


# OPERAT HYDRAULICZNY

Nazwa zadania:	<b>Przebudowa mostu na rzece Pilica w ciągu drogi powiatowej nr 1771S Dobraków-Kleszczowa w miejscowości Kleszczowa</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-Usługowa 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.	Obszarowe równania regresji .....	5
4.	Analiza hydrauliczna .....	8
4.1.	Założenia do analizy .....	8
4.2.	Wyniki modelowania dane tabelaryczne .....	10
4.3.	Wyniki modelowania – część graficzna dla stanu istniejącego .....	11
4.4.	Wyniki modelowania – część graficzna dla stanu projektowanego .....	13

## 1. Cel i zakres opracowania

Celem przedmiotowego opracowania jest przeprowadzenie analizy hydraulicznej dla projektowanej przebudowy mostu na rzece Pilica w ciągu drogi powiatowej nr 1771S Dobraków-Kleszczowa w miejscowości Kleszczowa.

Zakres obliczeń obejmuje:

- wyznaczenie wielkości przepływów prawdopodobnych maksymalnych
- budowę modelu hydraulicznego na odcinku o długości ok. 93m rz. Pilicy
- 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 sytuacyjną wysokościową udostępnioną przez Zamawiającego
- inwentaryzacja mostu w stanie istniejącym
- projekt planowanej przebudowy mostu tj. dla światła o szerokości 14m (prostokąt do rzeki o dł. 9,25m) z rzędną konstrukcji spodu 306,17m n.p.m.
- wyznaczenie wielkości przepływu  $Q_{0,5\%}$  i  $Q_{1\%}$
- dokumentację fotograficzną

### 3. Obliczenia hydrologiczne

#### 3.1. Posterunek wodowskazowy

Na rzece Pilicy w 267,66 km znajduje się posterunek wodowskazowy WĄSOCZ, zamyka on zlewnie o powierzchni  $A_w = 994,97 \text{ km}^2$ .

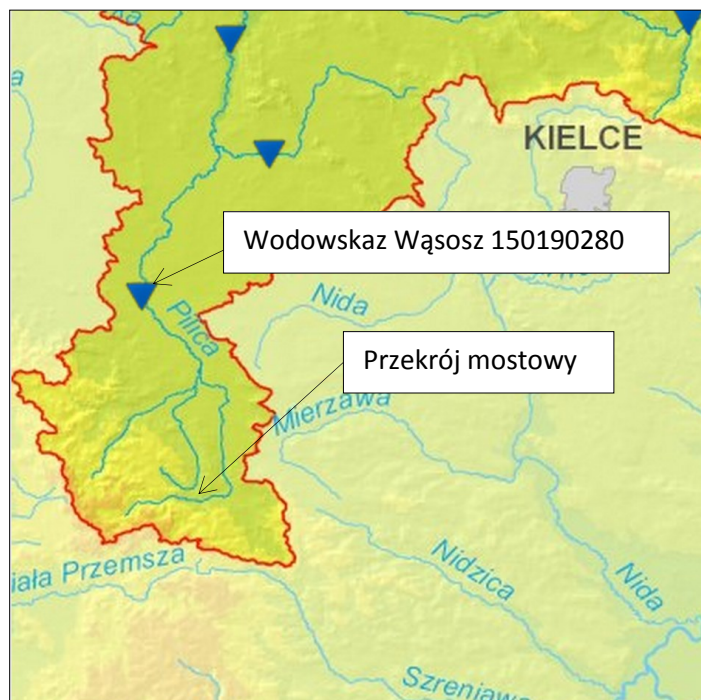
Zlewnia w przekroju obiektu mostowego wynosi  $A_x = 65,97 \text{ km}^2$ .

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:

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

**$994,97 > 65,97 \geq 497,49$  – warunek niespełniony.**

Dla przedmiotowego przekroju nie można zastosować metody ekstrapolacji tj. przeniesienia ciągu obserwacyjnego z przekroju wodowskazowego. Ponadto dla ww. wodowskaz założony został w 2005r. i nie posiada wymaganego ciągu obserwacji o długości co najmniej 30 lat.



Lokalizacja wodowskazu – źródło IMiGW - Hydromonitor

### 3.2. Obszarowe równania regresji

Do obliczania przepływów maksymalnych o określonym prawdopodobieństwie przewyższenia w zlewniach niekontrolowanych, położonych w dorzeczu środkowej Wisły – zalecane jest obszarowe równanie regresji (Stachý, Fał, Czarnecka 1998). Obszarowe równania regresji stosuje się w zlewniach o powierzchniach od 50 km<sup>2</sup> do 2000 km<sup>2</sup>.

#### Metodyka postępowania dla obszarowego równania regresji:

Przepływy maksymalne roczne o określonym prawdopodobieństwie przewyższenia  $p\%$  oblicza się ze wzoru:

$$Q_{\max,p} = Q_{\max,1\%} \cdot \lambda_p \text{ gdzie:}$$

$Q_{\max,p}$  - przepływ maksymalny roczny o prawdopodobieństwie przewyższenia w m<sup>3</sup>/s,

$Q_{\max,1\%}$  - przepływ maksymalny roczny o prawdopodobieństwie  $p = 1\%$  w m<sup>3</sup>/s,

$\lambda_p$  - kwantyl rozkładu zmiennej, ustalony dla bezwymiarowych krzywych regionalnych przepływów maksymalnych

Przepływy maksymalne o prawdopodobieństwie przewyższenia  $p = 1\%$  i 50% oblicza się z równań:

$$Q_{\max,1\%} = \alpha_{\text{obszar}1} \cdot A^{0,92} \cdot H_1^{1,11} \cdot \varphi^{1,07} \cdot I_r^{0,10} \cdot \psi^{0,35} \cdot (1 + Jez)^{-2,11} \cdot (1 + B)^{-0,47}$$

$$Q_{\max,50\%} = \alpha_{\text{obszar}50} \cdot A^{0,98} \cdot H_1^{1,06} \cdot \varphi^{0,53} \cdot I_r^{0,05} \cdot \psi^{0,40} \cdot (1 + Jez)^{-1,66} \cdot (1 + B)^{-0,67}$$

gdzie:

$\alpha_{\text{obszar}}$  - parametr równania w zależności od obszaru kraju, odczytywany z tabeli

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

$H_1$  - maksymalny opad dobowy o prawdopodobieństwie  $p = 1\%$ , odczytany z mapy w mm,

$\varphi$  - współczynnik odpływu określony na podstawie „Mapy Gleb Polski” w skali 1:500000

$I_r$  - spadek rzeki w ‰,

$\psi$  - średni spadek zlewni w ‰,

$Jez$  - wskaźnik jeziorności zlewni,

$B$  - wskaźnik zabagnienia zlewni.

Dla zlewni, w której występuje kilka grup gleb o różnych wartościach współczynnika odpływu, współczynnik ten należy obliczyć jako wartość średnią ważoną dla całej zlewni według wzoru:

$$\varphi = \frac{1}{A} \cdot \sum_{i=1}^{i=7} \varphi_i \cdot A_i$$

gdzie:

$A_i$  - powierzchnia pokryta glebami danej grupy w km<sup>2</sup>,

$\varphi_i$  - współczynnik odpływu ustalony dla danej grupy gleb

Tabela 1. Wyznaczenie współczynnik odpływu

$\phi$ - współczynnik odpływu określony na podstawie „Mapy Gleb Polski”	0.44	
	$\phi_i$	$A_i$ km <sup>2</sup>
piaski słabogliniaste	0.25	22.89
gliny piaszczyste	0.5	7.26
lessy i pyły	0.55	35.82

Spadek cieku  $I_r$  określa się z równania:

$$I_r = \frac{W_g - W_p}{L + l}$$

gdzie:

$W_g$  - wzniesienie działu wodnego w punkcie przecięcia z osią suchej doliny najdłuższego cieku w m n.p.m.,

$W_{max}$  - maksymalne wzniesienie zlewni w m n.p.m.,

$W_p$  - wzniesienie przekroju obliczeniowego, zamykającego zlewnię w m n.p.m.,

$L$  - długość najdłuższego cieku w zlewni w km,

$l$  - długość suchej doliny w przedłużeniu najdłuższego cieku w zlewni w km,

Średni spadek zlewni  $\psi$  oblicza się ze wzoru:

$$\psi = \frac{W_{max} - W_p}{\sqrt{A}}$$

gdzie:

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

Wskaźnik jeziorności zlewni  $J_{ez}$  oblicza się ze wzoru:

$$J_{ez} = \frac{1}{A} \cdot \sum_{i=1}^n A_{Jez\ i}$$

gdzie:

$A_{Jez\ i}$  - powierzchnia zlewni jezior w  $\text{km}^2$ ,

$A$  - powierzchnia zlewni w  $\text{km}^2$ .

Wskaźnik zabagnienia zlewni  $B$  oblicza się z zależności:

$$B = \frac{1}{A} \cdot \sum_{i=1}^n A_{B\ i}$$

gdzie:

$A_{B\ i}$  - powierzchnia obszarów zabagnionych i torfowisk w  $\text{km}^2$ ,

$A$  - powierzchnia zlewni w  $\text{km}^2$ .

Tabela 2. Parametry fizycznogeograficzne

Parametr	Wartość
Powierzchnia zlewni $A$ w $\text{km}^2$	65,97
Długość najdłuższego cieku $L$ w km	14,46
Długość suchej doliny $I$ w km	5,3
Wzniesienie działu wodnego w punkcie przecięcia z osią suchej doliny najdłuższego cieku $W_g$ w m n.p.m.	477.6
Maksymalne wzniesienie zlewni $W_{max}$ w m n.p.m.	303.4
Wzniesienie zlewni w przekroju obliczeniowym $W_p$ w km n.p.m.	500.3
Maksymalny opad dobowy $H_1$ o prawdopodobieństwie $p = 1\%$ w mm	100
Powierzchnia zlewni jezior $A_{Jez\ i}$ w $\text{km}^2$	0,3328
Powierzchnia obszarów zabagnionych i torfowisk $A_{B\ i}$ w $\text{km}^2$	0,00

Tabela 3. Parametry metody wyznaczone zgodnie z ww. metodyką

Parametr	Wartość
$I_r$ - spadek rzeki w ‰	8,82
$\psi$ - średni spadek zlewni w ‰	24,24
$\phi$ - współczynnik odpływu	0,44
Wskaźnik jeziorności zlewni $J_{ez}$	0,005043
Wskaźnik zabagnienia zlewni $B$	0
$\alpha_{obszar\ 1}$	0,001733
$\alpha_{obszar\ 50}$	0,0002383

Tabela 4. Przepływy maksymalne roczne o określonym prawdopodobieństwie przewyższenia

Prawdopodobieństwo – $p$ [%]	Kwantyl $\lambda_p$	Przepływ $Q_{max,p}$ [m <sup>3</sup> /s]
<b>1</b>	1,00	<b>21,19</b>
<b>0,5</b>	1,13	<b>23,94</b>

## 4. Analiza hydrauliczna

### 4.1. Założenia do analizy

Analizę przeprowadzono dla stanu istniejącego i stanu projektowanego:

**1** – stan istniejący - światło mostu o szerokości 13,4m (zrzutowana długość światła mostu, prostopadła do kierunku przepływu wynosi 9,5m), z rzędną spodu konstrukcji na poziomie 305,85m n.p.m.

**2** – projekt planowanej przebudowy mostu tj. dla światła o szerokości 14m (zrzutowana długość światła mostu, prostopadła do kierunku przepływu wynosi 9,25m) z rzędną konstrukcji spodu 306,17m 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.  $n=0,035$  (na umocnionych odcinkach koryta rzeki),  $n=0,04$  (na odcinkach gł. koryta - nieumocnionych) oraz  $n=0,045$  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 0,6
- obliczenia dla mostu przeprowadzono w oparciu o metodę równania energii – dla przepływów wysokich.

#### 4.2. Wyniki modelowania dane tabelaryczne

Charakterystyki hydrauliczne obiektu mostowego

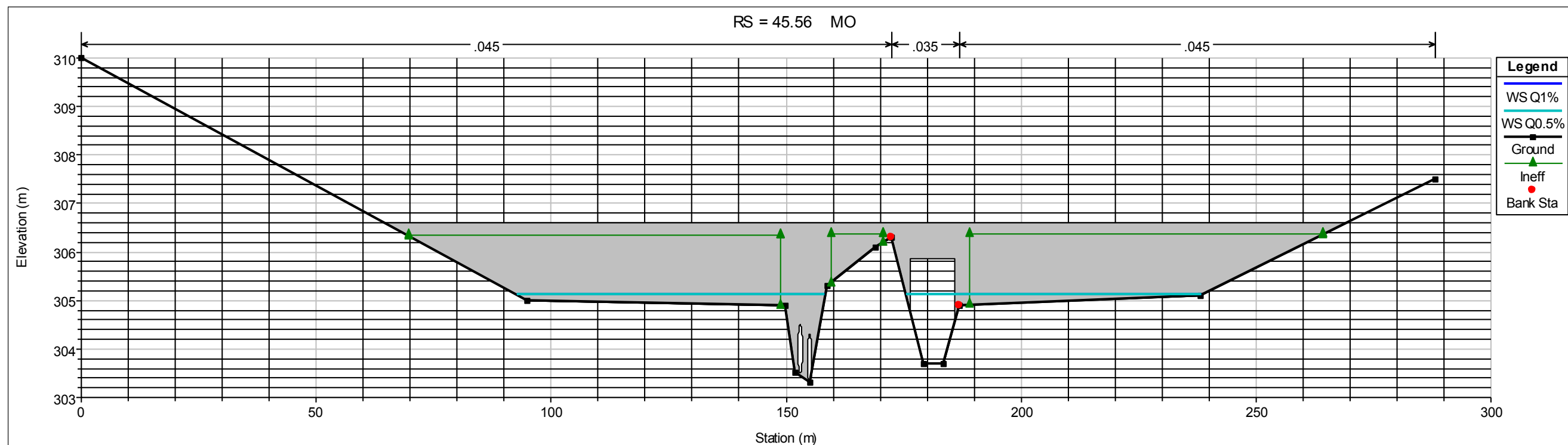
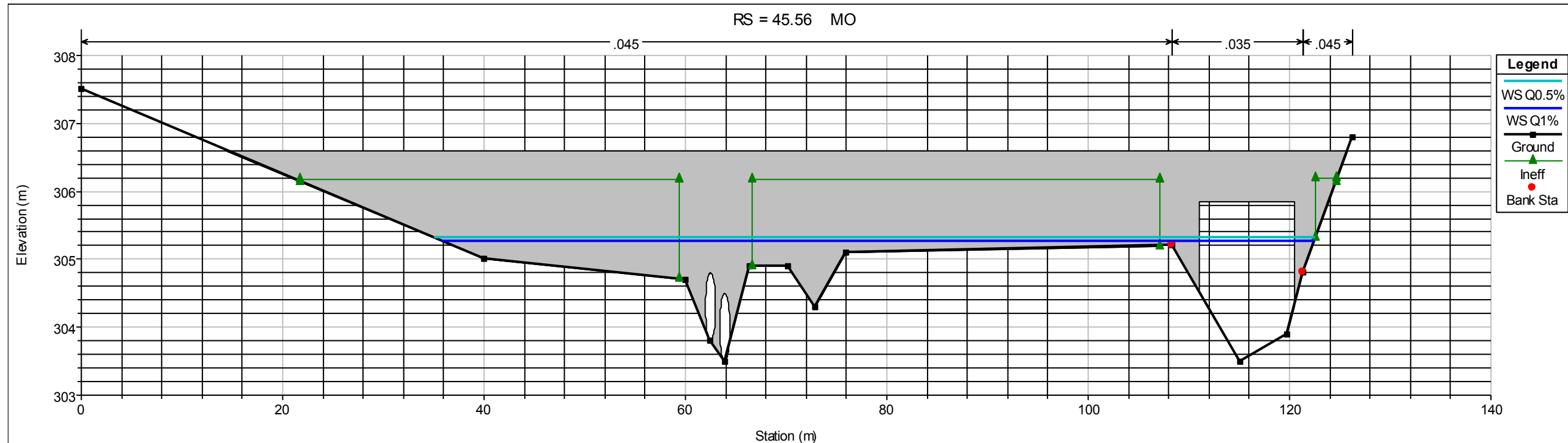
Parametry modelowania	ISTNIEJĄCY		PROJEKTOWANY	
	Q0,5%	Q1%	Q0,5%	Q1%
Q Bridge (m <sup>3</sup> /s) Przepływ wody pod mostem	22,18	19,64	22,17	19,63
Min El Prs (m) Rzędna spodu konstrukcji mostu	305,85	305,85	306,17	306,17
W.S. US. (m) Rzędna zwierciadła spiętrzonej wody w przekroju przed mostem	305,39	305,32	305,39	305,32
Maksymalne piętrzenie przed mostem	305,47	305,39	305,47	305,39
Górne stanowisko BR US				
W.S. Elev (m) Rzędna zwierciadła wody	305.44	305.37	305.44	305.37
E.G. Elev (m) Rzędna linii energii	305.31	305.26	305.3	305.25
Crit WS (m) Rzędna zwierciadła wody dla głębokości krytycznej	304.69	304.63	304.69	304.63
Froude Chl – liczba Fruda	0,38	0,36	0,39	0,36
Vel Total (m/s)	1,62	1,48	1,65	1,51
Dolne stanowisko BR DS				
W.S. Elev (m) Rzędna zwierciadła wody	305.33	305.28	305.33	305.28
E.G. Elev (m) Rzędna linii energii	305.12	305.12	305.12	305.12
Crit W.S. (m) Rzędna zwierciadła wody dla głębokości krytycznej	304.79	304.72	304.79	304.72
Froude Chl – liczba Fruda	0,54	0,48	0,54	0,48
Vel Total (m/s)	2,03	1,79	2,03	1,79

- pozostała wartość przepływu prowadzona jest za pomocą przepustów DN 1000mm

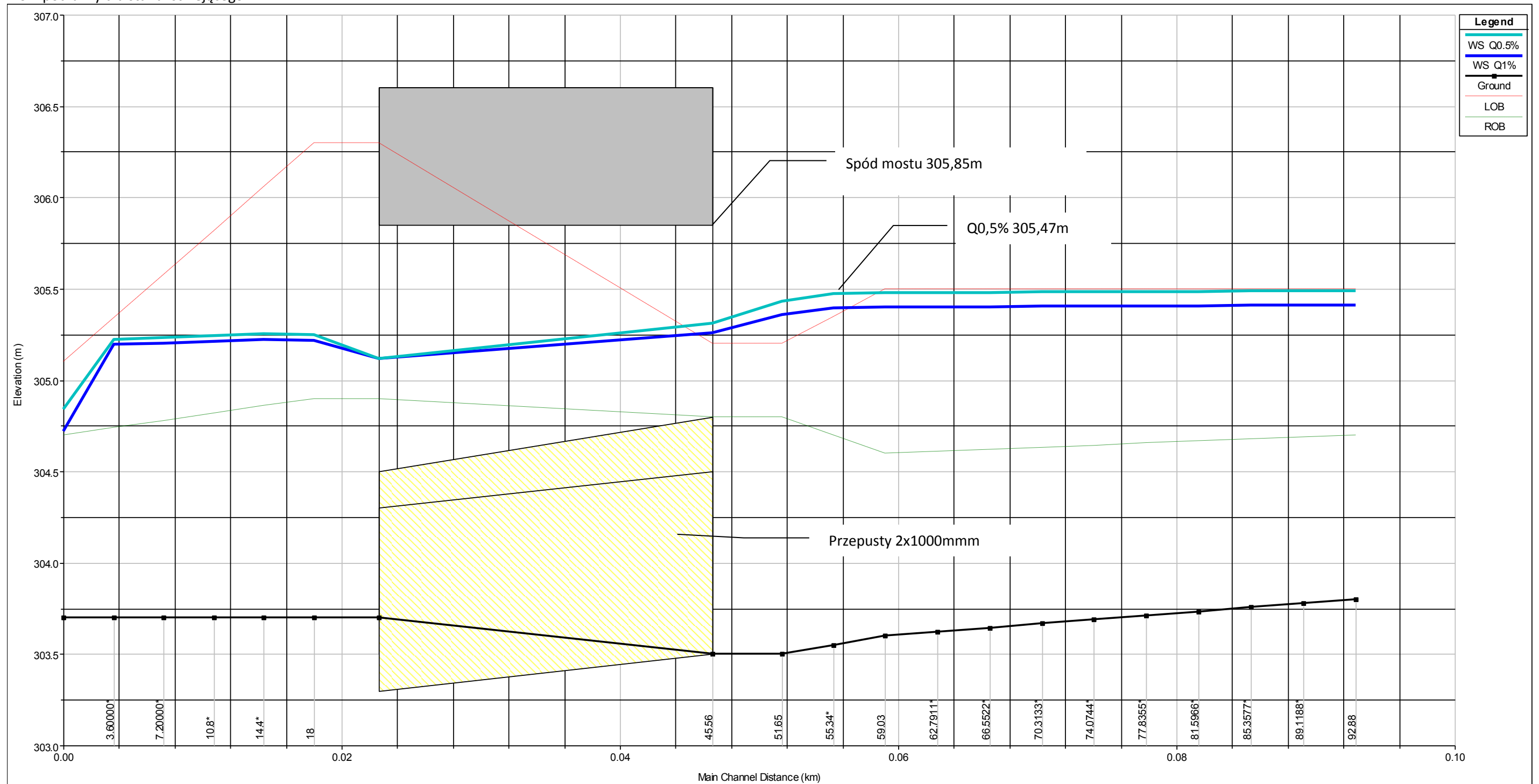
#### 4.3. Wyniki modelowania – część graficzna dla stanu istniejącego

Wyjaśnienie oznaczeń legendy:

WS– wysokość zw. wody, Ground – przekrój korytowy Elevation – rz. terenu [m n.p.m.], Station – odległości pkt. wysokościowych [m]



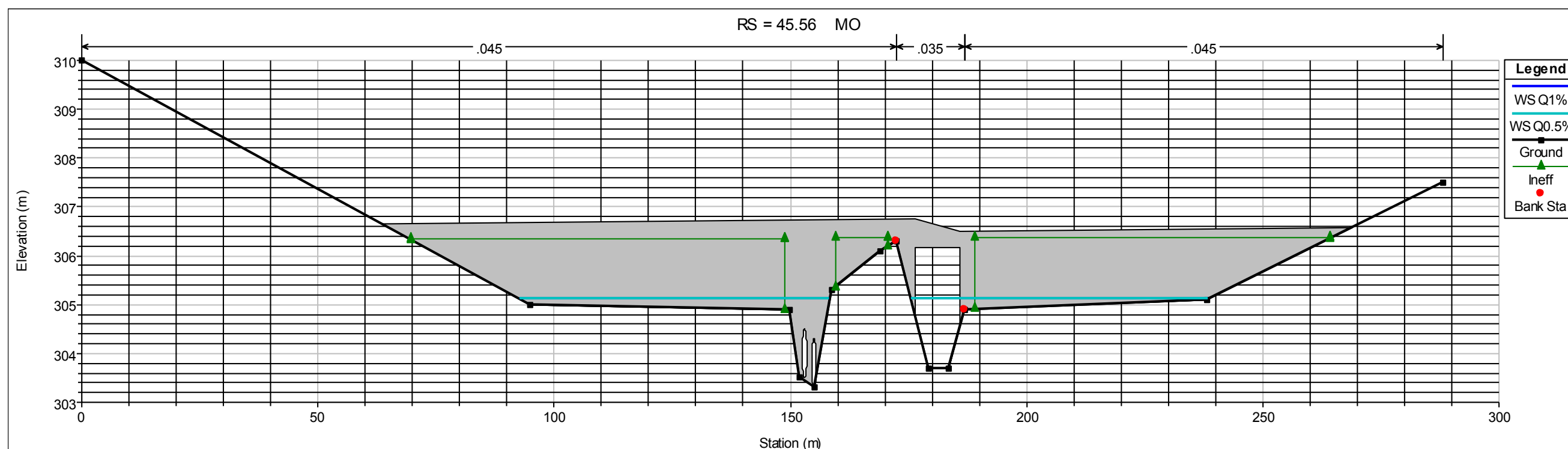
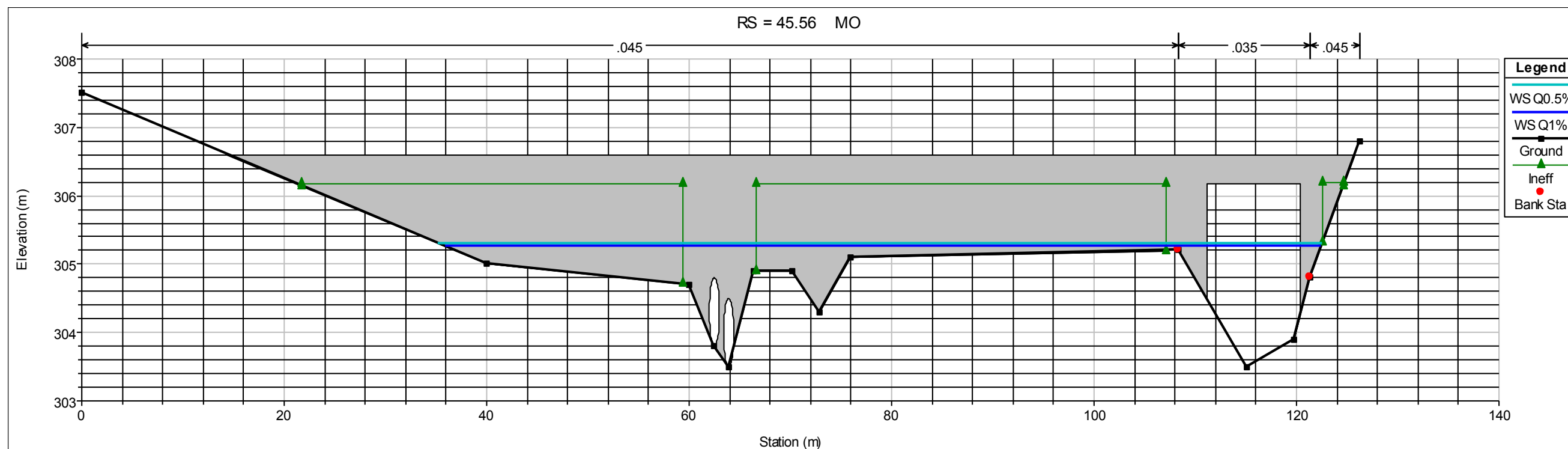
Profil podłużny dla stanu istniejącego



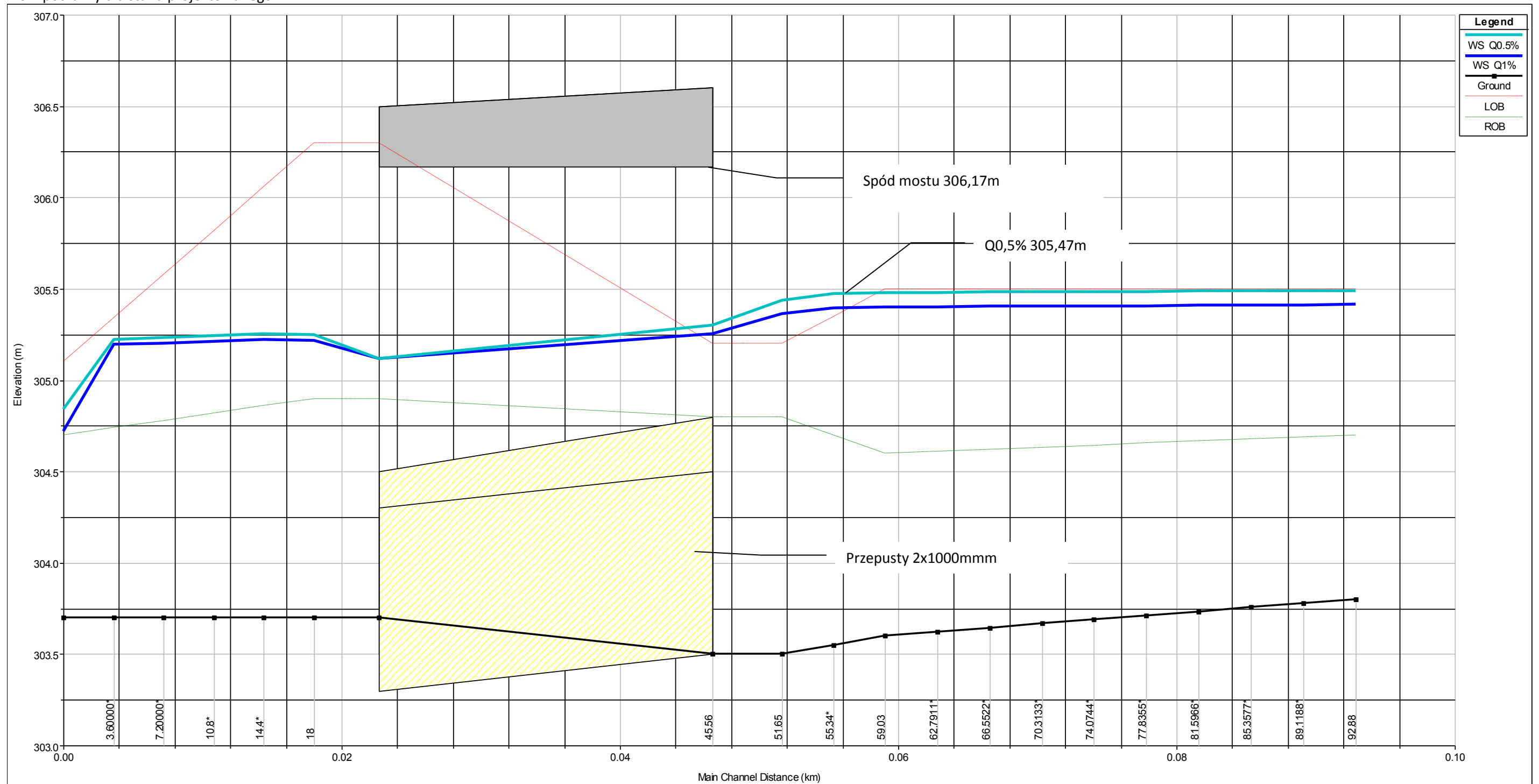
#### 4.4. Wyniki modelowania – część graficzna dla stanu projektowanego

Wyjaśnienie oznaczeń legendy:

WS – wysokość zw. wody, Ground – przekrój korytowy Elevation – rz. terenu [m n.p.m.], Station – odległości pkt. wysokościowych [m]



Profil podłużny dla stanu projektowanego



# Załączniki

---

załącznik 1 Zlewnia rzeki Pilicy

załącznik 2 Lokalizacja przekrojów modelowych



Rys. 1 Zlewnia do przekroju obiektu mostowego

