tabella 6.XIII.

Tabella 6.XIII – Ponte stradale a valle della WBS IN240.

<i>WBS</i>	<i>Q prog [m³/s]</i>	<i>Tipo opera</i>	<i>I [m/m]</i>	<i>Luce retta [m]</i>	<i>Altezza libera [m]</i>	<i>n° canne</i>	<i>Velocità [m/s]</i>	<i>Y [m]</i>	<i>GR riempimento</i>	<i>Franco idraulico [m]</i>
IN240	9.11	Scatolare	0.03	5.00	2.00	1	1.83	0.94	0.47	1.06

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICO ECONOMICA COLLEGAMENTO LAMEZIA T. - SETTINGIANO. VELOCIZZAZIONE MEDIANTE RETTIFICHE DI TRACCIATO					
	RELAZIONE IDRAULICA	PROGETTO RC0Y	LOTTO 00	CODIFICA R 10 RI	DOCUMENTO ID 0002 003	REV. B

In Tabella 6.XIV si riportano i risultati relativi ai tre ponti in progetto per adeguamento strutturale.

Tabella 6.XIV – Risultati nello stato di progetto

<i>Pk storica</i>	<i>WBS</i>	<i>Q_{prog} [m³/s]</i>	<i>Quota fondo [m s.m.m.]</i>	<i>Livello idrico SDP [m]</i>	<i>Carico totale SDP [m]</i>	<i>quota piano ferro [m s.m.m.]</i>	<i>Intradosso SDP [m s.m.m.]</i>	<i>Franco [m]</i>	<i>luce netta [m]</i>
18+806	IN230	13.53	106.34	107.16	107.27	113.00	110.90	3.74	20.00
21+410	IN300	22.23	97.30	98.18	98.62	105.42	103.32	5.14	15.00
27+345	IN450	38.45	140.89	142.87	143.04	146.52	144.42	1.55	20.00

6.2.1 Lavorazioni integrative necessarie

Analogamente a quanto riscontrato nei dimensionamenti a moto uniforme, anche in questo caso è stato necessario prevedere l'abbassamento della quota di scorrimento di alcuni manufatti di progetto affinché fosse garantito il ricoprimento minimo. È stato inoltre necessario in un caso prevedere il risezionamento del corso d'acqua poiché l'incisione attuale non presentava un'officiosità idraulica adeguata.

A seguire sono riassunte tutte le lavorazioni integrative necessarie da prevedere per le opere in progetto.

IN80

Realizzazione fosso di recapito a monte del manufatto con sezione trapezia B=6.00, b=3.00m, h=1.0m, L=53m e pendenza media 0.03m/m.

Realizzazione fosso di recapito a valle del manufatto con sezione trapezia B=7.00, b=4.00m, h=1.0m, L=60m e pendenza media 0.03m/m.

IN100

Necessario risezionamento mediante sezione trapezia bxBxh= 2x5x1m per 145m verso monte e per 175m verso valle fino alla confluenza, mantenendo le pendenze attuali.

IN110

Nessuna lavorazione necessaria.

IN140

Riduzione quota di scorrimento imbocco a 123.25 m s.m.m. dai 123.78 attuali.

Necessario risezionamento mediante sezione trapezia Bxbxh= 15x5.5x1.5m per 95m verso monte e per 93m verso valle con pendenza 0.02m/m.

IN150

Nessuna lavorazione necessaria.

IN230

Regolarizzazione di fondo alveo a quota 106.54 m s.m.m. per 20m a monte e 20 m a valle dell'attraversamento.

IN240

Realizzazione fosso di recapito mediante sezione trapezia con sezione trapezia B=7.00, b=3.00m, h=1.5m, L=375m e pendenza media 0.02m/m per interferenza con viabilità esistente.

IN260

Necessario risezionamento mediante sezione trapezia con sezione trapezia B=5.00, b=2.00m, h=1.0m, L=40m e pendenza media 0.01m/m a causa dello spostamento planimetrico del tracciato.

IN270

Realizzazione fosso di recapito mediante sezione trapezia con sezione trapezia B=5.00, b=2.00m, h=1.0m, L=169m e pendenza media 0.05m/m per spostamento planimetrico del tracciato.

IN280

Riduzione quota di scorrimento imbocco a 95.80 m s.m.m. dai 65.97 attuali approfondendosi per 5m verso monte.

IN290

Necessario abbassamento quota di scorrimento all'imbocco di 150 cm e di 130cm allo sbocco per garantire il ricoprimento minimo, approfondendosi per 10m verso monte e per 10m verso valle.

IN300

Rivestimento sponde mediante materassi tipo reno per una lunghezza di 60 m, risezionamento mediante sezione trapezia B=13.00, b=10.00m, h=1.0m per 30m a monte e 60m a valle dell'attraversamento.

IN340

Nessuna lavorazione necessaria.

IN350

Riduzione quota di scorrimento imbocco a 114.40 m s.m.m. dai 114.61 attuali approfondendosi per 5m verso monte.

IN360

Nessuna lavorazione necessaria.

IN370

Necessario abbassamento quota di scorrimento all'imbocco di 35 cm per ridurre pendenza manufatto, approfondendosi per 30m verso monte.

IN380

Necessaria risagomatura mediante sezione trapezia con sezione trapezia B=4.00, b=3.00m, h=1.0m, L=32 m e pendenza media 0.06m/m per spostamento planimetrico del tracciato.

IN385

Necessaria risagomatura mediante sezione trapezia con sezione trapezia B=6.00, b=5.00m, h=2.0m, L=60 m e pendenza media 0.01m/m per pile viadotto in progetto.

IN390

Nessuna lavorazione necessaria

IN440

Necessario abbassamento di 115 cm rispetto alla quota attuale nella sezione di monte del manufatto. Necessaria risagomatura mediante sezione trapezia con sezione trapezia B=8.50, b=6.50m, h=1.5m, L=45 m e pendenza media 0.08m/m.

IN450

Necessaria regolarizzazione del fondo alveo in corrispondenza dell'attraversamento a quota 140.89 m s.m.m. per 20m verso monte e 20m verso valle.

Necessario riempimento a valle dell'attraversamento in sinistra idraulica in un'area di 124 m, si stima un volume complessivo di 62 m².

IN460

Necessario abbassamento quota scorrimento all'imbocco di 40 cm per garantire ricoprimento minimo, approfondendosi per 10m verso monte.

IN530

Necessario abbassamento quota scorrimento all'imbocco di 26 cm per garantire ricoprimento minimo, approfondendosi per 10m verso monte.

Nelle seguenti tabelle (Tabella 6.XV, Tabella 6.XVI e Tabella 6.XVII) si riportano, per ciascun manufatto di progetto, la dimensione del tombino, la quota di scorrimento, la quota del piano del ferro e l'altezza di ricoprimento che risulta sempre maggiore o uguale a 1.5 m.

Tabella 6.XV - Quota di scorrimento e ricoprimento per le opere in progetto studiate in moto permanente nel tratto 1 Pk 10+000 – 13+000.

<i>Pk storica</i>	<i>WBS</i>	<i>Q prog [m³/s]</i>	<i>Tipo opera</i>	<i>Luce retta [m]</i>	<i>Altezza libera [m]</i>	<i>Quota di scorrimento in progetto [m s.m.m.]</i>	<i>Quota piano del ferro di progetto [m s.m.m.]</i>	<i>Ricoprimento [m]</i>
10+136	IN80	7.56	Scatolare	3.00	2.50	166.20	170.25	1.55
10+751	IN100	3.36	Scatolare	2.00	2.00	154.30	154.55	7.89
10+891	IN110	3.36	Scatolare	3.50	3.00	143.66	154.55	7.89
11+951	IN140	38.08	Scatolare	7.00	4.00	123.25	135.96	8.71
12+579	IN150	20.79	scatolare	4.00	5.00	119.80	126.50	1.70

	PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICO ECONOMICA COLLEGAMENTO LAMEZIA T. - SETTINGIANO. VELOCIZZAZIONE MEDIANTE RETTIFICHE DI TRACCIATO					
	RELAZIONE IDRAULICA	PROGETTO RC0Y	LOTTO 00	CODIFICA R 10 RI	DOCUMENTO ID 0002 003	REV. B

Tabella 6.XVI - Quota di scorrimento e ricoprimento per le opere in progetto studiate in moto permanente nel tratto tratto 2 Pk 18+806 – 24+000.

Pk storica	WBS	Q prog [m ³ /s]	Tipo opera	Luce retta [m]	Altezza libera [m]	Quota di scorrimento in progetto [m s.m.m.]	Quota piano del ferro di progetto [m s.m.m.]	Ricorimento [m]	
19+942	IN240	9.11	Scatolare	5.00	2.50	94.43	102.58	5.65	
20+658	IN260	3.99	Scatolare	2.00	2.00	91.83	95.65	1.82	
20+791	IN270	3.80	Scatolare	3.00	2.00	93.17	96.85	1.68	
20+962	IN280	1.96	Scatolare	2.00	2.00	95.80	99.30	1.50	
21+145	IN290	5.37	Scatolare	2.50	2.00	98.15	101.65	1.50	
22+105	IN340	9.83	Scatolare	3.00	3.00	110.23	116.00	2.77	
22+273	IN350	2.12	Scatolare	2.00	2.00	111.40	117.10	3.70	
22+365	IN360	4.86	Scatolare	3.00	2.00	112.51	118.90	4.39	
22+610	IN370	11.66	Scatolare	3.00	3.00	115.10	122.70	4.60	
22+988	IN380	4.85	Scatolare	3.00	2.00	122.02	127.90	3.88	
23+354	IN385	25.11	Viadotto in progetto VI01						
23+869	IN390	5.67	Scatolare	2.00	3.00	131.00	137.90	3.90	

Tabella 6.XVII - Quota di scorrimento e ricoprimento per le opere in progetto studiate in moto permanente nel tratto tratto 2 Pk 27+000 - 29+256.

Pk storica	WBS	Q prog [m ³ /s]	Tipo opera	Luce retta [m]	Altezza libera [m]	Quota di scorrimento in progetto [m s.m.m.]	Quota piano del ferro di progetto [m s.m.m.]	Ricorimento [m]
27+057	IN440	38.45	Scatolare a doppia canna	3.50	2.50	148.25	152.54	1.79
27+471	IN460	2.94	Scatolare	2.00	2.00	140.30	143.80	1.50
29+095	IN530	2.05	Tombino scatolare	2.00	2.50	106.78	110.78	1.50

L'adeguamento delle dimensioni dei manufatti esistenti, laddove risultati idraulicamente insufficienti, ha comportato la necessità di prevedere dei fossi/canali di rammagliamento alla rete idraulica esistente. Tali canali sono stati verificati a moto uniforme e la loro sezione è dimensionata per contenere a piene rive le portate di progetto.

Tabella 6.XVIII – Fossi/canali di riammagliamento al reticolo idrografico esistente

<i>pk STORICA</i>	<i>WBS</i>	<i>Portata</i>	<i>SEZIONE</i>	<i>Pendenza [%]</i>	<i>Bxbxh [m]</i>	<i>L [m]</i>	<i>Velocità</i>	<i>Tirante</i>
10+136	IN80	7,56	Trapezia	15.00	6.00x3.00x1.00	35	0.93	4.33
				15.00	6.00x3.00x1.00	18	0.93	4.33
				1.00	7.00x4.00x1.00	60	0.91	1.55
10+751	IN100	3.36	Trapezia	5.00	5.00x2.00x1.00	145	3.77	0.35
			Trapezia	5.00	5.00x2.00x1.00	175	2.88	0.46
11+951	IN140	38.08	Trapezia	2.00	15.00x5.50x2.5	192	2.45	2.19
19+942	IN240	9.11	Trapezia	2.00	7.00x3.00x1.5	375	3.15	0.73
20+658	IN260	3,99	Trapezia	1,00	5.00x2.00x1.00	40	2,05	0,65
20+791	IN270	3,80	Trapezia	5,00	5.00x2.00x1.00	169	3,56	0,41
22+988	IN380	4.85	Trapezia	6.00	4.00x3.00x1.00	32	0.61	2.37
23+354	IN385	25.11	Trapezia	1.00	6.00x5.00x2.00	60	1.39	3.37
27+057	IN440	33,73	Trapezia	8,00	8.5x6.5x1.5	45,00	3,44	1,264

	PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICO ECONOMICA COLLEGAMENTO LAMEZIA T. - SETTINGIANO. VELOCIZZAZIONE MEDIANTE RETTIFICHE DI TRACCIATO					
RELAZIONE IDRAULICA	PROGETTO RC0Y	LOTTO 00	CODIFICA R 10 RI	DOCUMENTO ID 0002 003	REV. B	FOGLIO 50 di 160

7 BIBLIOGRAFIA

AA. VV. *Manuale di Ingegneria Civile e Ambientale*, Zanichelli ESAC, Bologna, 2003.

Da Deppo L., Datei C., Salandin P., *Sistemazione dei corsi d'acqua*, Edizioni Libreria Cortina, Padova, 2004.

Ferro V., *La sistemazione dei bacini idrografici*, McGraw-Hill, Milano, 2006.

Ghetti A., *Idraulica*, Edizioni Libreria Cortina, Padova, 1996.

Lo Bosco D., Leonardi G., Scopelliti F., *Il dimensionamento delle opere idrauliche a difesa del corpo stradale*, Quaderno di Dipartimento - Serie Didattica, Università degli Studi Mediterranea di Reggio Calabria, 2002.

Prescrizioni generali per la progettazione di RFI (PTP).

Ven Te Chow, *Open-channel hydraulics*, McGraw-Hill Book Company, USA, 1959.



PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICO ECONOMICA

COLLEGAMENTO LAMEZIA T. - SETTINGIANO.

**VELOCIZZAZIONE MEDIANTE RETTIFICHE DI
TRACCIATO**

RELAZIONE IDRAULICA

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RC0Y	00	R 10 RI	ID 0002 003	B	51 di 160

8 APPENDICE A – RISULTATI DEL MODELLO HEC-RAS 1D

Si riportano di seguito i risultati grafici e numerici ottenuti in corrispondenza delle sezioni di calcolo per i corsi d'acqua analizzati nella presente relazione.

8.1 Interferenza IN80 – Stato di fatto

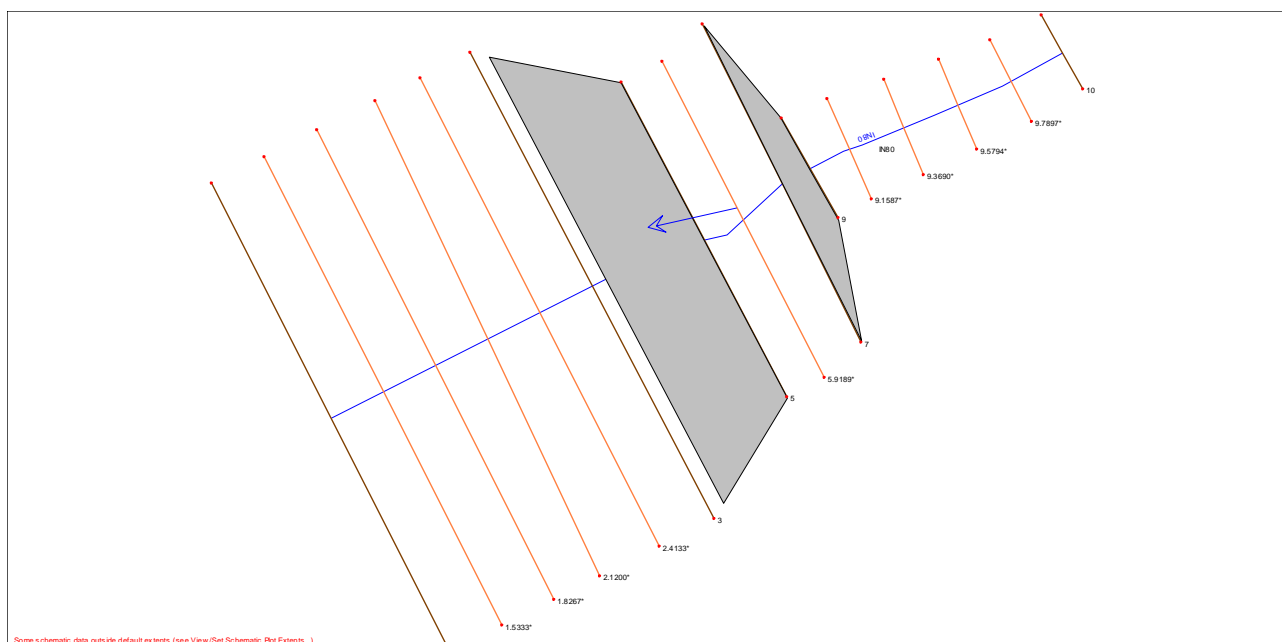


Figura 8.1 – Planimetria modello 1D – stato di fatto interferenza IN80.

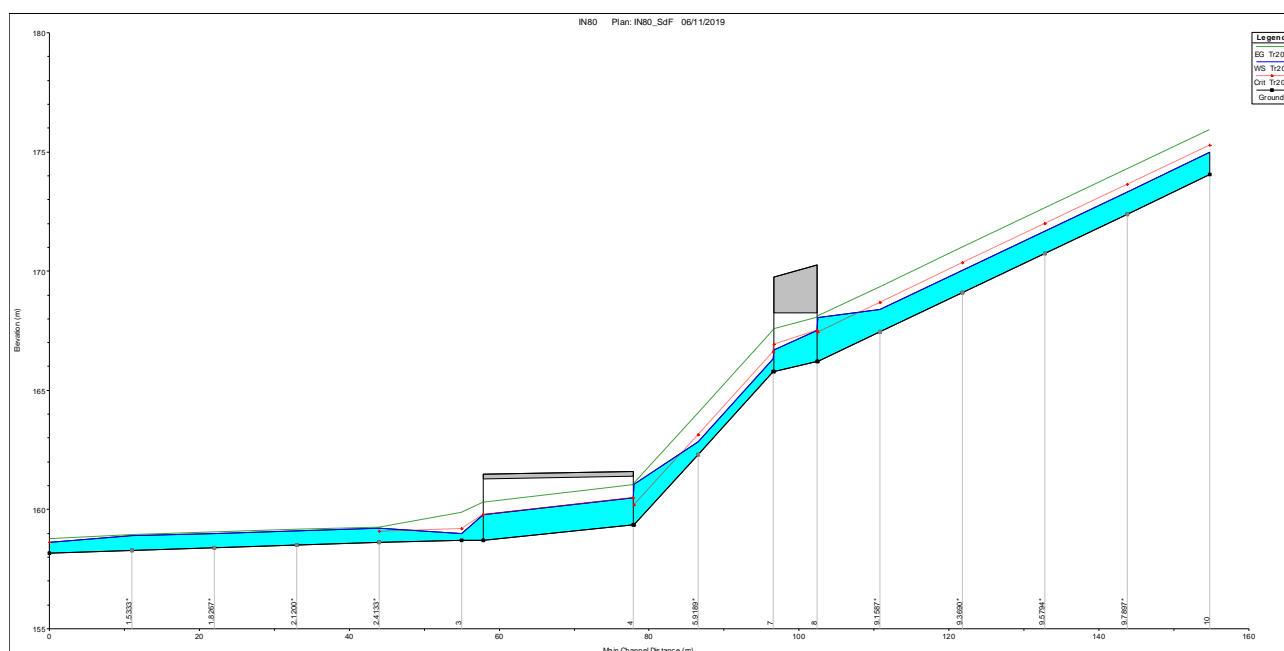


Figura 8.2 – Profilo idrico relativo alla portata di progetto modello 1D – stato di fatto interferenza IN80.

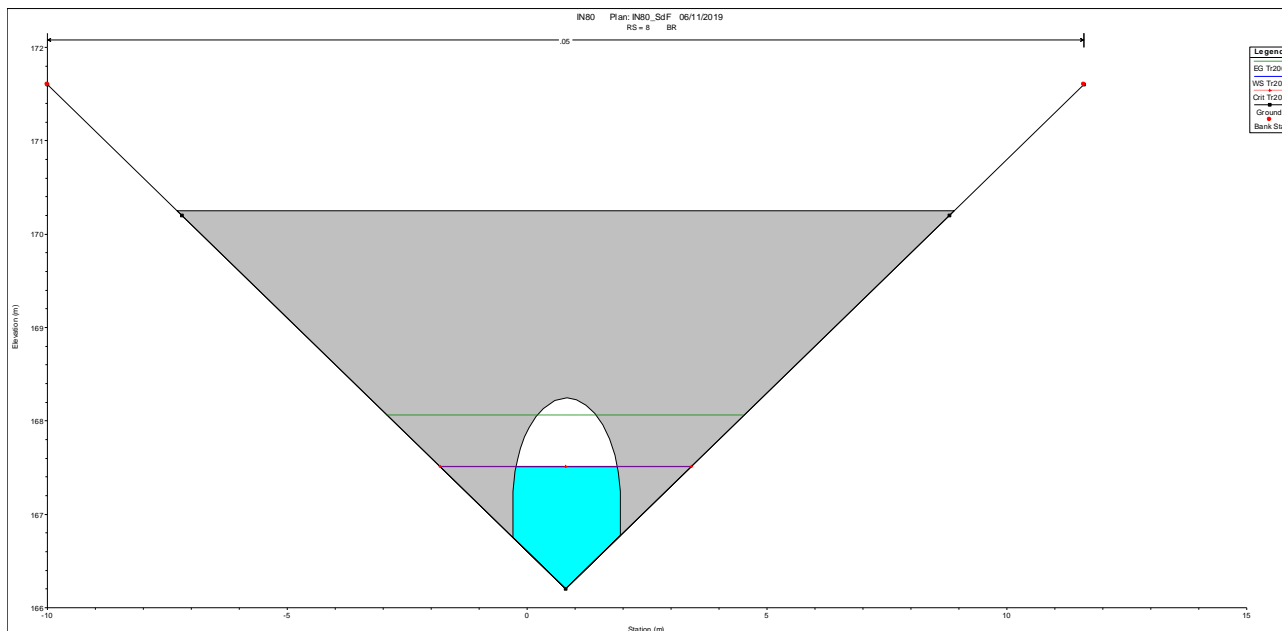


Figura 8.3 – Sezione monte manufatto 1 – stato di fatto interferenza IN80.

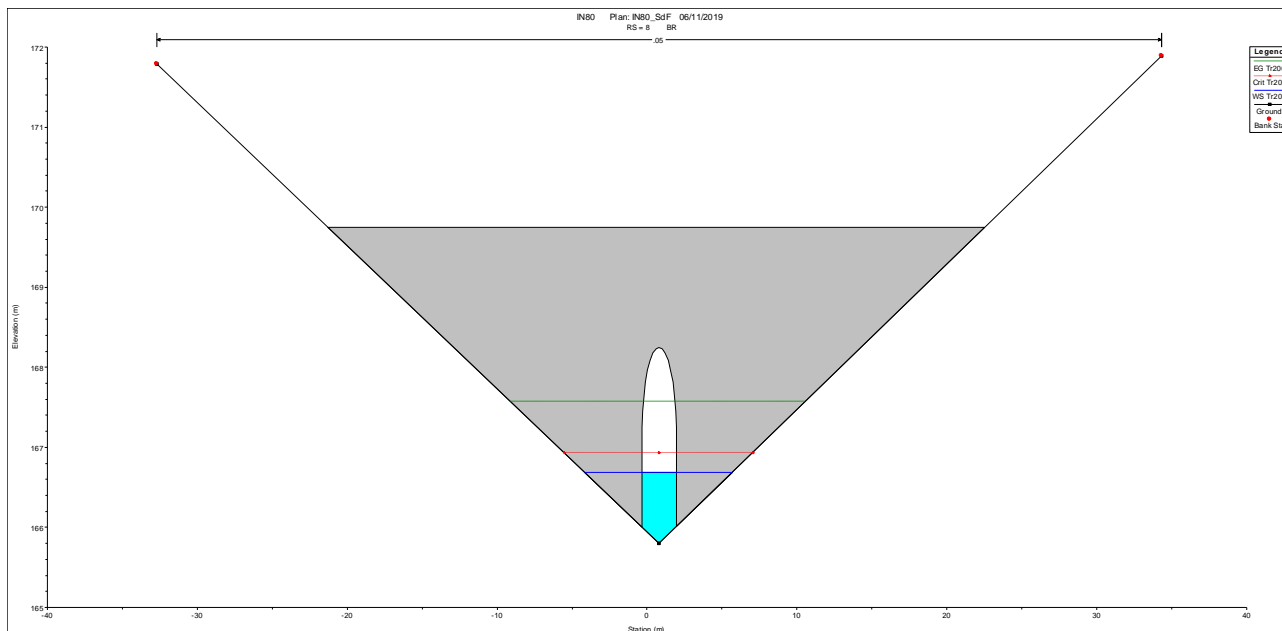


Figura 8.4 – Sezione valle manufatto 1 – stato di fatto interferenza IN80.

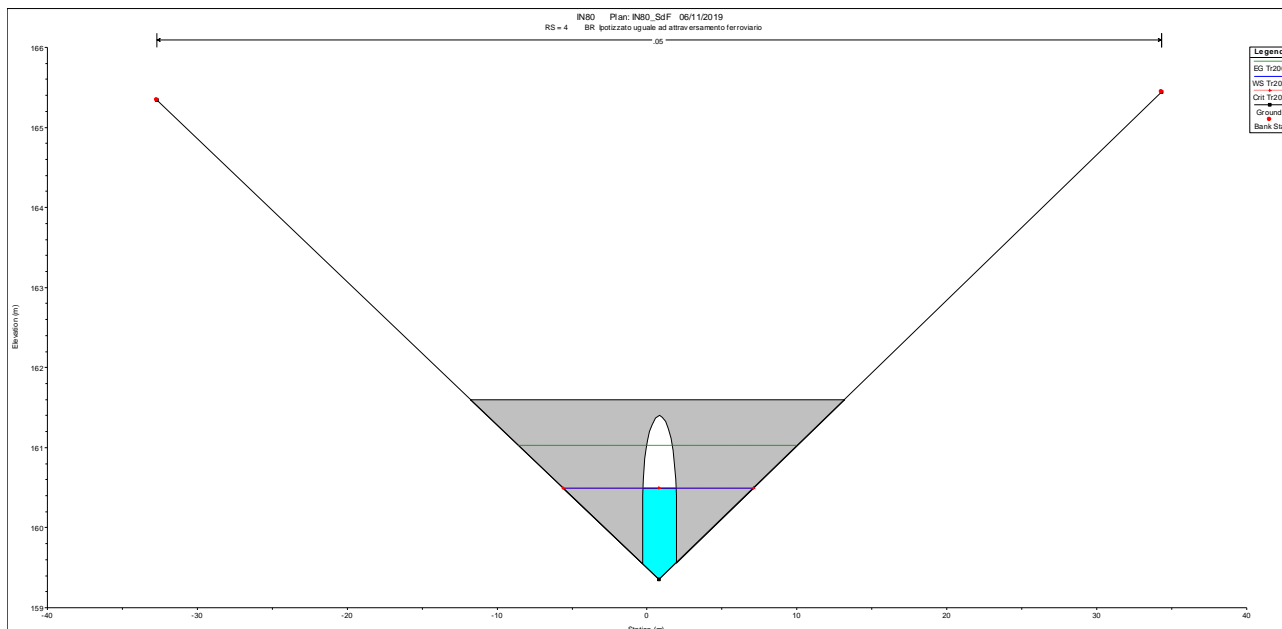


Figura 8.5 – Sezione monte manufatto 2 – stato di fatto interferenza IN80.

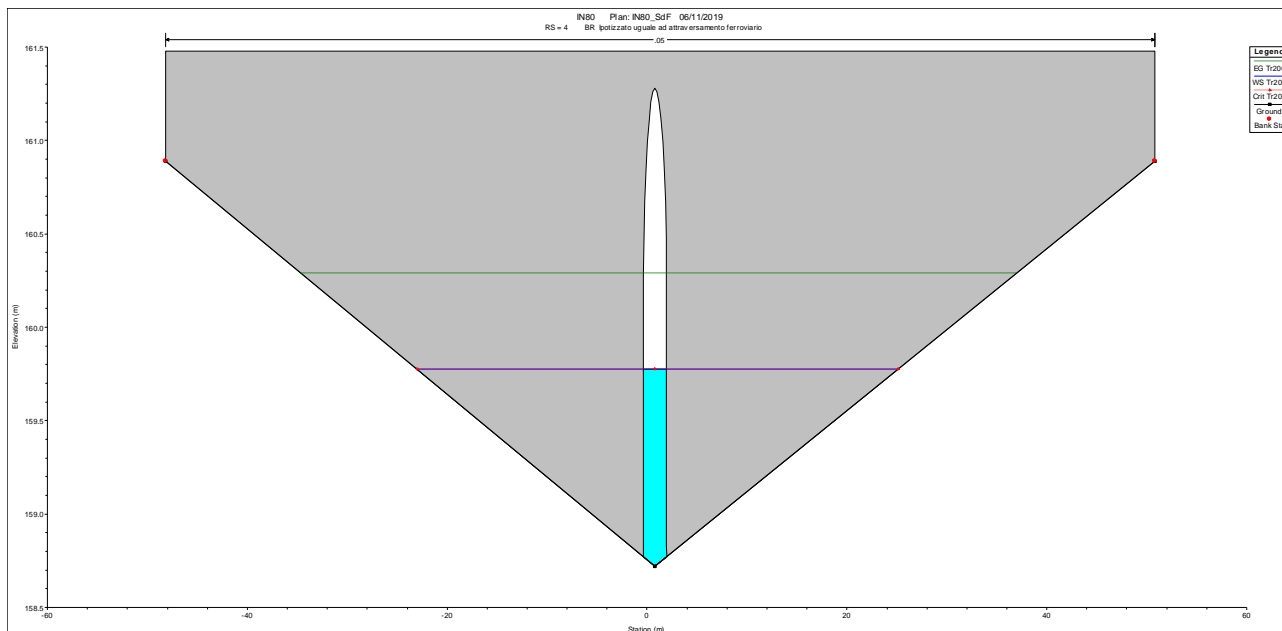


Figura 8.6 – Sezione valle manufatto 2 – stato di fatto interferenza IN80.

8.2 Interferenza IN110 – Stato di fatto

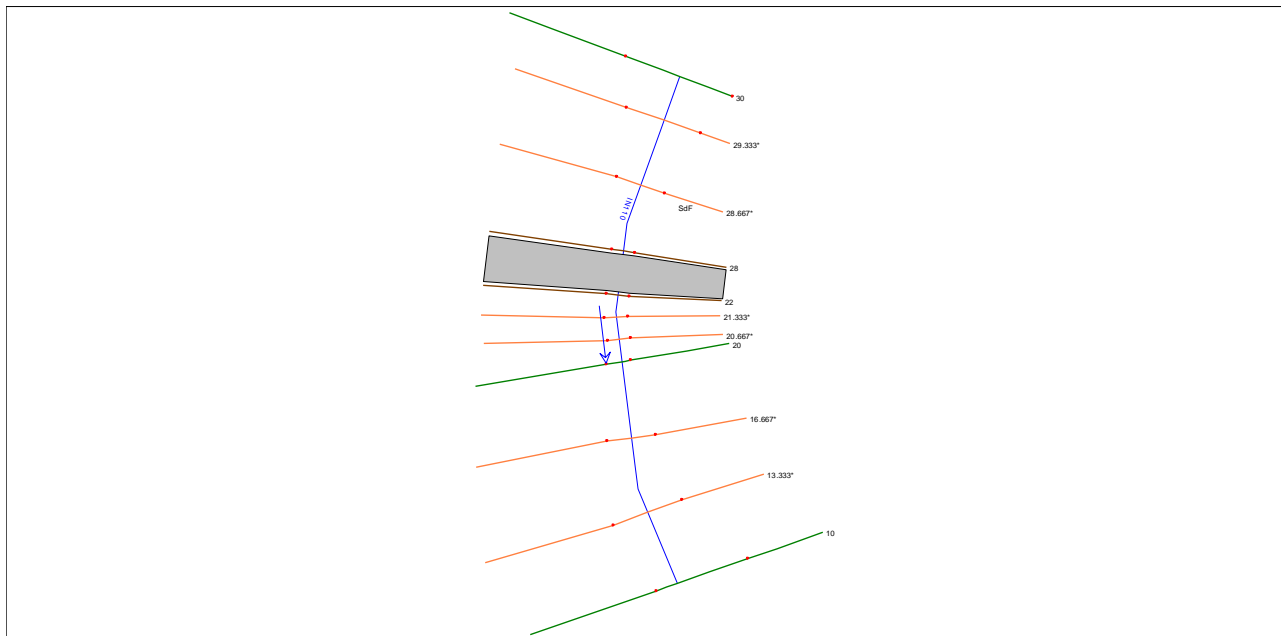


Figura 8.7 – Planimetria modello 1D – stato di fatto interferenza IN110.

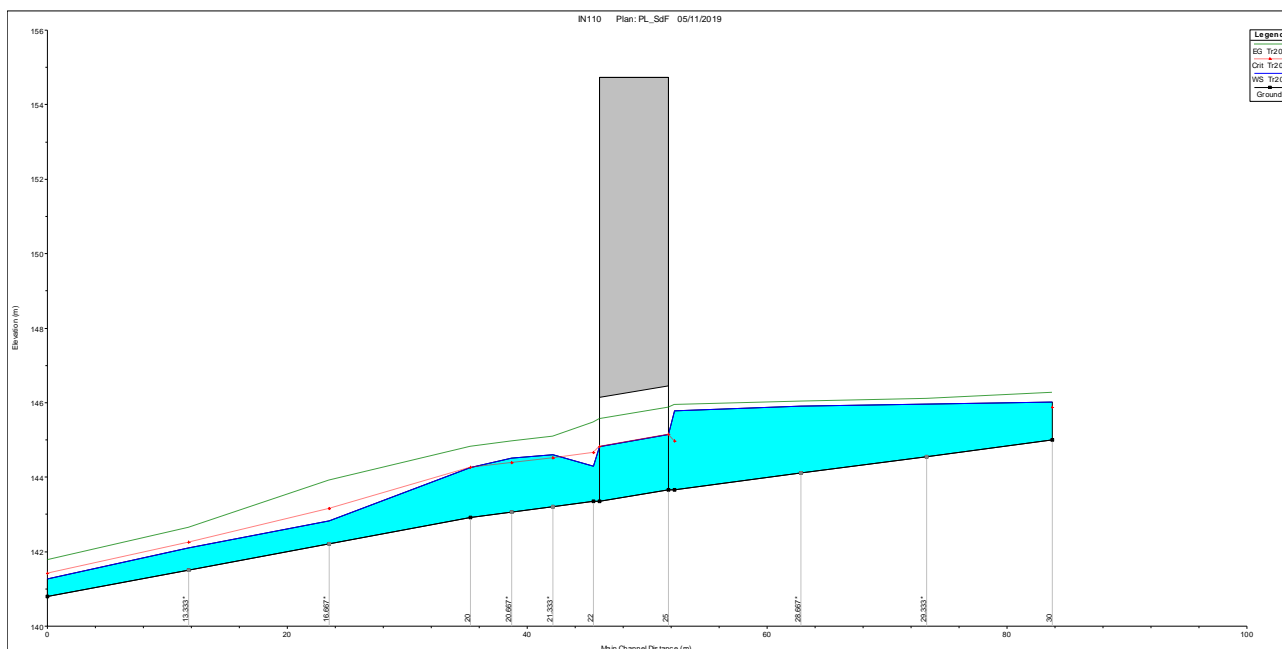


Figura 8.8 – Profilo idrico relativo alla portata di progetto modello 1D – stato di fatto interferenza IN110.

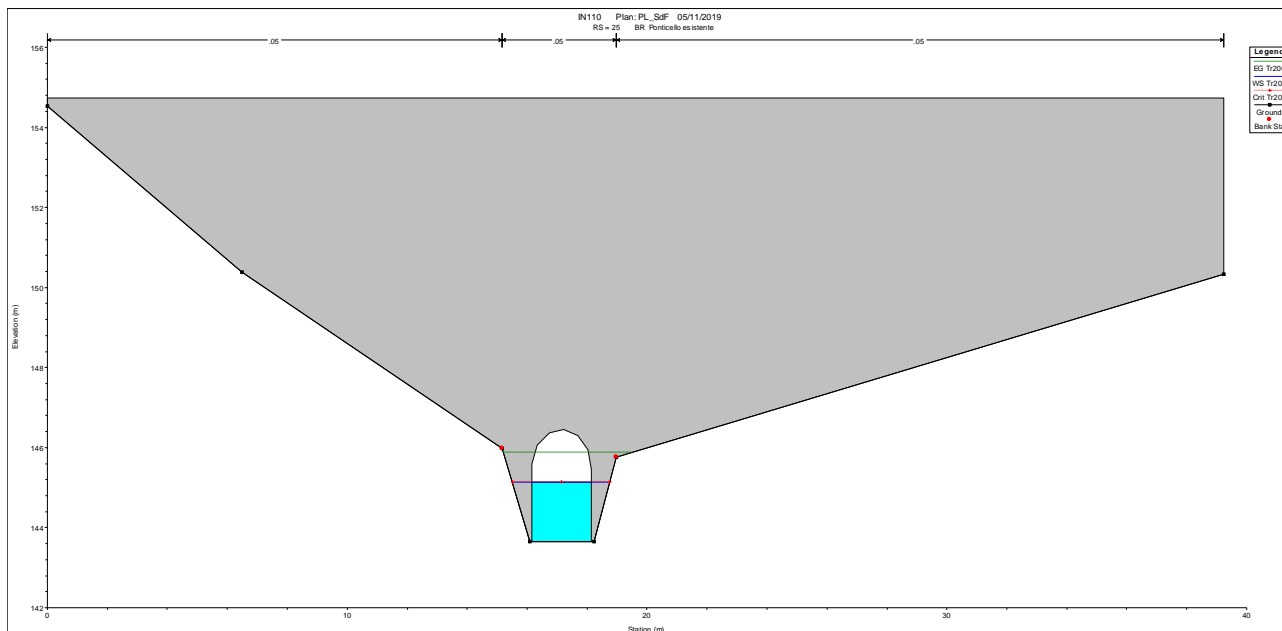


Figura 8.9 – Sezione monte manufatto – stato di fatto interferenza IN110.

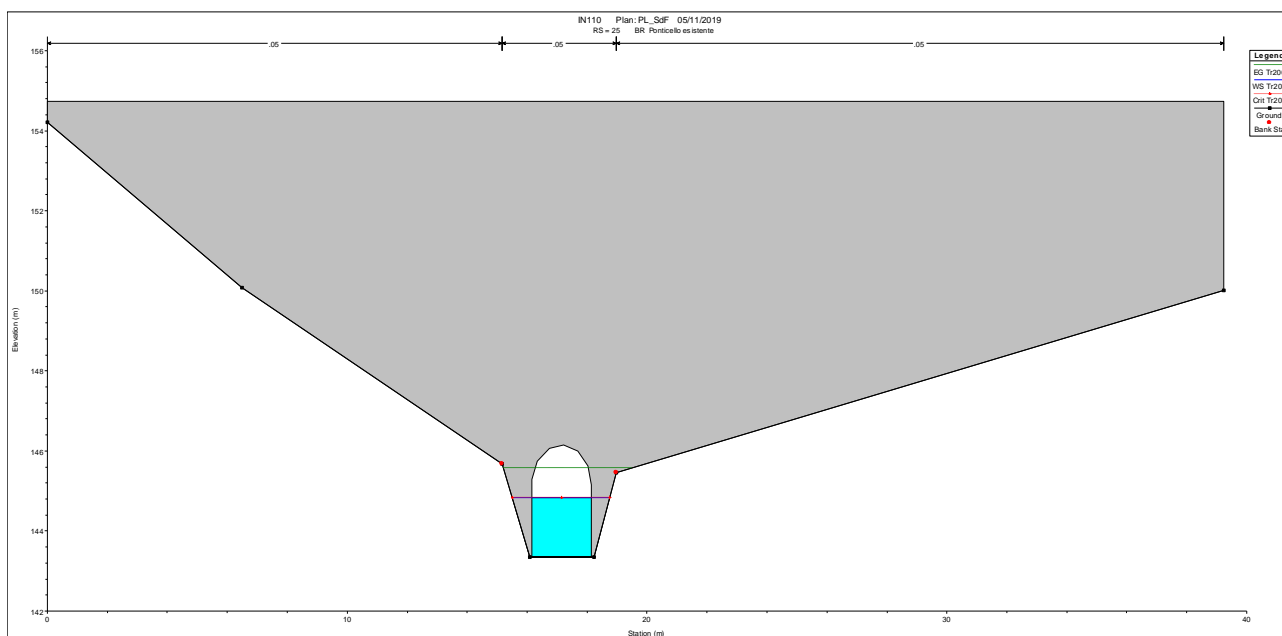


Figura 8.10 – Sezione valle manufatto – stato di fatto interferenza IN110.

8.3 Interferenza IN140 – Stato di fatto

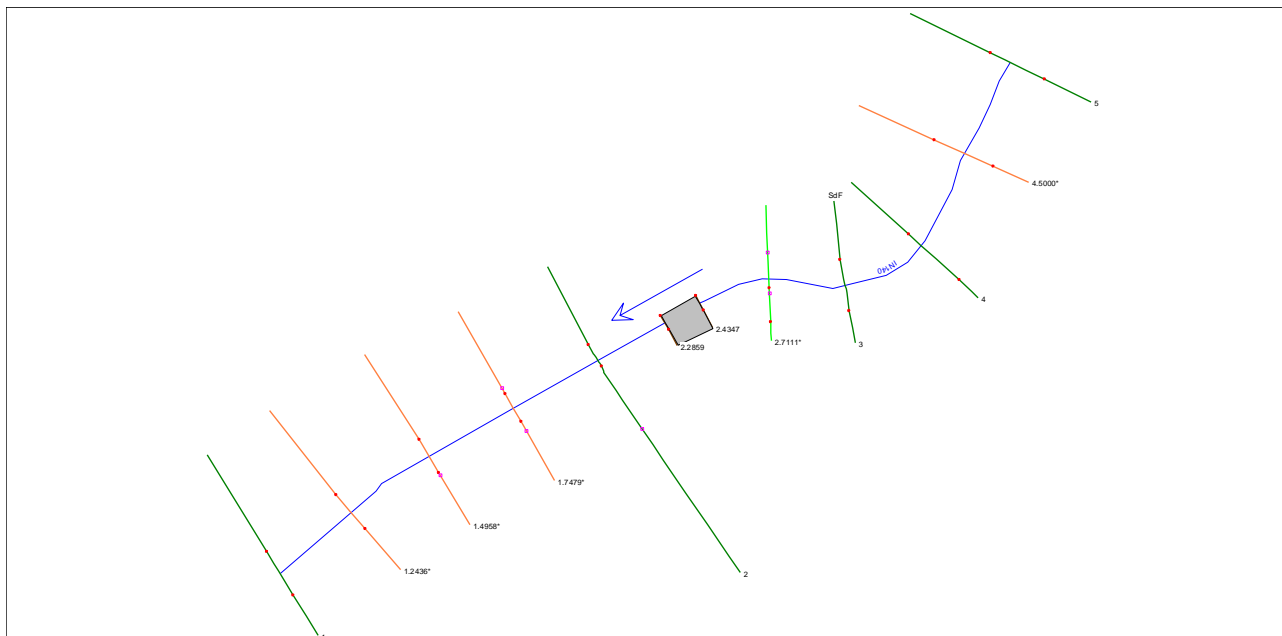


Figura 8.11 – Planimetria modello 1D – stato di fatto interferenza IN140.

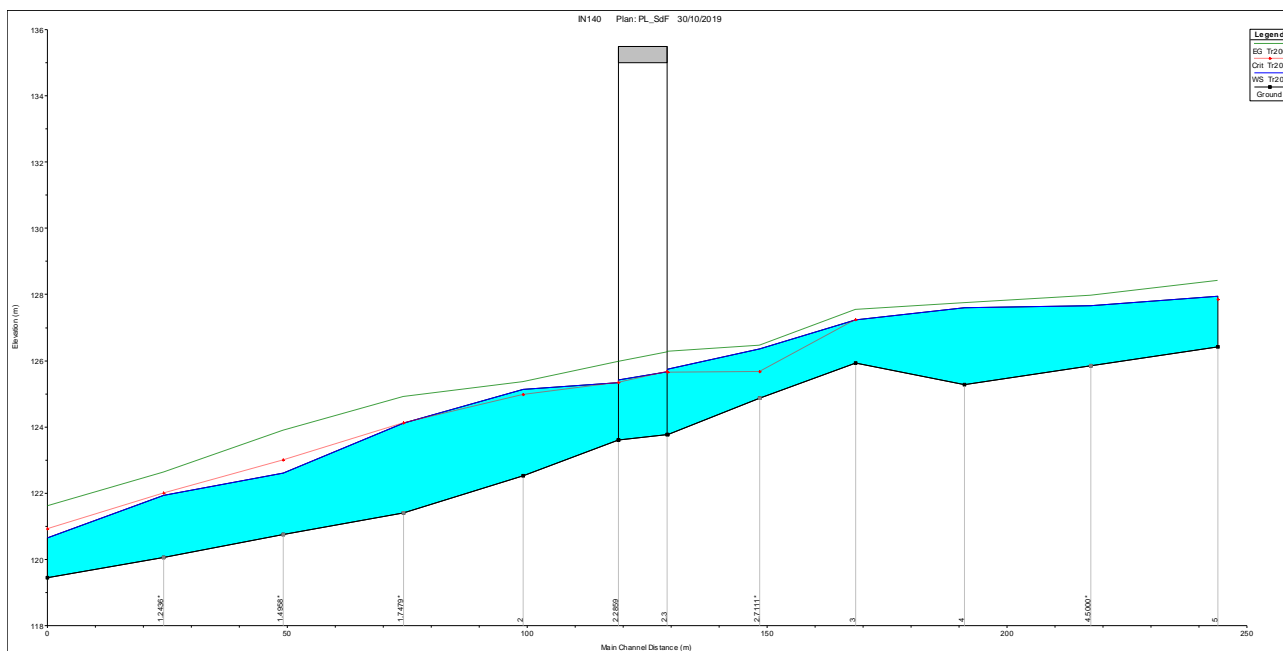


Figura 8.12 – Profilo idrico relativo alla portata di progetto modello 1D – stato di fatto interferenza IN140.

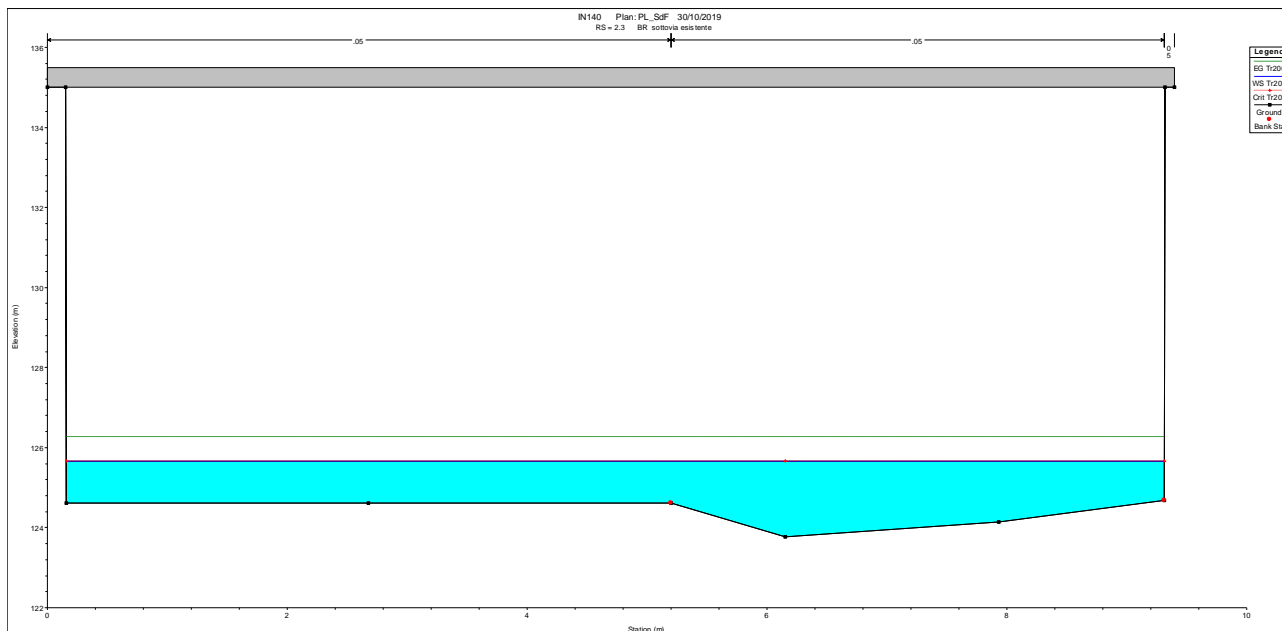


Figura 8.13 – Sezione monte manufatto – stato di fatto interferenza IN140.

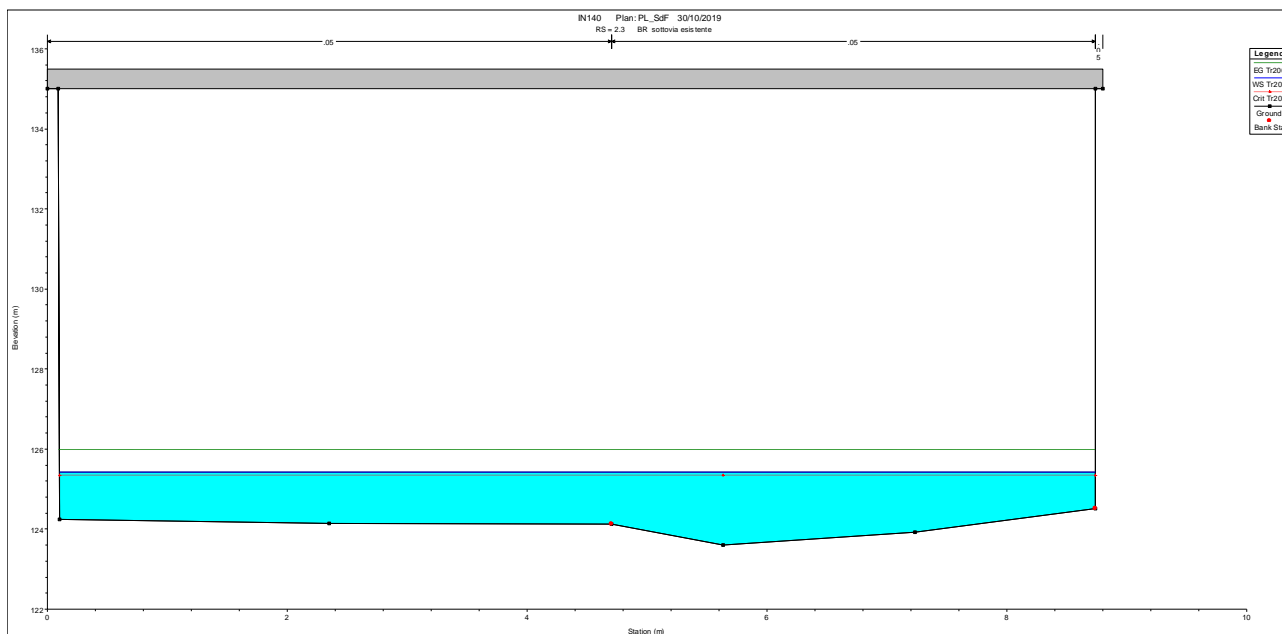


Figura 8.14 – Sezione valle manufatto – stato di fatto interferenza IN140.

8.1 Interferenza IN150 – Stato di fatto

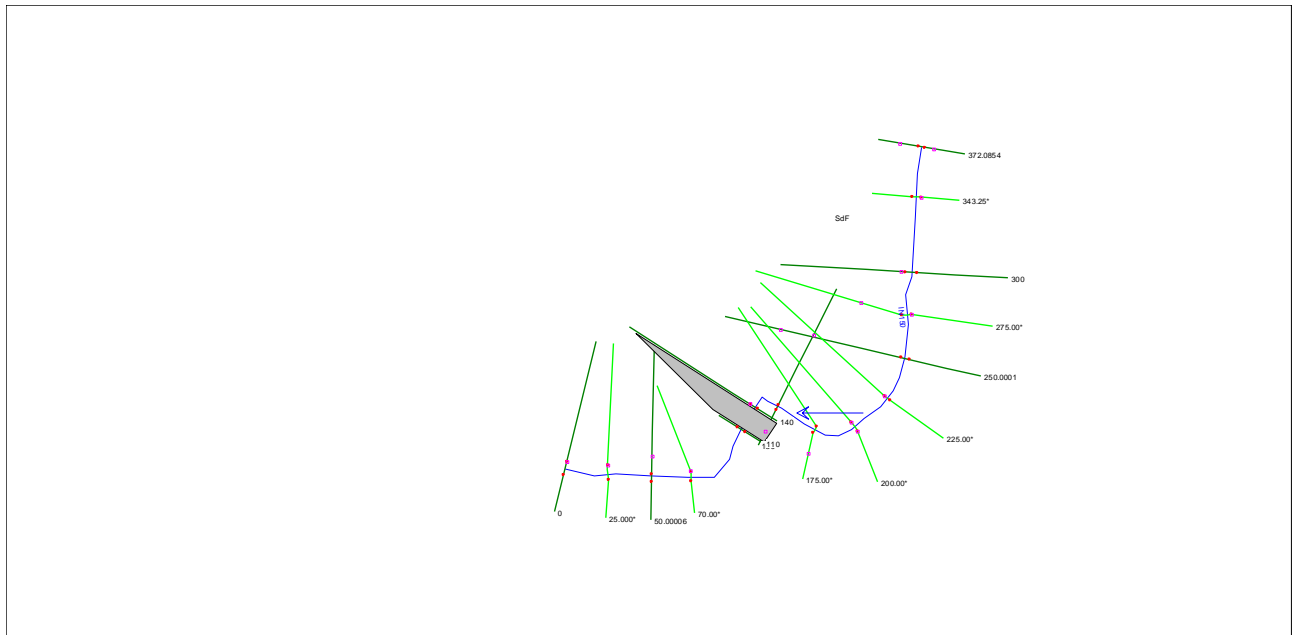


Figura 8.15 – Planimetria modello 1D – stato di fatto interferenza IN150.

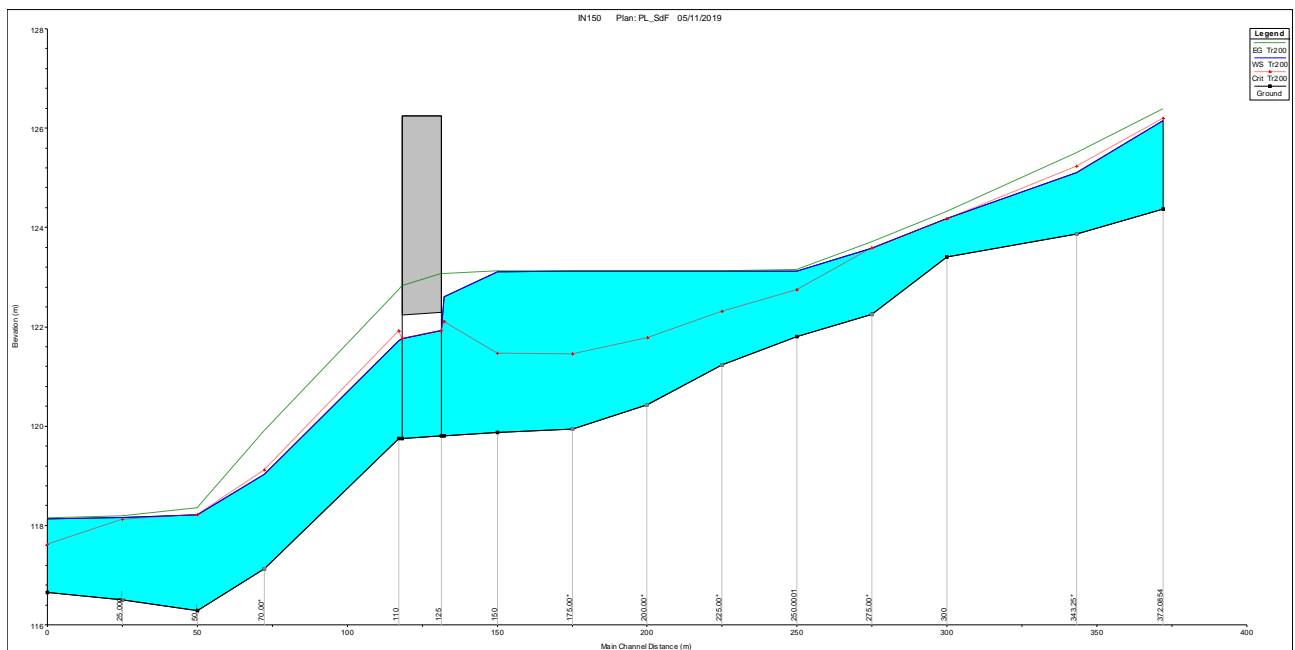


Figura 8.16 – Profilo idrico relativo alla portata di progetto modello 1D – stato di fatto interferenza IN150.

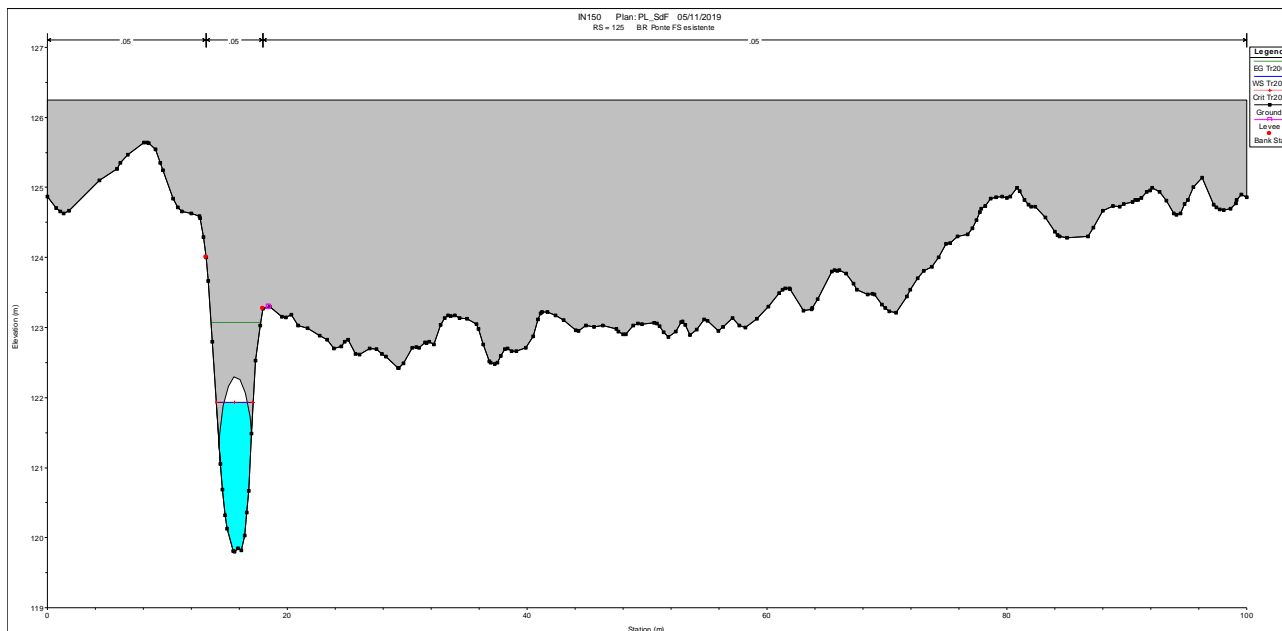


Figura 8.17 – Sezione monte manufatto – stato di fatto interferenza IN150.

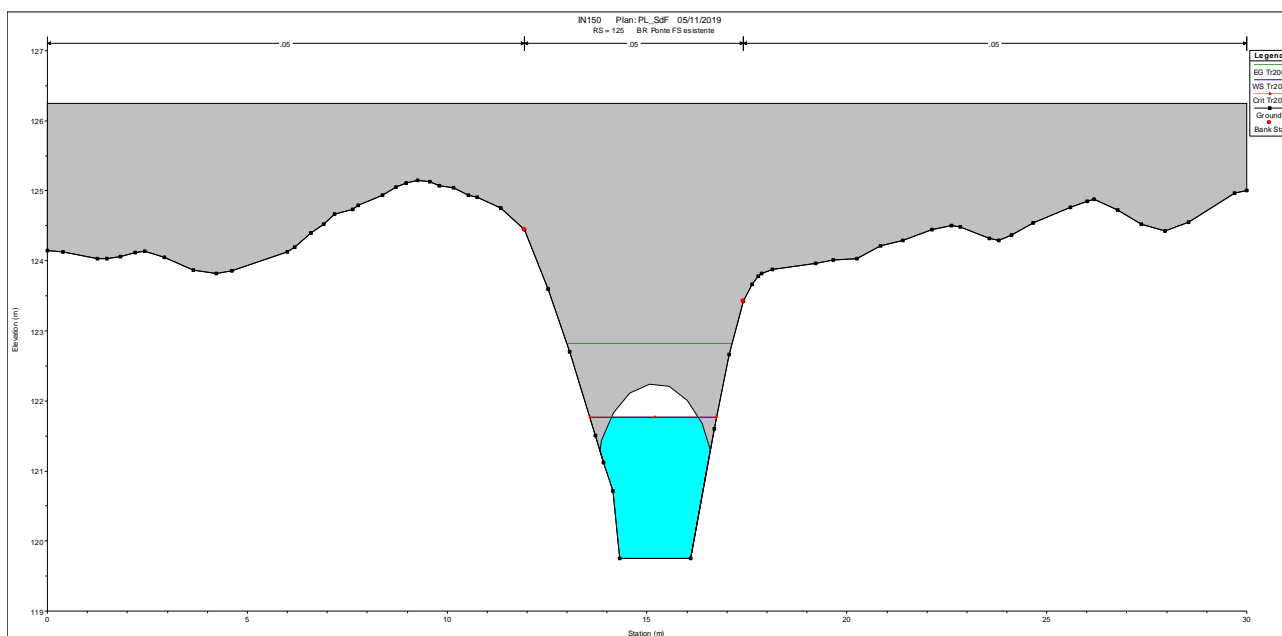


Figura 8.18 – Sezione valle manufatto – stato di fatto interferenza IN150.

8.2 Interferenza IN230 – Stato di fatto

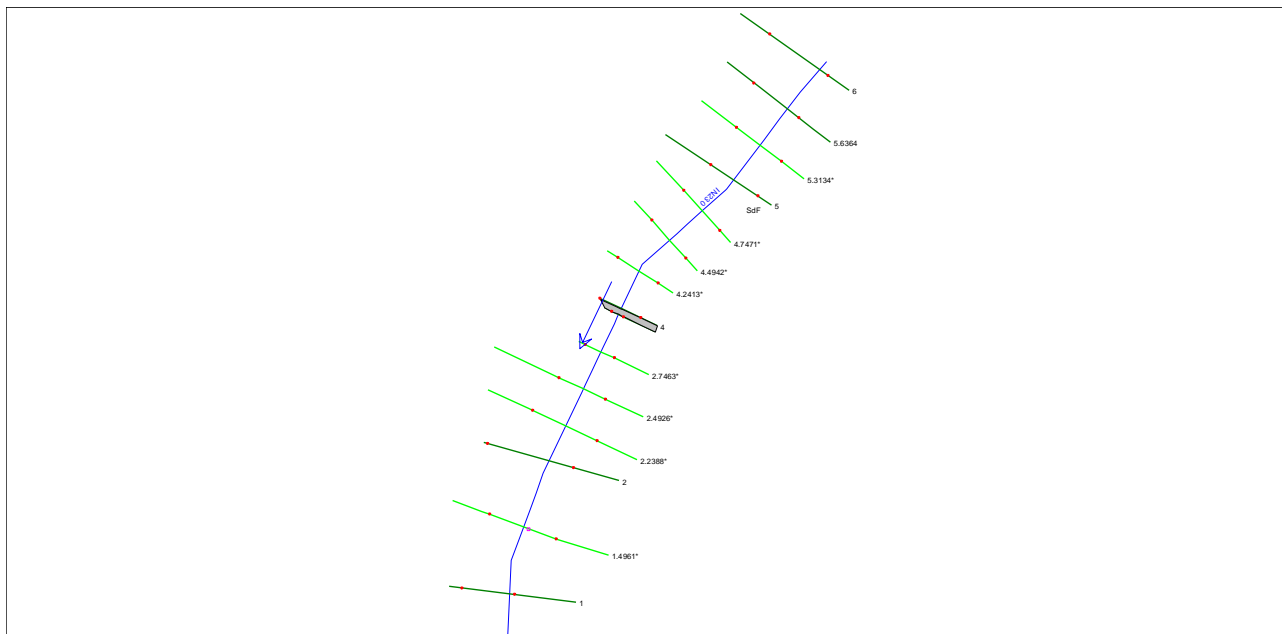


Figura 8.19 – Planimetria modello 1D – stato di fatto interferenza IN230.

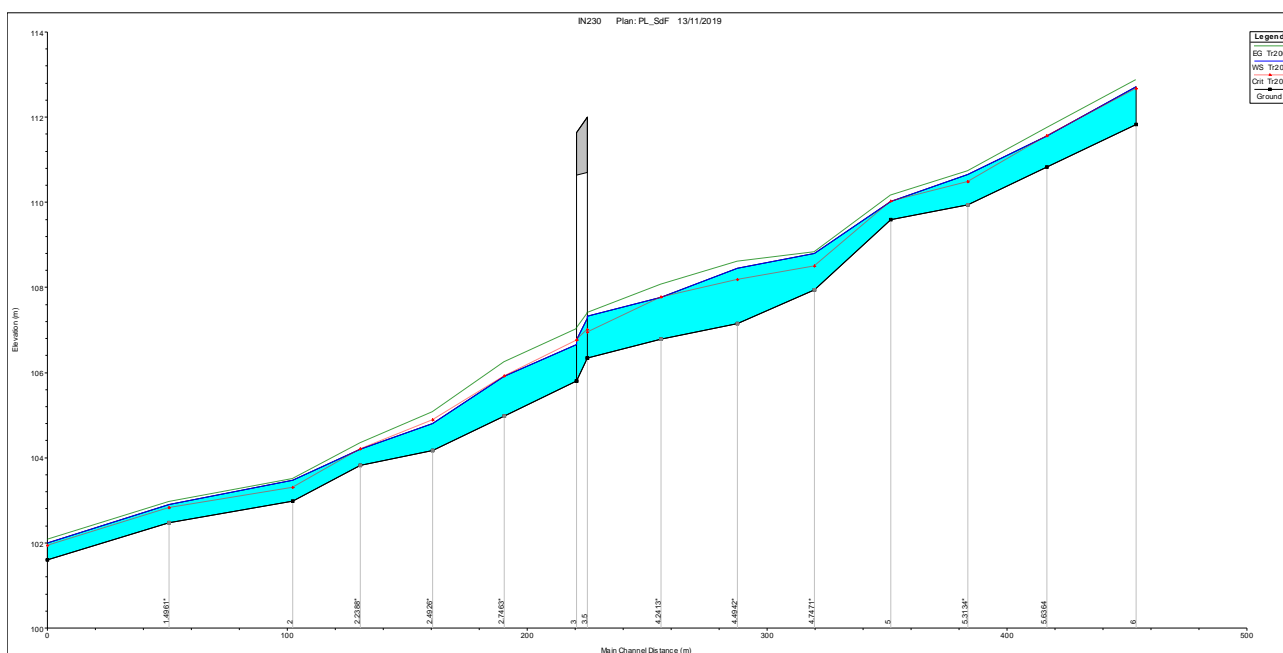


Figura 8.20 – Profilo idrico relativo alla portata di progetto modello 1D – stato di fatto interferenza IN230.

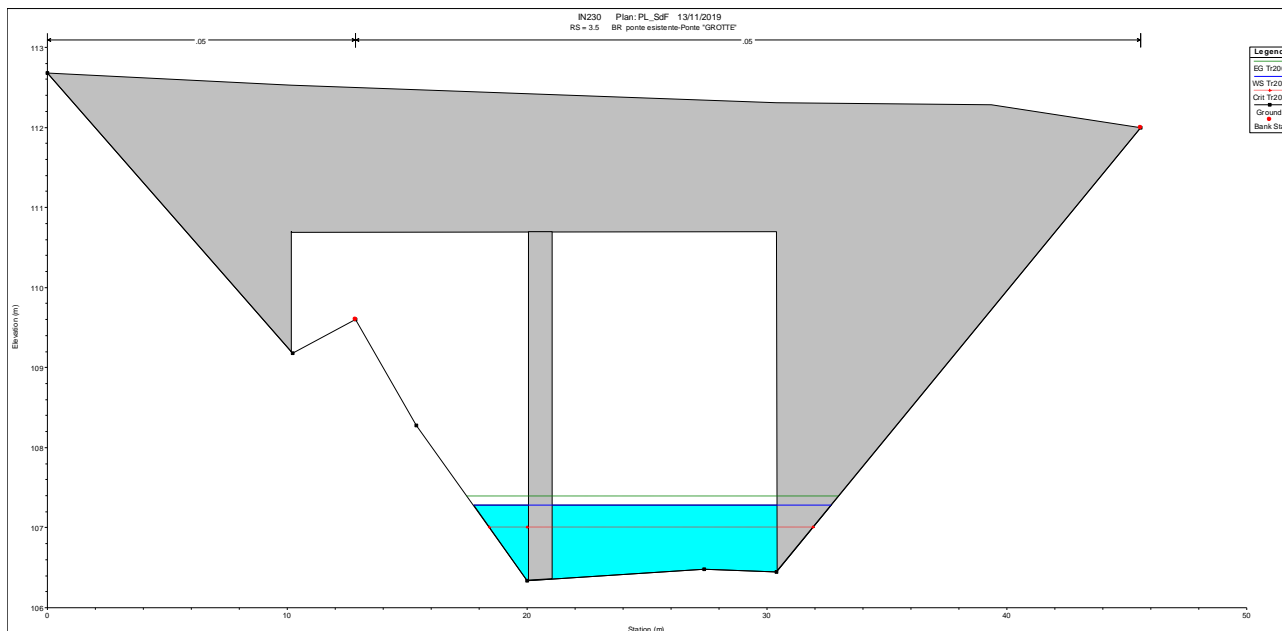


Figura 8.21 – Sezione monte manufatto – stato di fatto interferenza IN230.

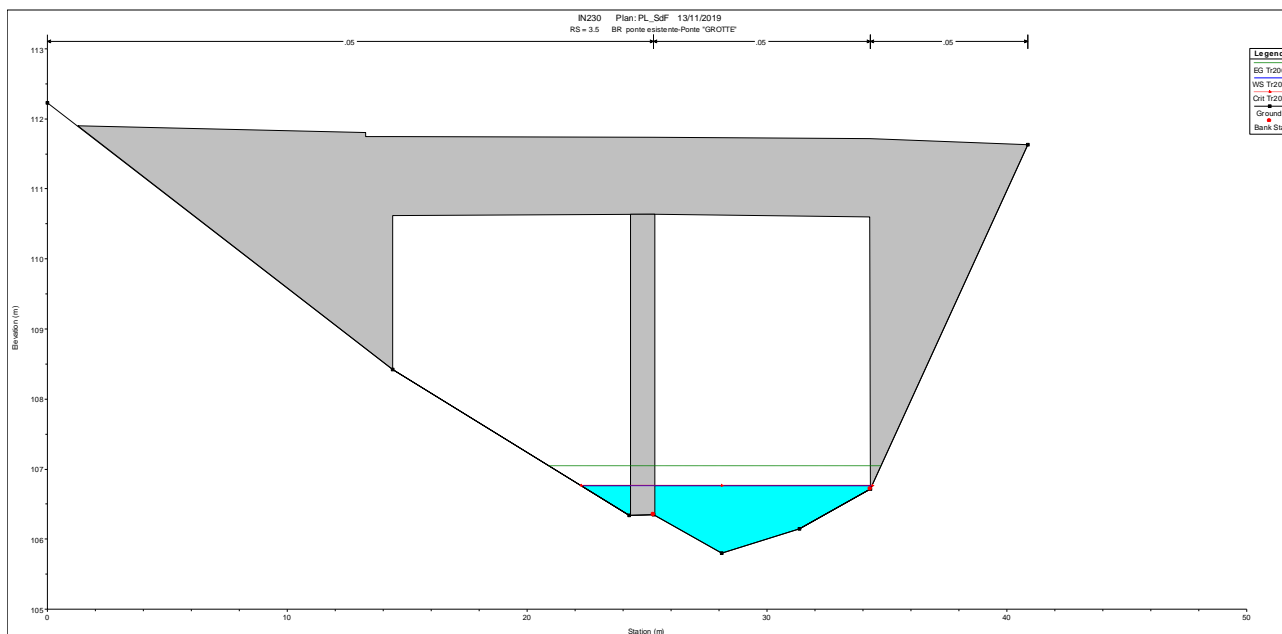


Figura 8.22 – Sezione valle manufatto – stato di fatto interferenza IN230.

8.3 Interferenza IN240 – Stato di fatto

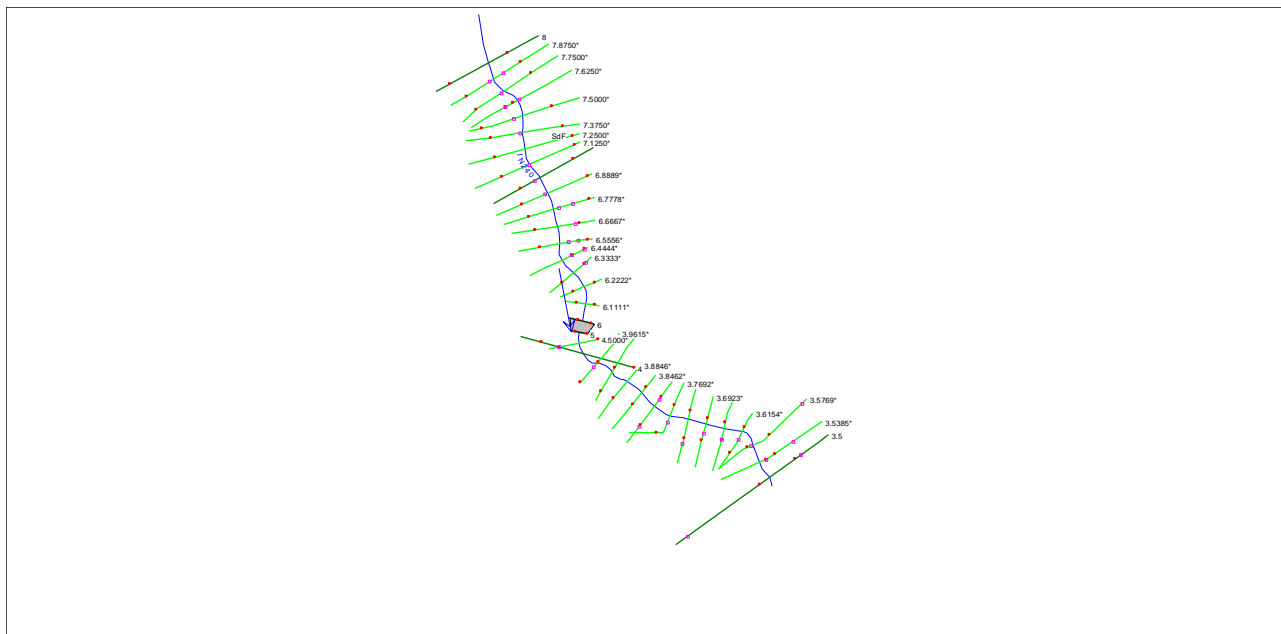


Figura 8.23 – Planimetria modello 1D – stato di fatto interferenza IN240.

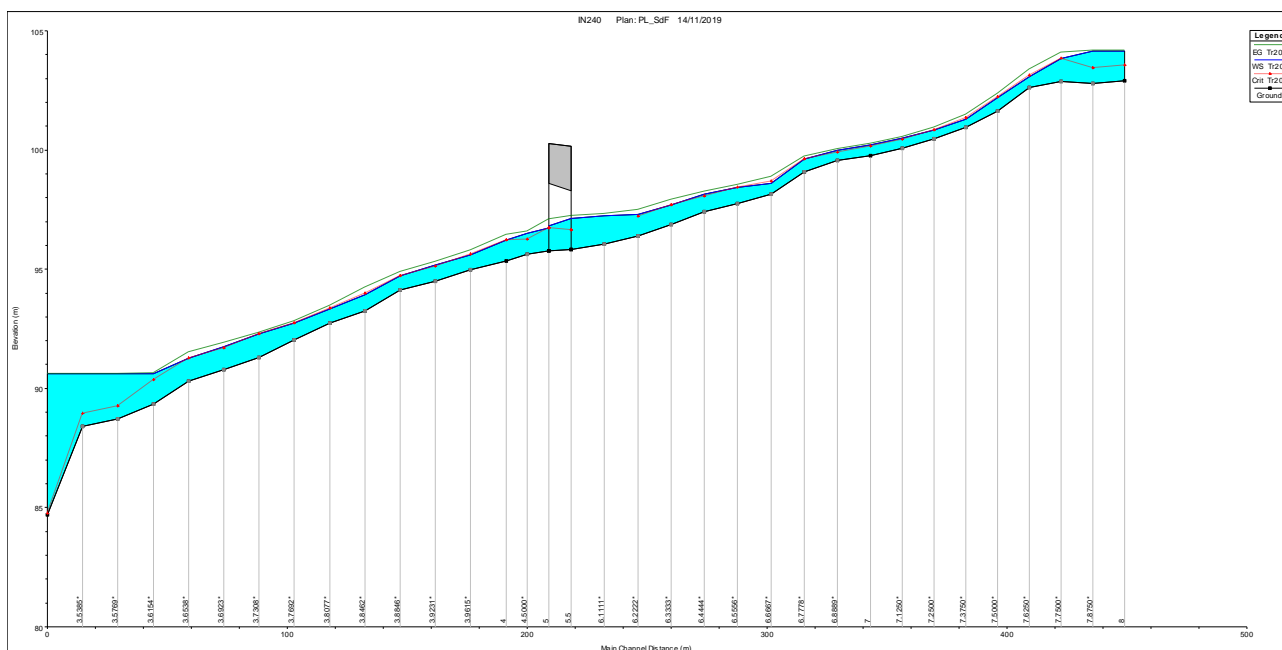


Figura 8.24 – Profilo idrico relativo alla portata di progetto modello 1D – stato di fatto interferenza IN240.

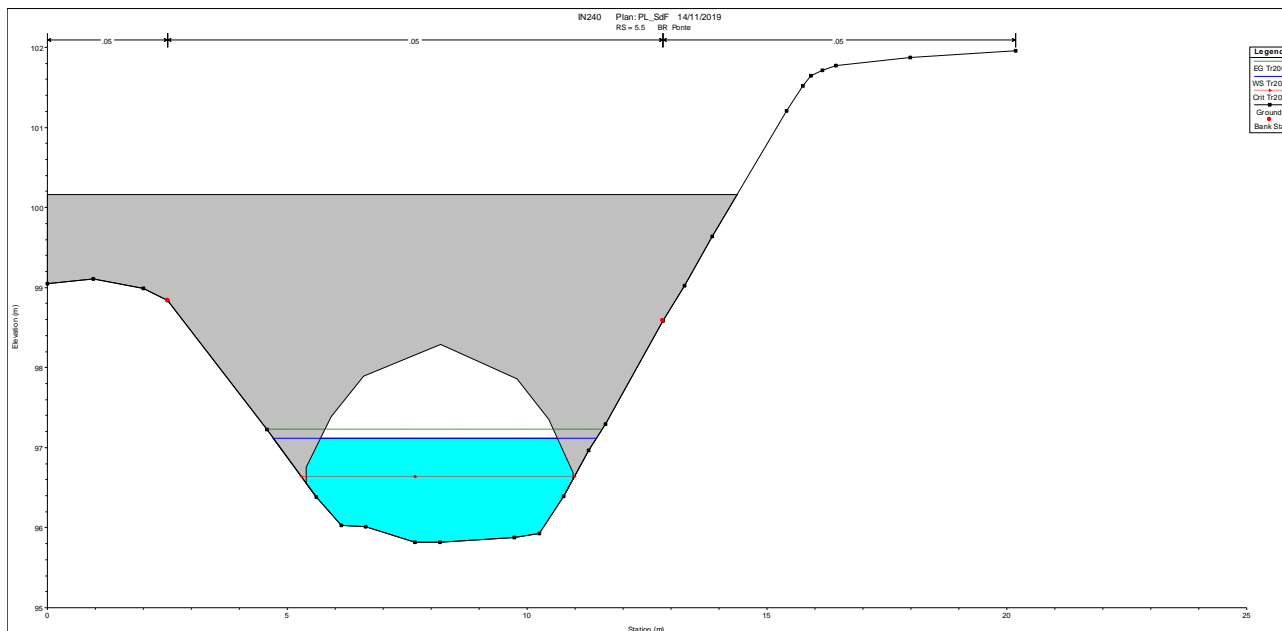


Figura 8.25 – Sezione monte manufatto – stato di fatto interferenza IN240.

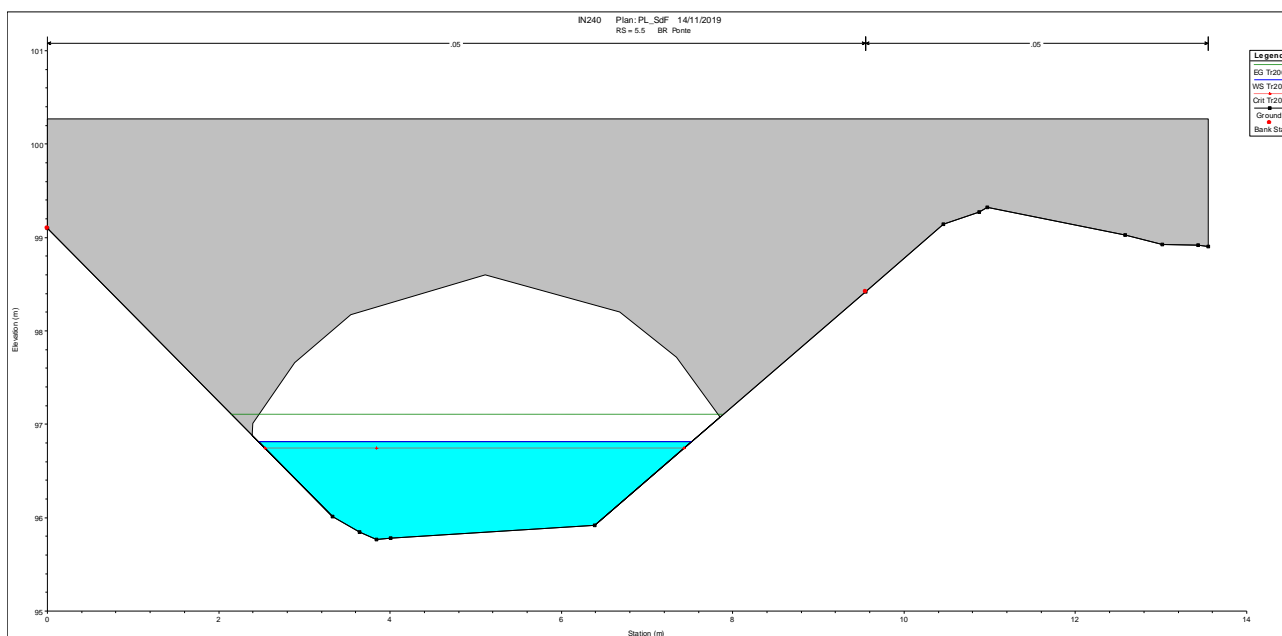


Figura 8.26 – Sezione valle manufatto – stato di fatto interferenza IN240.

8.1 Interferenza IN260 – Stato di fatto

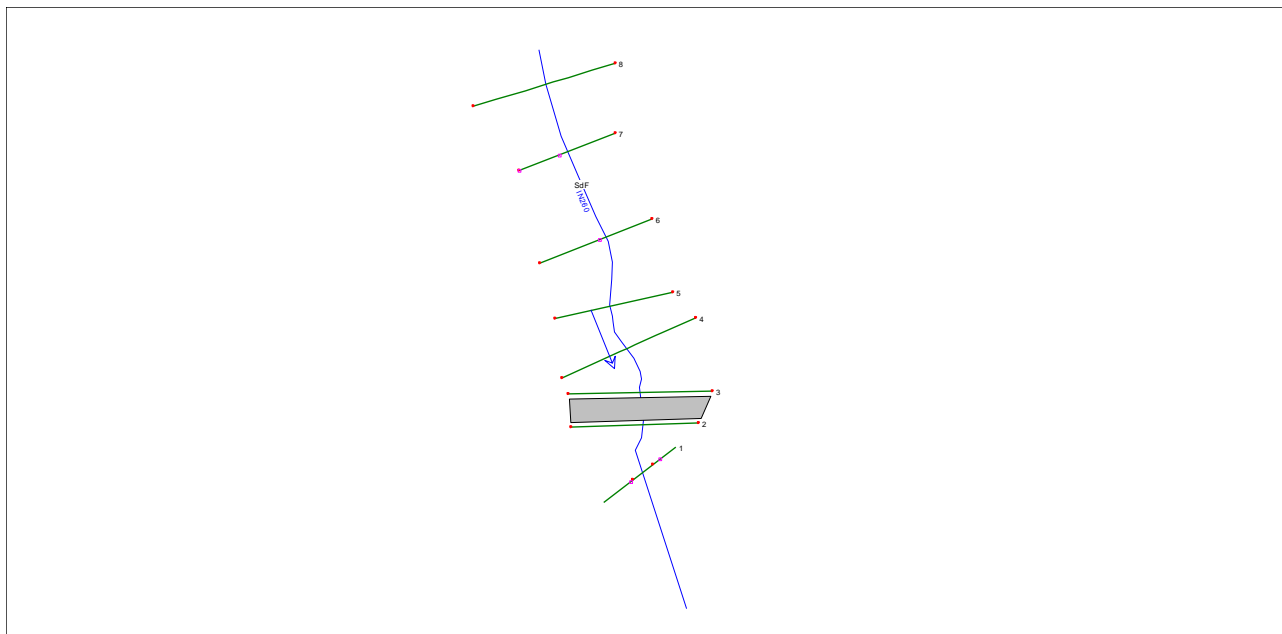


Figura 8.27 – Planimetria modello 1D – stato di fatto interferenza IN260.

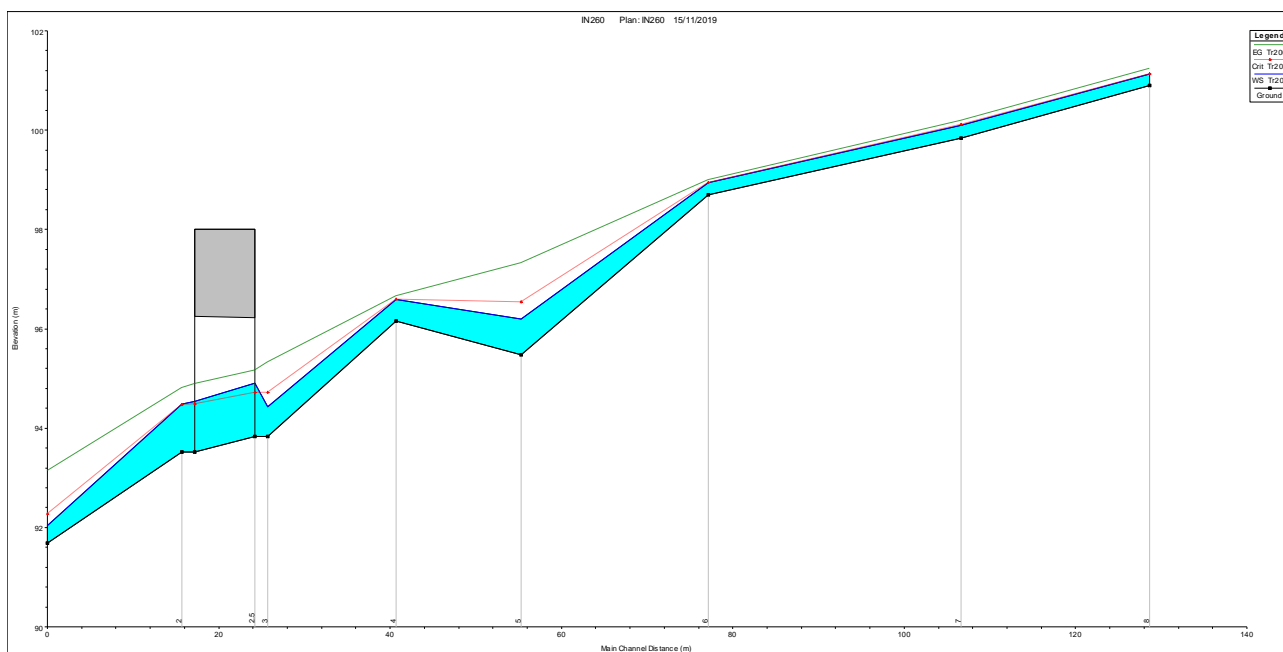


Figura 8.28 – Profilo idrico relativo alla portata di progetto modello 1D – stato di fatto interferenza IN260.

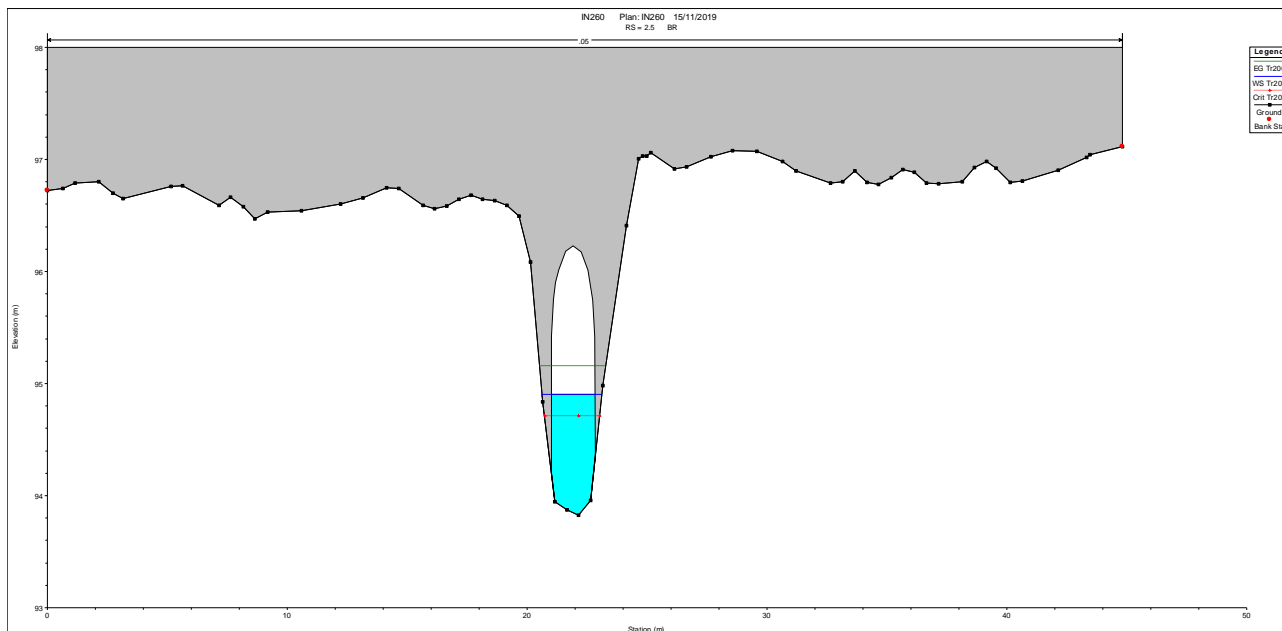


Figura 8.29 – Sezione monte manufatto – stato di fatto interferenza IN260.

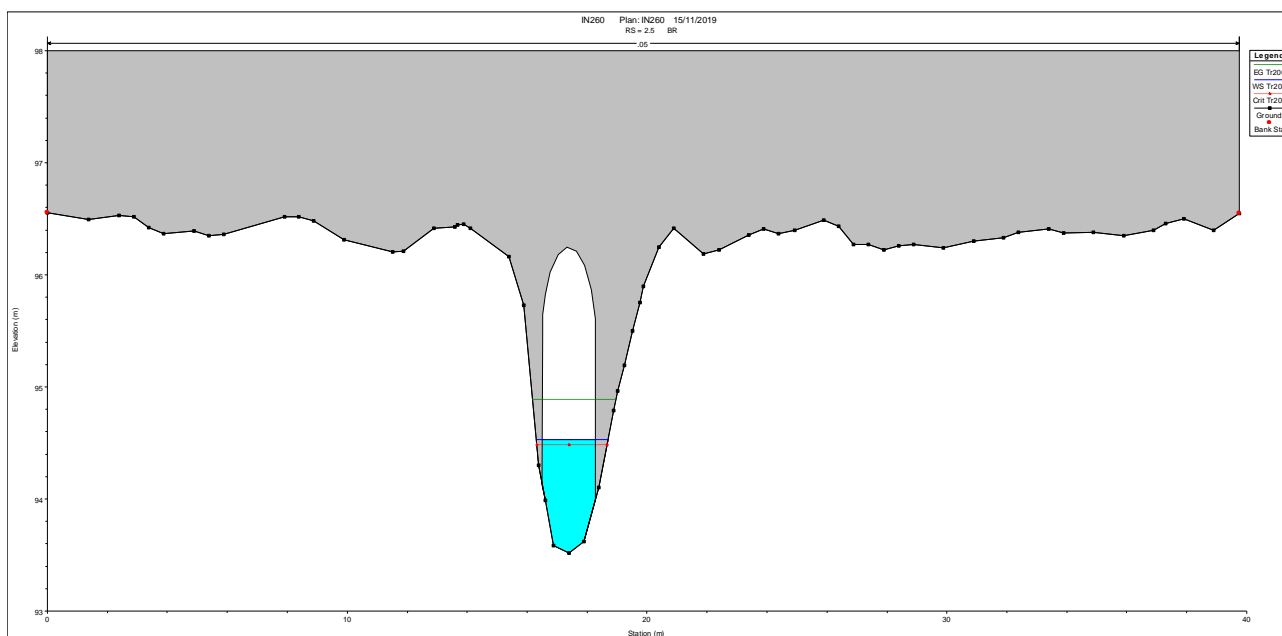


Figura 8.30 – Sezione valle manufatto – stato di fatto interferenza IN260.

8.1 Interferenza IN270 – Stato di fatto

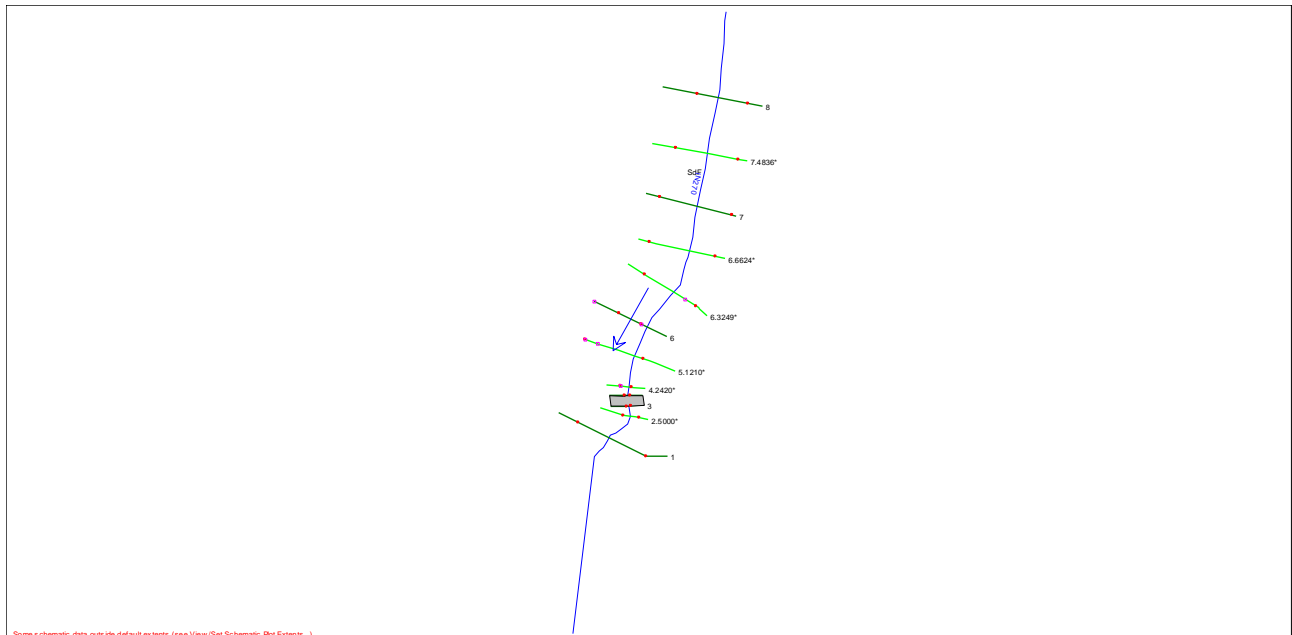


Figura 8.31 – Planimetria modello 1D – stato di fatto interferenza IN270.

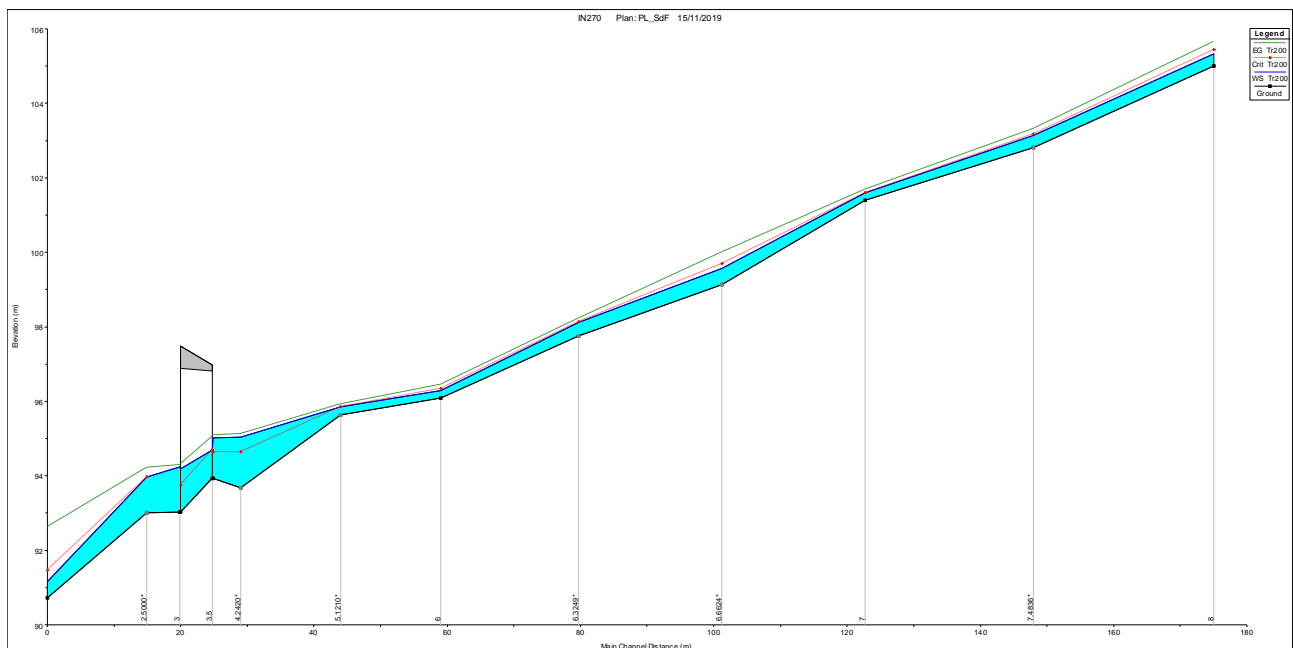


Figura 8.32 – Profilo idrico relativo alla portata di progetto modello 1D – stato di fatto interferenza IN270.

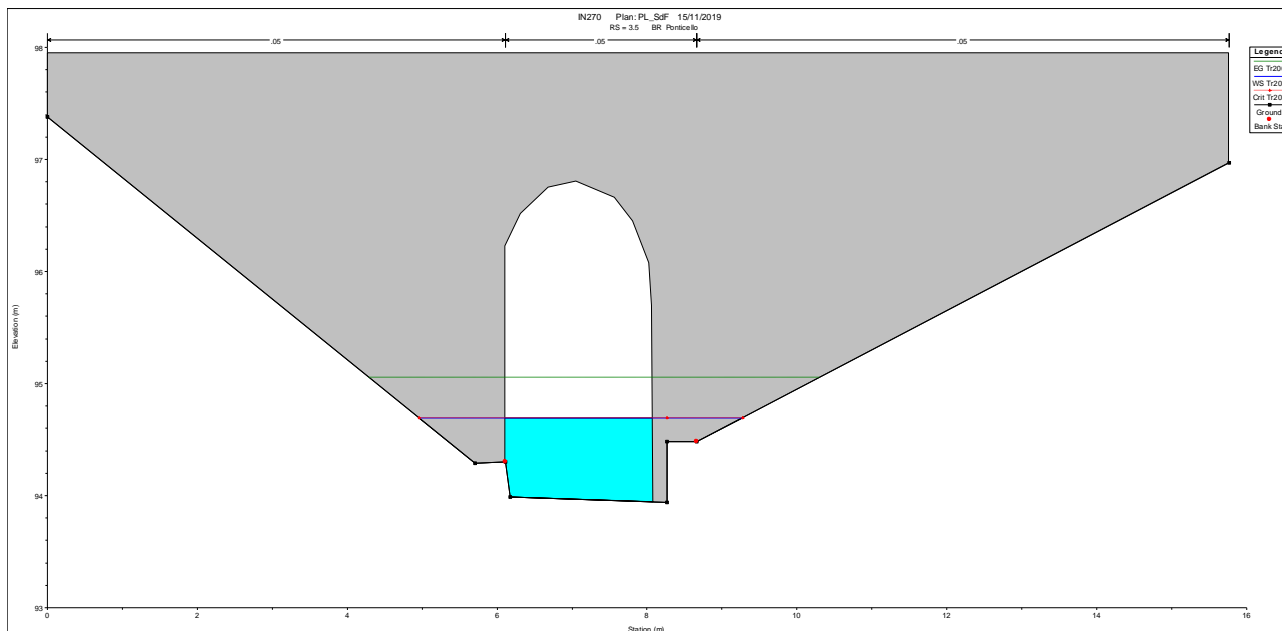


Figura 8.33 – Sezione monte manufatto – stato di fatto interferenza IN270.

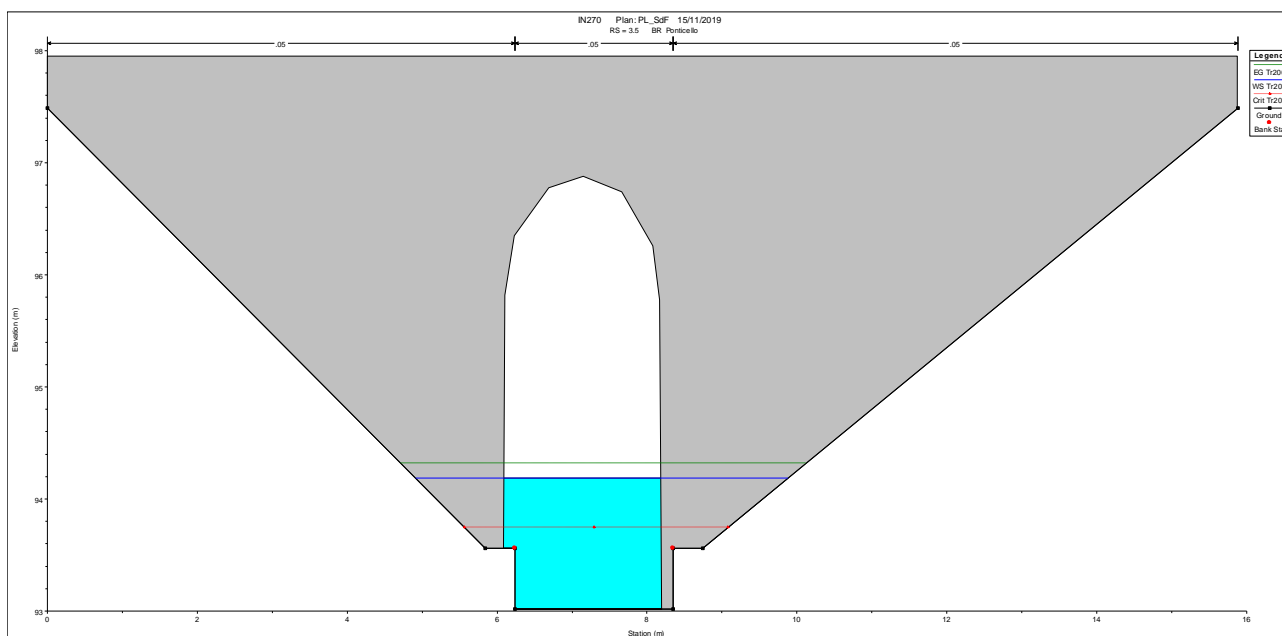


Figura 8.34 – Sezione valle manufatto – stato di fatto interferenza IN270.

8.1 Interferenza IN280 – Stato di fatto



Figura 8.35 – Planimetria modello 1D – stato di fatto interferenza IN280.

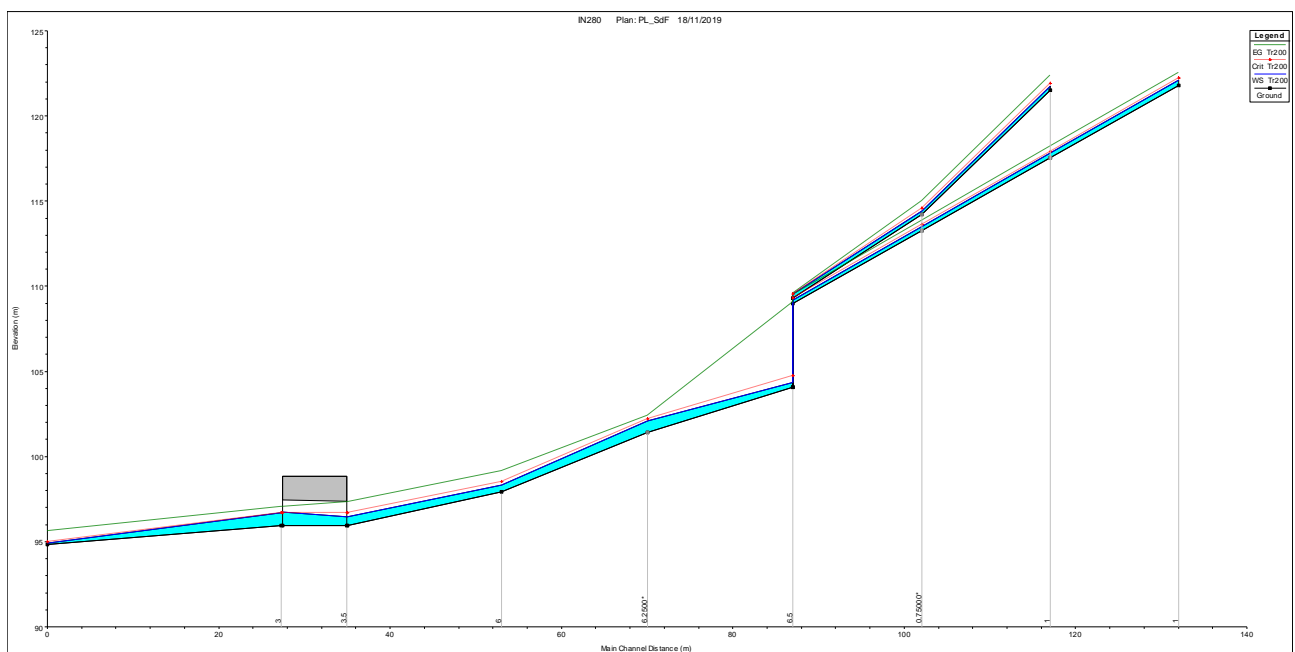


Figura 8.36 – Profilo idrico relativo alla portata di progetto modello 1D – stato di fatto interferenza IN280.

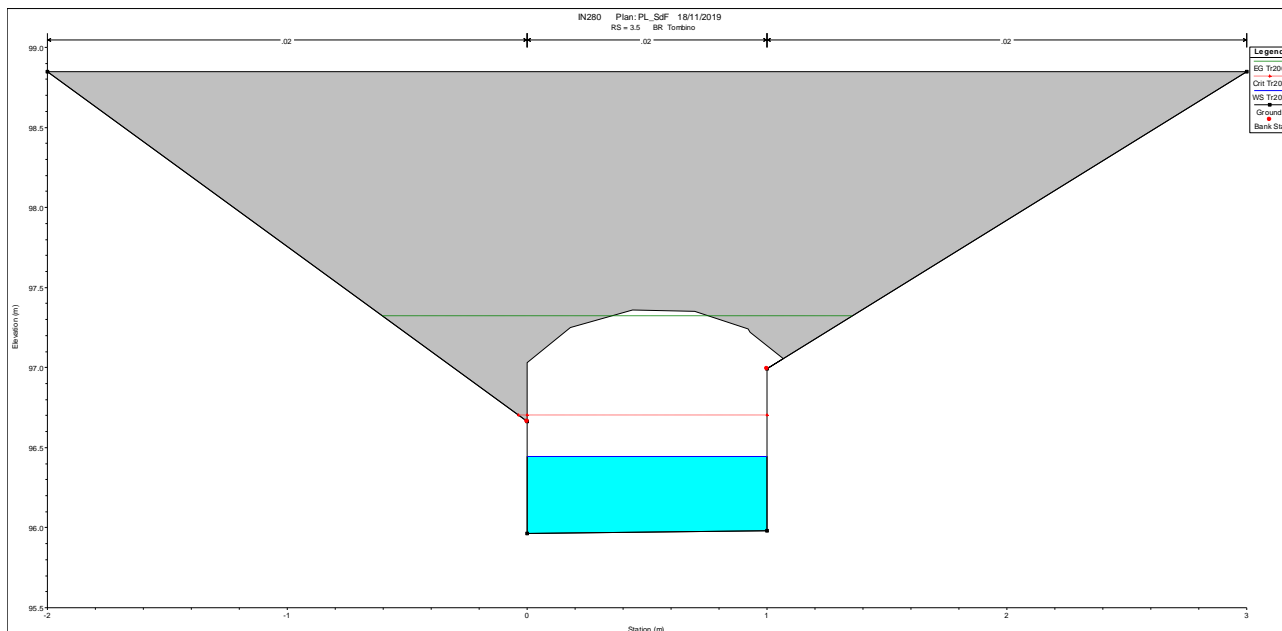


Figura 8.37 – Sezione monte manufatto – stato di fatto interferenza IN280.

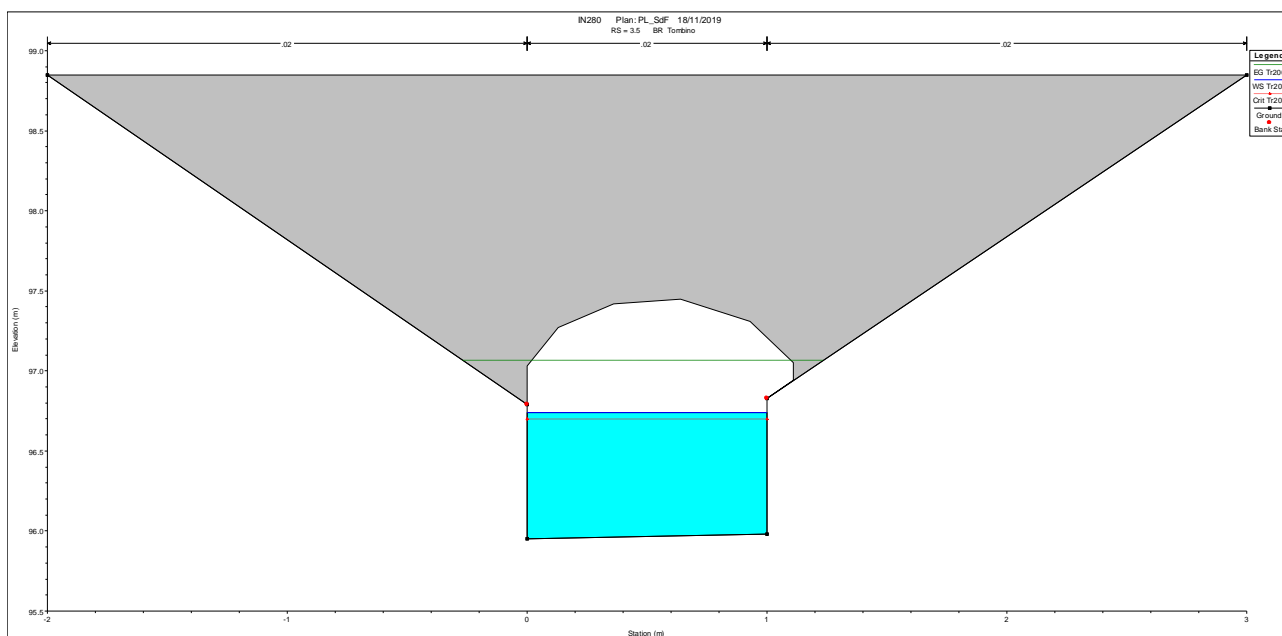


Figura 8.38 – Sezione valle manufatto – stato di fatto interferenza IN280.

8.2 Interferenza IN290 – Stato di fatto

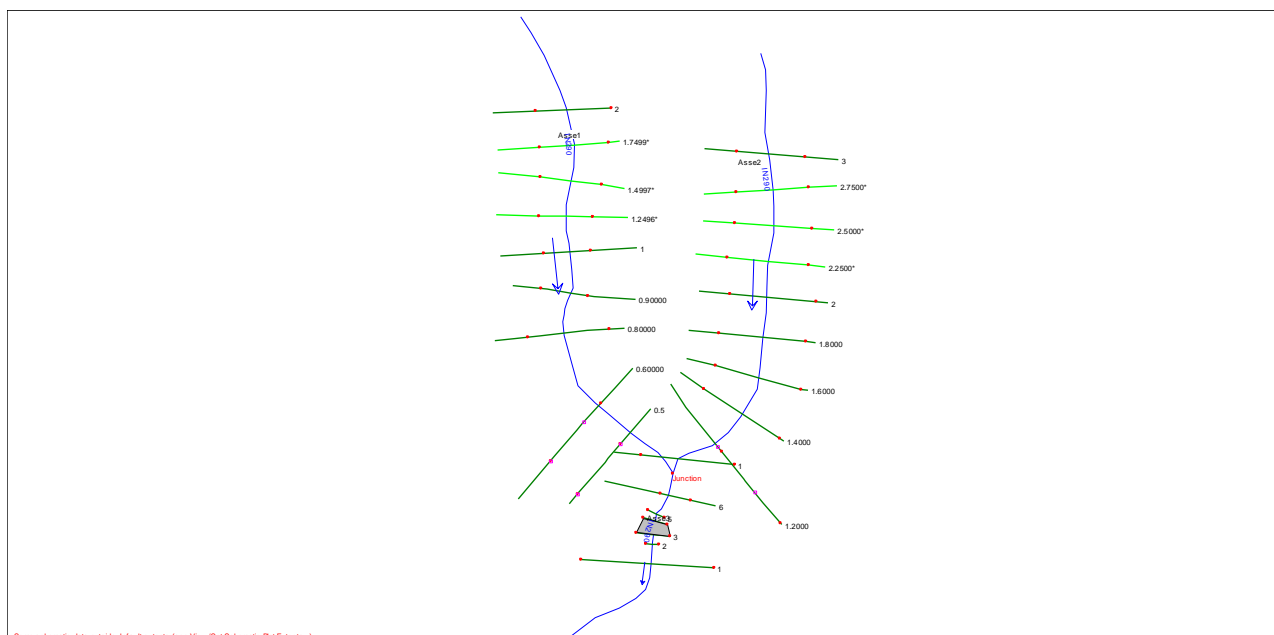


Figura 8.39 – Planimetria modello 1D – stato di fatto interferenza IN290.

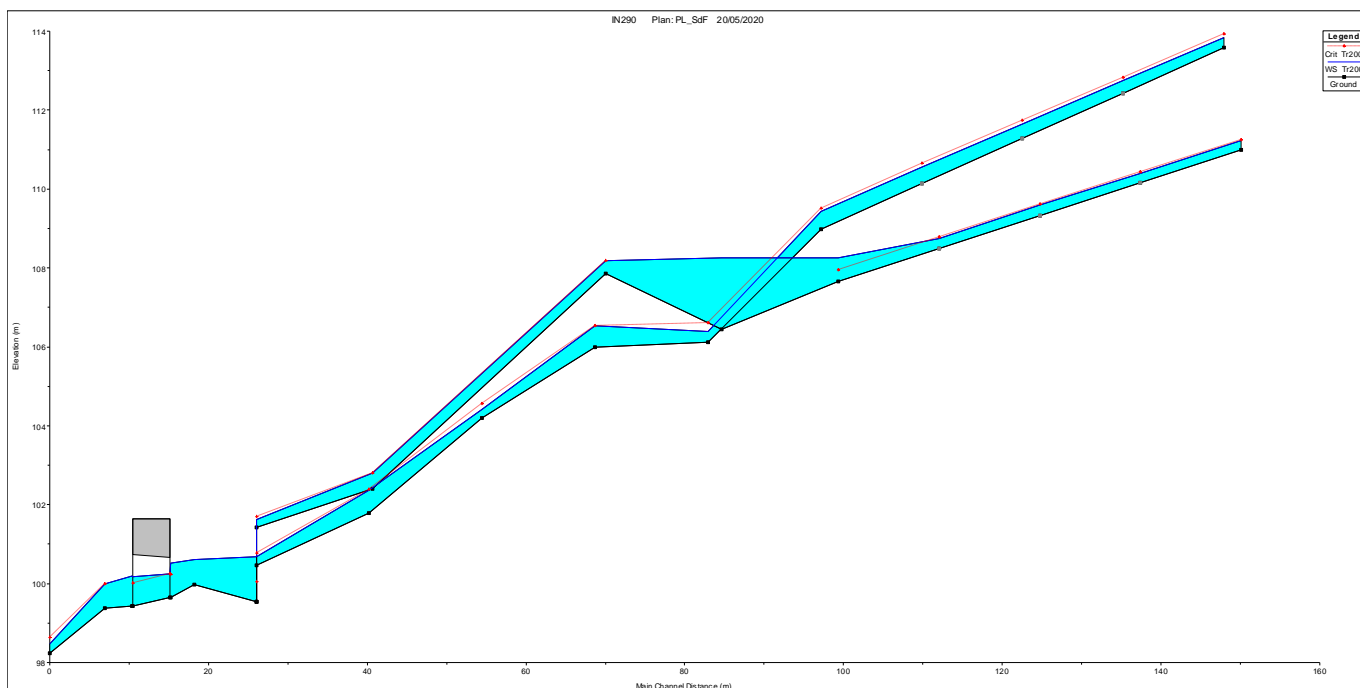


Figura 8.40 – Profilo idrico relativo alla portata di progetto modello 1D – stato di fatto interferenza IN290.

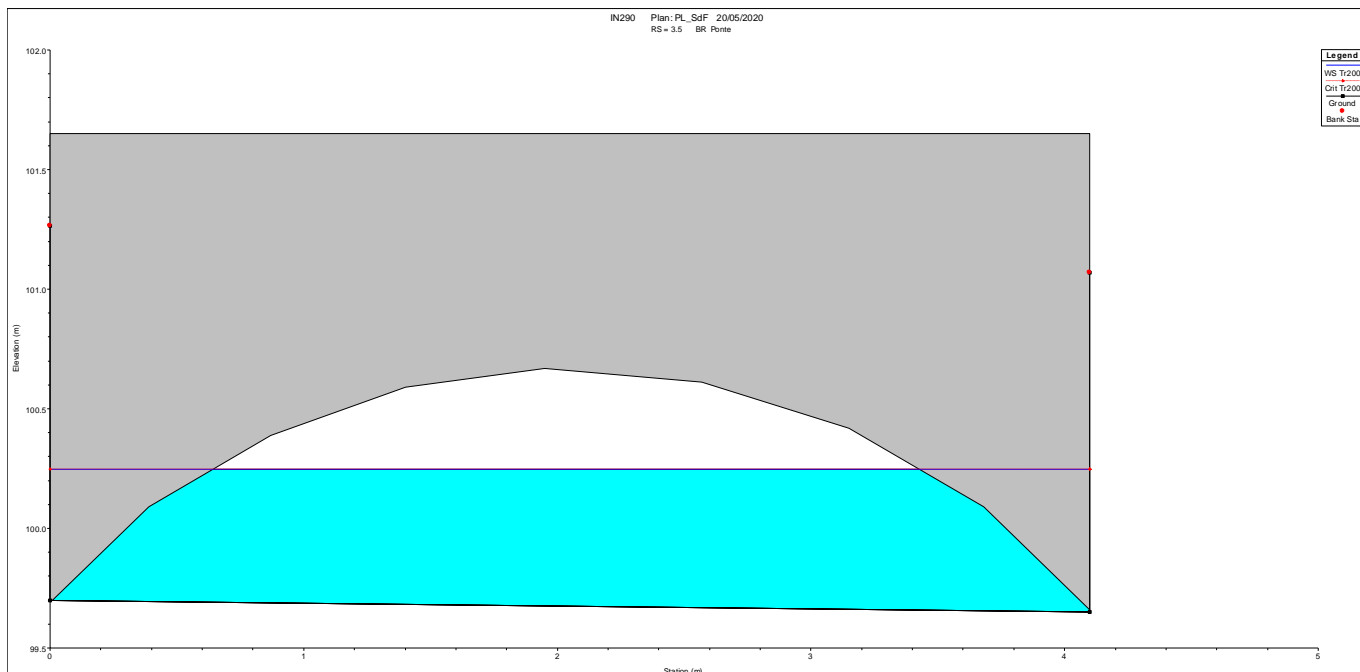


Figura 8.41 – Sezione monte manufatto – stato di fatto interferenza IN290.

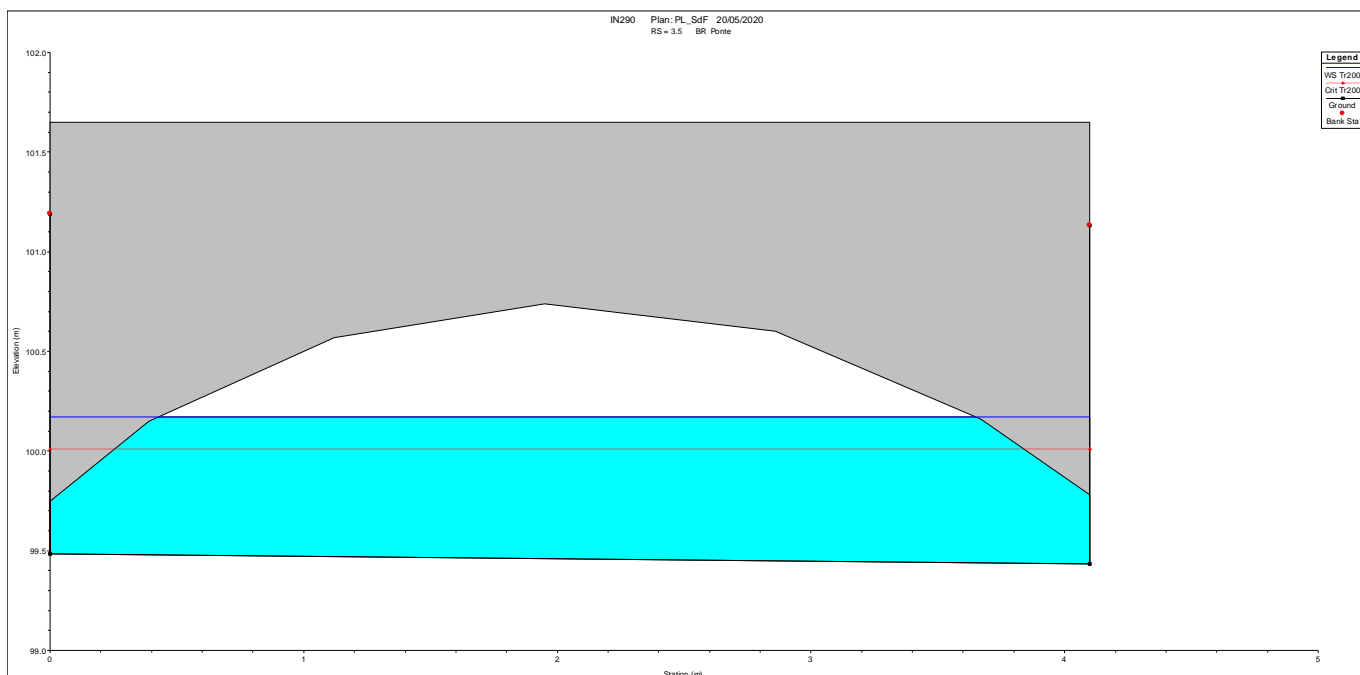


Figura 8.42 – Sezione valle manufatto – stato di fatto interferenza IN290.

8.3 Interferenza IN300 – Stato di fatto

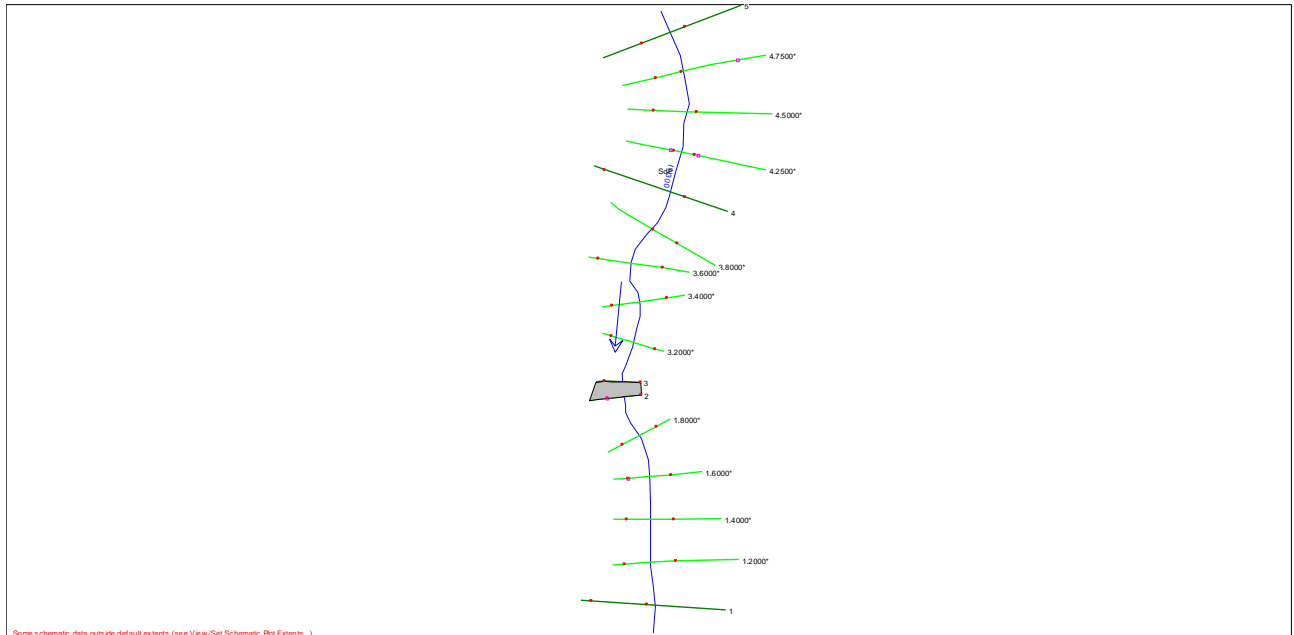


Figura 8.43 – Planimetria modello 1D – stato di fatto interferenza IN300.

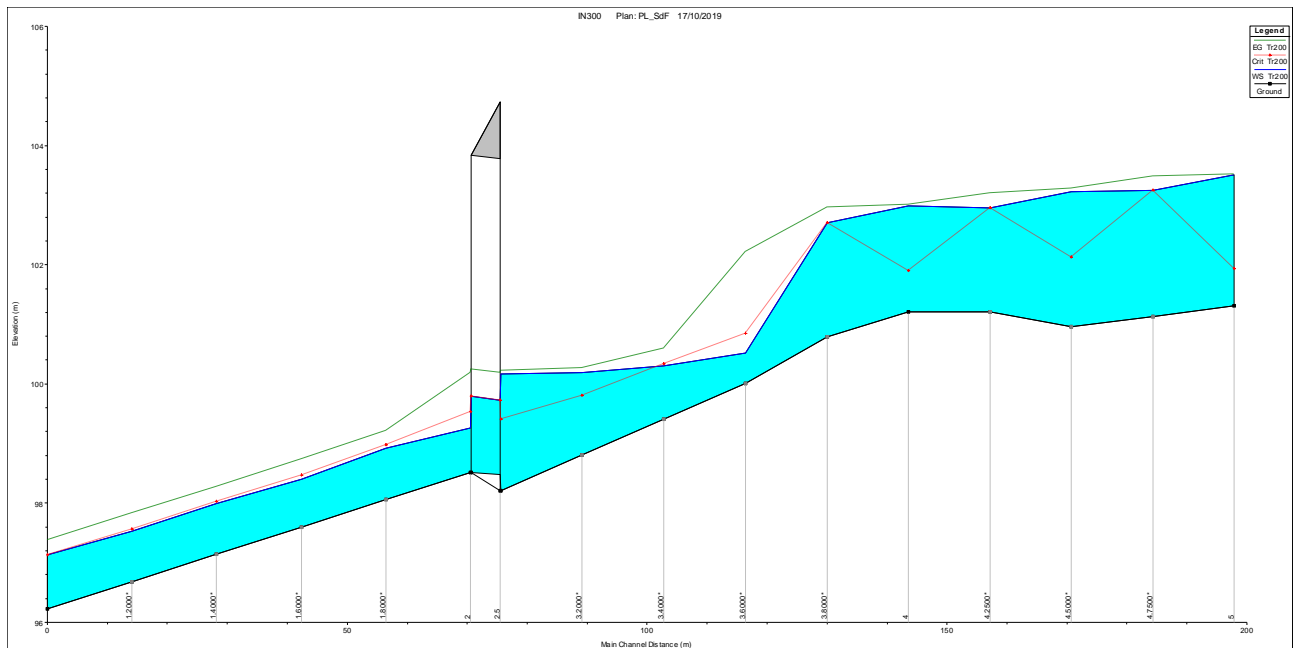


Figura 8.44 – Profilo idrico relativo alla portata di progetto modello 1D – stato di fatto interferenza IN300.

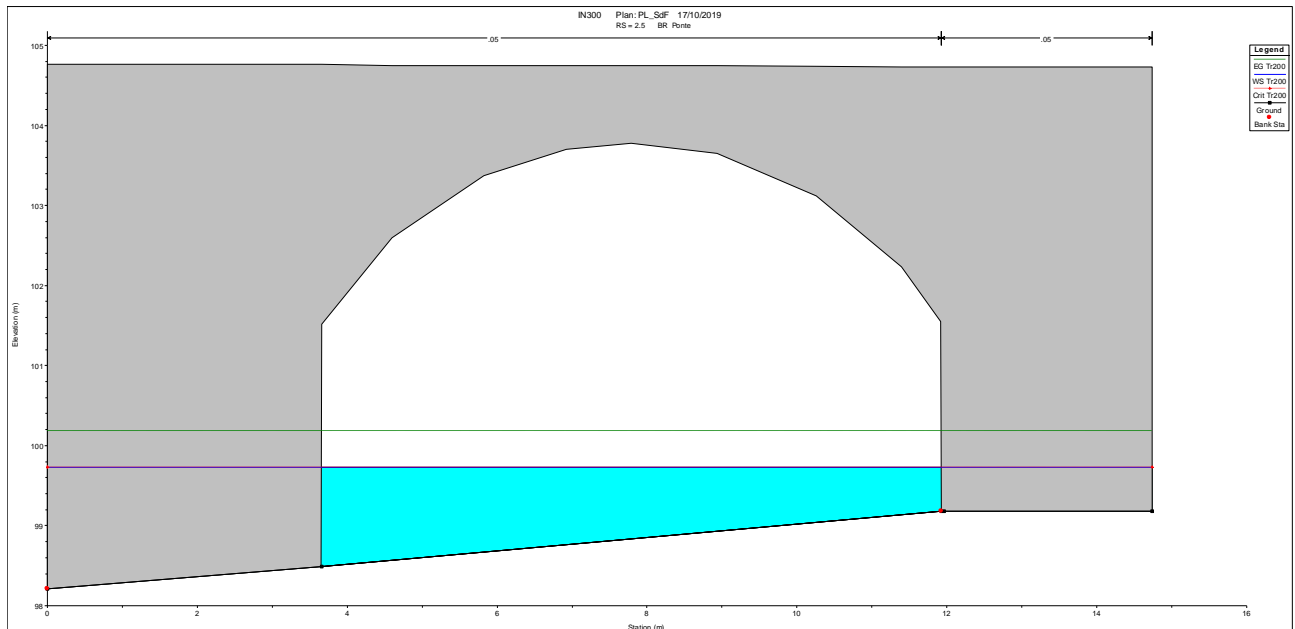


Figura 8.45 – Sezione monte manufatto – stato di fatto interferenza IN300.

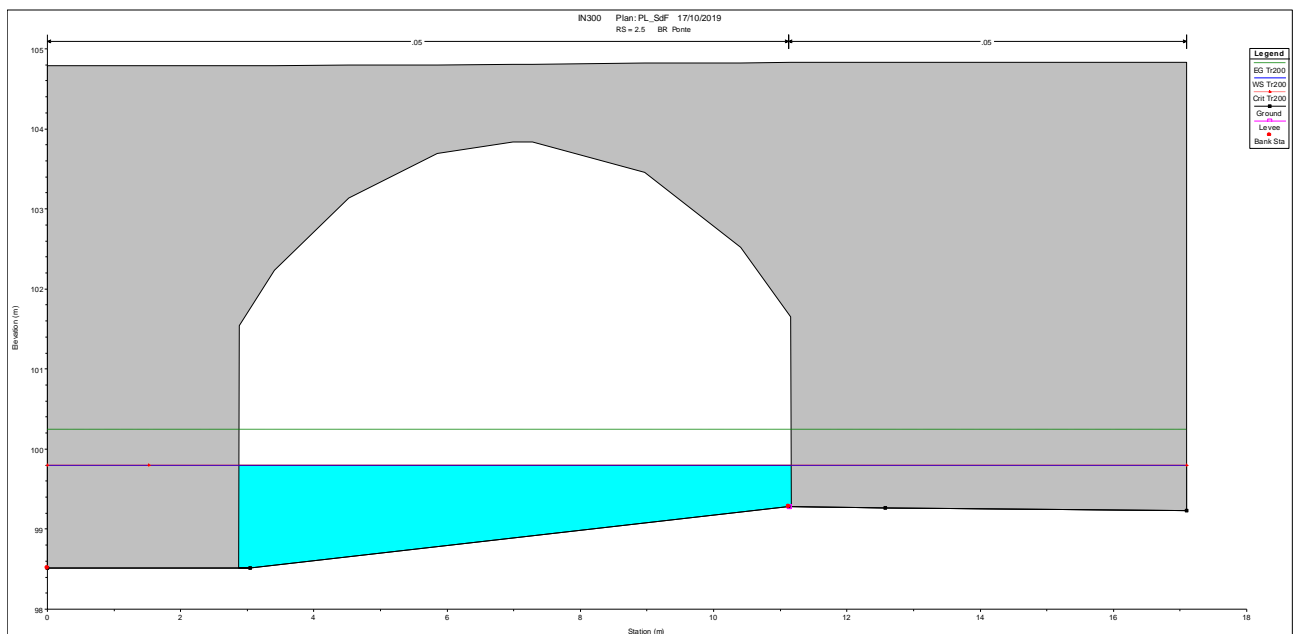


Figura 8.46 – Sezione valle manufatto – stato di fatto interferenza IN300.

8.1 Interferenza IN340 – Stato di fatto

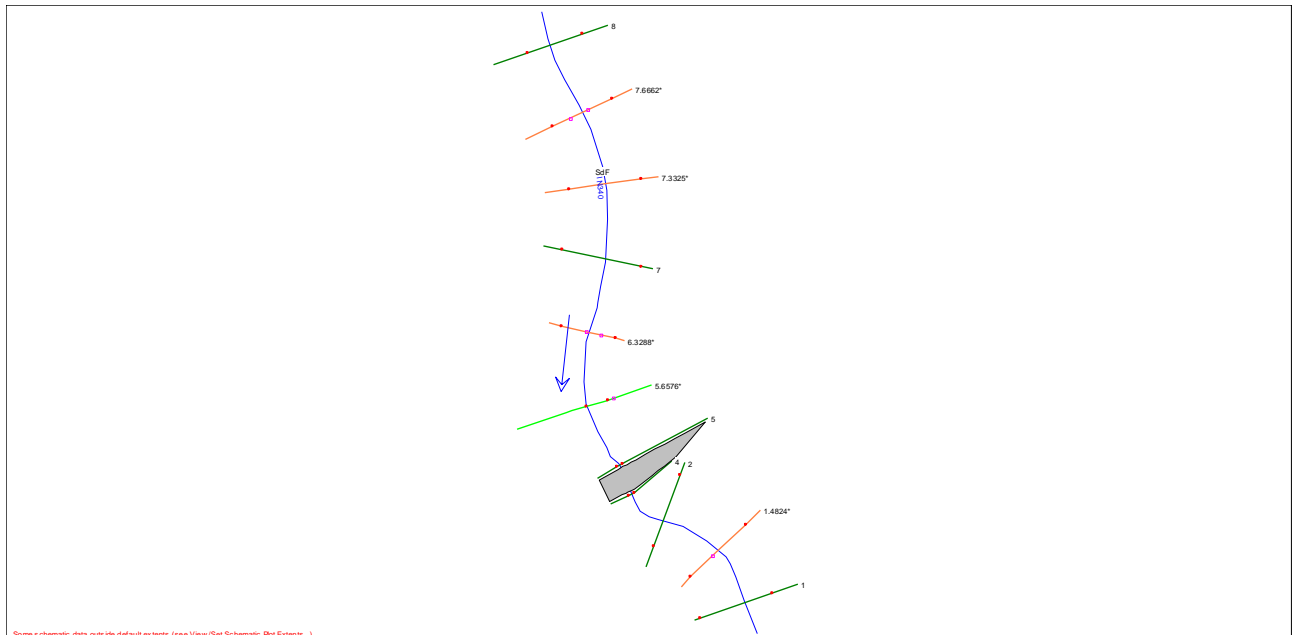


Figura 8.47 – Planimetria modello 1D – stato di fatto interferenza IN340.

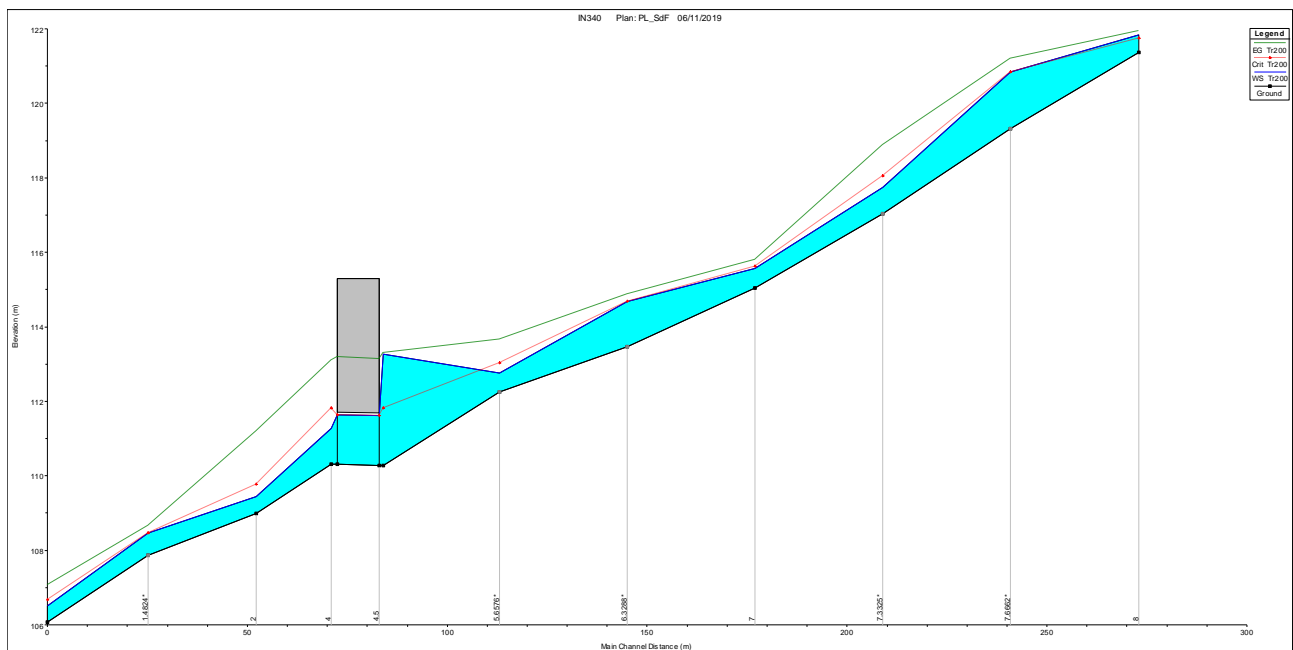


Figura 8.48 – Profilo idrico relativo alla portata di progetto modello 1D – stato di fatto interferenza IN340.

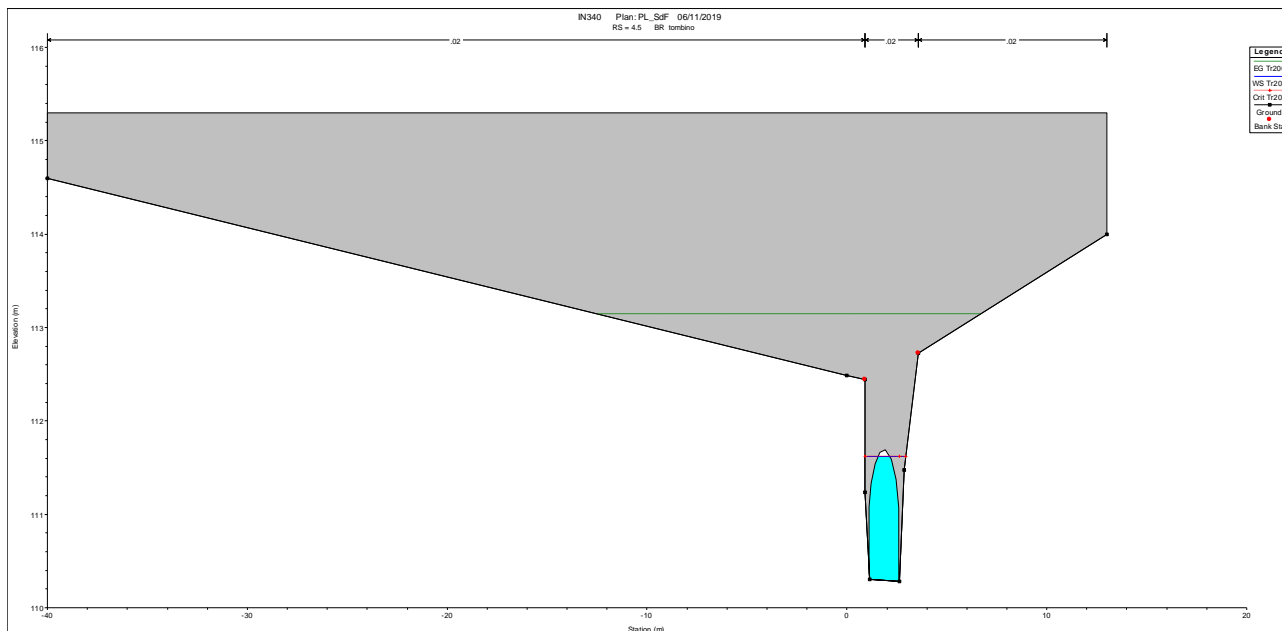


Figura 8.49 – Sezione monte manufatto – stato di fatto interferenza IN340.

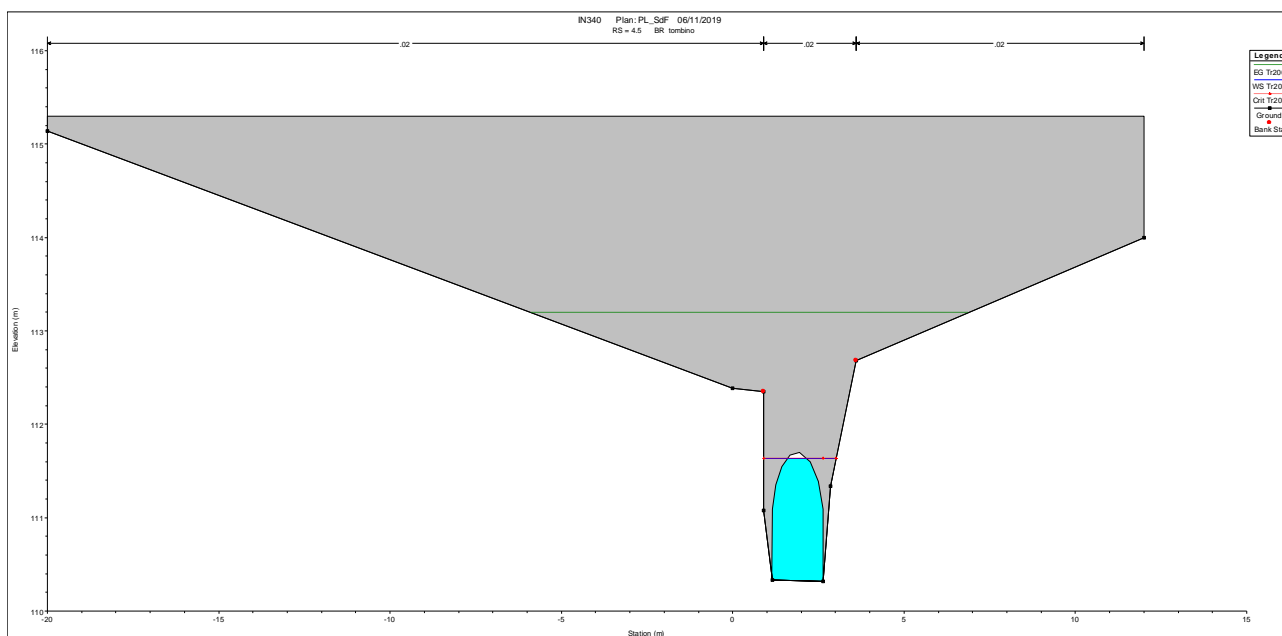


Figura 8.50 – Sezione valle manufatto – stato di fatto interferenza IN340.

8.2 Interferenza IN350 – Stato di fatto

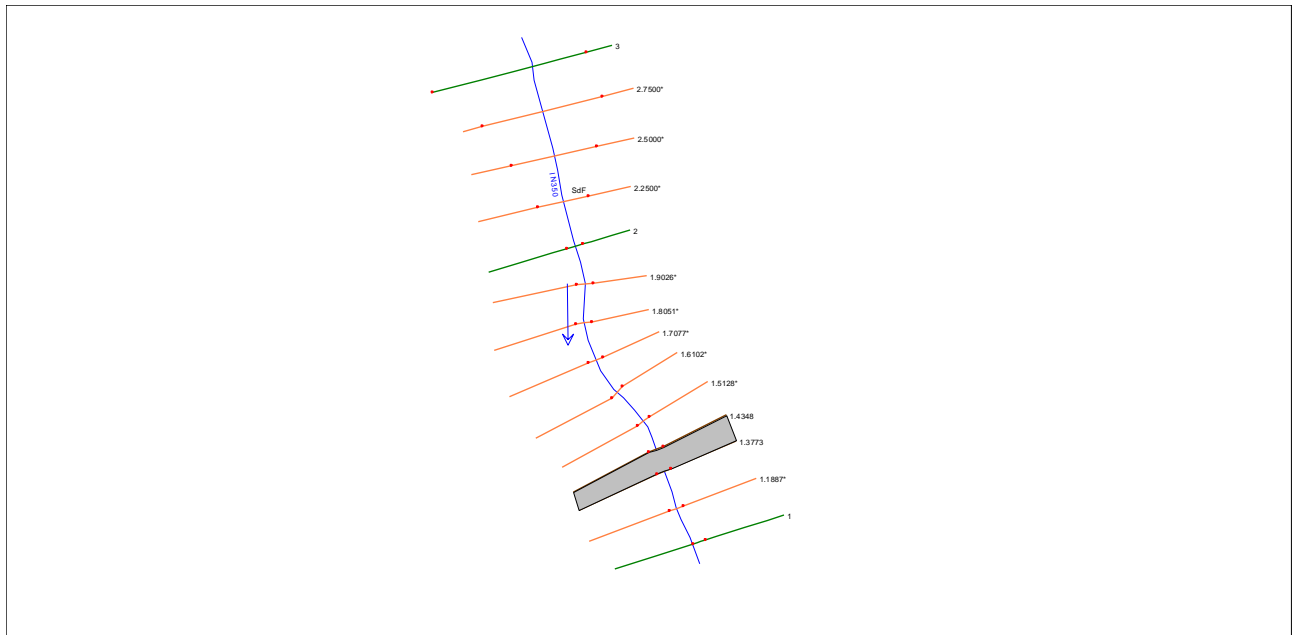


Figura 8.51 – Planimetria modello 1D – stato di fatto interferenza IN350.

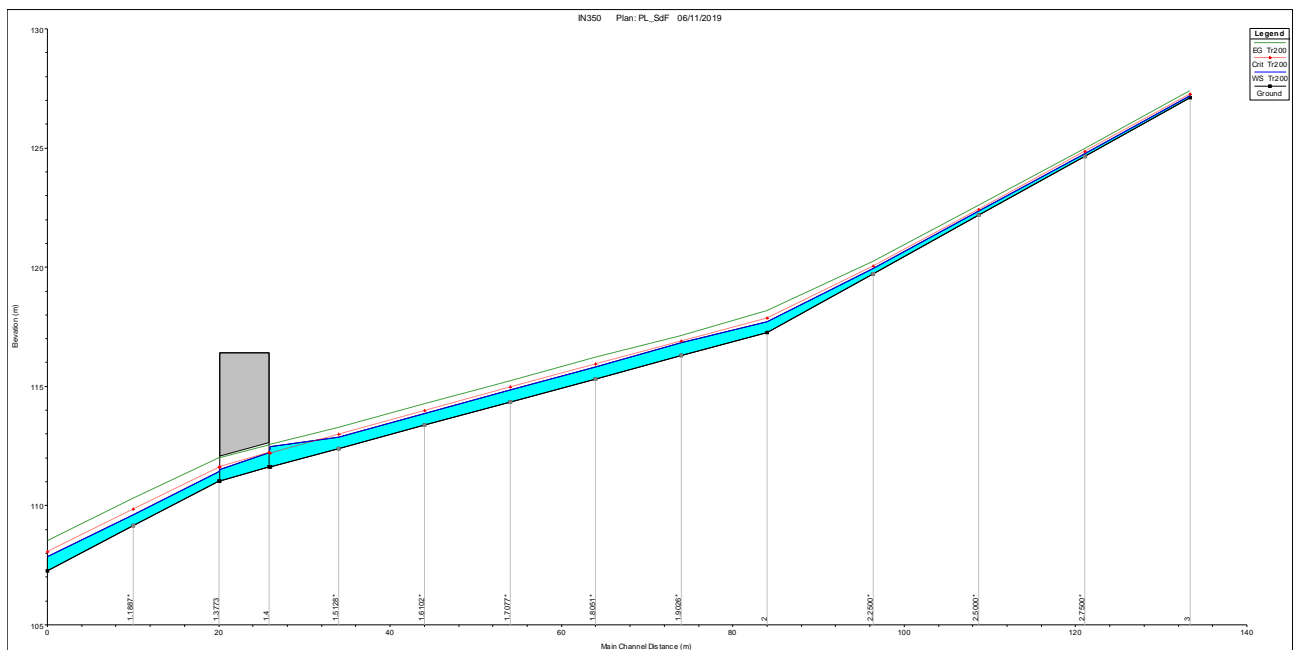


Figura 8.52 – Profilo idrico relativo alla portata di progetto modello 1D – stato di fatto interferenza IN350.

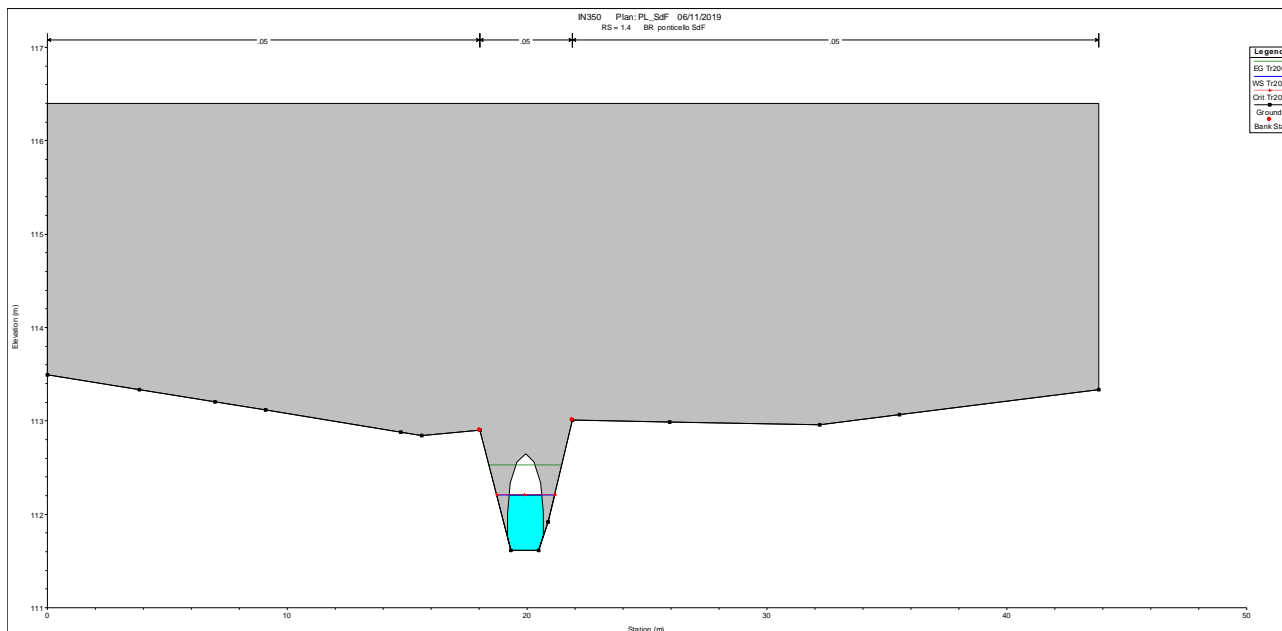


Figura 8.53 – Sezione monte manufatto – stato di fatto interferenza IN350.

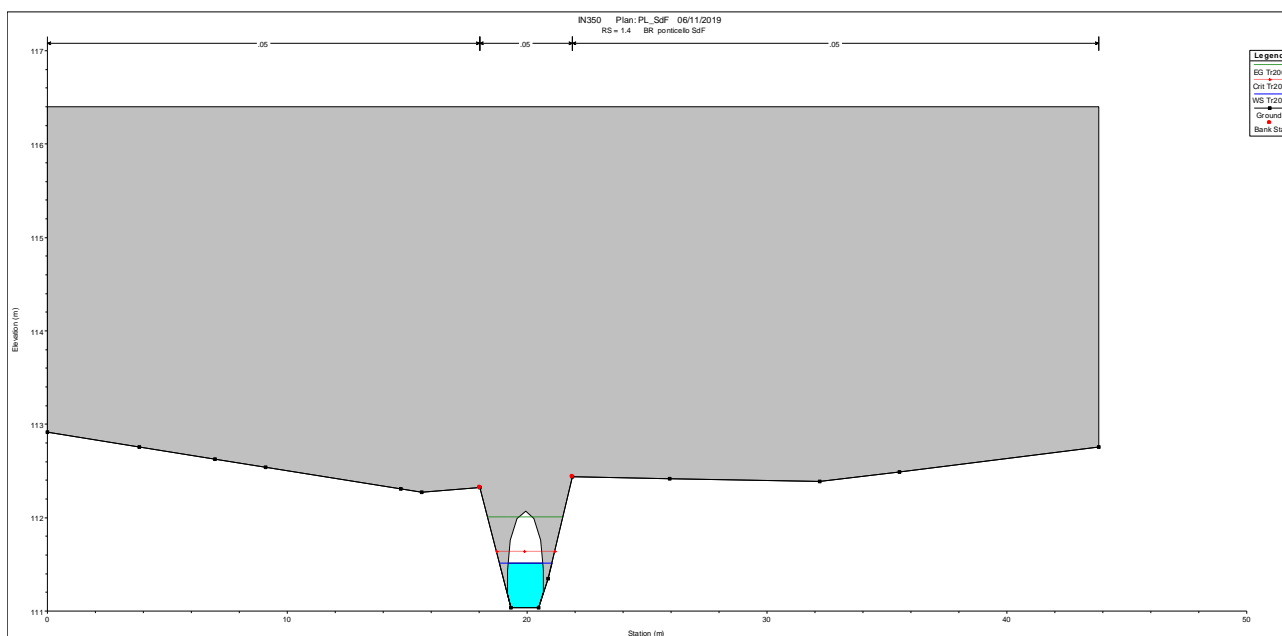


Figura 8.54 – Sezione valle manufatto – stato di fatto interferenza IN350.

8.1 Interferenza IN360 – Stato di fatto

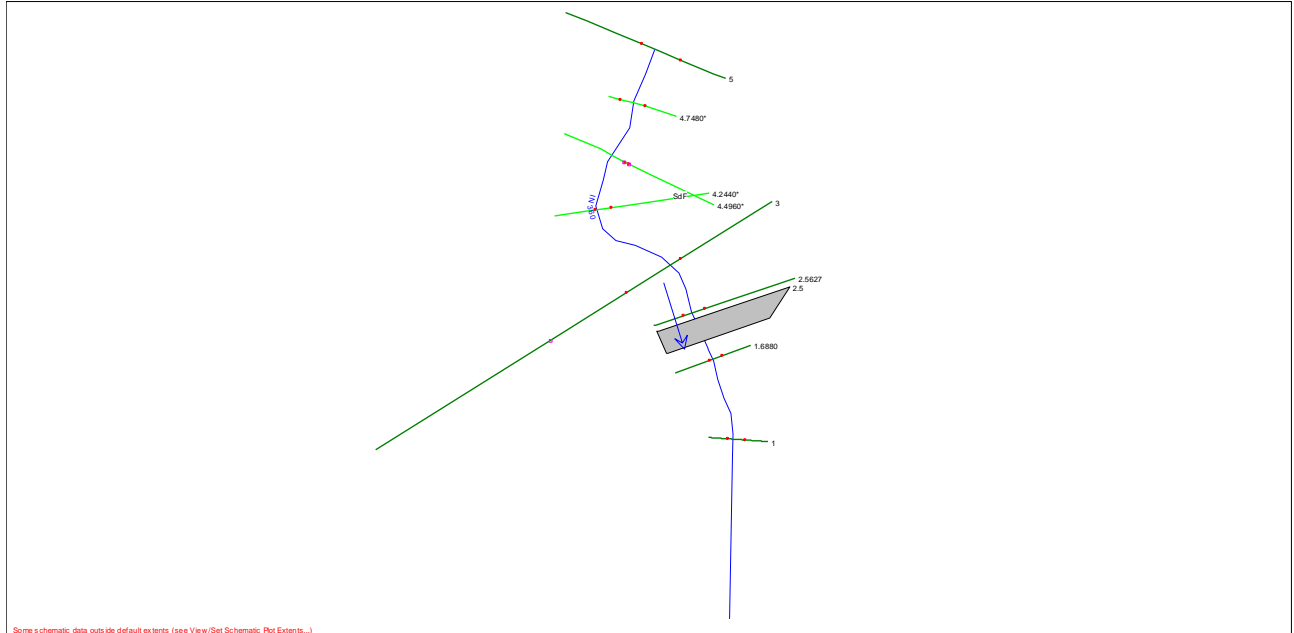


Figura 8.55 – Planimetria modello 1D – stato di fatto interferenza IN360.

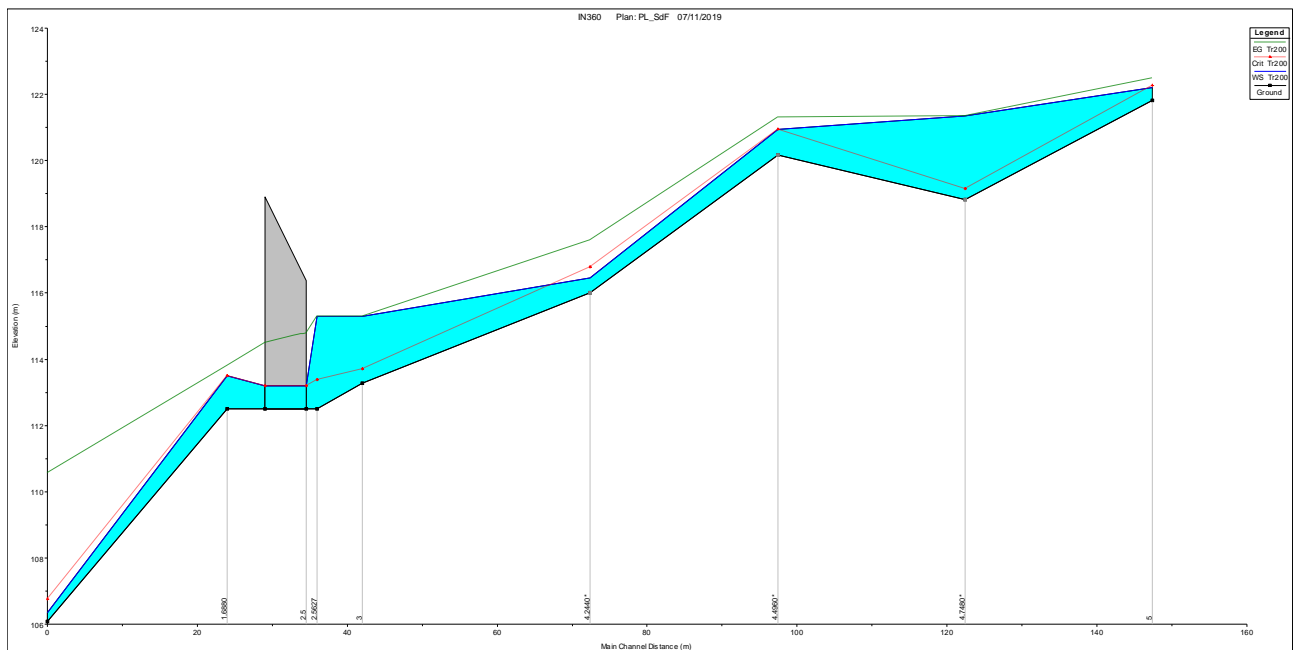


Figura 8.56 – Profilo idrico relativo alla portata di progetto modello 1D – stato di fatto interferenza IN360.

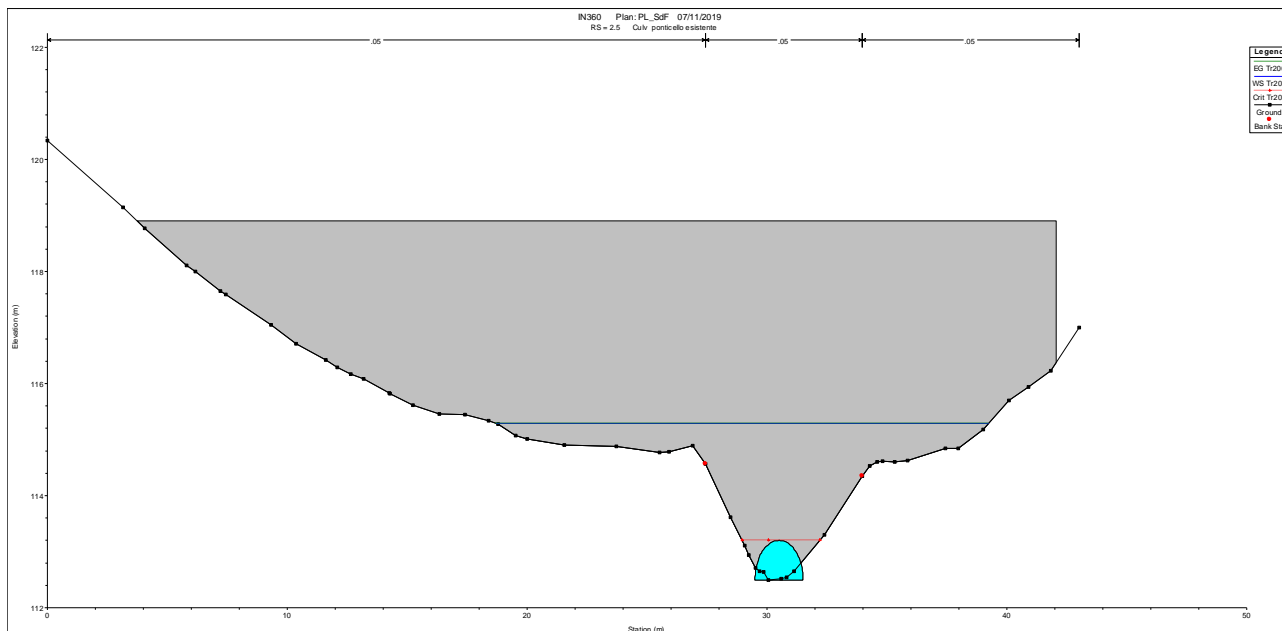


Figura 8.57 – Sezione monte manufatto – stato di fatto interferenza IN360.

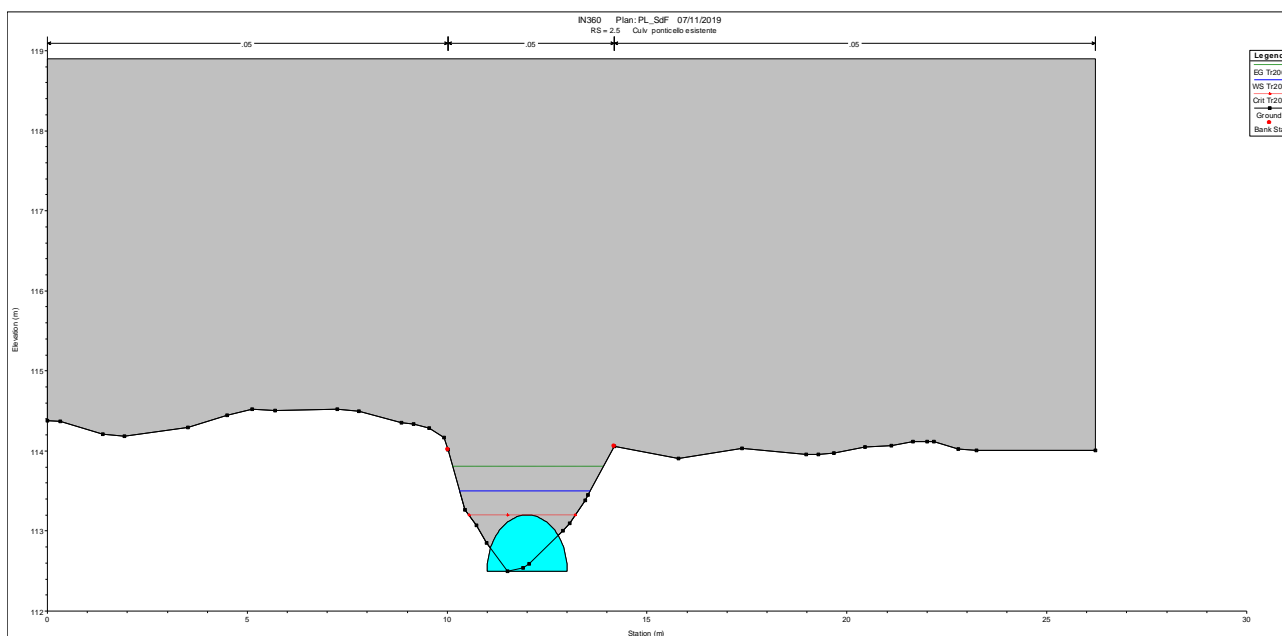


Figura 8.58 – Sezione valle manufatto – stato di fatto interferenza IN360.

8.2 Interferenza IN370 – Stato di fatto

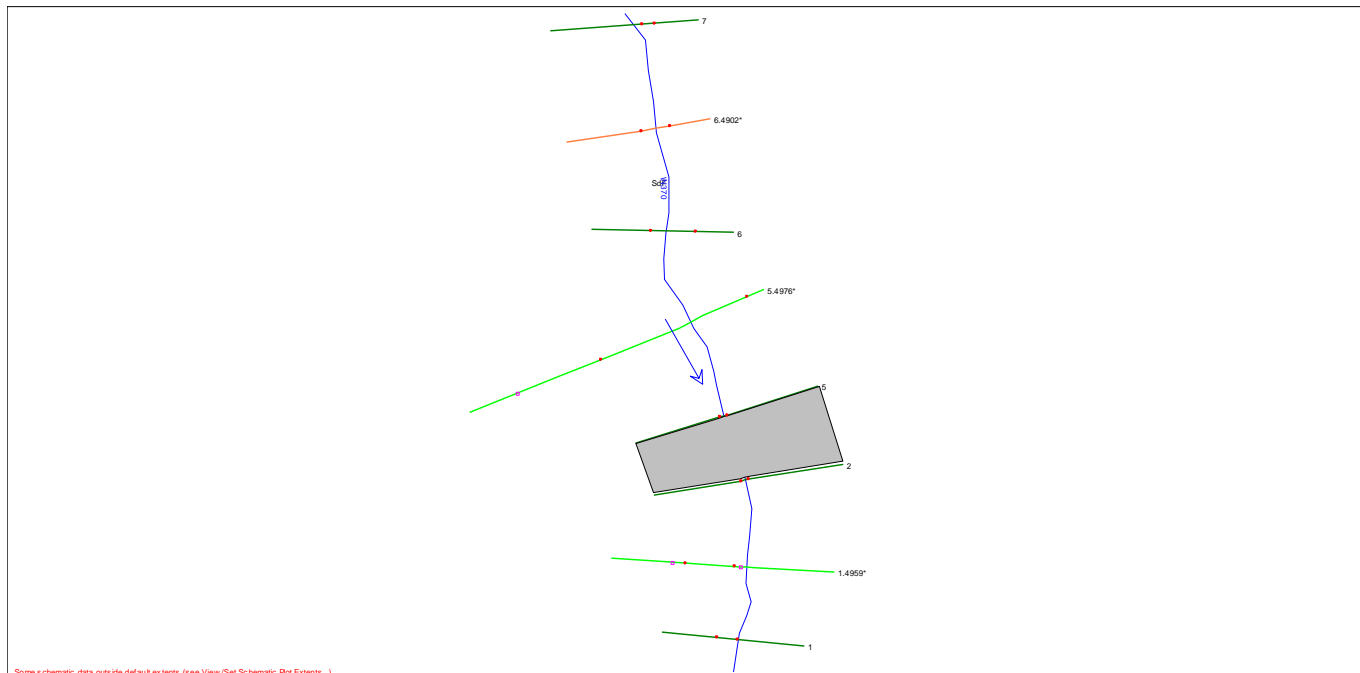


Figura 8.59 – Planimetria modello 1D – stato di fatto interferenza IN370.

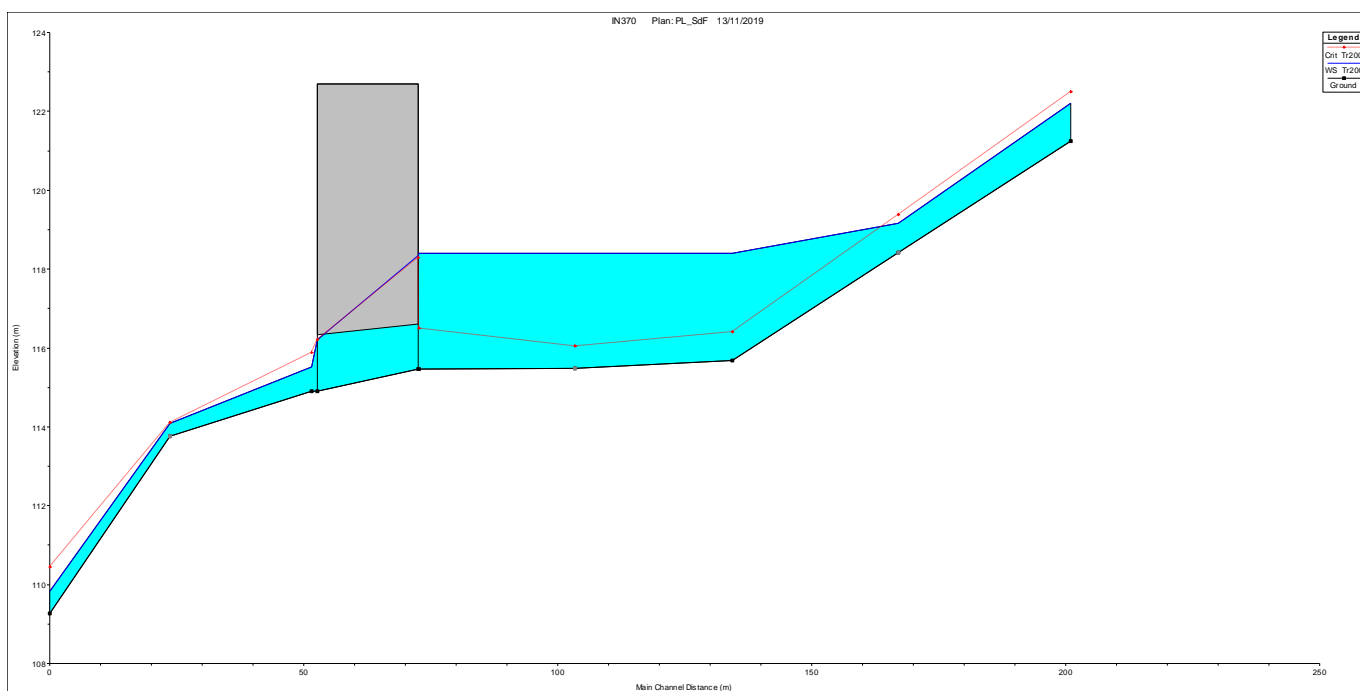


Figura 8.60 – Profilo idrico relativo alla portata di progetto modello 1D – stato di fatto interferenza IN370.

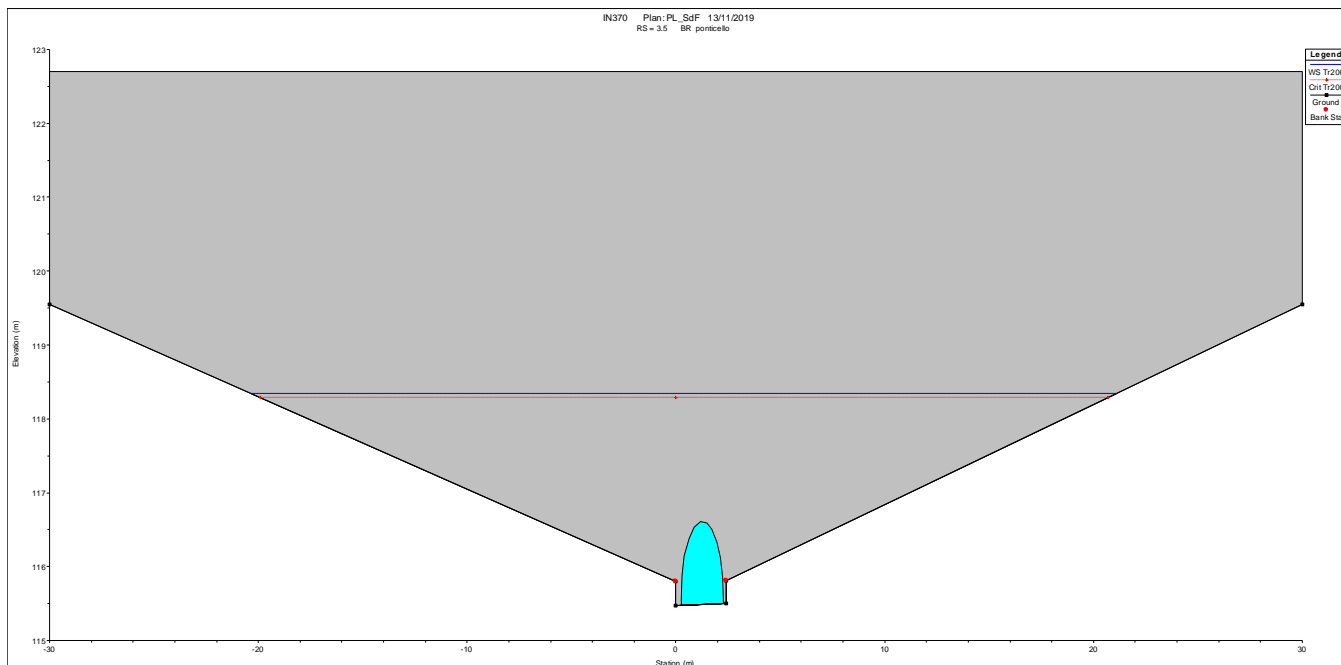


Figura 8.61 – Sezione monte manufatto – stato di fatto interferenza IN370.

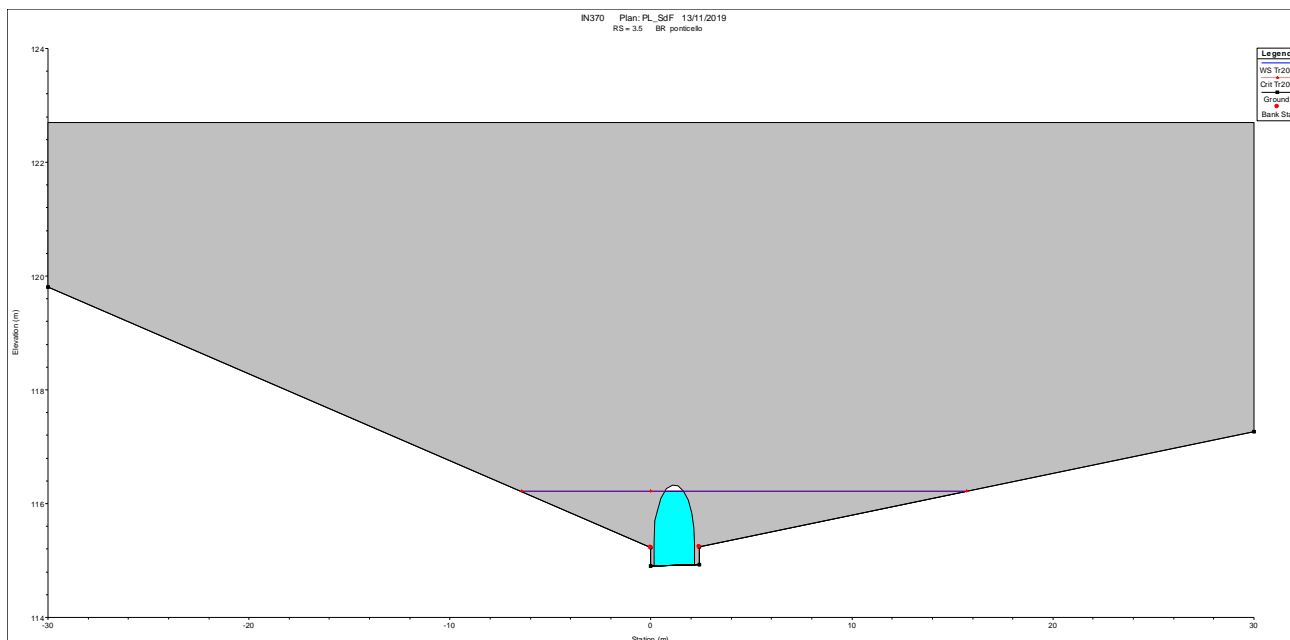


Figura 8.62 – Sezione valle manufatto – stato di fatto interferenza IN370.

8.1 Interferenza IN380 – Stato di fatto

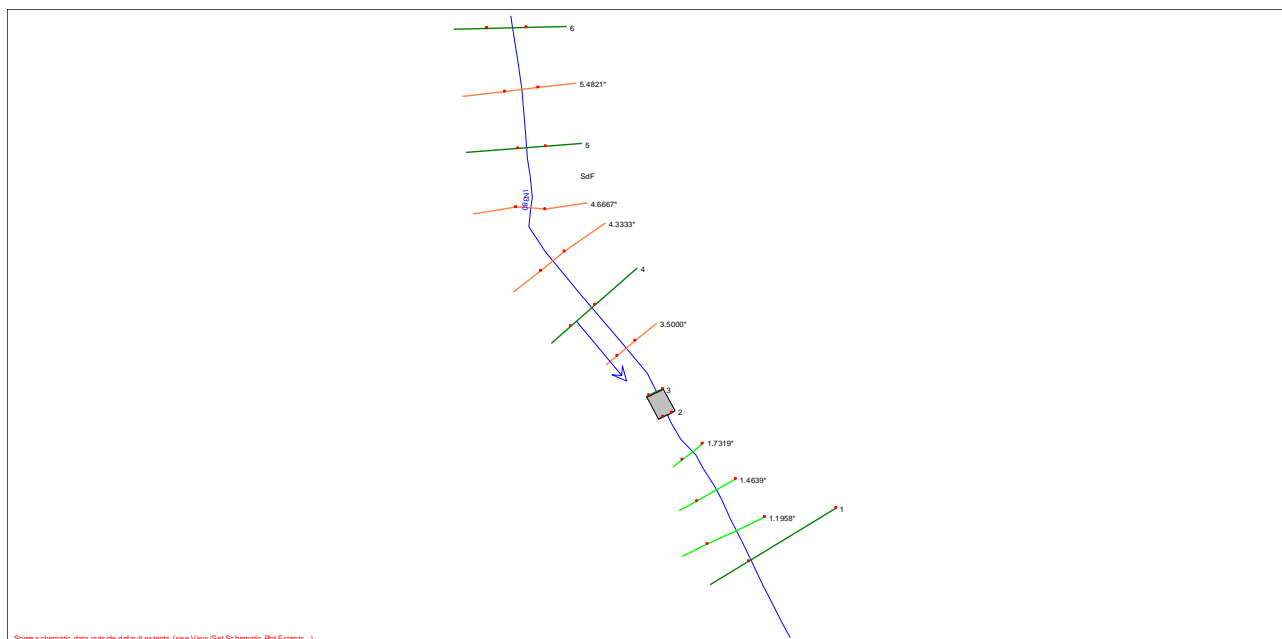


Figura 8.63 – Planimetria modello 1D – stato di fatto interferenza IN380.

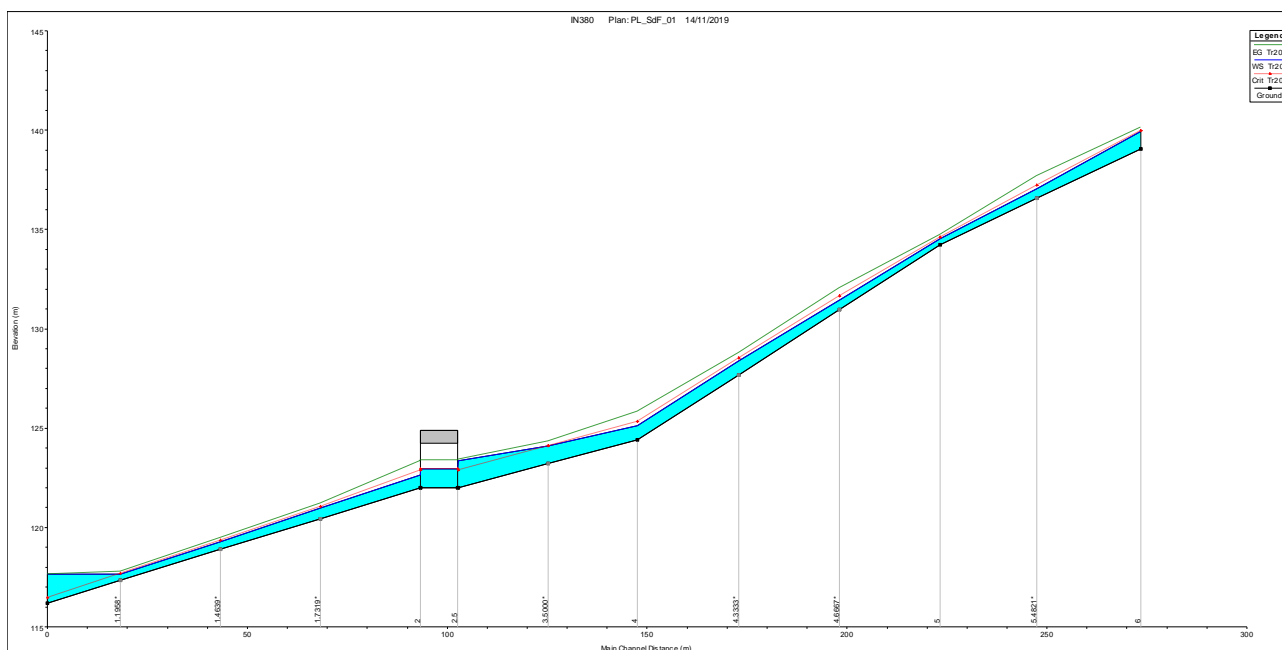


Figura 8.64 – Profilo idrico relativo alla portata di progetto modello 1D – stato di fatto interferenza IN380.

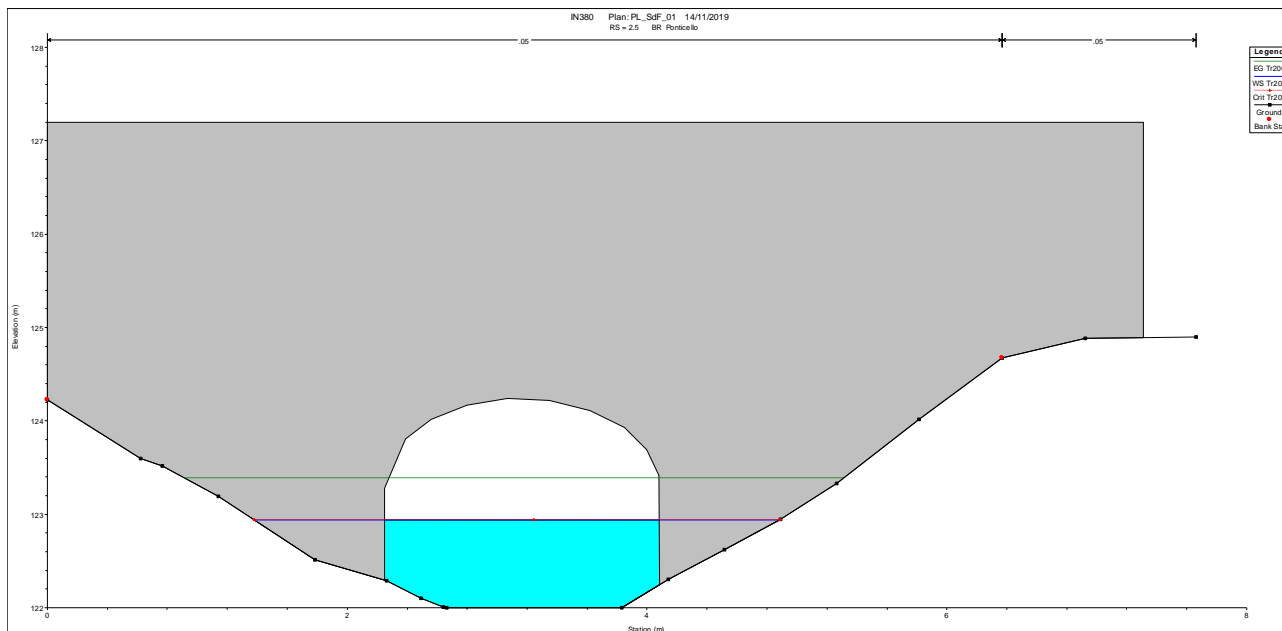


Figura 8.65 – Sezione monte manufatto – stato di fatto interferenza IN380.

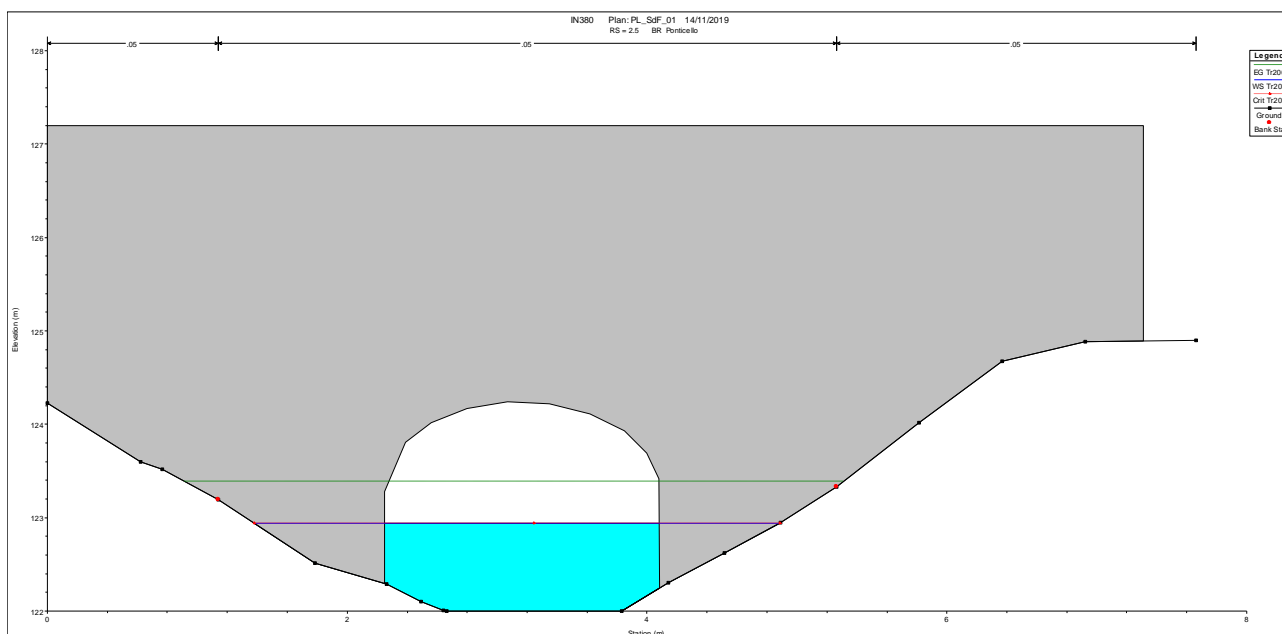


Figura 8.66 – Sezione valle manufatto – stato di fatto interferenza IN380.

8.2 Interferenza IN385 – Stato di fatto

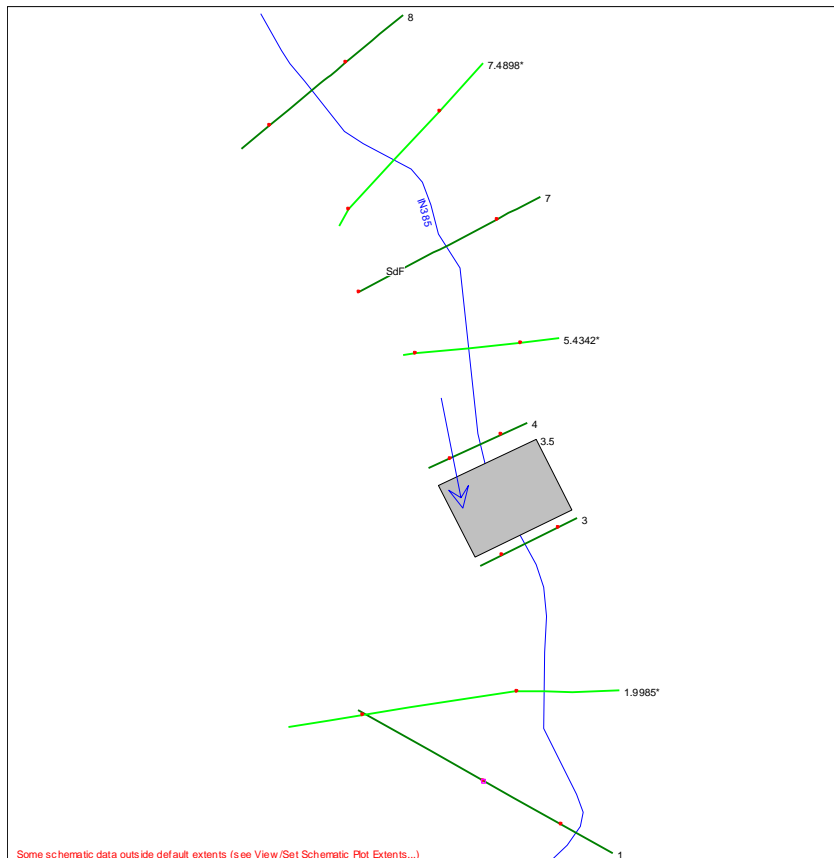


Figura 8.67 – Planimetria modello 1D – stato di fatto interferenza IN385.

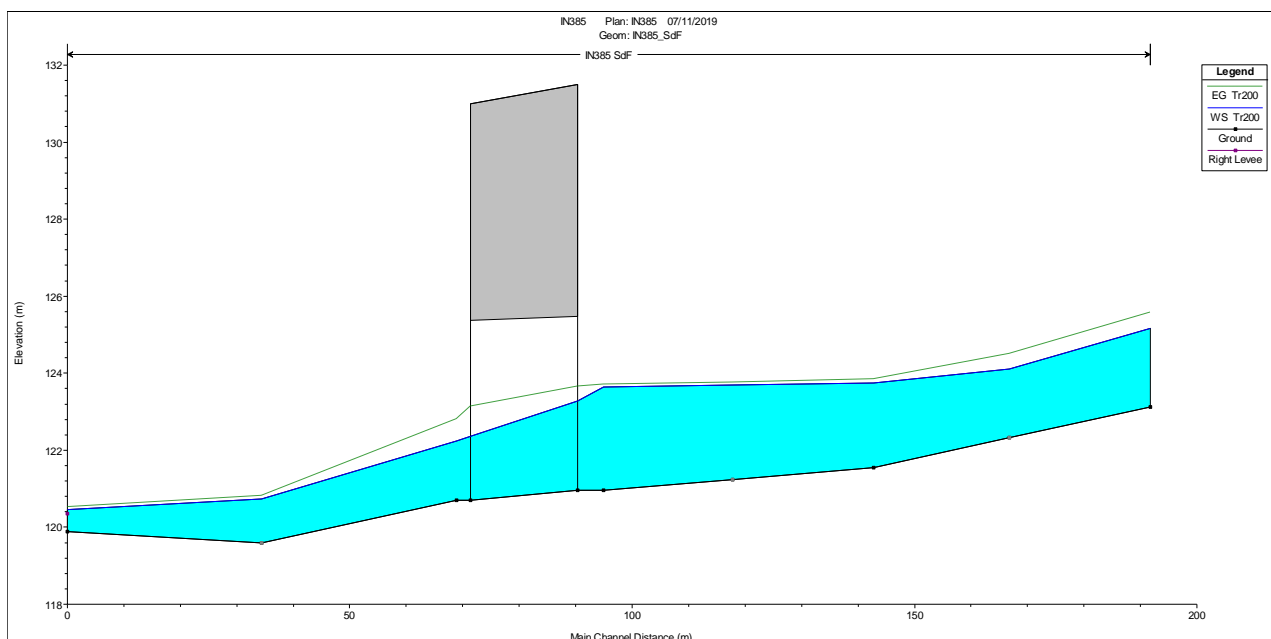


Figura 8.68 – Profilo idrico relativo alla portata di progetto modello 1D – stato di fatto interferenza IN385.

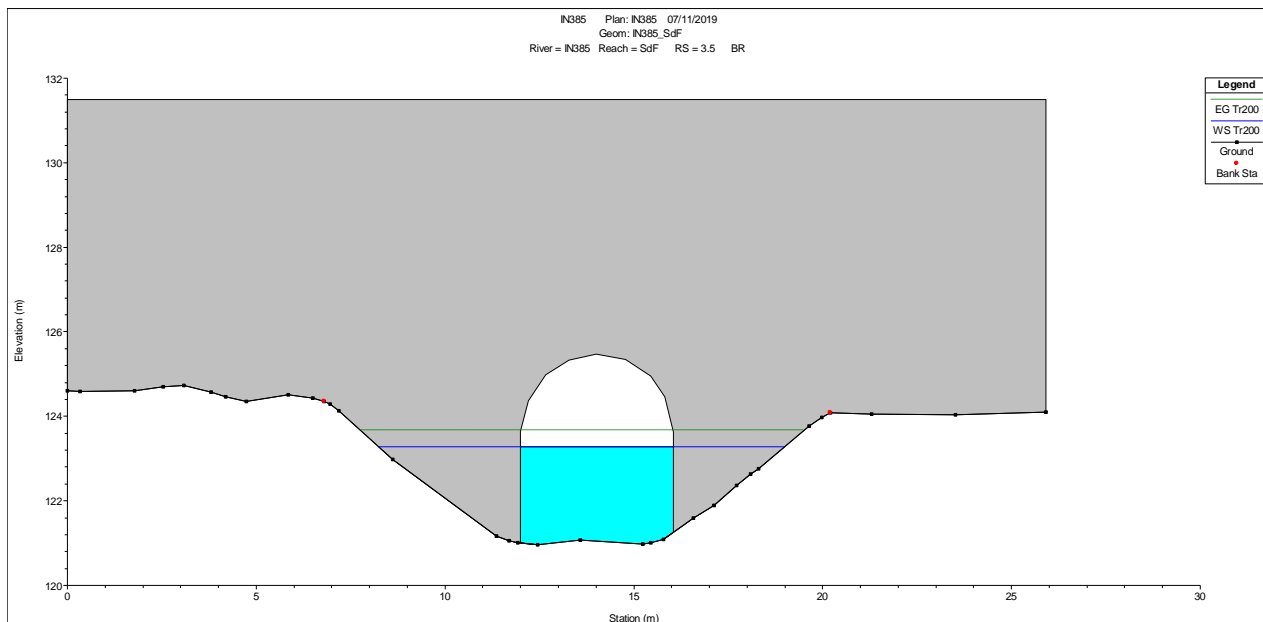


Figura 8.69 – Sezione monte manufatto – stato di fatto interferenza IN385.

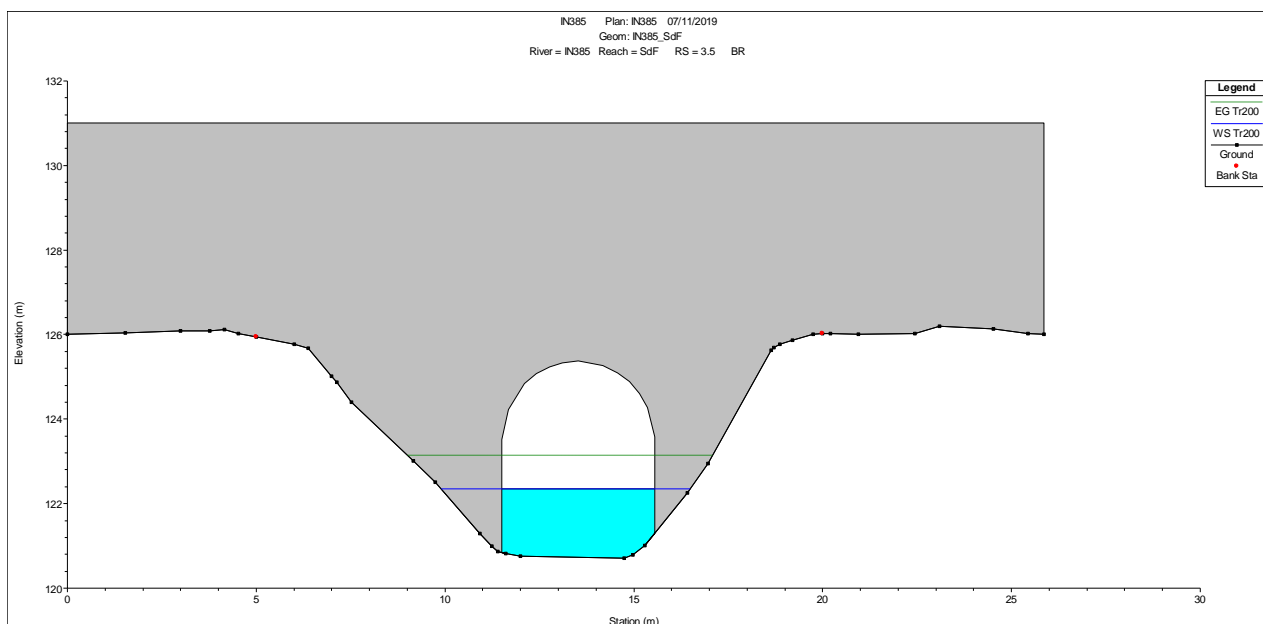


Figura 8.70 – Sezione valle manufatto – stato di fatto interferenza IN385.

8.3 Interferenza IN390 – Stato di fatto

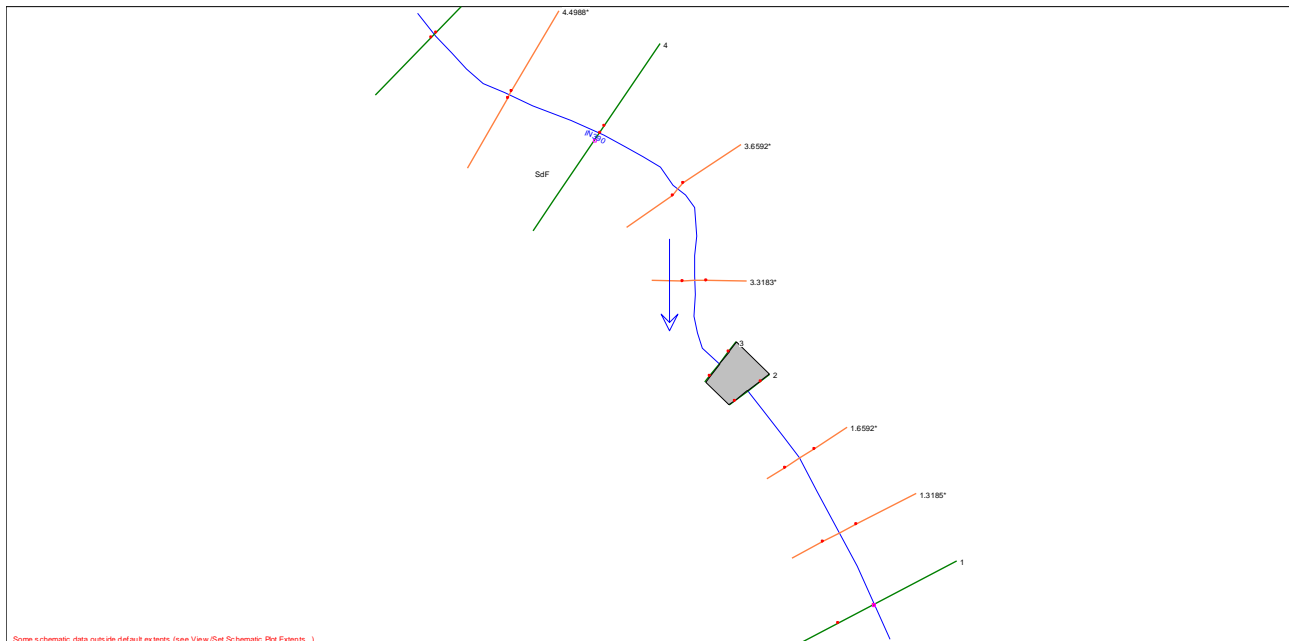


Figura 8.71 – Planimetria modello 1D – stato di fatto interferenza IN390.

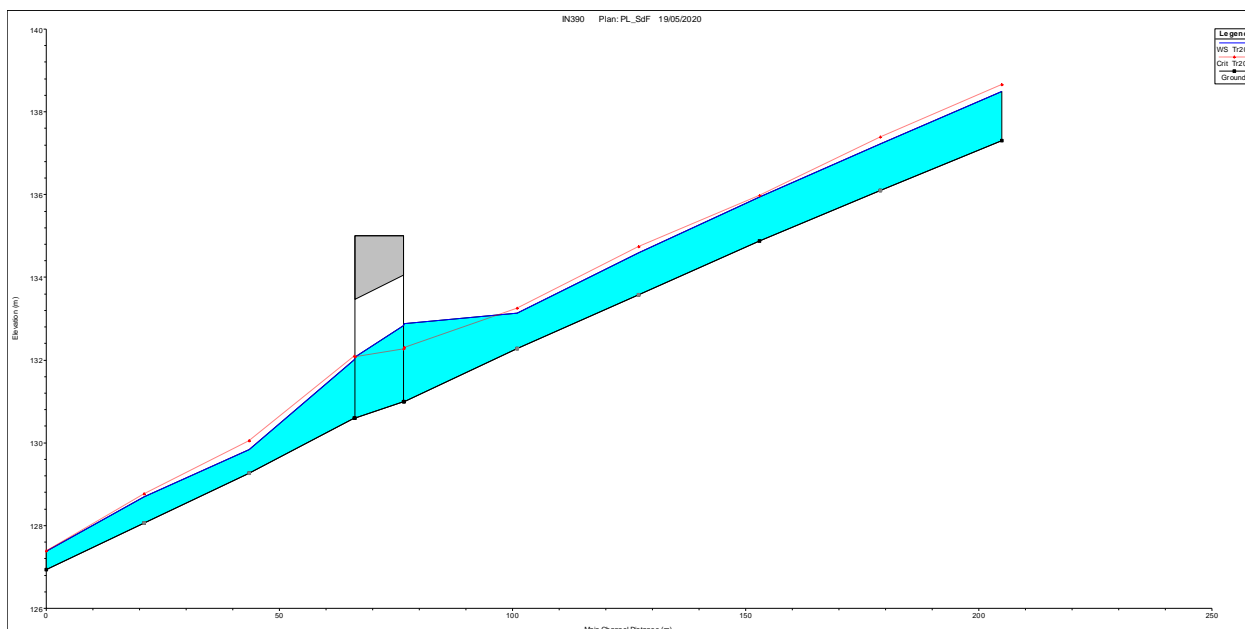


Figura 8.72 – Profilo idrico relativo alla portata di progetto modello 1D – stato di fatto interferenza IN390.

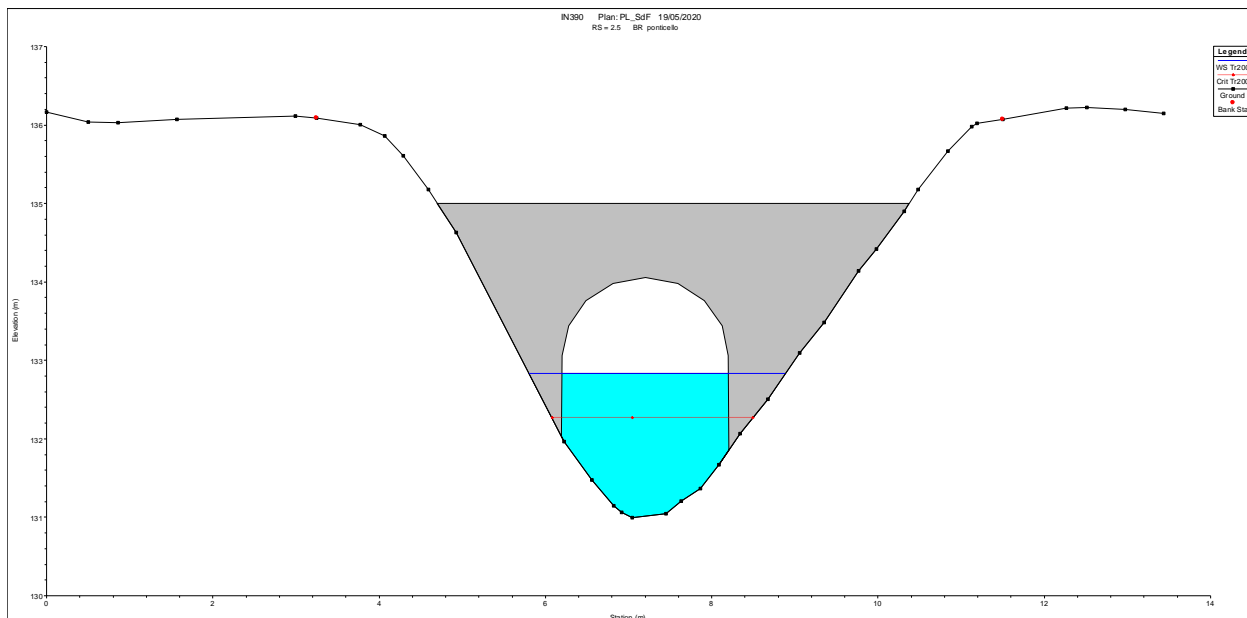


Figura 8.73 – Sezione monte manufatto – stato di fatto interferenza IN390.

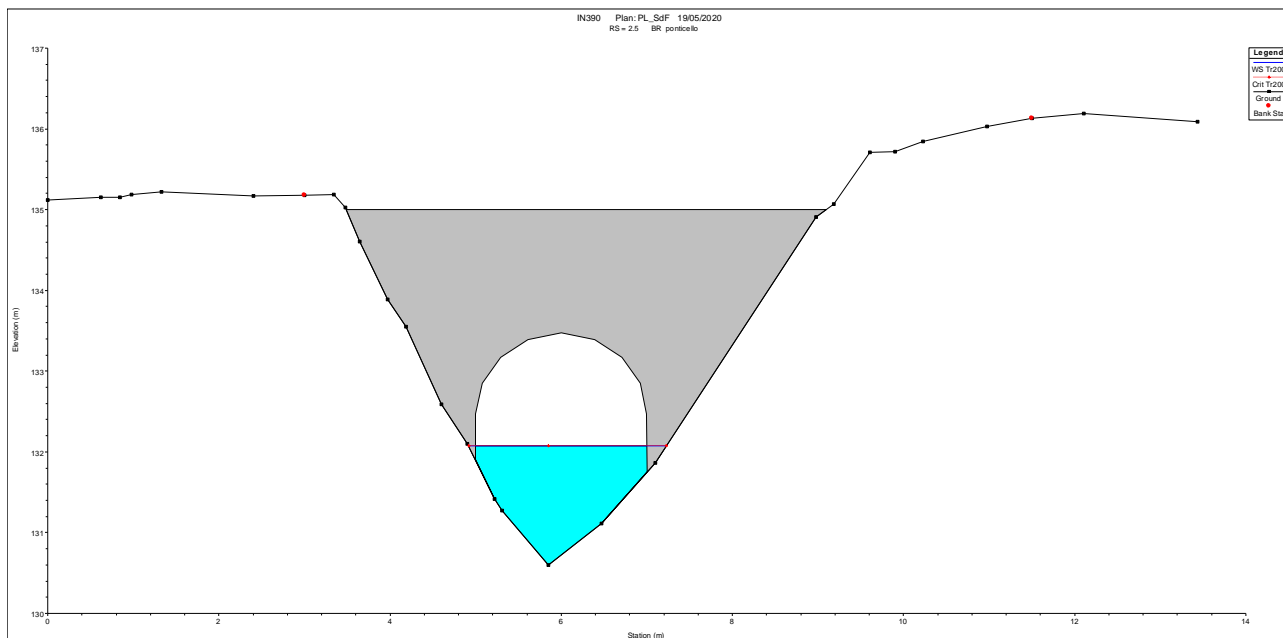


Figura 8.74 – Sezione valle manufatto – stato di fatto interferenza IN390.

8.4 Interferenza IN440 – Stato di fatto

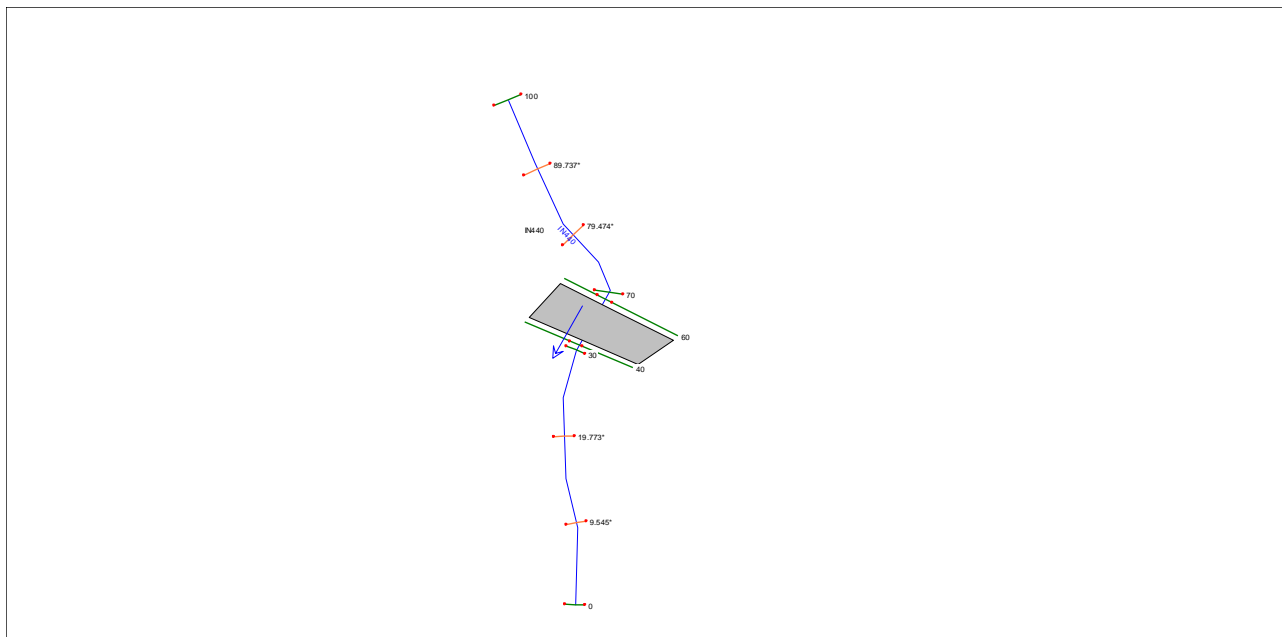


Figura 8.75 – Planimetria modello 1D – stato di fatto interferenza IN440.

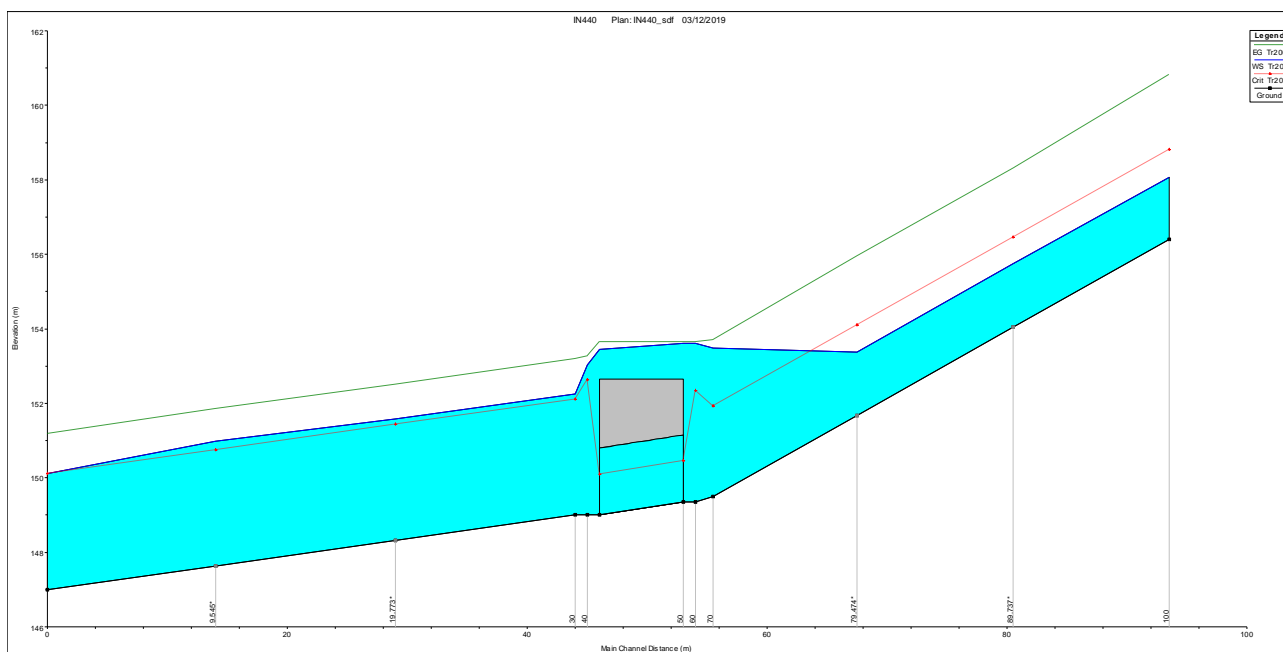


Figura 8.76 – Profilo idrico relativo alla portata di progetto modello 1D – stato di fatto interferenza IN440.

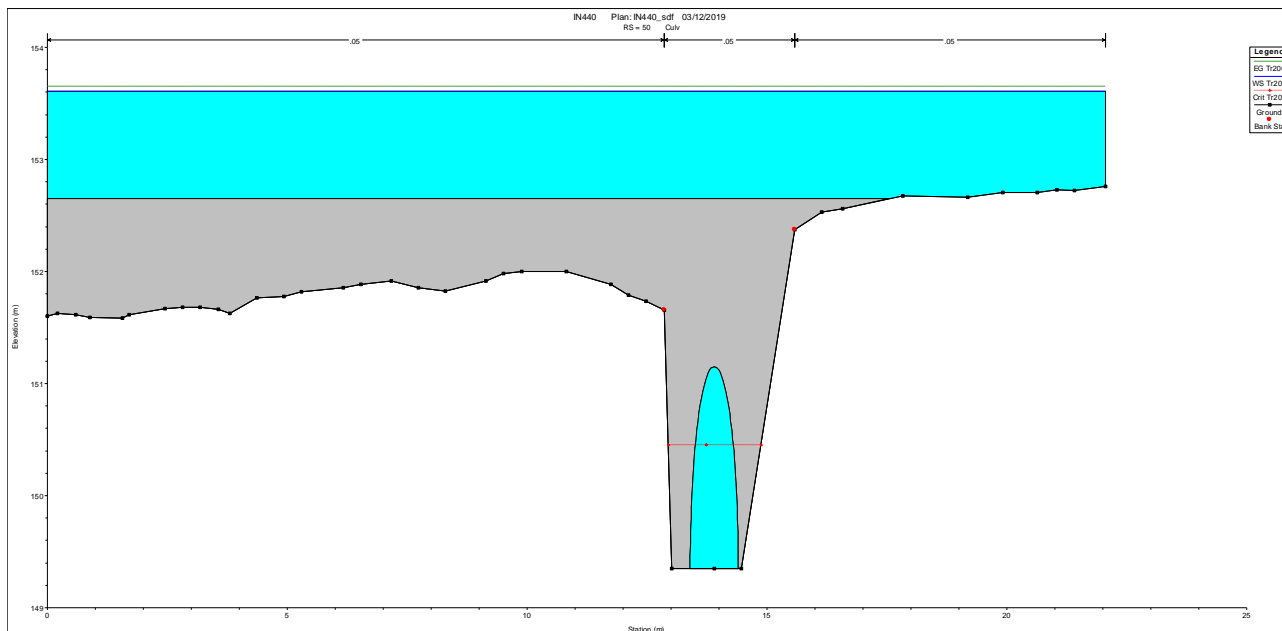


Figura 8.77 – Sezione monte manufatto – stato di fatto interferenza IN440.

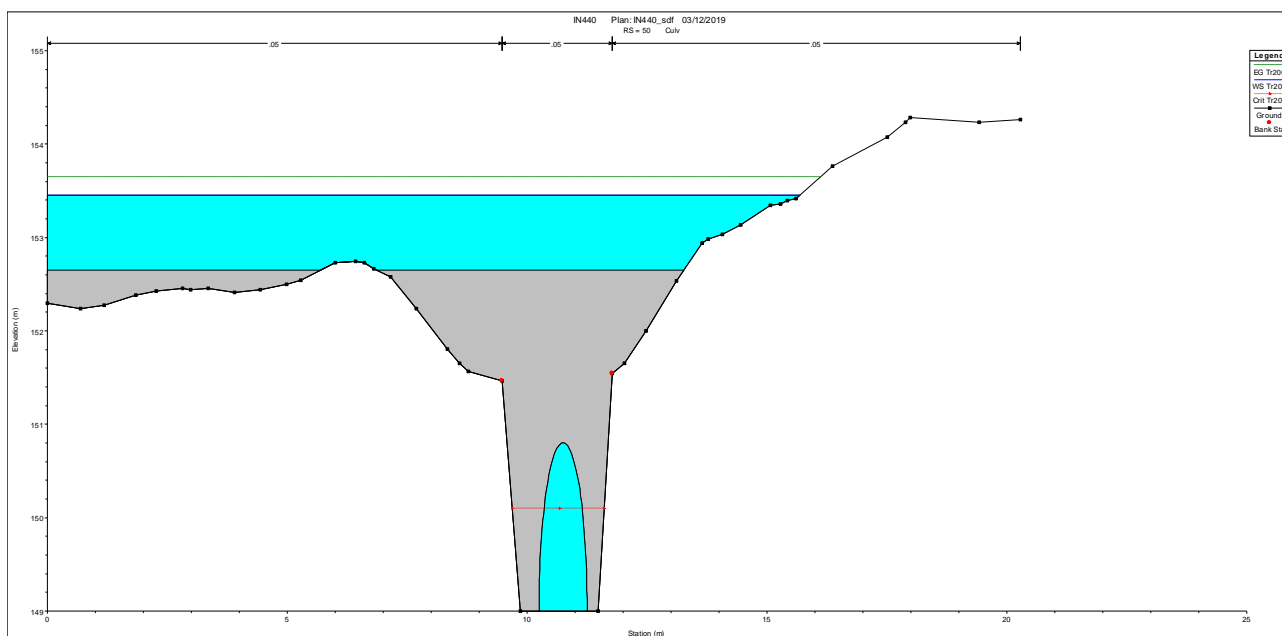


Figura 8.78 – Sezione valle manufatto – stato di fatto interferenza IN440.

8.5 Interferenza IN450– Stato di fatto

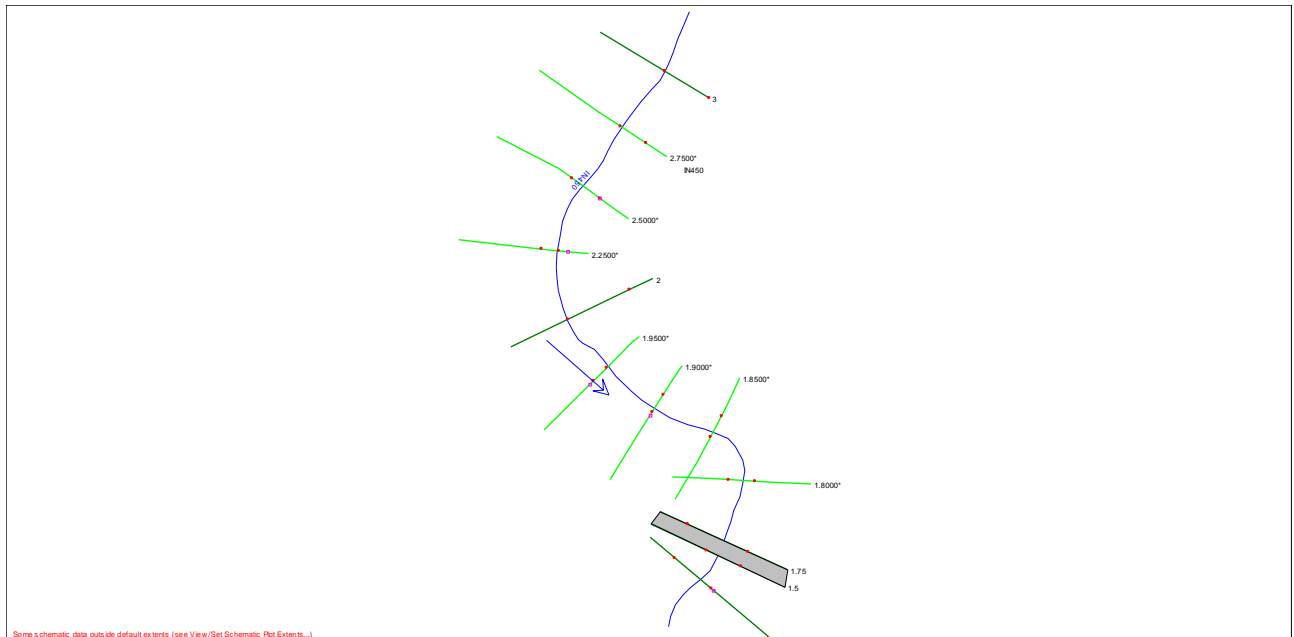


Figura 8.79 – Planimetria modello 1D – stato di fatto interferenza IN450.

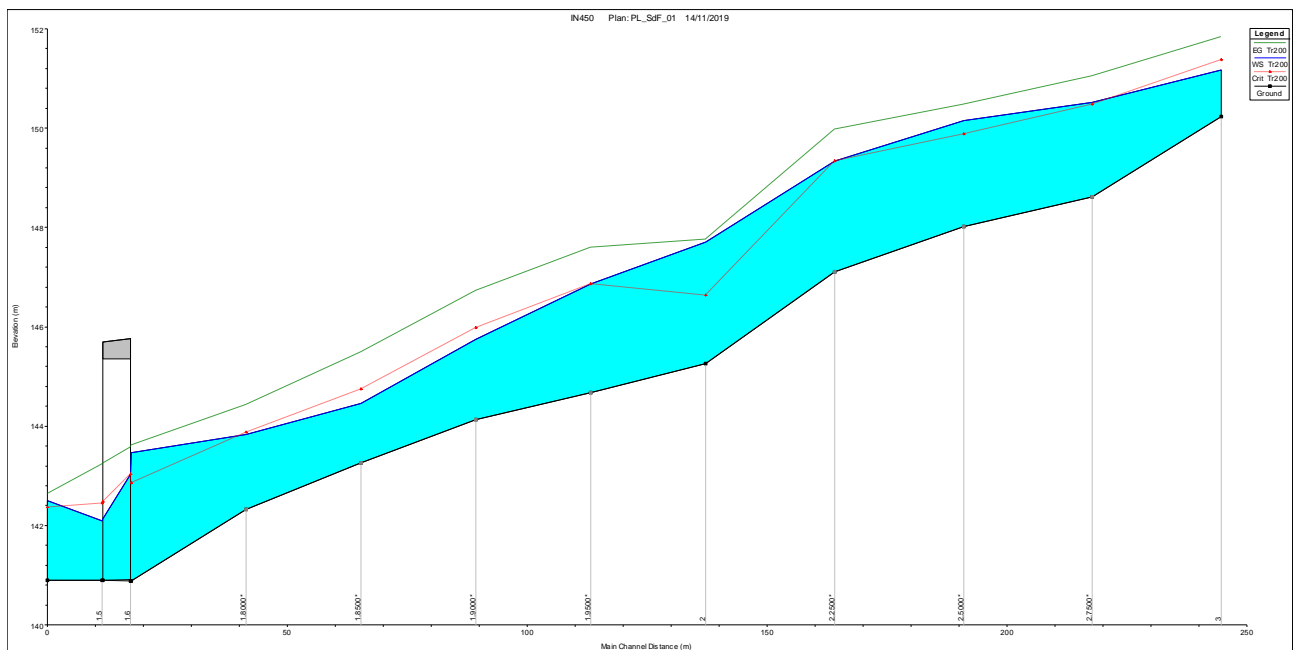


Figura 8.80 – Profilo idrico relativo alla portata di progetto modello 1D – stato di fatto interferenza IN450.

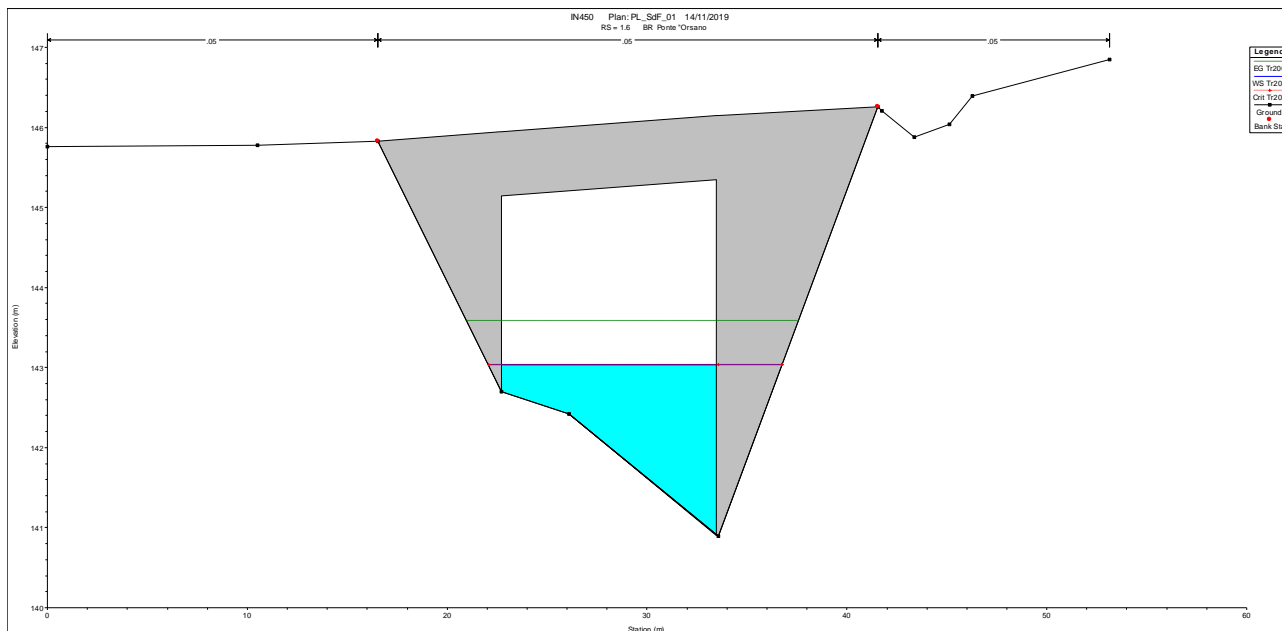


Figura 8.81 – Sezione monte manufatto – stato di fatto interferenza IN450.

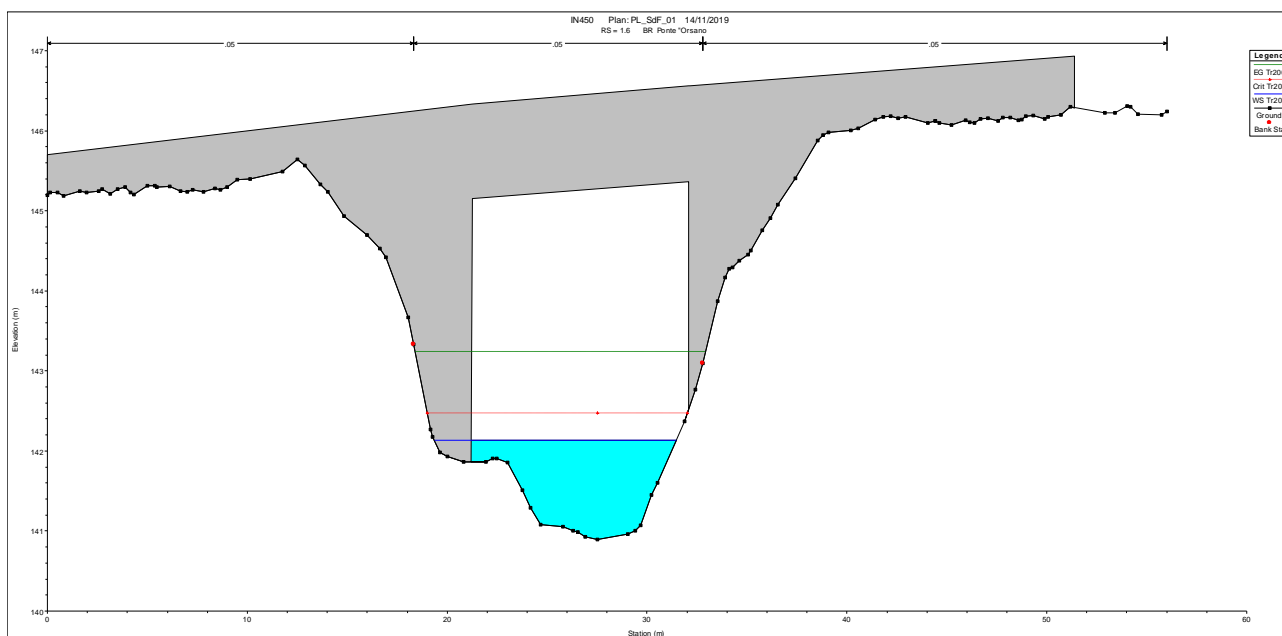


Figura 8.82 – Sezione valle manufatto – stato di fatto interferenza IN450.

8.6 Interferenza IN460 – Stato di fatto

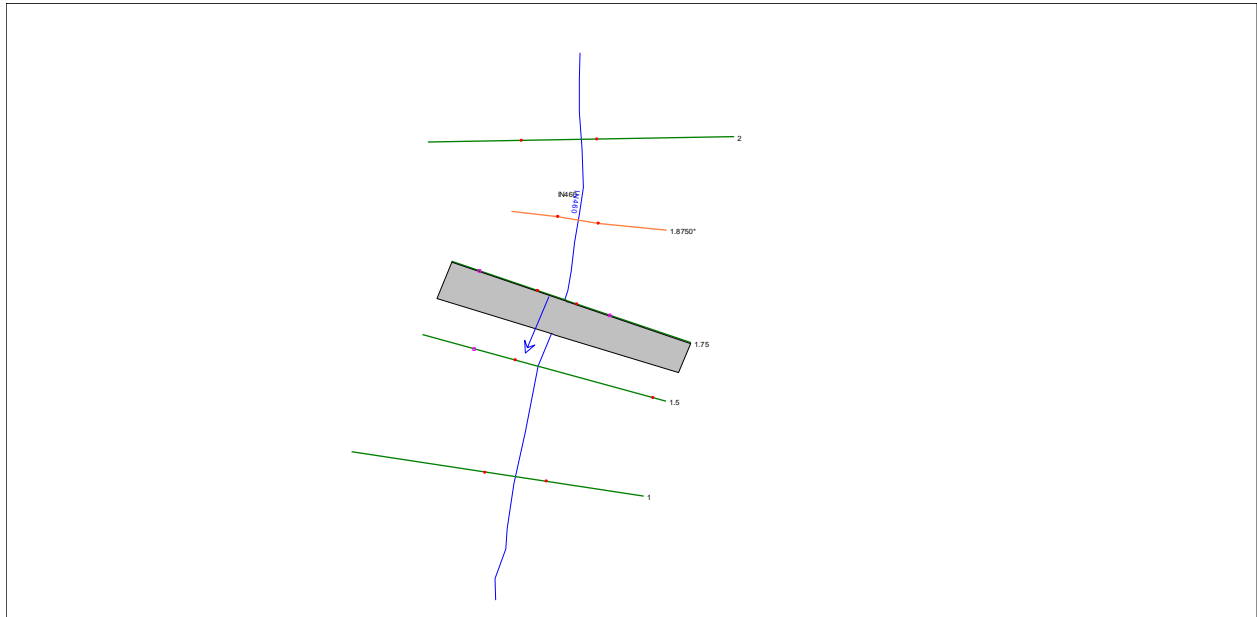


Figura 8.83 – Planimetria modello 1D – stato di fatto interferenza IN460.

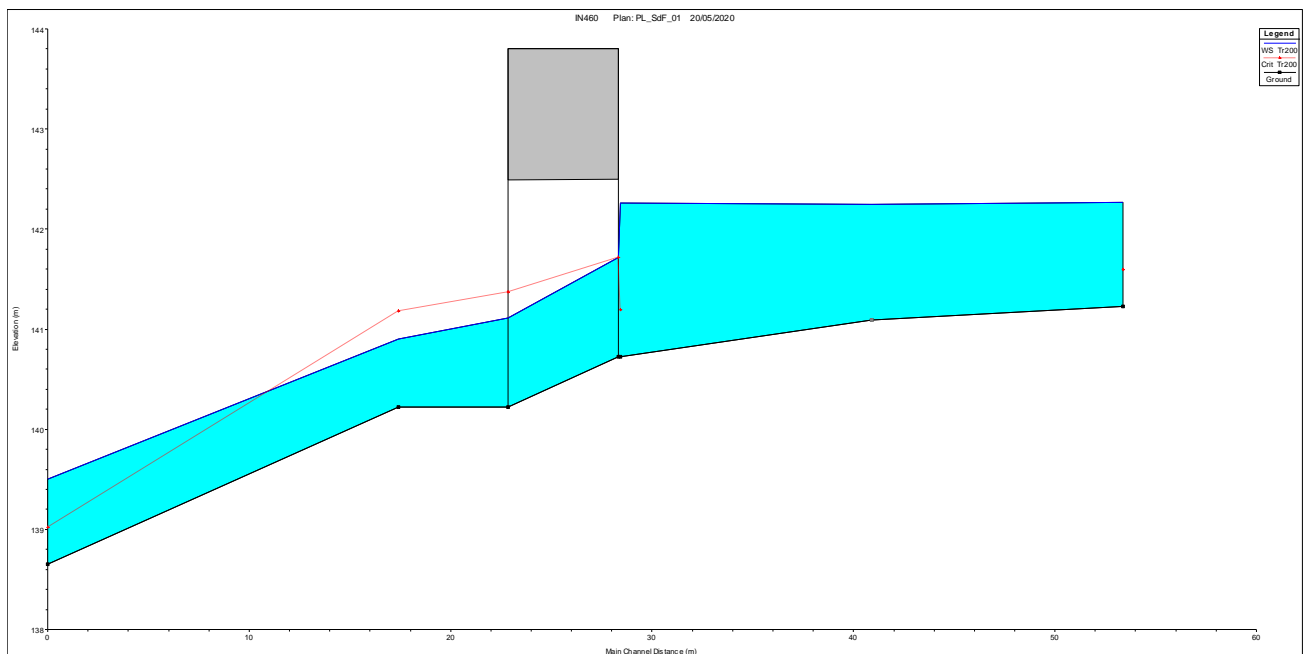


Figura 8.84 – Profilo idrico relativo alla portata di progetto modello 1D – stato di fatto interferenza IN460.

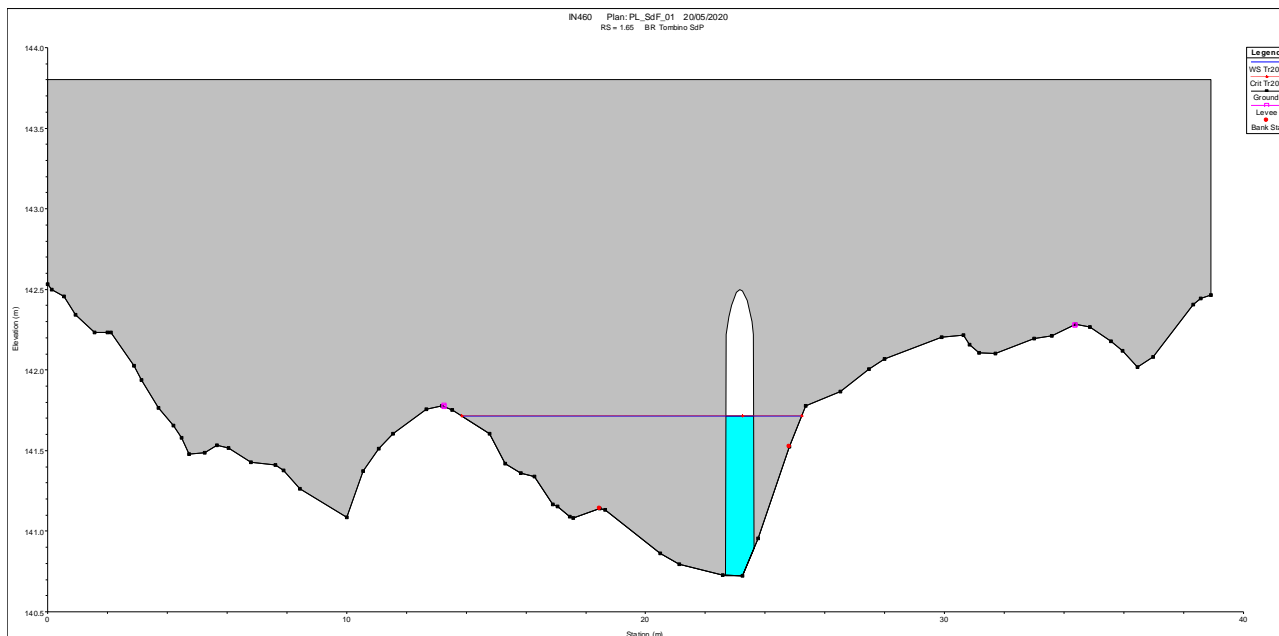


Figura 8.85 – Sezione monte manufatto – stato di fatto interferenza IN460.

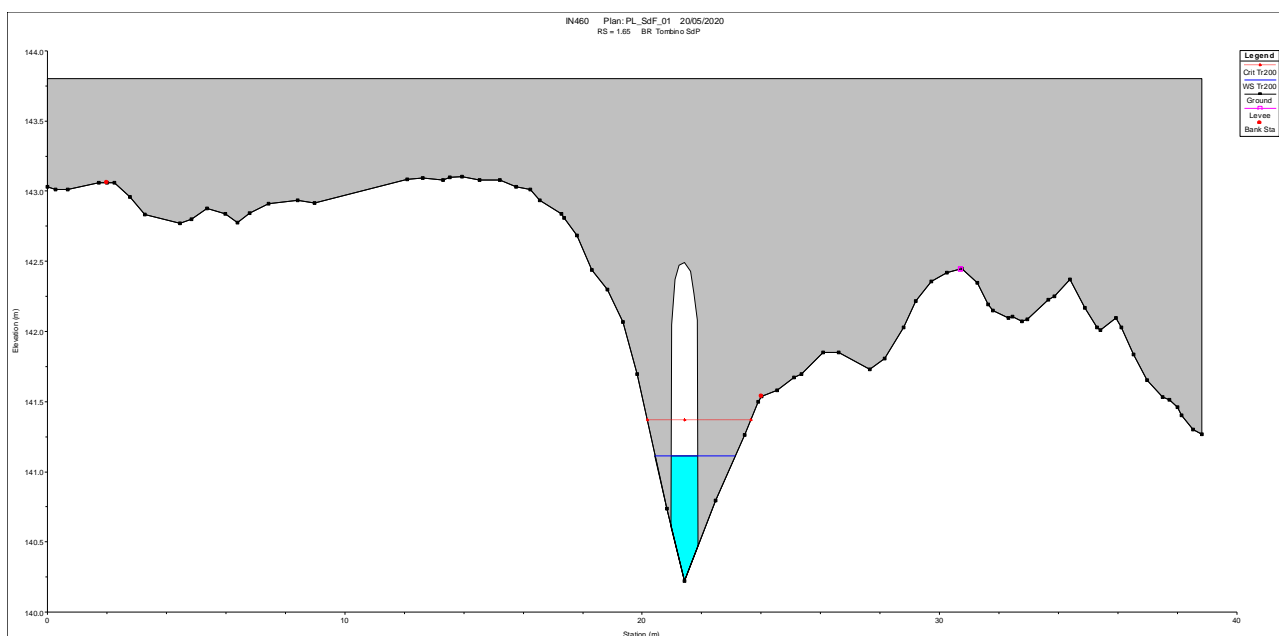


Figura 8.86 – Sezione valle manufatto – stato di fatto interferenza IN460.

8.1 Interferenza IN530 – Stato di fatto

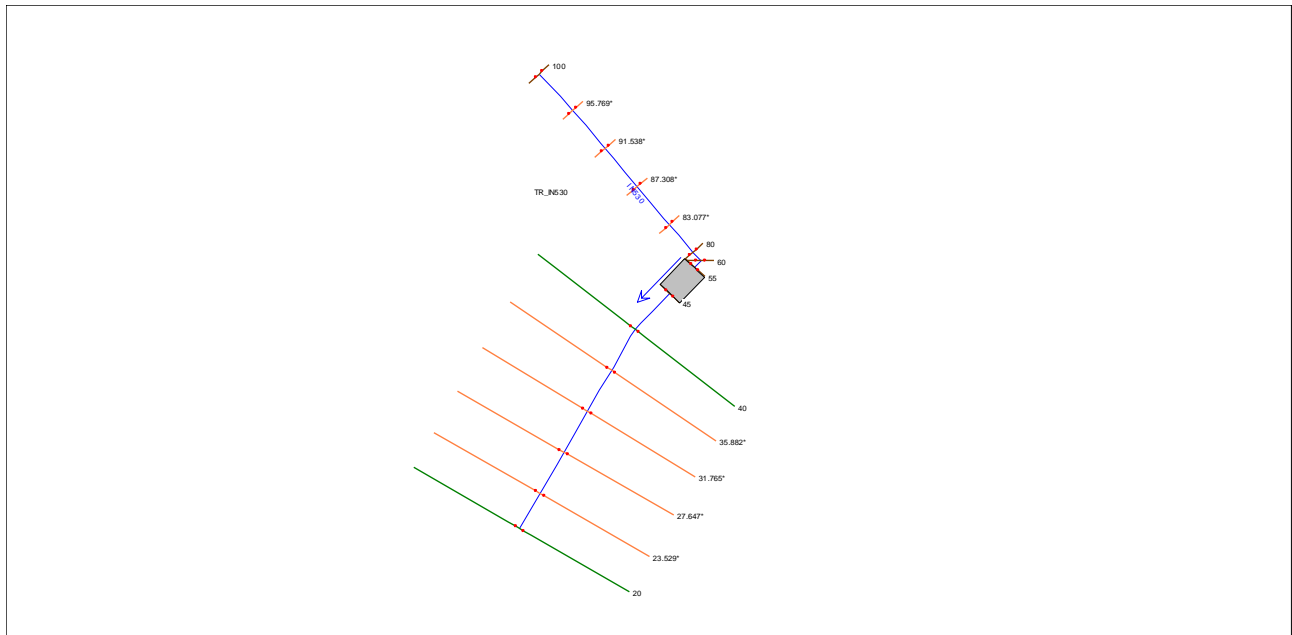


Figura 8.87 – Planimetria modello 1D – stato di fatto interferenza IN530.

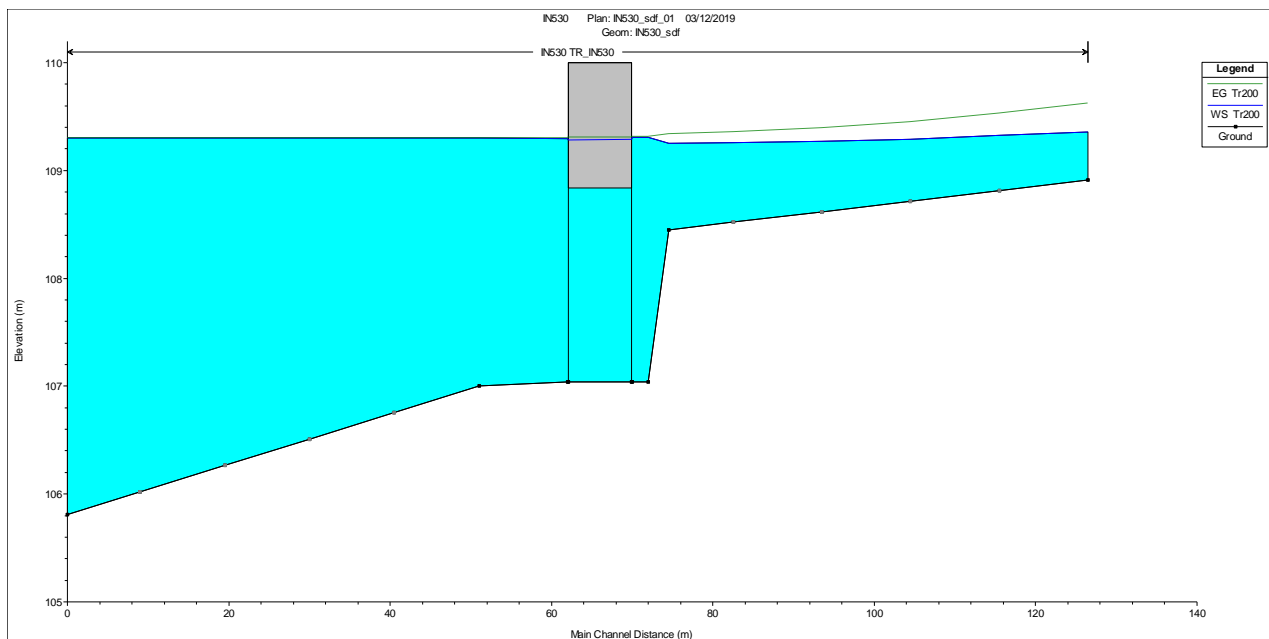


Figura 8.88 – Profilo idrico relativo alla portata di progetto modello 1D – stato di fatto interferenza IN530.

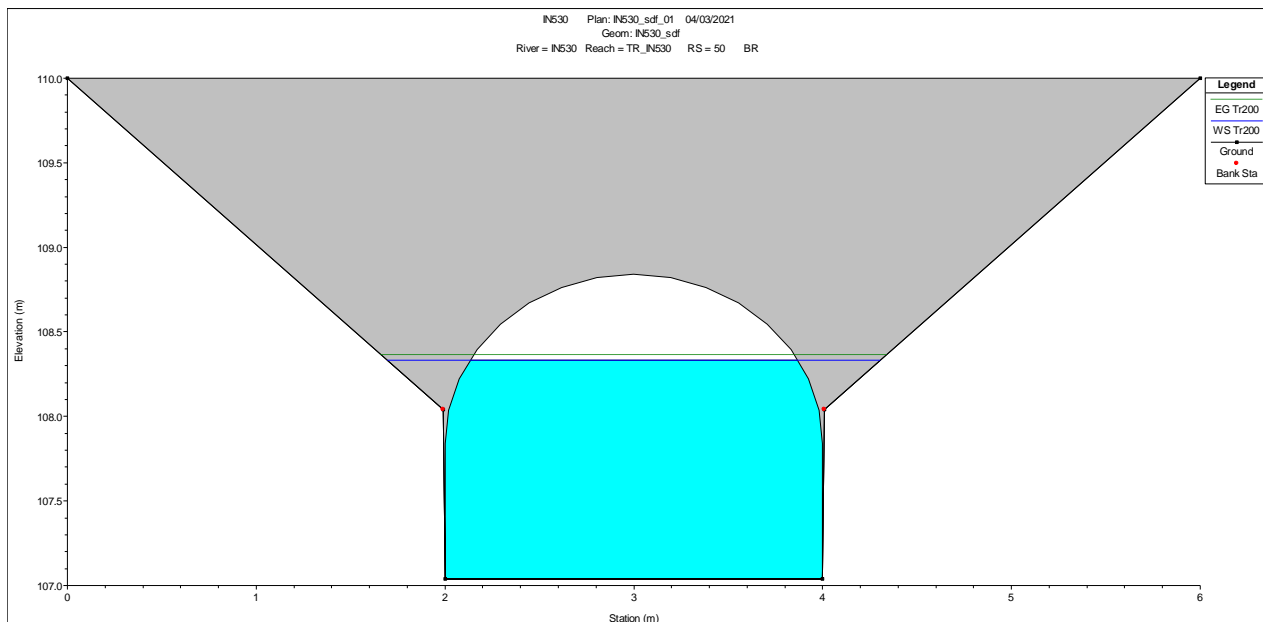


Figura 8.89 – Sezione monte manufatto – stato di fatto interferenza 530.

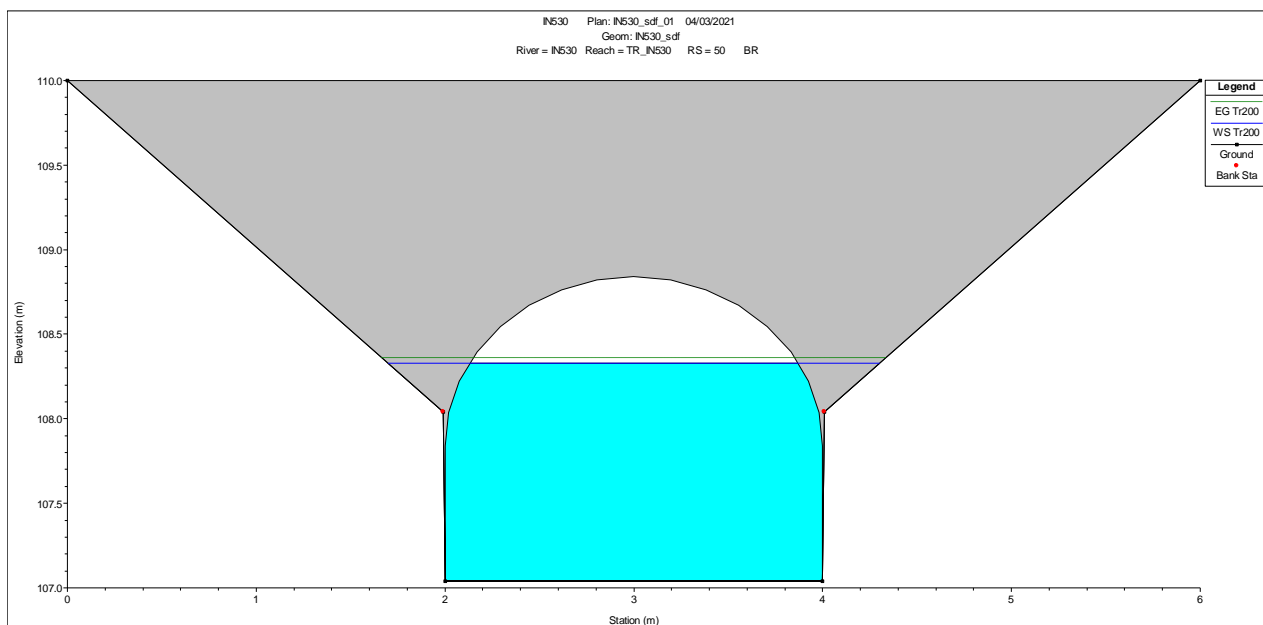


Figura 8.90 – Sezione valle manufatto – stato di fatto interferenza IN530.

8.2 Interferenza IN80 – Stato di progetto

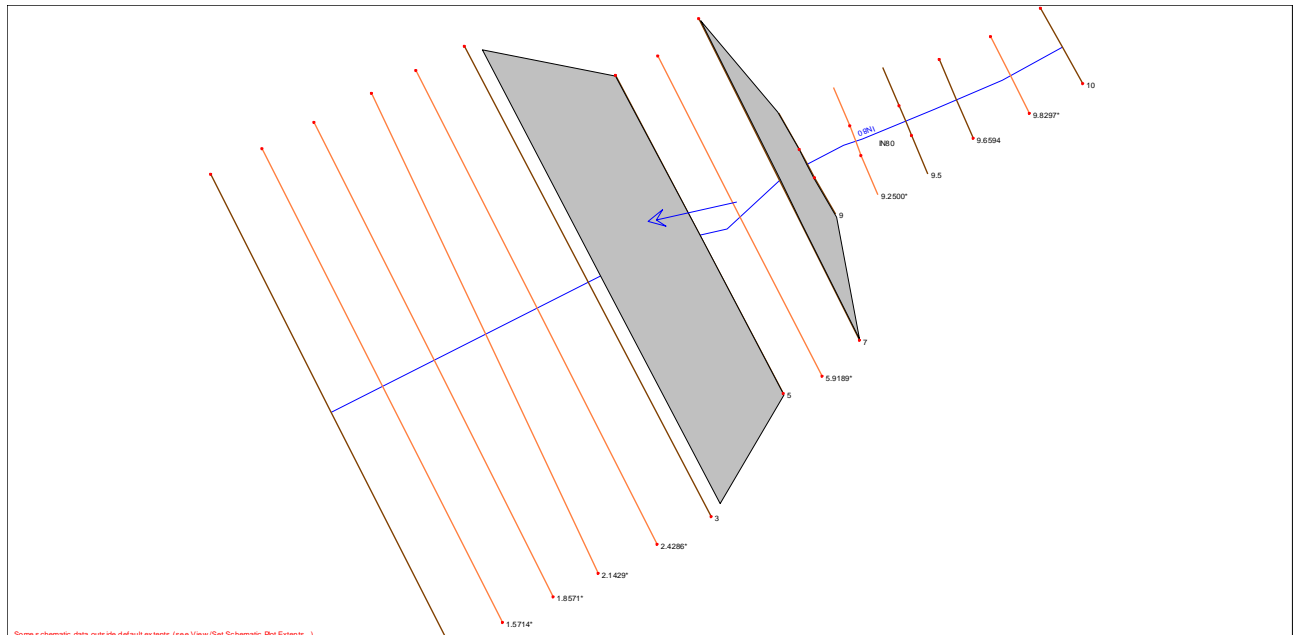


Figura 8.91 – Planimetria modello 1D – stato di progetto interferenza IN80.

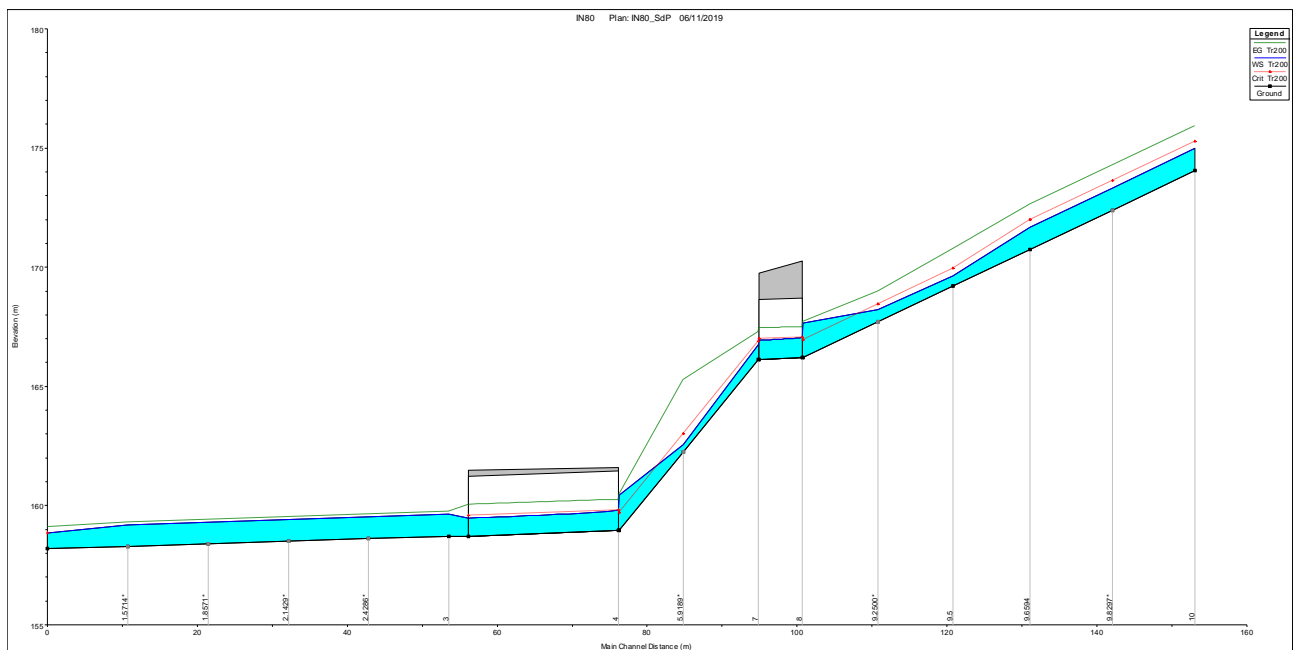


Figura 8.92 – Profilo idrico relativo alla portata di progetto modello 1D – stato di progetto interferenza IN80.

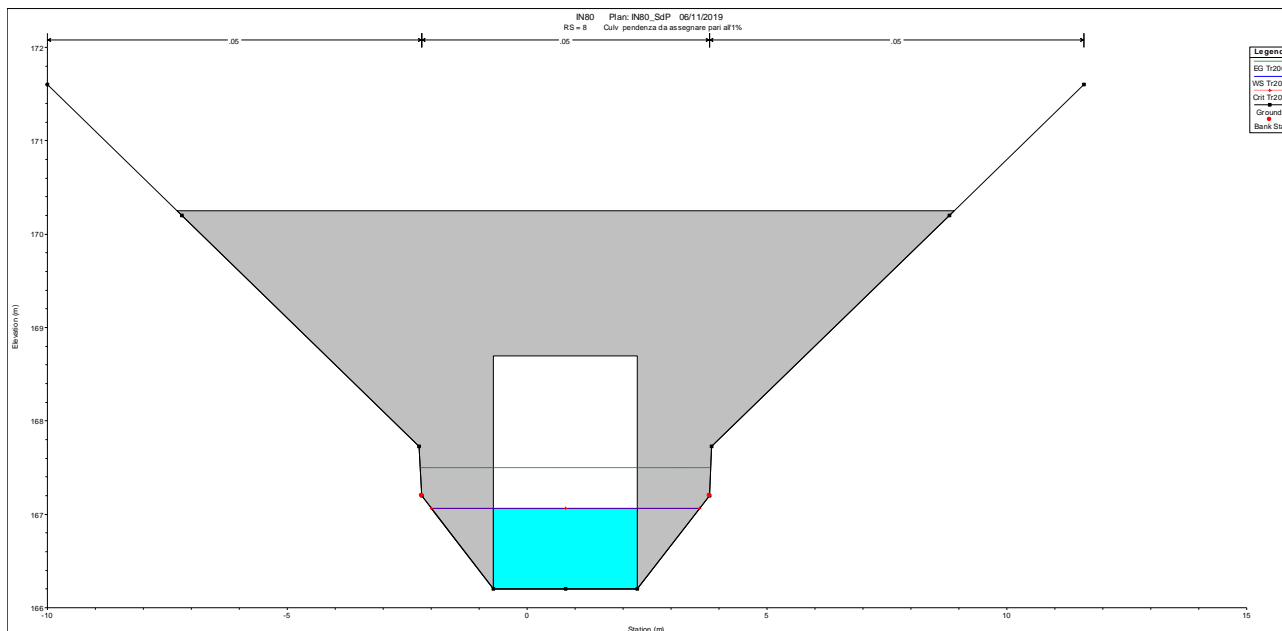


Figura 8.93 – Sezione monte manufatto 1 – stato di progetto interferenza IN80.

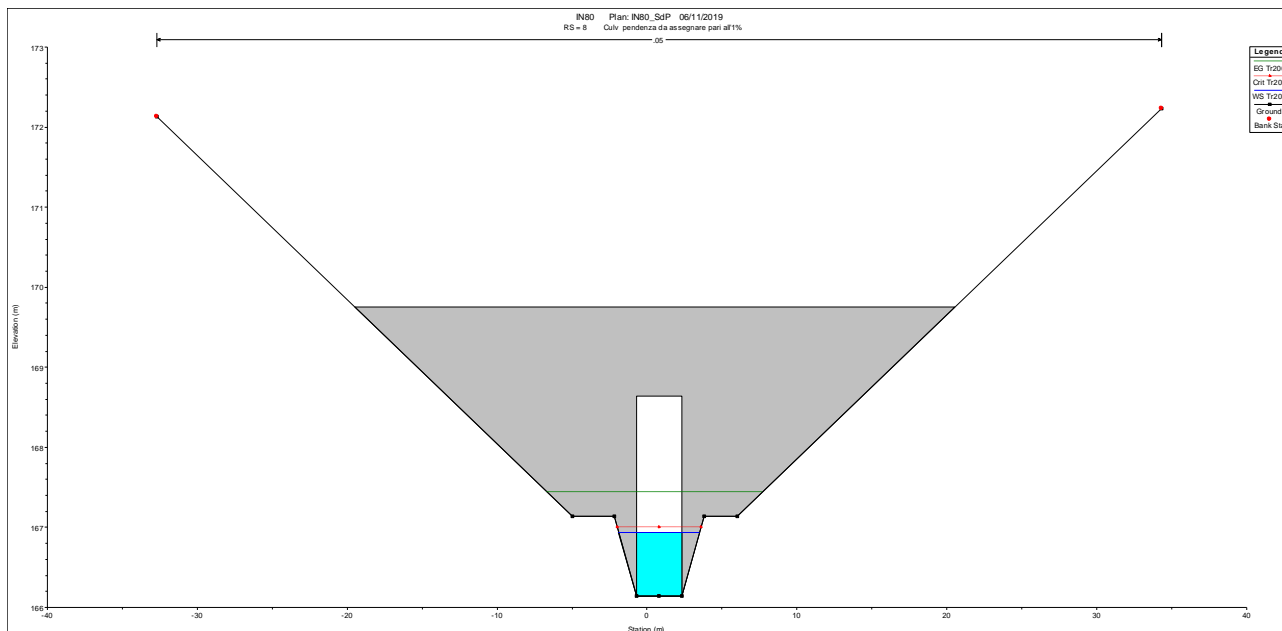


Figura 8.94 – Sezione valle manufatto 1 – stato di progetto interferenza IN80.

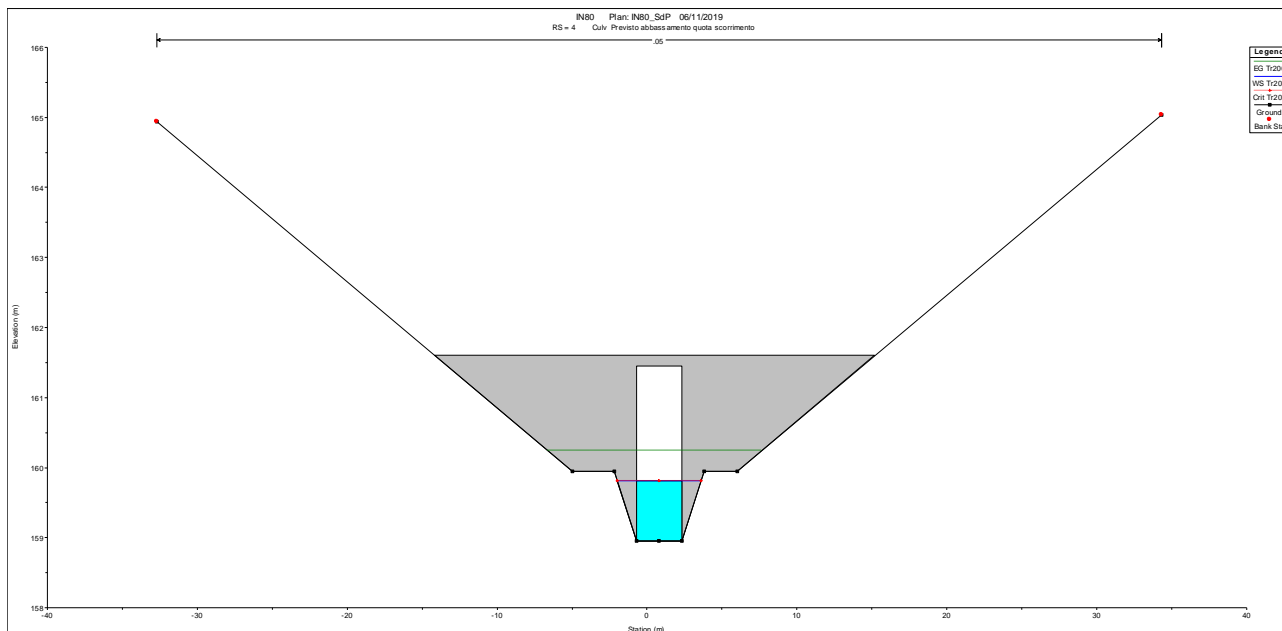


Figura 8.95 – Sezione monte manufatto 2 – stato di progetto interferenza IN80.

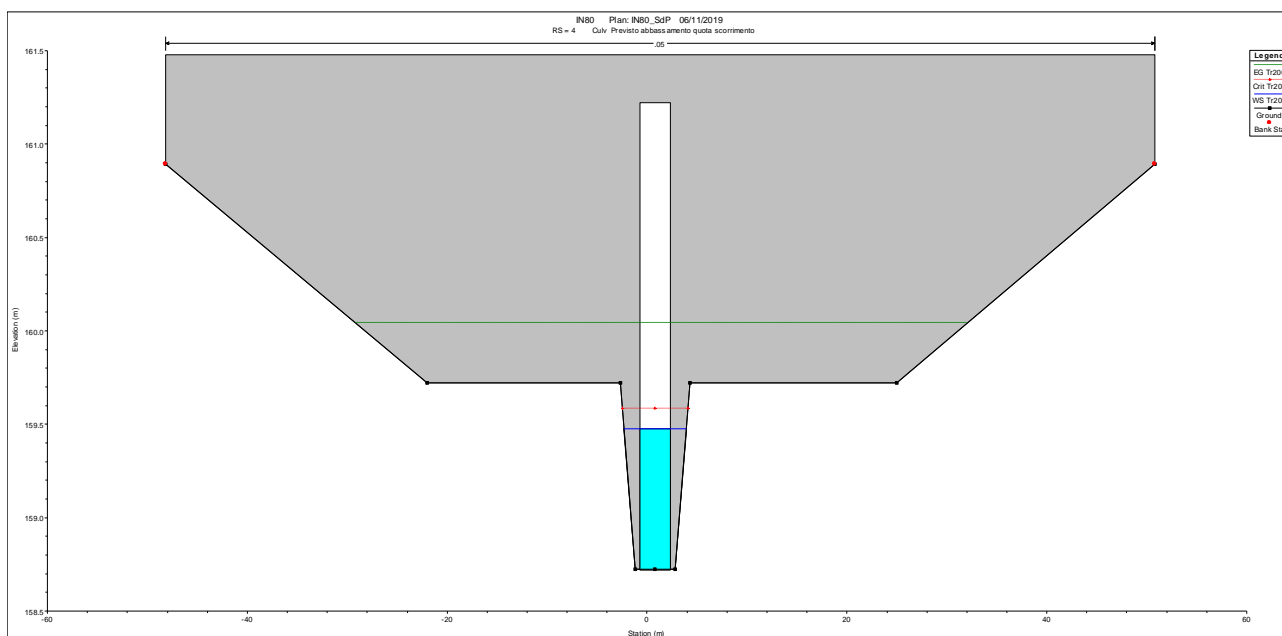


Figura 8.96 – Sezione valle manufatto 2 – stato di progetto interferenza IN80.

8.3 Interferenza IN100 – Stato di progetto

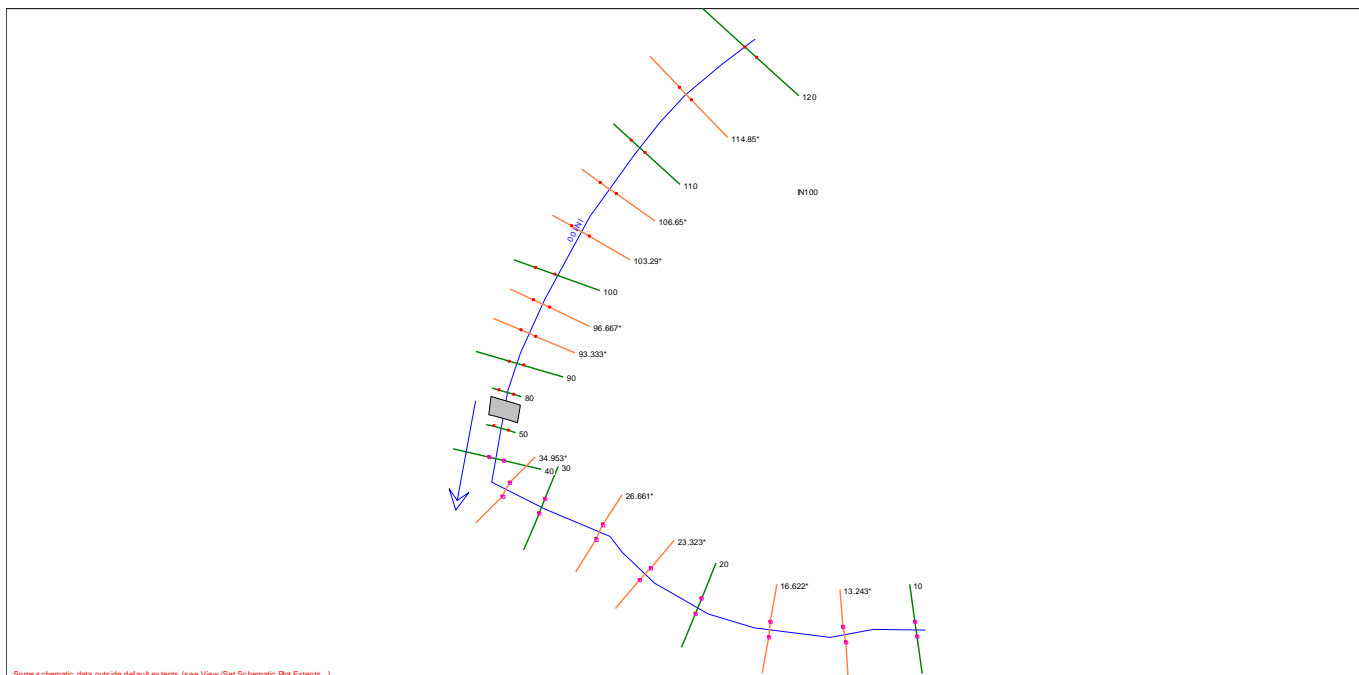


Figura 8.97 – Planimetria modello 1D – stato di progetto interferenza IN100.

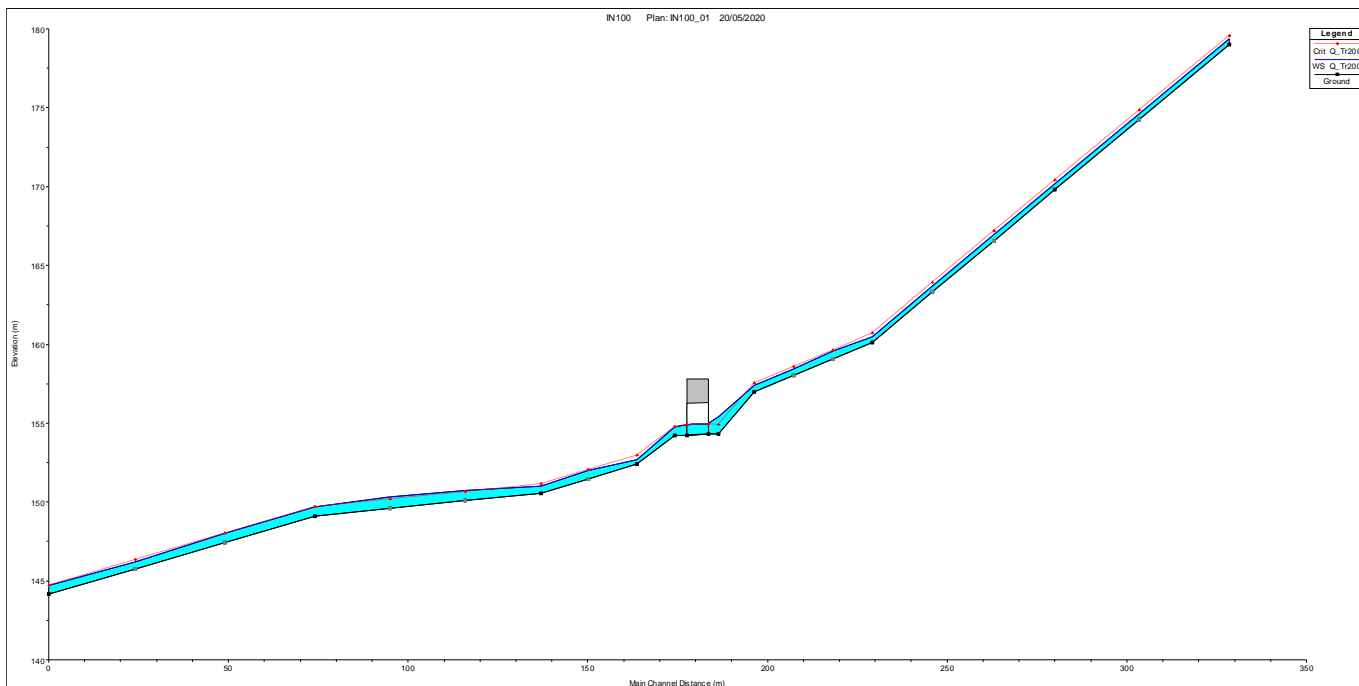


Figura 8.98 – Profilo idrico relativo alla portata di progetto modello 1D – stato di progetto interferenza IN100.

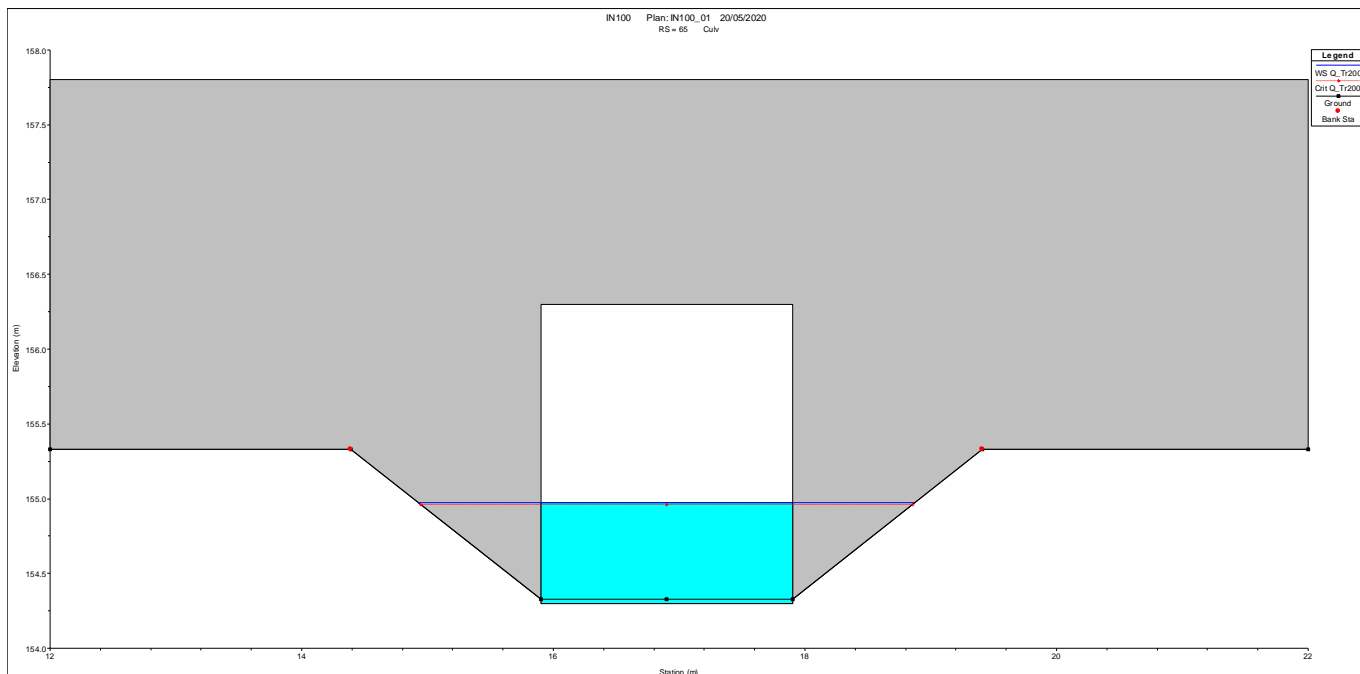


Figura 8.99 – Sezione monte manufatto – stato di progetto interferenza IN100.

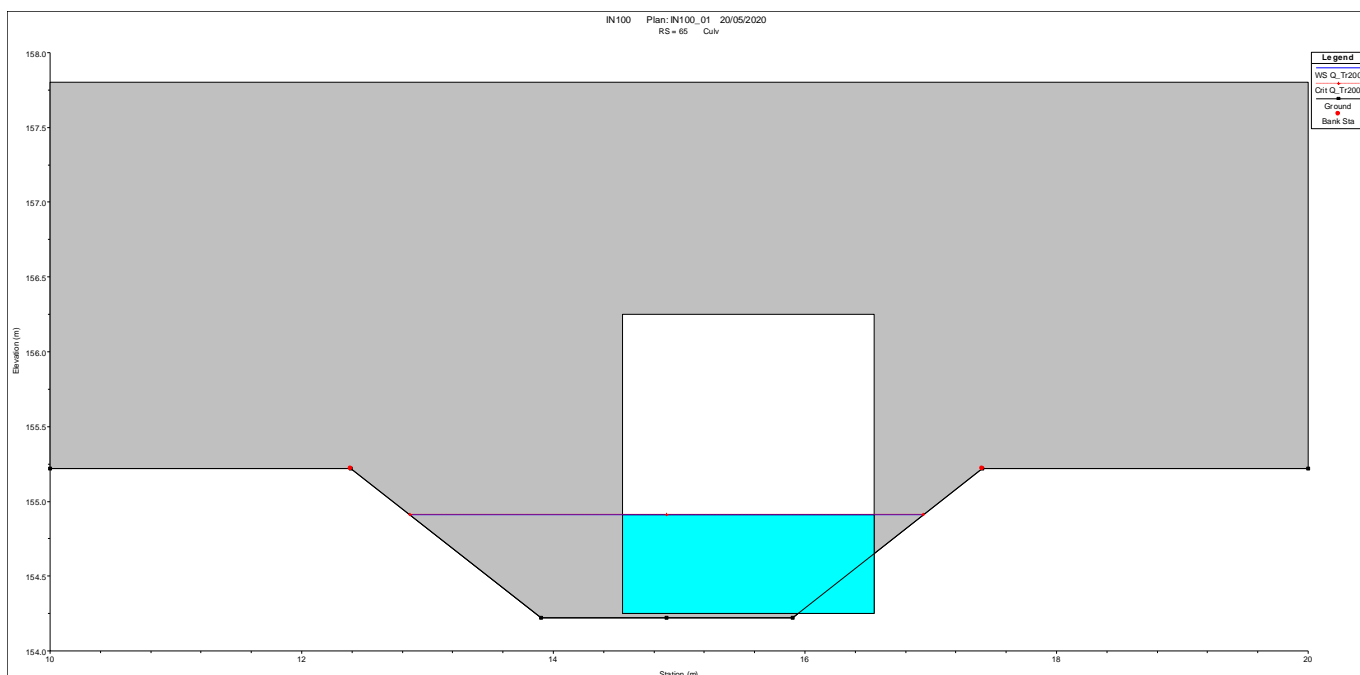


Figura 8.100 – Sezione valle manufatto – stato di progetto interferenza IN100.

8.4 Interferenza IN110 – Stato di progetto

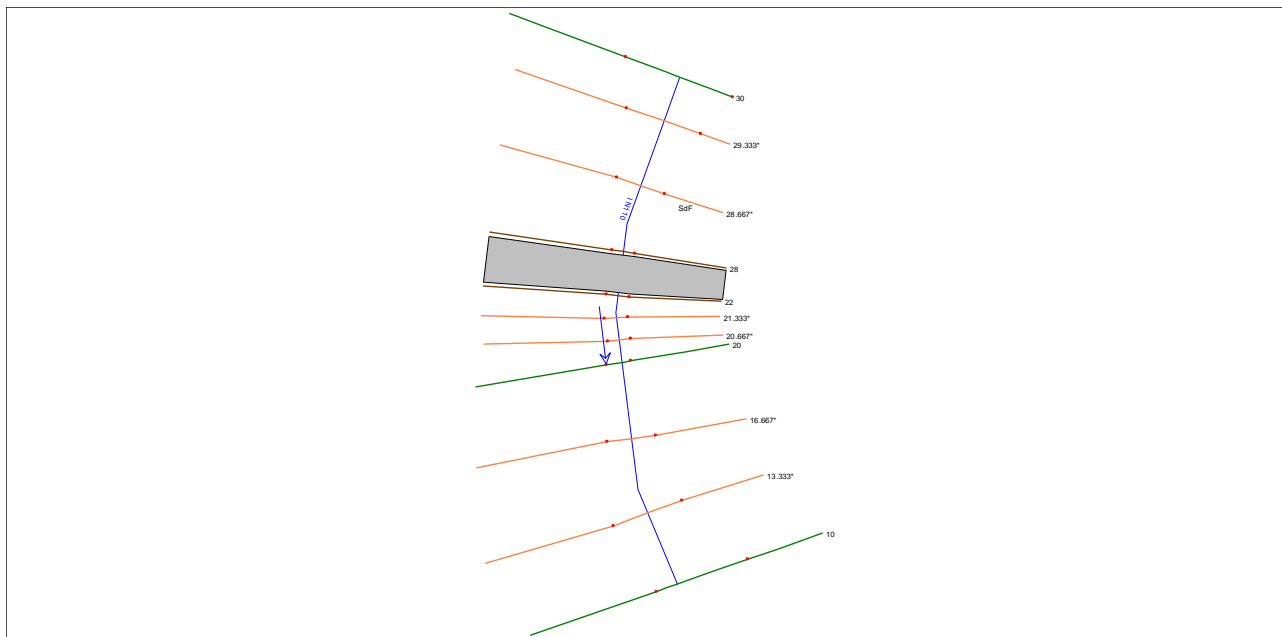


Figura 8.101 – Planimetria modello 1D – stato di progetto interferenza IN110.

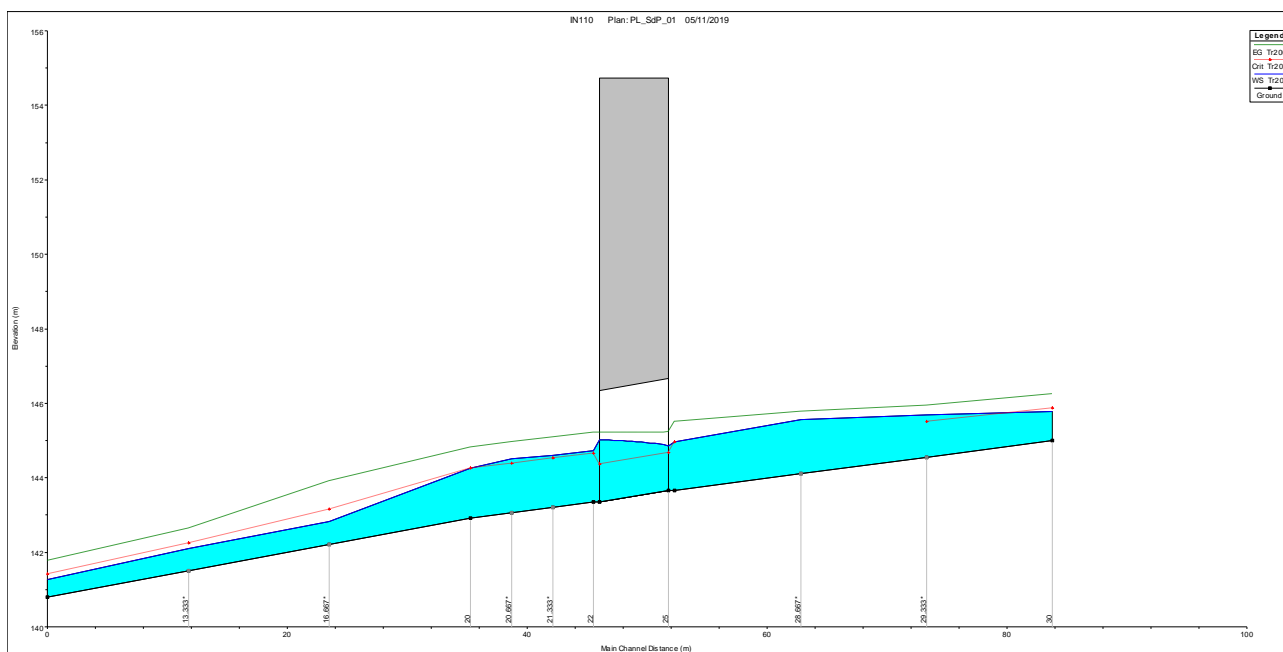


Figura 8.102 – Profilo idrico relativo alla portata di progetto modello 1D – stato di progetto interferenza IN110.

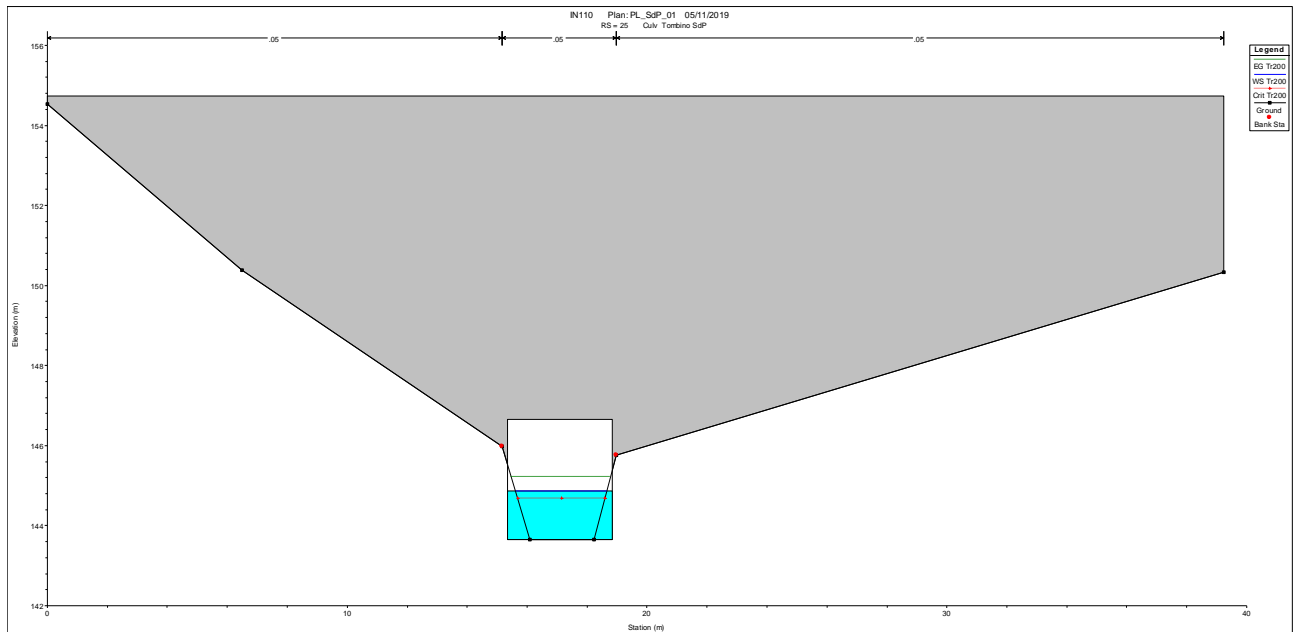


Figura 8.103 – Sezione monte manufatto – stato di progetto interferenza IN110.

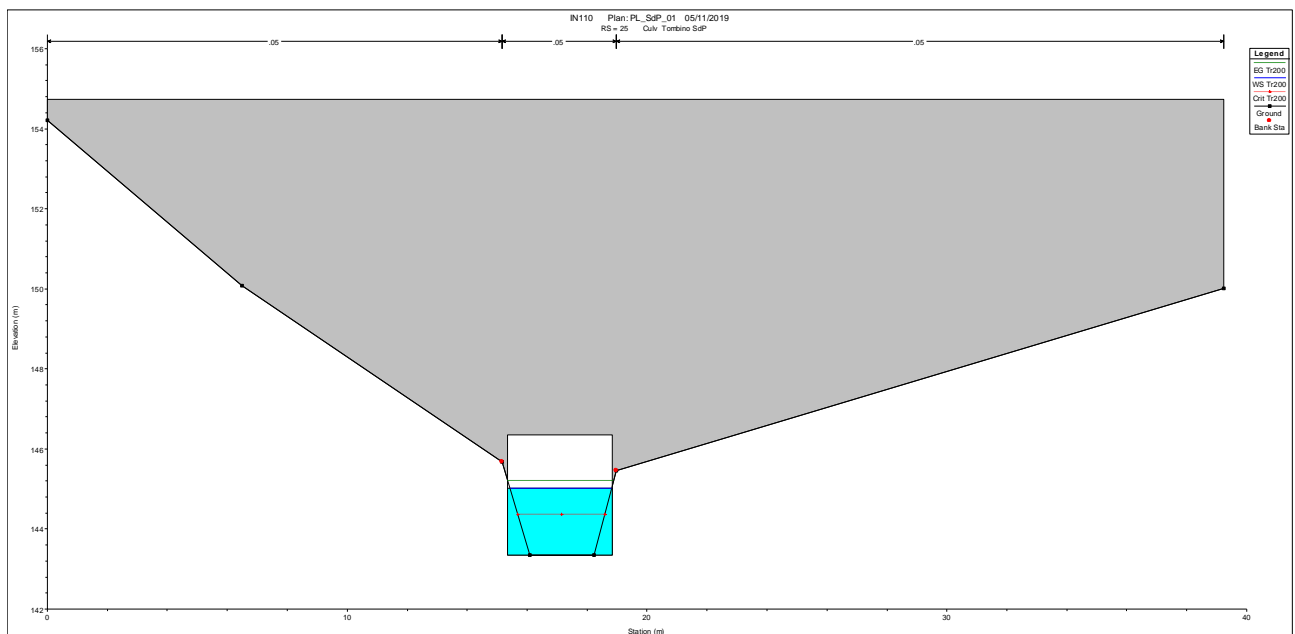


Figura 8.104 – Sezione valle manufatto – stato di progetto interferenza IN110.

8.5 Interferenza IN140 – Stato di progetto

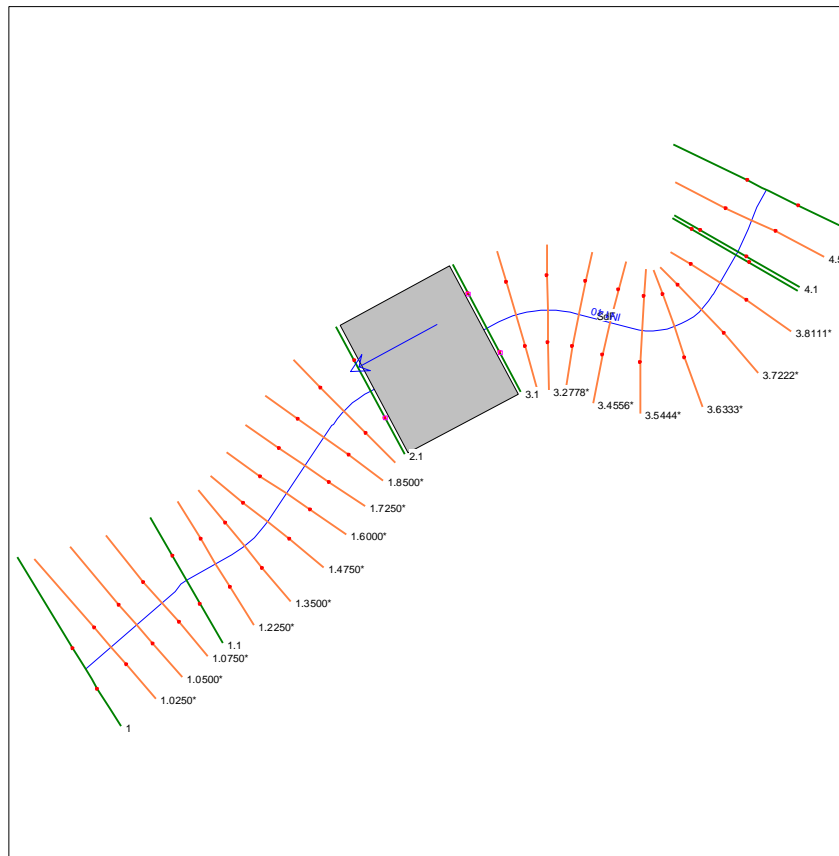


Figura 8.105 – Planimetria modello 1D – stato di progetto interferenza IN140.

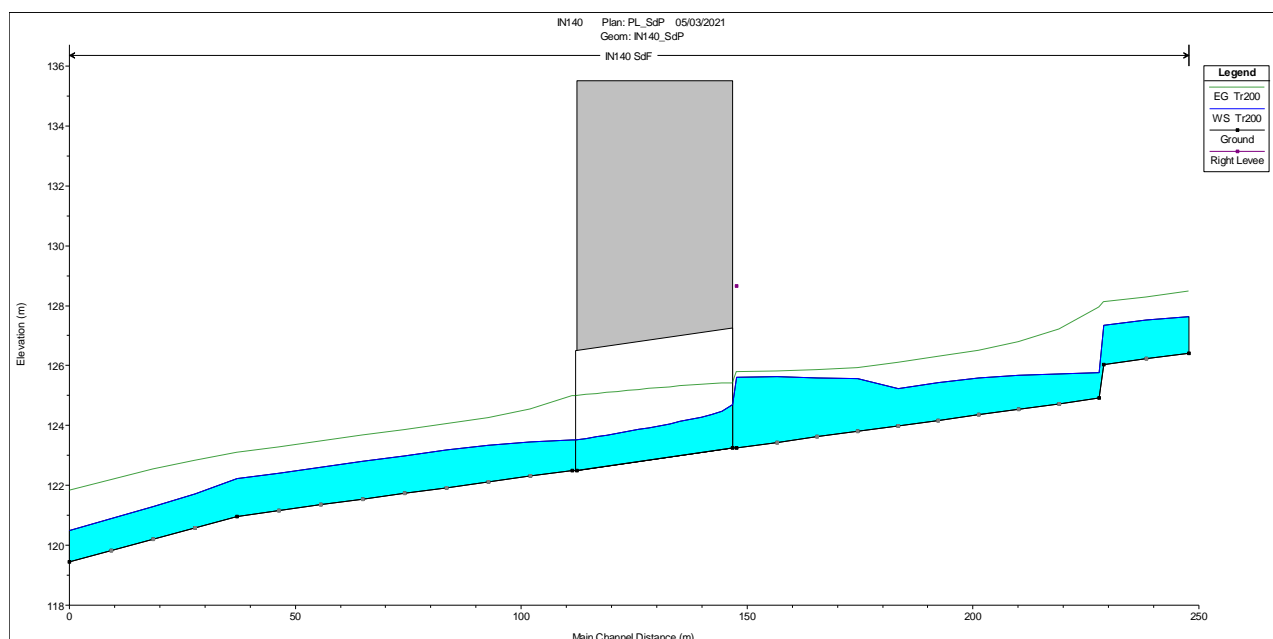


Figura 8.106 – Profilo idrico relativo alla portata di progetto modello 1D – stato di progetto interferenza IN140.

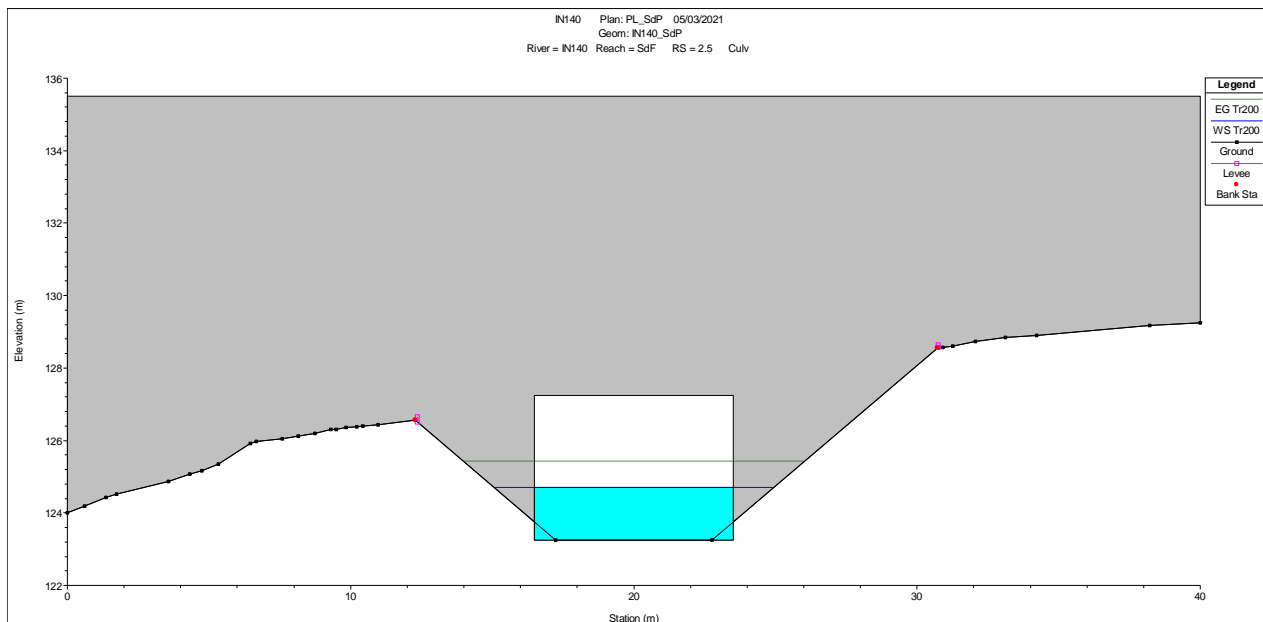


Figura 8.107 – Sezione monte manufatto – stato di progetto interferenza IN140.

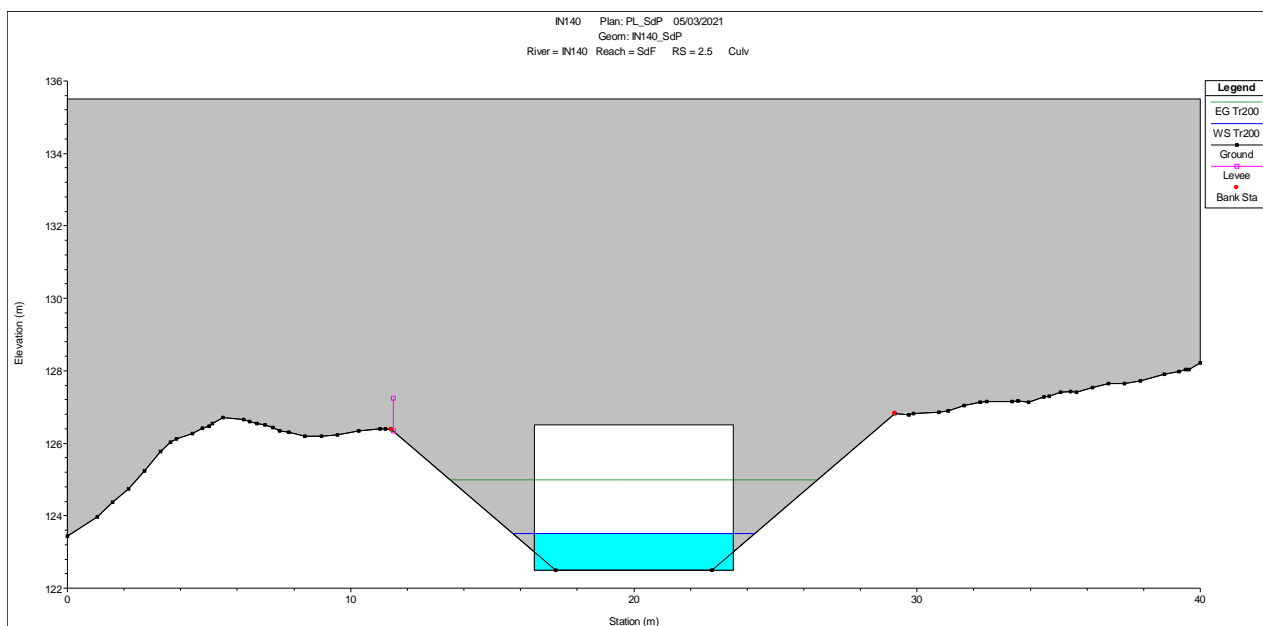


Figura 8.108 – Sezione valle manufatto – stato di progetto interferenza IN140.

8.6 Interferenza IN150 – Stato di progetto

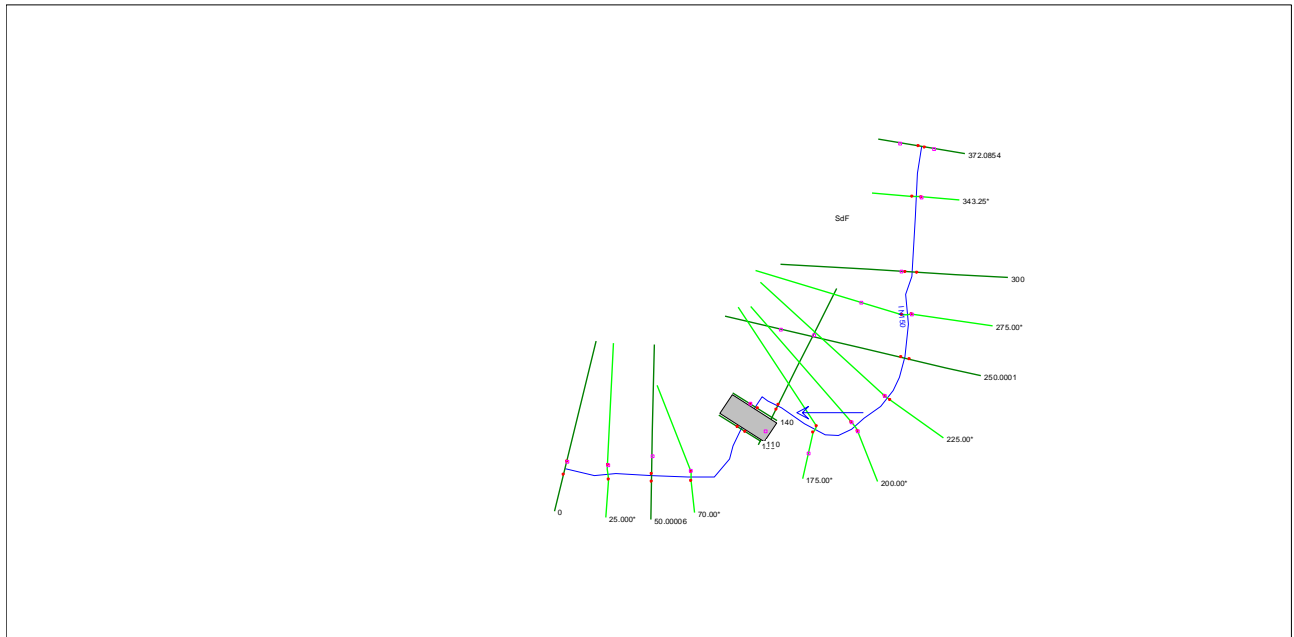


Figura 8.109 – Planimetria modello 1D – stato di progetto interferenza IN150.

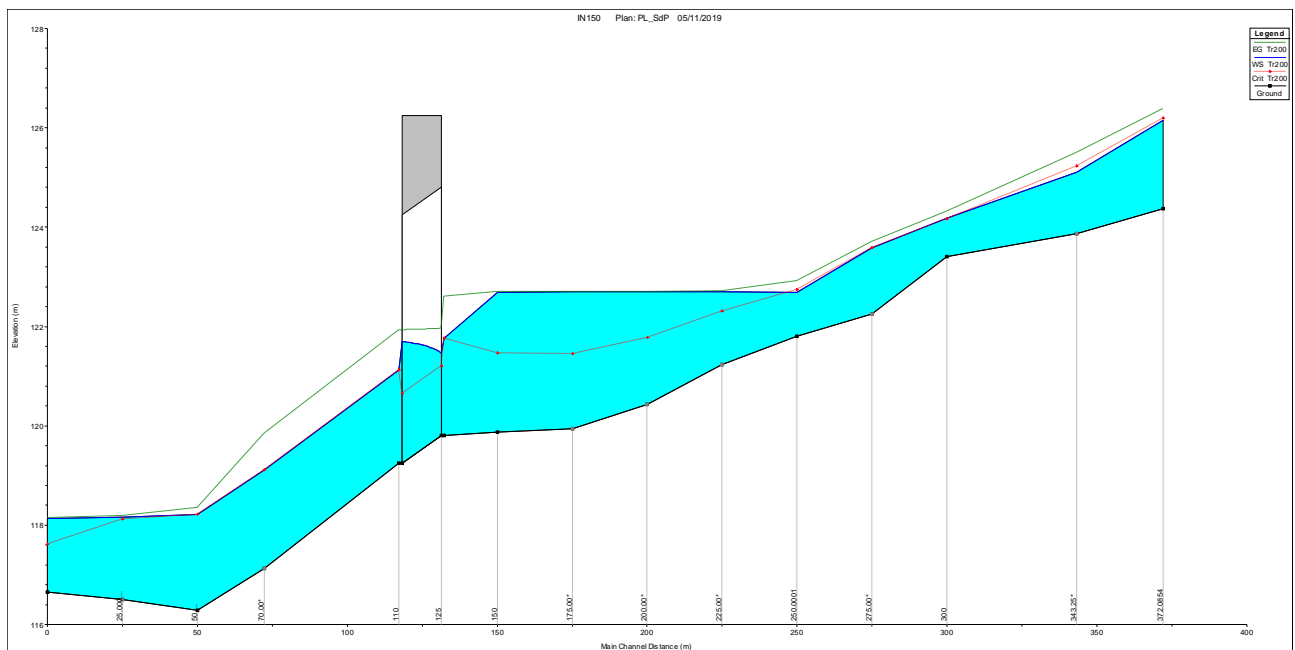


Figura 8.110 – Profilo idrico relativo alla portata di progetto modello 1D – stato di progetto interferenza IN150.

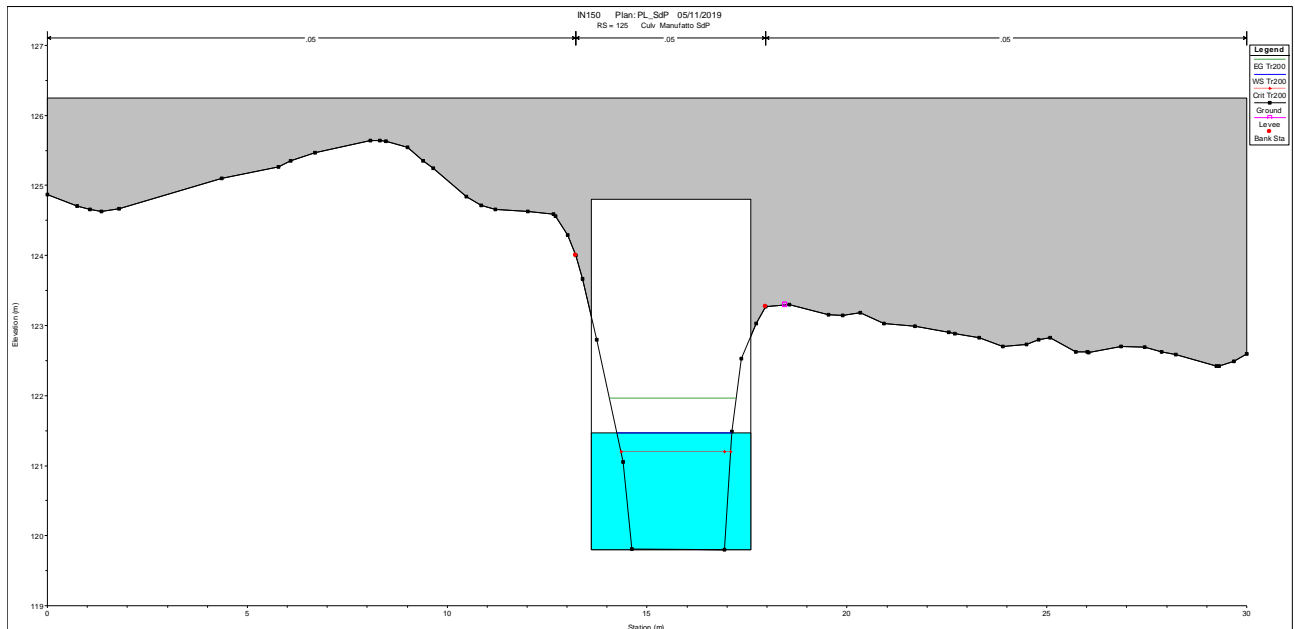


Figura 8.111 – Sezione monte manufatto – stato di progetto interferenza IN150.

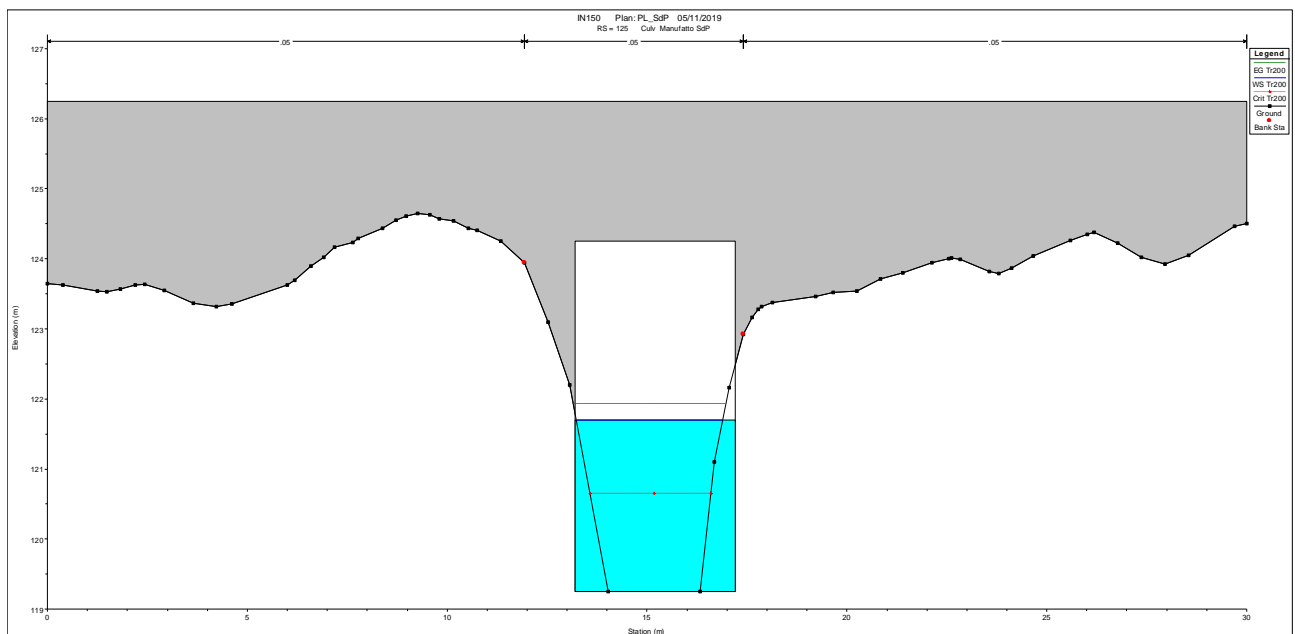


Figura 8.112 – Sezione valle manufatto – stato di progetto interferenza IN150.

8.1 Interferenza IN230 – Stato di progetto

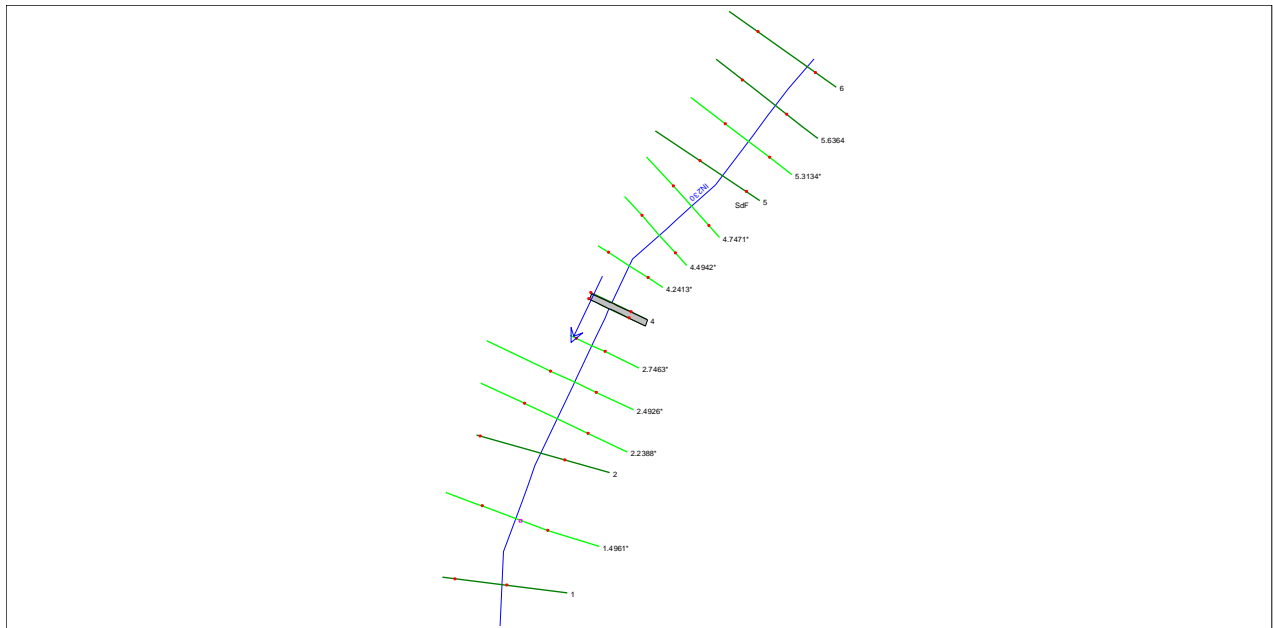


Figura 8.113 – Planimetria modello 1D – stato di progetto interferenza IN230.

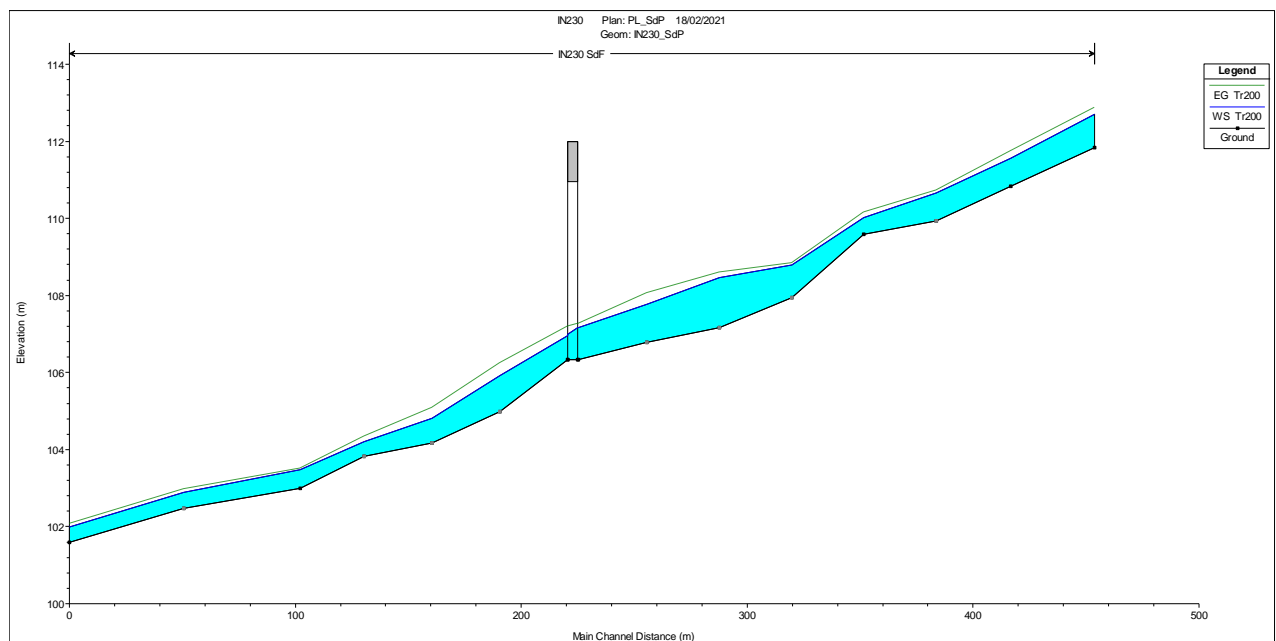


Figura 8.114 – Profilo idrico relativo alla portata di progetto modello 1D – stato di progetto interferenza IN230.

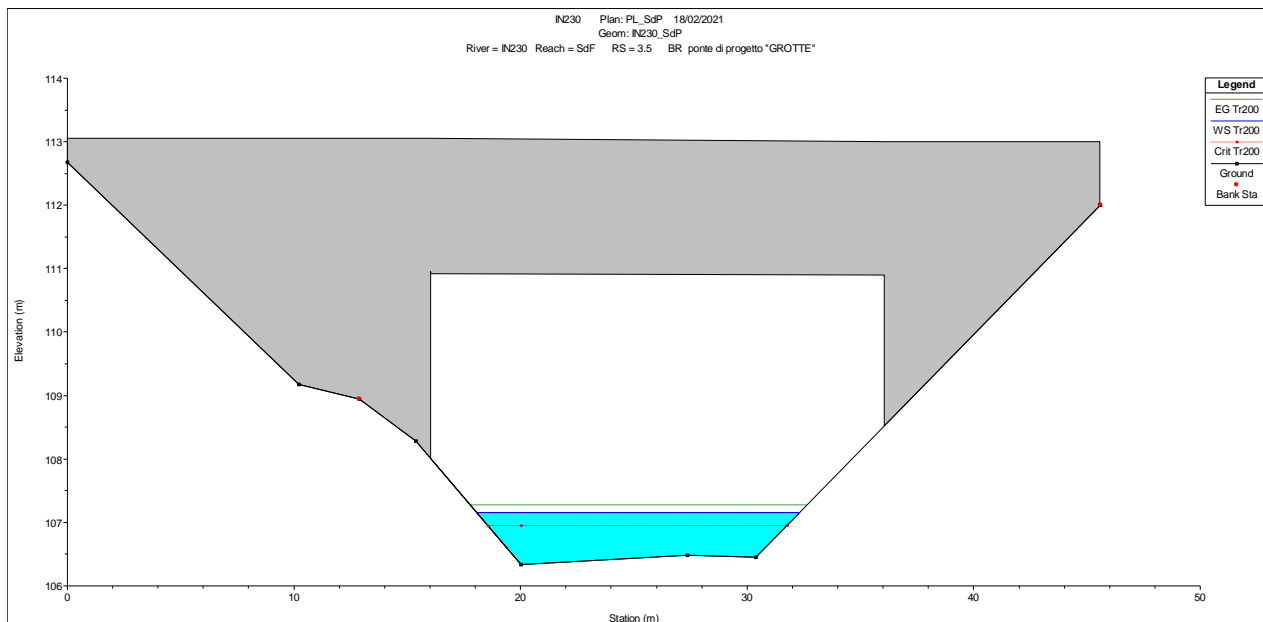


Figura 8.115 – Sezione monte manufatto – stato di progetto interferenza IN230.

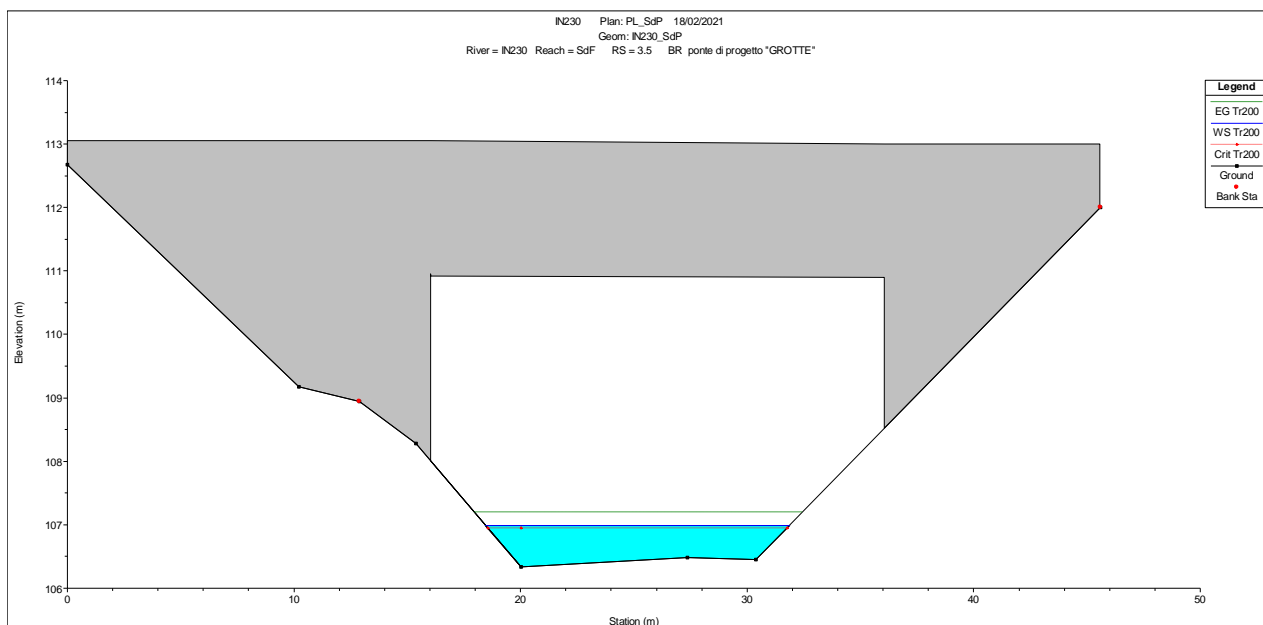


Figura 8.116 – Sezione valle manufatto – stato di progetto interferenza IN230.

8.2 Interferenza IN240 – Stato di progetto

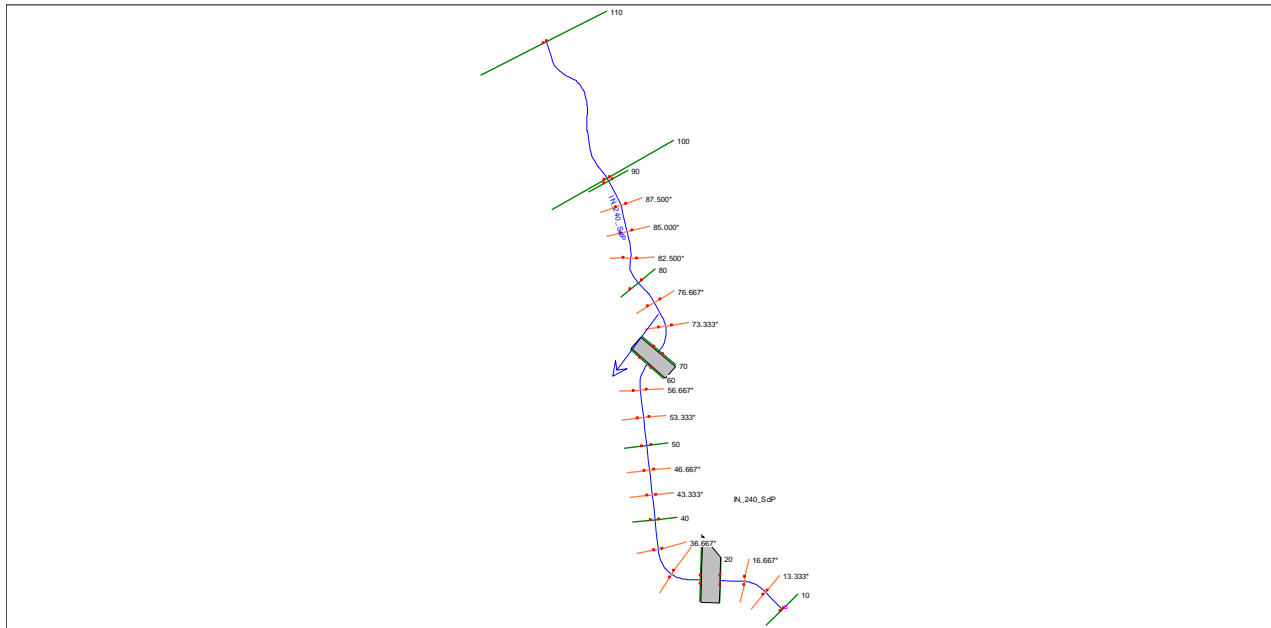


Figura 8.117 – Planimetria modello 1D – stato di progetto interferenza IN240.

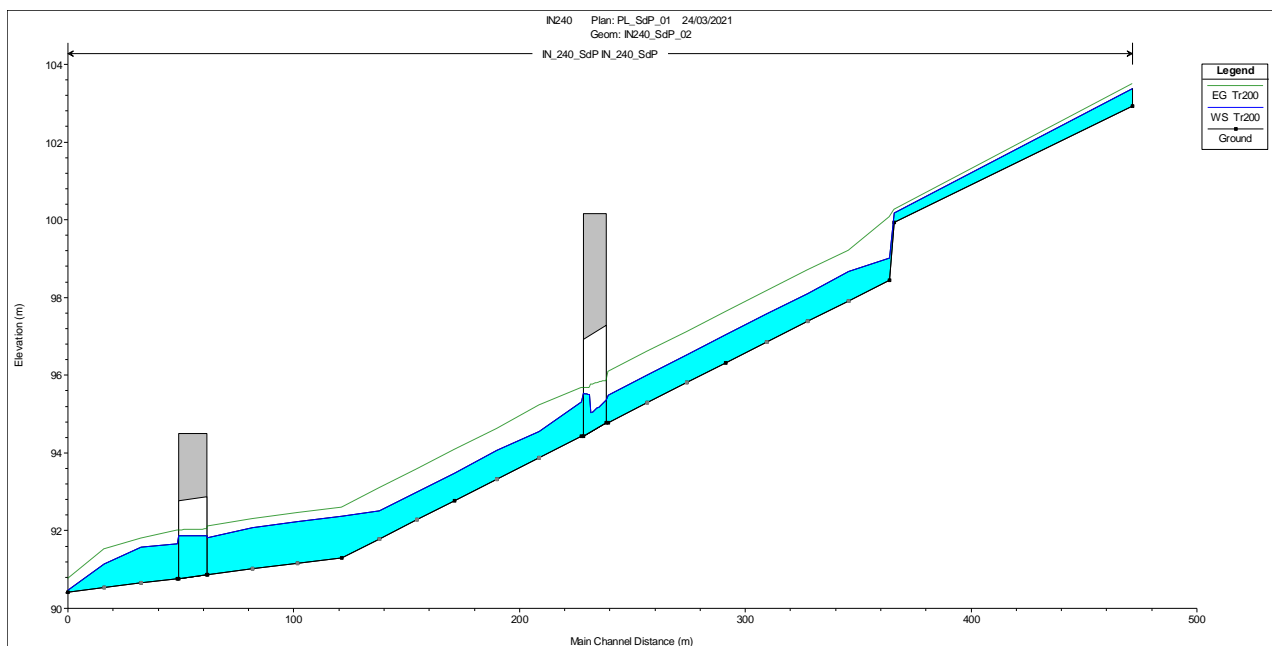


Figura 8.118 – Profilo idrico relativo alla portata di progetto modello 1D – stato di progetto interferenza IN240.

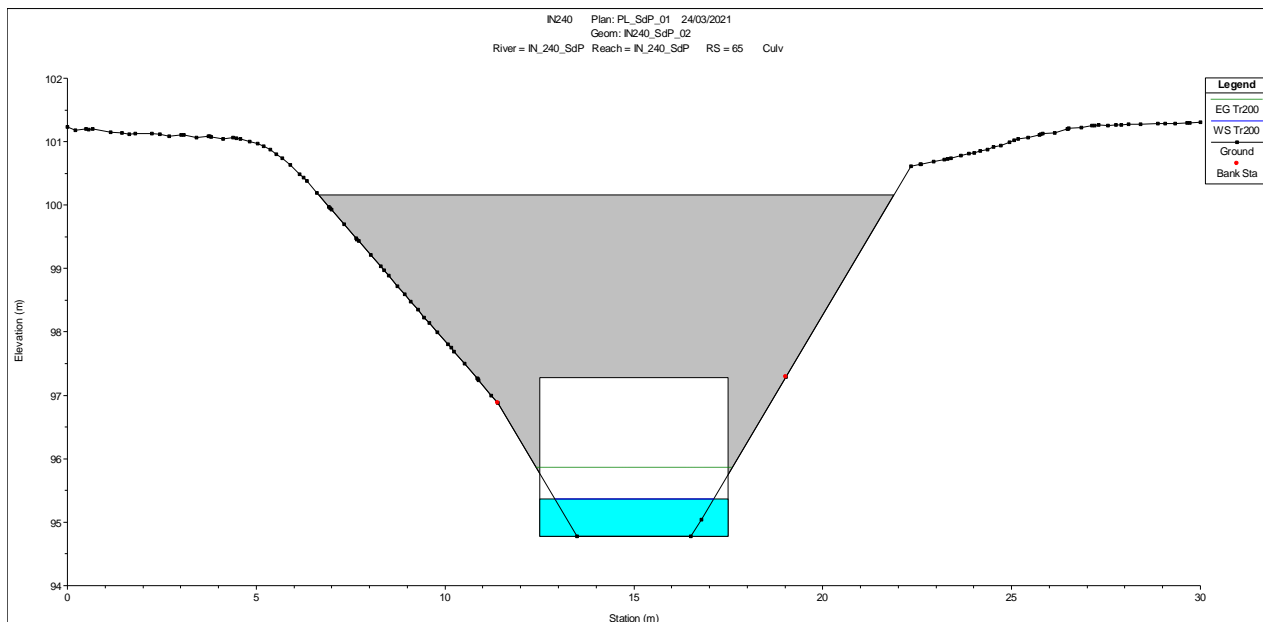


Figura 8.119 – Sezione monte manufatto – stato di progetto interferenza IN240.

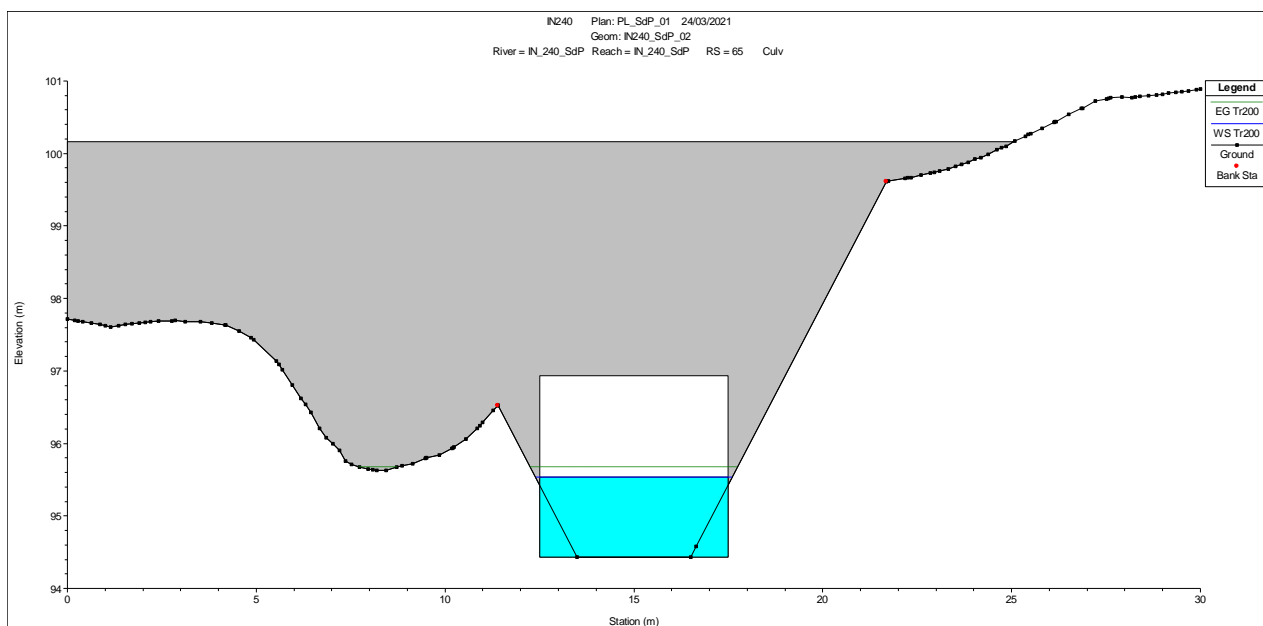


Figura 8.120 – Sezione valle manufatto – stato di progetto interferenza IN240.

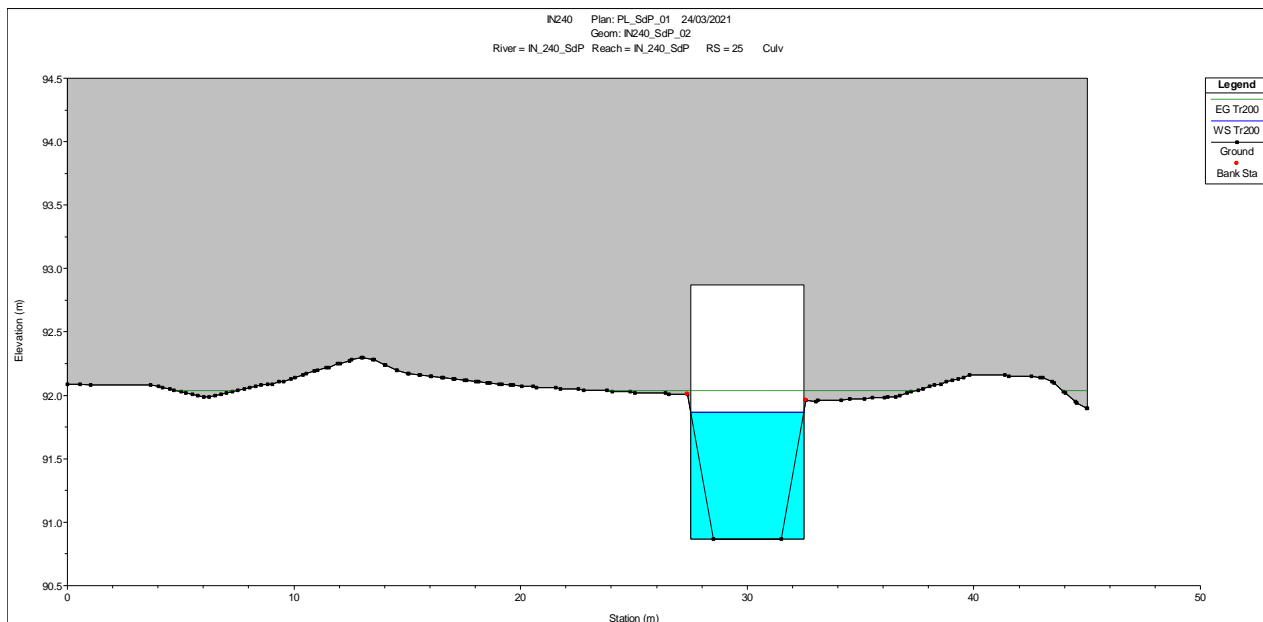


Figura 8.121 – Sezione monte manufatto – stato di progetto attraversamento stradale interferenza IN240.

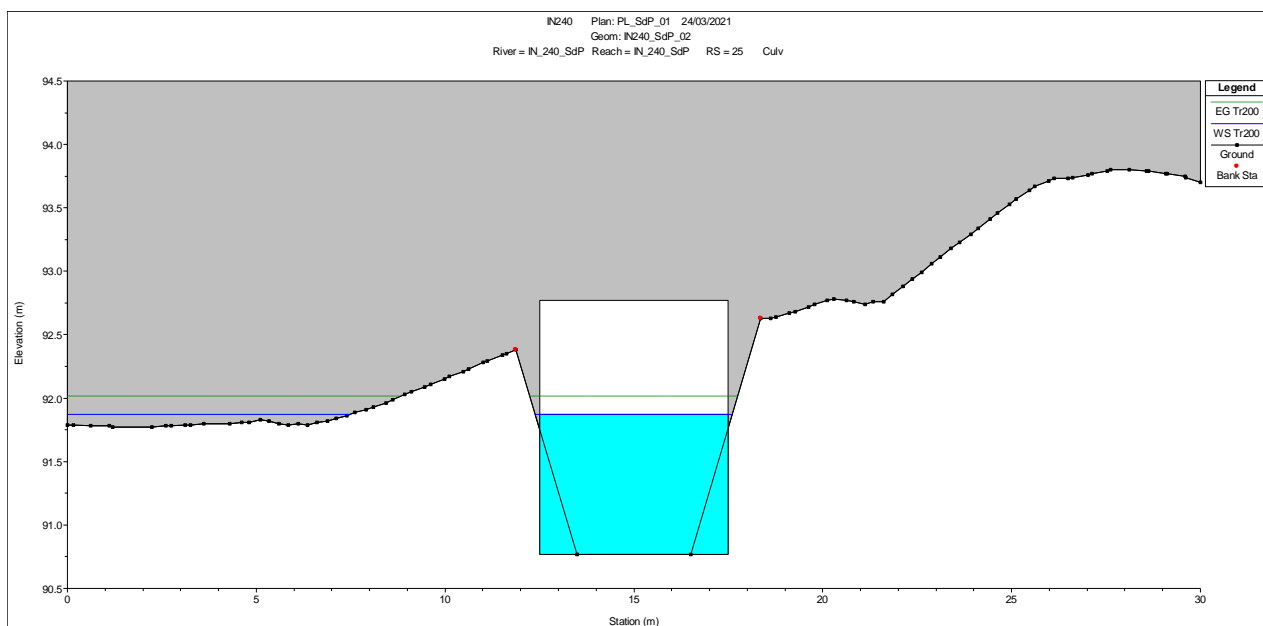


Figura 8.122 – Sezione valle manufatto – stato di progetto attraversamento stradale interferenza IN240.

8.3 Interferenza IN260 – Stato di progetto

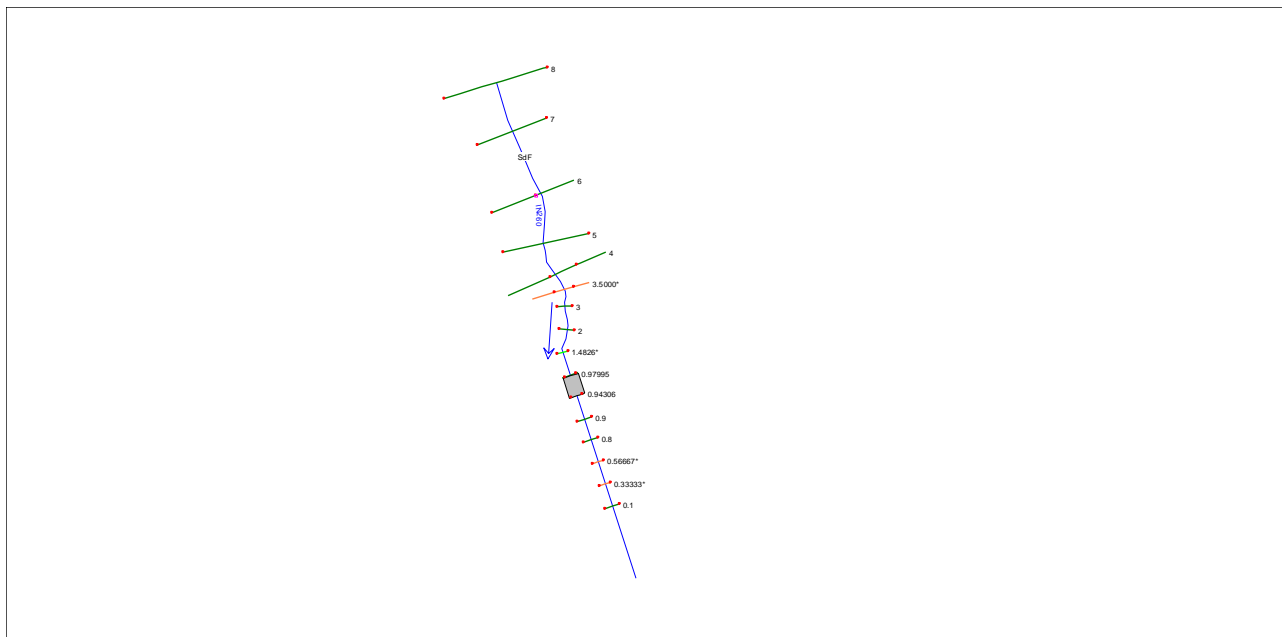


Figura 8.123 – Planimetria modello 1D – stato di progetto interferenza IN260

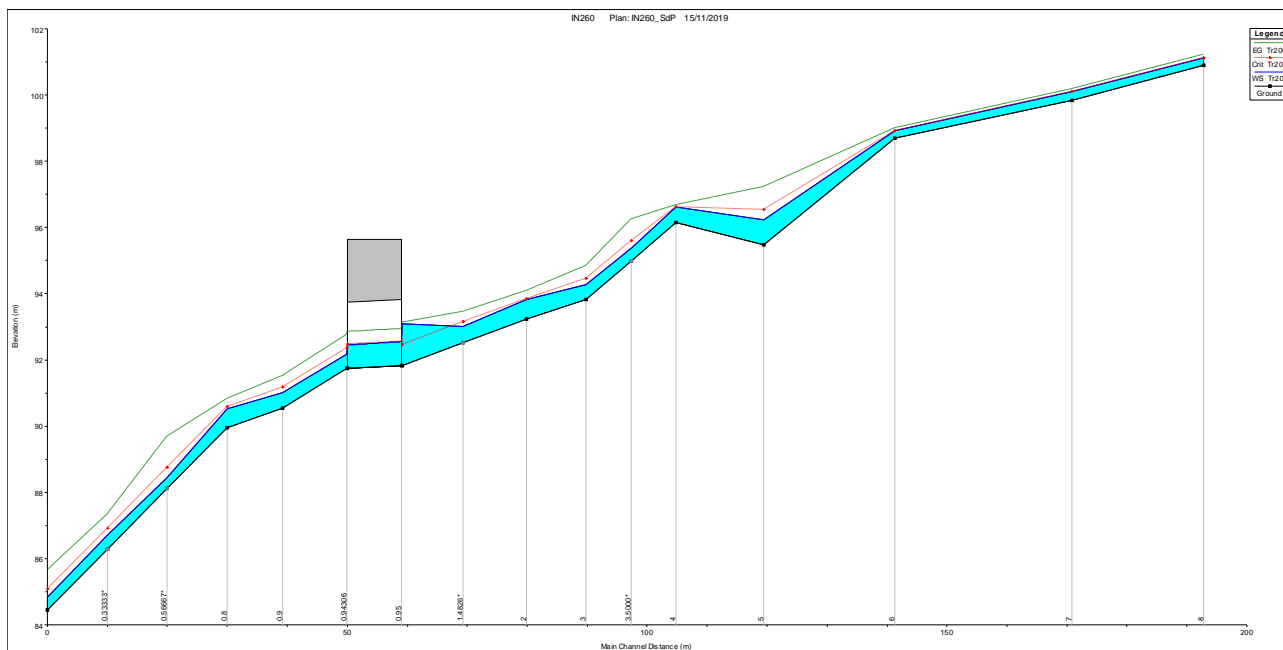


Figura 8.124 – Profilo idrico relativo alla portata di progetto modello 1D – stato di progetto interferenza IN260.

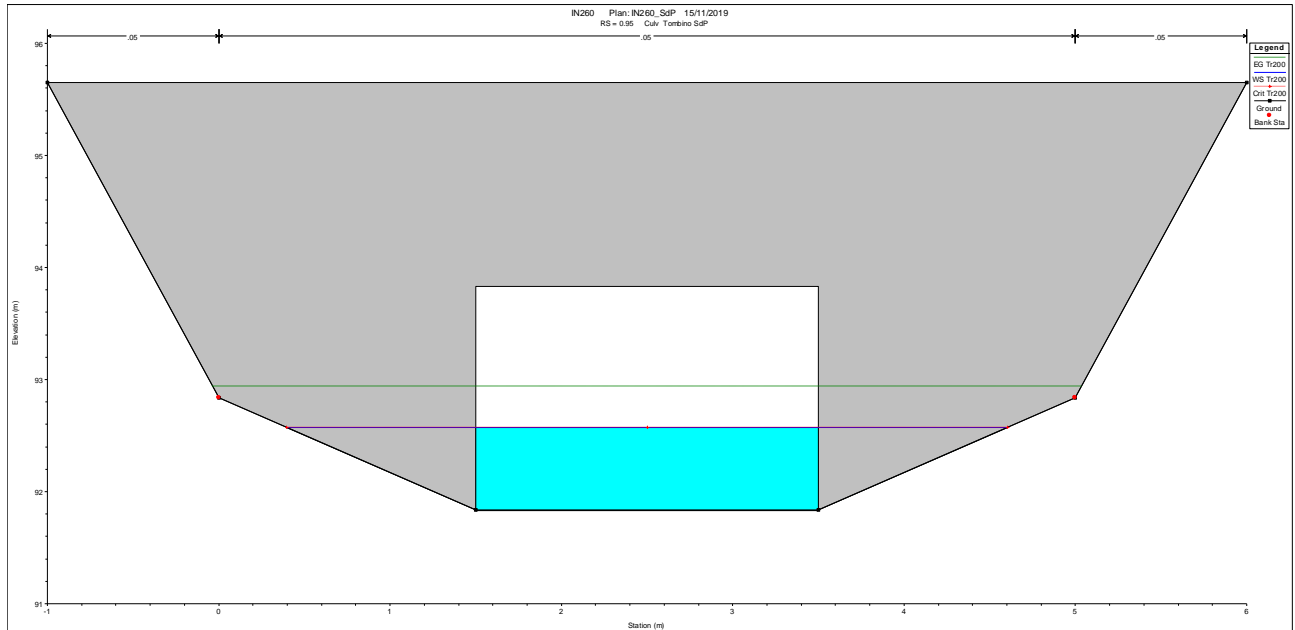


Figura 8.125 – Sezione monte manufatto – stato di progetto interferenza IN260.

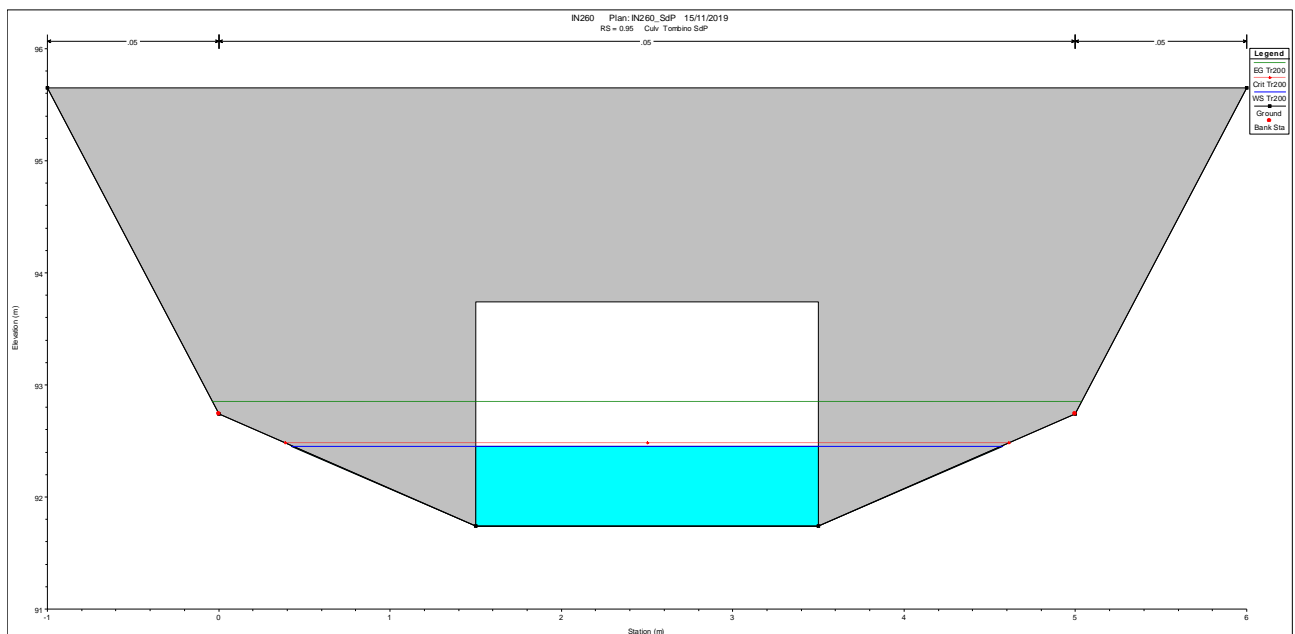


Figura 8.126 – Sezione valle manufatto – stato di progetto interferenza IN260.

8.4 Interferenza IN270 – Stato di progetto

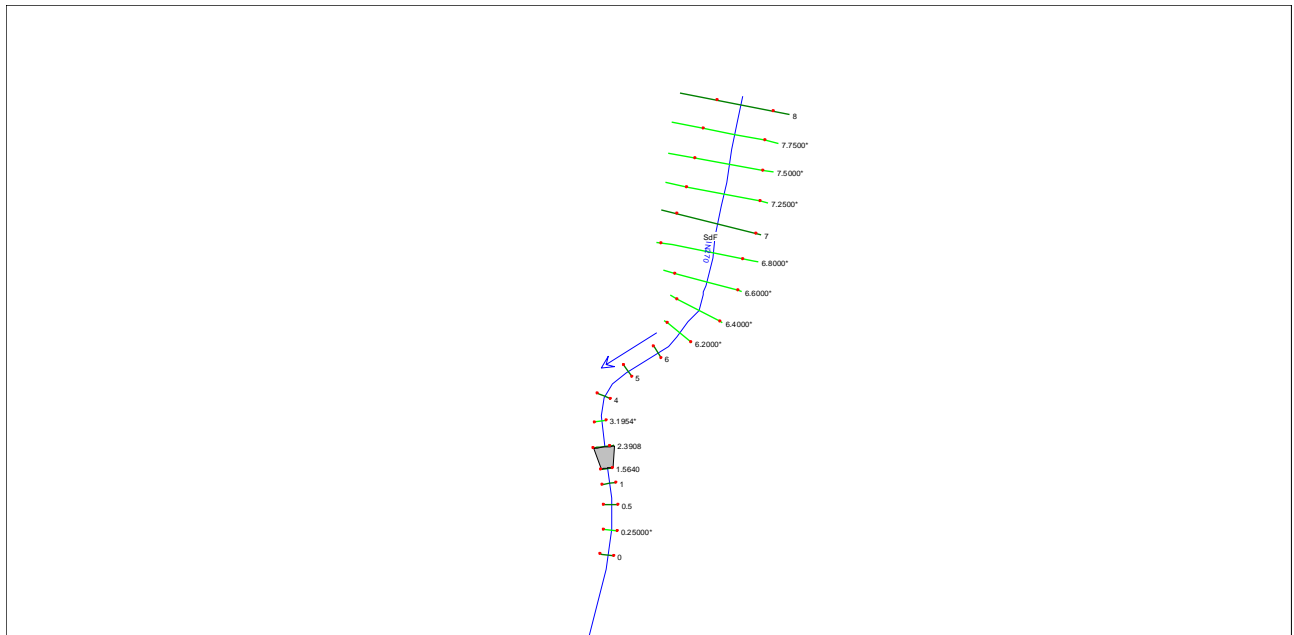


Figura 8.127 – Planimetria modello 1D – stato di progetto interferenza IN270.

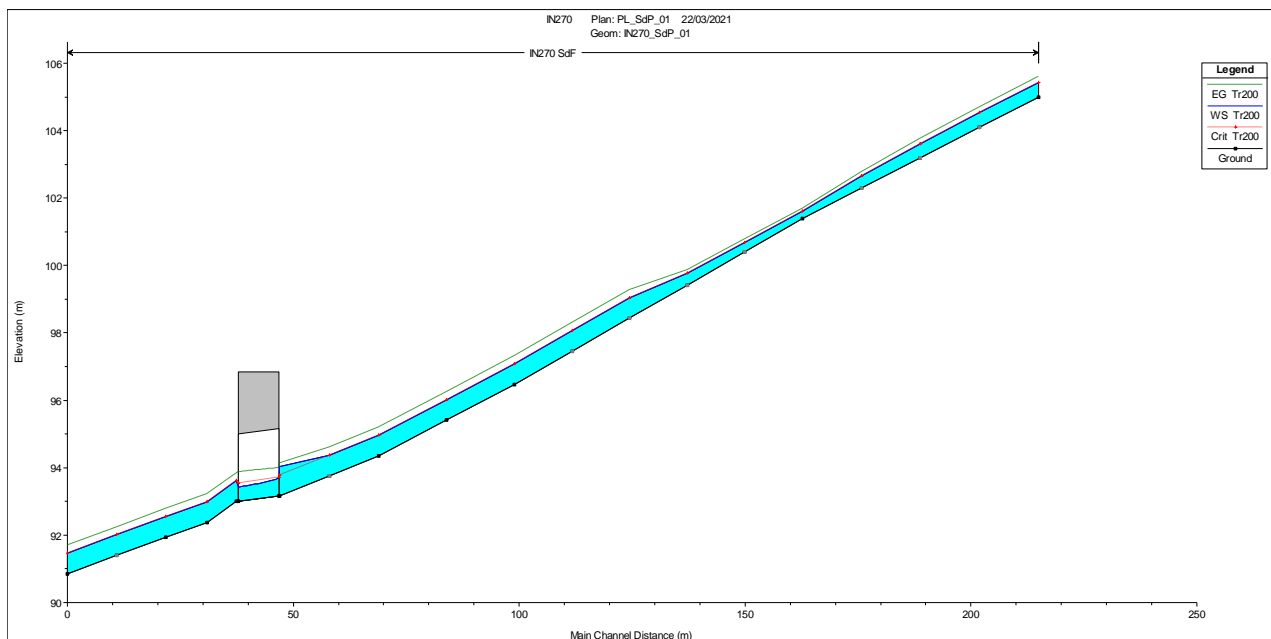


Figura 8.128 – Profilo idrico relativo alla portata di progetto modello 1D – stato di progetto interferenza IN270.

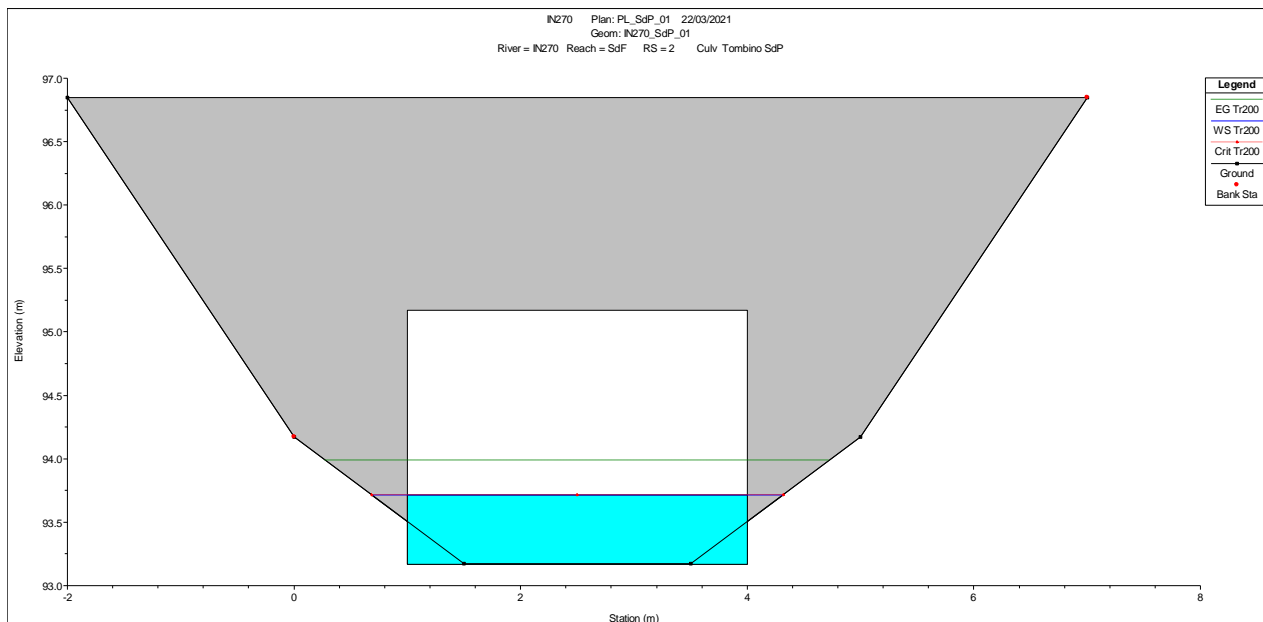


Figura 8.129 – Sezione monte manufatto – stato di progetto interferenza IN270.

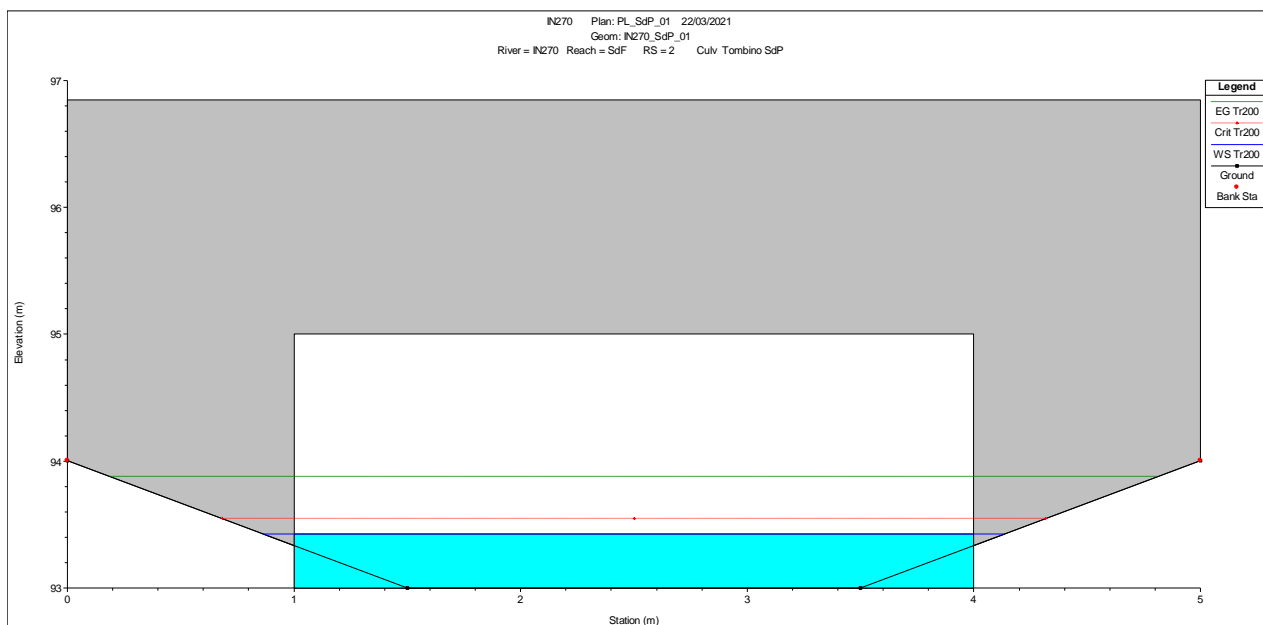


Figura 8.130 – Sezione valle manufatto – stato di progetto interferenza IN270.

8.5 Interferenza IN280 – Stato di progetto

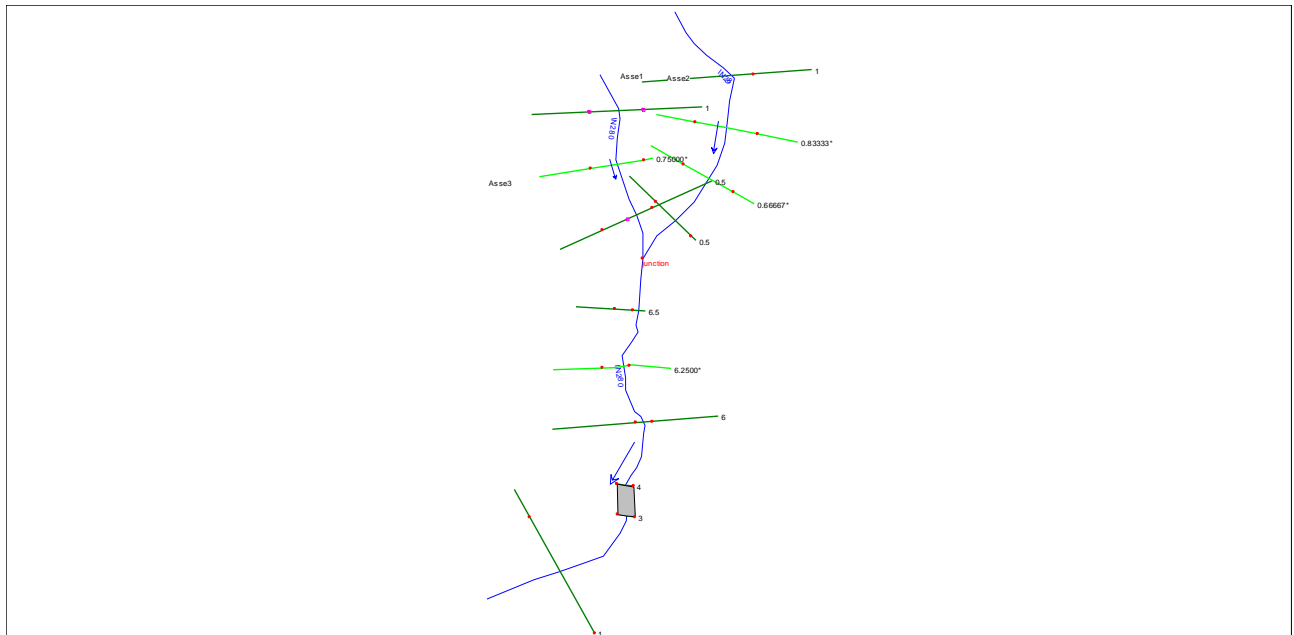


Figura 8.131 – Planimetria modello 1D – stato di progetto interferenza IN280.

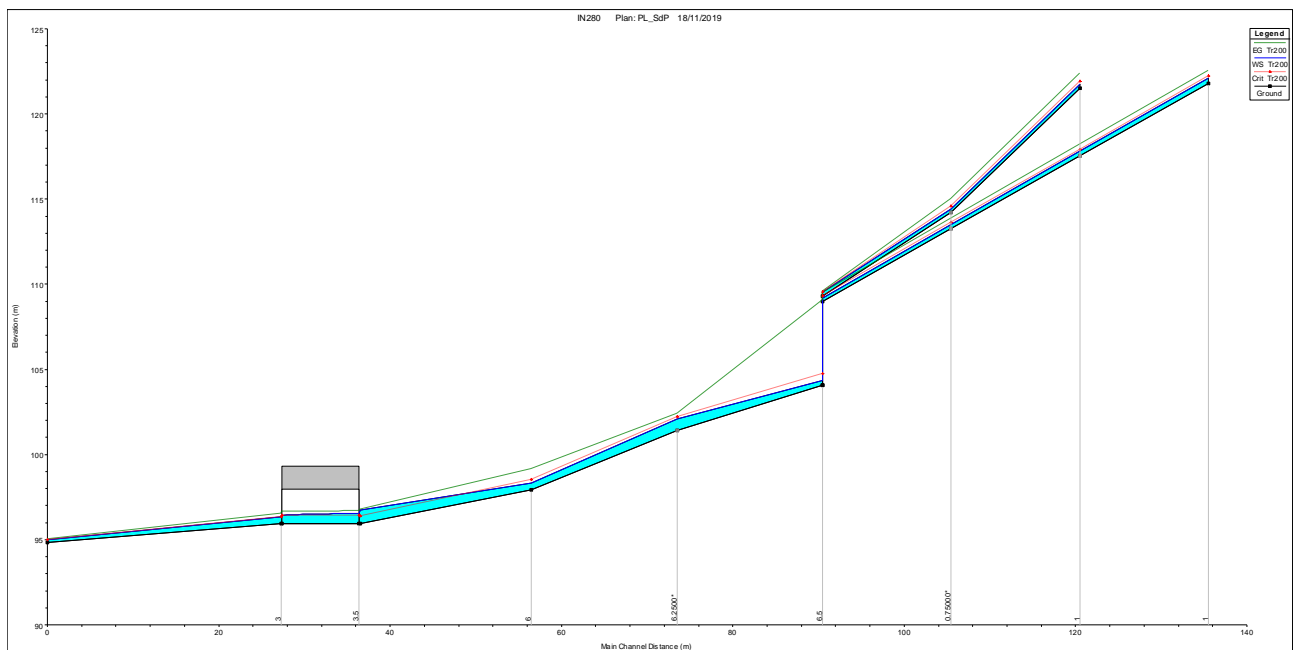


Figura 8.132 – Profilo idrico relativo alla portata di progetto modello 1D – stato di progetto interferenza IN280.

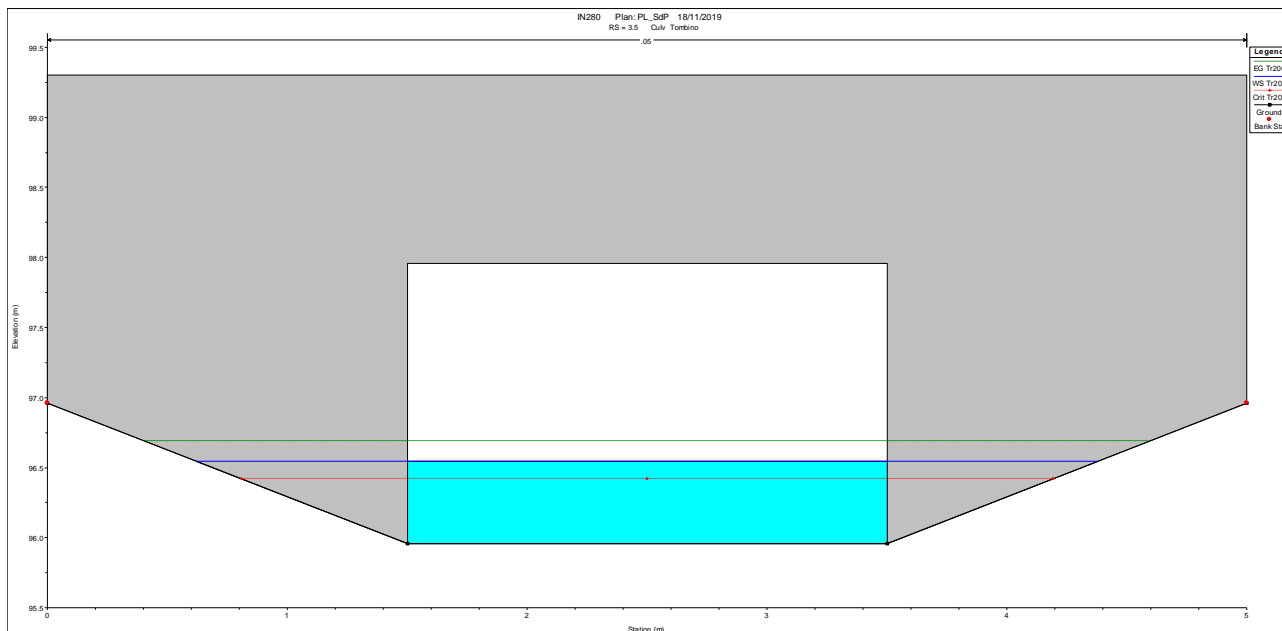


Figura 8.133 – Sezione monte manufatto – stato di progetto interferenza IN280.

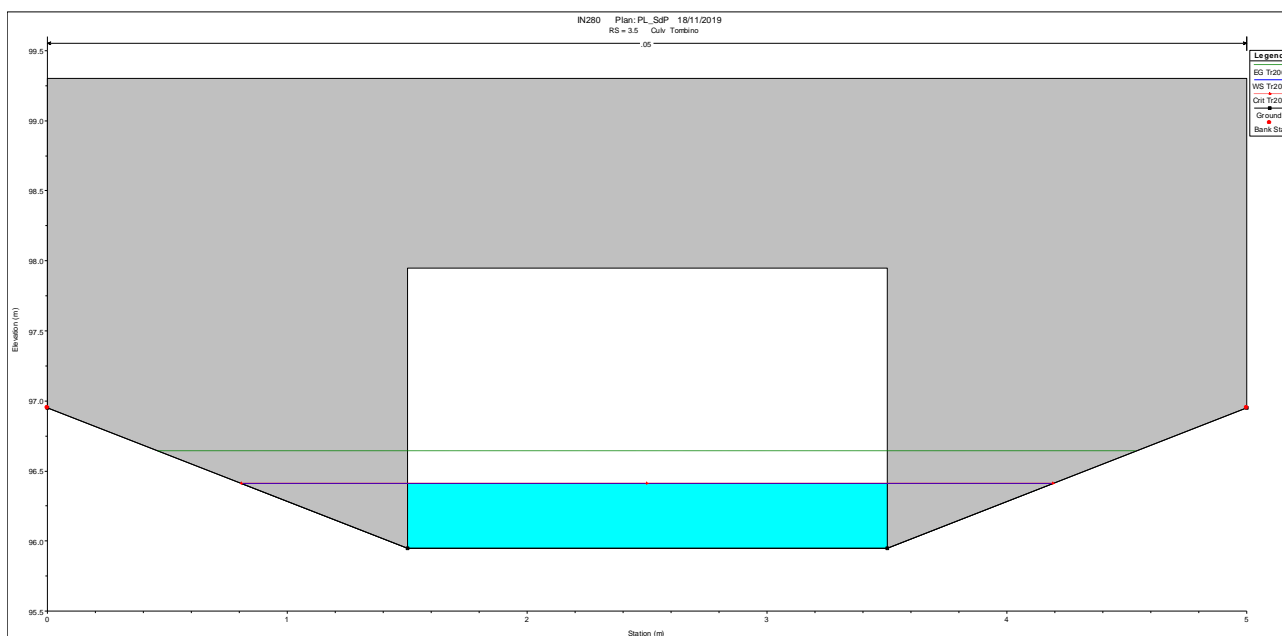


Figura 8.134 – Sezione valle manufatto – stato di progetto interferenza IN280.

8.6 Interferenza IN290 – Stato di progetto

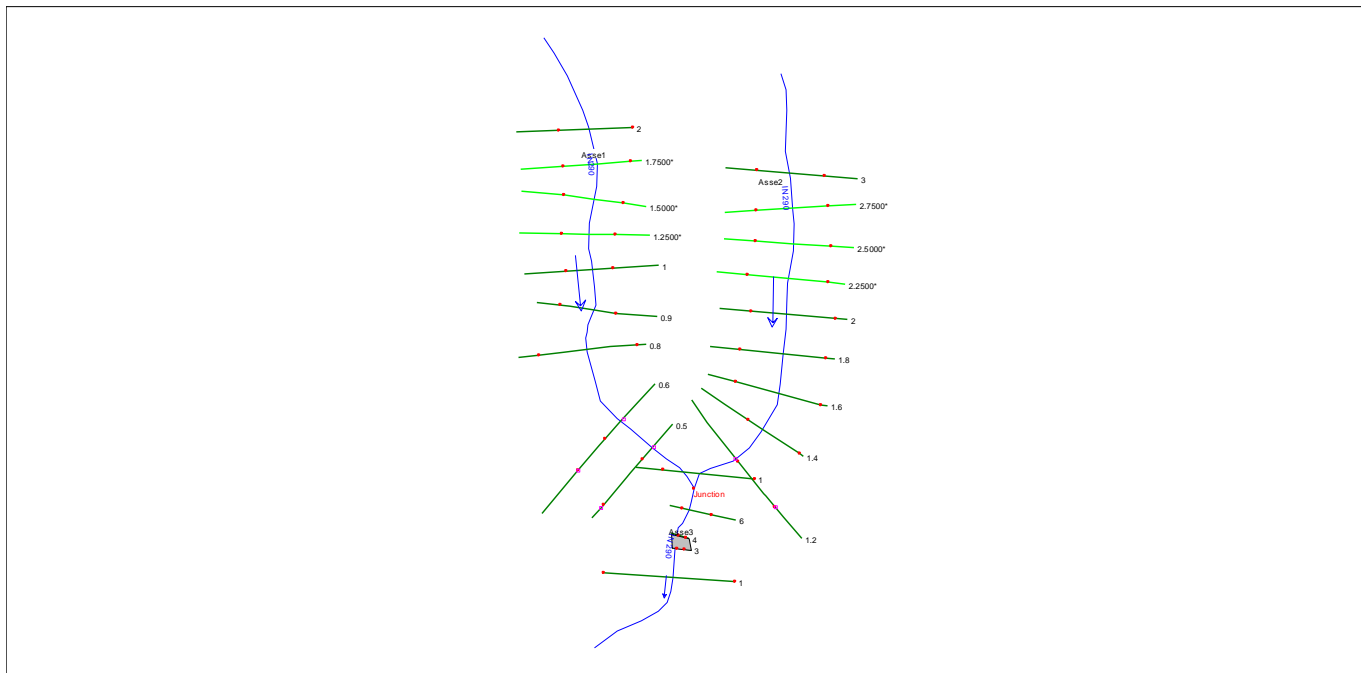


Figura 8.135 – Planimetria modello 1D – stato di progetto interferenza IN290.

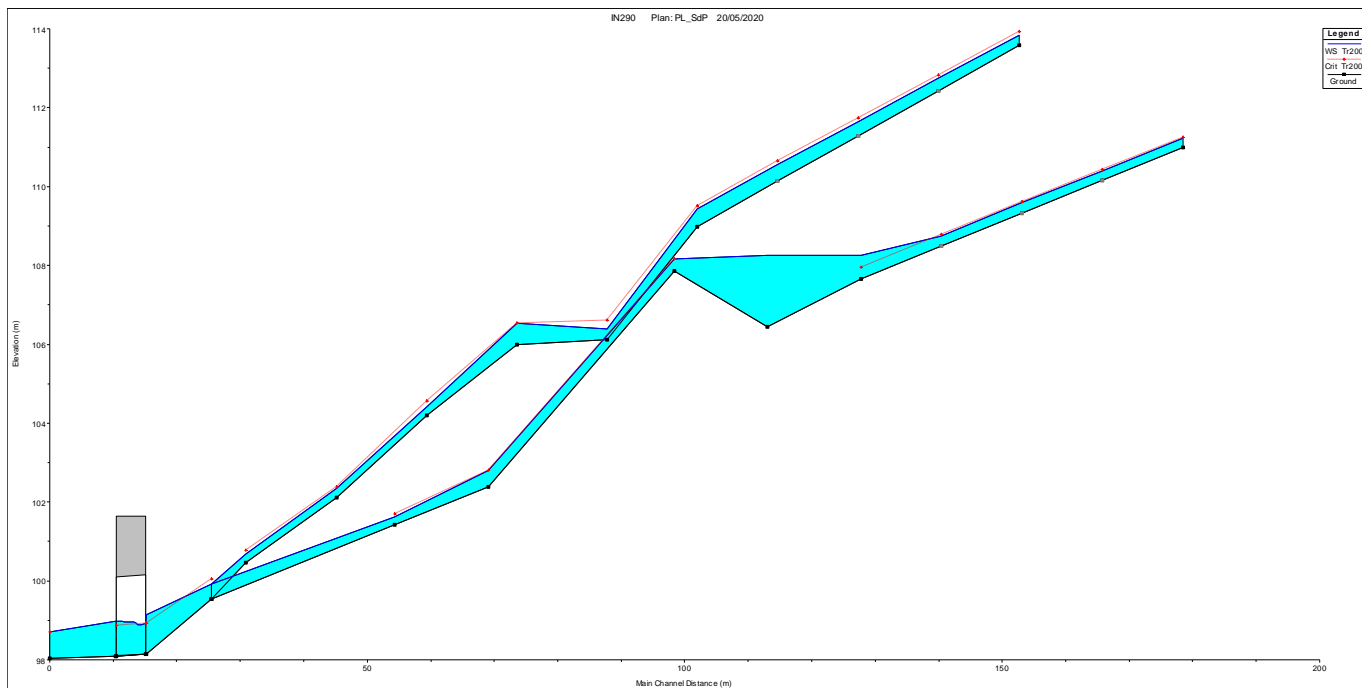


Figura 8.136 – Profilo idrico relativo alla portata di progetto modello 1D – stato di progetto interferenza IN290.

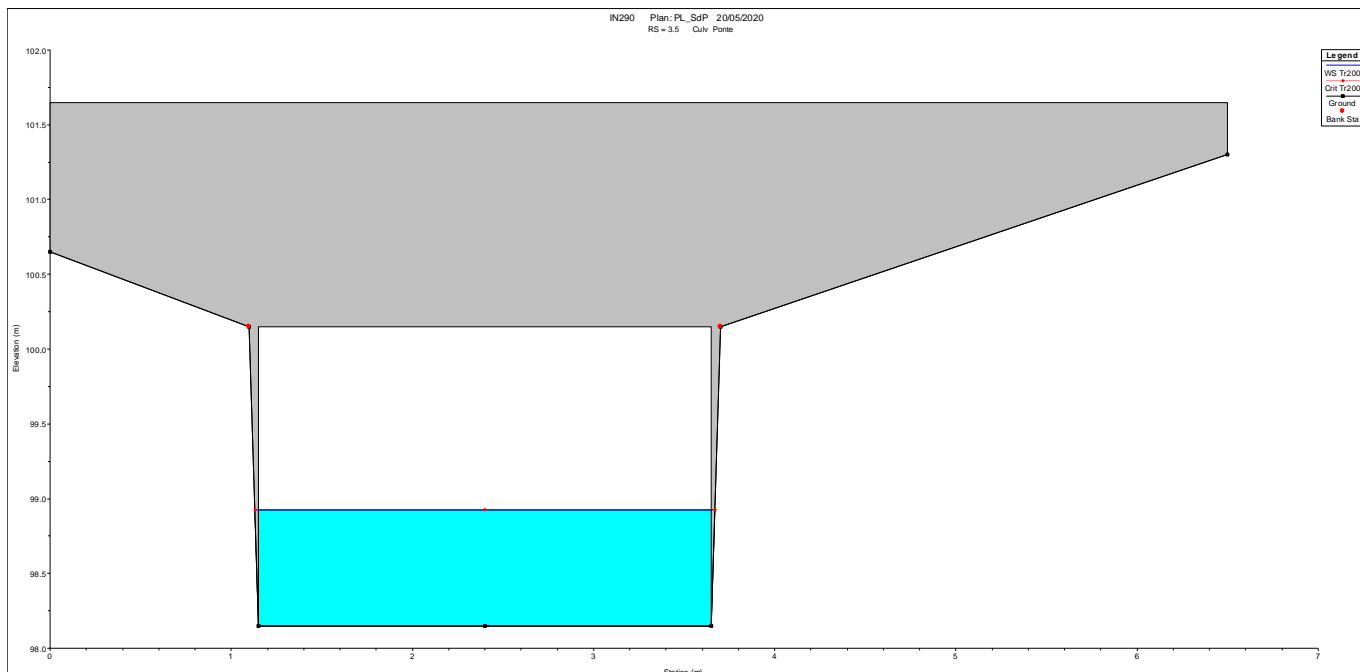


Figura 8.137 – Sezione monte manufatto – stato di progetto interferenza IN290.

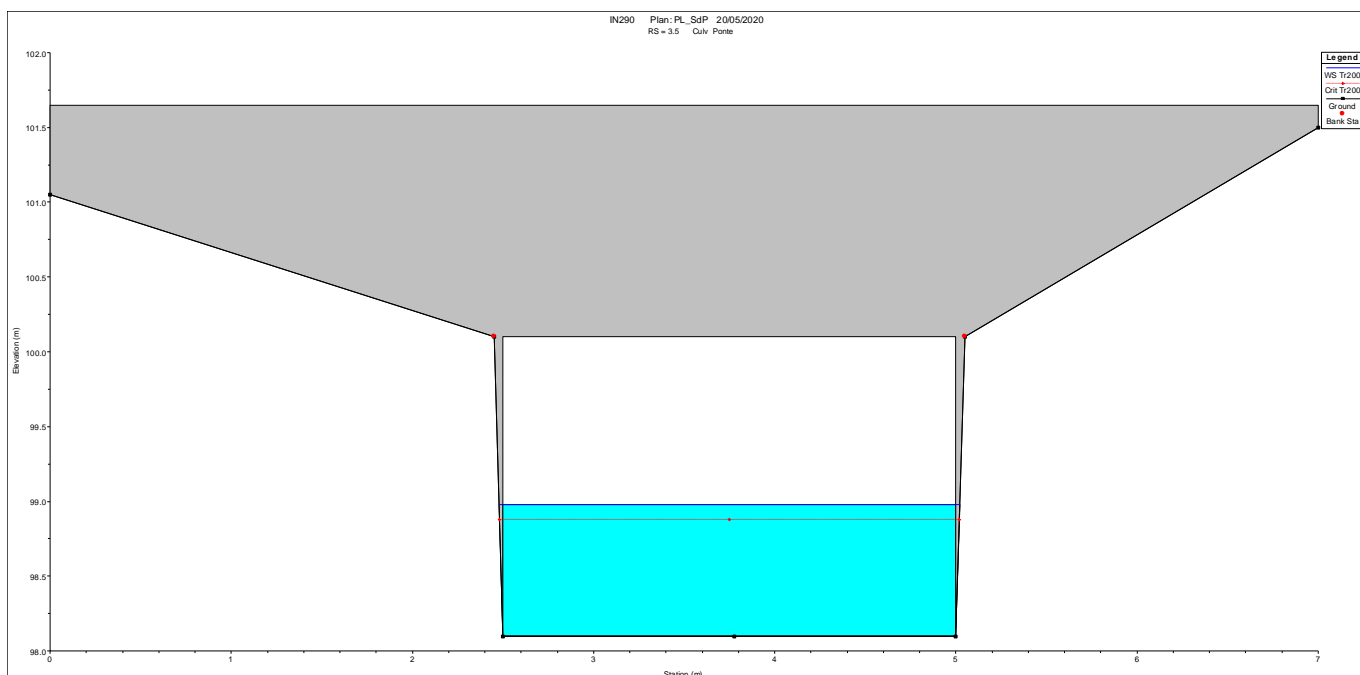


Figura 8.138 – Sezione valle manufatto – stato di progetto interferenza IN290.

8.7 Interferenza IN300 – Stato di progetto

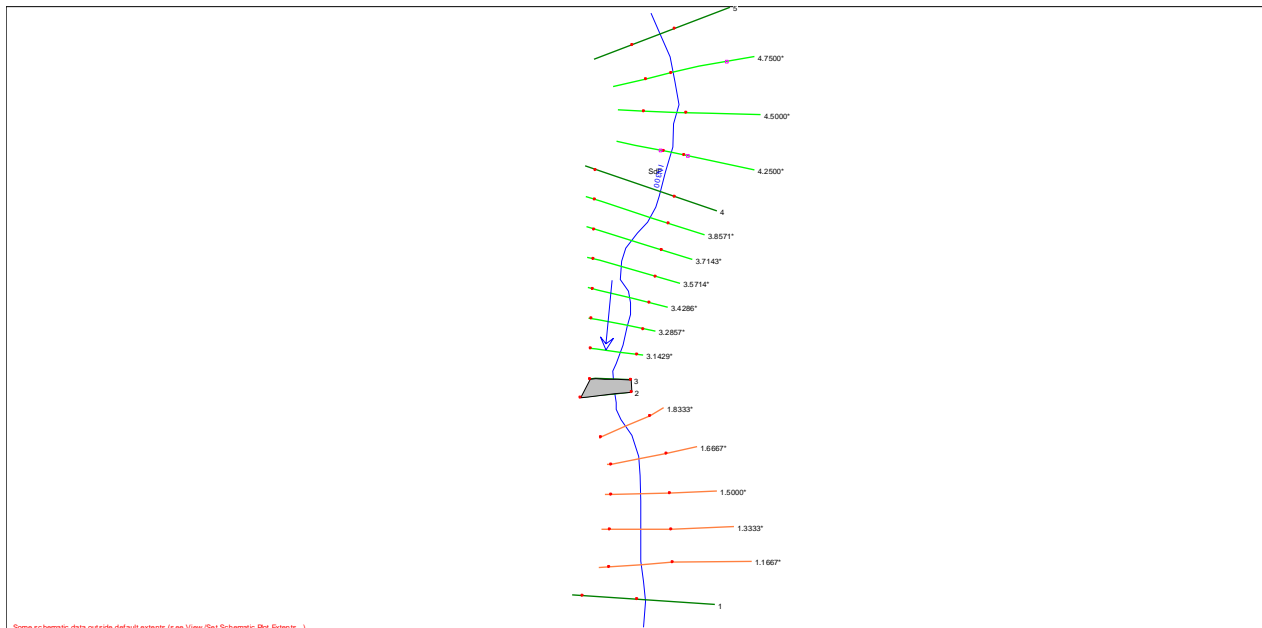


Figura 8.139 – Planimetria modello 1D – stato di progetto interferenza IN300.

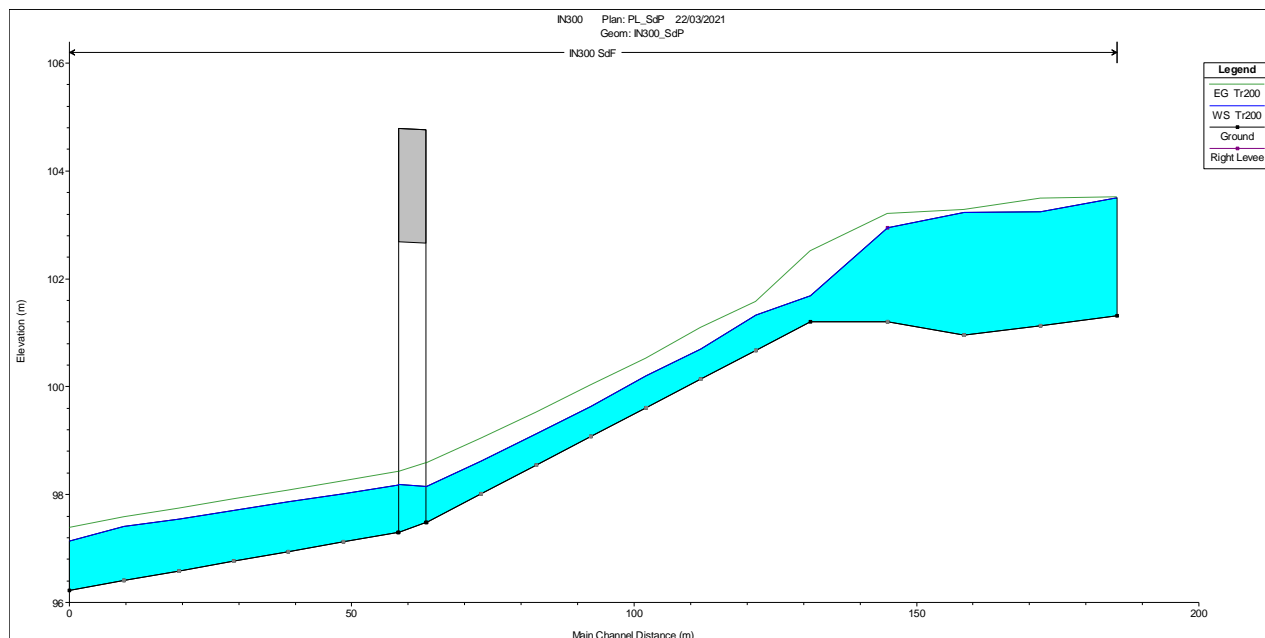


Figura 8.140 – Profilo idrico realtivo alla portata di progetto modello 1D – stato di progetto interferenza IN300.

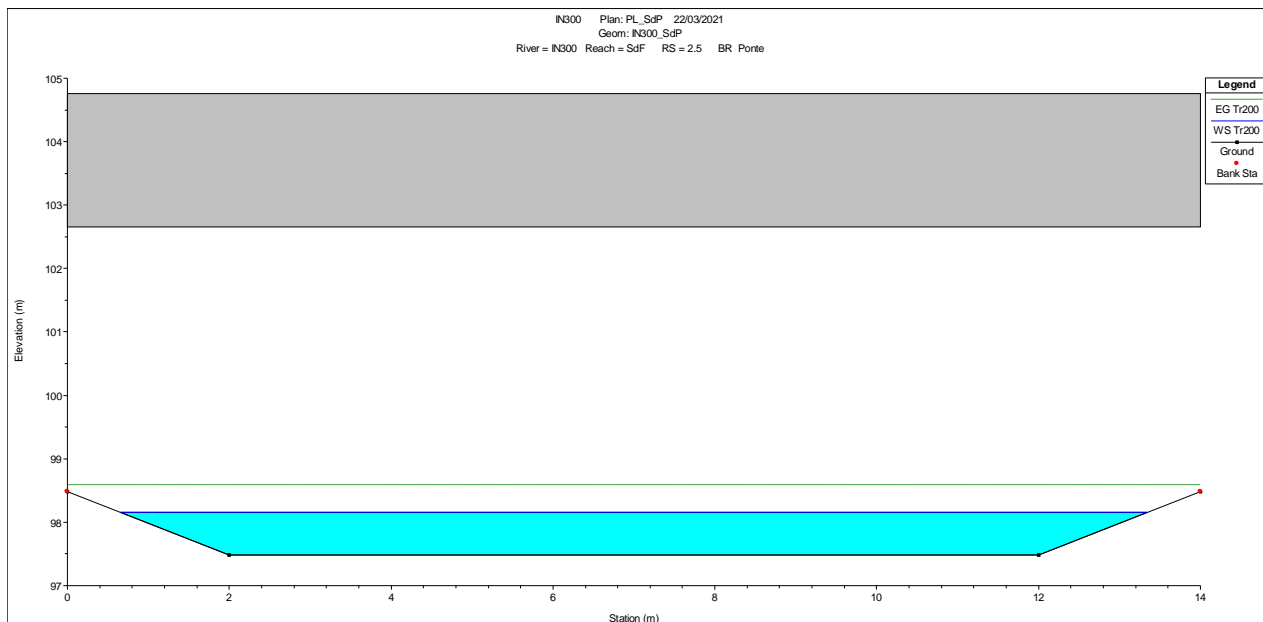


Figura 8.141 – Sezione monte manufatto – stato di progetto interferenza IN300.

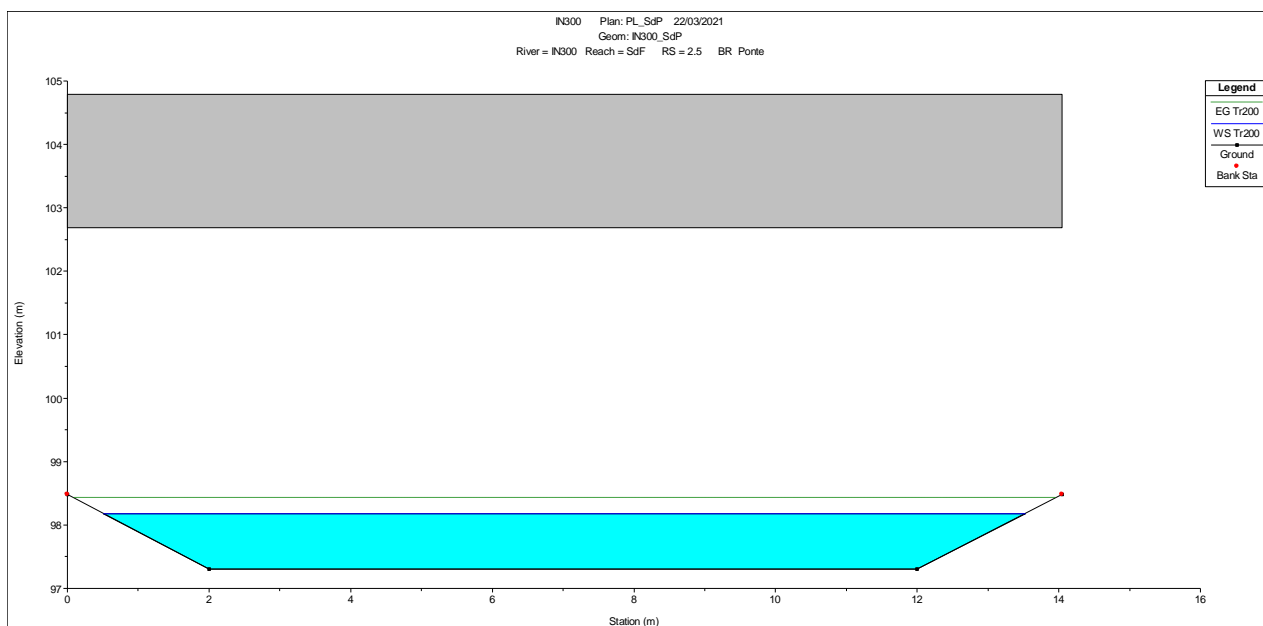


Figura 8.142 – Sezione valle manufatto – stato di progetto interferenza IN300.

8.8 Interferenza IN340 – Stato di progetto

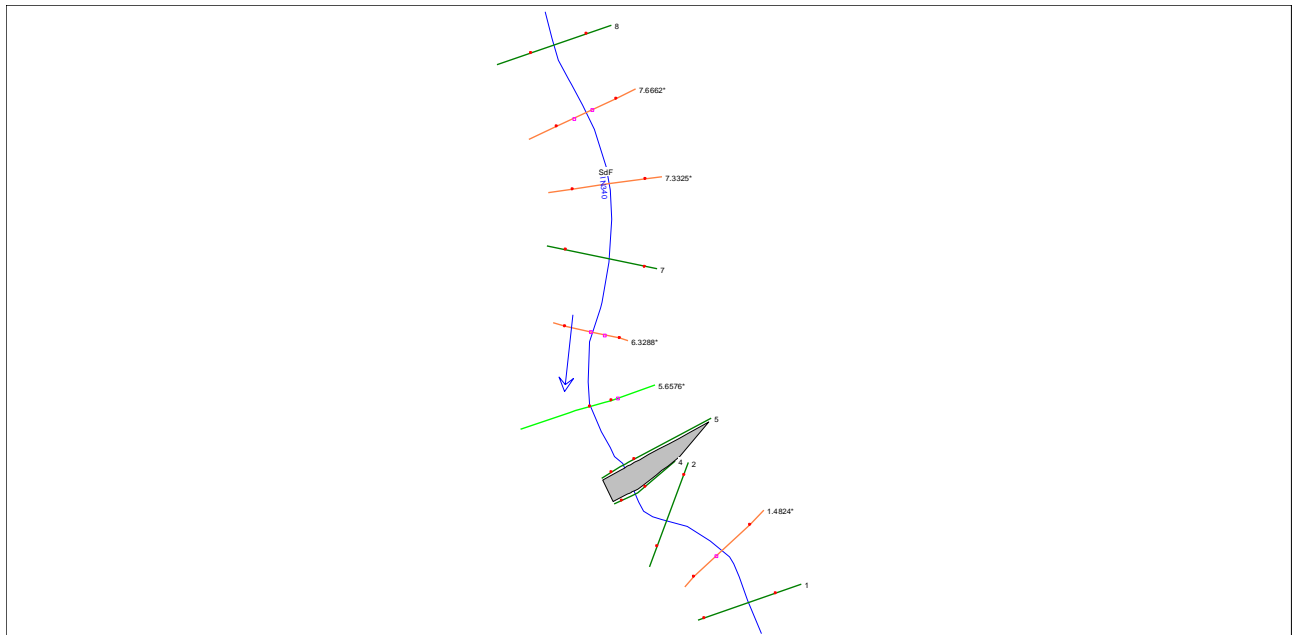


Figura 8.143 – Planimetria modello 1D – stato di progetto interferenza IN340.

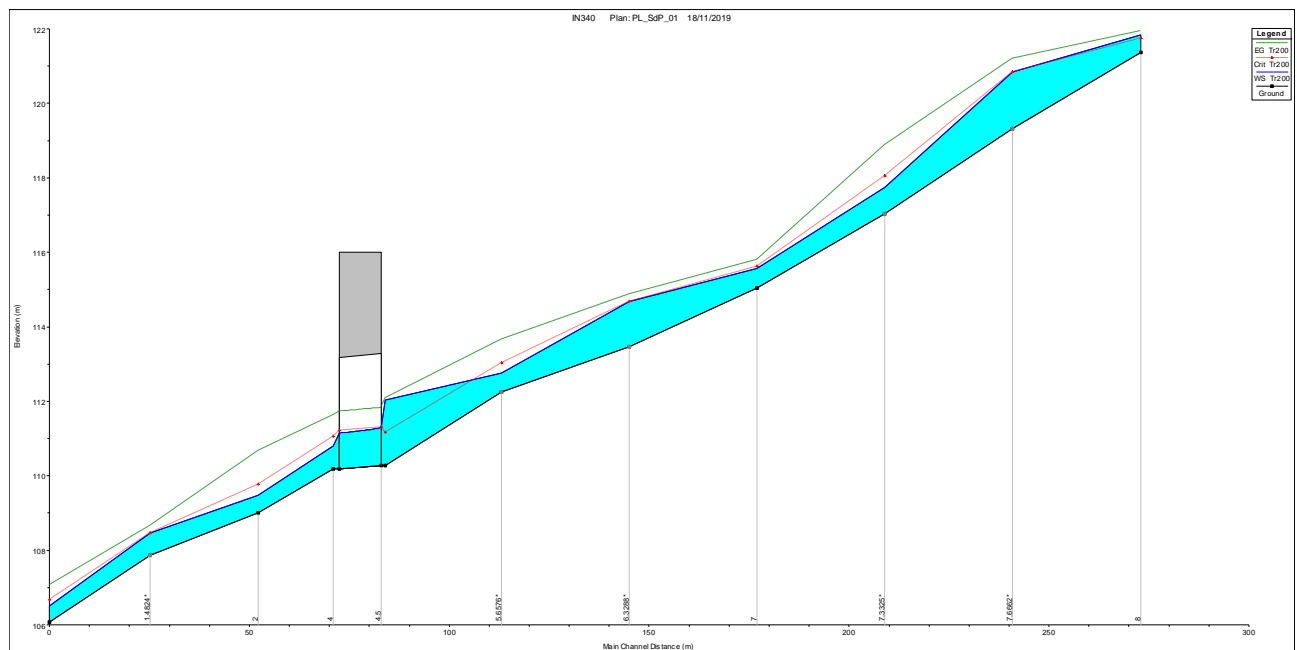


Figura 8.144 – Profilo idrico relativo alla portata di progetto modello 1D – stato di progetto interferenza IN340.

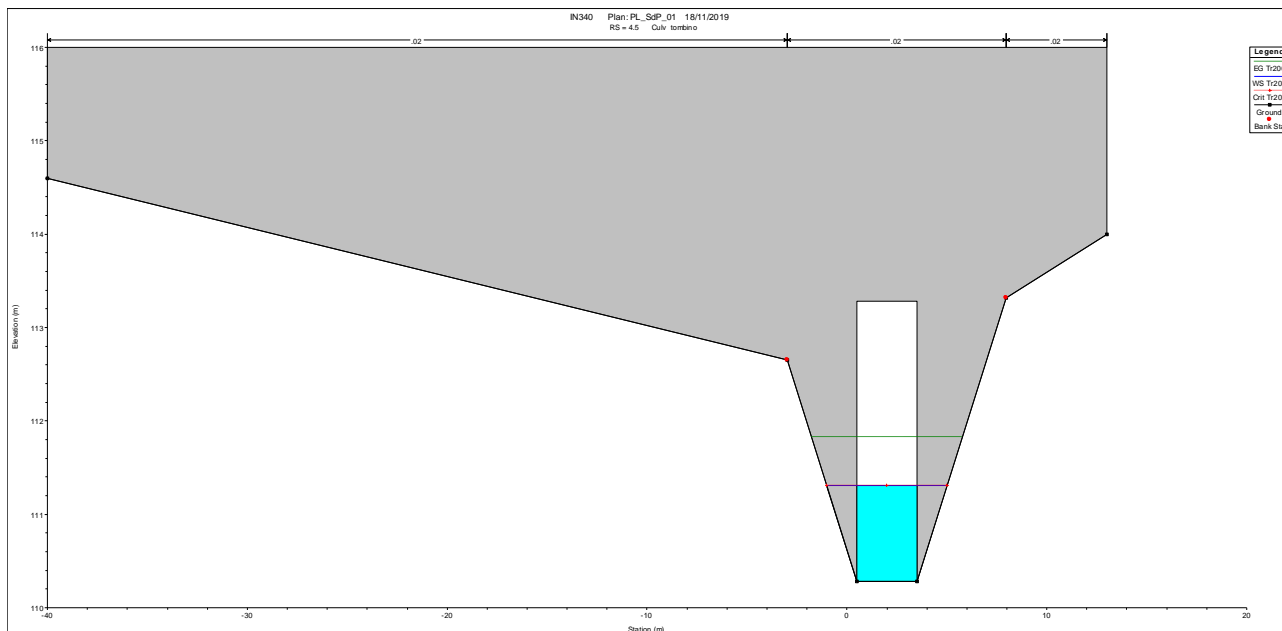


Figura 8.145 – Sezione monte manufatto – stato di progetto interferenza IN340.

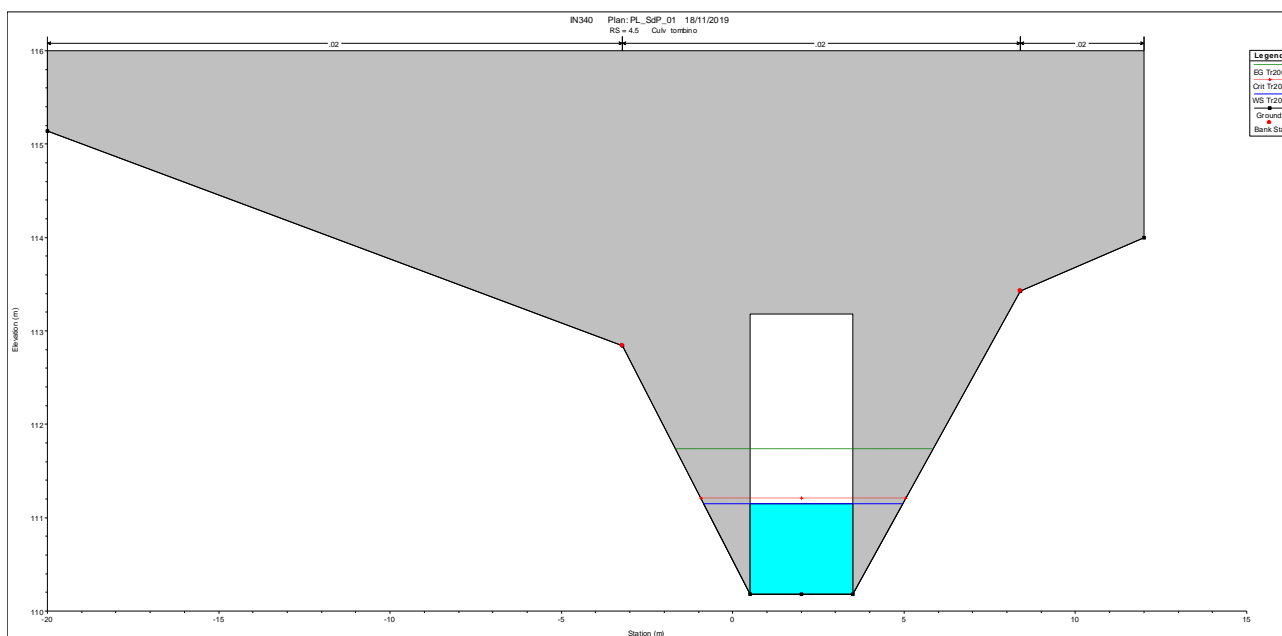


Figura 8.146 – Sezione valle manufatto – stato di progetto interferenza IN340.

8.9 Interferenza IN350 – Stato di progetto

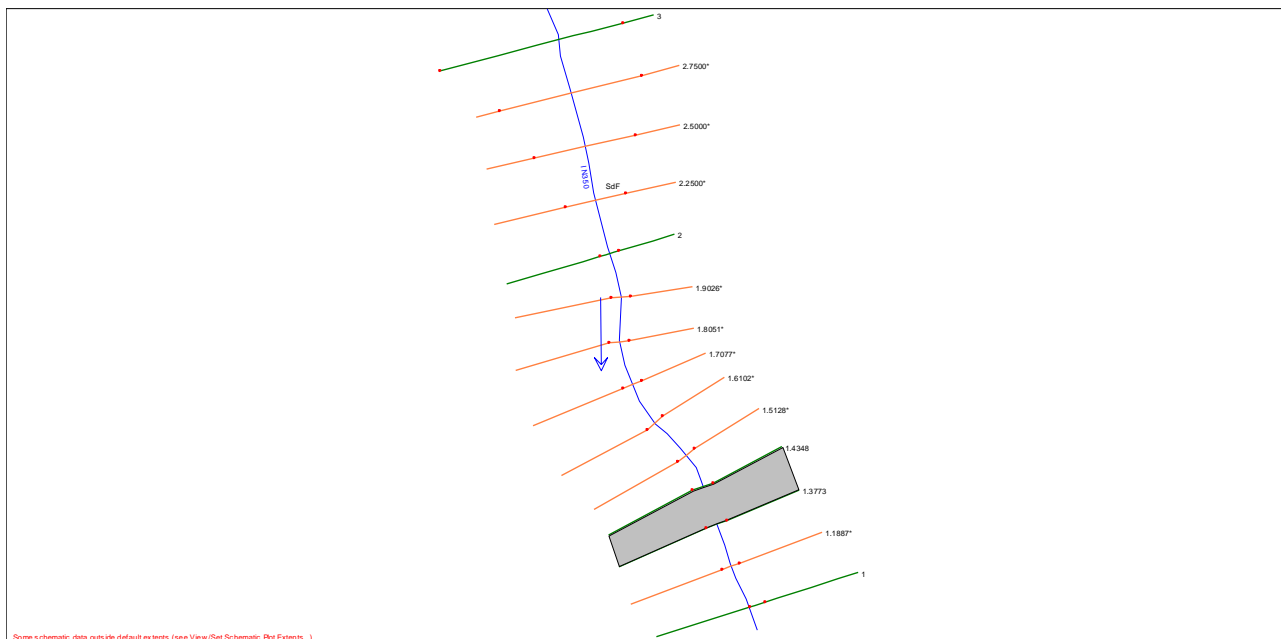


Figura 8.147 – Planimetria modello 1D – stato di progetto interferenza IN350.

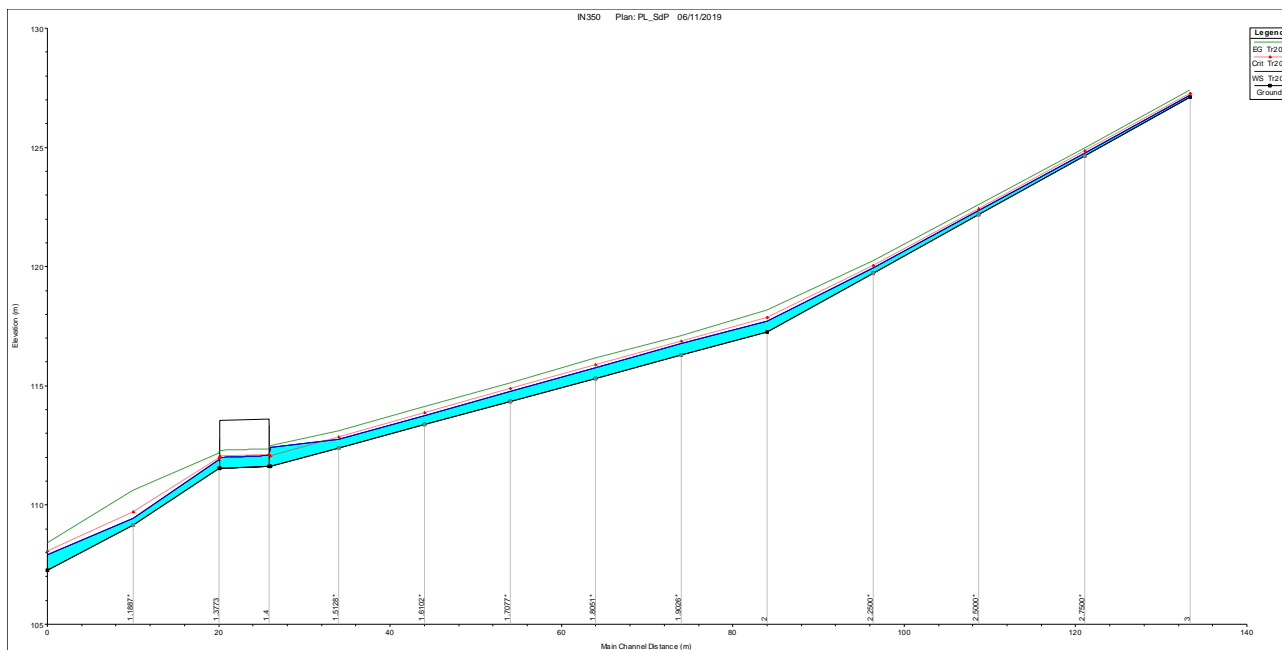


Figura 8.148 – Profilo idrico relativo alla portata di progetto modello 1D – stato di progetto interferenza IN350.

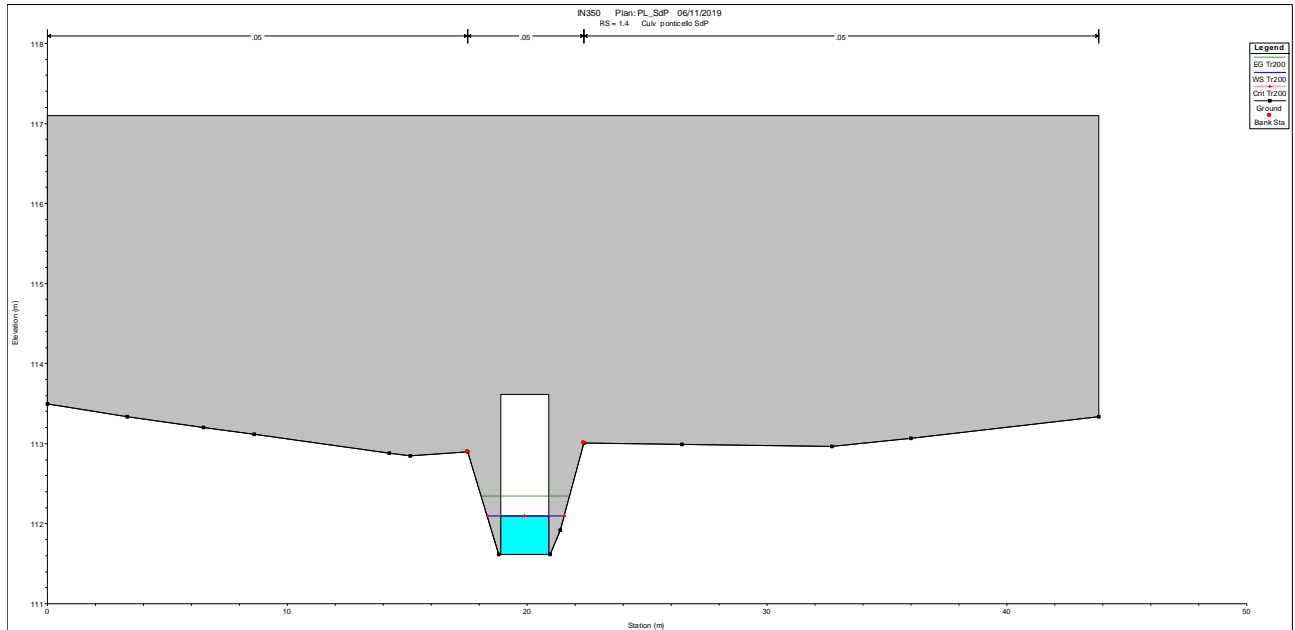


Figura 8.149 – Sezione monte manufatto – stato di progetto interferenza IN350.

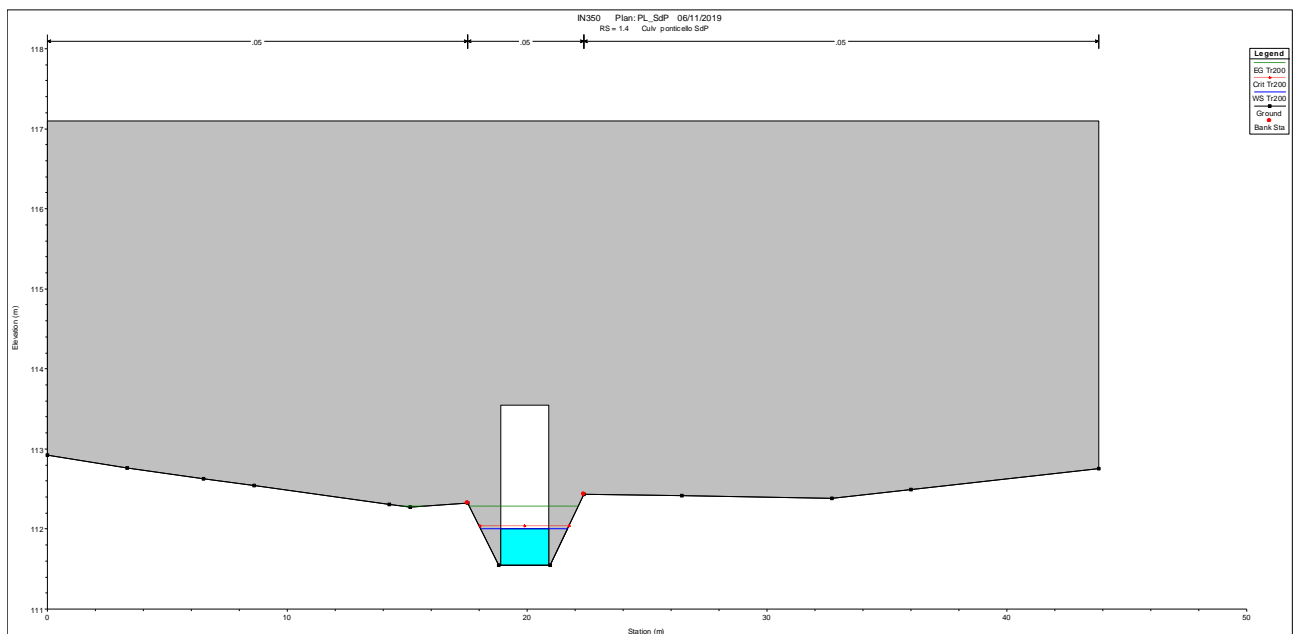


Figura 8.150 – Sezione valle manufatto – stato di progetto interferenza IN350.

8.1 Interferenza IN360 – Stato di progetto

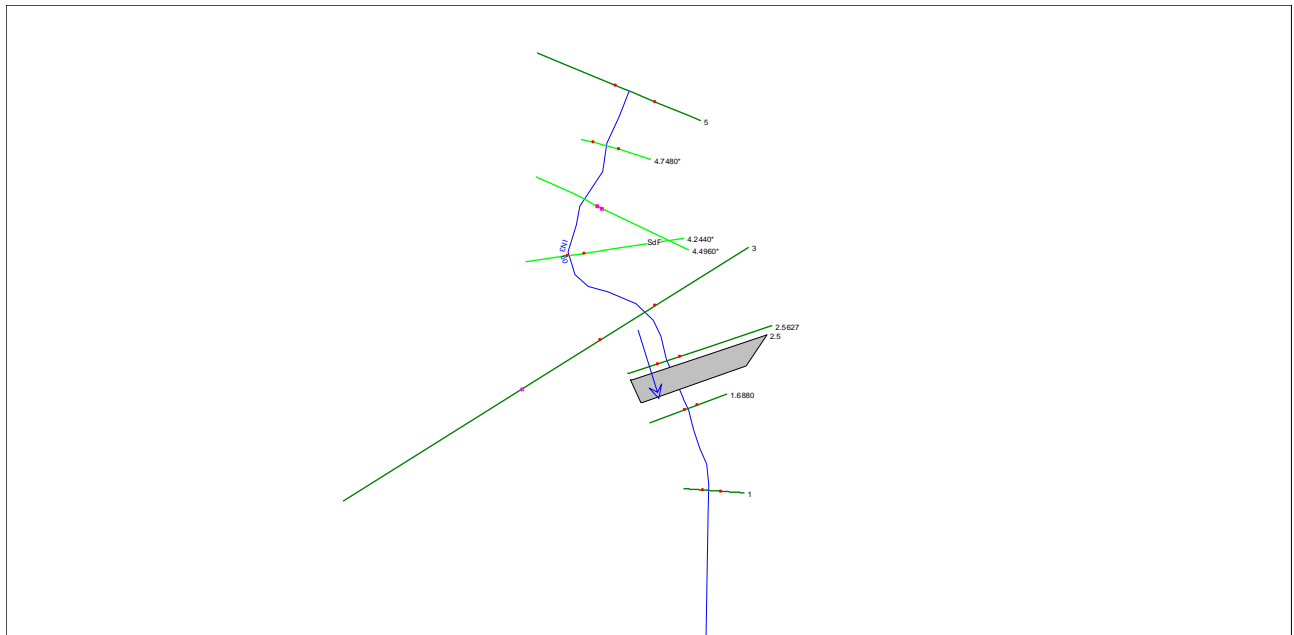


Figura 8.151 – Planimetria modello 1D – stato di progetto interferenza IN360.

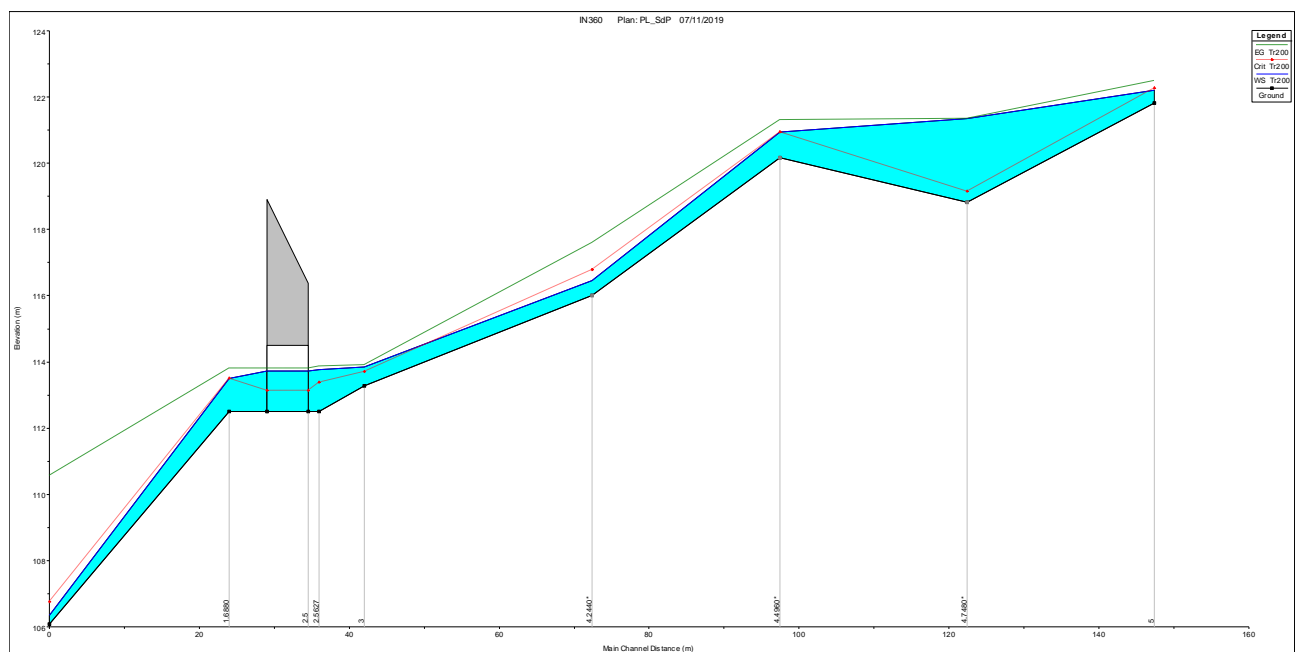


Figura 8.152 – Profilo idrico relativo alla portata di progetto modello 1D – stato di progetto interferenza IN360.

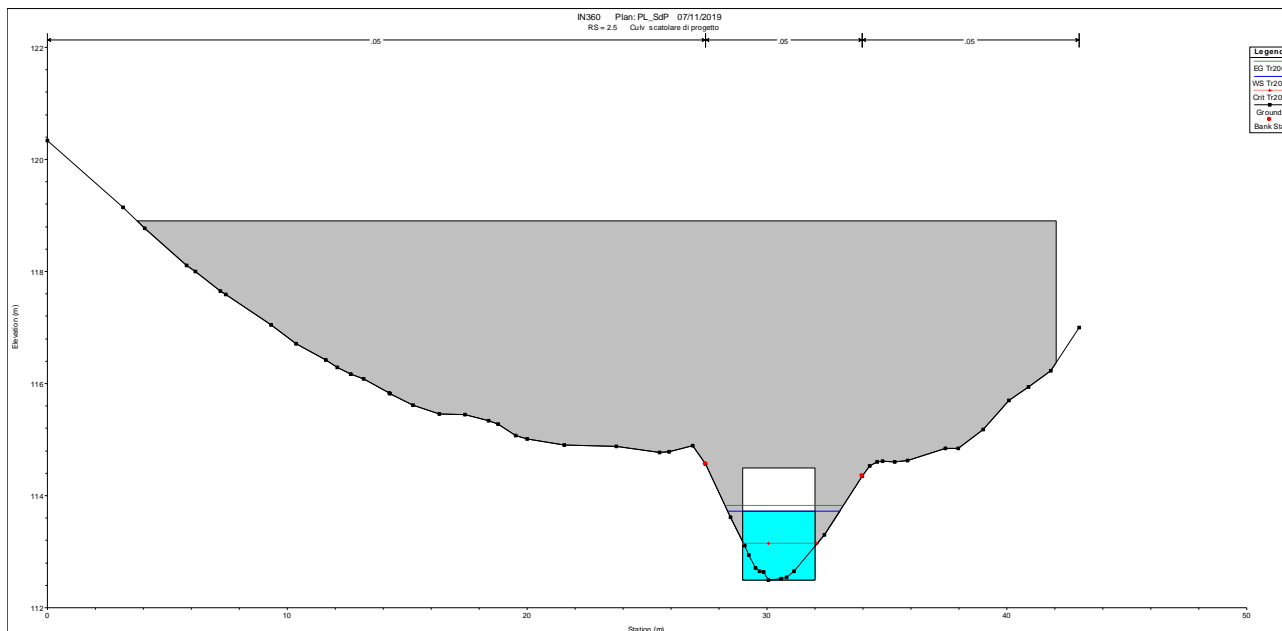


Figura 8.153 – Sezione monte manufatto – stato di progetto interferenza IN360.

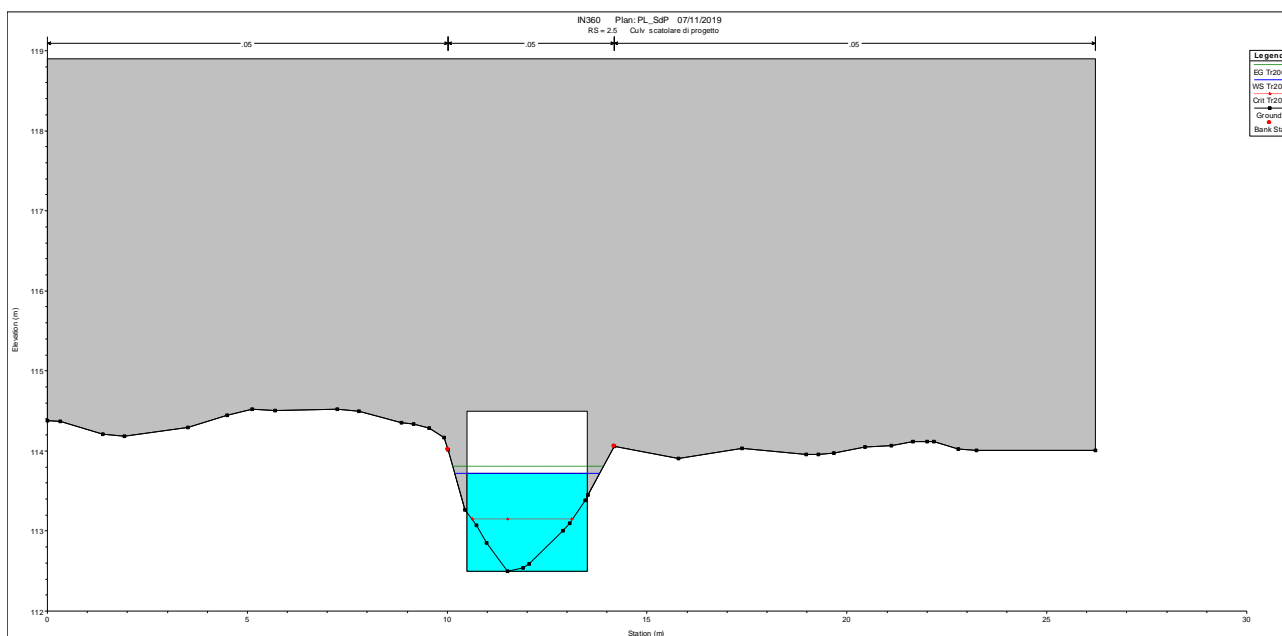


Figura 8.154 – Sezione valle manufatto – stato di progetto interferenza IN360.

8.2 Interferenza IN370 – Stato di progetto

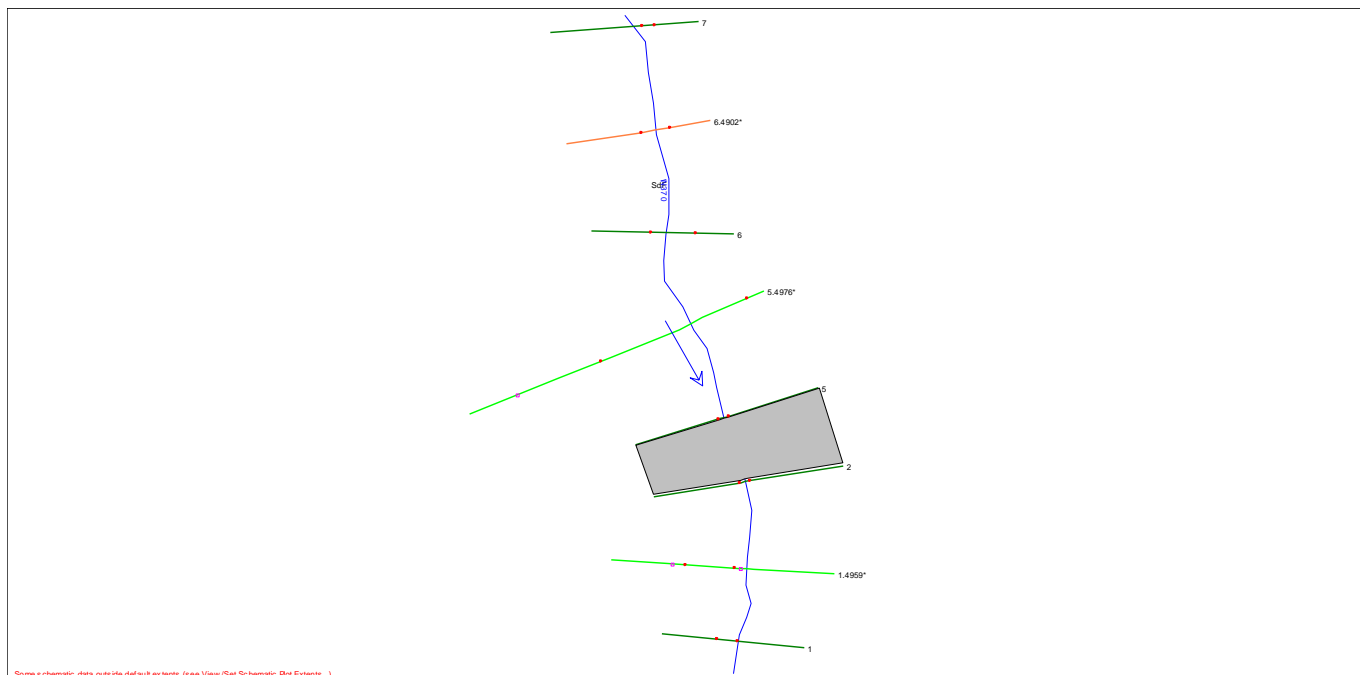


Figura 8.155 – Planimetria modello 1D – stato di progetto interferenza IN370.

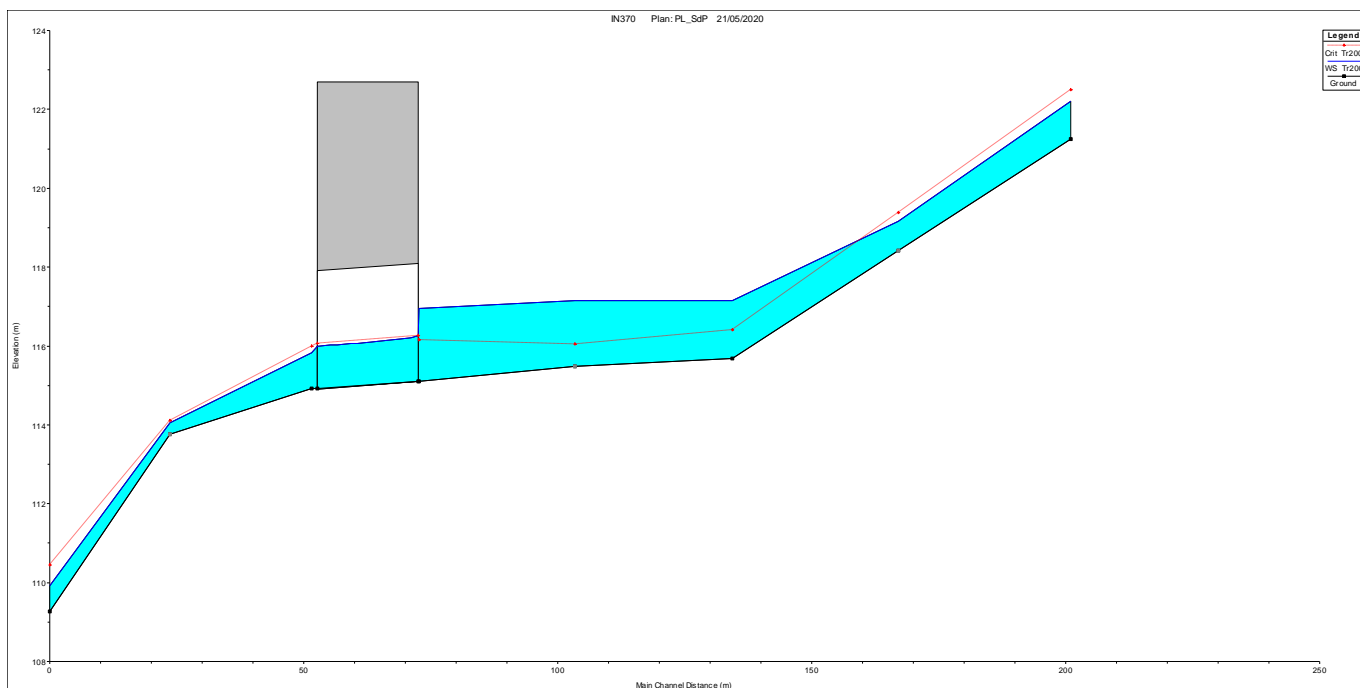


Figura 8.156 – Profilo idrico relativo alla portata di progetto modello 1D – stato di progetto interferenza IN370.

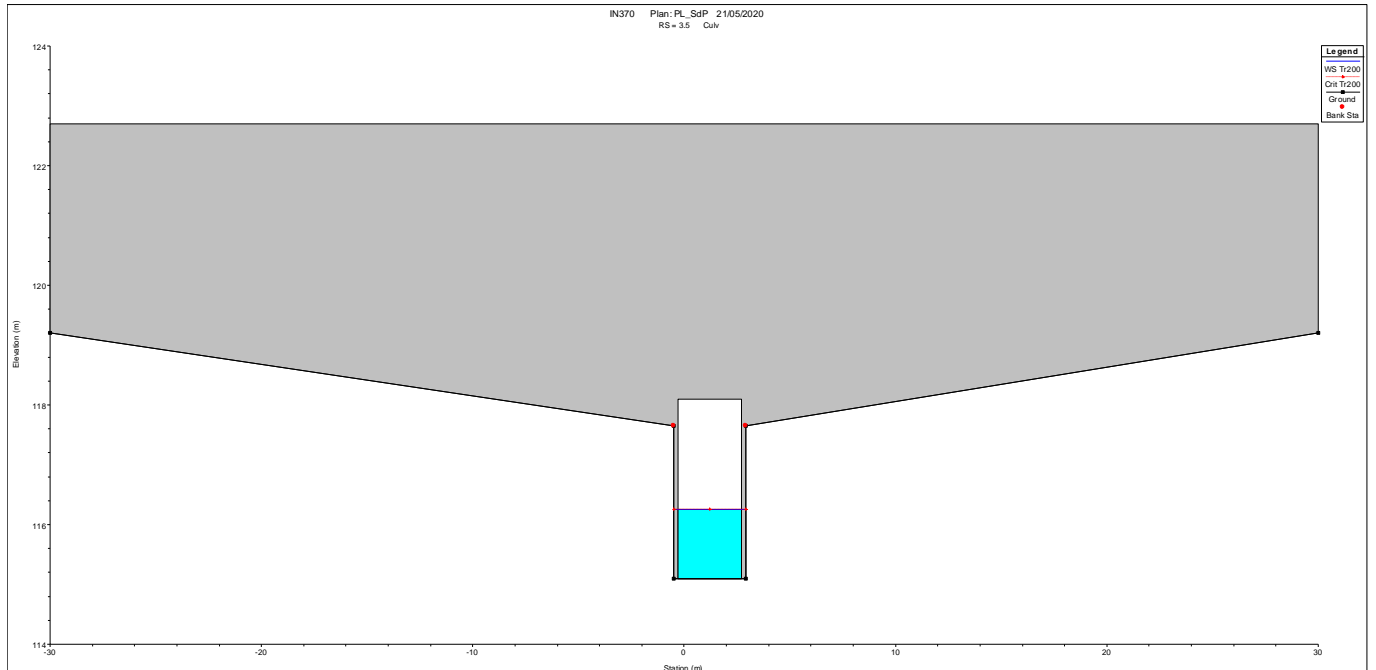


Figura 8.157 – Sezione monte manufatto – stato di progetto interferenza IN370.

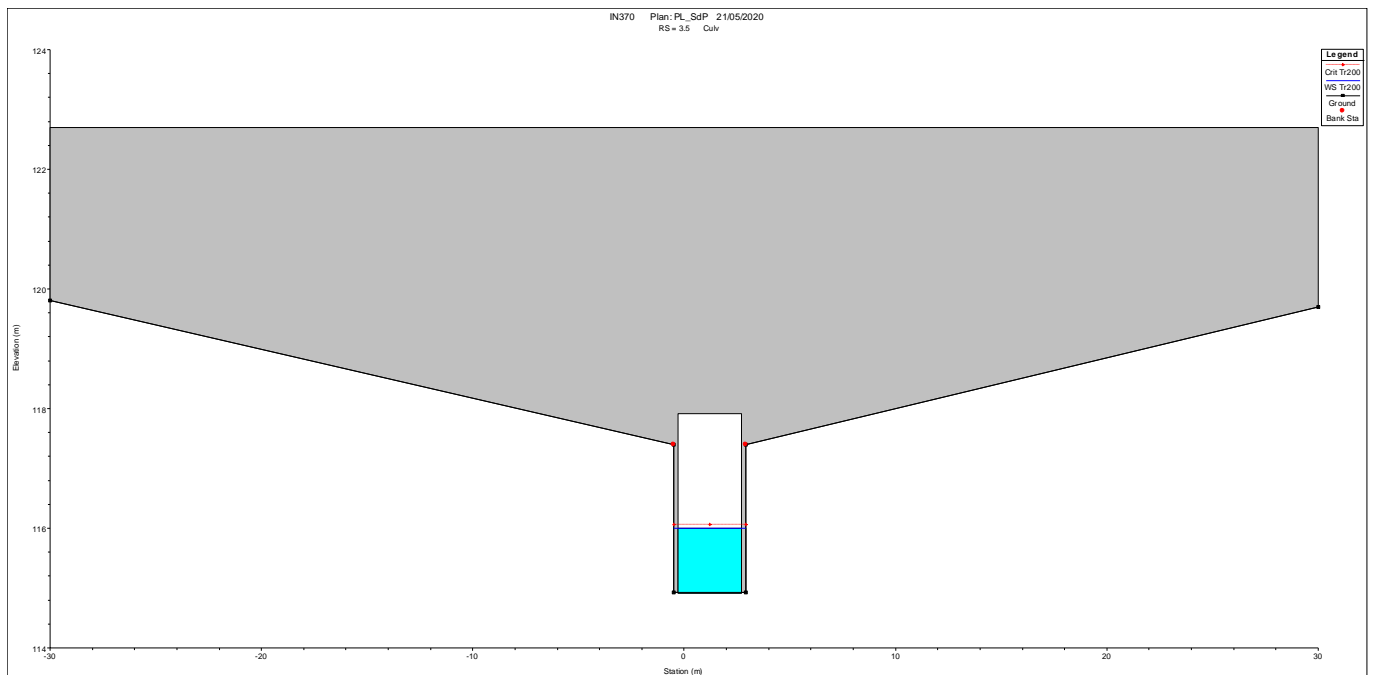


Figura 8.158 – Sezione valle manufatto – stato di progetto interferenza IN370.

8.1 Interferenza IN380 – Stato di progetto



Figura 8.159 – Planimetria modello 1D – stato di progetto interferenza IN380.

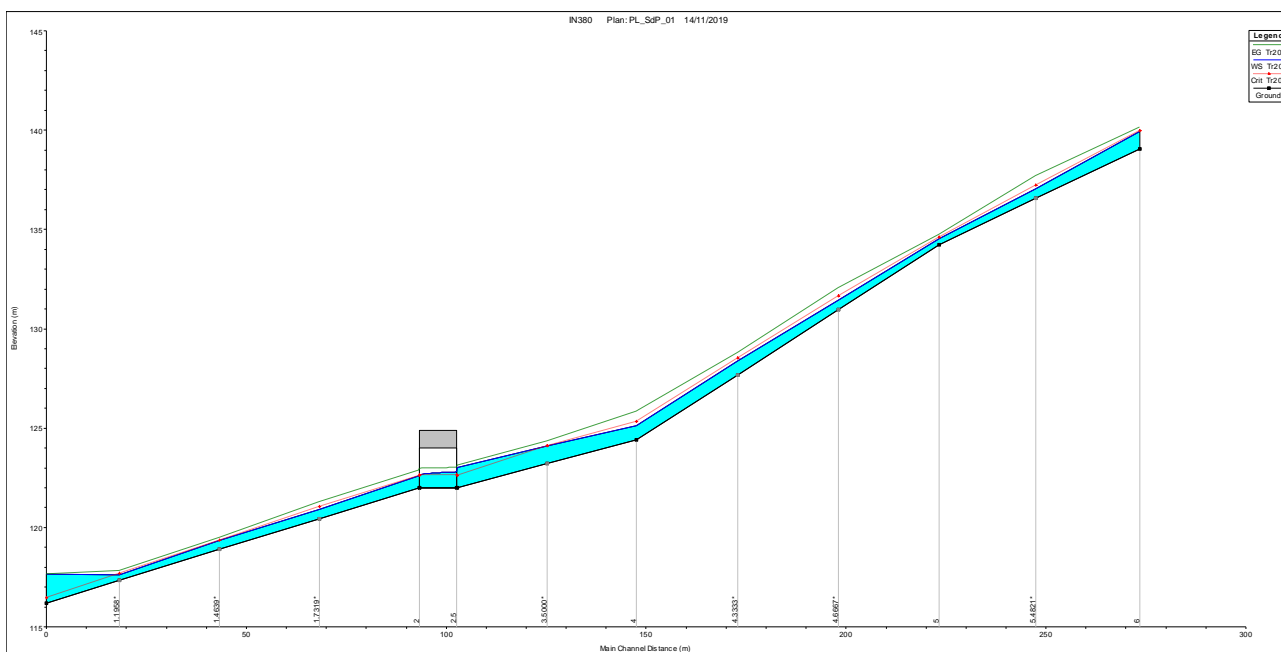


Figura 8.160 – Profilo idrico relativo alla portata di progetto modello 1D – stato di progetto interferenza IN380.

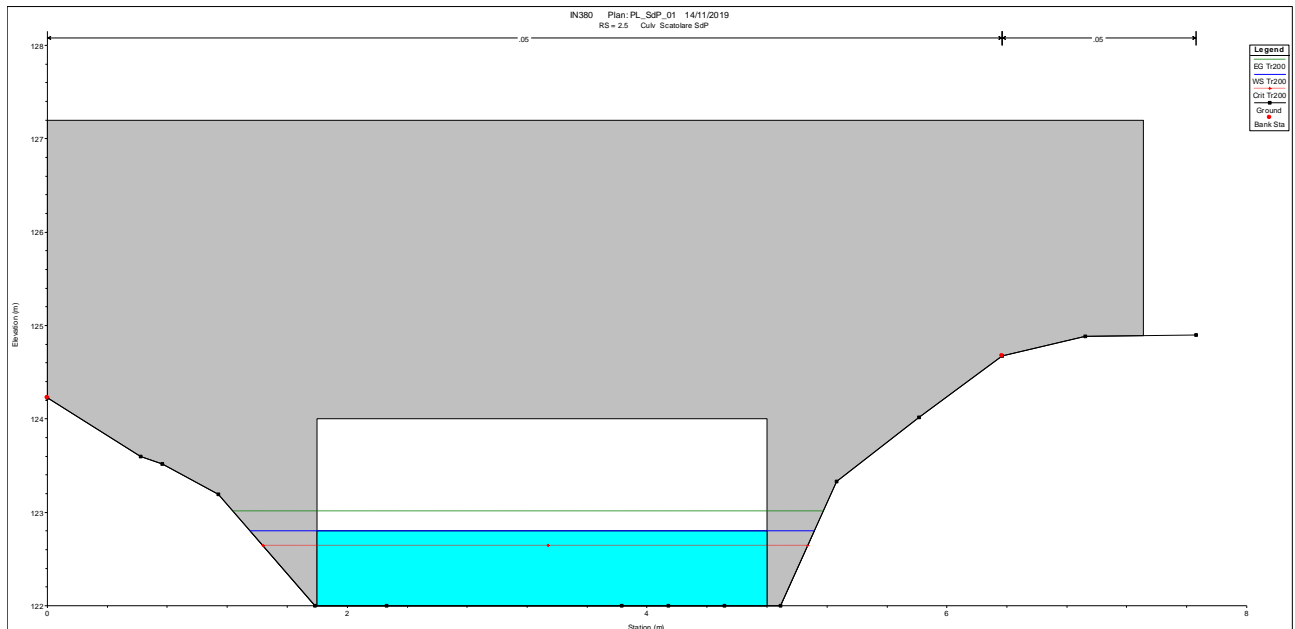


Figura 8.161 – Sezione monte manufatto – stato di progetto interferenza IN380.

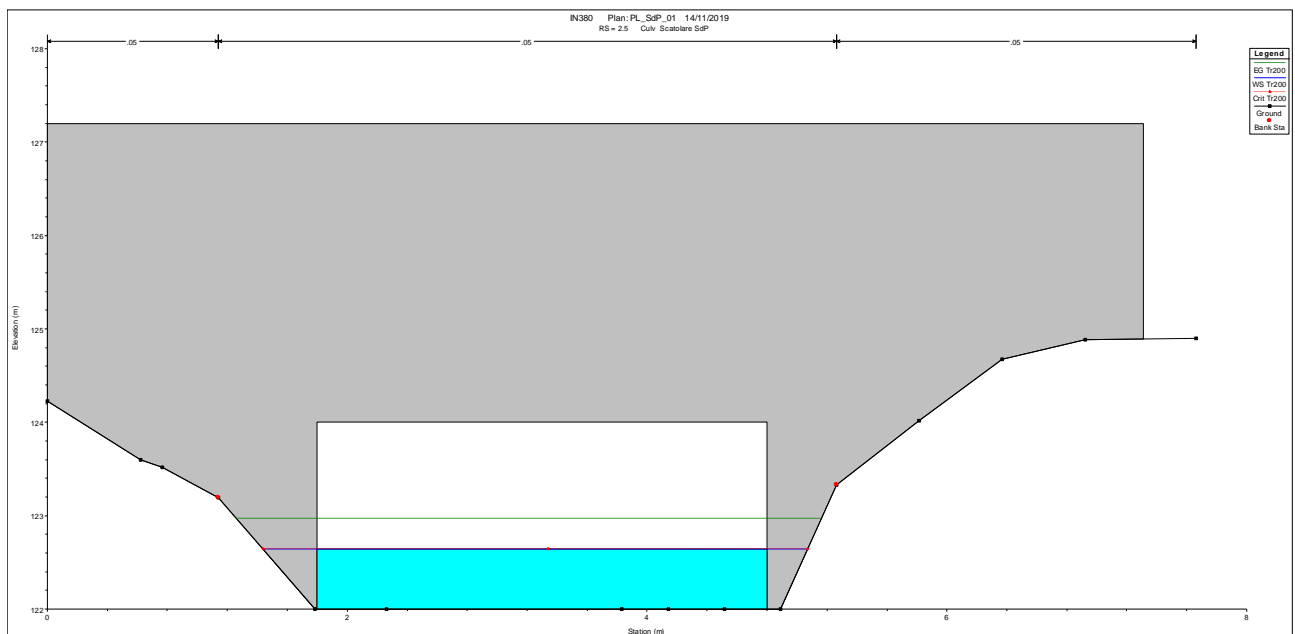


Figura 8.162 – Sezione valle manufatto – stato di progetto interferenza IN380.

8.2 Interferenza IN390 – Stato di progetto

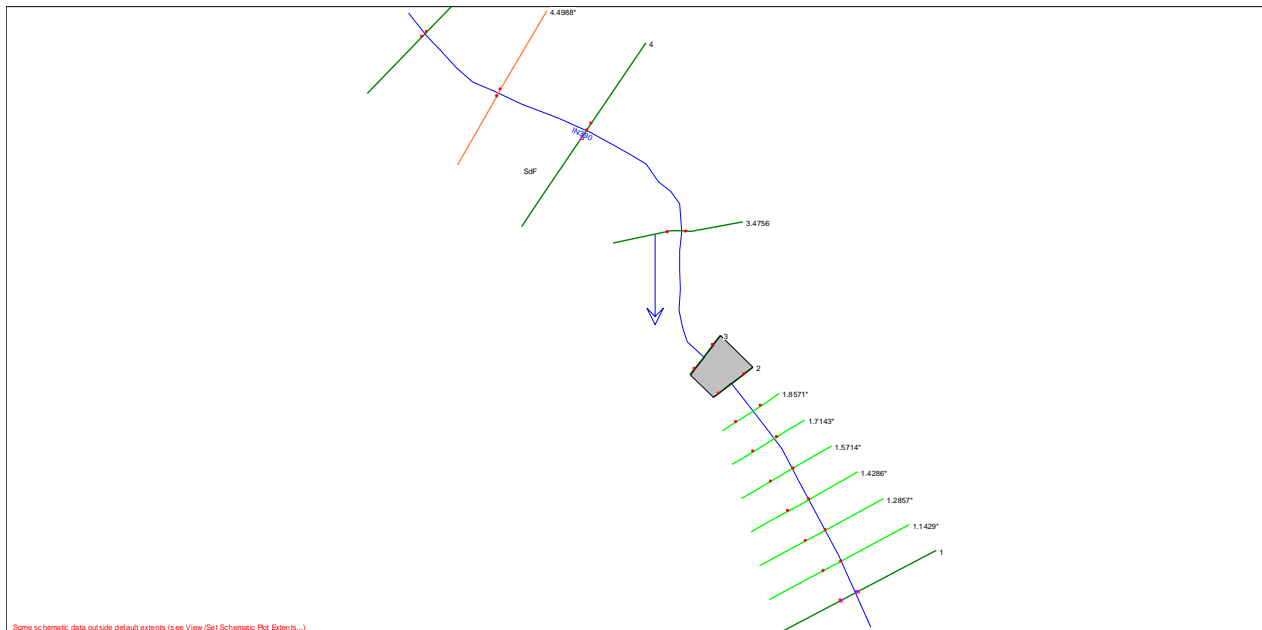


Figura 8.163 – Planimetria modello 1D – stato di progetto interferenza IN390.

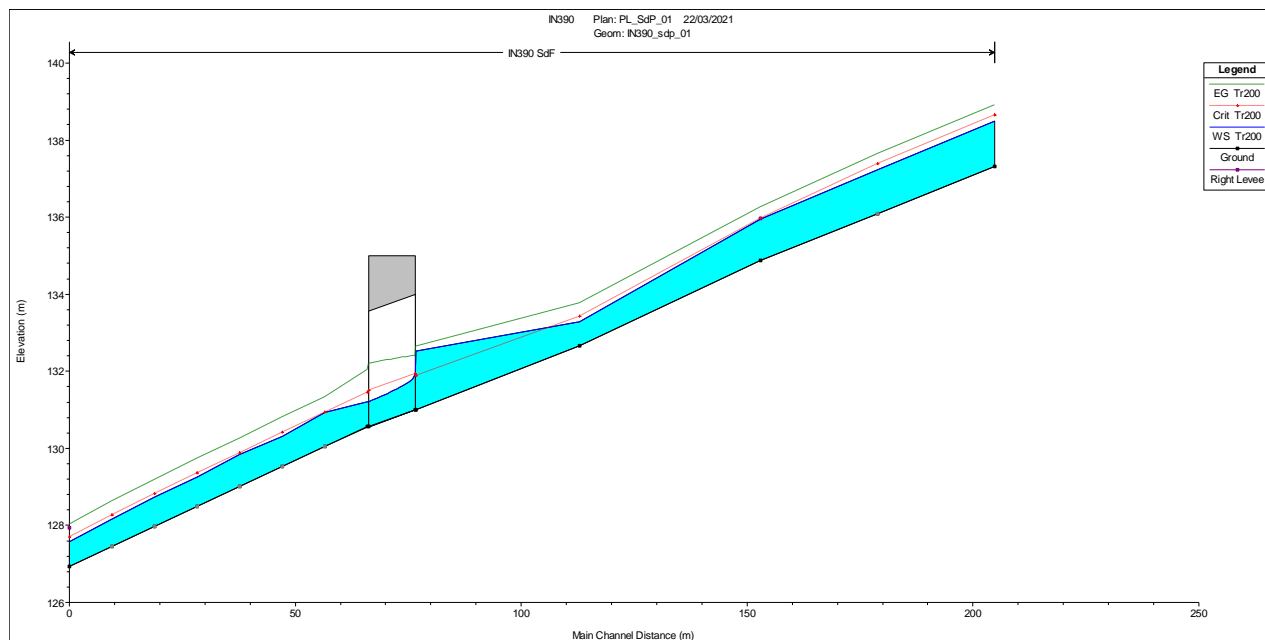


Figura 8.164 – Profilo idrico realtivo alla portata di progetto modello 1D – stato di progetto interferenza IN390.

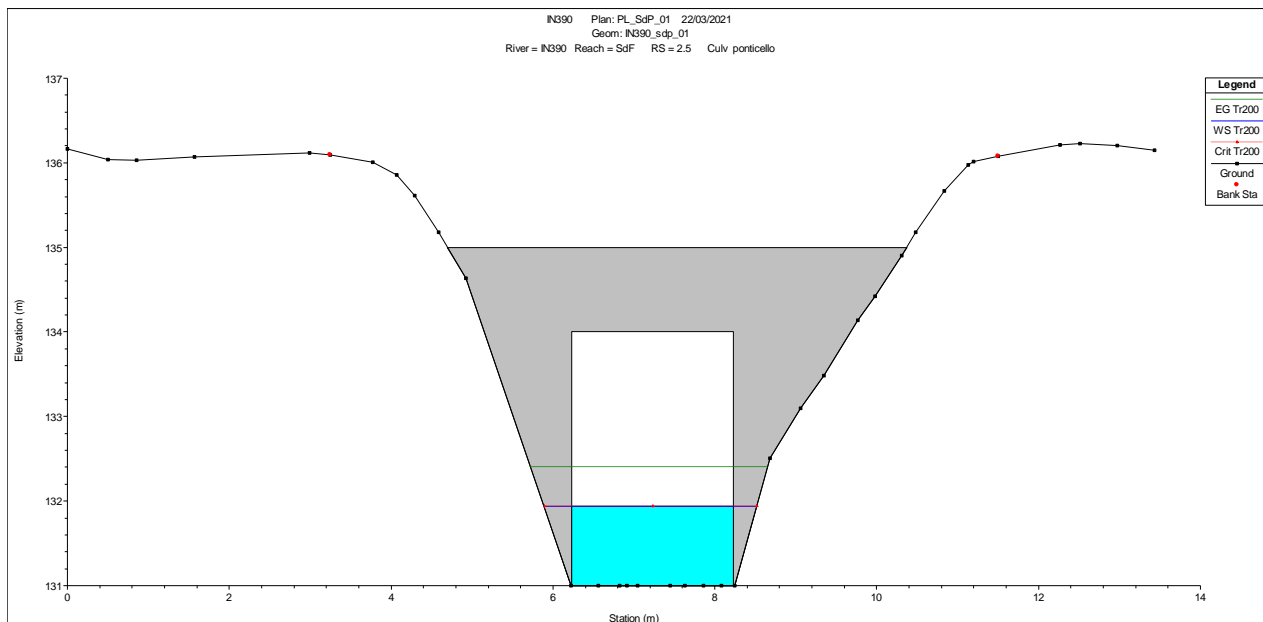


Figura 8.165 – Sezione monte manufatto – stato di progetto interferenza IN390.

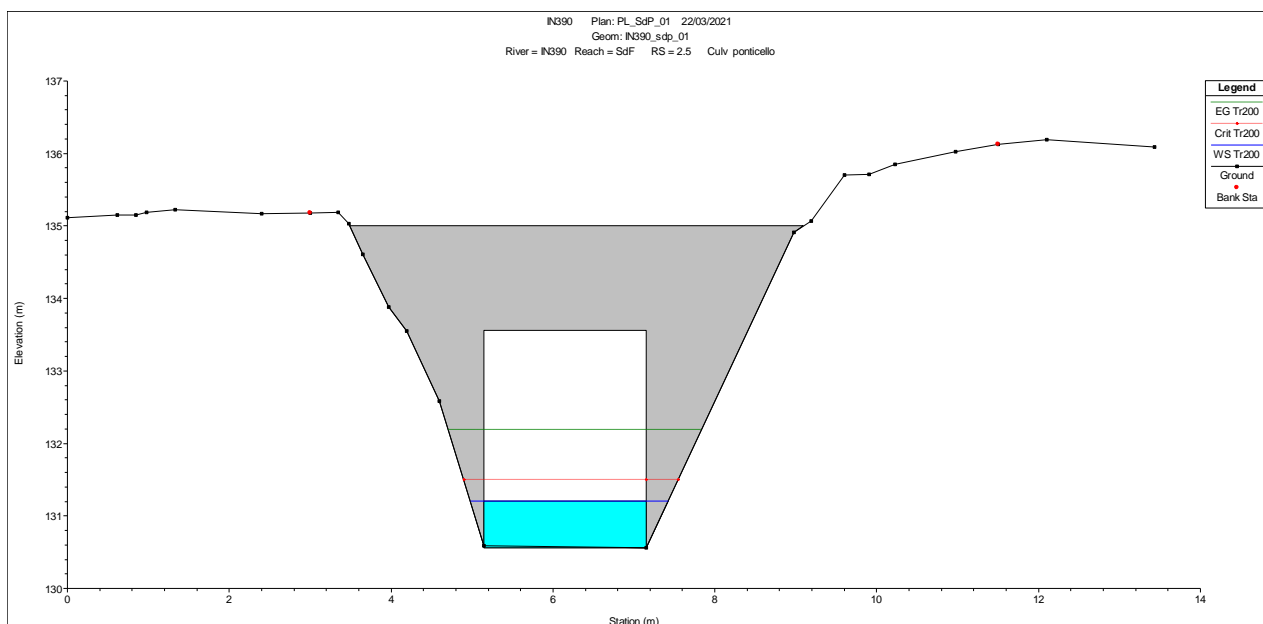


Figura 8.166 – Sezione valle manufatto – stato di progetto interferenza IN390.

8.1 Interferenza IN440 – Stato di progetto

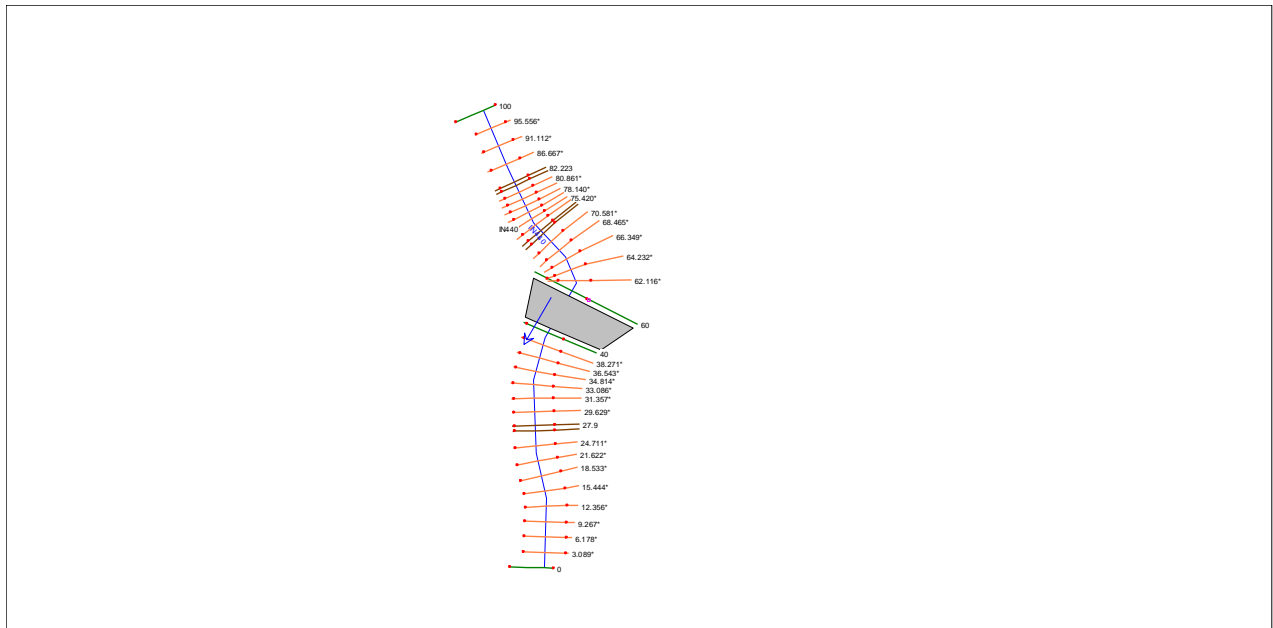


Figura 8.167 – Planimetria modello 1D – stato di progetto interferenza IN440.

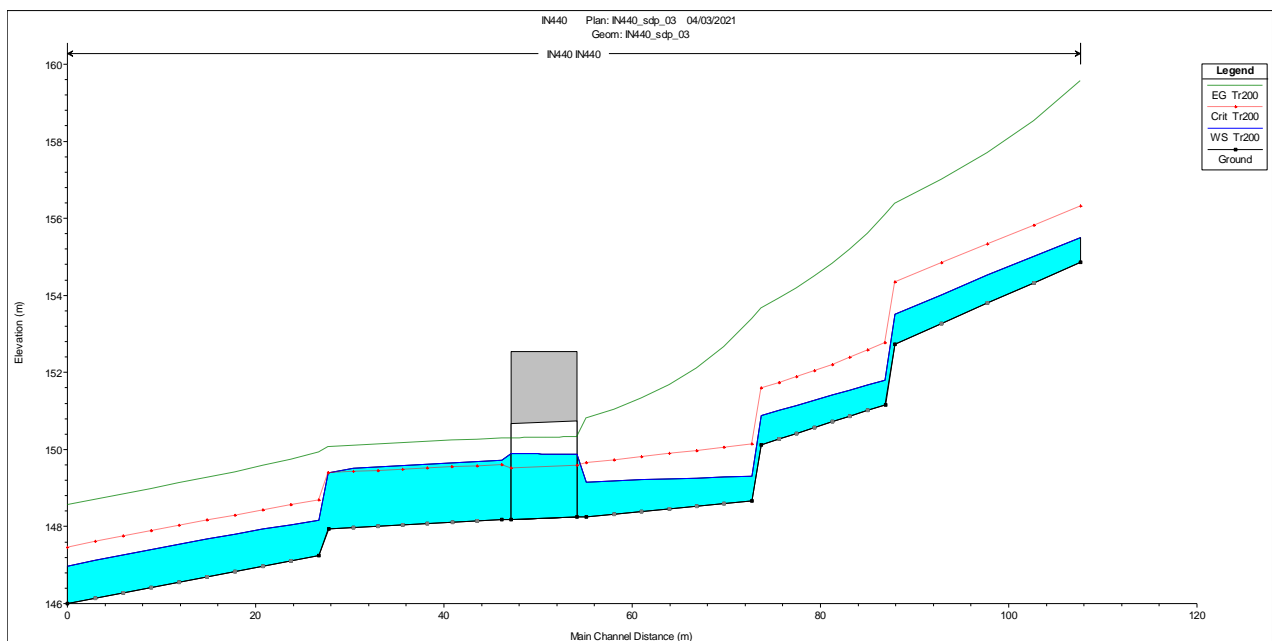


Figura 8.168 – Profilo idrico relativo alla portata di progetto modello 1D – stato di progetto interferenza IN440.

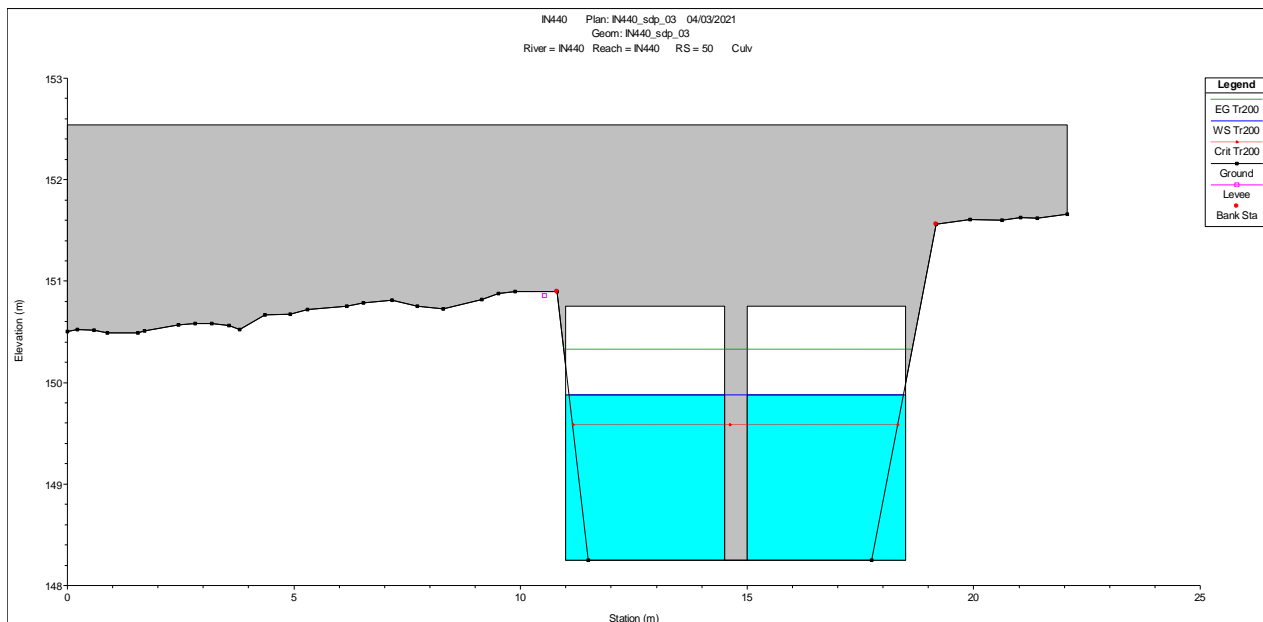


Figura 8.169 – Sezione monte manufatto – stato di progetto interferenza IN440.

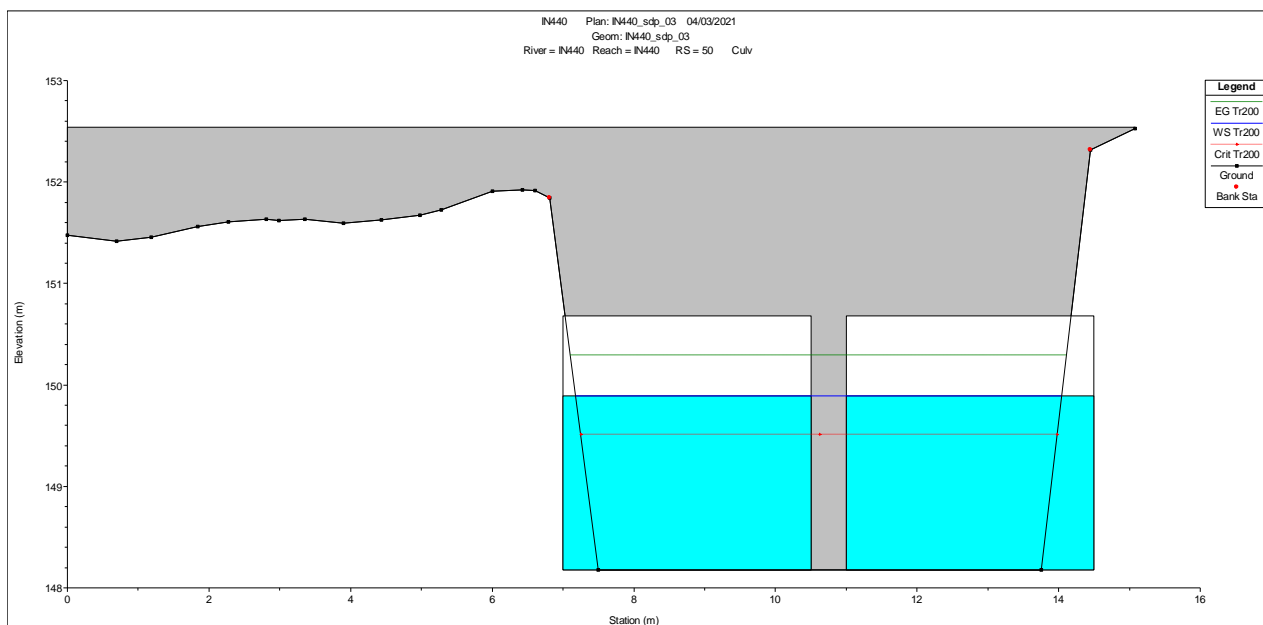


Figura 8.170 – Sezione valle manufatto – stato di progetto interferenza IN440.

8.2 Interferenza IN450 – Stato di progetto

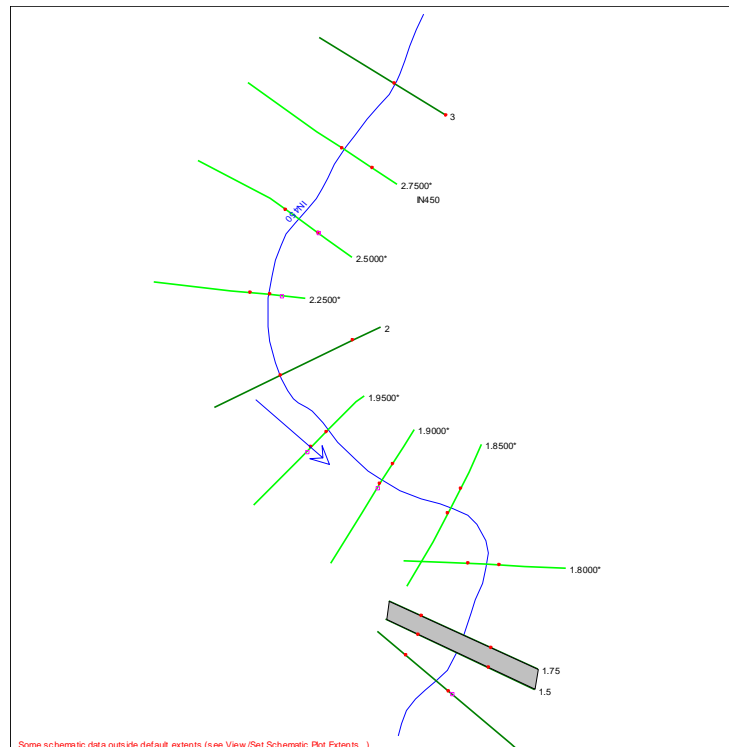


Figura 8.171 – Planimetria modello 1D – stato di progetto interferenza IN450.

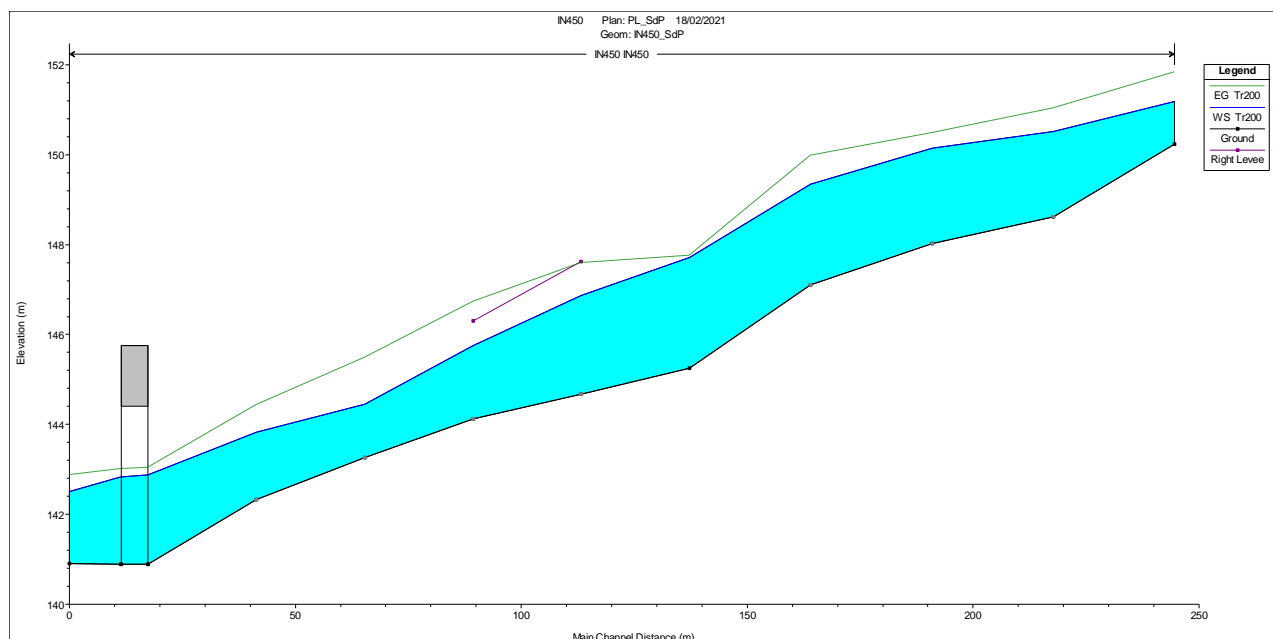


Figura 8.172 – Profilo idrico relativo alla portata di progetto modello 1D – stato di progetto interferenza IN450.

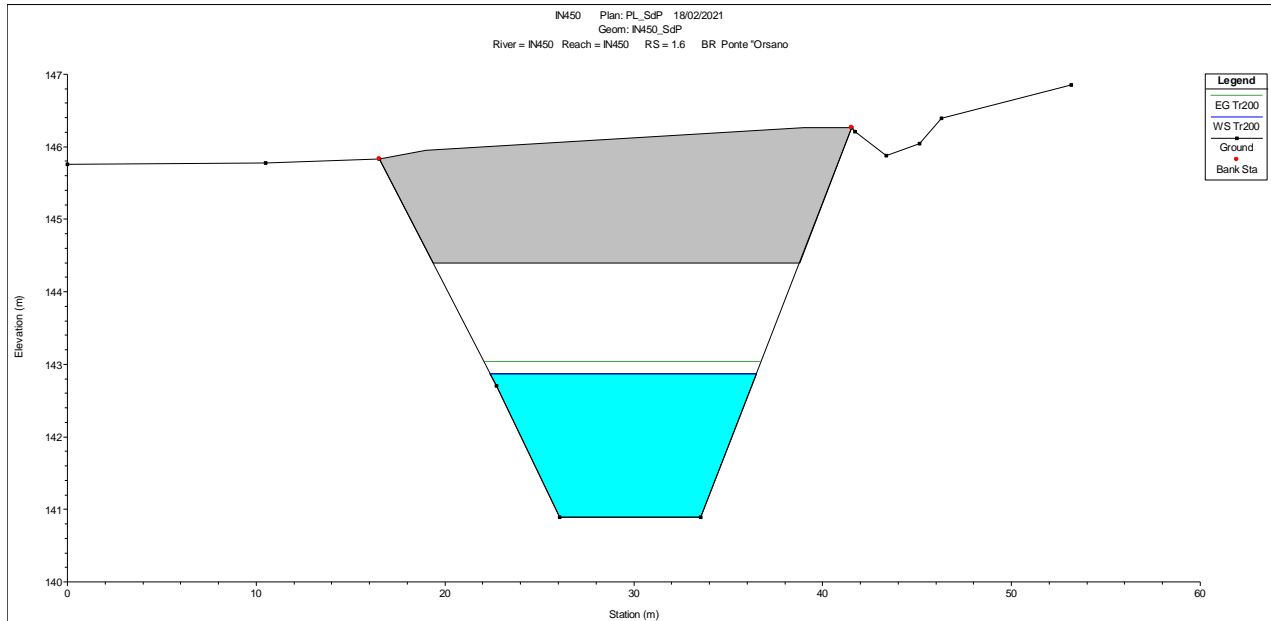


Figura 8.173 – Sezione monte manufatto – stato di progetto interferenza IN450.

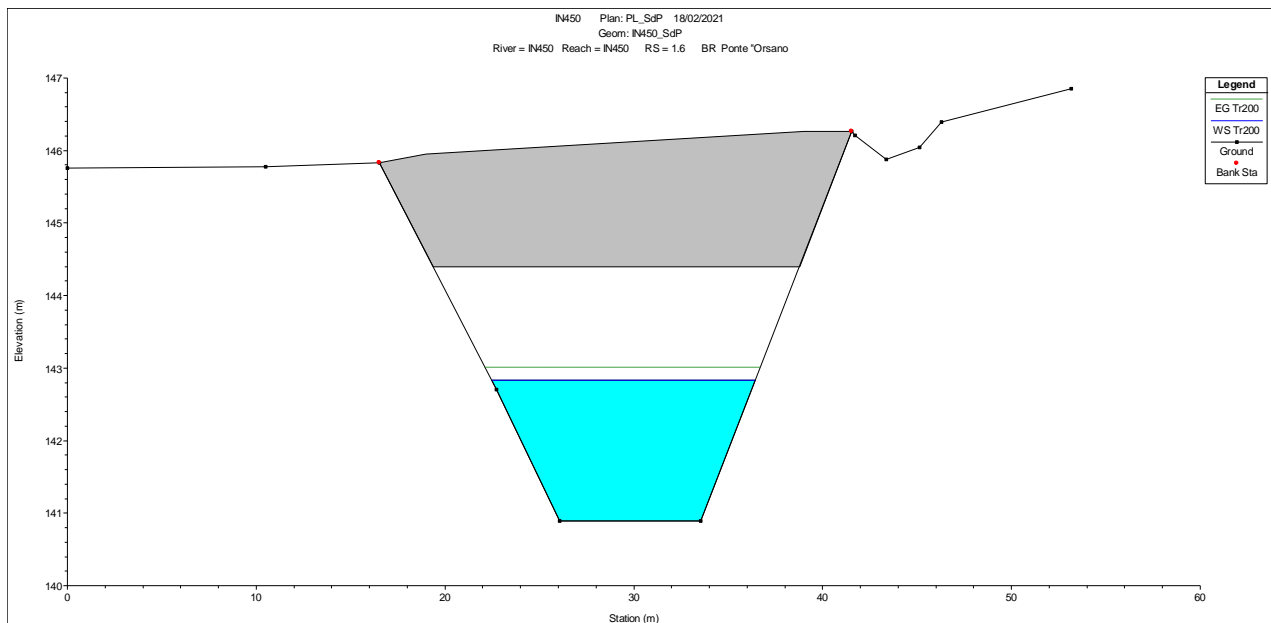


Figura 8.174 – Sezione valle manufatto – stato di progetto interferenza IN450.

8.3 Interferenza IN460 – Stato di progetto

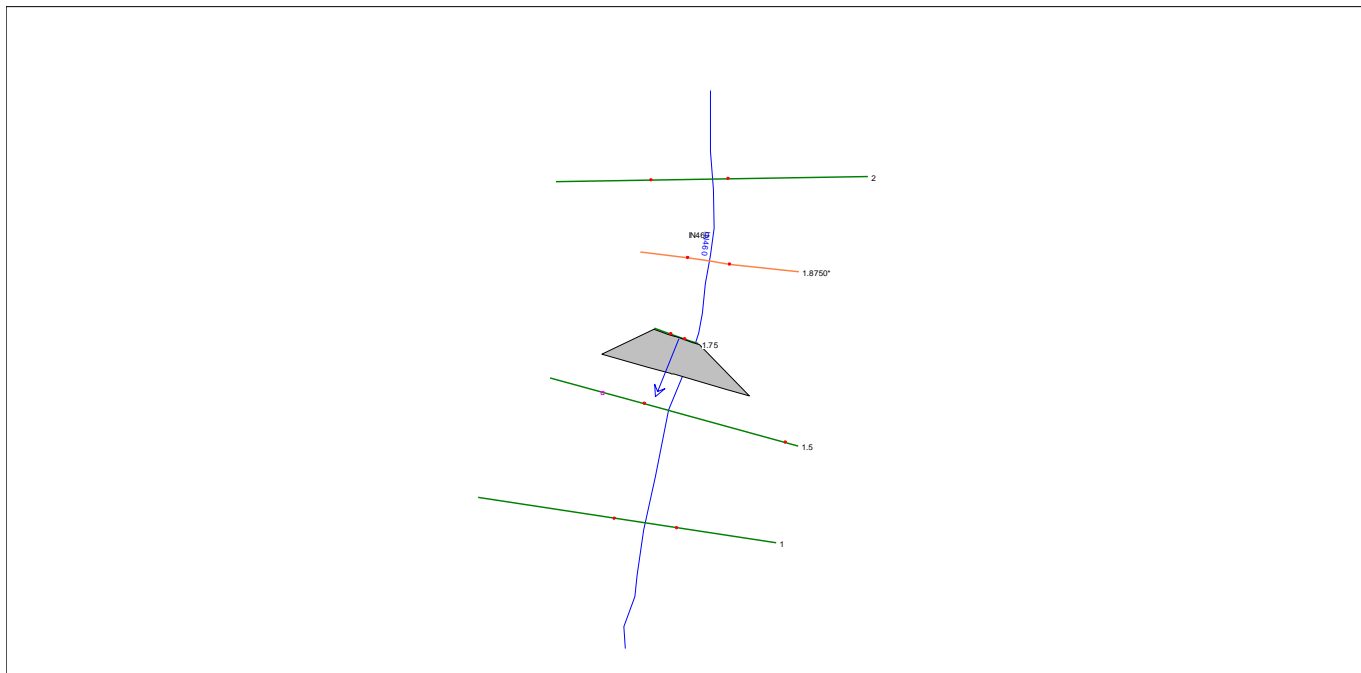


Figura 8.175 – Planimetria modello 1D – stato di progetto interferenza IN460.

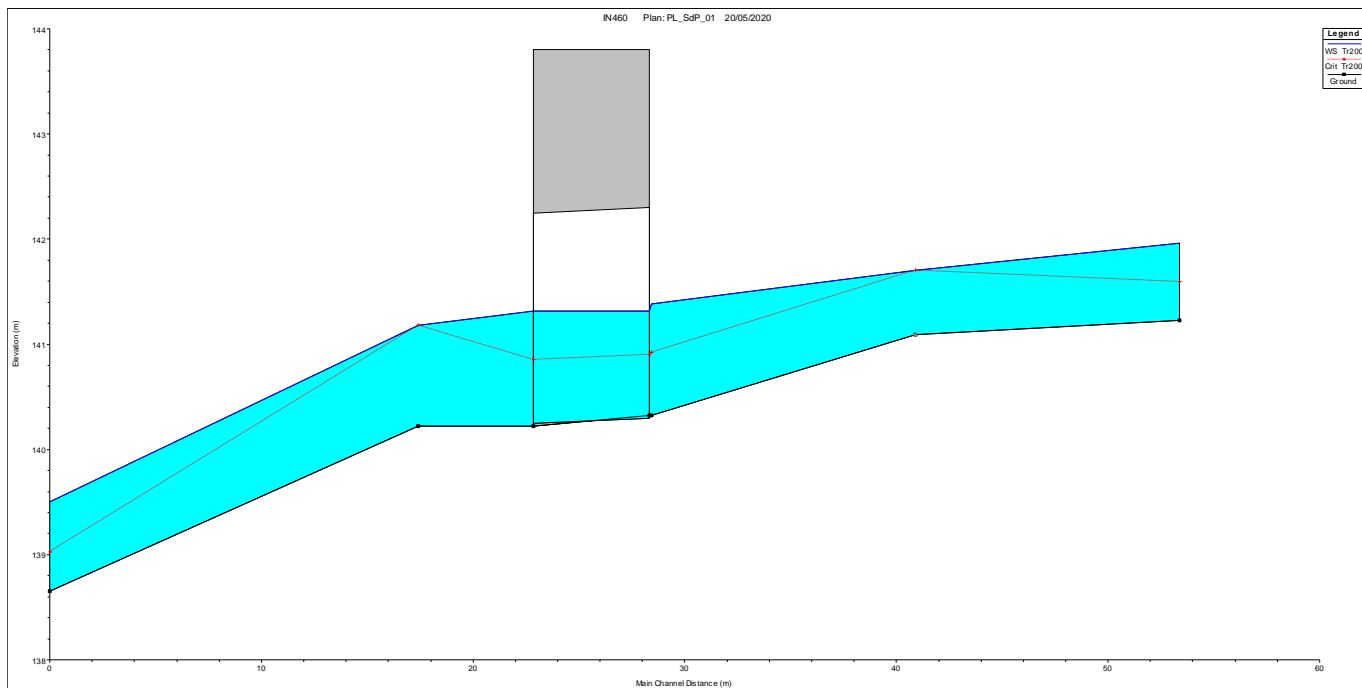


Figura 8.176 – Profilo idrico relativo alla portata di progetto modello 1D – stato di progetto interferenza IN460.

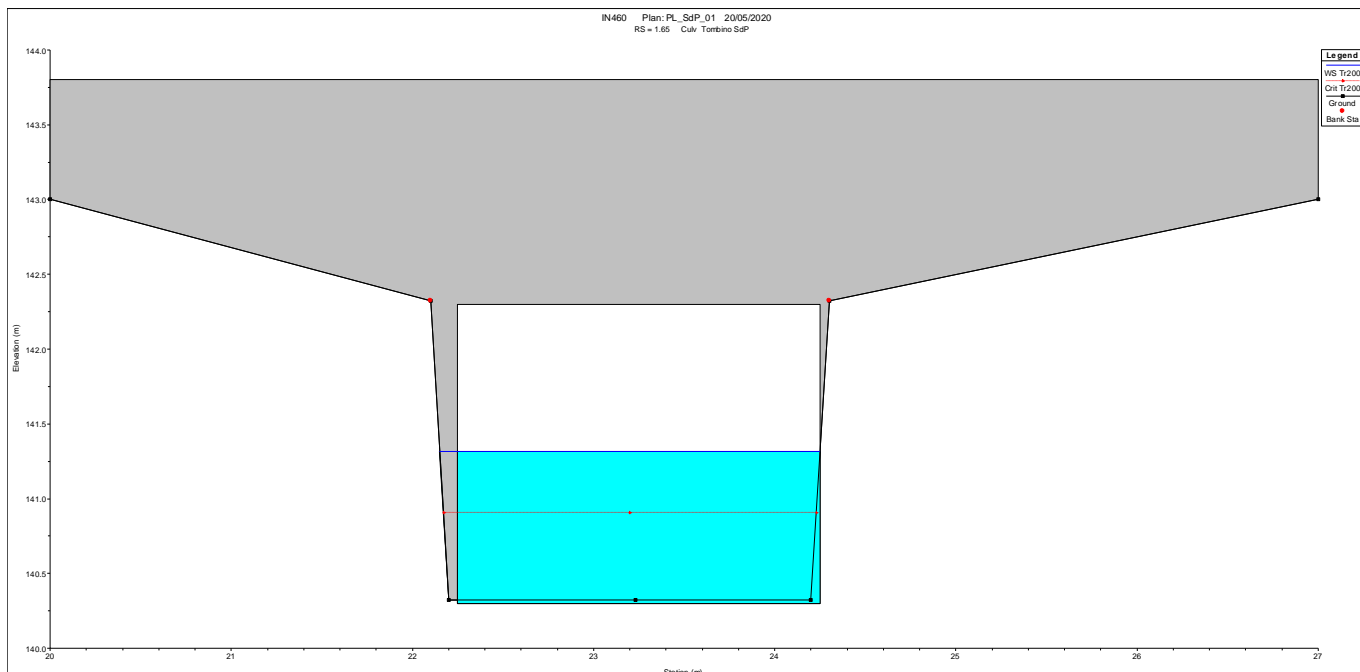


Figura 8.177 – Sezione monte manufatto – stato di progetto interferenza IN460.

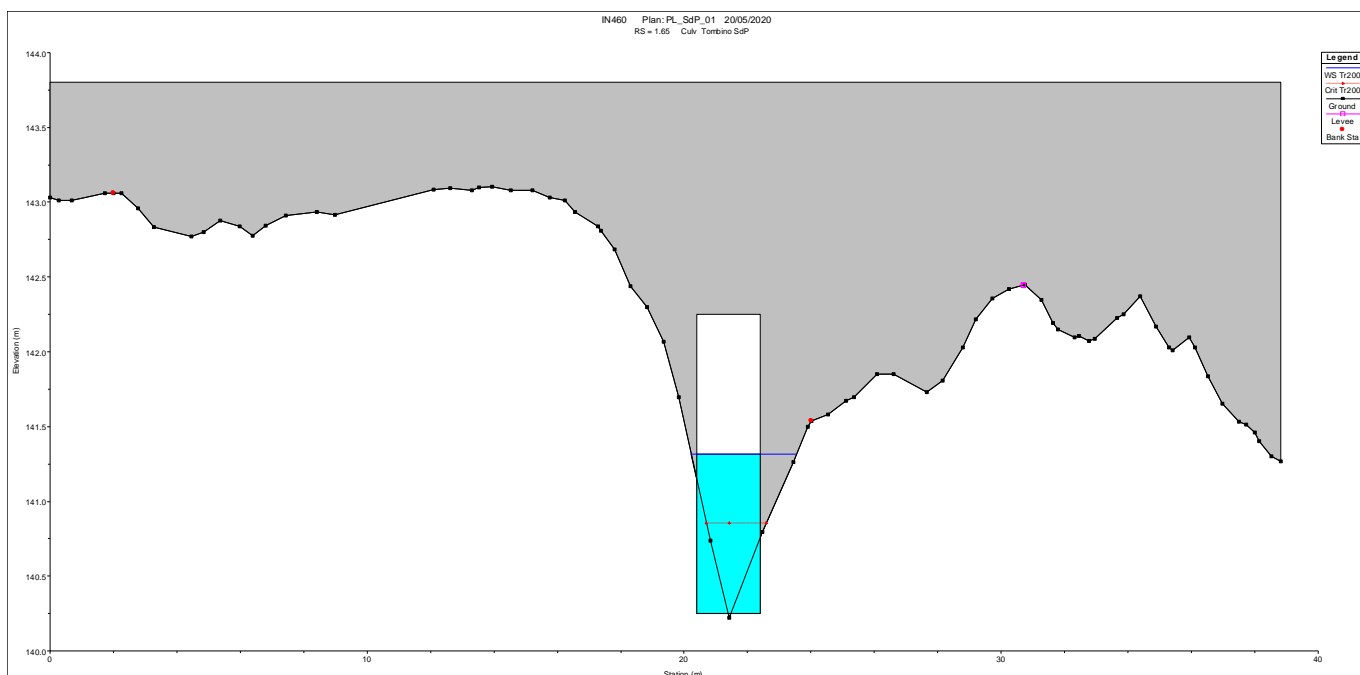


Figura 8.178 – Sezione valle manufatto – stato di progetto interferenza IN460.

8.1 Interferenza IN530 – Stato di progetto

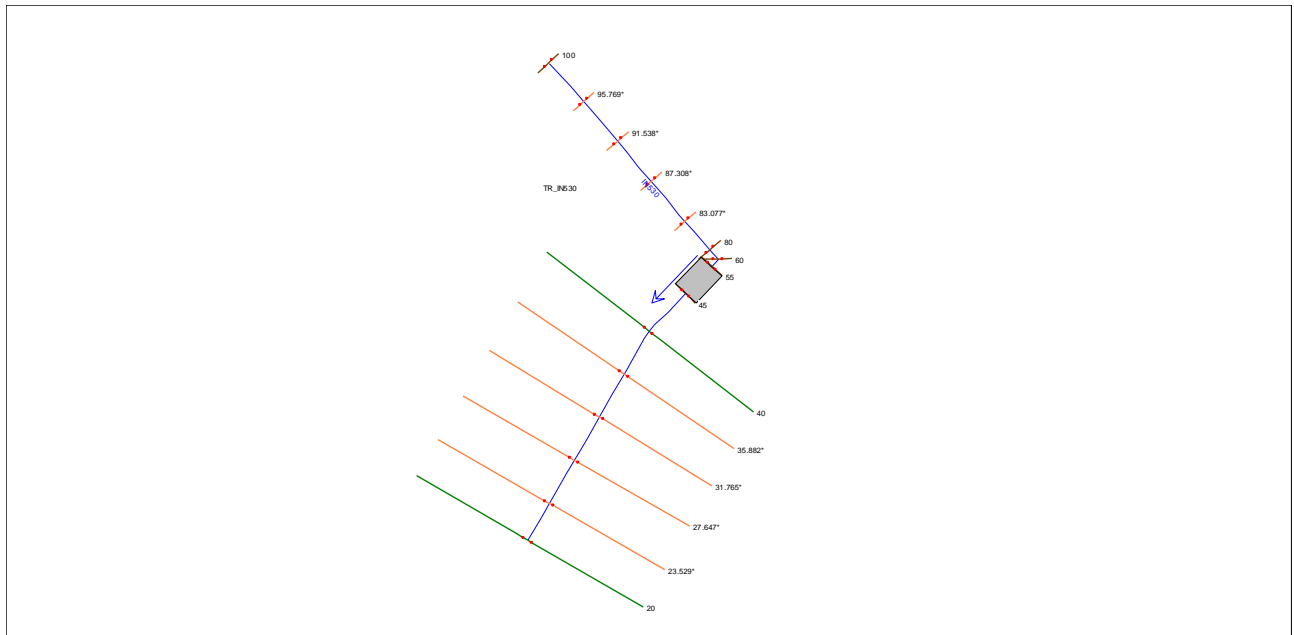


Figura 8.179 – Planimetria modello 1D – stato di progetto interferenza IN530.

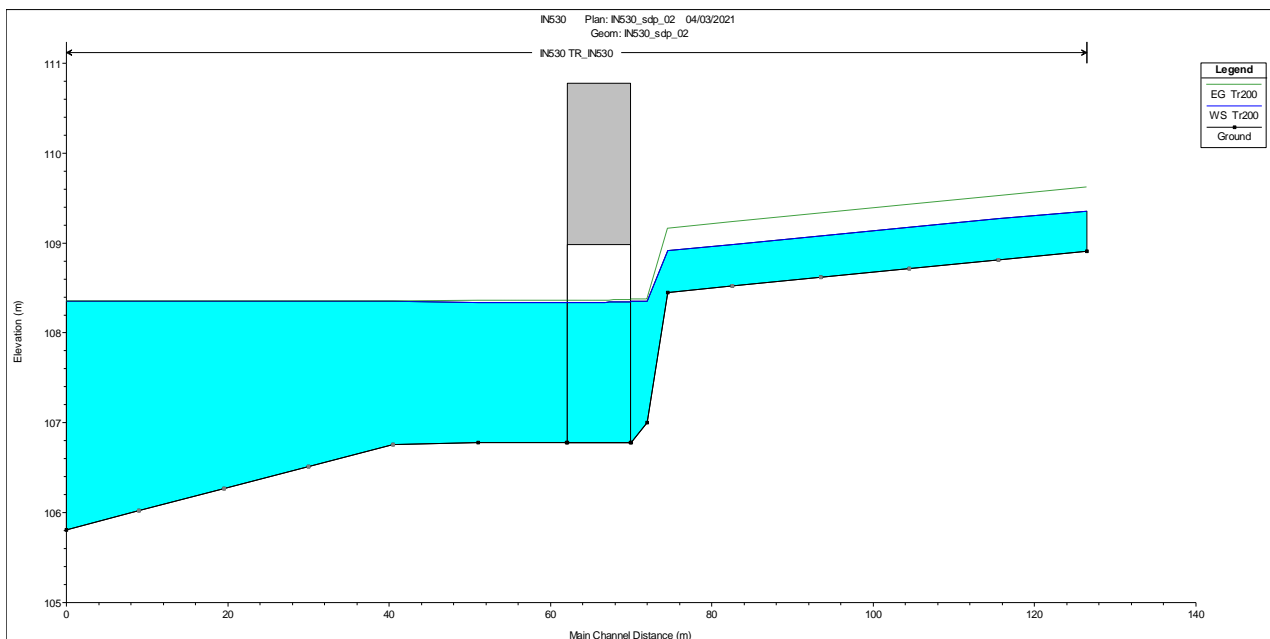


Figura 8.180 – Profilo idrico relativo alla portata di progetto modello 1D – stato di progetto interferenza IN530.

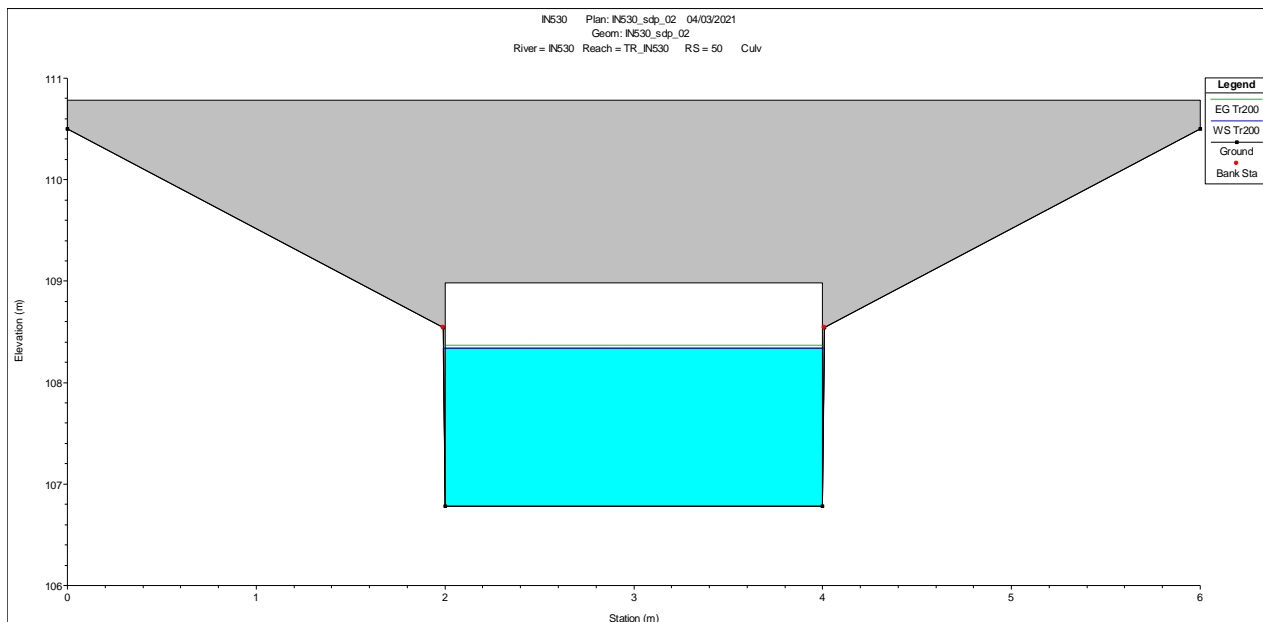


Figura 8.181 – Sezione monte manufatto – stato di progetto interferenza IN530.

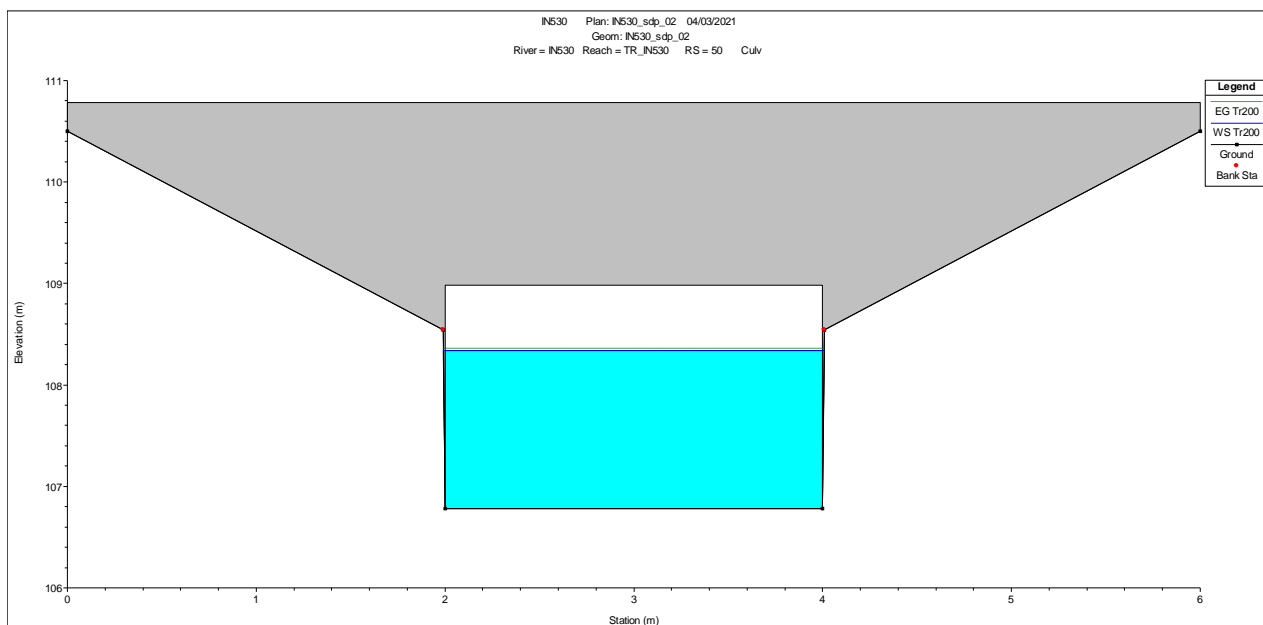


Figura 8.182 – Sezione valle manufatto – stato di progetto interferenza IN530.

	PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICO ECONOMICA COLLEGAMENTO LAMEZIA T. - SETTINGIANO.					
	VELOCIZZAZIONE		MEDIANTE		RETTIFICHE	
RELAZIONE IDRAULICA	PROGETTO RC0Y	LOTTO 00	CODIFICA R 10 RI	DOCUMENTO ID 0002 003	REV. B	FOGLIO 143 di 160

9 APPENDICE B – MODELLO NUMERICO 1D

Le simulazioni numeriche sono state condotte utilizzando un programma di calcolo monodimensionale a moto permanente che fornisce una adeguata rappresentazione del fenomeno, descrivendo le principali grandezze fisiche per ogni sezione idraulica di calcolo. Per la determinazione dei profili idrici nei corsi d'acqua sia nella situazione attuale, sia di progetto e per i diversi tempi di ritorno considerati è stato utilizzato il codice denominato HEC – RAS sviluppato dalla U.S. Army Corps of Engineers, i cui fondamenti concettuali sono di seguito riportati.

Obiettivo principale del modello, utilizzato nell'ipotesi di moto permanente, è quello di correlare l'entità della portata liquida in arrivo dal bacino di monte con le velocità e con l'altezza idrometrica raggiunta nell'alveo principale e nelle golene.

Pur operando nell'ipotesi di monodimensionalità, il modello consente la ricostruzione dell'andamento della velocità all'interno di una stessa sezione di deflusso, distinguendo tra zone spondali e canale centrale, in funzione della variazione di scabrezza e di tirante idraulico.

Nel caso della simulazione in moto permanente il calcolo dell'andamento dei profili idraulici viene effettuato dal modello utilizzando un metodo numerico chiamato "standard step method", che risolve in modo sequenziale l'equazione monodimensionale dell'energia fra due sezioni adiacenti trasversali al moto.

In corrispondenza ad alcune tipologie di ponte, dove nascono condizioni di flusso complesse, vengono utilizzate invece specifiche equazioni dell'idraulica per determinare le variazioni di livello dovute a queste varie singolarità.

Sinteticamente, il modello funziona calcolando le variazioni di livello idrometrico tra sezioni trasversali adiacenti sulla base del calcolo delle perdite di energia. Il calcolo comincia a un'estremità del tronco d'alveo indagato, procedendo passo-passo sino all'altra estremità, e così sezione dopo sezione, cambiando il verso dell'indagine da valle verso monte per moto subcritico e da monte verso valle per moto supercritico.

Il funzionamento del modello HEC-RAS si basa su alcune semplificazioni nelle ipotesi di partenza:

- moto permanente;
- moto gradualmente vario;
- moto monodimensionale, con correzione della distribuzione orizzontale della velocità;
- perdite di fondo mediamente costanti fra due sezioni trasversali adiacenti;
- arginature fisse.

Il modello utilizza, all'interno dei suoi algoritmi di calcolo, elementi dell'idraulica dei canali a pelo libero. Si ritiene opportuno, quindi, prima di procedere oltre, inserire alcuni elementi per meglio chiarire il funzionamento del modello stesso.

Moto permanente e vario

Il criterio di distinzione fra i due tipi di moto è il loro andamento nei confronti della variabile "tempo". Se profondità, velocità e portata rimangono costanti nel tempo in una determinata sezione di un corso d'acqua, il moto è permanente; se una di queste caratteristiche varia, il moto è vario. Il passaggio di un'onda di piena lungo un tronco d'alveo è un esempio di moto vario perché profondità, velocità e portata cambiano nel tempo.

	PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICO ECONOMICA COLLEGAMENTO LAMEZIA T. - SETTINGIANO.					
	VELOCIZZAZIONE		MEDIANTE		RETTIFICHE	
DI TRACCIATO						
RELAZIONE IDRAULICA	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	RC0Y	00	R 10 RI	ID 0002 003	B	144 di 160

La ragione per cui HEC-RAS, modello di moto permanente, può essere usato per il moto vario, come è da considerarsi a rigore un'onda di piena, sta nella lentezza con cui l'onda cresce e si esaurisce. Un ipotetico osservatore sulla sponda di un corso d'acqua non è infatti in grado di apprezzare la curvatura dell'onda e non apprezza le variazioni istantanee di livello che si verificano.

Eccetto quindi casi estremi, la variazione di portata avviene gradualmente e i risultati ottenuti usando metodi analitici per moto permanente sono ugualmente di buona qualità.

Moto uniforme e vario

Quando il moto è uniforme, profondità e velocità sono costanti lungo un tratto di canale. La forza di gravità provoca il movimento dell'acqua, in equilibrio con gli attriti. Il moto non è accelerato né decelerato. Per un canale naturale non si può parlare di moto uniforme in senso stretto, perché la geometria delle sezioni trasversali e l'area bagnata variano lungo il canale, causando accelerazioni e decelerazioni del moto. A rigore il moto uniforme è possibile solo in un canale prismatico con sezione e pendenza costanti. D'altra parte è considerato corretto assumere che il moto sia uniforme quanto il pelo libero è approssimativamente parallelo al fondo del canale; in tal caso si assume che anche la linea dell'energia sia parallela al fondo.

Nel caso di moto vario profondità e velocità cambiano con la distanza lungo il canale; si può distinguere tra moto "gradualmente vario" quando le variazioni nell'altezza del pelo libero avvengono in una distanza relativamente lunga e modo "rapidamente vario" se le variazioni sono brusche.

Quest'ultima distinzione è importante in quanto HEC-RAS calcola i profili solamente in situazioni di moto gradualmente vario.

Moto subcritico e supercritico

Il moto in un canale a pelo libero può essere classificato come subcritico, supercritico o critico.

La determinazione del tipo di moto secondo questa classificazione è di fondamentale importanza nell'utilizzo del modello, perché cambia il verso in cui si procede nello studio del profilo idraulico partendo da una delle due estremità del tratto d'alveo in esame.

Le perturbazioni che interessano la superficie liquida, infatti, si propagano verso monte nel caso di moto subcritico ma non nel caso di moto supercritico, e ciò risulta fondamentale nella scelta del punto di partenza nel calcolo del profilo idraulico.

Una delle prime operazioni da fare è quindi la determinazione del tipo di moto che si sviluppa nel tratto oggetto dell'indagine condotta con il modello.

Per definire il punto di separazione fra moto subcritico e supercritico viene utilizzato il numero adimensionale di Froude, rapporto fra le forze gravitazionali e le forze inerziali:

$$Fr = \frac{V}{\sqrt{gh_m}}$$

dove:

V = velocità media Q/A [m/s]

g = accelerazione di gravità [m/s²]

h_m = altezza media della corrente [m]

	PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICO ECONOMICA COLLEGAMENTO LAMEZIA T. - SETTINGIANO.					
	VELOCIZZAZIONE		MEDIANTE		RETTIFICHE DI TRACCIATO	
RELAZIONE IDRAULICA	PROGETTO RC0Y	LOTTO 00	CODIFICA R 10 RI	DOCUMENTO ID 0002 003	REV. B	FOGLIO 145 di 160

Se il numero di Froude risulta minore di 1, il moto è subcritico, se invece è superiore, il moto è supercritico; se risulta uguale a 1, il moto è critico e la situazione è di particolare instabilità.

Questa definizione del numero di Froude ipotizza che ci sia una distribuzione uniforme di velocità nella sezione. Per un canale simmetrico, rettangolare, triangolare, trapezoidale, ecc., questo presupposto si realizza, ma nel caso di un canale naturale, con sezioni irregolari e aree golenali, l'espressione data non è più valida e non può essere rigorosamente utilizzata per determinare il tipo di moto; in questo caso sarebbe più corretto utilizzare dei numeri di Froude particolari, che tengano conto delle variazioni geometriche, di velocità e di portata.

La ricerca di questi particolari numeri di Froude va effettuata caso per caso, consultando eventualmente la letteratura esistente. Il modello, comunque, effettua al suo interno le necessarie approssimazioni e ridefinizioni del valore di questo parametro.

Altezza critica

L'altezza critica è una caratteristica molto importante per il moto, dato che, come già accennato, rappresenta un criterio per discriminare i vari regimi di moto.

Il moto che si sviluppa con un'altezza pari, o vicina, all'altezza critica è chiamato moto critico; questa situazione è molto instabile poiché una piccola variazione di energia specifica causa grandi variazioni di livello.

L'energia specifica E di una sezione trasversale è l'energia riferita al punto più basso del tratto in esame; è quindi la somma della profondità Y e del termine cinetico $V^2/2g$:

$$E = Y + \frac{V^2}{2g}$$

La determinazione dell'altezza critica viene complicata dalla distribuzione delle velocità che ci si trova ad avere in sezioni irregolari, associate a flusso nelle golene. Il contributo cinetico nell'equazione dell'energia specifica deve quindi essere corretto tramite un moltiplicatore α di Coriolis. Si ha quindi:

$$E = Y + \alpha \frac{V^2}{2g} \quad (0)$$

In HEC-RAS, l'altezza critica relativa ad una sezione viene determinata ricercando il minimo dell'energia specifica. La ricerca viene fatta con un procedimento iterativo partendo da un valore WS di primo tentativo al quale ne consegue un valore di energia specifica dato dalla (0), che verrà poi corretto fino alla determinazione del WS in grado di garantire il minimo valore di E .

HEC-RAS può calcolare l'andamento di profili subcritici e supercritici. Viene però richiesto all'utente di specificare il regime di moto all'atto del setup dell'applicazione.

PROCEDURE DI CALCOLO PER SIMULAZIONI IN MOTO PERMANENTE

Ricostruzione del campo di moto in una sezione trasversale

Per trovare il valore del coefficiente α relativo a una sezione naturale, o comunque irregolare, è necessario conoscere come si suddivide la portata, ossia quanta fluisce nel canale propriamente detto e quanta nelle zone golenali. Viene a questo scopo utilizzata l'equazione di Manning:

$$V = \frac{1.486}{n} A R^{2/3} J_f^{1/2}$$

$$Q = VA = \frac{1.486}{n} A R^{2/3} J_f^{1/2}$$

Ponendo quindi: $K = \frac{1.486}{n} A R^{2/3}$ si ha che: $Q = K J_f^{1/2}$

che viene scritta per ognuna delle i-esime sezioni considerate.

In HEC-RAS, il raggio idraulico R di una sub area è calcolato dividendo l'area per il perimetro bagnato. Il confine d'acqua immaginario tra due sub aree viene trascurato.

Tramite alcuni passaggi si trova che: $\alpha = \frac{(\sum A_i)^2 (\sum K_i^3 / A_i^2)}{(\sum K_i)^3}$

Distribuzione delle pressioni in una sezione trasversale

Come già detto, una delle ipotesi di base nel calcolo del profilo da parte di HEC-RAS è la distribuzione idrostatica delle pressioni. Si può assumere che la pressione sia idrostatica in un fluido in movimento se le linee di corrente sono essenzialmente dritte e parallele. La maggior parte dei canali naturali con moto gradualmente vario rispetta queste condizioni, non rispettate invece nel caso di moto rapidamente vario.

Distribuzione delle velocità in senso trasversale alla corrente

La libreria di algoritmi di simulazione idraulica in dotazione al modello HEC-RAS include la possibilità di analizzare la distribuzione delle velocità della corrente all'interno di una stessa sezione trasversale, eliminando la limitazione della teorica del moto unidimensionale che prevede, al contrario, l'imposizione di una unica velocità media caratteristica valida per l'intera sezione di deflusso.

Rispetto ad un vero modello bidimensionale, tale l'algoritmo di calcolo utilizzato da HEC RAS comporta l'accettazione di una serie di semplificazioni, tra cui:

- la quota idrometrica risulterà comunque orizzontale;
- non vengono considerati gli effetti della forza centrifuga.

Vengono invece considerati gli effetti della variazione del raggio idraulico locale, e la differente scabrezza del perimetro bagnato.

Questa tecnica consente di ottenere, con una certa attendibilità specie nei tratti rettilinei, l'andamento della velocità al variare della posizione del punto lungo una direttrice trasversale alla corrente che deve essere intesa come velocità media sulla verticale.

Calcolo dei profili idraulici

Il calcolo dei profili idraulici avviene in due fasi tra loro intimamente collegate: bilancio dell'energia e conseguente calcolo del profilo.

	PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICO ECONOMICA COLLEGAMENTO LAMEZIA T. - SETTINGIANO.						
	VELOCIZZAZIONE		MEDIANTE		RETTIFICHE		
DI TRACCIATO		PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RELAZIONE IDRAULICA		RC0Y	00	R 10 RI	ID 0002 003	B	147 di 160

Bilancio dell'energia

La perdita di energia fra due sezioni trasversali, prese perpendicolarmente al flusso, è la base per il calcolo del profilo idraulico. L'energia totale, in termini di altezza, è uguale alla somma dei contributi dovuti alla quota, alla pressione e al termine cinetico. Se θ rappresenta la pendenza del fondo si ha che:

$$E = Z + d \cos \theta + \alpha \frac{V^2}{2g}$$

Il termine $\cos \theta$ è comunemente assunto uguale a 1 per canali naturali. Si può comprendere come comunque si compia un errore molto basso imponendo questa semplificazione considerando che per una pendenza di fondo di 1:10, molto elevata, $\cos \theta$ è uguale a 0.99. L'errore compiuto in questo caso, definibile estremo, considerandolo uguale a 1 è del 1%, e quindi, nel complesso, trascurabile.

Con riferimento all'equazione dell'energia appena scritta, si può riscriverla nel caso sia applicata tra due sezioni:

$$Z_1 + Y_1 + \alpha_1 \frac{V_1^2}{2g} = Z_2 + Y_2 + \alpha_2 \frac{V_2^2}{2g} + h_e$$

o in altri termini:

$$E_1 = E_2 + h_e$$

L'energia totale nella sezione di monte E_1 è quindi uguale all'energia della sezione di valle E_2 più il termine di perdita di energia h_e . Questa equazione è usata in successione da HEC-RAS spostandosi per passi da una sezione all'altra, calcolando il profilo idraulico.

CALCOLO DEL PROFILO A MOTO PERMANENTE

La determinazione del livello del pelo libero in ogni sezione è computato, nel caso di correnti lente, a partire dalla sezione di valle, risolvendo per via iterativa l'equazione della conservazione dell'energia totale, ossia:

$$Y_2 + Z_2 + \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} = Y_1 + Z_1 + \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} + h_e \quad (1)$$

Dove: Y_1 e Y_2 rappresentano rispettivamente le profondità del pelo libero della sezione di valle e di monte, Z_1 e Z_2 rappresentano rispettivamente le elevazione sul medio mare del fondo del canale della sezione di valle e di monte, V_1 e V_2 rappresentano rispettivamente le velocità medie nella sezione di valle e di

monte, α_1 e α_2 i rispettivi coefficienti di Coriolis, g l'accelerazione di gravità e h_e le perdite di energia tra le due sezioni.

La Figura 9.1 mostra lo schema del bilancio di energia tra la sezione di valle e quella di monte; nella figura sono indicati i singoli termini di bilancio in accordo all'equazione (1).

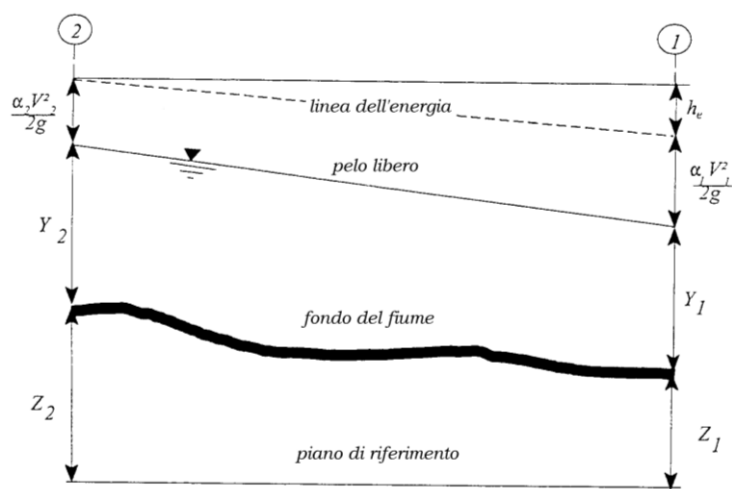


Figura 9.1 - Schema di calcolo per la determinazione del profilo liquido nei corsi d'acqua.

Le perdite di energia complessive h_e tra le due sezioni sono dovute alle perdite continue ed a quelle localizzate dovute a fenomeni di espansione e contrazione della vena fluida; in particolare si ha:

$$h_e = L\bar{J} + C \left| \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} - \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} \right| \quad (2)$$

dove, con L è indicata la distanza tra le due sezioni, con \bar{J} le perdite di carico medie distribuite tra le due sezioni mentre il termine C correla le perdite, dovute all'espansione ed alla contrazione della vena in funzione dell'andamento piano – altimetrico del corso d'acqua, alla differenza dei carichi cinetici delle due sezioni.

Per la valutazione delle perdite di carico è utilizzata la formula di Manning, ossia:

$$Q = \frac{1}{n} A R_H^{2/3} \sqrt{J} \quad (3)$$

dove: Q rappresenta la portata, A l'area bagnata, R_H il raggio idraulico, n il coefficiente di scabrezza secondo Manning e J le perdite di energia per unità di lunghezza.

Nel caso di sezioni composte, tipiche dei corsi d'acqua naturali, è necessario suddividere la sezione in parti in modo da trattare separatamente sezioni in cui la velocità media può essere ritenuta, ai fini pratici, costante (Figura 9.2).

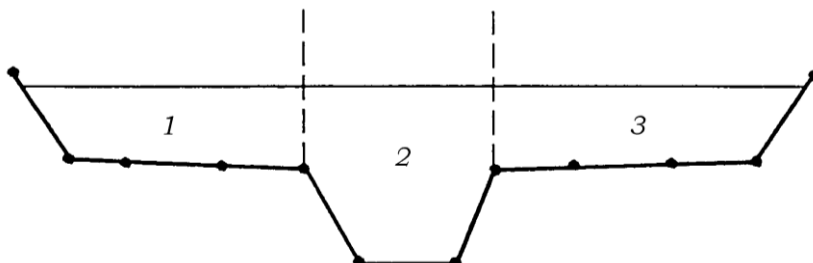


Figura 9.2 - Sezione schematica di un corso d'acqua naturale.

Con riferimento alla Figura 9.2 chiamato con $K_i = Q_i / \sqrt{J}$ la capacità di portata di ogni singola parte i -esima in cui è stata suddivisa la sezione, si ha, in accordo alla formula di Manning:

$$K_i = \frac{1}{n_i} A_i R_{h,i}^{2/3} \quad (4)$$

Calcolata la capacità di portata per ogni singola parte in cui è stata suddivisa la sezione, la perdita di carico per unità di lunghezza J risulta pari a:

$$J = \left(\frac{Q}{\sum_i K_i} \right)^2 \quad (5)$$

Questo risultato può essere facilmente ricavato osservato che, per la costanza di J , la portata di ogni singola area $Q_i = K_i \sqrt{J}$ è proporzionale al rispettivo coefficiente di portata e che la portata totale vale $Q = \sum_i Q_i$.

Calcolata la perdita di carico in corrispondenza della sezione 1 e della sezione 2 la pendenza media della linea dell'energia tra le due sezioni è fornita dalla seguente equazione:

$$\bar{J} = \frac{J_1 + J_2}{2} \quad (6)$$

Calcolata la capacità di portata di ogni singola sezione, è possibile, da queste, valutare il coefficiente di Coriolis. Questo coefficiente è pari al rapporto tra l'energia cinetica reale della corrente, proporzionale a $\sum_i Q_i^3 / A_i^2$, e l'energia cinetica calcolata facendo uso del valore medio della velocità, proporzionale a Q^3 / A^2 .

Esprese le portate delle singole parti i -esime in funzione del rispettivo coefficiente di portata si perviene con qualche semplice passaggio alla seguente espressione:

$$\alpha = \frac{\left(\sum_i \frac{K_i^3}{A_i^2} \right) \left(\sum_i A_i \right)^2}{\left(\sum_i K_i \right)^3} \quad (7)$$

dal cui calcolo è possibile ottenere α , il coefficiente di Coriolis.

Calcolate tramite le rispettive equazioni le perdite di energia h_e ed il coefficiente di Coriolis α la (1), associata all'equazione di continuità, permette di calcolare la quota del pelo libero, $Y_2 + Z_2$, nella sezione di monte a partire dal valore dell'energia totale, $Y_1 + Z_1 + \alpha_1 V_1^2 / 2g$, noto in corrispondenza della sezione di valle.

Essendo la (1) un'equazione non lineare, la soluzione è ottenuta con ciclo iterativo, a partire da una soluzione iniziale, approssimata, di primo tentativo.

EQUAZIONE DELLA CONSERVAZIONE DELLA QUANTITÀ DI MOTO

L'equazione della conservazione dell'energia totale (1) ha validità solo nel caso di correnti variabili lentamente all'interno del ramo in esame. In particolare essa è stata applicata nel caso di corrente ovunque subcritiche o supercritiche. Qualora all'interno di un ramo si verificasse il passaggio da corrente lenta a veloce si è utilizzata l'equazione della conservazione del momento.

Applicando la seconda legge di Newton $\sum F_x = ma$, con x la direzione del moto, ad un elemento di fluido tra due sezioni 1-2, fig. 4, per equilibrio si ottiene:

$$P_2 - P_1 + W_x - F_f = Q\rho\Delta V_x \quad (8)$$

dove:

P_i , risultante della pressione idrostatica;

W_x , componente della forza peso nella direzione del moto;

F_f , forza d'attrito tra le due sezioni;

Q, portata complessiva;

ρ , densità del fluido;

ΔV_x , variazione della velocità tra le due sezioni.

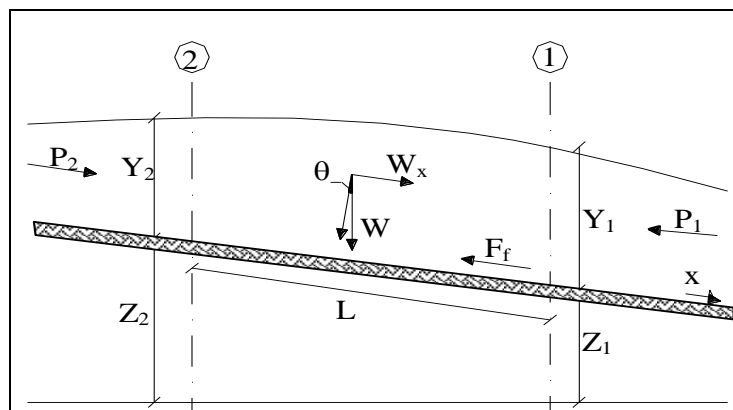


Figura 9.3 – Schema di calcolo

La risultante della pressione idrostatica per pendenze dell'ordine di 1 a 10 è valutabile come

$$P = \gamma A \bar{Y} \cos \theta \cong \gamma A \bar{Y} \quad (9)$$

potendo porre, per le pendenze in esame, $\cos \theta = 1$.

Nella relazione (9) γ corrisponde al peso specifico del fluido, A l'area della sezione ed \bar{Y} l'altezza del pelo libero nel baricentro della sezione.

La componente della forza peso, noto il peso specifico del fluido, la lunghezza L del tronco e l'area totale di fluido presente, è stata valutata nel modo seguente:

$$W = \gamma \left(\frac{A_1 + A_2}{2} \right) \cdot L \Rightarrow W_x = W \cdot \sin \theta \quad (10)$$

La forza d'attrito F_f è funzione delle caratteristiche del fluido come la densità dell'acqua, l'azione tangenziale che si esplica sul letto del fiume e la cadente piezometrica J .

In particolare, scriviamo:

$$F_f = \tau PL$$

$$\tau = \gamma RJ \Rightarrow F_f = \gamma \frac{A}{P} JPL = \gamma \left(\frac{A_1 + A_2}{2} \right) \cdot JL \quad (11)$$

dove P ed R sono rispettivamente il perimetro bagnato ed il raggio idraulico della sezione.

La soluzione dell'equazione (8) è stata fatta per iterazioni successive.

Le equazioni (1) e (8) sono state applicate anche alle sezioni caratterizzate dalla presenza di un ponte. E' stato sufficiente suddividere il tratto interessato in più sezioni e ripetere per la successione di esse l'analisi svolta per il tratto delimitato da sole due sezioni.

Prendendo un tratto caratterizzato dalla presenza di un ponte, fig. 5 e fig. 6, si evidenziano 3 zone:

- una zona di contrazione in cui arriva la corrente;
- una zona intermedia interessata dalla presenza del ponte;
- una zona di espansione in cui esce la corrente.

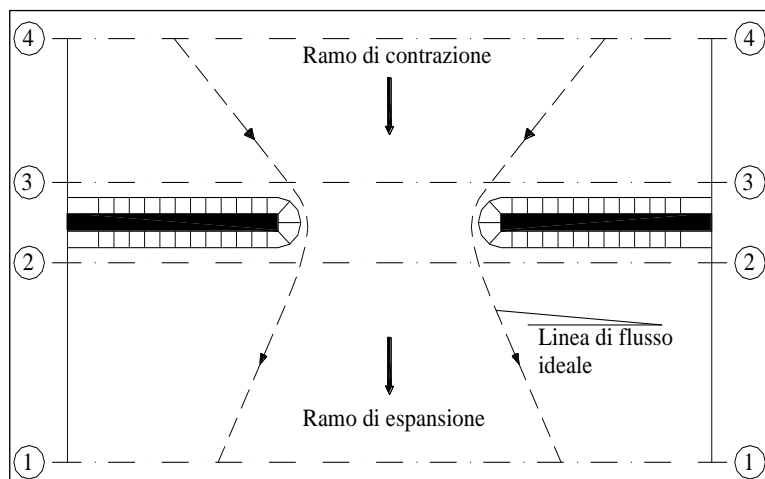


Figura 9.4 – Pianta schematica di un attraversamento fluviale

L'applicazione dell'equazione della conservazione del momento tra le sezioni 1-2 e 3-4 è del tutto analoga alla situazione vista in precedenza mentre la presenza del ponte comporta termini nuovi nella valutazione dell'equilibrio tra le sezioni 2-BD (Step 1), BD-BU (Step 2) ed BU-3 (Step 3).

Step 1; definendo con A_{pi} l'area ostruita ed con Y_{pi} la distanza verticale che intercorre tra il baricentro delle pile e la superficie libera WS nella zona di valle, l'espressione del bilancio è stata scritta come

$$\frac{Q_{BD}^2 \beta_{BD}}{g A_{BD}} + A_{BD} Y_{BD} = \frac{Q_2^2 \beta_2}{g A_2} + A_2 Y_2 - A_{P_{BD}} Y_{P_{BD}} + F_f - W_x$$

Step 2 ; equilibrio tra BU e BD

$$\frac{Q_{BD}^2 \beta_{BD}}{g A_{BD}} + A_{BD} Y_{BD} + F_f - W_x = \frac{Q_{BU}^2 \beta_{BU}}{g A_{BU}} + A_{BU} Y_{BU}$$

Step 3 ; equilibrio tra BU e 3

$$\frac{Q_3^2 \beta_3}{g A_3} + A_3 Y_3 = \frac{Q_{BU}^2 \beta_{BU}}{g A_{BU}} + A_{BU} Y_{BU} - A_{P_{BU}} Y_{P_{BU}} + F_f - W_x + \frac{1}{2} C_D \frac{A_{P_{BU}} Q_3^2}{g A_3^2}$$

con C_D coefficiente di resistenza idrodinamica intorno alla pila ricavabile dalla tab. 2 in funzione del tipo di pila presente.

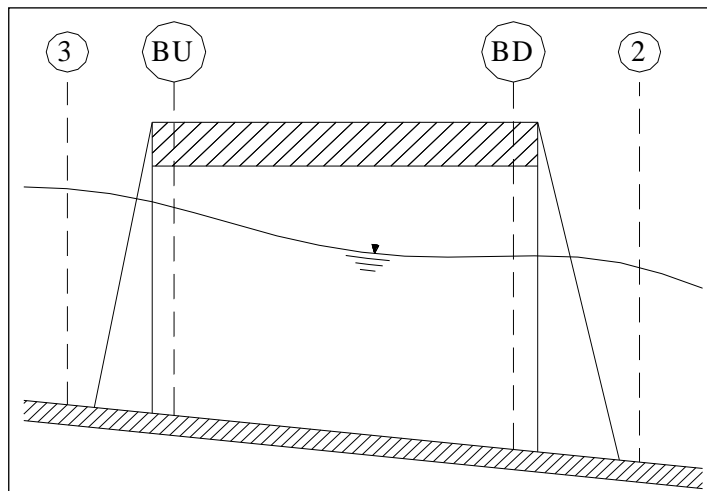


Figura 9.5 – Sezione schematica di un attraversamento fluviale

TIPO DI PILA	C_D
Pila circolare	1.2
Pila allungata con punta semicircolare	1.33
Pila ellittica con rapporto assi 2 :1	0.6
Pila ellittica con rapporto assi 4 :1	0.32
Pila ellittica con rapporto assi 8 :1	0.29
Pila rettangolare	2.00
Pila triangolare con apertura $\alpha = 30^\circ$	1.00
Pila triangolare con apertura $\alpha = 60^\circ$	1.39
Pila triangolare con apertura $\alpha = 90^\circ$	1.60
Pila triangolare con apertura $\alpha = 120^\circ$	1.72

Tabella 9.1 – Coefficiente di resistenza idrodinamico C_D

CALCOLO DEL RIGURGITO DOVUTO AI TOMBINI/PONTICELLI

L'analisi del deflusso attraverso un tombino si basa sul concetto di controllo all'imbocco o allo sbocco.

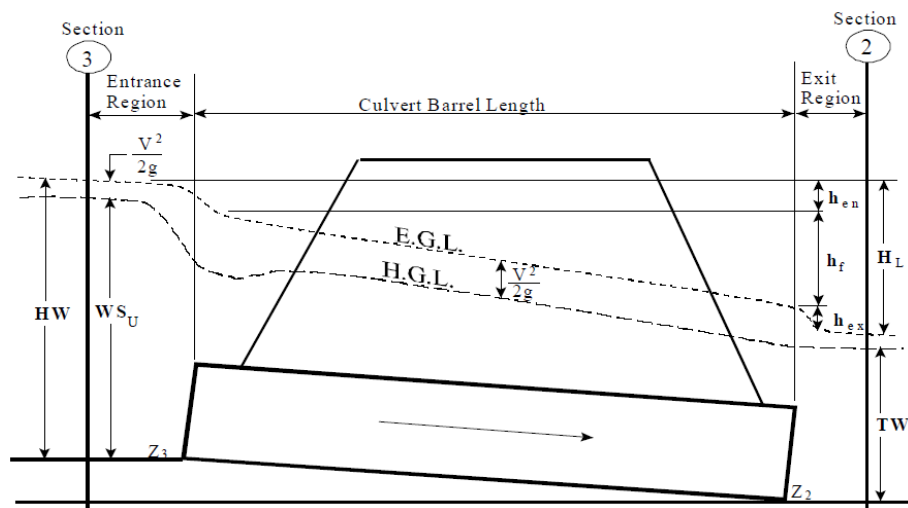


Figura 9.6 – Schema idraulico tombino/ponticello.

Il deflusso secondo il controllo all'imbocco si verifica quando la capacità di deflusso all'entrata del tombino è inferiore a quella interna. La sezione di controllo è collocata subito a valle dell'imbocco della struttura. L'altezza d'acqua passa per il livello critico e il regime di deflusso risulta essere rapido. L'energia richiesta a monte viene calcolata assumendo che l'imbocco del tombino agisca come uno stramazzone; di conseguenza il profilo che si ottiene secondo tale approccio dipende principalmente dalla geometria dell'entrata.

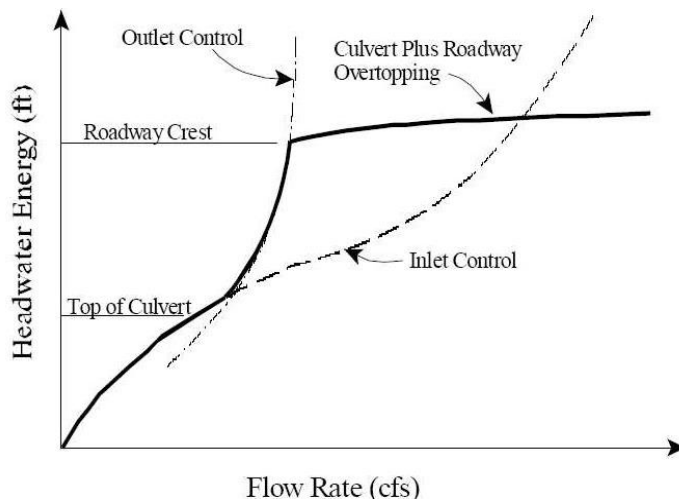


Figura 9.7 – Diagramma di funzionamento del tombino/ponticello.

Il deflusso secondo il controllo allo sbocco si verifica quando la capacità di deflusso viene limitata dalle condizioni che si instaurano a valle o dalle caratteristiche geometriche della struttura. In linea generale il livello di energia determinato a monte controlla il tipo di deflusso nel tombino, data la portata a monte e il livello a valle. Per il controllo allo sbocco l'energia di monte viene calcolata effettuando un bilancio di energia dalla sezione di valle a quella di monte. Il modulo considera le perdite di ingresso, quelle di uscita e quelle per attrito all'interno della struttura.

Calcolo del livello all'imbocco

Per quanto riguarda il controllo all'imbocco, la capacità della struttura è limitata dall'apertura del tombino, piuttosto che dalle condizioni che si instaurano a valle. Per il calcolo del livello vengono utilizzate le

equazioni ricavate dal National Bureau of Standards e pubblicate nel "Hydraulic Design of Highway Culverts" (FHWA, 1985). Le equazioni sono:

Deflusso libero:

$$\frac{HW_i}{D} = \frac{H_c}{D} + K \left[\frac{Q}{AD^{0.5}} \right]^M - 0.5S$$

$$\frac{HW_i}{D} = K \left[\frac{Q}{AD^{0.5}} \right]^M$$

Deflusso rigurgitato:

$$\frac{HW_i}{D} = c \left[\frac{Q}{AD^{0.5}} \right]^2 + Y - 0.5S$$

Dove: HW_i livello dell'energia all'imbocco

D altezza interna del tombino

H_c altezza critica

Q portata

A area della sezione interna del tombino

S pendenza

K, M, c, Y costanti variabili con la geometria e le condizioni di ingresso.

Calcolo del livello allo sbocco

Per il controllo allo sbocco l'energia richiesta a monte per consentire il deflusso deve essere computata considerando diverse condizioni nel tombino e a valle di esso. Hec-Ras usa l'equazione di Bernoulli per effettuare tale calcolo:

$$Z_3 + Y_3 + \frac{\alpha_3 V_3^2}{2g} = Z_2 + Y_2 + \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} + H_L$$

dove: Y_3, Y_2 tirante d'acqua nelle sezioni di monte e di valle;

Z_3, Z_2 quota del fondo del tombino a monte e a valle;

α_3, α_2 coefficiente di Coriolis nella sezione 1 e 2;

g accelerazione di gravità;

H_L perdita di carico attraverso il tombino.

Equazioni per il deflusso in pressione

Nel caso in cui si verifichi moto in pressione all'interno del tombino, la perdita totale di energia viene calcolata secondo la:

$$HL = h_{en} + h_f + h_{ex}$$

Dove: h_{en} perdite in entrata

h_f perdite per attrito

h_{ex} perdite in uscita.

Le perdite per attrito vengono considerate mediante la formulazione di Manning:

$$h_f = L \left(\frac{Qn}{1.486 AR^{3/2}} \right)^2$$

Dove: h_f perdite per attrito

L lunghezza del tombino

Q portata

n coefficiente di scabrezza di Manning

A area della sezione di flusso

R raggio idraulico.

Perdite in entrata e uscita

Le perdite di ingresso sono calcolate come frazione del carico cinetico a monte, e analogamente per quelle di uscita, secondo il carico cinetico di valle. Tali coefficienti dipendono fortemente dalla geometria che caratterizza l'imbocco e lo sbocco dell'opera.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICO ECONOMICA COLLEGAMENTO LAMEZIA T. - SETTINGIANO. VELOCIZZAZIONE MEDIANTE RETTIFICHE DI TRACCIATO					
	RELAZIONE IDRAULICA	PROGETTO RC0Y	LOTTO 00	CODIFICA R 10 RI	DOCUMENTO ID 0002 003	REV. B

10 APPENDICE C - IL MODELLO IDRAULICO INFOWORKS ICM

Punti di forza dell'applicativo software

I punti di forza principali dell'applicativo derivano dalla sua ampissima gamma di applicazione che ne consente l'utilizzo di qualsiasi situazione reale senza bisogno di ricorrere ad artifici o semplificazioni del problema. L'interfaccia utente, semplice e completo, la velocità di calcolo e la robustezza dell'approccio numerico completano il prodotto rendendolo facilmente fruibile ai tecnici che operano nel settore dell'idraulica.

Modelli idrologici disponibili

Pur trattandosi di un modello idraulico, InfoWorks ICM dispone di una serie modelli di trasformazione afflusso-deflussi per connettere una sezione di deflusso del reticolo di drenaggio, a un bacino idrografico che produce la portata di alimentazione in risposta ad un evento meteorico. E' quindi possibile sollecitare il modello geometrico con diverse condizioni al contorno tra cui anche degli opportuni ietogrammi di pioggia incidenti in diversi sottobacini. A scelta l'utente potrà scegliere tra questi modelli idrologici:

- Formula Razionale
- Modello CN (SCS)
- Modello Green-Ampt
- Modello Horton
- Modello New UK
- Modello dell'Infiltrazione costante
- Modello di Horner

Si possono anche inserire diversi modelli di corrivazione e di computazione delle perdite iniziali.

Approccio numerico alla componente 1D

Il moto idraulico all'interno degli elementi monodimensionali che lavorano a pelo libero (sia le tratte fluviali aperte o tubazioni) vengono risolte con l'integrazione delle equazioni di De Saint Venant (conservazione del momento e della massa).

Le equazioni sono le seguenti:

$$\frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = 0$$

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial(Q^2/A)}{\partial x} + gA \frac{\partial H}{\partial x} + gAS_f = 0$$

dove:

- A area bagnata del condotto;
- Q portata;
- x distanza lungo l'asse del condotto;

- t tempo;
- g costante gravitazionale;
- H carico idraulico totale dato da $z+h$;
- z quota dello scorrimento;
- h livello idrico;
- S_f cadente piezometrica.

In particolare, la prima è l'equazione di continuità in moto vario in assenza di afflussi e deflussi laterali, la seconda è l'equazione del momento della quantità di moto; quest'ultima può essere scritta in più forme, in funzione della scelta delle variabili dipendenti. La cadente piezometrica viene computata con varie possibili metodologie (a scelta dell'utente): in InfoWorks sono infatti disponibili le equazioni di Colebrook-White, Manning e Strickler.

Per poter essere integrate queste equazioni devono essere opportunamente semplificate e linearizzate in modo tale che il sistema di equazioni possa essere risolto con la teoria delle matrici. Lo schema di linearizzazione usato da InfoWorks CS è quello dei 4 punti di Priessmann mentre il risolutore adottato è quello di Newton-Raphson.

Le equazioni di cui sopra sono valide fino a quando il condotto non entra in pressione, per permettere a InfoWorks di simulare anche situazioni di condotte in pressione (senza problemi nella transizione da uno stato all'altro) il motore di calcolo adotta la tecnica dello slot per il quale si ipotizza la presenza di una piccola fessura alla sommità della condotta e fino al piano campagna. Così facendo il motore di calcolo non incontra nessuna discontinuità nella transizione da moto da gravità a quello in pressione (per tubi in cui invece permane costantemente il moto in pressione, come le condotte di mandate presenti nel modello, è possibile utilizzare un sistema di equazioni più appropriato che elimina l'artificio dello slot).

L'applicabilità di questo metodo di soluzione è stato testato in centinaia di studi e applicazioni anche con riscontri di misure idrometriche ottenuti su dei bacini sperimentali.

Ci sono alcune limitazioni sull'utilizzo di questo approccio sono:

- i risultati sono semplificati per elementi molto pendenti e per le quali comunque InfoWorks produce dei risultati comunque vicini alla realtà;
- il risalto idraulico (ovvero quella discontinuità che si nota nei profili di rigurgito dove un tubo molto pendente incontra un tubo a bassa pendenza per cui l'acqua forma un vero e proprio sovrizzo improvviso) non viene rappresentato in modo preciso ma il passaggio da corrente veloce a lenta viene computato su una certa distanza (qualche metro a seconda della geometria della situazione reale).

Si noti che la metodologia di calcolo a moto vario è in grado di tener conto anche dei volumi in gioco e quindi di tener conto delle attenuazioni dell'onda di piena quando questa riempie dei volumi disponibili in alveo o in vere e proprie vasche di espansione opportunamente rappresentate nel modello.

Approccio numerico alla componente 2D

Il modello usato per la rappresentazione matematica del flusso 2D è basato sull'equazione dell'acqua superficiale, relativa cioè all'altezza media che si ricava dalle equazioni di Navier – Stokes:

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial(hu)}{\partial x} + \frac{\partial(hv)}{\partial y} = q_{1D} \quad (1)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial(hu)}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} (hu^2 + gh^2/2) + \frac{\partial(huv)}{\partial y} \\ = S_{0,x} - S_{f,x} + q_{1D}u_{1D} \end{aligned} \quad (2)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial(hv)}{\partial t} + \frac{\partial(huv)}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial y} (hv^2 + gh^2/2) \\ = S_{0,y} - S_{f,y} + q_{1D}v_{1D} \end{aligned} \quad (3)$$

dove:

- h è l'altezza dell'acqua;
- u e v sono rispettivamente le velocità nelle direzioni x e y ;
- $S_{0,x}$ e $S_{0,y}$ sono rispettivamente le pendenze dell'alveo nelle direzioni x e y ;
- $S_{f,x}$ e $S_{f,y}$ sono rispettivamente gli attriti nelle direzioni x e y ;
- q_{1D} è la portata per unità di area;
- u_{1D} e v_{1D} sono rispettivamente le componenti di velocità della portata q_{1D} nelle direzioni x e y .

Questa formulazione conservativa dell'equazione dell'acqua superficiale è discretizzata utilizzando un sistema di primo ordine esplicito del volume finito.

La tecnica di frazionamento del flusso assicura la proprietà del buon equilibrio bilanciando la pendenza con la pressione, termini a riposo.

La gestione della cella bagnata ed asciutta è eseguita utilizzando come criterio una profondità di soglia per considerare che una cella è bagnata, e la velocità è impostata a zero se la profondità è sotto il valore di soglia. Questo evita la creazione di elevate velocità artificiali in aree bagnate/asciutte. Il valore di default per questa profondità di soglia è 1 mm.

Questo algoritmo può essere utilizzato teoricamente sia con maglie strutturate (rettangolari) che non strutturate (triangolari) ed è adatto per rappresentare flussi rapidamente variabili, nonché correnti veloci e lente. In InfoWorks si utilizzano le maglie non strutturate perché sono molto più flessibile e di facile utilizzo quando si vogliono rappresentare forme e ostacoli complessi presenti nel dominio.

Produzione della magliatura 2D

All'interno del software sono presenti tutti gli strumenti necessari per costruire la magliature dei domini 2D da simulare. Si possono prevedere diversi gradi di dettaglio per varie zone con opportuni raffinamenti del dominio, impostare diverse zone di scabrezza, fissare delle breakline, definire ostacoli poligonali e lineari (edifici, muri, ecc.). Il processo di magliatura tiene conto di questi vincoli e, se lo si desidera, è in grado di produrre una magliatura dipendente dalla conformazione morfologica del terreno. Laddove il terreno risulta più pendente viene infittita la maglia per assicurarsi che i triangoli non abbiano i vertici con differenze di quota superiori ad un termine fissato dall'utente.

Collegamento 1D-2D

	PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICO ECONOMICA COLLEGAMENTO LAMEZIA T. - SETTINGIANO. VELOCIZZAZIONE MEDIANTE RETTIFICHE DI TRACCIATO					
	RELAZIONE IDRAULICA	PROGETTO RC0Y	LOTTO 00	CODIFICA R 10 RI	DOCUMENTO ID 0002 003	REV. B

Il modello di simulazione consente un immediato collegamento di diverse componenti di modello modo e bidimensionale. Si possono utilizzare per esempi:

- *linee spondali*: rappresentano un confine ideale tra l'alveo inciso modellato con elementi 1D e la golena rappresentata da un dominio 2D, le linee spondali vengono rappresentate con delle polilinee per le quali viene definita una quota Z variabile sul suo percorso. Le linee spondali sono utilizzate essenzialmente come sfiori laterali tra alveo inciso e zona di golena 2D;
- *sfiori frontali*: si utilizzano quando si desidera interrompere un modello 1D di un fiume e trasferire tutto l'idrogramma di portata sul dominio 2D (o viceversa);
- *nodì*: sono degli elementi puntiformi dove può avvenire lo scambio di portata tra 1D e 2D, per esempio questa tecnica è appropriata quando si rappresentano le esondazioni provenienti dai pozzetti di fognatura su un dominio bidimensionale.

Tempi di calcolo e dimensione del modello

Il software consente di eseguire calcoli e ottenere risultati in tempi rapidi. Mentre la componente 1D sui moderni processori consente dei tempi di simulazione irrisori (pochi secondi per modellare una rete di 1,000 nodi per una ventata di 4 ore di durata) la componente bidimensionale può necessitare di tempi d'attesa più lunghi in funzione del numero di triangoli e dalle condizioni di moto del dominio. Su dei processori Core i7 ci si può attendere che una simulazione di 10,000 triangoli di un evento reale di 60 minuti possa necessitare qualche minuto per essere computata. Il motore di calcolo 2D è stato testato su domini di calcolo con oltre 5 milioni di triangoli ma per queste ampiezze di dominio si consiglia di dotarsi di specifica GPU (hardware non sempre presente in classici Desktop e molto raramente in Laptop) che accelerano i tempi di calcolo di 30-50 volte rispetto ai normali processori consentendo quindi tempi computazionali molto ridotti (ordine di decine di minuti) per domini 2D di centinaia di migliaia di triangoli.