

WPŁYW PARAMETRÓW GEOMETRYCZNYCH KORYTA I ZWIERCIADŁA WODY NA KSZTAŁT I ZASIĘG COFKI W DOLNYCH BIEGACH RZEK

W artykule przedstawiono wyniki analizy wpływu zmiany parametrów geometrycznych rzeki, takich jak szerokość, spadek dna i głębokość na zasięg i kształt cofki. Wykazano, że zmiany te umożliwiają poprzez wydłużenie zasięgu cofki uzyskanie drogi wodnej dolnej Iny z Polic do Goleniowa bez stosowania klasycznych zabiegów regulacyjnych.

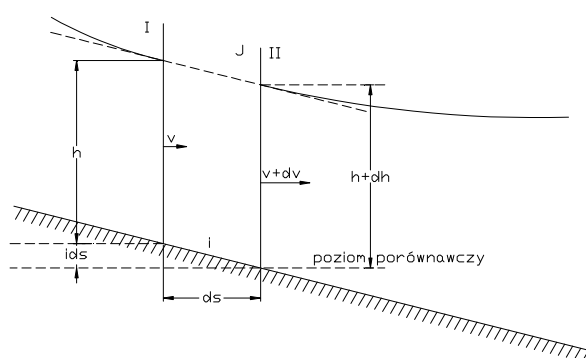
1. WSTĘP

Parametry geometryczne przewodów otwartych, do jakich należą rzeki, mające wpływ na zmianę jej charakteru i wyglądu to przede wszystkim jej głębokość, szerokość oraz spadek.

W niniejszej pracy wykazano, że parametry te mają ogromny wpływ na zjawisko występujące w dolnych (ujściowych) odcinkach rzek – cofkę wsteczną. Wpływ ten polega na wydłużaniu, bądź skracaniu jej zasięgu, przez co możliwe jest wykorzystanie tego zjawiska do regulacji rzek w dolnych jej odcinkach.

Cofka – jest to zmiana parametrów kształtu zwierciadła wody wywołana w sposób sztuczny (zapory) lub naturalny (odbiornik, do którego wpływa rzeka). Jest to jednocześnie obszar ruchu niejednostajnego, tzn. takiego, gdzie linia energii zwierciadła wody i dna nie są równoległe. W takim przypadku nie można mówić o stałym spadku zwierciadła cieczy, jedynie o lokalnym spadku I zwierciadła między przekrojami położonymi bardzo blisko siebie.

Jeżeli przyjęty zostanie spadek dna koryta przez i , to $I \neq i$. W takim przypadku ruch w korycie można traktować, jako wolnozmienny i przy takim założeniu można rozpisać równanie Bernoulliego (Czetwertyński, 1968) dla obu przekrojów (rys. 1), uwzględniając, że wzniesienie zwierciadła wody w przekroju I jest równe $h+ids$:



Rys. 1. Ruch niejednostajny w korycie rzeczonym (Czetwertyński, 1968)

$$h + ids + \frac{\alpha v^2}{2g} = h + dh + \frac{\alpha(v + dv)^2}{2g} + \sum h_{str} \quad (1)$$

¹ Akademia Morska, Szczecin

$$ids = dh + \frac{\alpha v dv}{g} + \frac{v^2}{c^2 R_h} ds \quad (2)$$

$$\frac{dh}{ds} = \frac{i - \frac{Q^2}{c^2 R_h A^2}}{1 - \frac{\alpha Q^2 B}{g A^3}} \quad (3)$$

$$\frac{dh}{ds} = i \frac{1 - \frac{Q^2}{ic^2 R_h A^2}}{1 - \frac{\alpha Q^2 B}{g A^3}} \quad (4)$$

Wszystkie dolne odcinki rzek wpadających do morza, jezior, bądź innych większych rzek mają wywołany obszar cofkowy przez te odbiorniki, np. dolny bieg Wisły dolna Odra, Ina, itp. Jako przykład do dalszych rozważań przyjęto dolny odcinek Iny od Goleniowa do Odry (Inoujścia).

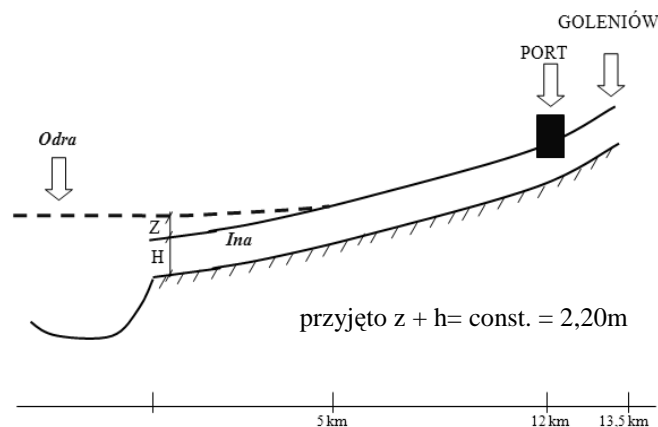
Długość Iny od ujścia do mostu na autostradzie, który stanowi przeszkodę dla ewentualnej żeglugi wynosi ok. 13,5 km. Na tym odcinku Ina jest obwałowana (część wałów przeciwpowodziowych jest wyremontowana) i nie przejmuje już żadnych dopływów. Średni spadek rzeki wynosi 0,3‰ (0,0003), średni przepływ – 13,7m³/s.

W samym rejonie ujściowym Ina podlega wpływom odrzańskiej cofki wstecznej. Zasięg tej cofki wynosi ok. 5 km (przy najniższym stanie na Odrze i największym przepływie na Inie)(Kantor, 2007).

Po przeprowadzonej analizie warunków hydrologicznych i hydraulicznych (Kantor, 2007) rzeki Iny dostrzec można nowy sposób na przekształcenie jej w drogę wodną. Jest to wykorzystanie istniejących zjawisk hydrodynamicznych generujących stany i przepływy (odrzańska cofka wsteczna).

Na rzece Inie zlokalizowane są wodowskazy sieci państwowej, na których są prowadzone przez IMGW wieloletnie obserwacje. W Goleniowie znajduje się ostatni taki wodowskaz. Zero tego wodowskazu wg Kronsztadu ustalono na 1,75 m Kr.

Założenia do analizy przedstawiono na rysunku 2.



Rys. 2. Odcinek ujściowy rzeki Iny (Kantor, 2007)

Aby zmierzyć wpływ zmiany parametrów geometrycznych, konieczne jest poznanie wartości jednego z nich, a mianowicie głębokości. Wykorzystując i przekształcając wzór na prędkość średnią oraz podstawiając inne zależności zachodzące w tym zjawisku otrzymujemy gotowy wzór na głębokość h .

$$V = \frac{Q}{F} \quad (5)$$

$$F = B \cdot H \quad (6)$$

$$V_{sr} = \frac{1}{n} \cdot R_{\frac{1}{n^6}} \cdot \sqrt{I \cdot R_n} \quad (7)$$

$$V_{sr} = \frac{1}{n} \cdot R_n^{\frac{2}{3}} \cdot I^{\frac{1}{2}} \quad (8)$$

$$\frac{Q}{B \cdot H} = \frac{1}{n} \cdot H^{\frac{2}{3}} \cdot I^{\frac{1}{2}} \quad (9)$$

$$R \rightarrow H \quad (10)$$

$$H = \sqrt[5]{\left(\frac{Q \cdot n}{B \cdot I^{\frac{1}{2}}}\right)^2} \quad (11)$$

Do obliczenia odległości spiętrzenia w korytach prostokątnych służy wzór Rühlmanna (Czetwertyński, 1968)

$$l = \frac{h}{i_d} \left[f\left(\frac{z_{\max}}{h}\right) - f\left(\frac{z}{h}\right) \right] \quad (12)$$

gdzie: h - wysokość strumienia niespiętrzonego, z - spiętrzenie, czyli wzniesienie powierzchni swobodnej ponad wysokość h w odległości l od źródła spiętrzenia, z_{\max} - spiętrzenie maksymalne.

Zasięg spiętrzenia (cofki) obliczyć można ze wzoru:

$$L = \frac{h}{i_d} f\left(\frac{z_{\max}}{h}\right) \quad (13)$$

Biorąc pod uwagę warunki hydrologiczne i hydrauliczne Iny, przyjęto do teoretycznych obliczeń następujące wartości stałe:

$$Q = 18 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$n = 0,03$$

$$I = 0,25\text{‰} = 0,00025$$

$$15\text{m} \leq B \leq 60\text{m}$$

2. WPŁYW ZMIANY PARAMETRU SZEROKOŚCI KORYTA

Korzystając ze wzorów na obliczenie głębokości oraz równania Rühlmanna zestawiono dane liczbowe poszczególnych głębokości oraz zasięgu spiętrzenia odpowiednio do zmieniającej się (zwiększającej) szerokości koryta rzeki. Przyjęto, że szerokość zwiększać się będzie w sposób wyrazisty, co 5 m. Przeprowadzone obliczenia nie pozwoliły jednoznacznie określić jak zmiana szerokości wpływa na zasięg cofki.

3. WPŁYW ZMIANY PARAMETRU SPADKU

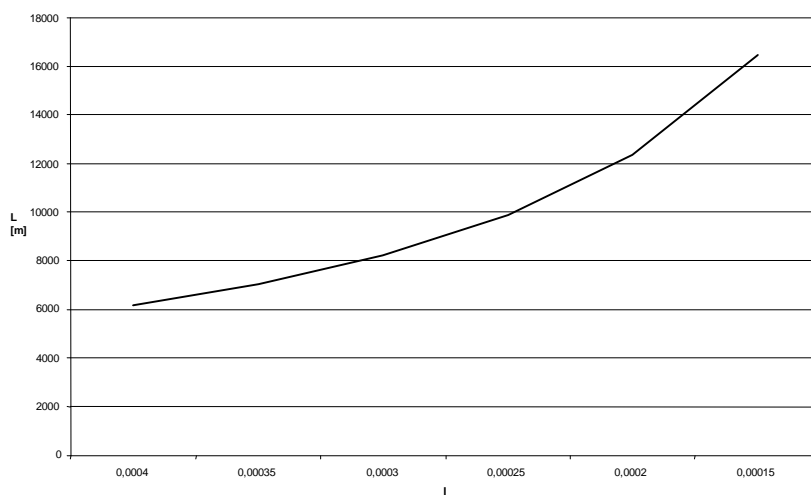
Podczas badania zmiany parametru spadku, korzystano z równań jak i w przypadku zmiany szerokości.

Dla potrzeb symulacji przyjęto stałą wartość szerokości, jako średnią równą 30m. Wyniki obliczeń zebrano w tabeli 2.

Tab. 2 Wpływ zmiany spadku na zasięg cofki

I	0,0004	0,00035	0,0003	0,00025	0,0002	0,00015
L [km]	6171,34	7052,96	8228,46	9874,15	12342,68	16456,91

Zmiana parametru spadku ma bardzo istotny wpływ na zasięg spiętrzenia. Różnice pomiędzy kolejnymi wartościami są znaczne. Im spadek jest mniejszy, tym zasięg cofki jest większy. Wzrost ten jest bardzo gwałtowny. Przy zmianie spadku o 0,00025 zasięg cofki wzrasta blisko trzykrotnie. Zmiany te obrazuje rys. 3.



Rys. 3. Wpływ spadku na zasięg cofki (Kantor, 2007)

4. WPŁYW ZMIANY PARAMETRU GŁĘBOKOŚCI

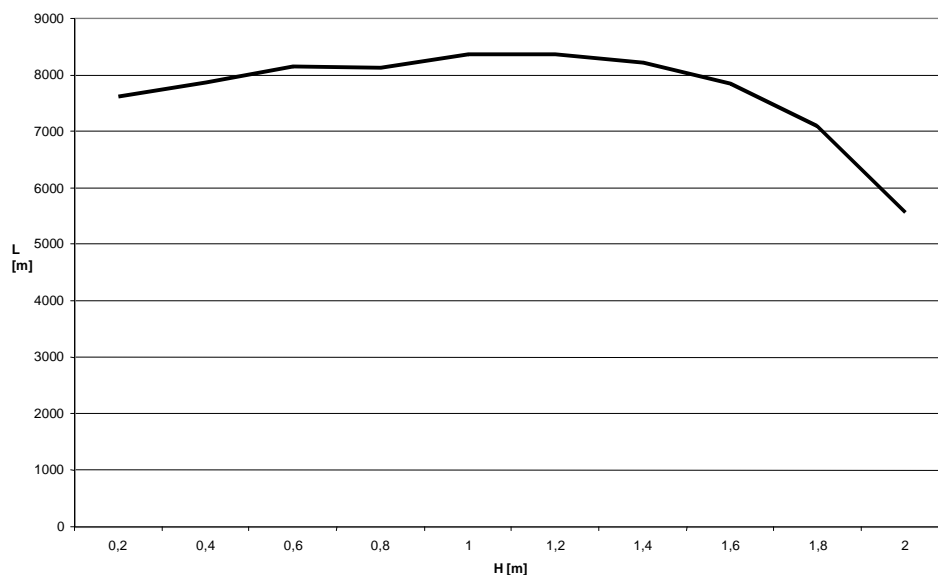
Głębokość jest parametrem, którego zmiany mają najmniejszy wpływ na zasięg cofki. Jej wartość zmienia się wraz ze zmianą głębokości w najmniejszym stopniu. Tabela 3 przedstawia wyniki przeprowadzonych badań.

Tab. 3 Wpływ zmiany głębokości na zasięg cofki

H [m]	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0
L [km]	7608,0	7865,7	8157,8	8122,1	8361,0	8366,0	8208,2	7850,7	7092,6	5568,7

Suma głębokości h i wysokości spiętrzenia z jest wartością stałą $\sum h, z = const$. Dlatego też, gdy głębokość wzrasta maleje jednocześnie spiętrzenie. Wysokość spiętrzenia jest wielkością wprost proporcjonalną do jej zasięgu, dlatego przy jej spadku spada również zasięg cofki.

W związku z tym początkowo przy wzroście głębokości do wartości stanowiącej ok. 50% sumy h i z zasięg cofki stopniowo rośnie, (przy czym nie jest to wzrost gwałtowny), natomiast, gdy wartość głębokości zaczyna przewyższać wysokość spiętrzenia, $h > z$ zasięg cofki zaczyna się zmniejszać. Zjawisko to obrazuje rysunek 4.



Rys. 4. Wpływ zmiany głębokości na zasięg cofki (Kantor, 2007)

5. WPŁYW ZMIANY PARAMETRÓW GEOMETRYCZNYCH NA ZASIĘG COFKI

Jak w wyniku z przytoczonych wcześniej wyników badań wartości parametrów geometrycznych rzeki mają ogromny wpływ na zjawisko cofki wstecznej, a w szczególności na jej zasięg. Po nałożeniu na siebie poszczególnych krzywych przedstawiających zmiany poszczególnych parametrów zauważyć można obszar wspólny, który stanowi najbardziej optymalne warunki dla danej rzeki. Przy konkretnych wartościach omawianych parametrów uzyskać można żadaną, bądź przybliżoną wielkość zasięgu spiętrzenia. Daje to możliwość wykorzystania zjawiska do uruchomienia drogi wodnej bez konieczności wykorzystywania klasycznych sposobów regulacyjnych.

Badanie wpływu zmienności parametrów geometrycznych rzeki na zasięg cofki w dolnych (ujściowych) odcinkach rzek przeprowadzone było na przykładzie rzeki Iny. Do tej pory istniał pogląd, że jedyną możliwością budowy drogi wodnej dolnej Iny jest skanalizowanie odcinka rzeki pomiędzy ujściem a Goleniowem. Polegać to miało na wybudowaniu stopnia wodnego jeszcze w rejonie cofki odrzańskiej. Realizacja tego projektu

wymagałaby budowy: dwuprzęsłowego jazu, jednokomorowej śluzy, małej elektrowni wodnej i drogi przez stopień.

Przeprowadzone badania dowodzą, że uruchomienie drogi wodnej na Inie jest również możliwe dzięki wykorzystaniu zjawisk hydrodynamicznych generujących stany i przepływy w rzece oraz odpowiednim zabiegom hydrotechnicznym, bez stosowania klasycznej regulacji bądź kanalizacji rzeki.

Tranzytowe położenie gminy Goleniów na ważnych szlakach transportowych, w bliskiej odległości od Szczecina i granicy państwowej mają duży wpływ na jej atrakcyjność inwestycyjną.

Można postawić tezę, iż poprzez odpowiednie pogłębienie i ukształtowanie spadku dna rzeki oraz jej szerokości uzyskać będzie można odpowiedniej klasy drogę wodną (min. IV) na całym odcinku dolnej Iny – od Odry do Goleniowa.

Propozycja wykorzystania istniejących zjawisk hydrodynamicznych przy minimalnym nakładzie prac technicznych jest koncepcją nową i w swojej realizacji generującą niskie koszty wykonania.

6. POTRZEBY I MOŻLIWOŚCI URUCHOMIE DROGI WODNEJ DOLNEJ INY

Gmina Goleniów leży w północno-zachodniej części Województwa Zachodniopomorskiego. O ważności i atrakcyjności miasta i gminy w województwie stanowią: węzeł połączeń drogowych, kolejowych i lotniczych, lokalizacja wielu dziedzin przemysłu, dobrze rozwinięta sieć dróg i usług, potencjalne walory turystyczne. Tranzytowe położenie gminy na ważnych szlakach transportowych, w bliskiej odległości od Szczecina i granicy państwowej mają duży wpływ na jej atrakcyjność inwestycyjną.

Drogi międzyregionalne i regionalne to główny układ drogowy w gminie Goleniów zapewniający transportowe powiązania zewnętrzne. Należą do nich:

- droga ekspresowa E-65 relacji Ystad – Świnoujście - Goleniów - Szczecin – Jakuszcze,
- droga ekspresowa E-28 relacji Goleniów – Koszalin – Gdańsk.

Jest to przede wszystkim ruch tranzytowy dalekiego zasięgu z dużym udziałem samochodów ciężarowych.

- linia kolejowa E-59 obsługująca przewozy pasażersko-towarowe średniego i bliskiego zasięgu,
- międzynarodowy port lotniczy.

Są to warunki transportowe, które należałoby wykorzystać do rozbudowy centrum logistycznego. Koniecznym dopełnieniem jest tutaj port śródlądowy na rzece Inie oraz połączenie go drogą wodną dolnej Iny z istniejącym portem śródlądowym w Policach.

Potrzeba utworzenia drogi wodnej Iny Police – Goleniów:

- obecnie brak jest połączenia wodnego Police- Goleniów;
- transport surowców do innych odbiorców przez Zakłady Chemiczne w Policach;
- zapotrzebowanie różnych gałęzi przemysłu w gminie Goleniów na transport towarów i surowców;
- ominięcie przez transport centrum Szczecina;
- uniknięcie niszczenia powierzchni drogowej;
- ochrona środowiska zanieczyszczonego przez transport drogowy w centrum Szczecina;
- odzyskanie znaczenia Portu Barkowego w Policach;
- przedłużenie ciągu komunikacyjnego rzeki Odry.

Projekt ten daje ogromne możliwości:

- przedłużenie ciągu komunikacyjnego rzeki Odry;
- do wykorzystania duże zaplecze transportowe gminy Goleniów dające możliwość przewozu ładunków z przyszłego portu śródlądowego w inne rejony kraju lub do Europy Zachodniej;
- przewaga czasowa transportu wodnego;
- transport samochodowy zyskuje na czasie przewożąc ładunki z Goleniowa;
- możliwość transportu ładunków wielkogabarytowych i ciężkich;
- wykorzystanie sąsiedztwa Goleniowskiego Parku Przemysłowego i możliwość jego rozwoju poprzez połączenie go z drogą wodną;
- projekt jest korzystny ekonomicznie;
- prorozwojowe dla gminy Goleniów;

Literatura

1. Czetwertyński E., Utrysko B.: Hydraulika i hydromechanika, Państwowe Wydawnictwo naukowe, Warszawa 1968.
2. Dębski K.: Hydrologia i Hydraulika, Państwowe Wydawnictwa Szkolnictwa Zawodowego, Warszawa 1967.
3. Kantor J.: Analiza możliwości uruchomienia drogi wodnej dolnej Iny, Międzynarodowa Konferencja „Analiza i prognozowanie w złożonych systemach zarządzania”, Sankt Petersburg 2007, w druku.
4. Troskoleński A.: Hydromechanika, Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa 1969.
5. Witryna internetowa gminy Goleniów: www.goleniow.pl

THE INFLUENCE OF GEOMETRICAL PARAMETERS FLUME AND MIRROR WATER ON SHAPE AND REACH BACKWATER IN BOTTOM (OUTCOME) RUNNINGS RIVERS

Analyze of influence of change of geometrical parameters of river, such were introduced in the article how width, the fall of the bottom and depth on reach and the shape of the backwater. It was showed, that these changes make possible through the aspect ratio the reach of the backwater the obtainment of the water road bottom Ina from Police to Goleniów without applying classic regulating cuts.