

ANNA ROSZAK¹

RUCH RUMOWISKA W ROZWIDLENIACH I POŁĄCZENIACH RZECZNYCH

1. Wstęp i założenia

Węzły połączeniowe to przede wszystkim dopływy boczne o mniejszym natężeniu przepływu do koryt głównych o większych przepływach oraz łączenie się dwóch rzek o podobnych przepływach. Węzły połączeniowe to również dopływy kanałów łączących dwie odnogi. W ujściach rzek występują liczne węzły połączeniowe oraz rozwidlenia koryta głównego na dwie odnogi lub odejście z koryta głównego kanału zasilającego inny ciek. Zarówno w węzłach rozwidleniowych jak i połączeniowych głównymi równaniami charakteryzującymi ich pracę są równania bilansowe wód i rumowiska wpływających i wypływających z węzłów. Prawidłowe rozwiązanie pracy każdego typu węzła jest powiązanie przepływu wody z ruchem rumowiska (Raudkivi, 1976).

Wprowadzono następujące założenia:

- I – spełnione równanie bilansowe przepływu wody,
- II – spełnione równanie bilansowe strumienia rumowiska,
- III – prostokątne przekroje poprzeczne koryt,
- IV – spadki hydrauliczne bardzo małe.

Ad. I.

Równanie bilansu przepływu wody pozwala dla każdego przepływu w korycie głównym i przyjętego przepływu w jednej z odnóg na obliczenie przepływu w odnodze drugiej w węźle rozwidleniowym oraz dla przyjętych przepływów w dwóch korytach na obliczenie przepływu w korycie po złączeniu ich w węźle połączeniowym.

Ad. II.

Równanie bilansu strumieni rumowiska jest kluczowym równaniem dla rozwiązania pracy węzła. Warunek bilansowania się rumowiska pozwolił zamknąć każdy etap obliczeń.

Ad. III.

Przekroje w ujściowych odcinkach rzek często obliczane są jak prostokątne. Przekroje poprzeczne koryt naturalnych o określonych powierzchniach można zamienić na prostokąty o szerokości w zwierciadle wody i głębokości średniej.

¹ Politechnika Szczecińska, Szczecin

Ad. IV.

Sieci kanałów z węzłami połączeniowymi i rozwidleniowymi to głównie ujścia rzek, gdzie spadki są rzędu 10^{-5} do 10^{-4} (np. ujście Odry). Wpływ spadku na transportowane rumowisko został przedstawiony w artykule Roszak, 2002.

2. Rumowisko

Do obliczeń strumienia rumowiska zastosowano metodę Ackersa - White'a, gdyż ujmuje ona jednocześnie rumowisko unoszone i wleczone (Ackers, White, 1973). Metoda ta została wielokrotnie opisana w publikacjach pracowników Politechniki Szczecińskiej, Wydziału Budownictwa oraz Instytutu Morskiego, oddziału w Szczecinie i zweryfikowano ją dla ujściowego odcinka Odry (Coufal, 1999, Roszak, 2001)

Celem rozpatrywanego zagadnienia była odpowiedź na pytanie: czy jest możliwe opracowanie uniwersalnej metody, za pomocą której można by obliczać ruch wody i rumowiska zarówno w węzłach rozwidleniowych jak i połączeniowych?

Obliczenia przebiegały następująco: jako pierwszy rozwiązywano węzeł rozwidleniowy. Dla przyjętego przepływu, szerokości, głębokości oraz składu rumowiska (średnice i ich procentowe udziały) w korycie przed rozwidleniem Q_0 , B_0 , H_0 , $\{D_0, p_0\}$ obliczano natężenie strumienia rumowiska w korycie głównym ω_0 . Następnie przechodzono do obliczeń w odnogach za rozwidleniem. Dla założonego rozdziału przepływu na Q_1 i Q_2 ($Q_2 = Q_0 - Q_1$), spadku, szerokości w przekrojach odnóg B_1 , B_2 i nie zmienionego składu rumowiska w odnogach. $\{D_0, p_0\} = \{D_1, p_1\} = \{D_2, p_2\}$ obliczano dla założonej głębokości natężenie strumieni rumowiska w odnogach za rozwidleniem (Coufal, Meyer, Roszak, 1999). W żadnym przypadku nie sumowało się rumowisko w węźle. Dopiero po wprowadzeniu sortowania rumowiska w przekrojach za rozwidleniem strumienie rumowiska w całym węźle bilansowały się.

Po obliczeniach rumowiska w węźle rozwidleniowym wykonano obliczenia w węźle połączeniowym. Ponieważ przyjęto te same szerokości i głębokości i ten sam skład, a tym samym obliczone strumienie rumowiska w korytach przed połączeniem jak w zbilansowanym rumowisku w odnogach za rozwidleniem wystarczyło obliczyć strumień rumowiska w korycie za połączeniem. W żadnym przypadku strumień rumowiska w przekroju za połączeniem nie był sumą strumieni w przekrojach przed połączeniem. Po wprowadzeniu zmiany głębokości i procentowych udziałów frakcji w próbie, strumienie rumowiska bilansowały się (Meyer, Roszak, 1999).

3. Przykład obliczeniowy

Do obliczeń przyjęto następujące wartości:

$Q_0=1000 \text{ m}^3/\text{s}$, $B_0=200 \text{ m}$, $H_0=5,0 \text{ m}$, $Q_1=400 \text{ m}^3/\text{s}$, $B_1=100 \text{ m}$, $Q_2=600 \text{ m}^3/\text{s}$, $B_2=200 \text{ m}$. Ponadto przyjęto spadek hydrauliczny $I=1,2 \cdot 10^{-4}$, gęstość rumowiska $\rho_s=2650,0 \text{ kg/m}^3$ oraz skład granulometryczny rumowiska D_0 [mm], p_0 [%] $\{>2,5 - 1,8; 2,5 \div 1,25 - 2,2; 1,25 \div 0,8 - 11,6; 0,8 \div 0,4 - 37,4; 0,6 \div 0,4 - 41,5; 0,4 \div 0,315 - 3,7; 0,315 \div 0,25 - 0,9; 0,25 \div 0,2 - 0,6; <0,2 - 0,3\}$.

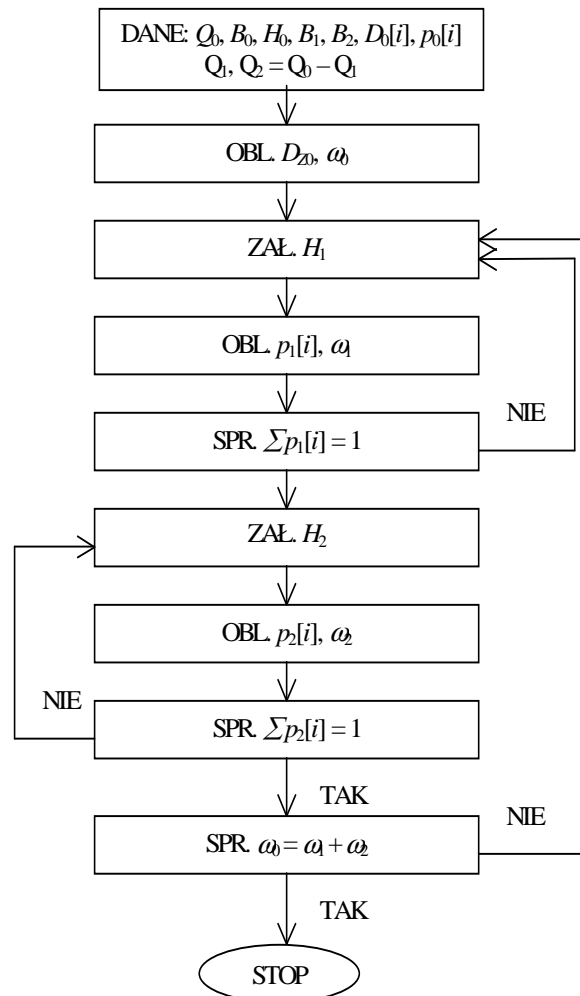
Średnicę zastępczą, dla składu rumowiska opisanego krzywą przesiewu obliczano wg wzoru (Roszak, 2001):

$$D_z = D_{50} \cdot \frac{I}{\prod_{i=1}^{i=N} \left(\frac{D_{50}}{D_i} \right)^{p_i}} \quad (1)$$

a średnicę D_{50} wg zależności:

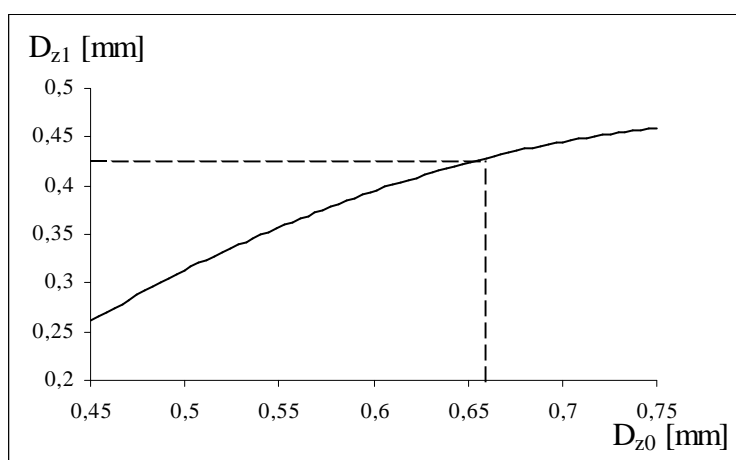
$$D_{50}^{(0)} = \sum_{i=1}^{i=N} (p_i^{(0)} \cdot D_i) \quad (2)$$

Średnica zastępcza pozwoliła na porównywanie składu rumowiska, określeniu jego zmian w przyjętych przekrojach za rozwidleniem i przekroju za połączeniem. Dla w/w przedstawionych średnic ziaren i ich zawartości procentowych w przekroju koryta głównego przed rozwidleniem średnica zastępcza jest równa $D_{z0}=0,658$ [mm], a natężenie strumienia rumowiska $\omega_0=914,2$ [N/s]. W odnogach za rozwidleniem, aby zbilansować strumienie rumowiska średnice pozostały takie same, zmieniano natomiast ich procentowe udziały, dla założonej głębokości. Po osiągnięciu stu procentowej zawartości frakcji w próbie, obliczano strumień rumowiska w jednej odnodze. Następnie przechodzono do obliczeń „nowego” składu i natężenia strumienia rumowiska w odnodze drugiej. Potem sprawdzano bilans strumieni rumowiska $\omega_0=\omega_1+\omega_2$. W przypadku niespełnienia tego warunku obliczenia w odnogach powtarzano, do momentu zbilansowania się strumieni rumowiska. Spełnienie tego warunku kończyło każdy etap obliczeń. Dla w/w wielkości średnicy zastępcze i strumienie rumowiska w odnogach za rozwidleniem wynosiły: $D_{z1}=0,424$ [mm] i $\omega_1=246,72$ [N/s] oraz $D_{z2}=0,606$ [mm] i $\omega_2=667,48$ [N/s]. Schemat blokowy węzła rozwidleniowego przedstawiono na rys. 1.

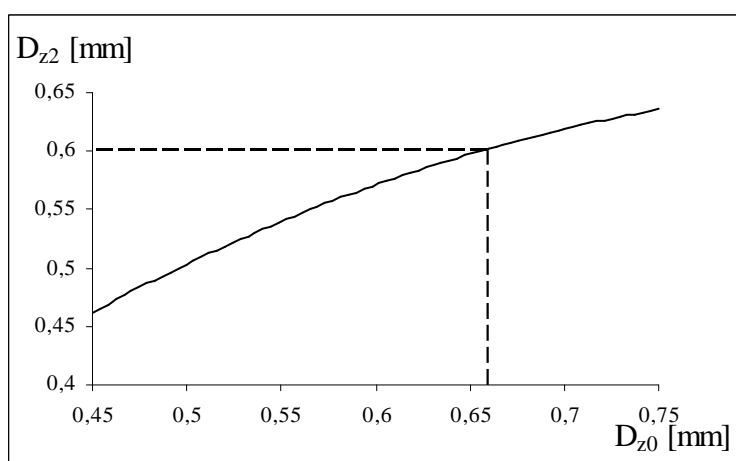


Rys. 1. Schemat blokowy do obliczania rozwidlenia

Na rys. 2 przedstawiono wyniki obliczeń dla założonych różnych składów rumowiska w korycie głównym przed rozwidleniem i ich zmianę w odnodze pierwszej, a na rys. 2 w odnodze drugiej.



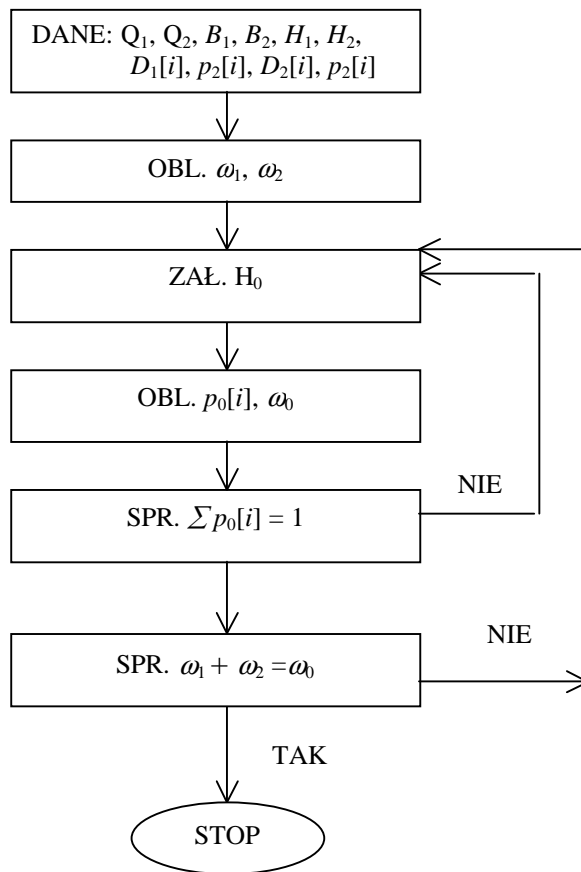
Rys. 2. Wykres $D_{z1} = f(D_{z0})$



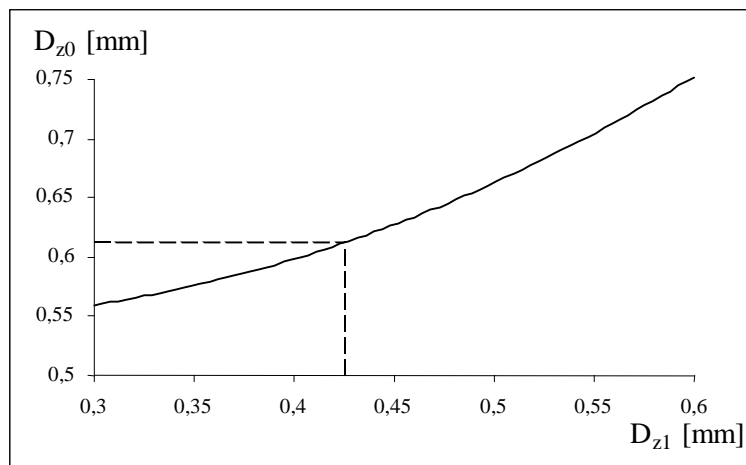
Rys. 3. Wykres $D_{z2} = f(D_{z0})$

Linie przerywane na rys. 2, 3, 5 i 6 obrazują dane z przykładu obliczeniowego.

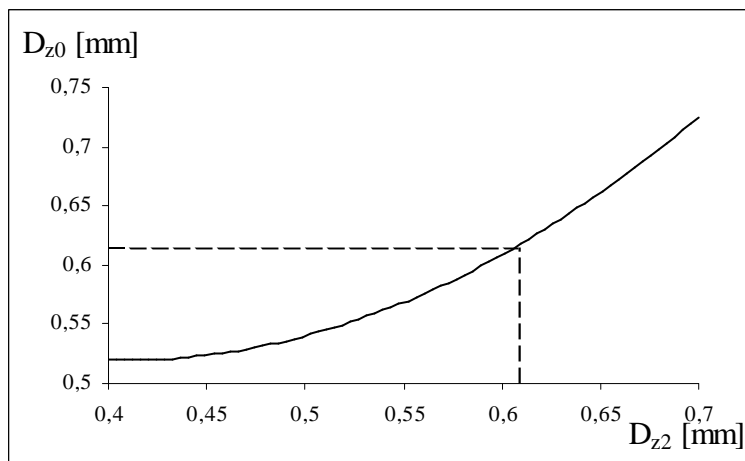
Po rozwiązaniu węzłów rozwidleniowych obliczono węzły połączeniowe. Ponieważ na początku założono, że przekroje przed połączeniem będą takie same jak za rozwidleniem do obliczeń przyjęto wielkości hydrauliczne, skład i natężenie strumieni rumowiska jak w przekrojach odnog za rozwidleniem. Dla w/w składu granulometrycznego rumowiska, jego składu w odnogach za rozwidleniem przy zbilansowaniu się strumieni rumowiska, skład rumowiska w przekroju koryta za połączeniem wynosił: D_0 [mm], p_0 [%] $\{>2,5 - 1,2; 2,5 \div 1,25 - 3,3; 1,25 \div 0,8 - 12,9; 0,8 \div 0,4 - 38,2; 0,6 \div 0,4 - 39,3; 0,4 \div 0,315 - 3,3; 0,315 \div 0,25 - 0,8; 0,25 \div 0,2 - 0,6; <0,2 - 0,4\}$. Średnica zastępcza dla tego składu rumowiska wynosi $D_{z0} = 0,613$ [mm]. Schemat blokowy obliczania węzła połączeniowego przedstawiono na rys. 4, a na rys. 5 i 6 wyniki obliczeń dla różnych składów rumowiska.



Rys. 4. Schemat blokowy do obliczania połączenia



Rys. 5. $D_{z0} = f(D_{z1})$



Rys.6. $D_{z0} = f(D_{z2})$

Przedstawione obliczenia dotyczyły tylko jednego rozdziału przepływu do odnóg za rozwidleniem i łączenia się tych rozdzielonych przepływów w korycie za połączeniem.

Przeprowadzono obliczenia bilansowania się wód i rumowiska również dla innych rozdziałów przepływu $Q_0 = 1000 \text{ m}^3/\text{s}$ do koryt za rozwidleniem i połączeniu ich potem w jedno koryto. W żadnym przypadku nie bilansowało się rumowisko bez zmiany krzywej przesiewu materiału budującego rumowisko. Obecnie prowadzone są analiza i obliczenia parametrów rumowiskowych i natężenia strumieni rumowiska dla innych wymiarów przekroji poprzecznych koryt za rozwidleniem i przed połączeniem, przy tych samych wymiarach koryta przed rozwidleniem i po połączeniu.

4. Wnioski

1. Na obecnym etapie obliczeń, nie znaleziono uniwersalnej metody, za pomocą której obliczać można każdy typ węzła hydraulicznego.
2. Aby spełniony był bilans strumieni rumowiska, przy zachowanym bilansie przepływu wód, w węźle rozwidleniowym i połączeniowym, należy wprowadzić warunek sortowania rumowiska w przekrojach.
3. Strumienie rumowiska o przesortowanym składzie w odnogach za rozwidleniem połączone ponownie bilansowały się przy zmienionym składzie w przekroju za połączeniem.
4. Składy rumowiska w przekroju przed rozwidleniem i po połączeniu są różne, przy zbilansowaniu się strumieni rumowiska w węzłach.
5. W planie dalszych badań planuje się przeprowadzenie obliczeń dla węzłów o innych parametrach hydraulicznych oraz dla różnych przepływów.

Literatura

- Ackers P., White W.R., Sediment transport, new approach and analysis. Journal of the Hydraulics Division ASCE, Vol. 99, No HY 11, 1973.
- Coufal R., Meyer Z., Roszak A., Sediment transport influence on flow distribution in a river mouth net. 9th International Conference on „Transport and sedimentation of solid particles”, Kraków. 1997.
- Coufal R., Bed changes and sediment transport at river mouth. IBW PAN. Biblioteka Naukowa Hydrotechnika. Nr 23, Gdańsk, 1999.
- Gurram S.K., Karki K.S., Subcritical open-channel junction flow. Journal of Hydraulic Engineering. January 2000.
- Meyer Z., Roszak A., Mathematical description of sediment transport in the river junction. Conference "Problems in Fluid Mechanics and Hydrology", Institute of Hydrodynamics Academy of Sciences of the Czech Republic, Praga. 1999.
- Raudkivi A.J., Loose boundary hydraulics. 2nd Edition, Pergamon Press. 1976.
- Rozzak A., Ruch rumowiska w rozwidleniu rzeczonym. Inżynieria Morska i Geotechnika, nr 5. 2001.
- Rozzak A., Wpływ spadku hydraulicznego na transport rumowiska w rozwidleniu rzeczonym. Ogólnopolska Szkoła Hydrauliki "Współczesne Problemy Hydrauliki Wód Śródlądowych", Lubniewice, 9-13 września 2002 r.

SEDIMENT STREAM DIVISION AT RIVER BIFURCATION AND JUNCTION

Summary

The results of preliminary calculations of sediment transport movement in junction of the main river bed into two branch canals and next the connection of these the same branch canals into the main river bed were presented. The fundamental problem was both sorting of sediment transport (change of sorting curve) after transition of sediment transport to the branch canals behind this junction and solution of this problem in sediment transport connection about the same composition in the branch canals to the main river bed. To make balance of sediment transport, assuming at the same time balance of water flow, the new composition of sediment transport should be defined what is connected with the necessity of determination of the changed percent part of particular fractions. The calculation results were presented in the form of figures.

Streszczenie

Przedstawiono wyniki wstępnych obliczeń ruchu rumowiska w rozwidleniu głównego koryta rzeki na dwie odnogi, a potem połączenia tych samych odnóg w koryto główne. Podstawowym zagadnieniem było sortowanie rumowiska (zmiana krzywej przesiewu), po przejściu rumowiska do odnóg za rozwidleniem i rozwiązanie tego problemu w połączeniu rumowiska o tym samym składzie w odnogach do koryta głównego. Aby zbilansować rumowisko, przy zachowanym bilansie przepływu wody, należało wyznaczyć nowy skład rumowiska, tj. określono zmieniony udział procentowy poszczególnych frakcji. Wyniki obliczeń przedstawiono w postaci wykresów.