



TORINO - IVREA - QUINCINETTO

IVREA - SANTHIA'

SISTEMA AUTOSTRADALE
TANGENZIALE DI TORINO

VISTO per ATIVA S.p.A.



Amministratore Delegato
Dott. Ing. LUIGI CRESTA

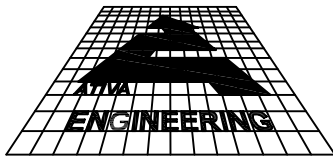
AUTOSTRADA A4/A5 - A5 TORINO QUINCINETTO IVREA SANTHIA'

NODO IDRAULICO DI IVREA 2° FASE DI COMPLETAMENTO

PROGETTO DEFINITIVO

STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE

Verifiche idrauliche integrative del Rio Ribes

IL PROGETTISTA	REDATTO	CONTROLLATO	APPROVATO
 <i>Il Direttore Tecnico</i> Dott. Ing. ROBERTO PETRALI ordine degli Ingegneri di Milano n° 14638	HYDRODATA M. Buffo	HYDRODATA R. Dutto	ATIVA ENGINEERING V. Palmisano
	DATA FEBBRAIO 2013	REVISIONE	DATA 15/02/2013
	SCALA Varie		
	UFFICIO SSP0101A05	COMMESSA 00000	N° PROGETTO 00000
		FASE PDAMB	ARGOMENTO B040
			N° ELABORATO 040
			REV - -

INDICE

1.	PREMESSA	2
2.	VERIFICHE IDRAULICHE	2
2.1	MESSA A PUNTO DEL MODELLO NUMERICO E SCHEMATIZZAZIONE ADOTTATA	2
2.1.1	<i>Schematizzazione delle strutture di attraversamento e delle opere idrauliche</i>	3
	<i>Gli attraversamenti esistenti o in progetto sono stati schematizzati nell'ambito del modello con una struttura tipo "culvert", di forma geometrica variabile secondo una relazione quota-larghezza che tiene conto della luce di deflusso netta compresa tra le spalle dell'attraversamento (escludendo quindi l'area trasversale occupata dalle pile).</i>	3
2.2	CONDIZIONI AL CONTORNO E RESISTENZE DISTRIBUITE	3
2.3	COEFFICIENTI DI RESISTENZA DISTRIBUITI (SCABREZZE).....	3
2.4	SCHEMATIZZAZIONE GEOMETRICA DEL MODELLO NUMERICO NELLO SCENARIO DI STATO ATTUALE	4
2.5	SCHEMATIZZAZIONE GEOMETRICA DEL MODELLO NUMERICO NELLO SCENARIO DI PROGETTO	7
2.6	VERIFICHE IDRAULICHE NELLO SCENARIO DI STATO ATTUALE.....	9
2.7	VERIFICHE IDRAULICHE NELLO SCENARIO DI PROGETTO.....	14

1. **PREMESSA**

La presente nota illustra le analisi idrodinamiche eseguite sul rio Ribes in corrispondenza del viadotto Cartiera, in un tratto interessato dalla nuova struttura di attraversamento della strada del Sanguignolo e dagli interventi di nuovo inalveamento e sistemazione del rio nel tratto sottostante al viadotto.

Le valutazioni idrauliche hanno rappresentato il comportamento idrodinamico del corso d'acqua negli stati attuale e di progetto per le seguenti condizioni di deflusso:

1. portata di riferimento a tempo di ritorno 200 anni - scenario di stato attuale;
2. massima portata smaltibile dall'alveo inciso in condizioni di sicurezza - scenario di stato attuale;
3. portata di riferimento a tempo di ritorno 200 anni - scenario di progetto;
4. massima portata smaltibile dall'alveo inciso in condizioni di sicurezza - scenario di progetto;

Le analisi modellistiche sono state eseguite al fine di verificare l'efficacia degli interventi di sistemazione previsti in termini di aumento della capacità di deflusso del corso d'acqua (scenari 2 e 4 a confronto) e di valutare il rischio idraulico residuo per il territorio circostante associato al deflusso della piena duecentennale (scenari 1 e 3 a confronto).

2. **VERIFICHE IDRAULICHE**

2.1 **MESSA A PUNTO DEL MODELLO NUMERICO E SCHEMATIZZAZIONE ADOTTATA**

Lo studio idraulico è stato eseguito mediante l'applicazione del codice di calcolo MIKE 11 del DHI_{Water} Environment Health.

Il modello idrodinamico simula il deflusso, in moto stazionario e non, secondo schematizzazione monodimensionale o quasi 2D, di fluidi verticalmente omogenei in qualsiasi sistema di canali o aste fluviali, descrivibile attraverso i diversi approcci dell'“onda cinematica”, dell'“onda diffusiva” e dell'“onda dinamica” e con la messa in conto principalmente delle seguenti condizioni:

- portate laterali,
- flusso libero o rigurgitato,
- differenti regole operative di funzionamento di serbatoi o invasi,
- resistenze localizzate e perdite di carico concentrate,
- aree d'espansione,
- nodi idraulici (biforcazioni e convergenti).

La soluzione del sistema di equazioni è indipendente dall'approccio modellistico seguito (cinematico, diffusivo, dinamico).

Le equazioni generali di De Saint Venant sono trasformate in un sistema di equazioni implicite alle differenze finite secondo una griglia di calcolo con punti Q e H alternati tra loro, nei quali la portata Q e il livello idrico H, rispettivamente, sono determinati ad ogni passo temporale (schema di Abbott a 6 punti).

La soluzione del sistema di equazioni di De Saint Venant permette di rappresentare, in dettaglio, tutte le trasformazioni che l'onda di piena subisce nella traslazione da monte verso valle per effetto della laminazione naturale, dell'interferenza con le opere idrauliche, delle esondazioni al di fuori dell'alveo attivo, della confluenza di tributari laterali e del contributo distribuito dei bacini versanti.

Date le caratteristiche dei corsi d'acqua in esame si è scelta una rappresentazione idrodinamica in moto stazionario con condizioni al contorno invarianti nel tempo, escludendo cautelativamente fenomeni di laminazione dell'onda di piena.

2.1.1 Schematizzazione delle strutture di attraversamento e delle opere idrauliche

Gli attraversamenti esistenti o in progetto sono stati schematizzati nell'ambito del modello con una struttura tipo "culvert", di forma geometrica variabile secondo una relazione quota-larghezza che tiene conto della luce di deflusso netta compresa tra le spalle dell'attraversamento (escludendo quindi l'area trasversale occupata dalle pile).

Tale assunzione risulta valida, in quanto il comportamento della corrente è regolato principalmente dal restringimento della sezione in presenza del ponte e dalle perdite di carico concentrate dovute allo stesso, più che da quelle distribuite lungo la struttura. Il piano viabile è stato rappresentato come una potenziale linea di sfioro inserita come struttura aggiuntiva (di tipo "weir") a quota coincidente con il piano viabile e quindi capace di rappresentare eventuali fenomeni di sormonto del ponte stesso.

In corrispondenza delle strutture la sezione di rilievo che le rappresenta è stata duplicata per esigenze di modellizzazione.

2.2 CONDIZIONI AL CONTORNO E RESISTENZE DISTRIBUITE

Le condizioni al contorno utilizzate nel modello sono le seguenti:

- portata assegnata in entrata nella sezione più a monte del modello;
- scala di deflusso in moto uniforme imposta nella sezione terminale di valle del modello.

2.3 COEFFICIENTI DI RESISTENZA DISTRIBUITI (SCABREZZE)

Per la valutazione dei coefficienti di scabrezza da inserire nel modello si sono eseguiti sopralluoghi in campo in cui si sono valutati la destinazione di uso del suolo delle aree esterne all'alveo inciso, le caratteristiche granulometriche del materiale d'alveo e quelle morfologiche (brusche variazioni di geometria della sezione).

Le indicazioni acquisite nelle ricognizioni di campo sono state quindi riferite alla metodologia prescritta nella Deliberazione 11 maggio 1999 dell'Autorità di Bacino del Fiume Po – aggiornata con deliberazione n.10 del Comitato Istituzionale del 5 Aprile 2006 "Criteri per la valutazione della compatibilità idraulica delle infrastrutture pubbliche e di interesse pubblico all'interno delle fasce A e B" e degli altri riferimenti normativi in essa citati.

Si sono pertanto assunti coefficienti di Strickler di $30 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ per l'alveo inciso e variabili tra valori di 20-25 $\text{m}^{1/3}/\text{s}$ per le aree di piano campagna ricoperte da vegetazione.

2.4 SCHEMATIZZAZIONE GEOMETRICA DEL MODELLO NUMERICO NELLO SCENARIO DI STATO ATTUALE

Il rio Ribes nello stato attuale interferisce con l'autostrada A5 in corrispondenza del ponte ad unica campata esistente.

Nel tratto analizzato, a monte del ponte autostradale, sono presenti 2 opere di attraversamento costituite:

- Dal ponte della rampa di uscita dell'A5 in direzione Torino;
- dall'attraversamento provvisorio della strada vicinale di Sanguignolo, costituito da due tubi in corrugato metallico (ARMCO) di diametro 2.00 m con soprastante impalcato in c.a. Il ponte provvisorio sostituisce l'attraversamento originariamente presente circa 50 m più a monte, distrutto dalla piena dell'ottobre 2000.

La geometria del corso d'acqua è stata descritta sulla base del rilievo di dettaglio eseguito negli anni 2012 e 2013; in particolare il modello geometrico è costituito da 10 sezioni trasversali che rappresentano idrodinamicamente un tratto di asta di estensione pari a circa 323.00 m.

Le sezioni trasversali introdotte nel modello sono state preventivamente estese in modo da schematizzare in modo esaustivo l'alveo di piena del corso d'acqua, in termini di aree allagabili presenti.

Di seguito (Figura 1) si riporta uno stralcio planimetrico del corso d'acqua nello stato attuale, in cui in rosso sono evidenziate le sezioni trasversali introdotte nel modello ed in blu l'asse del corso d'acqua; in Tabella 1 si riporta il profilo longitudinale del modello in cui sono rappresentate le sezioni trasversali utilizzate, caratterizzandole in termini di progressiva metrica, quota di fondo (thalweg) e posizione dei manufatti presenti in alveo.

Data rilievo	Sezione	Progressiva	Fondo alveo
anno	-	m	m s.m.
2013	1	0.00	226.26
2013	2	21.25	226.45
2013	3	51.87	227.09
2013	4 monte manufatto attraversamento	65.42	226.87
2013	4 valle manufatto attraversamento	78.42	226.77
2012	5	84.26	226.73
2012	6	118.13	226.87
2012	7	137.14	227.14
2012	monte manufatto attraversamento	191.02	227.03
2012	valle manufatto attraversamento	214.18	226.98
2012	8 monte A5	226.25	226.95
2012	9 valle A5	323.25	226.36

Tabella 1 - Profilo longitudinale del modello idraulico.

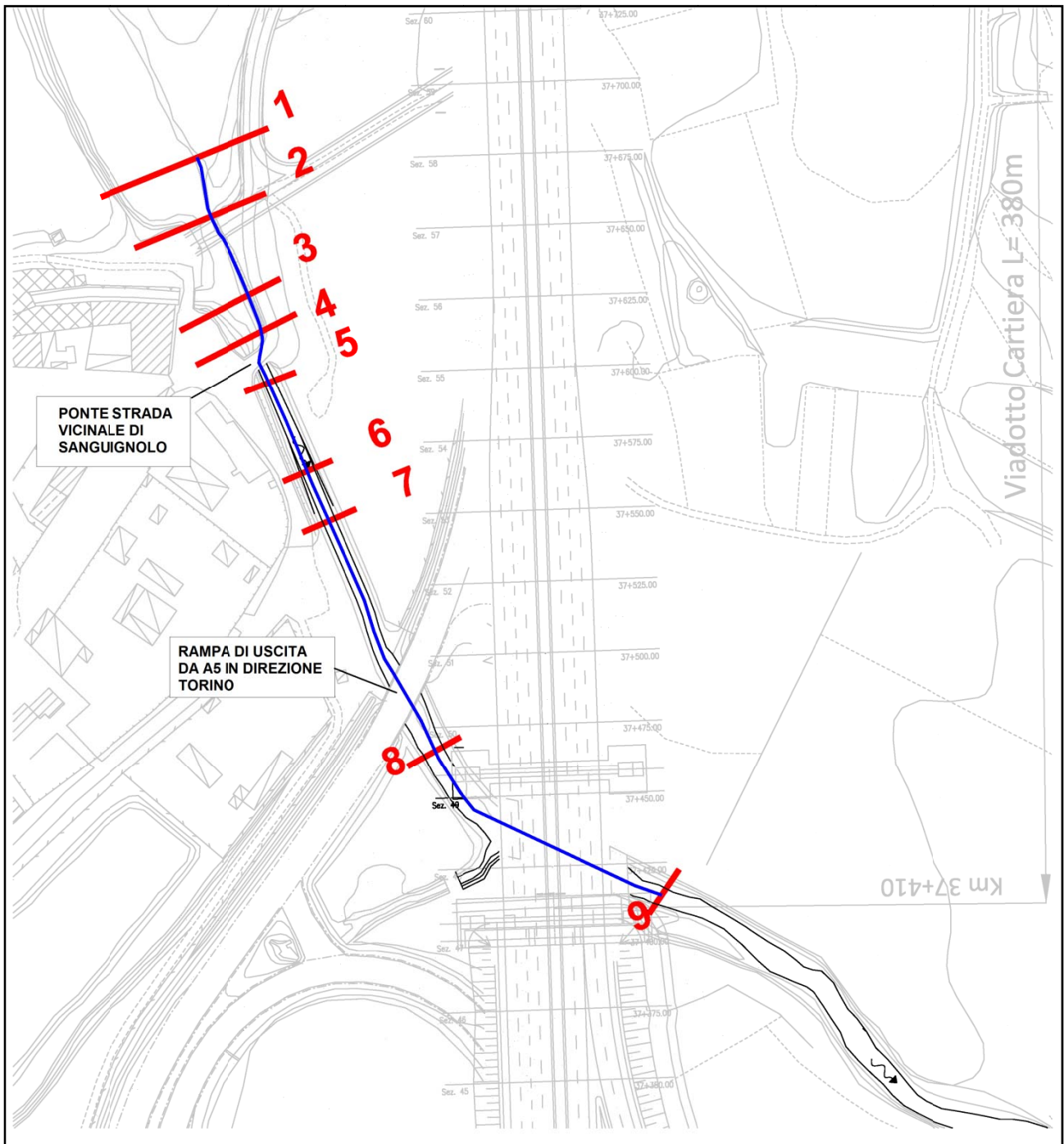


Figura 1 - Planimetria del tratto di corso d'acqua simulato con ubicazione delle sezioni di rilievo.

2.5 SCHEMATIZZAZIONE GEOMETRICA DEL MODELLO NUMERICO NELLO SCENARIO DI PROGETTO

Nello stato di progetto l'attraversamento autostradale viene adeguato e sostituito con un viadotto ad unica campata di luce complessiva pari a 380 m (viadotto Cartiera).

La sistemazione della viabilità a monte dell'A5 implica che:

- la rampa autostradale di uscita in direzione Torino viene rimossa e con essa il ponte di attraversamento del Ribes;
- la strada vicinale di Sanguignolo viene delocalizzata rispetto all'attuale posizione, ricostruendo l'attraversamento sul Ribes nell'originaria posizione (50 m a monte di quella attuale).

Per quanto attiene al Ribes, in corrispondenza del viadotto Cartiera ne è prevista la deviazione, per un tratto d'alveo di lunghezza pari a 280 m. La deviazione si è resa necessaria per evitare l'interferenza dell'alveo con la spalla destra e la prima pila del viadotto.

Nel tratto di corso d'acqua in deviazione è stata adottata una sezione tipo di sistemazione in massi cementati, caratterizzata da geometria trapezia costante di larghezza alla base 7.0 m, altezza di 2.0 m e inclinazione delle sponde pari a 33.7° (rapporto 3 su 2), con pendenza del fondo del 1.8%.

Di seguito (Figura 2) si riporta uno stralcio planimetrico del corso d'acqua nello stato di progetto, in cui in rosso sono evidenziate le sezioni trasversali introdotte nel modello ed in blu l'asse del corso d'acqua; in Tabella 2 si riporta il profilo longitudinale del modello in cui sono rappresentate le sezioni trasversali di calcolo analogamente a quanto riportato per lo stato attuale.

Sezione	Progressiva	Fondo alveo
-	m	m s.m.
1	0.00	226.26
2 monte attraversamento	21.25	226.45
2 valle attraversamento	29.85	226.45
3	51.87	227.09
4	65.42	226.87
5	84.26	226.73
6	118.13	226.87
7 progetto inizio sistemazione	137.14	226.87
monte viadotto Cartiera	206.77	226.74
valle viadotto Cartiera	260.24	226.65

Sezione	Progressiva	Fondo alveo
-	m	m s.m.
fine sistemazione	411.03	226.37

Tabella 2 - Profilo longitudinale del modello idraulico nello stato di progetto.

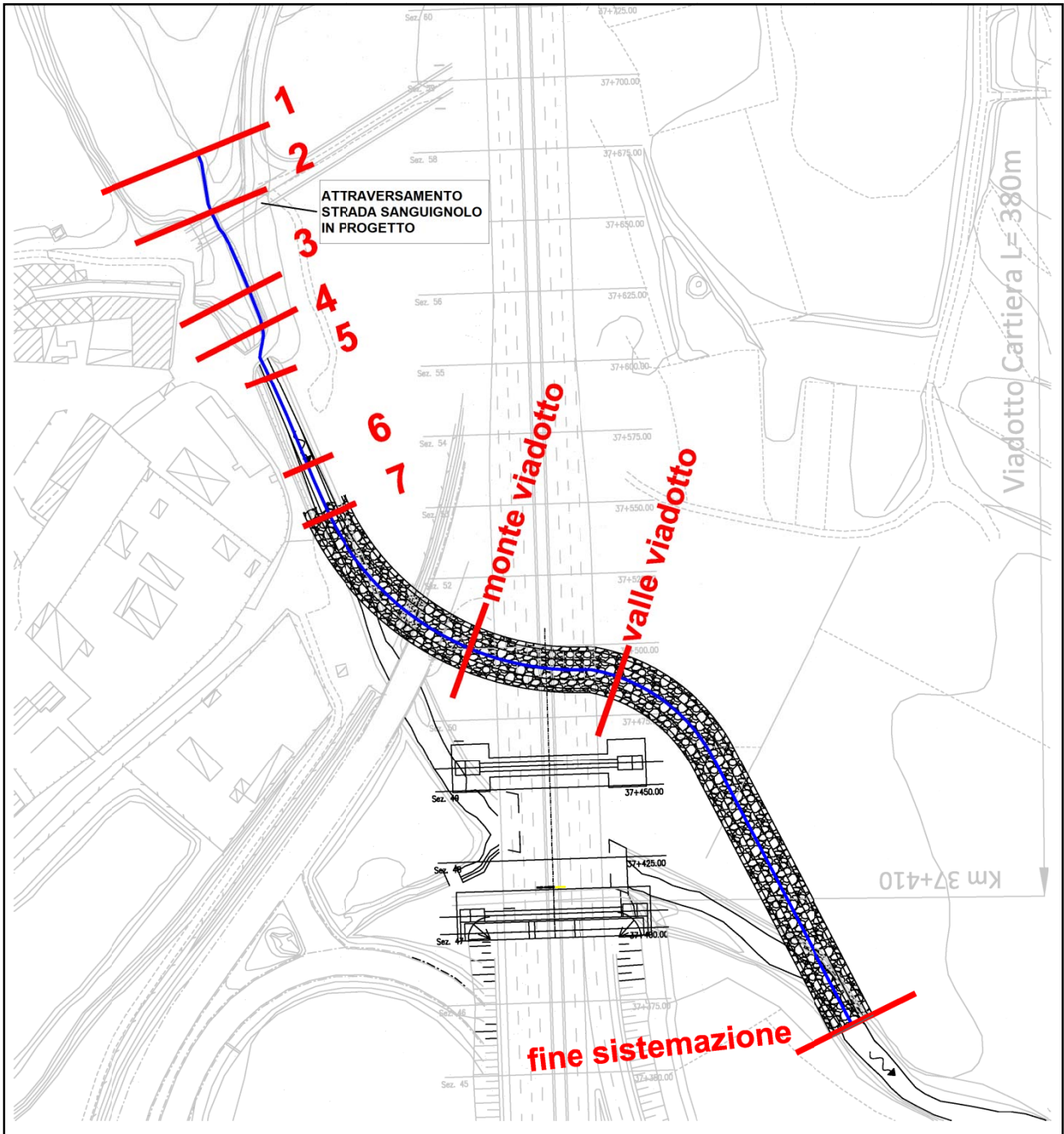


Figura 2 - Planimetria del tratto di corso d'acqua simulato.

2.6 VERIFICHE IDRAULICHE NELLO SCENARIO DI STATO ATTUALE

Sono state eseguite le verifiche idrauliche per la piena di riferimento a tempo di ritorno 200 anni e per la portata massima smaltibile dall'alveo inciso in condizioni di sicurezza.

Dalla simulazione è possibile evincere che la piena duecentennale non è contenuta in alveo, creando allagamenti sul territorio circostante caratterizzati da tiranti idrici compresi tra 0.3 a 0.8 m. Le velocità variano in modo sensibile nei due tratti di corso d'acqua a monte ed a valle dell'attuale attraversamento della strada di Sanguignolo in quanto esso crea un sensibile effetto di rigurgito sul profilo di piena; in particolare la variazione di livello tra le sezioni monte e valle dell'attraversamento è pari a circa 0.8 m causata anche dall'andamento del profilo di fondo dell'alveo che nel tratto a monte della strada Sanguignolo è in contropendenza.

Dopo aver attraversato la strada vicinale si assiste ancora ad un andamento in contropendenza dell'alveo nel tratto compreso tra le sezioni 5 (progressiva 84.26 m) e 7 (progressiva 137.14 m).

Il transito della piena avviene con velocità comprese tra 0.9 e 1.8 m/s nel tratto a monte della strada vicinale, mentre a valle le velocità si attestano intorno a valori compresi tra 2.0 e 3.2 m/s.

Di seguito si allegano i risultati numerici della simulazione per la piena di riferimento e il relativo profilo idrometrico.

Sezione	Progressiva	Fondo alveo	Tirante	Livello idrico	Carico totale	Velocità	Area deflusso	Larghezza livello idrico	Froude
-	m	m s.m.	m	m s.m.	m s.m.	m/s	m ²	m	-
1	0.00	226.26	4.59	230.85	230.89	0.93	110.89	54.45	0.12
2	21.25	226.45	4.32	230.77	230.89	1.52	67.52	43.07	0.47
3	51.87	227.09	3.67	230.76	230.87	1.45	71.03	29.14	0.46
4 monte manufatto attraversamento	65.42	226.87	3.82	230.69	230.85	1.75	58.80	27.80	0.37
4 valle manufatto attraversamento	78.42	226.77	3.11	229.88	230.22	2.60	39.62	27.80	0.59
5	84.26	226.73	3.10	229.83	230.22	2.78	37.01	26.32	0.72
6	118.13	226.87	2.82	229.69	230.17	3.07	33.53	23.49	0.88
7	137.14	227.14	2.45	229.59	230.13	3.26	31.59	23.47	0.72
monte manufatto attraversamento	191.02	227.03	2.19	229.22	229.45	2.11	48.83	37.72	0.67

Sezione	Progressiva	Fondo alveo	Tirante	Livello idrico	Carico totale	Velocità	Area deflusso	Larghezza livello idrico	Froude
-	m	m s.m.	m	m s.m.	m s.m.	m/s	m ²	m	-
valle manufatto attraversamento	214.18	226.98	2.21	229.19	229.41	2.08	49.41	37.72	0.66
8 monte A5	226.25	226.95	2.25	229.20	229.38	1.88	54.82	45.61	1.00
9 valle A5	323.25	226.36	2.57	228.93	229.37	2.93	35.12	35.00	1.23

Tabella 3 - Simulazione a tempo di ritorno 200 anni ($Q = 102.94 \text{ m}^3/\text{s}$).

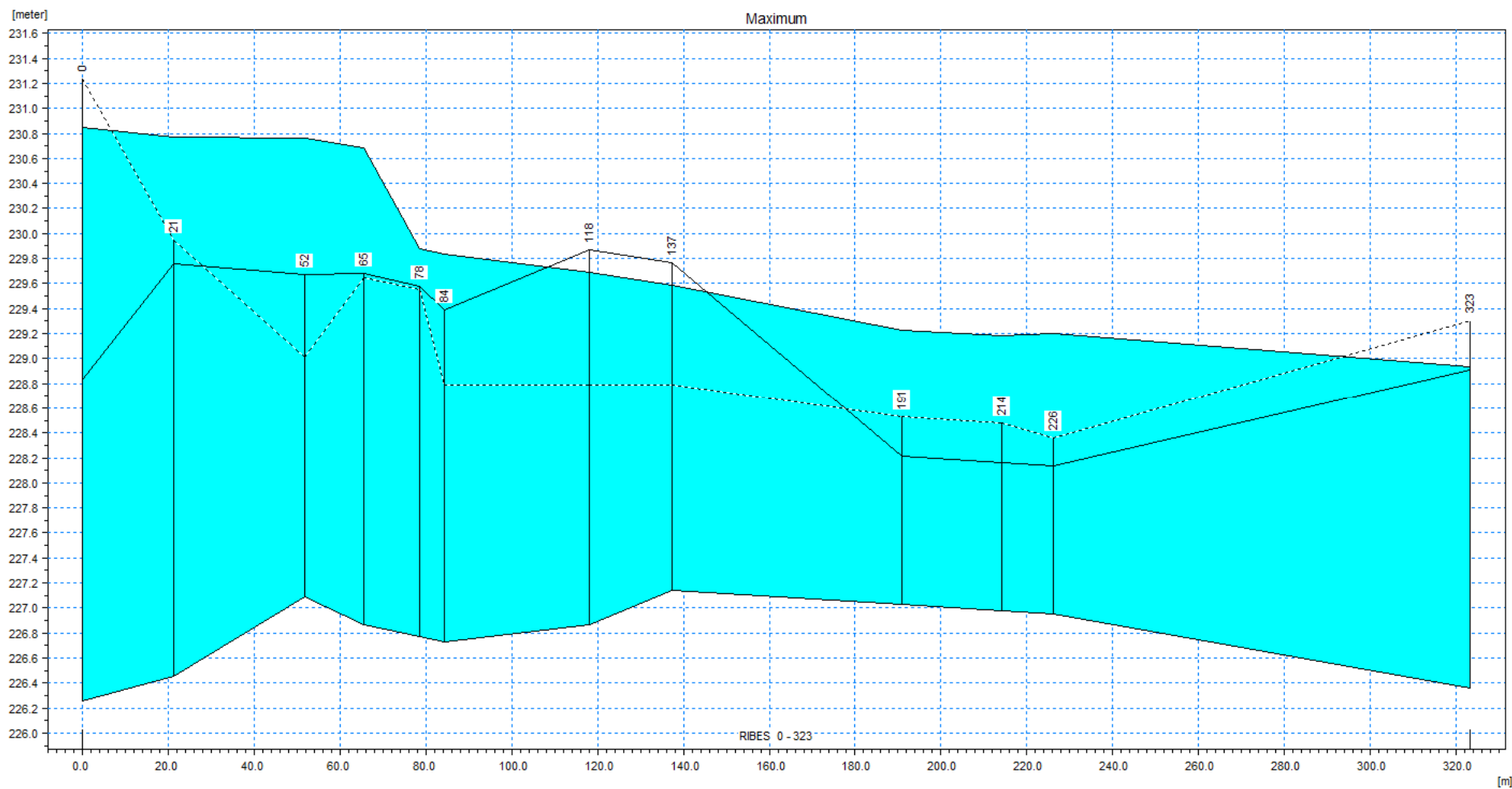


Figura 3 - Profilo idrometrico a tempo di ritorno 200 anni ($Q = 102.94 \text{ m}^3/\text{s}$).

Si sono inoltre eseguite ulteriori simulazioni finalizzate a determinare la portata transitante nell'alveo inciso in condizioni di sicurezza; tale analisi ha mostrato che nelle condizioni attuali l'alveo del Ribes è in grado di trasferire nel tratto una portata circa pari a $15 \text{ m}^3/\text{s}$ (limitata a circa $10\text{-}12 \text{ m}^3/\text{s}$ in corrispondenza del tratto compreso tra le sezioni a progressiva m 191.02 e 226.25). Tale portata è inferiore in termini di valore al colmo a piene con tempo di ritorno di 2 anni. La capacità di portata ridotta del Ribes è quindi principalmente causata dall'inadeguatezza idraulica manufatto di attraversamento provvisorio della strada vicinale del Sanguignolo e dall'andamento del profilo di fondo alveo di valle, che tra le sezioni 5 e 7 è in contropendenza.

Di seguito si allegano i risultati numerici della simulazione e il relativo profilo idrometrico.

Sezione	Progressiva	Fondo alveo	Tirante	Livello idrico	Carico totale	Velocità	Area deflusso	Larghezza livello idrico	Froude
-	m	m s.m.	m	m s.m.	m s.m.	m/s	m ²	m	-
1	0.00	226.26	2.64	228.90	228.91	0.49	30.65	47.35	0.06
2	21.25	226.45	2.42	228.87	228.90	0.79	19.09	9.25	0.21
3	51.87	227.09	1.76	228.85	228.88	0.75	19.94	19.33	0.43
4 monte manufatto attraversamento	65.42	226.87	1.98	228.85	228.88	0.71	21.19	13.47	0.21
4 valle manufatto attraversamento	78.42	226.77	1.89	228.66	228.69	0.75	19.99	13.11	0.20
5	84.26	226.73	1.88	228.61	228.67	1.06	14.18	8.23	0.32
6	118.13	226.87	1.63	228.50	228.57	1.14	13.21	7.65	0.41
7	137.14	227.14	1.23	228.37	228.53	1.74	8.60	7.42	0.92
monte manufatto attraversamento	191.02	227.03	1.22	228.25	228.29	0.92	16.32	22.15	0.34
valle manufatto attraversamento	214.18	226.98	1.24	228.22	228.26	0.89	16.81	22.23	0.33
8 monte A5	226.25	226.95	1.19	228.14	228.22	1.27	11.84	16.11	0.75
9 valle A5	323.25	226.36	1.14	227.50	227.70	2.01	7.48	11.63	0.80

Tabella 4 - Simulazione per la portata transitante in alveo inciso in condizioni di sicurezza ($15 \text{ m}^3/\text{s}$).

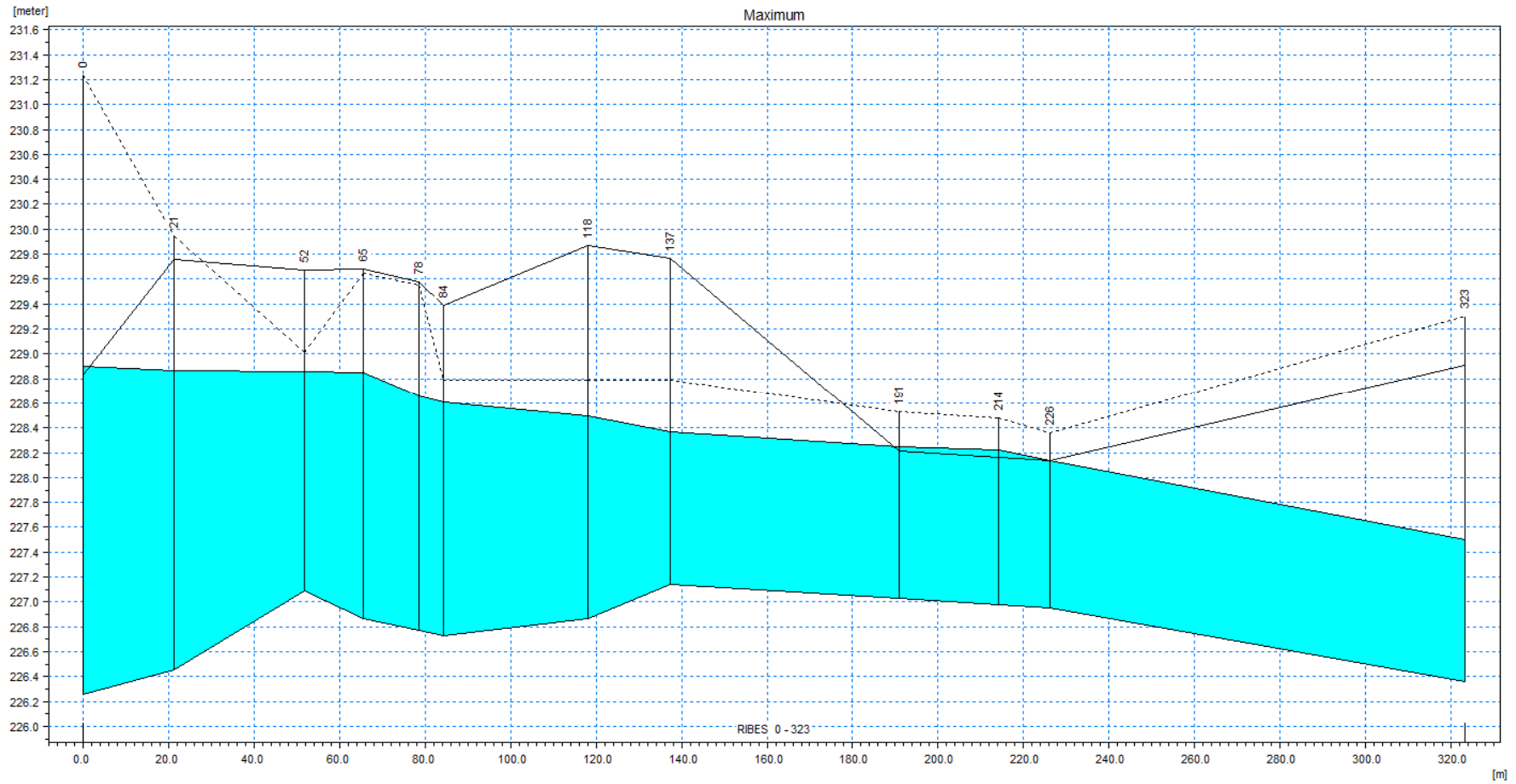


Figura 4 - Profilo idrometrico per la portata transitante in alveo inciso in condizioni di sicurezza (15 m³/s).

2.7 VERIFICHE IDRAULICHE NELLO SCENARIO DI PROGETTO

Gli interventi di deviazione del Ribes previsti dal progetto modificano in modo minimale l'assetto idraulico del corso d'acqua rispetto allo stato attuale, tuttavia il deflusso di piena avviene in condizioni idrodinamiche meno impattanti in termini di allagamento del territorio circostante. Tali benefici sono ascrivibili principalmente alla rimozione del manufatto di attraversamento provvisorio della strada Sanguignolo che induce fenomeni di rigurgito significativi verso monte. In particolare (v. tabella 5) la simulazione mostra, nella colonna denominata "differenza con attuale", che il manufatto provvisorio induce per eventi a tempo di ritorno 200 anni innalzamenti massimi verso monte pari a circa 1 m, nell'ipotesi di una sua stabilità strutturale.

La sistemazione eseguita inoltre elimina il tratto in contropendenza determinato dal fondo della sezione 7, favorendo quindi il deflusso verso valle secondo una pendenza uniforme.

Questi interventi migliorano la capacità di deflusso del corso d'acqua, il cui alveo inciso in condizioni di sicurezza è in grado di trasferire una portata di circa 35 m³/s, di valore al colmo corrispondente a eventi di piena a tempo di ritorno 2-5 anni.

Il transito della piena di riferimento continua a generare esondazioni ma con tiranti sul piano campagna più contenuti rispetto allo stato attuale (valori da 0.1 a 0.5 m).

Di seguito si allegano i risultati numerici delle simulazioni eseguite per la piena di riferimento e per quella massima trasferibile in condizioni di sicurezza e i relativi profili idrometrici.

Sezione	Progressiva	Fondo alveo	Tirante	Livello idrico	Carico totale	Velocità	Area deflusso	Larghezza livello idrico	Froude	Differenza con attuale
-	m	m s.m.	m	m s.m.	m s.m.	m/s	m ²	m	-	
1	0.00	226.26	3.75	230.01	230.12	1.46	70.36	53.35	0.18	-0.84
2 monte attraversamento	21.25	226.45	3.44	229.89	230.12	2.11	48.90	34.69	1.18	-0.88
2 valle attraversamento	29.85	226.45	3.38	229.83	230.11	2.34	44.05	25.03	1.11	
3	51.87	227.09	2.69	229.78	230.08	2.43	42.34	29.14	0.77	-0.98
4	65.42	226.87	2.77	229.64	230.06	2.86	35.99	23.70	0.72	-1.05
5	84.26	226.73	2.83	229.56	230.00	2.95	34.91	26.32	1.07	-0.27
6	118.13	226.87	2.51	229.38	229.99	3.45	29.85	23.38	1.50	-0.31
7 progetto inizio sistemazione	137.14	226.87	2.32	229.19	229.45	2.25	45.74	48.00	0.71	-0.40

Sezione	Progressiva	Fondo alveo	Tirante	Livello idrico	Carico totale	Velocità	Area deflusso	Larghezza livello idrico	Froude	Differenza con attuale
-	m	m s.m.	m	m s.m.	m s.m.	m/s	m ²	m	-	
monte viadotto Cartiera	206.77	226.74	2.26	229.00	229.30	2.43	42.36	48.00	0.77	
valle viadotto Cartiera	260.24	226.65	2.18	228.83	229.17	2.59	39.82	48.00	0.85	
fine sistemazione	411.03	226.37	1.89	228.26	228.80	3.27	31.50	32.48	0.76	

Tabella 5 - Simulazione a tempo di ritorno 200 anni ($Q = 102.94 \text{ m}^3/\text{s}$).

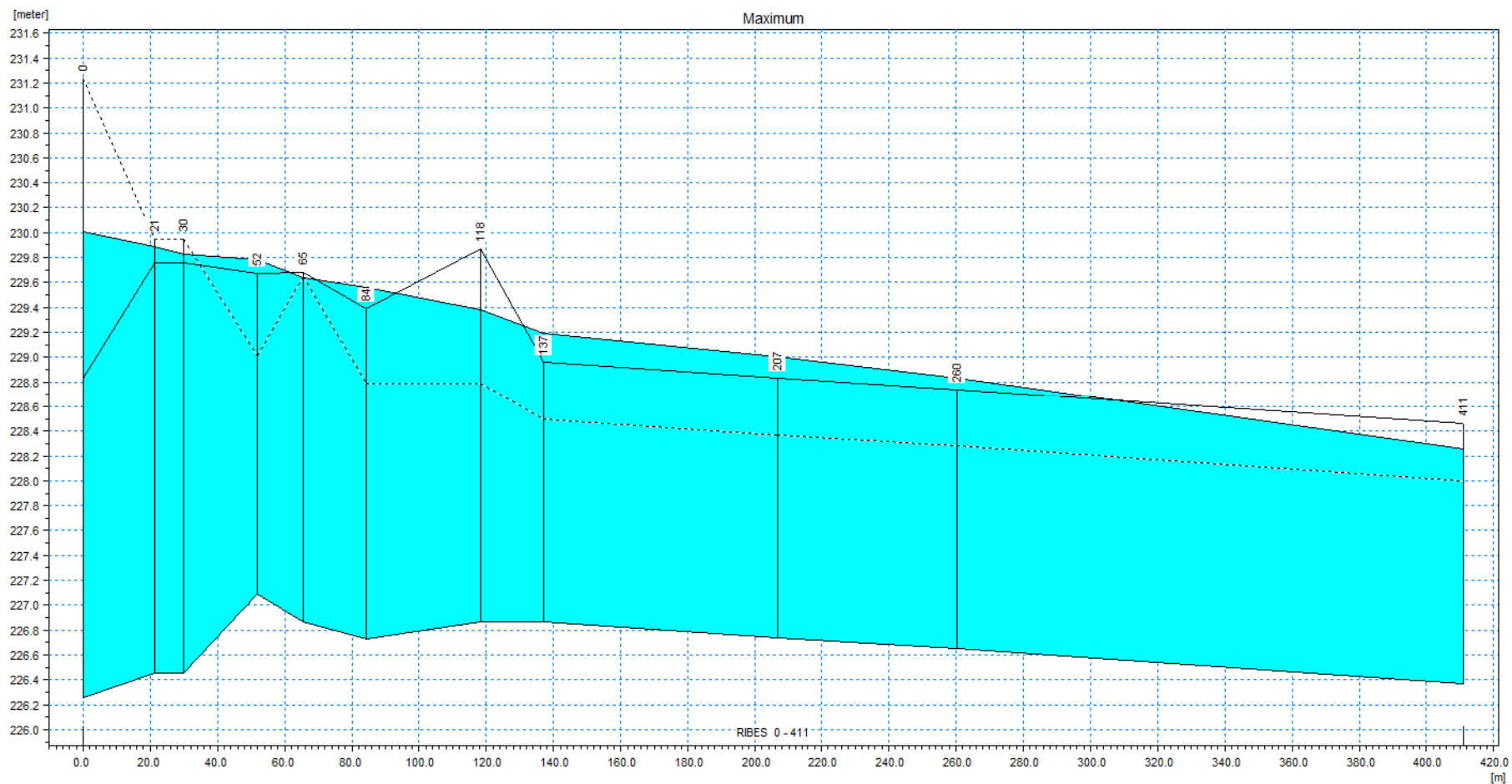


Figura 5 - Profilo idrometrico a tempo di ritorno 200 anni ($Q = 102.94 \text{ m}^3/\text{s}$).

Sezione	Progressiva	Fondo alveo	Tirante	Livello idrico	Carico totale	Velocità	Area deflusso	Larghezza livello idrico	Froude
-	m	m s.m.	m	m s.m.	m s.m.	m/s	m ²	m	-
1	0.00	226.26	2.68	228.94	229.00	1.11	31.48	47.50	0.12
2 monte attraversamento	21.25	226.45	2.38	228.83	229.01	1.87	18.76	9.14	0.49
2 valle attraversamento	29.85	226.45	2.36	228.81	228.99	1.89	18.52	9.10	0.5
3	51.87	227.09	1.70	228.79	228.97	1.88	18.65	19.16	0.77
4	65.42	226.87	1.91	228.78	228.93	1.73	20.25	13.19	0.45
5	84.26	226.73	1.93	228.66	228.92	2.26	15.46	8.28	0.73
6	118.13	226.87	1.62	228.49	228.87	2.73	12.80	7.63	0.99
7 progetto inizio sistemazione	137.14	226.87	1.45	228.32	228.47	1.74	20.10	16.51	0.71
monte viadotto Cartiera	206.77	226.74	1.42	228.16	228.33	1.81	19.37	15.76	0.77
valle viadotto Cartiera	260.24	226.65	1.38	228.03	228.21	1.87	18.73	15.71	0.69
fine sistemazione	411.03	226.37	1.15	227.52	227.78	2.28	15.36	15.43	0.73

Tabella 6 - Simulazione per la portata transitante in alveo inciso in condizioni di sicurezza (35 m³/s).

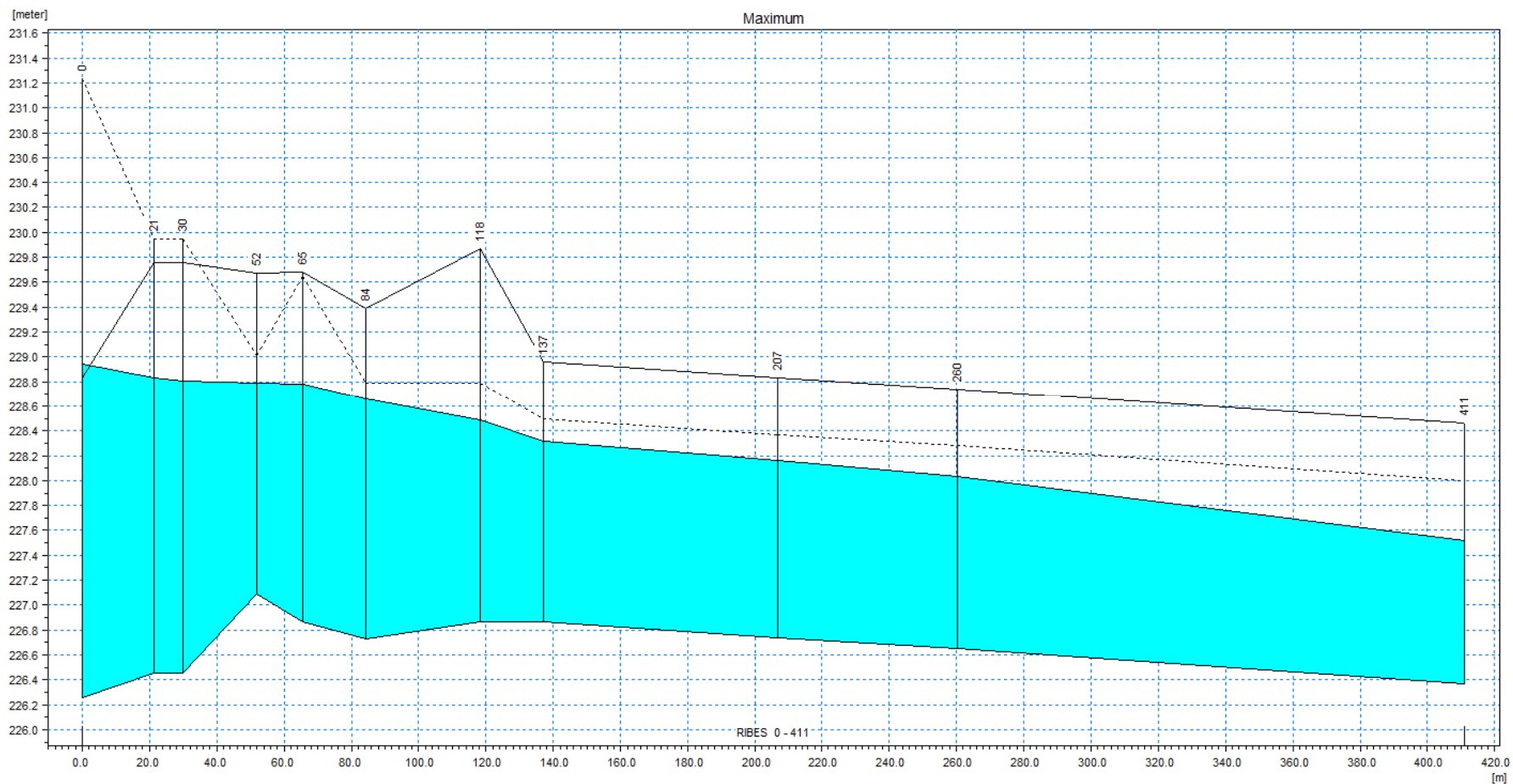


Figura 6 - Profilo idrometrico per la portata transigente in alveo inciso in condizioni di sicurezza ($35 \text{ m}^3/\text{s}$)