

ANNA LENAR-MATYAS, MARTA ŁAPUSZEK*

ZASADY I ŚRODKI OPÓŹNIANIA ODPŁYWU POWODZIOWEGO DOSTOSOWANE DO ZAGOSPODAROWANIA PRZESTRZENNEGO

APPLICATION OF “DYNAMIC SLOW DOWN” METHOD FOR CATCHMENT MANAGEMENT

Streszczenie

W ostatnich latach obserwuje się wzrost przepływów maksymalnych, których przyczyną są zarówno zmiany klimatyczne, jak i działalność człowieka na obszarze zlewni. Dotychczas problemy powodzi rozwiązywane były lokalnie. Często skutkowało to zagrożeniem terenów leżących poniżej, a także miało negatywny wpływ na środowisko naturalne. Jako odpowiedź na zainteresowanie proekologicznymi działaniami inżynierskimi opracowano metodę „Opóźnianie Dynamiczne”. Jej celem jest ochrona przed powodzią za pomocą małych budowli lokowanych na terenie całej zlewni.

Słowa kluczowe: zlewnia góraska, powódź, spowolnienie odpływu

Abstract

In the recent years the significant increase of amplitude of extreme floods are observed, they are due not only to the climate changes but as well to the human activities in the river basins. Traditionally flood problems were mono-objective and turn to the local flood protection. With growing attention of ecology as well as flood protection arose the “Dynamic Slow Down” concept. DSD aims at solving flood issue in the scale of the whole catchment by the increase of its retaining capacity, wherever possible.

Keywords: mountainous catchment, flood, dynamic slow down

* Dr inż. Anna Lenar-Matyas, dr inż. Marta Łapuszek, Instytut Inżynierii i Gospodarki Wodnej, Wydział Inżynierii Środowiska, Politechnika Krakowska.

1. Wstęp

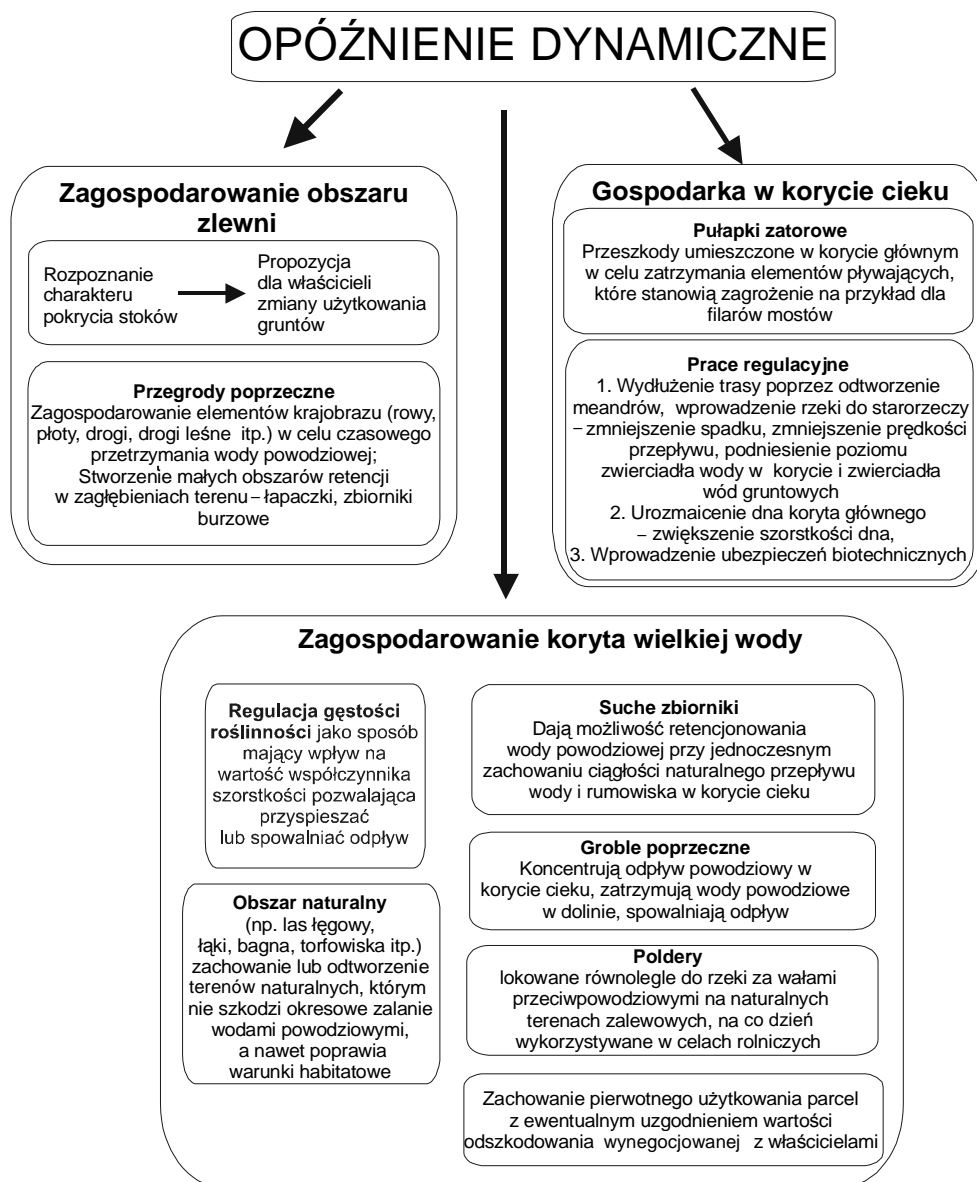
W ostatnich latach na obszarze południowej Polski coraz częściej występują zjawiska hydrologiczne o charakterze ekstremalnym, które powodują wiele poważnych zniszczeń. Aby zapobiegać uciążliwym skutkom powodzi, suszy czy erozji, konieczne jest opracowanie i zastosowanie odpowiednich zabiegów w obszarach zlewni górskich, mających na celu zatrzymanie wody opadowej w górnych częściach zlewni. Badania autorów wykazują, że zmiana sposobu użytkowania zlewni, zagospodarowanie teras stokowych i obniżenie terenu pod kątem lokalnego retencjonowania wody prowadzą do znacznego spowolnienia odpływu z powierzchni zlewni, a tym samym redukcji kulminacji fali w cieku [3]. Działania tego typu mają swe uzasadnienie w świetle obowiązujących obecnie przepisów (RDW). Istnieje potrzeba prowadzenia racjonalnych działań związanych z ochroną przeciwpowodziową w skali zlewni. Ochrona mienia i życia mieszkańców powinna uwzględniać również zachowanie naturalnej dynamiki przepływu wód i utrzymanie habitatu [6]. W artykule autorzy zaprezentowali możliwości zastosowania elementów małej retencji na przykładzie zlewni górskich dorzecza górnej Wisły, będących elementami większego systemu. Do analizy zastosowano metodę „Opóźnianie Dynamiczne” („OD”) opracowaną we Francji [7].

2. Opis metody „Opóźnianie Dynamiczne”

Określenie „Opóźnianie” wskazuje na taki sposób zagospodarowania, aby co najmniej częściowo ograniczyć negatywne efekty przyspieszenia odpływu wywołanego działalnością człowieka. Drugi człon „Dynamiczne” precyzuje, że chodzi o spowolnienie odpływu, a nie całkowite zatrzymanie go, zachowując w ten sposób ciągłość przepływu. Podstawowym założeniem metody „OD” jest respektowanie ciągłości przepływu w korycie i poprawnego funkcjonowania dynamiki cieku oraz sprzyjanie zwiększaniu zasobów wód podziemnych. Ponadto stosując „OD” można uzyskać poprawę habitatu wodnego, zwiększenie zasobów wodnych w zlewni, zmniejszenie kulminacji fali powodziowej w cieku. „OD” nie wymaga systematycznego spowalniania na całym obszarze zlewni. Wybrane metody spowalniania należy stosować tam, gdzie jest to możliwe, mając na uwadze zagospodarowanie przestrzenne terenu. Na rysunku 1 zestawiono i scharakteryzowano podstawowe narzędzia stosowane w metodzie „OD”.

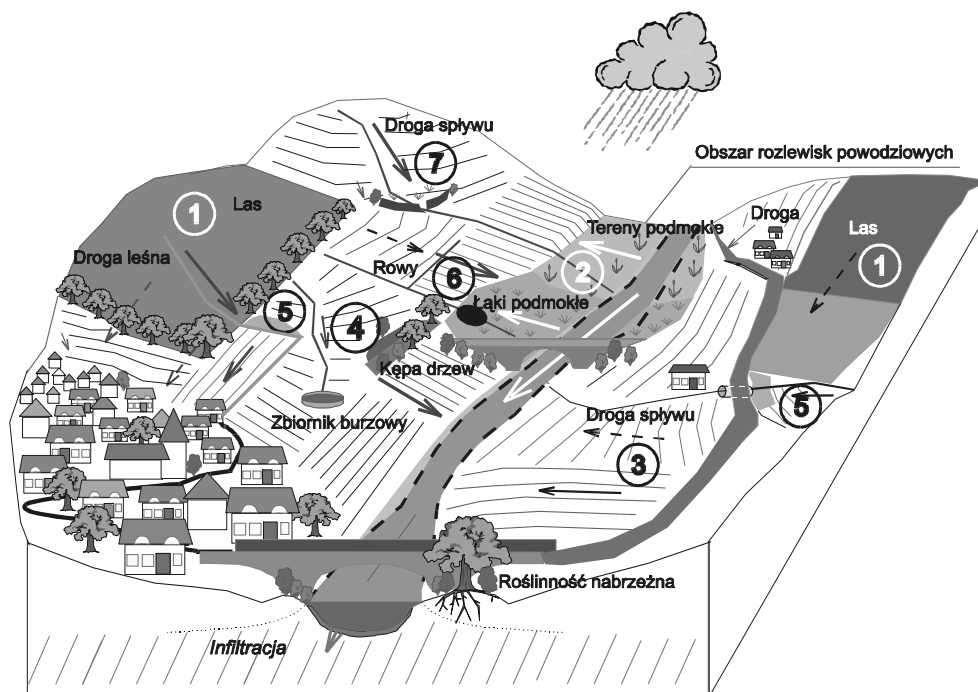
3. Zastosowanie metody „Opóźnianie Dynamiczne” w wybranych zlewniach

Na wybranych zlewniach dorzecza górnej Wisły przeprowadzono obliczenia mające na celu sprawdzenie efektywności zaproponowanych rozwiązań z metody „OD”. Zlewnie te są niekontrolowane, dlatego konieczne było opracowanie programu transformacji opadu w odpływ (OneSecond i Roof&Pipe). Wykorzystane programy uwzględniały nie tylko spływ powierzchniowy, ale także wszystkie zaprojektowane budowle „OD”, a przy tym były łatwe do zastosowania w zlewni z małą ilością danych [2].



Rys. 1. Możliwości zastosowań narzędzi metody „OD” w zlewni górskiej

Fig. 1. The possibility of developing “OD” method in the mountainous catchment



Rys. 2. Sposoby spowalniania odpływu oraz retencjonowania wody w zlewni: 1 – drogi leśne, 2 – teren przeznaczony na rozlewisko, 3 – łąpaczki, 4 – małe zbiorniki burzowe, 5 – bezpieczne odprowadzenie wody, 6 – rowy, 7 – suchy zbiornik

Fig. 2. Opportunities of slowing down (OD) on temporary retention in a catchment: 1 – forest path, 2 – meadows, 3 – sediment trap, 4, 5 – outflows, 6 – ditch, 7 – dry reservoir

3.1. Zagospodarowanie obszaru zlewni

W zlewni potoku Kamieniczanka, zlokalizowanej na terenie gminy Myślenice, wykonane zostały obliczenia dotyczące sprawdzenia możliwości zastosowania obiektów małej retencji. W celu porównania efektywności działania obiektów „OD” zlokalizowanych na obszarze zlewni przeprowadzono obliczenia dla dwóch przypadków z zastosowaniem:

- suchych zbiorników na Kamieniczance i jej dopływach,
- na obszarze zlewni łąpaczek i suchych zbiorników na Kamieniczance i jej dopływach.

W tabeli 1 zestawiono wyniki obliczeń. Wynika z nich, że zastosowanie wraz z suchymi zbiornikami elementów małej retencji, w tym przypadku łąpaczek przechwytyjących wodę, daje nieznaczne zmniejszenie kulminacji fali w przekroju zamykającym. Jednak zastosowanie obiektów „OD” jako towarzyszących suchym zbiornikom w obszarze danej zlewni pozwala na zaprojektowanie konstrukcji suchych zbiorników o mniejszych spadach i tym samym mniejszej pojemności retencyjnej, co związane jest też ze względami ekonomicznymi [2].

Tabela 1

**Zestawienie wyników obliczeń efektywności działania obiektów „OD”
dla zlewni potoku Kamieniczanka**

| Typ zbiornika | Objętość retencyjna [m ³] | | Spad zbiornika [m] | |
|----------------------|--|---------------|-----------------------|----------|
| | wersja 1 | wersja 2 | wersja 1 | wersja 2 |
| AŁ01 (łapaczka) | – | 1420 | – | 2,95 |
| AŁ02 (łapaczka) | – | 300 | – | 1,35 |
| BZ (suchy zbiornik) | 8700 | 8100 | 4,30 | 4,20 |
| CŁ (łapaczka) | – | 100 | – | 0,55 |
| CZ (suchy zbiornik) | 900 | 850 | 2,70 | 2,50 |
| DZ1 (suchy zbiornik) | 2000 | 2000 | 3,30 | 3,30 |
| DZ2 (suchy zbiornik) | 7000 | 6100 | 7,40 | 7,00 |
| EŁ1 (łapaczka) | – | 1900 | – | 1,60 |
| EŁ2 (łapaczka) | – | 150 | – | 1,10 |
| EZ (suchy zbiornik) | 2600 | 900 | 4,50 | 1,90 |
| Suma | 21 200 | 21 820 | | |

3.2. Gospodarka w korycie ciek

Opóźnienie odpływu w korycie ciek jest możliwe poprzez odpowiednio prowadzone prace regulacyjne. Dzięki nim można osiągnąć korzystne zmiany w układzie poziomym i pionowym ciek. Pierwszym proponowanym działaniem jest wydłużenie biegu rzeki, czyli wydłużenie drogi przepływu, na przykład dzięki wykorzystaniu odciętych wcześniej odcinków starego koryta. Taka zmiana spowoduje zmniejszenie spadku, zmniejszenie prędkości wody, a w efekcie podniesienie zwierciadła wody w korycie i zwierciadła wód gruntowych. Kolejną możliwością to zróżnicowanie dna koryta głównego i brzegów ciek. Można je uzyskać przez wprowadzenie do koryta materiału skalnego o średnicy większej niż rumowisko naturalnie występujące w danej rzece lub zastosowanie odpowiednich ubezpieczeń powodujących urozmaicenie linii brzegowej i zwiększających retencję. Propozycję takich zmian przedstawiono dla dolnej Raby, której bieg w pierwszej połowie XX w. został skrócony przez odcięcie meandrów, a koryto znacznie zawężone. Przeprowadzone obliczenia dotyczyły odcinka w km 33 + 100 do 23 + 100, na którym prowadzono dwa równoległe rozważania. Pierwsza propozycja dotyczyła włączenia do rzeki odciętego meandra (31 + 500–33 + 100) [1]. Sprawdzono jak zmieniają się parametry (długość trasy, spadek, prędkość wody) ważne dla zwiększenia retencji i opóźnienia przepływu. Przy ponad dwukrotnym wydłużeniu trasy rzeki (1,6 km – przed zmianą; 4,1 km – po zmianie) uzyskano następujące wyniki:

- prędkość wody zmniejszyła się z 2,14 m/s do 1,45 m/s,
- spadek zwierciadła wody zmienił się z 1,2‰ na 0,55‰.

Na odcinku poniżej (23 + 278–24 + 200) zaproponowano wykorzystanie starorzecza przy przejściu fali powodziowej, a także rozważano możliwość zmniejszenia erozji dennej i spowolnienia odpływu przez zmianę szorstkości dna [5].

Porównanie średnich prędkości w korycie rzeki Raby przed i po zastosowaniu deflektorów

| Napełnienie w korycie h [m] | Przekrój [km] | | | | | | | |
|---|-------------------|---------------------|-------------------|---------------------|-------------------|---------------------|-------------------|---------------------|
| | 24 + 018 | | 23 + 926 | | 23 + 739 | | 23 + 557 | |
| | $J_{rz.} = 1,0\%$ | $J_{proj.} = 0,5\%$ | $J_{rz.} = 1,0\%$ | $J_{proj.} = 0,5\%$ | $J_{rz.} = 1,0\%$ | $J_{proj.} = 0,5\%$ | $J_{rz.} = 1,0\%$ | $J_{proj.} = 0,5\%$ |
| Średnie prędkości w korycie cieku [m/s] | | | | | | | | |
| 0,6 | 0,53 | 0,28 | 0,47 | 0,25 | 0,47 | 0,25 | 0,47 | 0,25 |
| 1,0 | 0,75 | 0,40 | 0,71 | 0,38 | 0,71 | 0,38 | 0,72 | 0,38 |
| 1,4 | 1,04 | 0,55 | 0,91 | 0,48 | 0,91 | 0,49 | 0,94 | 0,50 |
| 2,2 | 1,54 | 0,82 | 1,42 | 0,75 | 1,32 | 0,70 | 1,42 | 0,76 |

Z tabeli 2, w której zestawiono prędkości w korycie rzeki w przekrojach z projektowanymi deflektorami wynika, że po wprowadzeniu do koryta konstrukcji kierujących prędkości ulegną znacznej redukcji.

3.3. Zagospodarowanie koryta wielkiej wody

Badaniami objęto zlewnie czterech potoków podhalańskich znajdujących się w centralnej części Pogórza Spisko-Gubałowskiego, granicach gminy Poronin, a dokładnie na obszarze miejscowości Ząb i Suche. Na rozpatrywanym terenie zaznacza się silny wpływ człowieka poprzez znaczące wylesienie zlewni. W zasadzie obecnie obszar ten nie posiada dużych kompleksów leśnych, a zadrzewienie utrzymuje się głównie w linii cieków oraz w postaci drobnych skupisk leśnych. W zasadniczej części wspomniany obszar stanowią łąki oraz zabudowa mieszkaniowa. W wyniku postępującego uszczelniania zlewni, wylesiania, osuszania terenu oraz ekspansywnej zabudowy mieszkaniowej nastąpił znaczny wzrost odpływu ze zlewni zagrażający zurbanizowanym terenom zlokalizowanym poniżej. Dlatego proponuje się lokalizację zapór w miejscach, gdzie ze względu na kształt doliny możliwa jest do uzyskania potrzebna pojemność zbiorników przy jak najmniejszej powierzchni zalewu [2]. Zbiorniki pozwolą skutecznie chronić tereny poniżej. W tabeli 3 zestawiono wyniki obliczeń dla proponowanych zbiorników. Wynika z nich, że przez odpowiednie zlokalizowanie obiektu, a następnie zwymiarowanie spustu oraz części przelewowej, możliwe jest spowolnienie odpływu wody powodziowej, a tym samym ograniczenie skutków powodzi poniżej.

Tabela 3

Zestawienie efektów działania suchych zbiorników na wybranych potokach górskich

| Nazwa potoku | Pow. zlewni [km ²] | Kulminacja fali $Q_{\max 1\%}$ [m ³ /s] | |
|---------------|-----------------------------------|--|----------------------|
| | | istniejąca | z suchym zbiornikiem |
| Florków | 1,36 | 27 | 11 |
| Suchy | 6,58 | 64 | 23 |
| Bustryczański | 5,05 | 51 | 20 |
| Nosków | 1,41 | 30 | 12 |

4. Wnioski

1. Metoda „OD” może być zastosowana w różnych strefach zlewni (koryto, teren zalewowy, obszar zlewni) i w terenie o różnym stopniu zagospodarowania. Powstałe obiekty małej retencji powinny komponować się z terenem, w którym zostały zastosowane.
2. Zastosowanie dodatkowych elementów małej retencji (łapaczki, rowy, niecki, naturalne zagłębienia terenu itp.) wspomaga działanie obiektów lokalizowanych w korycie ciek, a także poprawia stosunki wodne w całej zlewni.
3. Prace regulacyjne prowadzone pod kątem spowolnienia odpływu zwiększają retencję korytową, ponadto chronią dno i brzegi przed erozją, ale aby efekt ich był znaczący, powinny być wykonywane kompleksowo.
4. Odpowiednie zlokalizowanie obiektu, a następnie zwymiarowanie spustu oraz części przelewowej spowoduje spowolnienie odpływu wód powodziowych, a tym samym ograniczy skutki powodzi poniżej.
5. Metoda „OD” polegająca głównie na wykorzystaniu naturalnego ukształtowania terenu oraz obiektów istniejących, takich jak drogi leśne lub rowy, wymaga współpracy z lokalnymi samorządami i zarządem lasów, od których zależałoby ich utrzymanie na terenie zlewni. Wówczas stosowanie elementów i obiektów proponowanych w tej metodzie daje oczekiwane rezultaty.
6. Przedstawione wyniki są przykładem zastosowania elementów „OD” na wybranych zlewniach i ciekach. Zastosowanie ich w większej skali może powodować spowolnienia odpływu w skali globalnej.

Literatura

- [1] Chałasa K., *Koncepcja renaturyzacji odcinka rzeki Raby w km 33+100÷23+100*, praca magisterska, Politechnika Krakowska, Kraków 2008.
- [2] Lenar-Matyas A., Łapuszek M., Szczęsny J., Witkowska H., *Development of the small Carpathian catchments for their retaining capacity increase*, materiały konferencyjne: XII Biennial International Conference: Hydrological Extremes in Small Basins, 2008.
- [3] Łapuszek M., Witkowska H., *Metody spowalniania odpływu ze zlewni górskiej*, Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich, PAN, O. Kraków, Komisja Technicznej Infrastruktury Wsi, Zeszyt 4/2005, Kraków 2005.
- [4] Poulard C., Witkowska H., Szczęsny J., Radzicki K., *Dynamic SlowDown: a flood mitigation strategy complying with the integrated management concept – implementation in a small mountainous catchment*, Intl. J. River Basin Management, vol. 2, No. 4 (2004), IAHR and INBO.
- [5] Rojek J., *Koncepcja regulacji rzeki Raby w celu ochrony przed erozją denną na odcinku w km 23+278 do km 24+200*, praca magisterska, Politechnika Krakowska, Kraków 2008.
- [6] Commission of the European Union, *Flood risk management – Flood prevention, protection and mitigation, Communication*, 2004, 472, 10.
- [7] *Le ralentissement dynamique pour la prévention des inondations, guide* “Le ralentissement dynamique pour la prévention des inondations”, CEMAGREF, 2004.