


# OPERAT HYDRAULICZNY

Nazwa zadania:	<b>Przebudowa mostu na rzece Czarna Przemsza w ciągu drogi powiatowej nr 1730S w miejscowości Zawiercie ul. Harcerska</b>
Nazwa i adres inwestora:	<b>Powiatowy Zarząd Dróg w Zawierciu ul. Sienkiewicza 34, 42-400 Zawiercie</b>

Jednostka projektowa: (Pieczęćka firmowa)  MOSTOLAND Pracownia Projektowa Arkadiusz Szczęsny ul. M. Skłodowskiej-Curie 39/12 41-103 Siemianowice Śląskie	
Autorzy (Imię i nazwisko)	Pieczęćka i podpis
mgr inż. Anna Hebda-Małocha	 mgr inż. Anna Hebda-Małocha specjalność HYDROLOGIA I GOSPODARKA WODNA ODNAWIALNE ŹRÓDŁA ENERGII  Firma Projektowo-Uslugowa WODAFEN Anna Hebda-Małocha Obidza 322, 33-389 Jazowsko

# Spis treści

---

1.	Cel i zakres opracowania .....	3
2.	Materiały wykorzystane w opracowaniu .....	3
3.	Obliczenia hydrologiczne .....	4
3.1.	Posterunek wodowskazowy .....	4
3.2.	Formuła opadowa .....	5
4.	Analiza hydrauliczna .....	11
4.1.	Założenia do analizy .....	11
4.2.	Wyniki modelowania dane tabelaryczne .....	12
4.3.	Podsumowanie wyników .....	13
4.4.	Wyniki modelowania – część graficzna dla wariantu 1 – stan istniejący .....	14
4.5.	Wyniki modelowania – część graficzna dla wariantu 2 – stan projektowany .....	16

## 1. Cel i zakres opracowania

Celem przedmiotowego opracowania jest przeprowadzenie analizy hydraulicznej dla projektowanej przebudowy mostu na rzece Czarna Przemsza w ciągu drogi powiatowej nr 1730S w miejscowości Zawiercie ul. Harcerska.

Zakres obliczeń obejmuje:

- wyznaczenie wielkości przepływów prawdopodobnych maksymalnych tj.  $Q_{0,5\%}$  oraz  $Q_{1\%}$
- budowę modelu hydraulicznego na odcinku o długości ok. 55 m rz. Czarna Przemsza (załącznik 2)
- identyfikację współczynników szorstkości na odcinku objętym modelem,
- wyznaczenie rzędnych zwierciadła wody w przekrojach obliczeniowych dla przepływu o prawdopodobieństwie przewyższenia  $p=0,5\%$  oraz  $p=1\%$

## 2. Materiały wykorzystane w opracowaniu

Niniejsze zadanie zrealizowano w oparciu o oprogramowanie HEC-RAS, wersja 4.1.0 autorstwa US ARMY CORPS OF ENGINEERS HYDROLOGIC ENGINEERING CENTER.

W trakcie budowania modelu hydraulicznego wykorzystano poniższe materiały:

- mapę sytuacyjno-wysokościową udostępnioną przez Zamawiającego
- inwentaryzację mostu w stanie istniejącym
- wariant planowanej przebudowy mostu tj. dla światła o szerokości 4,9m i rzędnej spodu konstrukcji na poziomie 379,45m
- wyznaczenie wielkości przepływu  $Q_{0,5\%}$  i  $Q_{1\%}$
- dokumentację fotograficzną

### 3. Obliczenia hydrologiczne

#### 3.1. Posterunek wodowskazowy

Na rzece Czarna Przemsza najbliższy wodowskaz znajduje się w 62,85 km rzeki - posterunek wodowskazowy PIWOŃ nr 150190280, zamyka on zlewnie o powierzchni  $A_w = 154,49 \text{ km}^2$ .

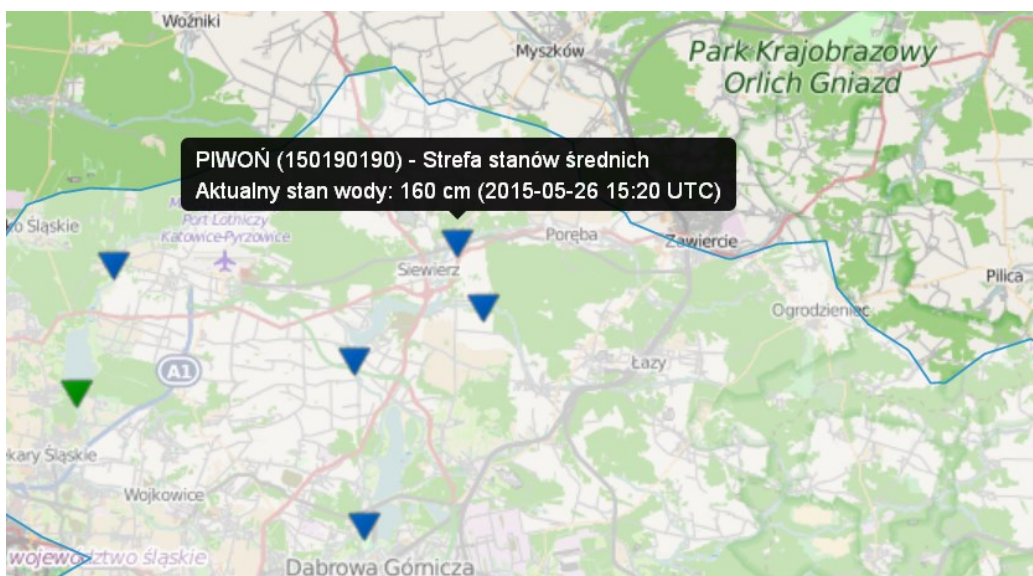
Zlewnia w przekroju obiektu mostowego wynosi  $A_x = 3,42 \text{ km}^2$ .

Jeżeli przekrój obliczeniowy nie pokrywa się z przekrojem wodowskazowym do przeniesienia ciągu obserwacyjnego należy zastosować metodę ekstrapolacji w ramach podobieństwa hydrologicznego. Metodę ekstrapolacji można stosować w przypadku, gdy przekrój obliczeniowy znajduje się powyżej przekroju wodowskazowego i zamyka zlewnie nie mniejszą od połowy powierzchni do przekroju wodowskazowego:

$$A_w > A_x \geq 0,5 A_w.$$

**154,49 > 3,42  $\geq$  77,25 – warunek niespełniony.**

Dla przedmiotowego przekroju nie można zastosować metody ekstrapolacji tj. przeniesienia ciągu obserwacyjnego z przekroju wodowskazowego.



Lokalizacja wodowskazu PIWOŃ – źródło IMGW - hydromonitor

### 3.2. Formuła opadowa

Z uwagi na powierzchnię zlewni ciek w przekroju obliczeniowym, która jest  $<50\text{km}^2$ , wybrano metodę empiryczną do obliczenia przepływu miarodajnego tzw. formułę opadową wg Stachy i Fał,

$$Q_p = f \cdot F_1 \cdot \varphi \cdot H_1 \cdot A \cdot \lambda_p \cdot \delta_f$$

gdzie:

- $f$  - bezwymiarowy współczynnik kształtu fali,
- $F_1$  - maksymalny moduł odpływu jednostkowego,
- $\varphi$  - współczynnik odpływu przepływów maksymalnych,
- $H_1$  - maksymalny opad dobowy o prawdopodobieństwie 1%,
- $A$  - powierzchnia zlewni w  $\text{km}^2$ ,
- $\lambda_p$  - kwantyl rozkładu zmiennej dla zadanego prawdopodobieństwa  $p$ ,
- $\delta_f$  - współczynnik redukcji jeziornej.

Zastosowanie formuły opadowej wiąże się z określeniem parametrów zlewni i cieków takich jak: powierzchnia zlewni, średnia wysokość zlewni, długości wszystkich cieków wraz z suchymi dolinami, sumę długości warstw w zlewni na podstawie map topograficznych. Przy określaniu parametrów zlewni wykorzystano oprogramowanie BrisCAD oraz oprogramowanie QuantumGIS.

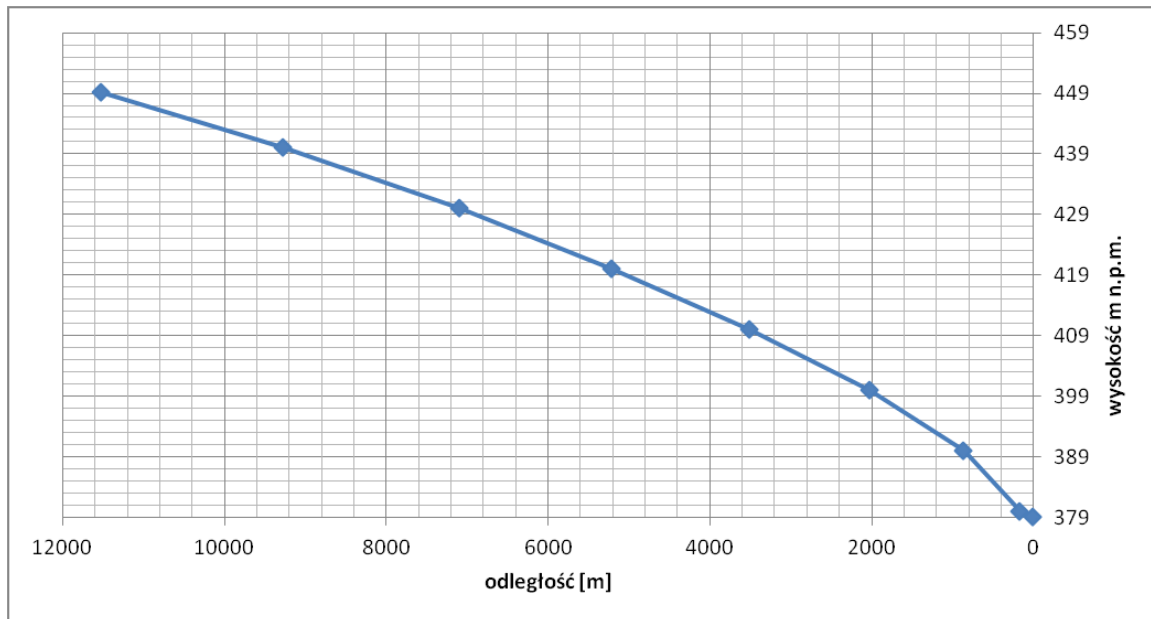
Tabela 1. Dane zlewni wyznaczone w oparciu o podkład topograficzny 1:10000

Powierzchnia <b>A</b>	3.42	$\text{km}^2$
Obwód zlewni <b>O</b>	8.19	km
Długość cieków <b>L</b>	1.49	km
Długość suchej doliny cieków <b>I</b>	1.03	km
Długość cieków z suchą doliną <b>L<sub>max</sub> (L+I)</b>	2.52	km
Długości cieków w zlewni $\Sigma L$	1.97	km
Długości suchych dolin w zlewni $\Sigma I$	2.12	km
Suma długości cieków wraz z suchymi dolinami $\Sigma (L+I)$	4.09	km

Powierzchnię zlewni  $A$  określono poprzez wyznaczenie granicy zlewni do przekroju obliczeniowego na mapie topograficznej w skali 1: 10000 – powierzchnię wyliczono za pomocą oprogramowania BrisCAD.

Do określenia uśrednionego spadku  $I_{r1}$  w zlewniach mniejszych od 10 km<sup>2</sup> przy wykorzystaniu mapy topograficznej wyznaczono profil zlewni wzdłuż cieku głównego i jego suchej doliny. Następnie obliczono pole powierzchni pomiędzy profilem a układem współrzędnych i zamieniono je na pole trójkąta równoważnego.

Uśredniony spadek zlewni jest stosunkiem wysokości trójkąta równoważnego  $\Delta H$  do długości cieku wraz z suchą doliną  $L + l$ .



Wykres 1 Profil zlewni wzdłuż cieku głównego i jego suchej doliny

Gęstości sieci rzecznej oblicza się ze wzoru:

$$\rho = \frac{\sum_{i=1}^n (L + l)_i}{A}$$

gdzie:

$\sum(L+l)$  – suma długości wszystkich cieków wraz z suchymi dolinami w km,

$A$  - powierzchnia zlewni w km<sup>2</sup>.

Tabela 2. Parametry metody

Gęstość sieci rzecznej $\rho$	1.2	km <sup>-1</sup>
wysokość źródła $W_{\text{z}} + l$	449.1	m
wysokość źródła $W_{\text{z}}$	405	m
wysokość przekroju $W_p$	379	m
Uśredniony spadek cieku $I_{r1}$	3.6	‰

Współczynnika odpływu  $\phi$  dla przepływów maksymalnych określono zgodnie z mapą przedstawiającą współczynnik odpływu przepływów maksymalnych oraz na podstawie mapy gleb polski w skali 1:500 000 odczytano typ nr "2" – piaski słabogliniaste = 0,25 (celem określenia poprawnej lokalizacji wykorzystano oprogramowanie Quantum GIS, BriscAD)

Maksymalny, średni w zlewni opad dobowy  $H_1$  o prawdopodobieństwie przewyższenia  $p = 1\%$  określono z mapy pn. Maksymalny opad dobowy o prawdopodobieństwie przewyższenia 1% ( $H_1$ ) (opracowano na podstawie *Zasad obliczania...*, 1991) – przedmiotowa zlewnia znajduje się w pobliżu wartości 100mm – przyjęto ją do dalszych obliczeń.

Hydromorfologiczną charakterystykę cieku  $\Phi_r$  do przekroju obliczeniowego należy obliczyć ze wzoru:

$$\Phi_r = \frac{1000(L + l)}{m I_{r1}^{1/3} A^{1/4} (\phi H_1)^{1/4}}$$

gdzie:

$L+l$  - długość cieku wraz z suchą doliną do działu wodnego w km,

$m$  - współczynnik szorstkości koryta cieku

$I_{r1}$  - uśredniony spadek cieku w ‰,

$A$  - powierzchnia zlewni w km<sup>2</sup>,

$\phi$  - współczynnik odpływu przepływów maksymalnych,

$H_1$  - maksymalny opad dobowy o prawdopodobieństwie przewyższenia  $p = 1\%$  w mm.

Średnia długość stoków jest zależna od gęstości sieci rzecznej i obliczana ze wzoru:

$$l_s = \frac{I}{1,8 \rho}$$

gdzie:

$\rho$  - gęstość sieci rzecznej w km/km<sup>2</sup>.

Średni spadek stoków wg wzoru:

$$I_s = \frac{\Delta h \sum_{j=1}^r k_j}{A}$$

gdzie:

$\Delta h$  - różnica poziomów dwóch sąsiednich warstw : 10m,

$\sum k$  - suma długości warstw w zlewni 22.84 km,

A - powierzchnia zlewni w km<sup>2</sup>.

Hydromorfologiczna charakterystyka stoków  $\Phi_s$  jest wielkością określającą koncentrację odpływu w zlewni:

$$\Phi_s = \frac{(1000 l_s)^{1/2}}{m_s I_s^{1/4} (\varphi H_1)^{1/2}}$$

gdzie:

$\bar{l}_s$  - średnia długość stoków w km,

$m_s$  - miara szorstkości stoków

$I_s$  - średni spadek stoków w ‰,

$\varphi$  - współczynnik odpływu przepływów maksymalnych,

$H_1$  - maksymalny opad dobowy o prawdopodobieństwie  $p = 1\%$  w mm.

Zgodnie z podziałem makroregionów przedmiotowa zlewnia znajduje się w makroregionie:

Wyżyny – 3a.

Czas spływu po stokach wyznaczono jako równy 141.19 min.

Miara szorstkości stoków – określona na podstawie tabeli wg opracowania Zasady obliczania maksymalnych przepływów rocznych o różnym prawdopodobieństwie przewyższenia – J. Stachy, B. Fał, IMGW 1991r. oraz mapy topograficznej. Określono ją na poziomie 0,15



Maksymalny moduł odpływu jednostkowego  $F_1$  należy określić z tabeli wg opracowania Zasady obliczania maksymalnych przepływów rocznych o różnym prawdopodobieństwie przewyższenia – J. Stachy, B. Fał, IMGW 1991r. na podstawie obliczonej hydromorfologicznej charakterystyki koryta rzeki oraz czasu spływu po stokach. Wartości odczytano z tabeli przeznaczonej dla pozostałej części kraju tj. poza Tatrami i wysokimi górami (zlewnia leży poniżej rzędnej 700 m n.p.m.).

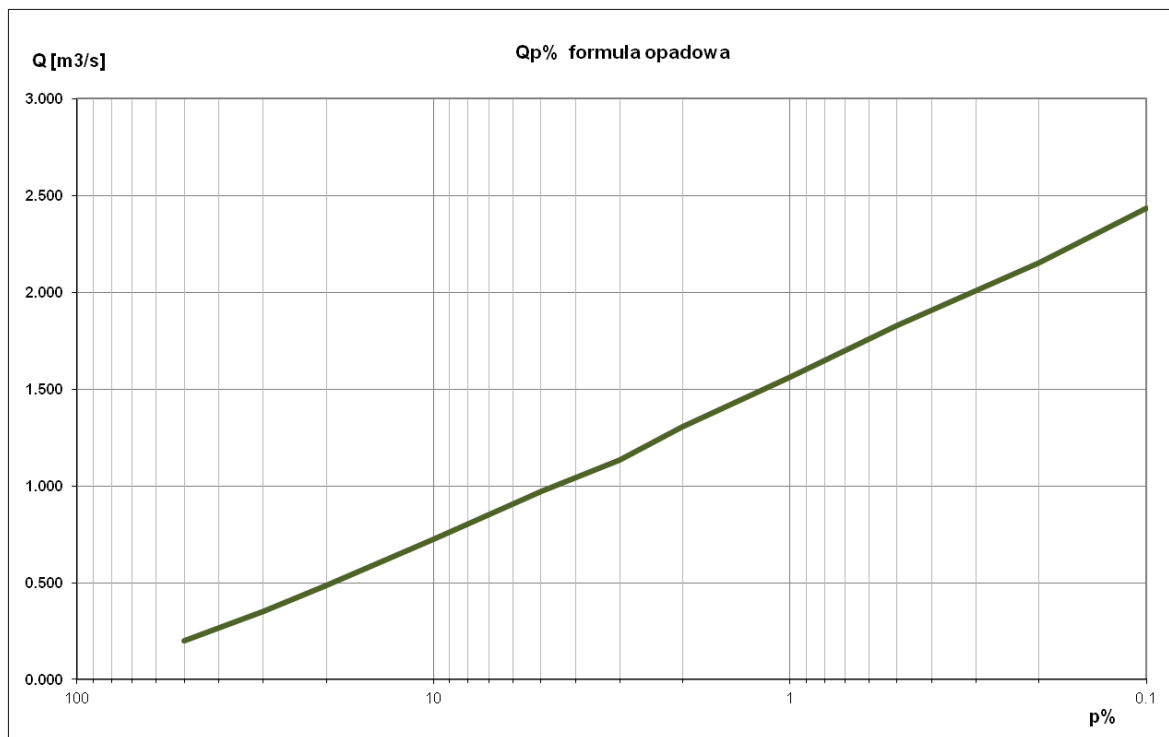
Tabela 3. Parametry metody c.d.

współczynnik szorstkości koryta cieku w przekroju obliczeniowym $m$	9	
Średnia długość stoków	0.46	km
Średni spadek stoków	66.81	‰
współczynnik szorstkości stoków $m_s$	0.15	
współczynnik odpływu $\phi$	0.25	
Maksymalny opad dobowy $H_1$	100	mm
Hydromorfologiczna charakterystyka koryta cieku $\Phi_r$	60.11	
Hydromorfologiczna charakterystyka stoków $\Phi_s$	10.05	
Czas spływu po stokach $t_s$	141.19	min
Maksymalny moduł odpływu jednostkowego $F_1$	0.0305	
f - bezwymiarowy współczynnik kształtu fali (pojezierze 0,45, reszta kraju 0,6)	0.6	
Współczynnik redukcji jeziornej $\delta_j$	1	

Określenie zadanego prawdopodobieństwa należy wykonać w zależności od usytuowania zlewni w jednym z pięciu makroregionów podanych w tabelach wg opracowania Zasady obliczania maksymalnych przepływów rocznych o różnym prawdopodobieństwie przewyższenia – J. Stachy, B. Fał, IMGW 1991r. i odpowiadającym im kwantylą rozkładu zmiennej  $\lambda_p$ .

Tabela 4. Zestawienie wyników

p%	$\lambda_p$	$Q_{p\%} [m^3/s]$
0,5	1.17	1,83
1	1	1,56



Wykres 2

## 4. Analiza hydrauliczna

### 4.1. Założenia do analizy

Analizę przeprowadzono dla stanu istniejącego i następujących wariantów:

**Wariant 1** – obiekt w stanie istniejącym -światło mostu 5m, z rzędną spodu konstrukcji 379,09m n.p.m.

**Wariant 2** – projektowany obiekt dla światła o szerokości 4,9m i rzędnej spodu konstrukcji na poziomie 379,45m n.p.m.

Warunki wykonania modelu:

- jednowymiarowy model ruchu ustalonego.
- analiza wykonana dla przepływu o prawdopodobieństwie przewyższenia **p = 0,5%** oraz **p=1%**

Dla scharakteryzowania oporów ruchu przyjęte zostaną wartości współczynnika szorstkości Manninga (n) dobrane w oparciu o tablice hydrauliczne Ven Te-Chow'a i wytyczne zawarte w podręczniku metodycznym p.n: „Guide for Selecting Manning's Roughness Coefficients for Natural Channels and Flood Plains”

- na podstawie powyższego określono wartość współczynnika szorstkości Manninga (n) tj.  $n=0,035$  oraz  $n=0,040$  na terasach zalewowych tj. poza głównym nurtem rzeki (tereny porośnięte wysoką trawą).
- za pomocą oprogramowania HE-RAS interpolowano dodatkowe przekroje obliczeniowe (w odległości co 4 m),
- uwzględniono straty związane z kontrakcją (Contraction and Expansion Losses):
- dla zmian łagodnych: współczynnik zwężenia 0,1 , współczynnik rozszerzenia 0,3
- dla przekroju mostowego: współczynnik zwężenia 0,6 , współczynnik rozszerzenia 0,8

#### 4.2. Wyniki modelowania dane tabelaryczne

Charakterystyki hydrauliczne obiektu mostowego

Parametry modelowania	Wariant 1 – istniejący		Wariant 2 – projektowany	
	Q0,5%	Q1%	Q0,5%	Q1%
Q Bridge (m <sup>3</sup> /s) Przepływ wody pod mostem *	1,83	1,56	1,83	1,56
Min El Prs (m) Rzędna spodu konstrukcji mostu	379,09	379,09	379,45	379,45
W.S. US. (m) Rzędna zwierciadła spiętrzonej wody w przekroju przed mostem	377,97	377,92	377,97	377,92
Górne stanowisko BR US				
W.S. Elev (m) Rzędna zwierciadła wody	377.99	377.94	377.99	377.94
E.G. Elev (m) Rzędna linii energii	377.89	377.85	377.89	377.85
Crit WS (m) Rzędna zwierciadła wody dla głębokości krytycznej	377.79	377.75	377.79	377.75
Froude Chl – liczba Fruda	0,69	0,69	0,69	0.69
Vel Total (m/s)	1,37	1,32	1,37	1,32
Dolne stanowisko BR DS				
W.S. Elev (m) Rzędna zwierciadła wody	377.9	377.84	377.9	377.84
E.G. Elev (m) Rzędna linii energii	377.84	377.79	377.84	377.79
Crit W.S. (m) Rzędna zwierciadła wody dla głębokości krytycznej	377.64	377.61	377.64	377.61
Froude Chl – liczba Fruda	0,51	0,5	0,51	0,5
Vel Total (m/s)	1,07	1,02	1,07	1,02

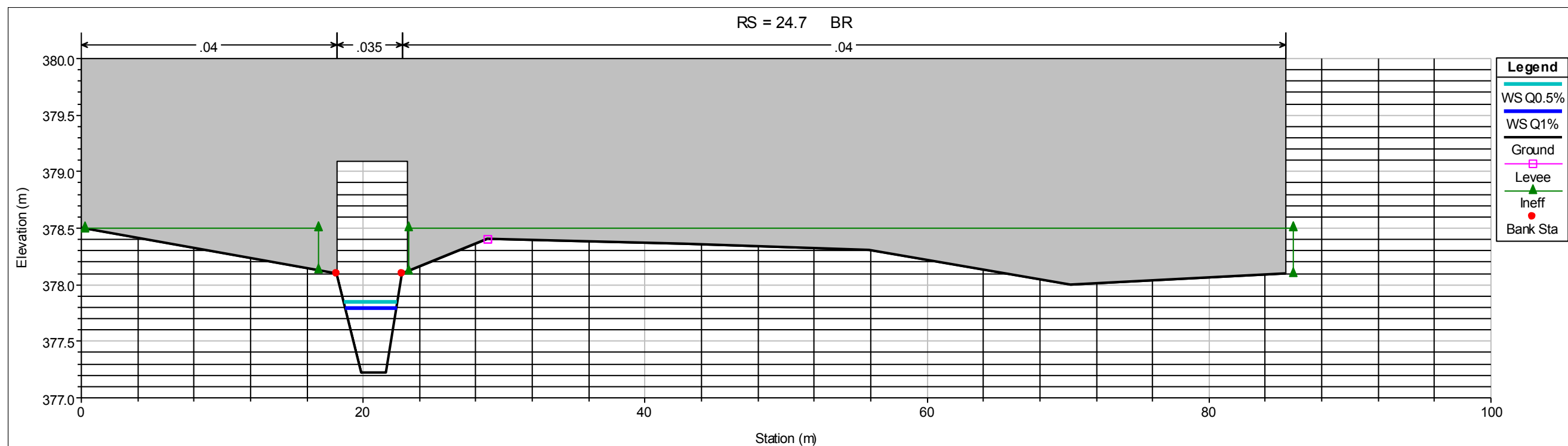
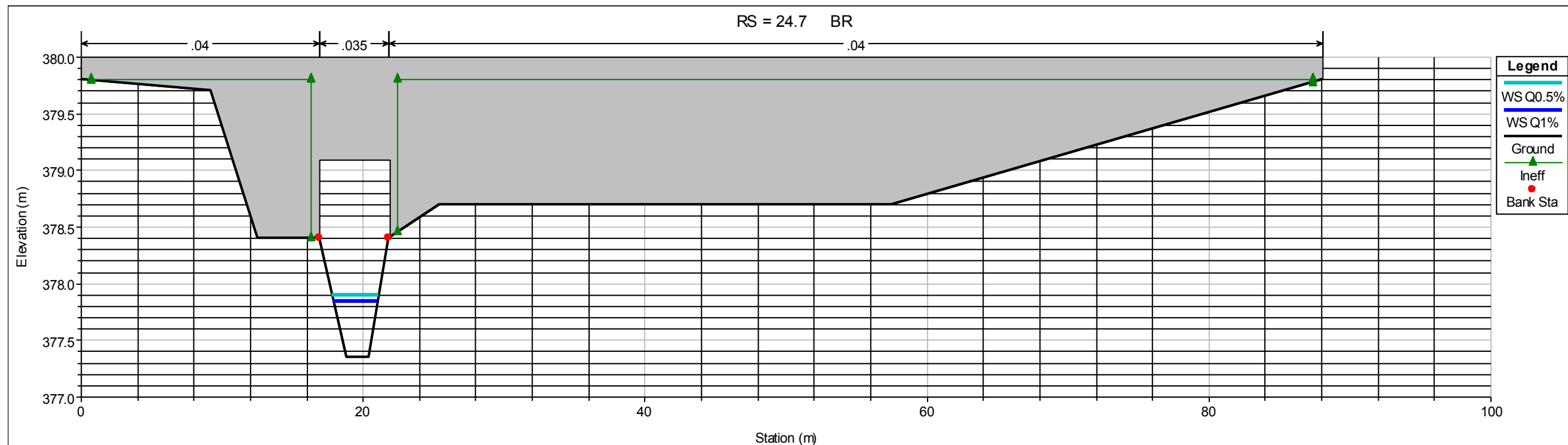
#### **4.3. Podsumowanie wyników**

Zgodnie z przeprowadzoną analizą hydrauliczną istniejący obiekt mostowy oraz projektowane warianty jego przebudowy posiadają wystarczające światło dla bezpiecznego przeprowadzenia wód  $Q_{0,5\%}$ . Przeprowadzona analiza wykazała iż przepływ  $Q_{0,5\%}$  będzie mieścił się w korycie cieku.

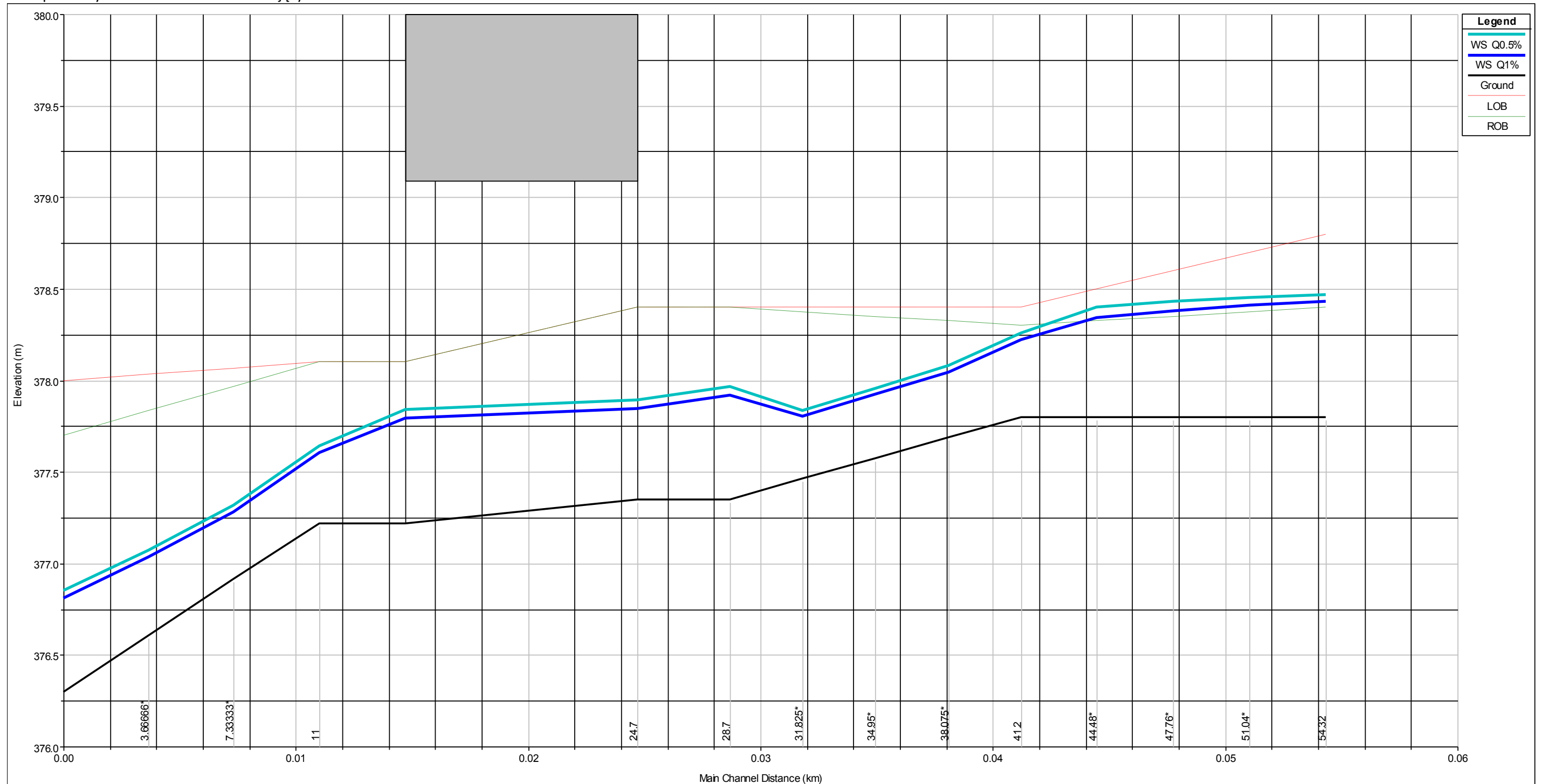
#### 4.4. Wyniki modelowania – część graficzna dla wariantu 1 – stan istniejący

Wyjaśnienie oznaczeń legendy:

WS– wysokość zw. wody, Ground – przekrój korytowy Elevation – rz. terenu [m n.p.m.], Distance – odległość [km]



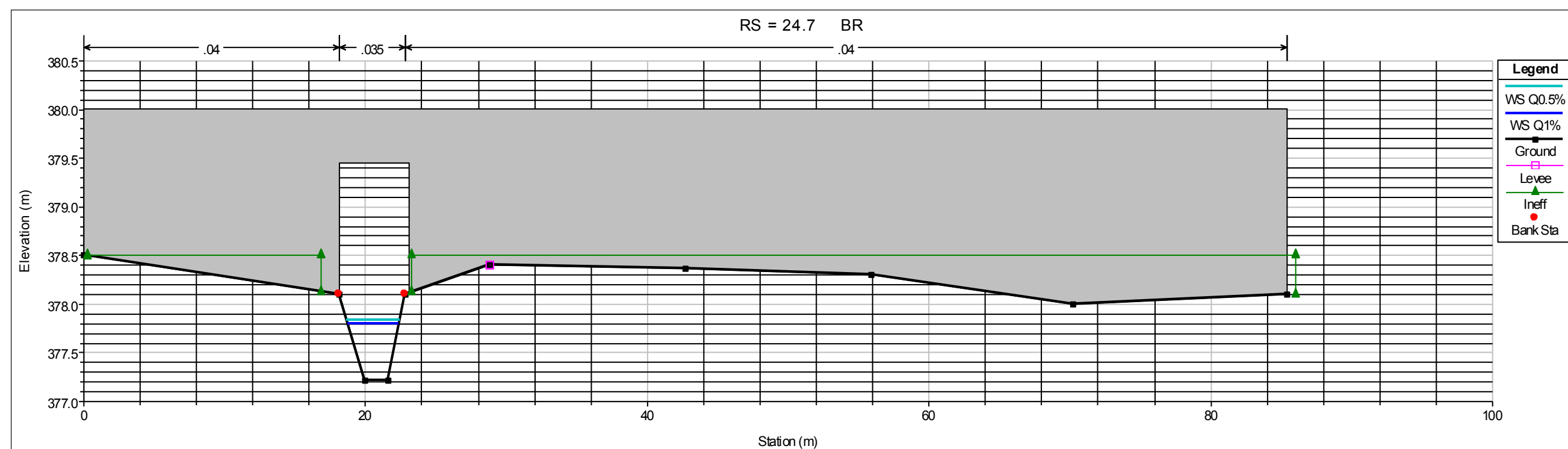
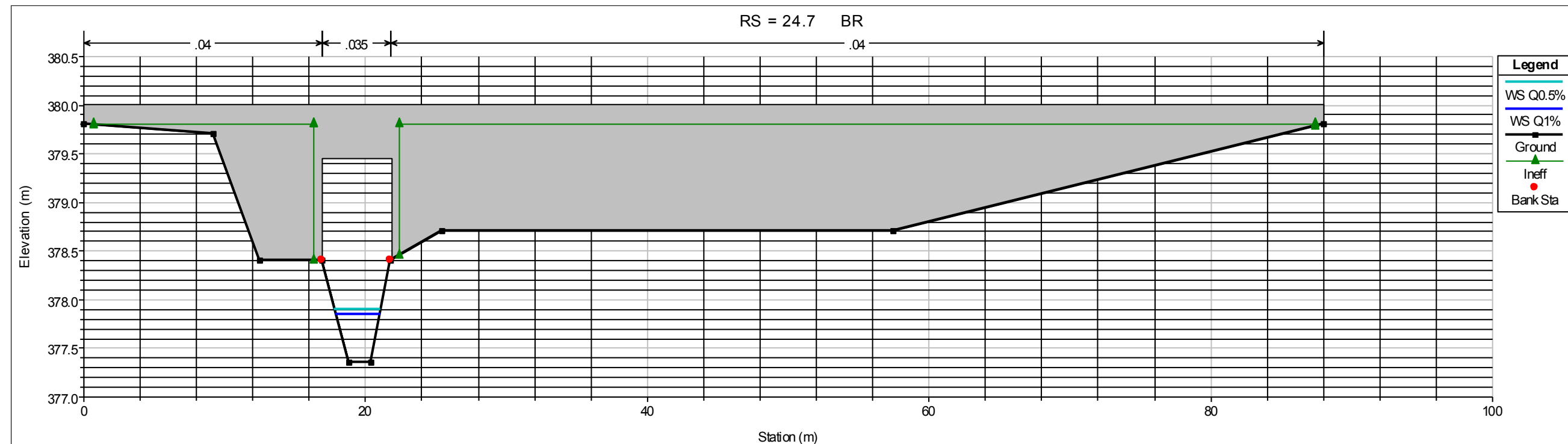
Profil podłużny dla wariantu 1 – stan istniejący



#### 4.5. Wyniki modelowania – część graficzna dla wariantu 2 – stan projektowany

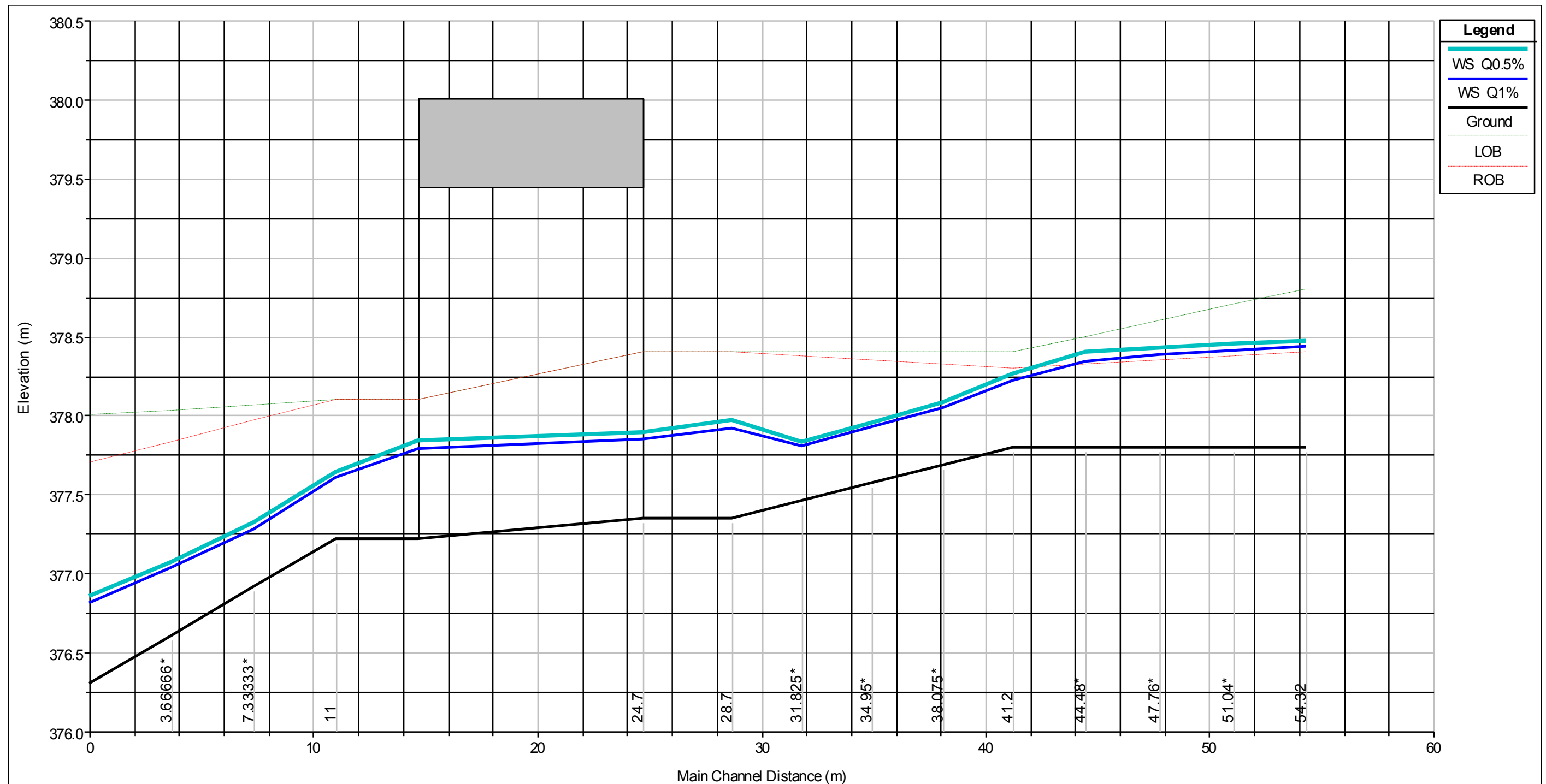
Wyjaśnienie oznaczeń legendy:

WS– wysokość zw. wody, Ground – przekrój korytowy Elevation – rz. terenu [m n.p.m.], Distance – odległość [km]





Profil podłużny dla wariantu 2 – projektowane światło mostu 4,9m spód konstrukcji na rzędnej 379,45m n.p.m.

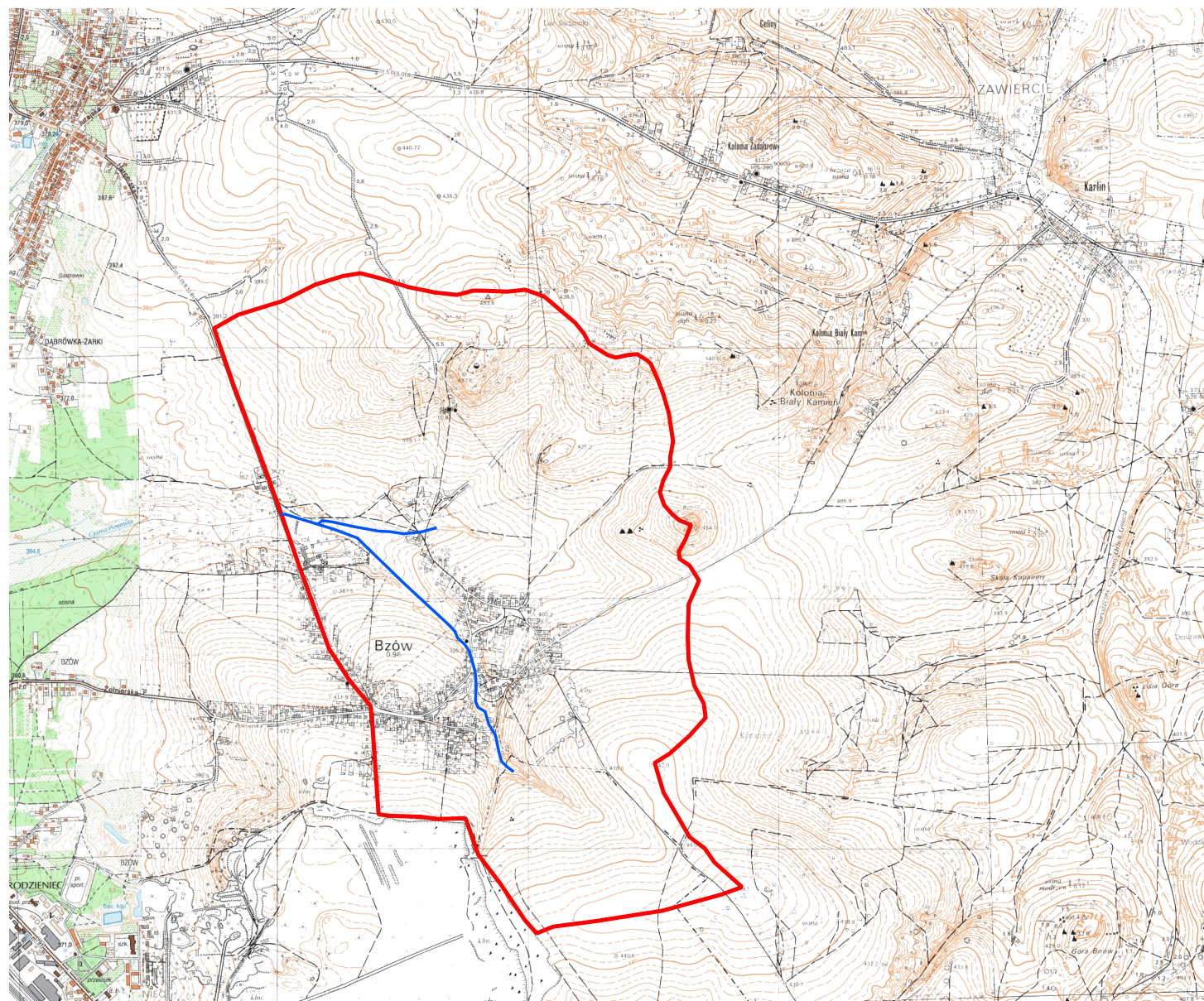


# Załączniki

---

załącznik 1 Zlewnia rzeki

załącznik 2 Lokalizacja przekrojów modelowych



Rys. 1 Lokalizacja zlewni na mapie topograficznej

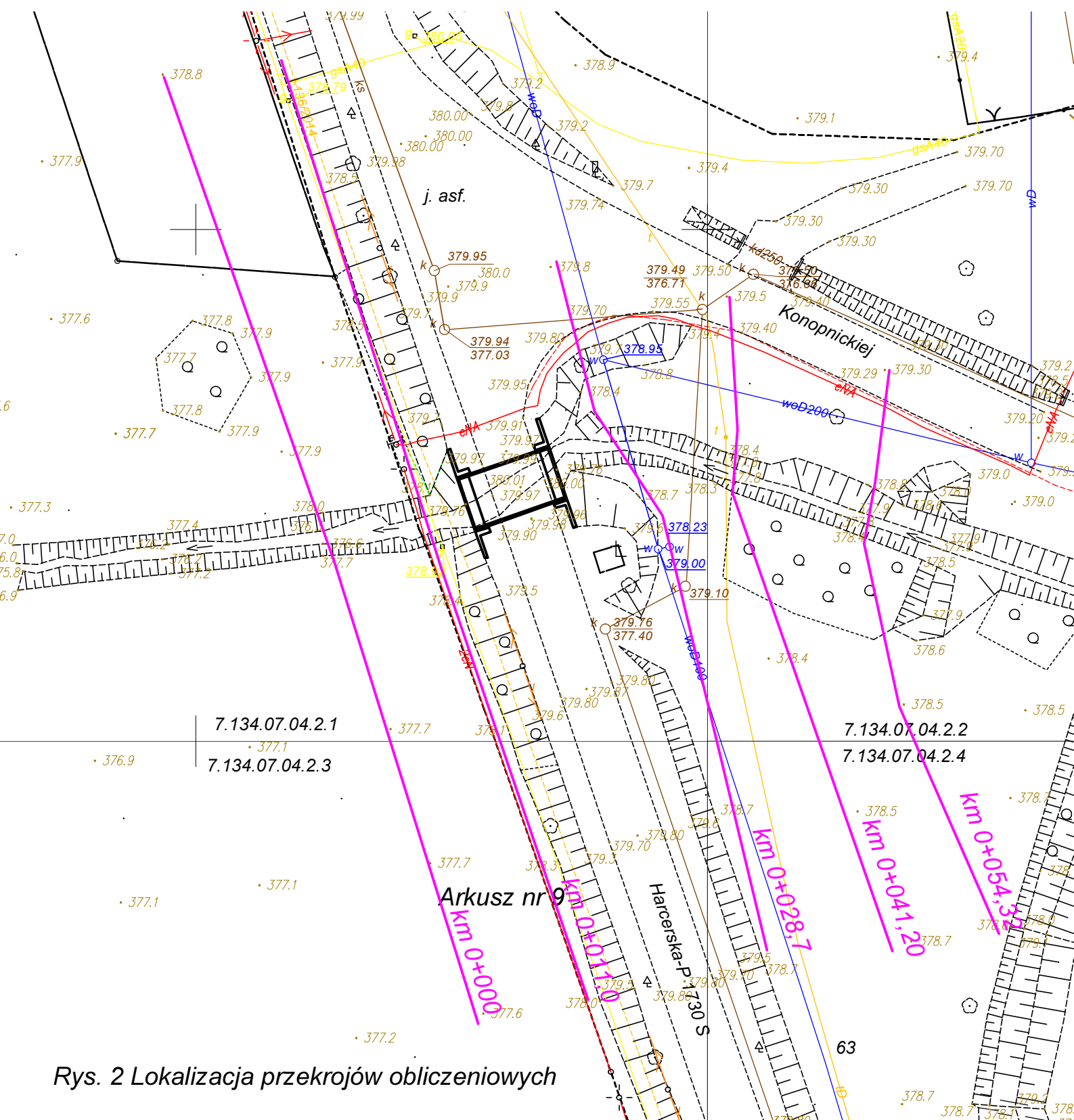
250 0 250 500 750 1000 m



### Legenda

- ciek
- zlewnia





Rys. 2 Lokalizacja przekrojów obliczeniowych