

MOSTOPROJEKT KATOWICE

mgr inż. Marcin CZECH

tel. 502 646 235 fax 32 252 4756
ul. Słupska 12/68, 40-715 Katowice
marcin.czech@neostrada.pl

PRZEDSIĘBIORSTWO WIELOBRANŻOWE „SIRKO”

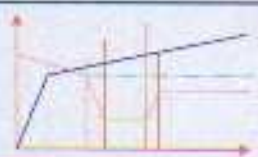
tel. 601 433 084 tel/fax 32 287 94 48
ul. Wajdy 61, 41-948 Piekary Śląskie
biuro@sirko.pl

Projekt budowlano-wykonawczy remontu mostu

w Ligocie Książęcej nad Potokiem Ligockim w ciągu drogi
przebiegającej koroną wału przeciwpowodziowego
Brzeźnica – Grzegorzowie

VI OBLICZENIA HYDROLOGICZNO – – HYDRAULICZNE

Stanowisko	Imię i nazwisko	Nr uprawnień	Data
Projektant:	mgr inż. Marcin Czech	SLK/0614/POOM/04	26.10.2006
Opracował:	mgr inż. Adrian Szelka	Świadectwo Nr 1/2006	czerwiec 2006



HYDROINŻPROJEKT

Nowoczesna Inżynieria Środowiska

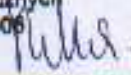
mgr inż. Adrian Szelka
 os. Księcia Władysława 10c/31 44-240 Żory
 tel. 509364205, NIP 651-133-40-99

Obliczenia hydrologiczno-hydrauliczne

dla projektowanego remontu obiektu mostowego w Ligocie Książęcej
 na cieku Ligockim w km 0+150

Zlecniodawca:

Przedsiębiorstwo wielobranżowe "SIRKO" Michał Korusiewicz 41-948 Piekary Śl., ul. Wajdy 61

FAZA PROJEKTU	DATA OPRACOWANIA
Obliczenia hydrologiczno-hydrauliczne	czerwiec 2006
OPRACOWAŁ	
mgr inż. ADRIAN SZELKA uprawnienia do wykonywania dokumentacji hydrologicznych Świadectwo Nr 172006 	
mgr inż. Adrian Szelka	

S P I S T R E Ś C I

1. WSTĘP.	4
1.1. Cel i zakres opracowania.	4
1.2. Materiały źródłowe wykorzystane w opracowaniu.	4
2. OBLICZENIA HYDROLOGICZNE.	5
2.1. Podstawowe parametry zlewni cieku Ligockiego.	5
2.1.1. Hydrografia zlewni.	5
2.1.2. Ciek Ligocki.	5
2.1.3. Wał przeciwpowodziowy.	6
2.2. Obliczenia przepływów max rocznych o określonym prawdopodobieństwie pojawiania się.	6
2.2.1. Most w km 0+150.	6
2.2.2. Schemat obliczeń.	6
2.2.3. Zestawienie wyników.	8
3. OBLICZENIA HYDRAULICZNE OBIEKTÓW.	9
3.1. Symulacja przepływu wód maksymalnych pod obiektem.	9
3.1.1. Założenia obliczeniowe-modelu HEC-RAS.	9
3.1.2. Model hydrauliczny cieku Ligockiego od km 0+100 do km 0+233.	10
3.2. Wariant 1.	11
3.2.1. Przepływ wód miarodajnych bez udziału wód cofkowych rz. Odry.	11
3.2.2. Parametry przepływu wody miarodajnej dla wariantu 1.	12
3.3. Wariant 2.	13
3.3.1. Przepływ wód miarodajnych udziałem wód cofkowych rz. Odry dla p=2%.	13
3.3.2. Parametry przepływu wody miarodajnej dla wariantu 2.	14
3.4. Wariant 3.	15
3.4.1. Przepływ wód miarodajnych udziałem wód cofkowych rz. Odry dla p=0.5%.	15
3.4.2. Parametry przepływu wody miarodajnej dla wariantu 3.	16

3.5.	Wariant 4.	17
3.5.1.	Przepływ wód miarodajnych z udziałem wód cofkowych rz. Odry dla p=1%.	17
3.5.2.	Parametry przepływu wody miarodajnej dla wariantu 4.	18
4.	WNIOSKI.	19

1. Wstęp.

1.1. Cel i zakres opracowania.

Opracowanie hydrologiczno-hydrauliczne obejmuje swym zakresem analizę hydrauliczną i hydrologiczną w miejscu planowanego remontu obiektu mostowego znajdującego się na cieku Ligockim w km 0+150 w Ligocie Książęcej.

Głównym celem opracowania jest sprawdzenie parametrów przepływu wody miarodajnej wg obecnie obowiązującego Rozporządzenia Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej z dnia 2 marca 1999r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać drogi publiczne i ich usytuowanie przepisów, w tym głównie:

- a) obliczenie przepływów maksymalnych o określonym prawdopodobieństwie przewyższenia w przekroju mostowym,
- b) sprawdzenie światła obiektu mostowego dla przepływu miarodajnego z uwzględnieniem wód cofkowych rzeki Odry,
- c) obliczenie wysokości zwierciadła wody spiętrzanej przed obiektem oraz ustalenie minimalnego wzniesienia spodu konstrukcji obiektu ponad wodę miarodajną.

1.2. Materiały źródłowe wykorzystane w opracowaniu.

- A) Ustawa Prawo wodne z dn. 18 lipca 2001 {Dz. U. Nr 115, poz. 1229 z późniejszymi zmianami}.
- B) Rozporządzenie Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej z dnia 30 maja 2000r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać drogowe obiekty inżynierskie i ich usytuowanie {Dz. U. Nr 63, poz.735}.
- C) Rozporządzenie Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej z dnia 2 marca 1999r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać drogi publiczne i ich usytuowanie {Dz. U. Nr 43, poz.430}.
- D) „Światła mostów i przepustów. Zasady obliczeń z komentarzem i przykładami”—Instytut Badawczy Dróg i Mostów, Wrocław-Żmigród 2000.
- E) Wytyczne obliczania światła mostów i przepustów—Konferencja Naukowo Techniczna Północ 97 Koleje–Drogi–Mosty, Wisła 1998.
- F) Analogowe mapy topograficzne w skali 1:50 000—Wojewódzki Ośrodek Dokumentacji Geodezyjnej i Kartograficznej w Katowicach ul. Graniczna 29, 40-017 Katowice.

- G) Mapa zasadnicza Arkusz 530.422.064 w skali 1:1000—Starosta Raciborski Powiatowy Zasób Geodezyjny i Kartograficzny ul. Klasztorna 6, 47-400 Racibórz.
- H) Budowa lewostronnego obwałowania rz. Odry w gm Rudnik. Etap II od km 59+100 do km 63+300—Hydroprojekt Warszawa Sp. z o.o. Oddział Sosnowiec ul. Kilińskiego 38, 41-200 Sosnowiec.
- I) HEC-RAS Hydraulic Reference Manual—Hydrologic Engineering Center, U.S. Army Corps of Engineers 2004.

2. Obliczenia hydrologiczne.

2.1. Podstawowe parametry zlewni cieku Ligockiego.

2.1.1. Hydrografia zlewni.

Zlewnia cieku Ligockiego stanowi bezpośredni dopływ rz. Odry, dlatego jej ujście mogło przez lata zmieniać swój bieg wraz ze zmianami koryta swojego rycypienta. Zatem w dolnym biegu budowa geologiczna dna cieku Ligockiego będzie zbliżona do budowy geologicznej rzeki Odry, która odkładała na swoich terasach zalewowych aluwia rzeczne.

Natomiast w środkowym i górnym biegu cieku widać wyraźnie zaznaczoną dolinę głęboko wcinającą się w naturalny teren co jest dla tego obszaru, który jest obszarem nizinnym, mało spotykane. Oznaczać to może, że ciek ma tendencje do dużej erozji dennej, co może jeszcze potęgować brak zalesienia zlewni. Kształt zlewni ma charakter wąskiej i podłużnej doliny co sprzyja szybkim i gwałtownym wezbraniom. Powierzchnia zlewni wynosi około 6,12 km², a sam ciek Ligocki ma długość około 4,41 km. Ciek nie ma rozbudowanej sieci hydrograficznej dlatego cały odpływ powierzchniowy koncentruje się w głównym cieku, jakim jest ciek Ligocki.

2.1.2. Ciek Ligocki.

W rejonie planowanego remontu obiektu mostowego ciek Ligocki płynie w ciasnym korycie, które częściowo umocnione jest kamiennym murem oporowym wzmocnionym u jego podstawy betonem. Dno cieku w rejonie obiektu mostowego również zostało wybetonowane co w całości tworzy wcinający się w teren głęboki jar na głębokość bliską 4m. Na lewym brzegu cieku od km 0+000 do km 0+570 zlokalizowany jest wał przeciwpowodziowy, który stanowi zabezpieczenie przeciwpowodziowe przed wodami cofkowymi rzeki Odry. Wały kończą się na warstwy 185.00m n.p.m. Na przedmiotowym odcinku wał do obiektu mostowego ma szerokość B=2.0m a

A – powierzchnia zlewni

λ_p – kwantyl rozkładu zmiennej λ_p dla danego prawdopodobieństwa odczytany z tab. 2.5

δ_j – współczynnik redukcji jeziornej, odczytany z tab. 2.11 w zależności od wskaźnika jeziorności

➤ Hydromorfologiczną charakterystykę koryta cieków Φ_r obliczono wg wzoru:

$$\Phi_r = \frac{1000 \times (L + l)}{m \times I_{rl}^{1/3} \times A^{1/4} (\varphi \times H_1)^{1/4}} \text{ [E]}$$

gdzie:

$L+l$ – długość cieków wraz z suchą doliną do działu wodnego

m – miara szorstkości koryta cieków odczytana z tab. 2.14.

I_{rl} – uśredniony spadek cieków obliczony wg wzoru 2.38.

➤ Czas spływu po stokach t_s określono na podstawie tab. 2.15 [F] w zależności od hydromorfologicznej charakterystyki stoków lub z tabeli 2.17:

$$\Phi_s = \frac{\left(1000 \times l_s\right)^{1/2}}{m_s \times I_s^{1/4} (\varphi \times H_1)^{1/2}} \text{ [E]}$$

gdzie:

l_s – średnia długość stoków obliczona wg wzoru 2.42

m_s – miara szorstkości stoków, odczytana z tab. 2.16

I_s – średni spadek stoków obliczony wg wzoru 2.43

➤ Wskaźnik jeziorności zlewni obliczono wg wzoru:

$$JEZ = \frac{A_{j1} + A_{j2} + \dots + A_{jk}}{A} = \frac{\sum_1^k A_{ji}}{A}$$

gdzie:

A_{ji} – powierzchnia zlewni jeziora, którego powierzchnia (s_i) jest równa lub większa od 1% powierzchni jego zlewni ($s_i \geq 0,01A_{ji}$).

2.2.3. Zestawienie wyników.

Tabela 1: Zestawienie obliczeń hydromorfologicznej charakterystyki cieku.

Parametr	Most w km 0+150
A – pow. zlewni [km ²]	6,12
L – długość najdłuższego cieku mierzona od źródeł do przekroju obliczeniowego [km]	4,41
l – długość suchej doliny mierzona od źródeł w górę do przecięcia osi doliny z działem wodnym [km]	0,43
W _g – wzniesienie działu wodnego w punkcie przecięcia się z osią suchej doliny [m n.p.m.]	245,00
W _d – wzniesienie przekroju obliczeniowego [m n.p.m.]	200,00
Spadek cieku $I_r = \frac{W_g - W_d}{L + l} [‰]$	9,30
Uśredniony spadek cieku $I_{rl} = 0,6 \times I_r [‰]$	5,58
m – miara szorstkości koryta cieku	9
φ – współczynnik odpływu	0,57
H ₁ – maksymalny opad dobowy o prawdopodobieństwie pojawiania się 1% [mm]	81
Φ _r – hydromorfologiczna charakterystyka koryta cieku	74

Tabela 2: Zestawienie obliczeń czasu spływu po stokach.

Parametr	Most w km 0+150
Gęstość sieci rzecznej $\rho = \frac{\sum(L + l)}{A} [km^{-1}]$	1,70
Średnia długość stoków $\bar{l}_s = \frac{l}{1,8 \times \rho} [km]$	0,33
m _s – miara szorstkości stoków; przyjęto powierzchnie i dobrze zaorane i zbronowane	0,25
Średni spadek stoków $I_s = \frac{\Delta h \sum k}{A} [‰]$	60,29
Φ _s – hydromorfologiczna charakterystyka stoków	3,8
t _s – [min] czas spływu po stokach	30

Tabela 3: Zestawienie obliczonych przepływów maks. o prawdopodobieństwie p=1%.

Parametr	Most w km 0+150
f – bezwymiarowy współczynnik kształtu fali	0,6
F ₁ – maksymalny moduł odpływu jednostkowego	0,0345
λ _p – kwantyl rozkładu zmiennej λ _p dla prawd. p=1%	1,00
δ _J [–] – współczynnik redukcji jeziornej	1
Q – przepływ maksymalny o prawd. p=1% [m³/s]	5,85

3. OBLICZENIA HYDRAULICZNE OBIEKTÓW.

3.1. Symulacja przepływu wód maksymalnych pod obiektem.

3.1.1. Założenia obliczeniowe-modelu HEC-RAS.

Obliczenia mostu wykonano za pomocą jednowymiarowego modelu HEC-RAS, który odwzorowuje model przepływu w rejonie obiektów inżynierskich i odpowiada najbardziej wymagającym przepisom w tym względzie na świecie, na przykład australijskim i kanadyjskim. Polskie przepisy (Rozporządzenie Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej z dnia 30 maja 2000r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać drogowe obiekty inżynierskie i ich usytuowanie) są zbliżone do uregulowań australijskich i w swych głównych założeniach odpowiadają zakresowi zawartemu w normie australijskiej. Dotyczy to przede wszystkim kształtu i zakresu zmienności współczynnika strat lokalnych.

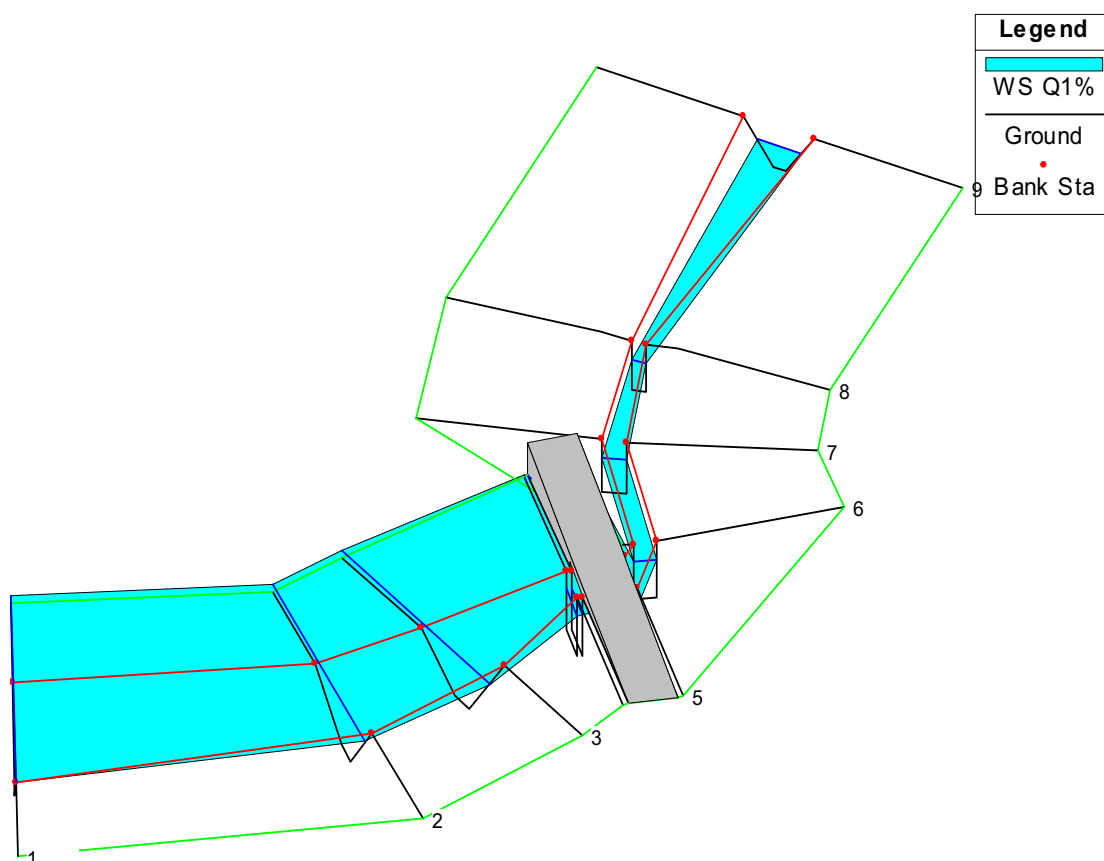
Obliczenia przeprowadzono w czterech wariantach. We wszystkich wariantach przepływ stanowiący dopływ do przekroju obliczeniowego jakim jest przedmiotowy most drogowy założono przepływ o prawdopodobieństwie p=1%. W kolejnych wariantach zmieniał się natomiast dolny warunek brzegowy, w którym ustalono odpowiednio: dla wariantu pierwszego brak wpływu wód cofkowych rzeki Odry, dla wariantu drugiego wpływ wód cofkowych rzeki Odry dla wód o prawdopodobieństwie p=2% (zw. wody 182,33m n.p.m.), dla wariantu trzeciego wpływ wód cofkowych rzeki Odry dla wód o prawdopodobieństwie p=0.5% (zw. wody 183,80m n.p.m.). W wariantcie czwartym przyjęto założenie, że lustro wody wód cofkowych rzeki Odry dla przepływu o prawdopodobieństwie przewyższenia p=1% (zw. wody 183,07m n.p.m.) kształtuje się w połowie wartości pomiędzy zw. wody dla przepływu p=0.5% i p=2%. Wynik z wariantu czwartego jest obarczony błędem, ale daje odpowiedni obraz jak zachowywać się będzie lustro wody pomiędzy przepływami

o prawdopodobieństwie $p=0.5$ i $p=2\%$. (Przedstawione powyżej rzędne lustra wody pochodzą z opracowania pn.: Budowa lewostronnego obwałowania rz. Odry w gm Rudnik. Etap II od km 59+100 do km 63+300—Hydroprojekt Warszawa Sp. z o.o. Oddział Sosnowiec ul. Kilińskiego 38, 41-200 Sosnowiec).

3.1.2. Model hydrauliczny ciekun Ligockiego od km 0+100 do km 0+233.

Poniżej przedstawiono obraz sporządzonego modelu hydraulicznego ciekun Ligockiego na bazie mapy zasadniczej w skali 1:1000. W celu poprawnego odwzorowania zachowania się lustra wody w cieku Ligockim wprowadzono 9 przekrojów poprzecznych w najbardziej charakterystycznych dla niego miejscach. Dzięki temu uchwycona została zmienność ciekun jaka jest widoczna na tym krótkim odcinku; od szerokiego i obwałowanego ciekun Ligockiego na odcinku za mostem poprzez wąską zabudowę w rejonie obiektu mostowego i tuż za umocnieniem, który płynie już w korycie naturalnym bez wpływu wód cofkowych rzeki Odry i obwałowania.

Rysunek 1 Model ciekun Ligockiego od km 0+100 do km 0+233

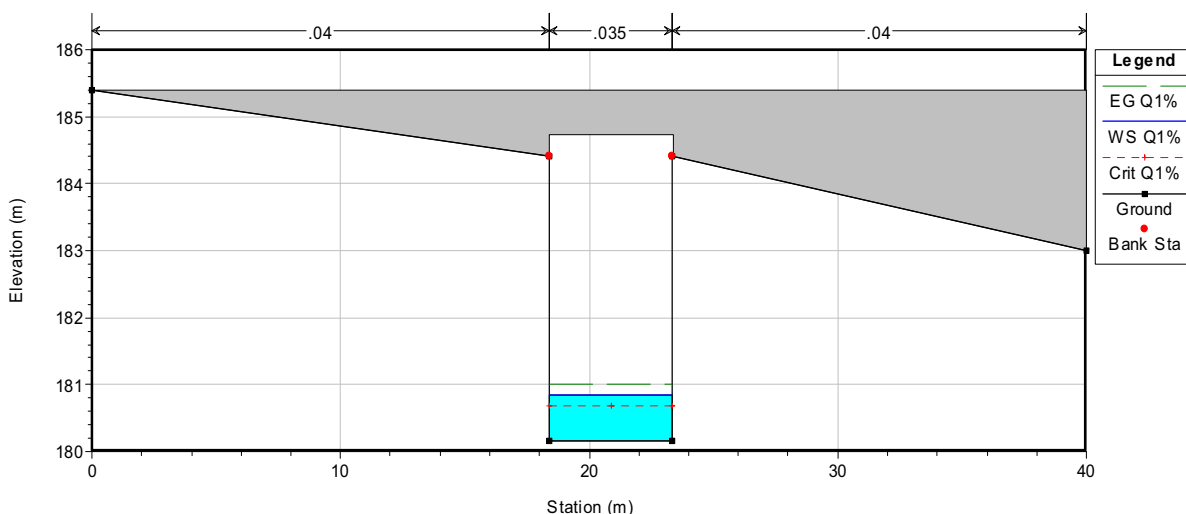


3.2. Wariant 1.

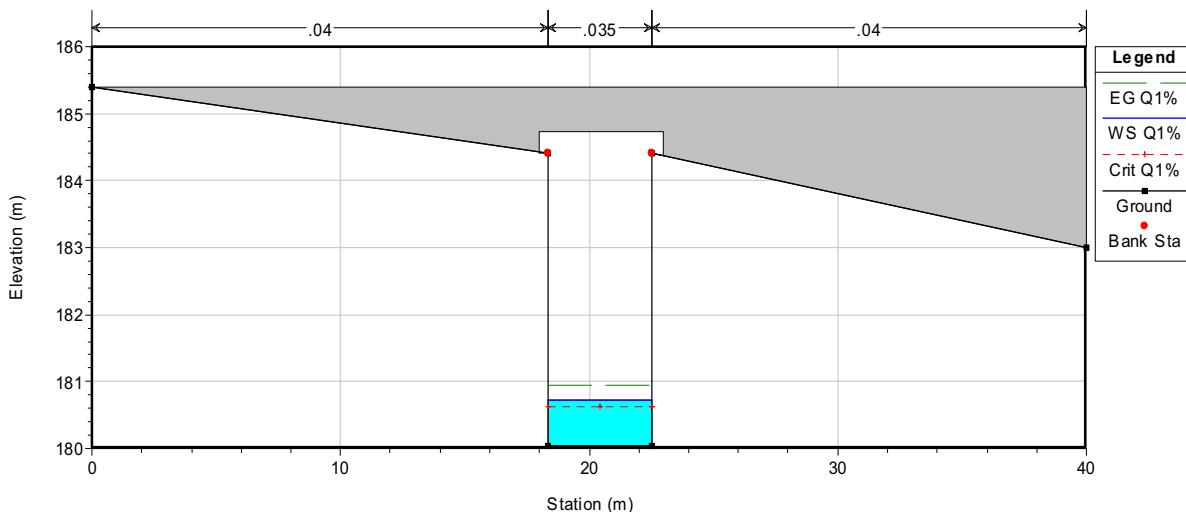
3.2.1. Przepływ wód miarodajnych bez udziału wód cofkowych rz. Odry.

Poniższe przekroje przedstawiają ukształtowanie koryta powyżej i poniżej projektowanego obiektu wraz z nasypem drogowym. Lustro wody (WS-niebieska linia) obrazuje przepływ wody o prawdopodobieństwie pojawiania się $p=1\%$, który odpowiada przepływowi $Q_m=5,85\text{m}^3/\text{s}$. Dla tego wariantu zw. wody przed obiektem kształtuje się na wysokości 180,85m n.p.m. i jest niżej o 3,88m licząc od najniższej zlokalizowanej krawędzi spodu konstrukcji mostu na wysokości 184,73m n.p.m.

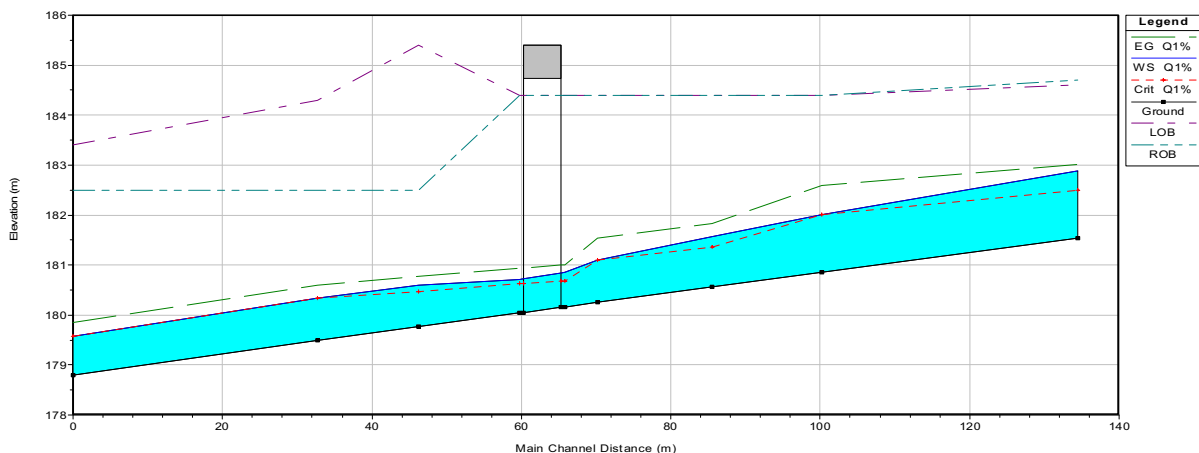
Rysunek 2 Przekrój cieku bez nazwy od strony wody górnej.



Rysunek 3 Przekrój cieku bez nazwy od strony wody dolnej



Rysunek 4 Profil podłużny cieku Ligockiego



3.2.2. Parametry przepływu wody miarodajnej dla wariantu 1.

Tabela 4 Wyniki obliczeń.

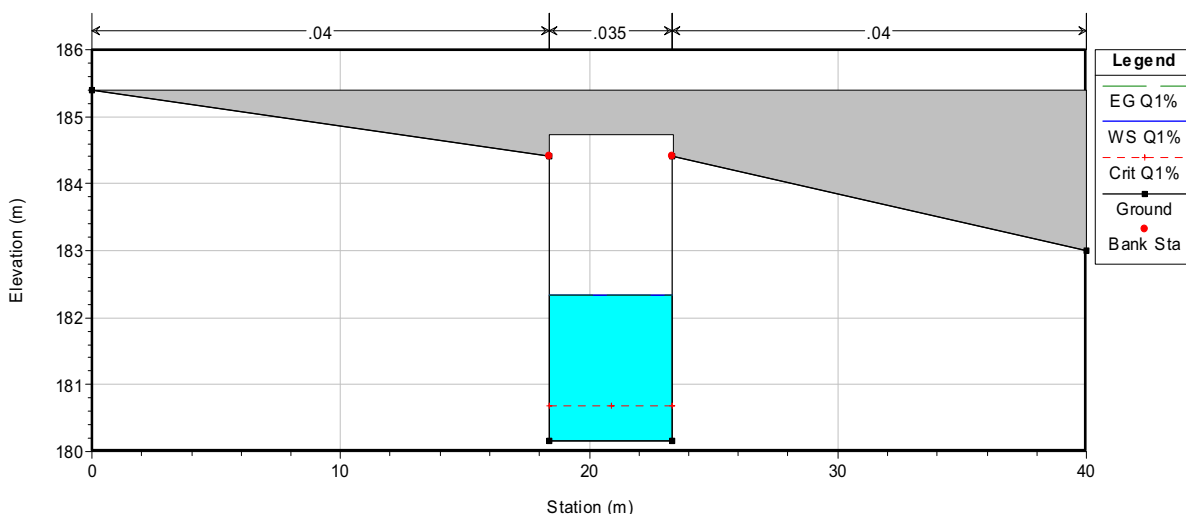
Parametr	Wartość	Parametr pod mostem	Od wody górnej	Od wody dolnej
Rzędna linii energii [m n.p.m.]	181.00			
Rzędna zw. wody spiętrzonej [m n.p.m.]	180.85	Rzędna linii energii [m n.p.m.]	181.00	180.94
Przepływ miarodajny [m ³ /s]	5.85	Rzędna zw. wody [m n.p.m.]	180.85	180.73
Przepływ obliczony [m ³ /s]	5.85	Rzędna zw. wody w ruchu kryt. [m n.p.m.]	180.68	180.63
Przepływ nad koroną mostu [m]	—	Maksymalna różnica wzniesień przekroju [m]	0.69	0.69
Odległość zw. wody od lewej strony [m]	—	Prędkość pod mostem [m/s]	1.71	2.04
Odległość zw. wody od prawej strony [m]	—	Powierzchnia przepływu [m ²]	3.42	2.86
Stosunek głębokości [m]	—	Liczba Froude [—]	0.66	0.79
Max wys. wody nad koroną mostu [m]	—	Objętość wody [m ³]	2.20	2.20
Rzędna korony drogi [m n.p.m.]	185.40	Głębokość hydrauliczna [m]	0.69	0.69
Rzędna spodu kontr. mostu [m n.p.m.]	184.73	Obwód zwilżony [m]	6.35	5.54
Różnica wysokości linii energii [m]	0.07			
Różnica wysokości zw. wody [m]	0.14	Szerokość lustra wody [m]	4.97	4.16
Całk. pow. światła mostu [m ²]	19.80	Spadek tarcia [—]	0.05	0.01
Prędkość max przed mostem [m/s]	2.04	Współczynnik strat [m]	0.01	0.00
Współczynnik WSPRO	—	Ciśnienie wody [N/m ²]	43.23	62.45
Metoda obliczeń	zach. energii	Siła strumienia wody [N/m s]	73.98	127.56

3.3. Wariant 2.

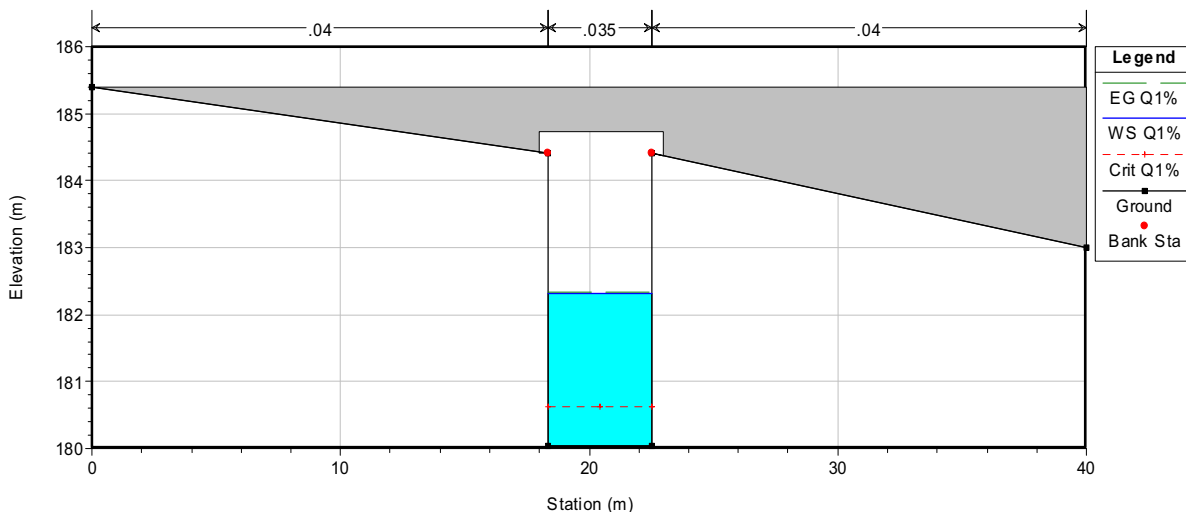
3.3.1. Przepływ wód miarodajnych udziałem wód cofkowych rz. Odry dla p=2%.

Poniższe przekroje przedstawiają ukształtowanie koryta powyżej i poniżej projektowanego obiektu wraz z nasypem drogowym. Lustro wody (WS-niebieska linia) obrazuje przepływ wody o prawdopodobieństwie pojawiania się $p=1\%$, który odpowiada przepływowi $Q_m=5,85\text{m}^3/\text{s}$. Dla tego wariantu zw. wody przed obiektem kształtuje się na wysokości 182,33m n.p.m. i jest niżej o 2,40m licząc od najniższej zlokalizowanej krawędzi spodu konstrukcji mostu na wysokości 184,73m n.p.m.

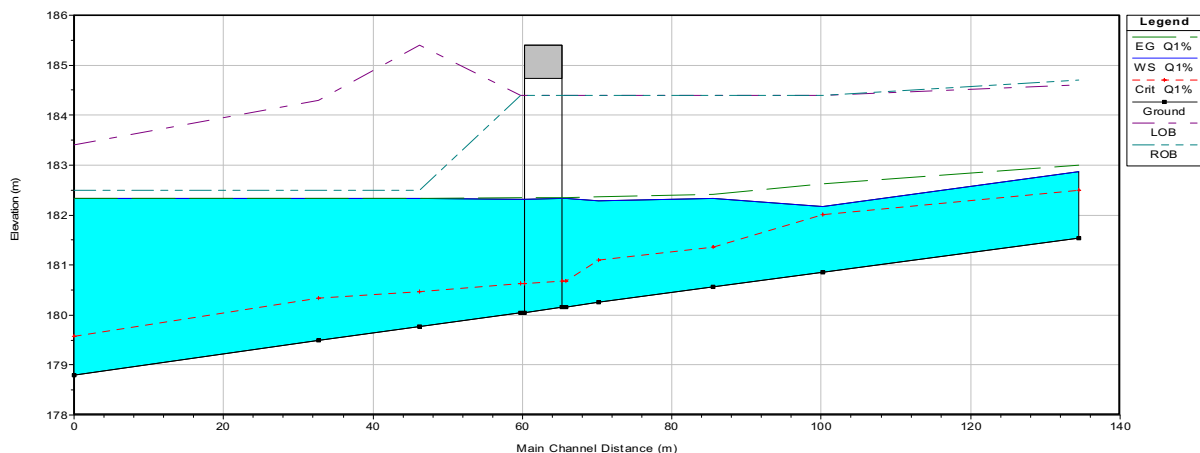
Rysunek 5 Przekrój cieku bez nazwy od strony wody górnej.



Rysunek 6 Przekrój cieku bez nazwy od strony wody dolnej



Rysunek 7 Profil podłużny cieku Ligockiego



3.3.2. Parametry przepływu wody miarodajnej dla wariantu 2.

Tabela 5 Wyniki obliczeń.

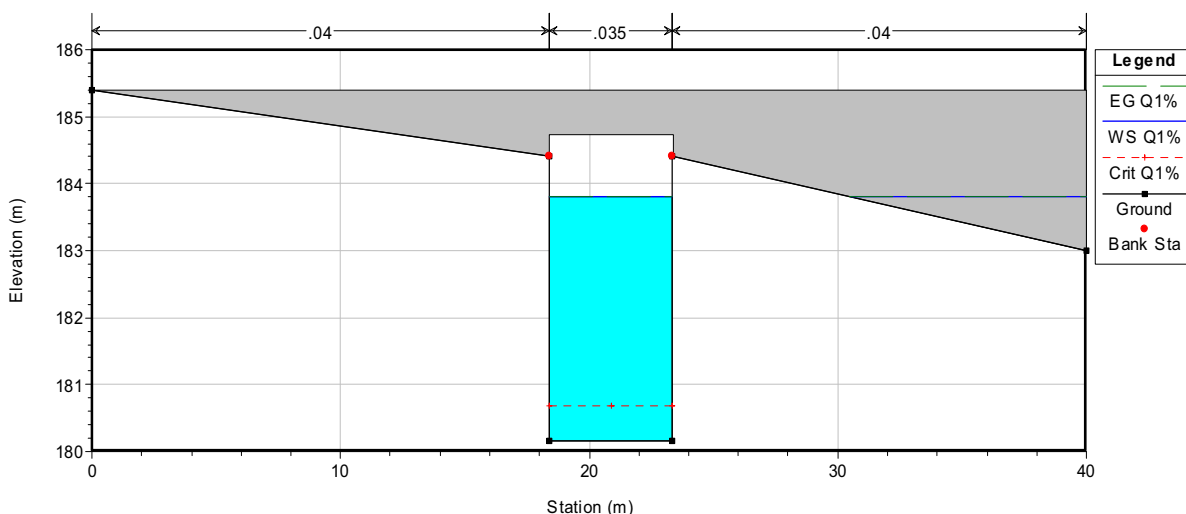
Parametr	Wartość	Parametr pod mostem	Od wody górnej	Od wody dolnej
Rzędna linii energii [m n.p.m.]	182.34			
Rzędna zw. wody spiętrzonej [m n.p.m.]	182.33	Rzędna linii energii [m n.p.m.]	182.34	182.34
Przepływ miarodajny [m ³ /s]	5.85	Rzędna zw. wody [m n.p.m.]	182.33	182.32
Przepływ obliczony [m ³ /s]	5.85	Rzędna zw. wody w ruchu kryt. [m n.p.m.]	180.68	180.63
Przepływ nad koroną mostu [m]	—	Maksymalna różnica wzniesień przekroju [m]	2.17	2.28
Odległość zw. wody od lewej strony [m]	—	Prędkość pod mostem [m/s]	0.54	0.62
Odległość zw. wody od prawej strony [m]	—	Powierzchnia przepływu [m ²]	10.78	9.50
Stosunek głębokości [m]	—	Liczba Froude [—]	0.12	0.13
Max wys. wody nad koroną mostu [m]	—	Objętość wody [m ³]	12.02	11.21
Rzędna korony drogi [m n.p.m.]	185.40	Głębokość hydrauliczna [m]	2.17	2.28
Rzędna spodu kontr. mostu [m n.p.m.]	184.73	Obwód zwilżony [m]	9.31	8.73
Różnica wysokości linii energii [m]	0.00			
Różnica wysokości zw. wody [m]	0.01	Szerokość lustra wody [m]	4.97	4.16
Całk. pow. światła mostu [m ²]	19.80	Spadek tarcia [—]	0.00	0.00
Prędkość max przed mostem [m/s]	0.62	Współczynnik strat [m]	0.00	0.00
Współczynnik WSPRO	—	Ciśnienie wody [N/m ²]	3.37	4.43
Metoda obliczeń	zach. energii	Siła strumienia wody [N/m s]	1.83	2.73

3.4. Wariant 3.

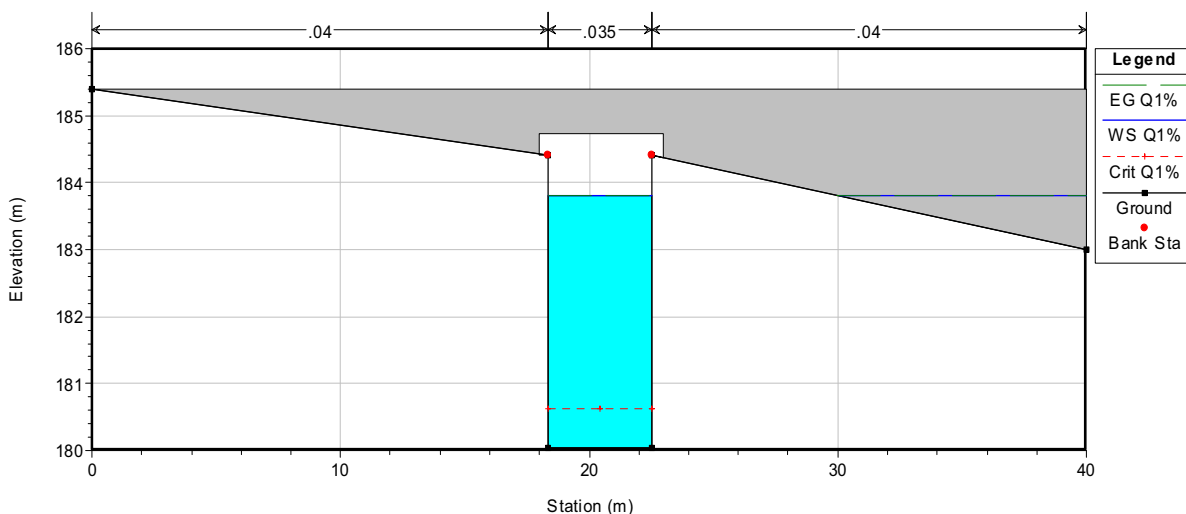
3.4.1. Przepływ wód miarodajnych udziałem wód cofkowych rz. Odry dla p=0.5%.

Poniższe przekroje przedstawiają ukształtowanie koryta powyżej i poniżej projektowanego obiektu wraz z nasypem drogowym. Lustro wody (WS-niebieska linia) obrazuje przepływ wody o prawdopodobieństwie pojawiania się $p=1\%$, który odpowiada przepływowi $Q_m=5,85\text{m}^3/\text{s}$. Dla tego wariantu zw. wody przed obiektem kształtuje się na wysokości 183,80m n.p.m. i jest niżej o 0,93m licząc od najniższej zlokalizowanej krawędzi spodu konstrukcji mostu na wysokości 184,73m n.p.m.

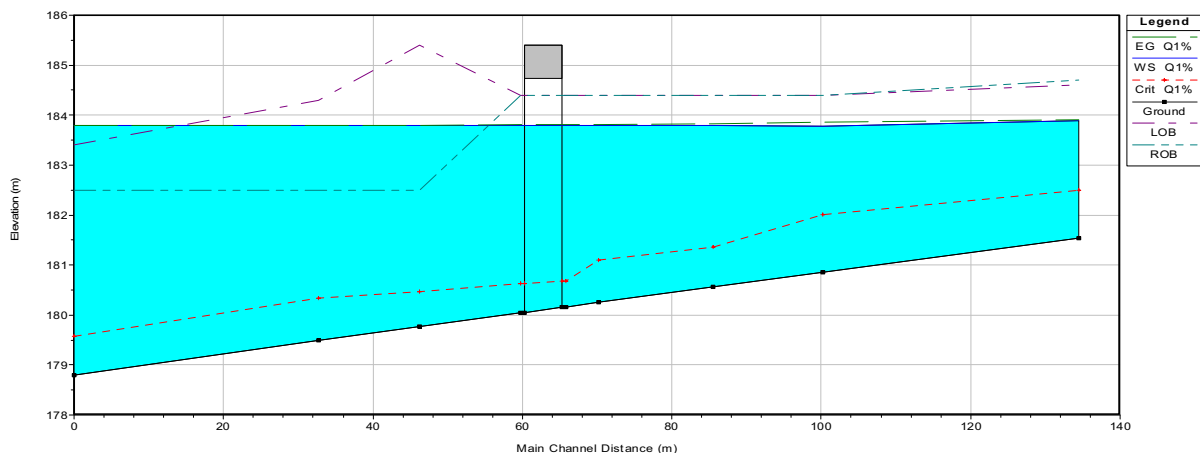
Rysunek 8 Przekrój cieku bez nazwy od strony wody górnej.



Rysunek 9 Przekrój cieku bez nazwy od strony wody dolnej



Rysunek 10 Profil podłużny cieku Ligockiego



3.4.2. Parametry przepływu wody miarodajnej dla wariantu 3.

Tabela 6 Wyniki obliczeń.

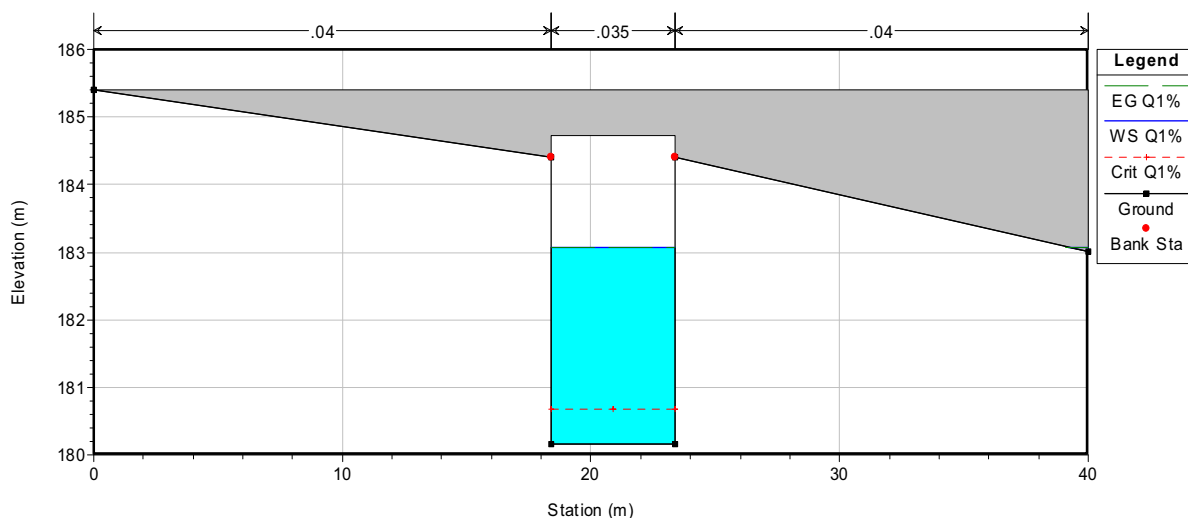
Parametr	Wartość	Parametr pod mostem	Od wody górnej	Od wody dolnej
Rzędna linii energii [m n.p.m.]	183.80			
Rzędna zw. wody spiętrzonej [m n.p.m.]	183.80	Rzędna linii energii [m n.p.m.]	183.80	183.80
Przepływ miarodajny [m ³ /s]	5.85	Rzędna zw. wody [m n.p.m.]	183.80	183.80
Przepływ obliczony [m ³ /s]	5.85	Rzędna zw. wody w ruchu kryt. [m n.p.m.]	180.68	180.63
Przepływ nad koroną mostu [m]	—	Maksymalna różnica wzniesień przekroju [m]	3.64	3.76
Odległość zw. wody od lewej strony [m]	—	Prędkość pod mostem [m/s]	0.32	0.37
Odległość zw. wody od prawej strony [m]	—	Powierzchnia przepływu [m ²]	18.08	15.63
Stosunek głębokości [m]	—	Liczba Froude [—]	0.05	0.06
Max wys. wody nad koroną mostu [m]	—	Objętość wody [m ³]	33.08	29.57
Rzędna korony drogi [m n.p.m.]	185.40	Głębokość hydrauliczna [m]	3.64	3.76
Rzędna spodu kontr. mostu [m n.p.m.]	184.73	Obwód zwilżony [m]	12.25	11.67
Różnica wysokości linii energii [m]	0.00			
Różnica wysokości zw. wody [m]	0.00	Szerokość lustra wody [m]	4.97	4.16
Całk. pow. światła mostu [m ²]	19.80	Spadek tarcia [—]	0.00	0.00
Prędkość max przed mostem [m/s]	0.37	Współczynnik strat [m]	0.00	0.00
Współczynnik WSPRO	—	Ciśnienie wody [N/m ²]	1.10	1.53
Metoda obliczeń	zach. energii	Siła strumienia wody [N/m s]	0.36	0.57

3.5. Wariant 4.

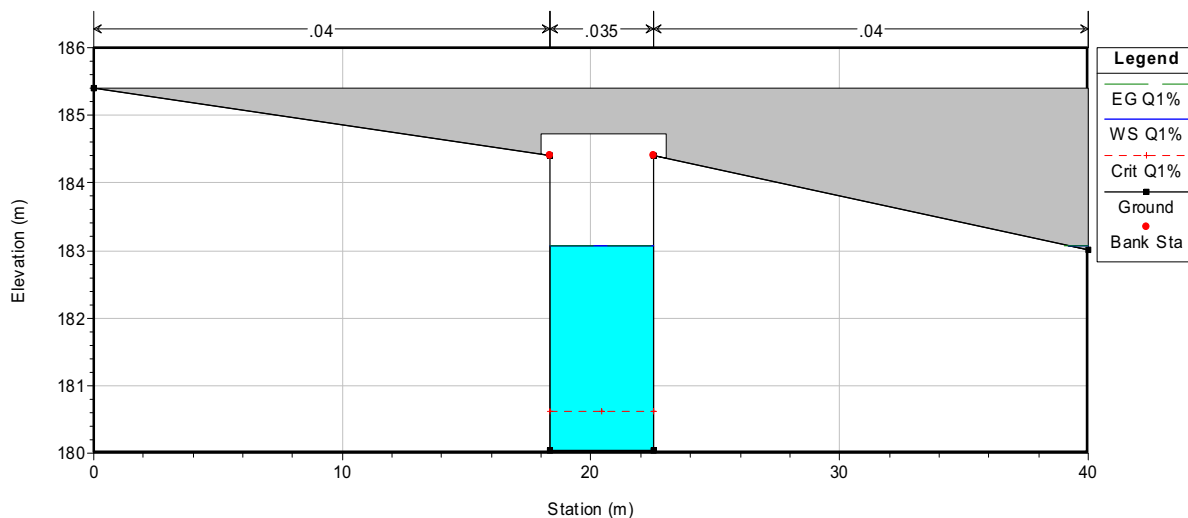
3.5.1. Przepływ wód miarodajnych z udziałem wód cofkowych rz. Odry dla p=1%.

Poniższe przekroje przedstawiają ukształtowanie koryta powyżej i poniżej projektowanego obiektu wraz z nasypem drogowym. Lustro wody (WS-niebieska linia) obrazuje przepływ wody o prawdopodobieństwie pojawiania się $p=1\%$, który odpowiada przepływowi $Q_m=5,85\text{m}^3/\text{s}$. Dla tego wariantu zw. wody przed obiektem kształtuje się na wysokości 183,07m n.p.m. i jest niżej o 1,66m licząc od najniższej zlokalizowanej krawędzi spodu konstrukcji mostu na wysokości 184,73m n.p.m.

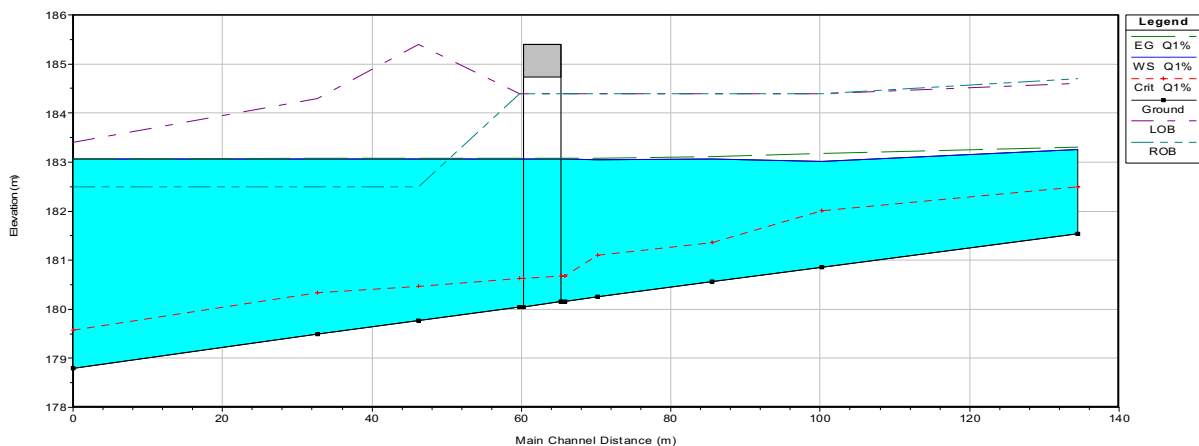
Rysunek 11 Przekrój cieką bez nazwy od strony wody górnej.



Rysunek 12 Przekrój cieką bez nazwy od strony wody dolnej



Rysunek 13 Profil podłużny cieku Ligockiego



3.5.2. Parametry przepływu wody miarodajnej dla wariantu 4.

Tabela 7 Wyniki obliczeń.

Parametr	Wartość	Parametr pod mostem	Od wody górnej	Od wody dolnej
Rzędna linii energii [m n.p.m.]	183.08			
Rzędna zw. wody spiętrzzonej [m n.p.m.]	183.07	Rzędna linii energii [m n.p.m.]	183.08	183.08
Przepływ miarodajny [m ³ /s]	5.85	Rzędna zw. wody [m n.p.m.]	183.07	183.06
Przepływ obliczony [m ³ /s]	5.85	Rzędna zw. wody w ruchu kryt. [m n.p.m.]	180.68	180.63
Przepływ nad koroną mostu [m]	—	Maksymalna różnica wzniesień przekroju [m]	2.91	3.02
Odległość zw. wody od lewej strony [m]	—	Prędkość pod mostem [m/s]	0.40	0.46
Odległość zw. wody od prawej strony [m]	—	Powierzchnia przepływu [m ²]	14.45	12.58
Stosunek głębokości [m]	—	Liczba Froude [—]	0.08	0.09
Max wys. wody nad koroną mostu [m]	—	Objętość wody [m ³]	21.26	19.30
Rzędna korony drogi [m n.p.m.]	185.40	Głębokość hydrauliczna [m]	2.91	3.02
Rzędna spodu kontr. mostu [m n.p.m.]	184.73	Obwód zwilżony [m]	10.79	10.21
Różnica wysokości linii energii [m]	0.00			
Różnica wysokości zw. wody [m]	0.00	Szerokość lustra wody [m]	4.97	4.16
Całk. pow. światła mostu [m ²]	19.80	Spadek tarcia [—]	0.00	0.00
Prędkość max przed mostem [m/s]	0.46	Współczynnik strat [m]	0.00	0.00
Współczynnik WSPRO	—	Ciśnienie wody [N/m ²]	1.79	2.42
Metoda obliczeń	zach. energii	Siła strumienia wody [N/m s]	0.72	1.13

4. Wnioski.

1. Spośród wykonanych obliczeń najbardziej niekorzystny przypadek to oczywiście wariant 3, gdzie wody cofkowe rz. Odry zostały sprawdzone na wodę kontrolną dla prawdopodobieństwa $p=0.5\%$. Pomimo tego, że obiekt nie zalicza się do klasy G to zgodnie z zapisem § 19 Rozporządzenia Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej z dnia 2 marca 1999r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać drogi publiczne i ich usytuowanie {Dz. U. Nr 43, poz.430} musi uwzględniać warunki ochrony przeciwpowodziowej dla danego odcinka rzeki.
2. Zatem światło planowanego remontu obiektu mostowego o szerokości 5,00m i projektowanemu wzniesieniu spodu konstrukcji obiektu na wysokość 184,73m n.p.m. umożliwia zachowanie ww. warunku i zapewnia przepływ wody miarodajnej w cieku Ligockim równym $Q_{1\%}=5,85\text{m}^3/\text{s}$ w warunkach wpływu wód cofkowych rzeki Odry odpowiadających przepływowi $Q_{2\%}$, na jaki został zaprojektowany wał przeciwpowodziowy, a także umożliwia przepływ wód kontrolnych $Q_{0.5\%}$ na jaki zostały sprawdzone wały cofkowe rz. Odry.