
OPRACOWANIE HYDROLOGICZNO-HYDRAULICZNE

dla przedsięwzięcia:

„Opracowanie kompletnej dokumentacji technicznej zagospodarowania zieleni parkowej, usług sportowych, terenów dróg publicznych oraz komunikacji rowerowej ujętych w miejscowym planie zagospodarowania terenu ograniczonego ulicami T. Kościuszki, A. Mickiewicza oraz rzeką Czarna Hańcza w Suwałkach”

zamawiający

Miasto Suwałki

ul. Adama Mickiewicza 1
16-400 Suwałki

wykonawca
opracowania

HYDROLOG Dorota
Dybkowska-Stefek

Warzymice 15b,
72-005 Przeclaw

Warzymice, maj 2016



Autorzy opracowania:

dr inż. Dorota Dybkowska-Stefek, uprawniona do wykonywania dokumentacji hydrologicznych,
Świadectwo Ministra Środowiska nr 02/2007

dr Marek Jelonek



1. Wprowadzenie.

iniejsze opracowanie stanowi materiał wyjściowy dla przygotowania projektów dwóch mostków przez rzekę Czarna Hańcza w km 70+253 i w km 70+054 oraz przepławki w przekroju jazu w Suwałkach, zlokalizowanego w km 70+310 tej rzeki.

2. Dane hydrologiczne.

2.1. Przepływy charakterystyczne i prawdopodobne.

Zgodnie z informacjami zawartymi w przekazanych przez Zamawiającego w [7] przepływy charakterystyczne rzeki Czarna Hańcza w przekroju jazu w Suwałkach (km 70+310 rzeki) przedstawiają się następująco:

- ≡ przepływ średni roczny $SSQ = 0,95 \text{ m}^3/\text{s}$,
- ≡ przepływ średni niski $SNQ = 0,33 \text{ m}^3/\text{s}$,
- ≡ przepływ najniższy $NNQ = 0,08 \text{ m}^3/\text{s}$,
- ≡ przepływ średni wysoki $SWQ = 3,60 \text{ m}^3/\text{s}$,
- ≡ przepływ najwyższy $WWQ = 4,87 \text{ m}^3/\text{s}$,

natomiast przepływy maksymalne roczne o prawdopodobieństwie przewyższenia p wynoszą:

- ≡ $Q_{max,10\%} = 5,54 \text{ m}^3/\text{s}$,
- ≡ $Q_{max,10\%} = 6,07 \text{ m}^3/\text{s}$,
- ≡ $Q_{max,10\%} = 9,81 \text{ m}^3/\text{s}$,

W opracowaniu przyjęto podane wyżej wartości przepływów charakterystycznych i prawdopodobnych rzeki Czarna Hańcza także dla przekrojów planowanych mostków MP1 (km70+253 rzeki) oraz MP2 (km 70+054 rzeki).

2.2. Przepływ miarodajny.

Przepływ miarodajny Q_m to maksymalny przepływ roczny o określonym prawdopodobieństwie przewyższenia przyjmowanym zgodnie z art. 18 ust. 3 *Rozporządzenia Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej z dnia 30 maja 2000 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać drogowe obiekty inżynierskie i ich usytuowanie* [11] zależnie od klasy drogi i rodzaju obiektu (stały, tymczasowy) określonych w *Rozporządzeniu Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej z dnia 2 marca 1999 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać drogi publiczne i ich usytuowanie* [10].



Przepływem miarodajnym dla wymiarowania światła projektowanych mostków MP1 i MP2 przez rzekę Czarna Hańcza w Suwałkach (klasa drogi L) jest maksymalny przepływ roczny o prawdopodobieństwa przewyższenia równym $p = 1\%$. Jego wartość podana w [7] w przekroju jazu w Suwałkach wynosi $9,81 \text{ m}^3/\text{s}$.

Biorąc jednak pod uwagę, że w zlewni rzeki Czarna Hańcza wezbraniami o największych przepływach są wezbrania roztopowe [6], zgodnie z art. 23.1 *Rozporządzenia Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej z dnia 30 maja 2000 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać drogowe obiekty inżynierskie i ich usytuowanie* [11] podana wyżej wartość przepływu miarodajnego została zwiększona o 15%.

Wyznaczona wartość przepływu miarodajnego w przekrojach projektowanych mostków MP1 i MP2 wynosi zatem $Q_m = 11,28 \text{ m}^3/\text{s}$.

3. Obliczenia hydrauliczne dla projektowanych mostków.

3.1. Wyznaczenie rzędnej wody miarodajnej.

Zgodnie z art. 30 ust.1 *Rozporządzenia Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej z dnia 30 maja 2000 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać drogowe obiekty inżynierskie i ich usytuowanie* [11], miarodajna rzędna zwierciadła wody z_m jest to rzędna w niezabudowanym przekroju mostowym odpowiadająca przepływowi miarodajnemu.

Napełnienie wody w rzece Czarna Hańcza na odcinku projektowanych mostków dla przepływu miarodajnego wyznaczono przy następujących założeniach:

- ≡ w rejonie mostka MP1 wykonane zostaną prace regulacyjne koryta w wyniku których szerokość koryta w dnie wynosić będzie 6 m, natomiast nachylenie skarp 1:1,5;
- ≡ spadek dna cieku według profilu podłużnego wykonanego na potrzeby realizowanego przedsięwzięcia [8], przy czym wydzielono dwa odcinki tj.: km 70+299 ÷ km 70+210 o średnim spadku $i_d = 0,75\%$; km 70+210 ÷ km 70+045 o spadku $i_d = 1,7\%$;
- ≡ współczynnik szorstkości koryta wg Manninga: $n = 0,03 \text{ s} \cdot \text{m}^{-1/3}$.

Otrzymane w wyniku przeprowadzonych obliczeń rzędne wody miarodajnej w przekrojach projektowanych mostków podano w tab. 1.

**Tabela 1.**

Rzędne wody miarodajnej w przekrojach projektowanych mostków.

mostek	z_m [m npm]
MP1	164,80
MP2	163,45

3.2. Obliczenie minimalnego światła projektowanych mostków.

Minimalne światło mostu określa się zgodnie z *Załącznikiem nr 1* do [11] według wzoru:

$$L = \frac{Q_m}{\mu h v}$$

- gdzie: h – średnia głębokość w przekroju mostowym,
 v – założona średnia prędkość przepływu pod mostem, nie większa niż:
- prędkość krytyczna $v_{kr} = \sqrt{gh}$,
 - najmniejsza w przekroju prędkość nierozmywająca v_{nr} lub dopuszczalna v_d ;
- μ – współczynnik zależny dla mostów jednoprzęsłowych od rodzaju przyczółków, a dla wieloprzęsłowych od kształtu filarów i światła mostu; w przypadku projektowanych mostków $\mu = 0,91$ (mały most z korpusem wtopionym w nasyp).

Koryto w przekrojach mostków zostanie umocnione narzutem kamiennym bez płotków, przy użyciu kamienia o grubości 20 cm. Stąd jako dopuszczalną prędkość przyjęto $v_d = 3,9$ m/s

Ustalone w wyniku przeprowadzonych obliczeń minimalne światło projektowanych mostków podano w tab. 3.

Przedstawione projekty mostków spełniają to wymaganie. Światła tych mostków (tab. 3) – definiowane jako szerokość przekroju mostowego na poziomie wody miarodajnej – są większe od ustalonych wartości minimalnych.

**Tabela 2.**

Światła projektowanych mostków.

mostek	h [m]	v_{kr}	L [m]	$L_{projekt}$ [m]
MP1	1,38	3,68	2,44	9,00
MP2	0,58	2,39	8,96	9,00

3.3. Obliczenie spiętrzenia przed mostkami.

Spiętrzenie wody przed projektowanymi mostkami przy założeniu dna nierozmywalnego (koryto z narzutem kamiennym) ustalono według następującego wzoru:

$$\Delta z = K \frac{\alpha v^2}{2g} + \frac{\alpha_0 (v_0^2 - v_s^2)}{2g}$$

- gdzie: K – współczynnik strat,
 α, α_0 – współczynniki Saint-Venanta odpowiednio w przekroju pod i przed mostkiem,
 v – średnia prędkość pod mostkiem w przekroju nierozmytym ograniczonym miarodajną rzędną zwierciadła wody,
 v_0 – średnia prędkość w przekroju niezabudowanym, powyżej mostka, równa Q_m/F_0 ,
 v_s – średnia prędkość powyżej mostka po spiętrzeniu, równa $Q_m/(F_0+B_0\Delta z)$.

Współczynnik strat K obliczano ze wzoru:

$$K = K_0 + \Delta K_f + \Delta K_e + \Delta K_\varphi$$

- w którym: K_0 – podstawowy współczynnik strat zależny od stopnia zwężenia cieku przez przyczółki oraz od ich kształtu, odczytywany z wykresu (*Załącznik nr 1 do [11] rys. 2.7*) w zależności od wartości współczynnika $M = Q_s/Q_m$, gdzie Q_s jest przepływem przypadającym na przekrój mostowy brutto,
 ΔK_f – poprawka uwzględniająca wpływ filarów (*Załącznik nr 1 do [11] rys. 2.8*),
 ΔK_e – poprawka uwzględniająca wpływ niesymetryczności zwężenia cieku (*Załącznik nr 1 do [11] rys. 2.9*),
 ΔK_φ – poprawka uwzględniająca wpływ ukośnego usytuowania mostu w stosunku do osi cieku (*Załącznik nr 1 do [11] rys. 2.10*).



Współczynnik Saint-Venanta dla przekroju przed mostkiem przyjmowano jako równy 1,2, natomiast dla przekroju pod mostkiem jako:

$$\alpha = 1 + M (\alpha_0 - 1)$$

Niezbędne do wyznaczenia wartości spiętrzenia Δz dla obu planowanych mostków współczynniki i dane dotyczące przekroju mostowego oraz przekroju powyżej mostka zestawiono w tab. 3a i tab. 3b.. W obliczeniach przyjmowano, że przekrój powyżej mostka odpowiada niezabudowanemu przekrojowi mostowemu. Niezabudowane i projektowane przekroje mostowe MP1 i MP2 zamieszczono w Załączniku.

Tabela 3a.

Współczynniki i dane dotyczące przekrojów potrzebne dla wyznaczenia spiętrzenia przed mostkiem MP1.

mostek MP1	
miarodajna rzędna zwierciadła wody z_m	177.20 m npm.
powierzchnia niezabudowanego przekroju mostowego (do poziomu z_m)	12,31 m ²
powierzchnia projektowanego przekroju mostowego (do poziomu z_m)	11,03 m ²
współczynnik M	0,80
współczynnik K_0	0,20
współczynnik ΔK_f	0.00
współczynnik ΔK_e	0.00
współczynnik ΔK_φ	0.00
współczynnik K	0,20
współczynnik μ	0.91
średnia prędkość przepływu pod mostkiem v	1,02 m/s
współczynnik Saint-Venanta w przekroju mostowym	1,18
współczynnik Saint-Venanta w przekroju powyżej mostka	1,20
średnia prędkość przepływu w przekroju niezabudowanym powyżej mostka	0,92 m/s
szerokość zwierciadła wody w przekroju niezabudowanym powyżej mostka	11,35 m
powierzchnia niezabudowanego przekroju powyżej mostka (do poziomu z_m)	12,31 m ²

**Tabela 3b.**

Współczynniki i dane dotyczące przekrojów potrzebne dla wyznaczenia spiętrzenia przed mostkiem MP2.

mostek MP2	
miarodajna rzędna zwierciadła wody z_m	163,45 m npm.
powierzchnia niezabudowanego przekroju mostowego (do poziomu z_m)	3,92 m ²
powierzchnia projektowanego przekroju mostowego (do poziomu z_m)	5,19 m ²
współczynnik M	1,32
współczynnik K_0	0,00
współczynnik ΔK_f	0,00
współczynnik ΔK_e	0,00
współczynnik ΔK_ϕ	0,00
współczynnik K	0,00
współczynnik μ	0,91
średnia prędkość przepływu pod mostkiem v	2,17 m/s
współczynnik Saint-Venanta w przekroju mostowym	1,26
współczynnik Saint-Venanta w przekroju powyżej mostka	1,20
średnia prędkość przepływu w przekroju niezabudowanym powyżej mostka	2,88 m/s
szerokość zwierciadła wody w przekroju niezabudowanym powyżej mostka	7,05 m
powierzchnia niezabudowanego przekroju powyżej mostka (do poziomu z_m)	3,92 m ²

Wyznaczone metodą kolejnych przybliżeń wartości spiętrzenia przed projektowanymi mostkami w warunkach przepływu miarodajnego wynoszą: dla mostka MP1 $\Delta z = 0,01$ m, dla mostka MP2 $\Delta z = 0,00$ m.

3.4. Spełnienie wymagań normatywnych.

Zgodnie z art. 31.1. *Rozporządzenia Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej z dnia 30 maja 2000 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać drogowe obiekty inżynierskie i ich usytuowanie* [11] wzniesienie dolnej krawędzi konstrukcji mostu ponad najwyższy poziom spiętrzonej wody przepływu miarodajnego oraz ponad najwyższy poziom wody żeglownej określają odrębne przepisy.



Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 20 kwietnia 2007 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budowle hydrotechniczne i ich usytuowanie [12] w art. 58.1. stanowi, że bezpieczne wzniesienie Δh spodu konstrukcji budowli hydrotechnicznych znajdujących się nad wodą powinno wynosić co najmniej:

- ≡ 0,5 m nad poziomem wody przy przepływie miarodajnym Q_m , jeżeli w wodzie w czasie wezbrań nie ma lodu, kry i innych ciał pływających,
- ≡ 0,5 m nad przewidywanym położeniem górnej krawędzi lodu i innych ciał pływających przy przepływie Q_m , jeżeli może wystąpić konieczności przepuszczania lodu i innych ciał pływających.

Dodatkowo, jeżeli most prowadzony jest przez ciek stanowiący drogę wodną (szlak żeglowny lub tor wodny), spełniać musi stosowne wymagania określone dla tej drogi. Przypadek ten nie dotyczy przebudowywanego mostu.

Z uwagi na zwiększenie – zgodnie z art. 23.1 *Rozporządzenia Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej z dnia 30 maja 2000 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać drogowe obiekty inżynierskie i ich usytuowanie* [11] – przepływu miarodajnego o 15% w stosunku do , przy określaniu bezpiecznego wzniesienia Δh nie uwzględniano dodatkowego podniesienia z powodu ewentualnego spływu lodu.

Minimalna rzędna spodu konstrukcji mostowej z_k – zgodnie ze wzorem [2.24] *Załącznika nr 1* do [11] - wynosić powinna:

$$z_k = z_s + h_{wt} + \Delta h$$

- gdzie: z_s – rzędna spiętrzonyj wody powyżej mostu,
 h_{wt} – wysokość fali i spiętrzenia wiatrowego,
 Δh – wolna przestrzeń określona zgodnie z odnośnymi przepisami: $\Delta h = 0,5$ m.

Ponieważ piętrzenie wiatrowe oraz falowanie powierzchni wody należy uwzględniać tylko w ujściowych odcinkach rzek wpadających do morza oraz na odcinkach rzek wpływających do lub wypływających z naturalnych lub sztucznych zbiorników wodnych, to dla projektowanych mostków nad rzeką Czarna Hańcza przyjęto: $h_{wt} = 0,0$ m

Rzędna spiętrzonej wody powyżej mostu wyznaczono ze wzoru:

$$z_s = z_m + \Delta z$$

gdzie:

- z_m – rzędna zwierciadła wody odpowiadająca przepływowi miarodajnemu,
 Δz – spiętrzenie zwierciadła wody przed mostem.



W tab. 4 zestawiono wyznaczone dla mostków MP1 i MP2:

- ≡ rzędne zwierciadła wody odpowiadającej przepływowi miarodajnemu (z_m), rzędne spiętrzonej wody powyżej mostków (z_s) i minimalne rzędne spodu konstrukcji tych mostków (z_k);
- oraz
- ≡ projektowane rzędne spodu konstrukcji ww. mostków ($z_{projekt}$).

Z zestawienia tego wynika, że projektowane mostki spełniają wymagania normatywne w zakresie wzniesienia dolnej krawędzi konstrukcji mostu ponad najwyższy poziom spiętrzonej wody przepływu miarodajnego.

Tabela 4.

Rzędne zwierciadła wody i spodu konstrukcji projektowanych mostków.

mostek	z_m [m npm. Kr]	z_s [m npm. Kr]	z_k [m npm. Kr]	$z_{projekt}$ [m npm. Kr]
MP1	164,80	164,81	165,31	165,31
MP2	163,45	163,45	163,95	164,50

4. Koncepcja przepławki.

4.1. Hydrologia.

Przepływy charakterystyczne rzeki Czarna Hańcza dla przekroju jazu w Suwałkach podano w rozdz. 2.1, natomiast rozbiory wody w tym przekroju – zgodnie z [3, 7] – przedstawiają się następująco:

- ≡ maksymalny godzinowy pobór wody do zalewu Arkadia wynosi $Q_{maxh} = 1235 \text{ m}^3/\text{h}$ ($0,343 \text{ m}^3/\text{s}$) przy MaxPP=NPP=165,50 m npm. Kr,
- ≡ przewidywany pobór wody na przepławkę $Q_{przept} = 0,157 \text{ m}^3/\text{s}$,
- ≡ przepływ nienaruszalny $Q_{n.b} = 0,198 \text{ m}^3/\text{s}$.

Podany wyżej przepływ nienaruszalny $Q_{n.b}$ jest niższy od wartości przepływu nienaruszalnego wyznaczonej zgodnie z Rozporządzeniem nr 8/2015 Dyrektora Regionalnego Zarządu Gospodarki Wodnej w Warszawie z dnia 3 kwietnia 2015 r. w sprawie ustalenia warunków korzystania z wód regionu wodnego Niemna [9]. W myśl art. 9 tego rozporządzenia nie powinien on być mniejszy niż $0,33 \text{ m}^3/\text{s}$.



4.2. Ichtiofauna.

Skład gatunkowy ryb w górnym odcinku Czarnej Hańczy (tab. 5) podano za [2]. Gatunki ryb objęte ochroną wymienione w załączniku do *Rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 6 października 2014 r. w sprawie ochrony gatunkowej zwierząt* [13] zaznaczono w tabeli żółtym kolorem.

Tabela 5.

Ichtiofauna górnego odcinka Czarnej Hańczy.

Gatunek	Potasznia	Krzywólka	Suwałki 1	Suwałki 2	Sobolewo
karp <i>Cyprinus carpio</i>				X	
karaś <i>Carassius auratus gibelio</i>					X
kielb <i>Gobio gobio</i>				X	
lin <i>Tinca tinca</i>					X
krap <i>Abramis bjoerkna</i>			X		X
płoc <i>Rutilus rutilus</i>	X	X	X	X	X
słonecznica <i>Leucaspis delineatus</i>			X		
strzeblapotoko wa <i>Phoxinus phoxinus</i>	X	X	X	X	X
ukleja <i>Alburnus alburnus</i>			X	X	X
koza <i>Cobitis taenia</i>					X
piskorz <i>Misgurnus fossilis</i>			X		X
śliz <i>Barbatula barbatula</i>		X			
szczupak <i>Esox lucius</i>		X			
pstrąg potokowy <i>Salmo trutta m. fario</i>	X	X	X	X	X
miętus <i>Lotalota</i>					X
ciernik <i>Gasterosteus aculeatus</i>	X	X	X	X	X
okoń <i>Perca fluviatilis</i>		X		X	X



Konstrukcja przepławki dla ryb musi uwzględniać rozmiary osobnicze przedstawicieli ichtiofauny, dla których zostały wybudowane. Stąd rozmiary komór lub basenów (długość, szerokość, głębokość), wymiary przelewów, przesmyków i szczelin oraz odcinkowe prędkości prądu wody (zwłaszcza w miejscach krytycznych) muszą być dopasowane do wymagań migrujących ryb. Generalnie uznaje się, że najważniejsze są wielkości przelewów, przesmyków i szczelin ponieważ całkowicie blokują migracje osobników o rozmiarach przekraczających ich wymiary.

Przyjmuje się, że szerokość przelewu, przesmyku lub szczeliny przepławki musi być minimum dwukrotnie większa niż szerokość ciała największego osobnika oraz minimum trzykrotnie większa niż wysokość ciała największego osobnika

Zebrane w tab. 5 gatunki ryb poza karpem (gatunek nierodzimym) i szczupakiem, które osiągają znaczne rozmiary, nie należą do gatunków o dużych rozmiarach ciała. Przyjęto więc, że minimalny wymiar przelewu, przesmyku lub szczeliny to szerokość 0,2 m i głębokość wody 0,4 m.

Najwyższe dopuszczalne prędkości wody w nowobudowanych przepławkach winny wynosić (Gebler 1991, Jens i in 1997, za [1]):

- ≡ dla ryb łososiowatych (łosoś, troć, pstrąg, głowacica) i lipienia do 2,0 m/s,
- ≡ dla reofilnych ryb karpowatych (brzanka, kleń, jelec, brzana, świnka, certa, boleń, jaź) do 1,5 m/s,
- ≡ dla pozostałych gatunków (ryby młode i małe) do 1,0 m/s.

W odcinkach rzek i potoków zasiedlonych przez prawnie chronione (słabo pływające) gatunki ryb takie jak: minogi, kozowate, kiełbie, głowacze, piekielnice, różankę, strzeblę błotną i śliza, najniższa prędkość wody w przepławce nie może przekraczać 0,4 m/s [1].

4.3. Założenia wstępne.

W [7] zakłada się, że w ramach remontu jazu zostanie wykonana komorowa przepławka dla ryb o konstrukcji żelbetowej lub kamienno-betonowej. Średni przepływ wody przez przepławkę będzie wynosić $Q_{przept.} = 0,157 \text{ m}^3/\text{s}$, różnica wysokości pomiędzy komorami $\Delta h = 0,15 \text{ m}$, minimalna powierzchnia otworu w przegrodach między komorami $0,1 \text{ m}^2$, a maksymalna prędkość wody nie powinna przekroczyć $v_{max} = 1,5 \text{ m/s}$.

Poziom wody górnej jazu będzie się wahał w granicach od 165,50 m n.p.m. Kr do 165,19 m n.p.m. Kr, a różnica pomiędzy WG i WD jazu (spad) przy przepływie NNQ będzie wynosić:

- ≡ **H = 1,85 m** przy WG na poziomie MaxPP = 165,50 m n.p.m. Kr i WD przy przepływie NNQ przyjętej na poziomie gurtu zamykającego nieckę wypadową, tj. 163,65 m n.p.m. Kr;
- ≡ **H = 1,54 m** przy WG na poziomie Min.PP = 165,19 m.n.p.m. Kr i WD na rzędnej 163,65 m n.p.m. Kr.



Oznacza to, że dopuszczalne/możliwe wahania wody górnej i wysokości spadu wody na jazie wyniosą 31 cm. Poniżej jazu znajduje się niecka wypadowa o długości $L = 7,75$ m, rzędnej dna 163,15 m.n.p.m. oraz głębokości $h=0,50$ m, która minimalizuje ryzyko erozji dennej i stabilizuje zwierciadło wody w dolnym stanowisku jazu.

4.4. Hydraulika przepławki.

Przepływ operacyjny przepławki rozumiany jako przepływ w rzece Czarna Hańcza, przy którym przepławka musi dobrze funkcjonować, zawiera się w granicach od min. = NNQ do max. = $2 \times SSQ$, czyli od $0,080 \text{ m}^3/\text{s}$ do $1,90 \text{ m}^3/\text{s}$.

Założony w [7] pobór wody na przepławkę wynosi $Q_{\text{przept.}} = 0,157 \text{ m}^3/\text{s}$, różnica poziomów między komorami lub basenami $0,15$ m, a minimalna powierzchnia otworu w przegrodach między komorami $0,1 \text{ m}^2$. Zgodnie z założeniami w rozdz.4.2 minimalne wymiary przelewu uwzględniające rozmiary korzystających z przepławki gatunków ryb, powinny być następujące: szerokość przelewu $0,2$ m, minimalna wysokość wody nad przelewem (głębokość wody w przelewie) $0,4$ m.

Zgodnie z danymi hydrologicznymi:

≡ najniższy projektowany przepływ wody przez przepławkę będzie wynosił
 $Q_{\text{min}} = 0,080 \text{ m}^3/\text{s} = NNQ = 0,080 \text{ m}^3/\text{s}$.

≡ najwyższy projektowany przepływ wody przez przepławkę będzie wynosił
 $Q_{\text{max}} = 0,157 \text{ m}^3/\text{s} < Q_{\text{n.b}} = 0,198 \text{ m}^3/\text{s}$,

Przelew ten, o różnicy poziomów między komorami $h = 0,15$ m i szerokości $0,2$ m, będzie pracował jako częściowo zatopiony, więc głębokość wody w przelewie wyniesie:

≡ przy najniższym projektowanym przepływie wody $Q_{\text{min}} = 0,080 \text{ m}^3/\text{s}$ – ok. 28 cm.

≡ przy najwyższym projektowanym przepływie wody $Q_{\text{max}} = 0,157 \text{ m}^3/\text{s}$ – ok. 44 cm.

Oznacza to, że zalecane w rozdz. 4.2 głębokości przelewów, przesmyków lub szczelinw przepławce powinny być dotrzymane w granicach założonego przepływu operacyjnego. Należy pamiętać, że im mniejsza głębokość wody w przelewie tym mniejszy rozmiar osobniczy ryb pokonujących przepławkę.

Wymiary komór/basenów przepławki zależą od rozmiarów migrujących ryb oraz wielkości turbulencji wody w komarach/basenach przepławki, która zależy od przepływu, spadku między komorami oraz wielkości komór. Miarą tej zależności jest dyssypacja objętościowa P_v , liczonej ze wzoru [5]:

$$P_v = \rho \times g \times Q_{\text{max}} \times \Delta h / V$$



gdzie:

- ρ – gęstość wody,
- g – przyspieszenie ziemskie,
- Q_{max} – max. przepływ wody w przepławce,
- Δh – spadek pomiędzy komorami,
- V – objętość wody w komorze/basenie przepławki.

Ze względu na występowanie trzech gatunków ryb prawnie chronionych przyjęto, że dyssypacja objętościowa w analizowanym przypadku nie może przekraczać 150 W/m^3 co oznacza, że minimalna wewnętrzna powierzchnia komory/basenu o założonej w [7] głębokości 0,60 m powinna wynosić $2,7 \text{ m}^2$.

4.1. Obliczenie liczby basenów i długości przepławki.

Liczba basenów przepławki wyznaczana jest według wzoru:

$$N = \frac{H}{\Delta h} - 1$$

gdzie:

- N – liczba basenów,
- H – spadek budowli, tj. różnica wysokości między WG przy MaxPP i WD przy przepływie NNQ,
- Δh – zakładany spadek między komorami przepławki, równy 0,15 m.

Przy $H = 165,50 \text{ m npm}$. Kr – $163,65 \text{ m npm}$. Kr = 1,85 m, $N=12,33$. Ostatecznie przyjęto 12 basenów.

Długość przepławki obliczana jest według wzoru:

$$L = N \times l$$

gdzie l jest długością basenu/komory mierzoną od osi do osi przegrody poprzecznej.

Przy długości basenu równej 2,30 m, długość przepławki wynosi 27,6 m. Ostatecznie przyjęto, że długość przepławki $L=32,4 \text{ m}$.

4.5. Możliwe warianty realizacyjne przepławki.

Ze względu na napięty bilans wodny jazu, nie jest możliwe zastosowanie przepławki obchodzącej istniejący jaz w formie urządzenia „bliskiej naturze”, ani zastosowanie przepławki z dodatkową funkcją pochylni dla kajaków (rys. 1). Przepławka taka, przy głębokości kanału 0,5 m i szerokości 1,2 m, będzie wymagać przepływu wody rzędu $0,300 \text{ m}^3/\text{s}$.

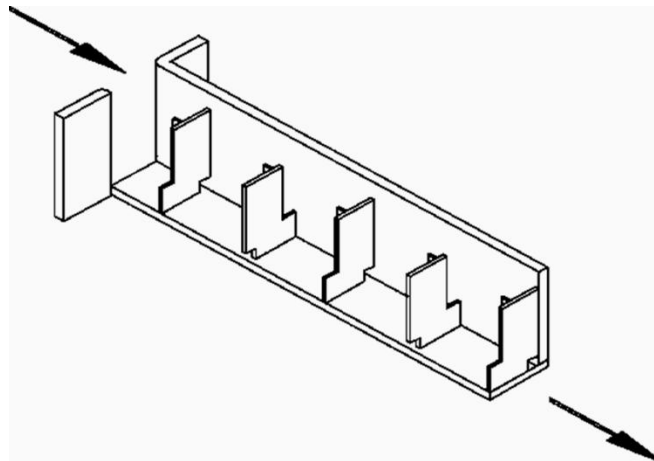


Rys. 1. Przepławka dla ryb i pochylnia dla kajaków na rzece Szprewa w miejscowości Spreewald w pobliżu Berlina (fot. Hassinger R, Kaetz D. w 4]).

Przy minimalnym dostępnym przepływie wody $0,080 \text{ m}^3/\text{s}$ głębokość kanału przepławki wyniesie $0,3 \text{ m}$, a szerokość $0,6 \text{ m}$, co wyklucza wykorzystanie tej przepławki jako przeprawy dla kajaków. Dodatkowym mankamentem tego rozwiązania jest duża wrażliwość urządzenia na wahania poziomu wody górnej i dolnej, które będą niekorzystnie wpływać na warunki hydrauliczne w kanale przepławki.

Ze względu na konieczność pracy przy zmiennych poziomach wody górnej i dolnej jazu oraz konieczność zapewnienia funkcjonalności przepławki przy różnych przepływach wody w Czarnej Hańczy, jedynym racjonalnym rozwiązaniem jest zastosowanie przepławki z grupy przepławek technicznych. Urządzenia techniczne lepiej niż urządzenia „bliskie naturze” tolerują wahania poziomów wody górnej i dolnej oraz są łatwiejsze do kalibracji w celu uzyskania zadanego przepływu wody. Możliwe są dwa rozwiązania:

Przepławka komorowa klasyczna z rozmieszczonymi naprzemianlegle głębokimi przelewami górnymi i niewielkimi przesmykami (rys. 2). Przepławka ta, bez utraty sprawności i bez dodatkowych urządzeń, toleruje wahania wody górnej w granicach $0,5 - 0,7 \text{ m}$ [5].



Rys. 2. Schemat przepławki dla ryb, często spotykanej we Francji przy niewielkich piętrzeniach (rys. Larinier w [5]).

Maksymalny wydatek przesmyku dolnego przepławki przy największej różnicy wysokości WG i WD wynoszącej 1,85 m, występującej przy MaxPP i przepływie NNQ, obliczany według wzoru:

Chwilowe różnice poziomów wody między poszczególnymi komorami mogą wówczas wzrosnąć do 0,17 m.

$$Q = \mu \times S \times (2g\Delta h)^{0,5}$$

gdzie:

- μ – współczynnik wydatku przesmyku dolnego przybierający wartości od 0,65 do 0,85, w obliczeniach przyjęto 0,75;
- S – pole powierzchni przesmyku 0,0576 m²
- g – przyspieszenie ziemskie,
- Δh – spadek między komorami przepławki, chwilowe różnice poziomów wody pomiędzy poszczególnymi komorami przepławki mogą wówczas wzrosnąć do 0,17 m.

wynosi 0,078 m³/s.

Obliczony wydatek przesmyku dolnego odpowiada kwadratowemu otworowi o wymiarach wewnętrznych 24x24 cm, lub otworowi okrągłemu o średnicy wewnętrznej 270 mm, który może zostać wykonany z wykorzystaniem typowej rury kanalizacyjnej. W tym konkretnym przypadku ze względu na konieczność zagwarantowania dobrego funkcjonowania przepławki i niezbyt dokładne dane hydrologiczne zaleca się zastosowanie rury PVC o mniejszej średnicy wewnętrznej, równej 238 mm (średnica nominalna rury 250 mm).

Dla normalnych warunków eksploatacji, przy zakładanej różnicy poziomów wody pomiędzy poszczególnymi komorami wynoszącej 0,15 m, wydatek przesmyku dolnego wynosi 0,074 m³/s.



Przy przepływach wody w korycie Czarnej Hańczy powyżej Q_{min} wynoszącego $0,080 \text{ m}^3/\text{s}$ przesmyk dolny i przelew górny będą pracować łącznie. Wymiary przelewu górnego przepławki muszą być tak dobrane, aby łączny wydatek przesmyku i przelewu nie przekroczył najwyższego projektowanego przepływu przez przepławkę Q_{max} określonego w pozwoleniu wodnoprawnym, tj. $0,157 \text{ m}^3/\text{s}$. Ze względu na zmienne wielkości przepływu wody w przepławce oraz odległość pomiędzy górną częścią przesmyku, dolną częścią przelewu, a także z uwagi na „skokowy” początek pracy przelewu przelew górny obliczany jest jak przelew częściowo zatopiony, według wzoru:

$$Q = \mu \times b \times H_1 \times (2g\Delta h)^{0,5}$$

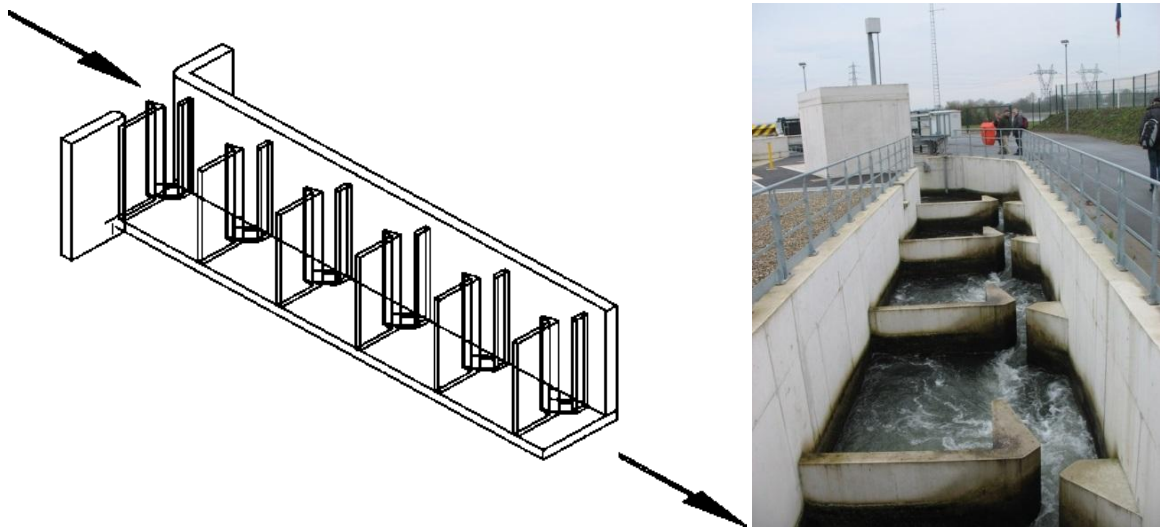
gdzie:

- μ – współczynnik wydatku przesmyku dolnego przybierający wartości od 0,65 do 0,85, w obliczeniach przyjęto 0,75,
- b – szerokość przelewu równa 0,18 m,
- H_1 – głębokość/wysokość wody na przelewie równa 0,35 m,
- g – przyspieszenie ziemskie,
- Δh – spadek między komorami przepławki, wynoszący 0,15 m

wynosi $0,081 \text{ m}^3/\text{s}$.

Łączny wydatek wody przesmyku dolnego i przelewu górnego w typowych warunkach hydrologicznych wyniesie: $0,074 + 0,081 = 0,155 \text{ m}^3/\text{s}$.

Przepławka komorowa szczelinowa ze szczelinami na całej (lub na części) wysokości ściany działowej, umieszczonymi przy tym samej ścianie kanału przepławki z przyściennymi deflektorami poniżej szczelin kierującymi nurt wody do środka komór (ryc. 3). Przepławka ta, bez utraty sprawności i bez dodatkowych urządzeń, toleruje wahania zarówno wody górnej jak i dolnej w granicach 1 - 2 m [5].

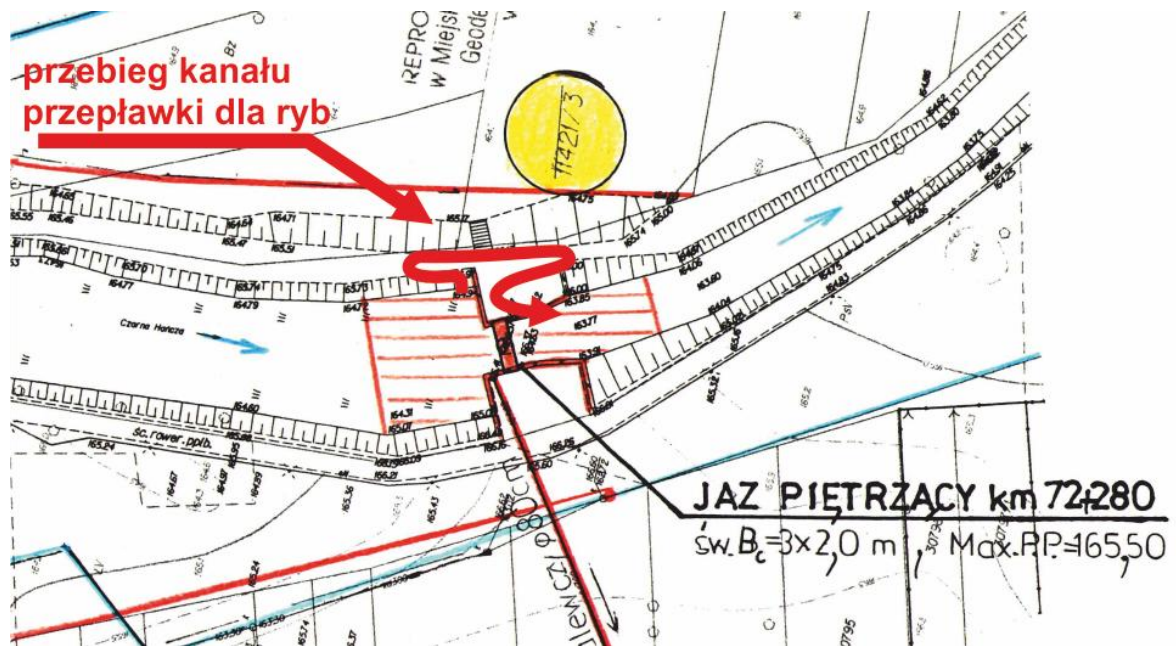


Rys. 3. Schemat przepławki jednoszczelinowej (rys. M. Larinier w [5]) – po lewej, przepławka szcze;inowa na stopniu Gamsheim na rzece Ren (fot. M. Jelonek).

4.6. Lokalizacja przepławki.

Kanał przepławki, ze względu na konieczność jednoczesnego zachowania przepływu nienaruszalnego w korycie rzeki oraz konieczność zapewnienia wymaganej ilości wody niezbędnej dla funkcjonowania przepławki, musi łączyć górne stanowisko oraz nieckę wypadowa jazu. Tylko w takim przypadku możliwe jest zapewnienie stałego, całorocznego przepływu wody przez przepławkę dla ryb (ryc. 4). Stąd by zapobiec sytuacji w której, przy skrajnie niskim poziomie wody, ryby dostaną się na stanowisku górnym do przepławki, a na stanowisku dolnym stan wody będzie na tyle niski, że nie będą w stanie poruszać się dalej w dół rzeki, proponuje się wydłużenie niecki wypadowej istniejącego jazu, tak by jej próg znajdował się przed wlotem do przepławki od stwony stanowiska dolnego. Takie działanie spowoduje połączenie górnego stanowiska oraz niecki wypadowej jazu, która będzie stanowić swoisty basen dla ryb w którym będą one mogły przeczekać czas skrajnie niskich stanów wód. Konceptyjny rzut i przekrój przez przepławkę stanowią załączniki tego opracowania.

W tej sytuacji niezwykle kluczowa jest konstrukcja wlotu wody do przepławki na górnym stanowisku jazu, która powinna zapewniać stały samoczynny dopływ wody na przepławkę w granicach minimalnego i maksymalnego poziomu wody górnej bez konieczności manualnej regulacji tego przepływu. Ewentualny, nawet kilkuminutowy zanik dopływu wody do przepławki będzie powodował śnięcia ryb znajdujących się w przepławce i stałe problemy dla administratora jazu.



Rys. 4. Lokalizacja przepławki przy istniejącym jazie na rzece Czarna Hańcza w Suwałkach (opracowanie Jelonek z wykorzystaniem rysunku zamieszczonego w [6]).



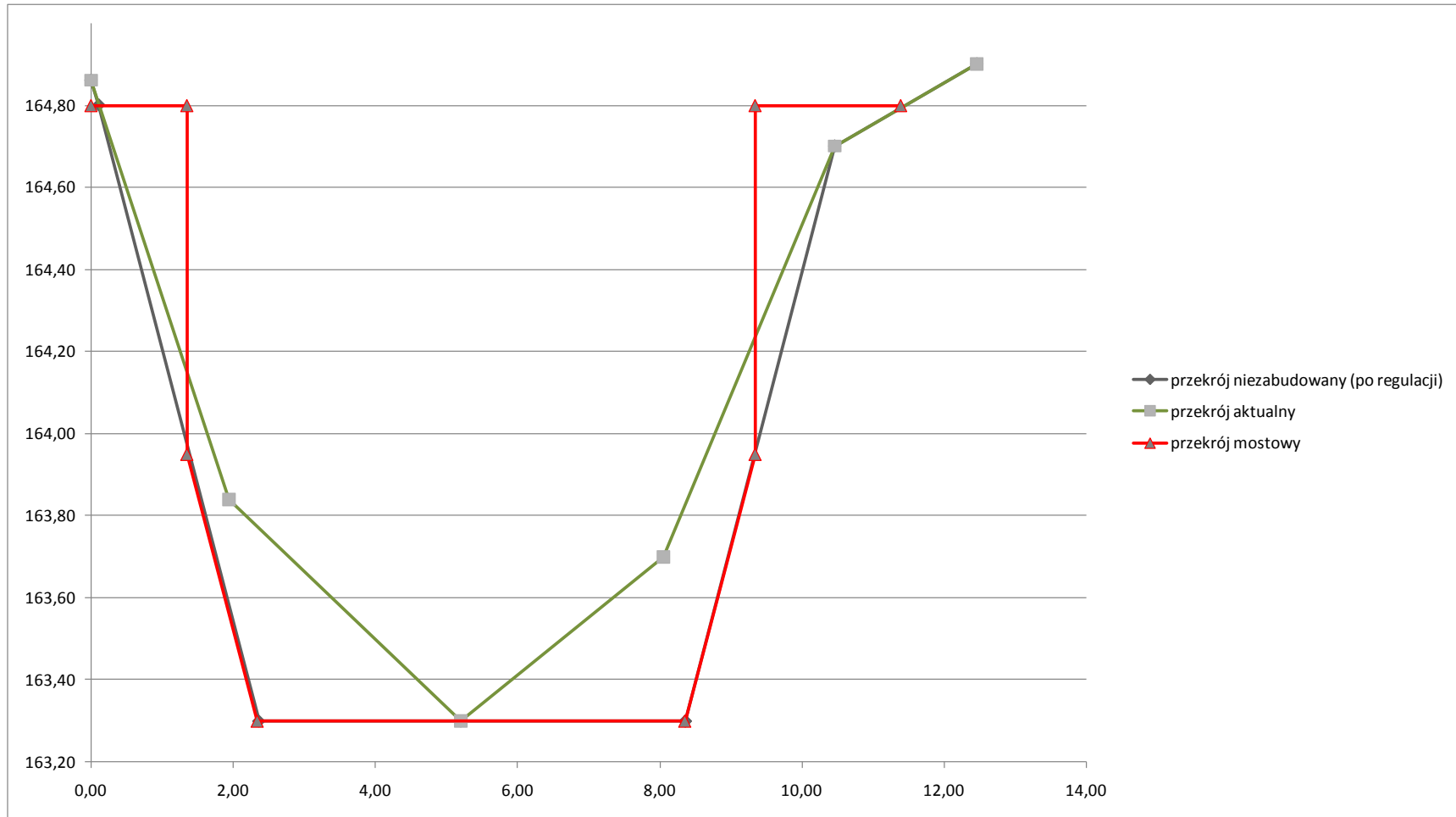
5. Materiały źródłowe.

- [1] Bojarski A., Jeleński J., Jelonek M., Litewka T., Wyżga B., Zalewski J.: *Zasady dobrej praktyki w utrzymaniu rzek i potoków górskich*. Ministerstwo Środowiska, Departament Zasobów Wodnych, Warszawa, 2005.
- [2] Chybowski Ł., Białokoz W.: *Ichtyofauna górnego odcinka Czarnej Hańczy (zlewnia Niemna, północno-wschodnia Polska)*, Zakład Rybactwa Jeziorowego, Instytut Rybactwa Śródlądowego w Olsztynie. Komunikaty Rybackie Nr 6 (137),6–10, 2013.
- [3] Decyzja znak OŚR.6341.40.2014.JM z dnia 22 sierpnia 2014 r. wydana przez Starostę Suwalskiego dla Ośrodka Sportu i Rekreacji w Suwałkach.
- [4] Hassinger R.; Kraetz D.: *The Canoe-Fishway - A Combination of Fish Migration Facility and Canoe Passage in the same Channel*. University of Kassel, Germany Hydraulics Laboratory and Testing Facilities, Dept. of Civil Engineering, 2002.
- [5] Larinier M., Travade F., Porcher J. P. : *Fishways: biological basis, design criteria and monitoring*, Bull. Franc. Pêche et Pisciculture [Urządzenia służące migracji ryb, podstawy przyrodnicze, kryteria projektowe i monitoring]., 364 suppl., 1-208, 2002.
- [6] *Metodyka obliczania przepływów i opadów maksymalnych o określonym prawdopodobieństwie przewyższenia dla zlewni kontrolowanych i niekontrolowanych oraz identyfikacji modeli transformacji opadu w odpływ*. Raport końcowy. Stowarzyszenie Hydrologów Polskich, Metodyka wykonana na zlecenie Krajowego zarząd Gospodarki Wodnej i sfinansowana ze środków Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej, , Warszawa 2009.
- [7] Operat wodnoprawny na szczególne korzystanie z wód powierzchniowych rzeki Czarna Hańcza km 72+280 – Piętrzenie i pobór wody na potrzeby Zalewu „Arkadia” w Suwałkach, Zakład Usług Projektowo-Technicznych „Projmel” Władysław Matkowski, kwiecień 2014.
- [8] *Rozporządzenie nr 8/2015 Dyrektora Regionalnego Zarządu Gospodarki Wodnej w Warszawie z dnia 3 kwietnia 2015 r. w sprawie ustalenia warunków korzystania z wód regionu wodnego Niemna*, Dz. Urzęd. Woj. Podlaskiego z 13 kwietnia 2015 r., poz. 1251.
- [9] *Profil podłużny Czarna Hańcza km 69+850 ÷ km 70+825*, 2016.
- [10] *Rozporządzenie Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej z dnia 2 marca 1999 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać drogi publiczne i ich usytuowanie* (Dz. U. 1999 nr 43, poz. 430),
- [11] *Rozporządzenie Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej z dnia 30 maja 2000 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać drogowe obiekty inżynierskie i ich usytuowanie* (Dz. U. 2000 nr 63, poz. 735).
- [12] *Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 20 kwietnia 2007 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budowle hydrotechniczne i ich usytuowanie* (Dz. U. 2007 nr 86 poz. 579).
- [13] *Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 6 października 2014 r. w sprawie ochrony gatunkowej zwierząt* (Dz. U. z 2014 r. poz. 1348).

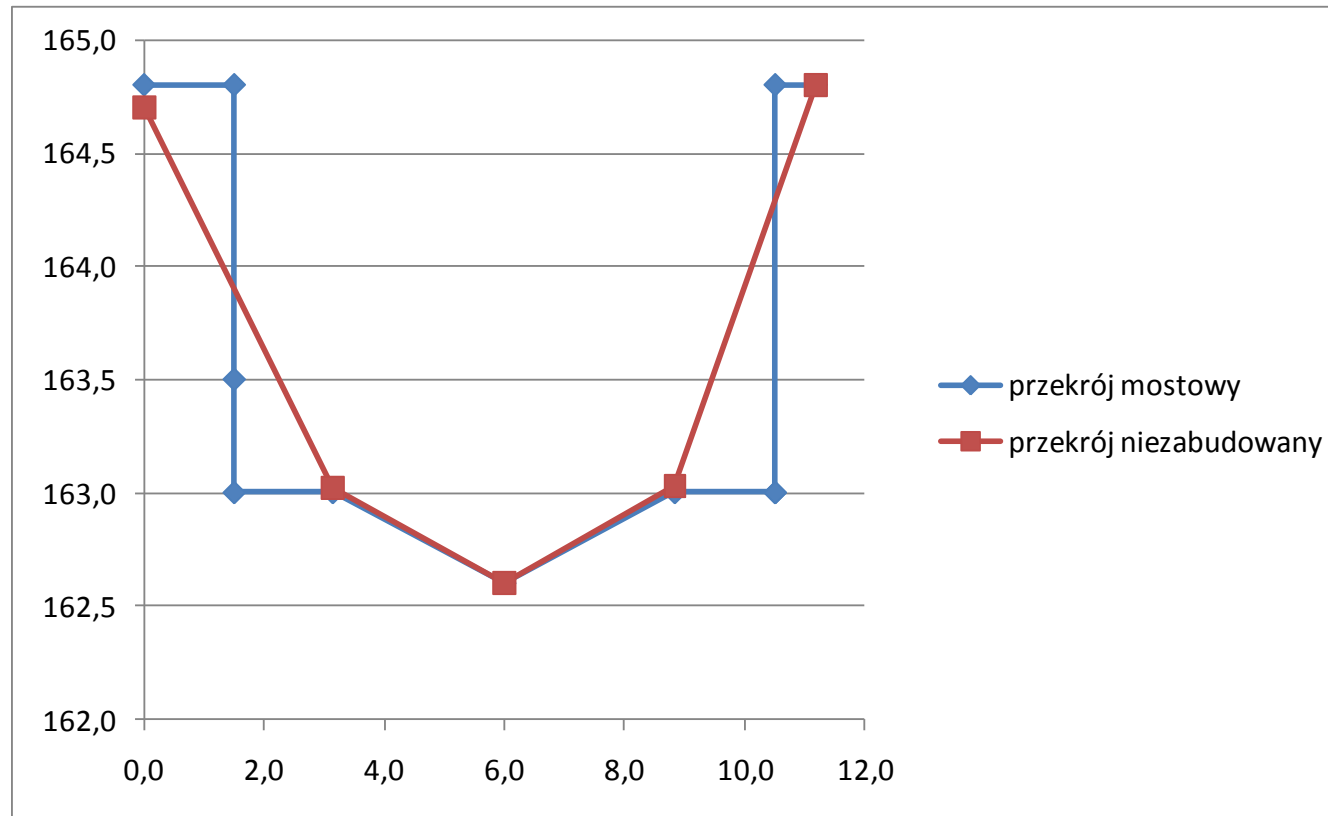


Załącznik

Przekroje poprzeczne rzeki Czarna Hańcza



Mostek MP1 km 70+253



Mostek MP2 km 70+054