

Jadwiga Rotnicka

WPLYW MELIORACJI PODSTAWOWYCH I SZCZEGÓLOWYCH NA PRZEBIEG WEZBRAŃ GÓRNEJ PROSNY

Zarys treści

Określenie wpływu melioracji na formowanie i przebieg wezbrań górnej Proсны oparto na porównaniu 12 parametrów dotyczących kształtu i terminów występowania fal wezbraniowych z dwu okresów: przedmelioracyjnego (1951–1964) i pomelioracyjnego (1969–1980). Oddzielnie analizowano fale roztopowe i opadowe. Wykazano, że melioracje wpłynęły przede wszystkim na przebieg wezbrań roztopowych i znalazły odbicie w: skróceniu czasu przyboru i opadania fali, a tym samym w długości fali, we wcześniejszym terminie pojawiania się wezbrań, zmniejszeniu elewacji fali i zwiększeniu średniego przepływu wezbrania.

Wstęp

W dorzeczu górnej Proсны¹ już od kilku lat – w ramach tematu CPBP – 03.13.–01.3.1. – prowadzi się badania nad zmiennością odpływu rzecznoego (Marcinkowska, Rotnicka, Rotnicki 1986, Rotnicka 1987, 1988). Zmiany odpływu obserwowane w okresach wieloletnich mają swe źródło zarówno w zmienności procesów naturalnych (klimatycznych) jak i w gospodarczej działalności człowieka. Melioracje podstawowe (regulacja koryt rzecznych) i szczegółowe (drenowanie obszarów), będące świadomą ingerencją człowieka w naturalny układ stosunków wodnych w zlewni, powodują zmianę

¹ Dorzecze górnej Proсны – obszar zamknięty profilem wodowskazowym w Mirkowie. Z tego posterunku pomiarowego pochodzą wszystkie dane dotyczące stanów i przypływów z okresu 1951–1980.

warunków formowania się odpływu. Skutkiem tego może być zmiana wielkości odpływu oraz jego reżimu.

O zmianie wielkości odpływu w okresie trzydziestolecia 1951–1980 wypowiedziano się wcześniej (Rotnicka 1987, 1988). Stwierdzono wyraźne zwiększenie się odpływu. Wykazano jednocześnie, że 47% wzrost odpływu spowodowany został zabiegami melioracyjnymi (wyprostowanie i skrócenie biegu rzeki o 28%, zmeliorowanie około 9 000 ha łąk i pól), a w 53% zwiększeniem opadów atmosferycznych. Zagadnienie wpływu melioracji na zmianę reżimu odpływu – we wspomnianych pracach – nie zostało w pełni udokumentowane i rozwiązane. Wskazano tylko na istotne różnicowanie szybkości odpływu korytem rzeczonym i wzrost współczynnika zmienności przepływów C_v w półroczu letnim.

Kontynuując badania nad wpływem melioracji na reżim odpływu przeanalizowano szczegółowo proces formowania się i przebiegu wezbrań w trzech charakterystycznych okresach wielolecia 1951–1980:

— okresie przedmelioracyjnym o quasi-naturalnych warunkach formowania się odpływu, obejmującym lata 1951–1964, zwanym okresem kalibracji,

— okresie zmiany warunków odpływu związanym z najintensywniejszymi pracami melioracyjnymi, obejmującym lata 1965–1968,

— okresie odpływu kształtującego się w zmienionych warunkach, obejmującym lata 1969–1980, zwanym okresem ewaluacji.

Metoda pracy

Na podstawie zweryfikowanych danych codziennych stanów i przepływów Proсны w profilu Mirkowa z okresu 1951–1980 wykreślono hydrogramy roczne – 30 dla stanów wody i 30 dla przepływów. Hydrogramy były podstawą wyznaczenia fal wezbraniowych.

Jako wezbranie przyjęto taki przybór wody w cieku wywołany tajaniem śniegu lub opadami, w którym początek gałęzi przyboru fali mieścił się w strefie stanów niskich bądź średnich, a kulminacja fali w strefie stanów wysokich.

Dolną granicę strefy stanów wysokich wyznacza na wodowskazie w Mirkowie stan wody równy 140 cm. Analiza hydrogramów wykazała, że poziom 140 cm może być w ciągu roku przekroczony więcej niż jeden raz. Oznacza to, że uwzględniona w badaniach liczba wezbrań jest znacznie większa od liczby lat obserwacji.

W przedmiocie prowadzonych badań znaczenie miało także określenie częstości przekroczeń pewnych charakterystycznych stanów w obrębie wód wysokich, mających związek z morfologią koryta i umożliwiających podział wezbrań na cztery grupy wielkości: niskie, przeciętne, wysokie i bardzo wysokie. Są to następujące stany wody:

— stan 201 cm, odpowiadający wodzie brzegowej wyznaczonej z krzywej prawdopodobieństwa maksymalnych rocznych stanów, o prawdopodobieństwie $p=0,63$ tj. o powtarzalności jeden raz na 1,58 lat (Leopold, Wolman, Miller 1964),

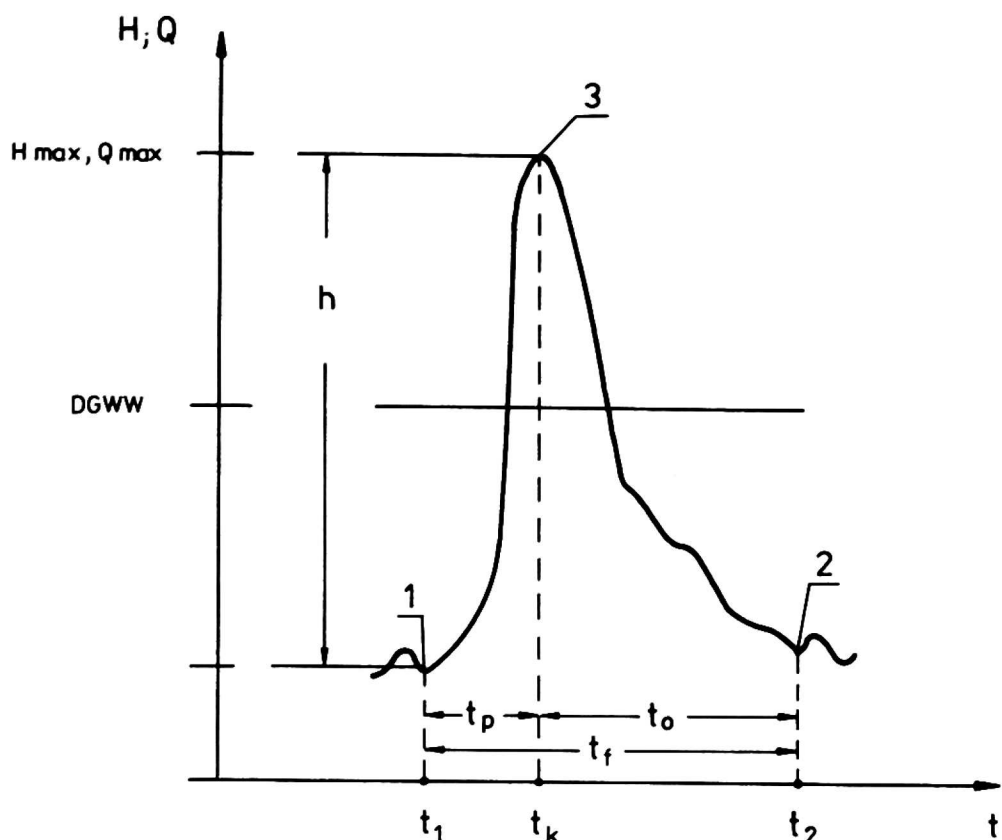
— stan 223 cm, woda dwuletnia ($p=0,5$), odpowiadający poziomowi współcześnie tworzonej terasy zalewowej,

— stan 309 cm, odpowiadający tzw. wodzie pięcioletniej ($p=0,2$).

Wezbrania, których kulminacja nie przekroczyła stanu 201 cm zaliczono do niskich, te których kulminacja mieściła się w przedziale 201–223 cm zaliczono do przeciętnych, wezbrania z kulminacją w strefie 223–309 cm do wysokich, a ponad 309 cm do bardzo wysokich.

W rozpatrywanym trzydziestoleciu wydzielono łącznie 111 fal wezbraniowych, wśród których 86 zaliczono do roztopowych a 25 do opadowych. Każdy typ wezbrań analizowano oddzielnie, korzystając jednocześnie z uwag i podejścia badawczego, jakie przedstawił R. Soja charakteryzując wezbrania w zlewni Ropy i Bystrza (Soja 1981). Badano terminy występowania wezbrań, częstość wezbrań o kulminacjach przekraczających założone wartości stanów charakterystycznych oraz kształty fal. Fale opisano następującymi parametrami (rys. 1): 1) początek wezbrania, 2) koniec wezbrania, 3) długość fali, 4) czas przyboru, 5) czas opadania, 6) tempo przyboru, 7) tempo opadania, 8) stan maksymalny wezbrania, 9) wysokość fali, tj. wzniesienie stanu wody od podstawy fali do jej kulminacji, 10) przepływ kulminacyjny wezbrania, 11) średni przepływ wezbrania, 12) całkowita objętość fali.

Dla wszystkich parametrów fal obliczono wartości przeciętne (\bar{x}), odchylenie standardowe (δ) i współczynnik zmienności (C_v), osobno dla okresu kalibracji, zmiany warunków i ewaluacji. Na podstawie tych charakterystyk porównywano kształty fal wezbraniowych z okresów sprzed i po melioracji. Każdorazowo stawiano hipotezę $H_0 : \bar{x}_1 = \bar{x}_2$ zakładającą równość przeciętnych wartości poszczególnych parametrów opisujących fale wezbraniowe, którą weryfikowano przy pomocy testu t-Studenta. Dodatkowo przeprowadzono analizę podobieństwa rozkładów zmiennych opisujących wezbrania roztopowe. Hipotezę $H_0 : F_{n1}(x) = F_{n2}(x)$, zakładającą równość rozkładów cech wezbrania weryfikowano testem λ – Kołmogorowa–Smirnowa. Jeśli wyniki testu nie dawały podstawy do odrzucenia hipotezy zerowej przyjmowano, że pod względem badanego parametru lub pod względem rozkładu fale wezbraniowe z okresu kalibracji i ewaluacji nie różnią się w statystycznie istotnym stopniu.



Rys. 1. Hydrogram fali wezbraniowej

1 — początek wezbrania, 2 — koniec wezbrania, 3 — kulminacja fali, h — wysokość fali (elewacja), t_p — czas przyboru fali, t_o — czas opadania fali, t_1 , t_k , t_2 — termin początku, kulminacji i zakończenia wezbrania, H_{max} ; Q_{max} — stan maksymalny; przepływ maksymalny, DGWW — dolna granica strefy stanów wysokich

Fig. 1. A hydrogram of a rise wave

1 — start of rise, 2 — end of rise, 3 — peak stage, h — wave height (elevation), t_p — rising time, t_o — falling time, t_1 , t_k , t_2 — dates of start, peak and end of rise, H_{max} , Q_{max} — peak stage, peak discharge, DGWW — lower limit of high stages

Porównanie wezbrań Proсны z okresu sprzed i po melioracji

Na łączną liczbę 111 wezbrań, 27 zanotowano w okresie przed regulacją rzeki, 20 w okresie prowadzenia prac melioracyjnych, a aż 64 w okresie pomelioracyjnym. Wśród wezbrań Proсны dominują wezbrania roztopowe i to zarówno pod względem liczby wystąpień (77%) jak i wysokości stanów. Stany kulminacyjne wezbrań roztopowych są przeciętnie wyższe o 20 cm od wezbrań opadowych, a przepływy kulminacyjne wyższe o $5,0-6,0 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$. Znacznie większy jest zawsze odpływ w okresie wezbrań roztopowych (tab. 1, 2).

Parametry fal wezbrań roztopowych Proсны w profilu Mirkowa

Parameters of rise waves of the Proсна river in the Mirków profile. (Snowmelt - induced rise)

Cecha Characteristic	Okres Period		Okres kalibracji Period of calibration 1951-1964		Okres zmiany warunków Period of change in conditions 1965-1968		Okres ewaluacji Period of evaluation 1969-1980	
	\bar{x}	δ	\bar{x}	δ	\bar{x}	δ	\bar{x}	δ
1. Początek wezbrania (kolejny dzień roku, data) Start of rise (successive day of year, date)	\bar{x} 114,2	δ 31,36	\bar{x} 22.II	δ 31,36	\bar{x} 82,1	δ 35,70	\bar{x} 22.I	δ 35,70
	Cv 0,275	N 24	Cv 0,252	N 24	Cv 0,435	N 14	Cv 0,492	N 48
2. Koniec wezbrania (kolejny dzień roku, data) End of rise (successive day of year, date)	\bar{x} 130,9	δ 32,94	\bar{x} 11.III	δ 32,94	\bar{x} 100,4	δ 39,80	\bar{x} 9.II	δ 49,55
	Cv 0,252	N 24	Cv 0,299	N 24	Cv 0,346	N 14	Cv 0,408	N 48
3. Długość fali (dni) Wave duration (days)	\bar{x} 16,8	δ 5,02	\bar{x}	δ	\bar{x} 18,4	δ 6,37	\bar{x}	δ
	Cv 0,299	N 24	Cv 0,355	N 21	Cv 0,346	N 14	Cv 0,408	N 48
4. Czas przyboru fali (dni) Rising time (days)	\bar{x} 6,0	δ 2,15	\bar{x}	δ	\bar{x} 8,1	δ 4,47	\bar{x}	δ
	Cv 0,355	N 21	Cv 0,345	N 21	Cv 0,552	N 14	Cv 0,345	N 45
5. Czas opadania fali (dni) Falling time (days)	\bar{x} 11,1	δ 3,83	\bar{x}	δ	\bar{x} 10,2	δ 3,61	\bar{x}	δ
	Cv 0,345	N 21	Cv 0,345	N 21	Cv 0,354	N 14	Cv 0,526	N 45
6. Tempo przyboru fali $\frac{cm}{dobę}$ Rate of rising $\frac{m^3 \cdot s^{-1}}{24 hrs}$	\bar{x} 18,9	δ 12,0	\bar{x}	δ	\bar{x} 20,0	δ 10,53	\bar{x}	δ
	Cv 0,637	N 19	Cv 0,637	N 19	Cv 0,526	N 9	Cv 0,618	N 41
	\bar{x} 4,79	δ 3,67	\bar{x}	δ	\bar{x} 5,31	δ 2,95	\bar{x}	δ
	Cv 0,766	N 19	Cv 0,766	N 19	Cv 0,555	N 9	Cv 0,683	N 41
7. Tempo opadania fali $\frac{cm}{dobę}$ Rate of falling $\frac{m^3 \cdot s^{-1}}{24 hrs}$	\bar{x} 9,4	δ 6,54	\bar{x}	δ	\bar{x} 10,4	δ 3,37	\bar{x}	δ
	Cv 0,696	N 19	Cv 0,696	N 19	Cv 0,325	N 9	Cv 0,629	N 41
	\bar{x} 2,39	δ 2,06	\bar{x}	δ	\bar{x} 2,776	δ 0,92	\bar{x}	δ
	Cv 0,861	N 19	Cv 0,861	N 19	Cv 0,331	N 9	Cv 0,763	N 41
8. Stan maksymalny (cm) Peak stage (cm)	\bar{x} 190	δ 61,7	\bar{x}	δ	\bar{x} 205	δ 43,6	\bar{x}	δ
	Cv 0,325	N 24	Cv 0,325	N 24	Cv 0,212	N 14	Cv 0,230	N 46
9. Wysokość fali (m) Wave height (m)	\bar{x} 0,94	δ 0,67	\bar{x}	δ	\bar{x} 0,99	δ 0,49	\bar{x}	δ
	Cv 0,712	N 24	Cv 0,712	N 24	Cv 0,499	N 14	Cv 0,557	N 46
10. Przepływ kulminacyjny ($m^3 \cdot s^{-1}$) Peak discharge ($m^3 \cdot s^{-1}$)	\bar{x} 28,6	δ 22,2	\bar{x}	δ	\bar{x} 32,1	δ 13,1	\bar{x}	δ
	Cv 0,776	N 24	Cv 0,776	N 24	Cv 0,409	N 14	Cv 0,506	N 46
11. Średni przepływ wezbrania ($m^3 \cdot s^{-1}$) Mean rise discharge ($m^3 \cdot s^{-1}$)	\bar{x} 12,35	δ 3,87	\bar{x}	δ	\bar{x} 14,82	δ 2,66	\bar{x}	δ
	Cv 0,313	N 23	Cv 0,313	N 23	Cv 0,179	N 14	Cv 0,399	N 45
12. Odpływ w okresie wezbrania (m^3) Runoff in rise period (m^3)	\bar{x} 18,74	δ 8,83	\bar{x}	δ	\bar{x} 23,27	δ 9,02	\bar{x}	δ
	Cv 0,471	N 23	Cv 0,471	N 23	Cv 0,387	N 14	Cv 0,745	N 45

*)

\bar{x} — wartość przeciętna
 δ — odchylenie standardowe
Cv — współczynnik zmienności
N — liczebność zbioru

\bar{x} — mean
 δ — standard deviation
Cv — variation coefficient
N — size of set

Parametry fal wezbrań opadowych Proсны w profilu Mirkowa

Parameters of rise waves of the Proсна river in the Mirków profile. (rain - induced rise)

Cecha Characteristic	Okres Period				Okres zmiany warunków Period of change in conditions 1965-1968	Okres ewaluacji Period of evaluation 1969-1980
	1951-1964		1969-1980			
1. Początek wezbrania (kolejny dzień roku, data) Start of rise (successive day of year, date)	\bar{x} δ Cv N	235,7 59,3 0,275 3	24.VI	228,3 60,0 0,263 6	15.VI	275,4 45,8 0,166 16
2. Koniec wezbrania (kolejny dzień roku, data) End of rise (successive day of year, date)	\bar{x} δ Cv N	251,3 32,5 0,129 3	9.VII	239,7 62,1 0,259 6	28.VI	289,1 48,3 0,167 16
3. Długość fali (dni) Wave duration (days)	\bar{x} δ Cv N	15,7 5,25 0,334 3		11,3 3,09 0,274 6		13,7 5,30 0,383 16
4. Czas przyboru fali (dni) Rising time (days)	\bar{x} δ Cv N	7,3 2,62 0,360 3		4,3 0,94 0,219 6		4,8 2,0 0,419 14
5. Czas opadania fali (dni) Falling time (days)	\bar{x} δ Cv N	8,3 2,62 0,316 3		7,0 2,31 0,330 6		7,2 1,97 0,274 14
6. Tempo przyboru fali $\frac{cm}{dobę}$ Rate of rising $\frac{m^3 \cdot s^{-1}}{24hrs}$	\bar{x} δ Cv N	12,0 3,8 0,319 3		12,9 3,9 0,302 6		18,7 8,5 0,455 14
7. Tempo opadania fali $\frac{cm}{dobę}$ Rate of falling $\frac{m^3 \cdot s^{-1}}{24hrs}$	\bar{x} δ Cv N	2,93 1,02 0,350 3		3,29 1,03 0,314 6		3,84 1,90 0,495 14
8. Stan maksymalny (cm) Peak stage (cm)	\bar{x} δ Cv N	8,4 1,44 0,171 3		7,2 3,20 0,445 6		12,0 7,65 0,637 14
9. Wysokość fali (m) Wave height (m)	\bar{x} δ Cv N	2,20 0,53 0,242 3		1,96 0,66 0,335 6		2,57 1,84 0,714 14
10. Przepływ kulminacyjny ($m^3 \cdot s^{-1}$) Peak discharge ($m^3 \cdot s^{-1}$)	\bar{x} δ Cv N	169 12 0,071 3		159 17,5 0,110 6		171 28,9 0,169 16
11. Średni przepływ wezbrania ($m^3 \cdot s^{-1}$) Mean rise discharge ($m^3 \cdot s^{-1}$)	\bar{x} δ Cv N	0,78 0,03 0,042 3		0,57 0,22 0,389 6		0,84 0,27 0,320 16
12. Odpływ w okresie wezbrania (mln m^3) Runoff in rise period (mln m^3)	\bar{x} δ Cv N	23,0 2,96 0,129 3		18,9 4,55 0,241 6		21,2 7,79 0,368 16
	\bar{x} δ Cv N	11,75 2,58 0,220 3		10,71 2,69 0,251 6		10,80 3,98 0,369 16
	\bar{x} δ Cv N	15,25 2,92 0,191 3		10,63 4,68 0,442 6		13,94 12,96 0,929 16

*)

\bar{x} — wartość przeciętna
 δ — odchylenie standardowe
 Cv — współczynnik zmienności
 N — liczebność zbioru

\bar{x} — mean
 δ — standard deviation
 Cv — variation coefficient
 N — size of set

Celem pracy nie jest jednakże porównywanie cech wezbrań roztopowych i opadowych, lecz odpowiedź na pytanie: Czy formowanie się wezbrań zarówno opadowych jak i roztopowych przebiega inaczej po wyraźnej ingerencji człowieka w układ stosunków wodnych zlewni?

Pierwszym spostrzeżeniem jest stwierdzenie wzrostu przeciętnej liczby wezbrań z kulminacją przekraczającą założone wartości stanów charakterystycznych: 2,4 razy powyżej 140 cm (wezbrania niskie), 3,0 razy powyżej 201 cm (wezbrania przeciętne) i 3,7 razy powyżej 223 cm (wezbrania wysokie). Ostrożnie należy jednak interpretować uzyskane wyniki. Ocenę wpływu antropopresji utrudnia bowiem stwierdzony wcześniej fakt wyraźnego wzrostu opadów atmosferycznych, datujący się na 1964/1965 rok i pokrywający się z początkiem intensywnych prac melioracyjnych w zlewni. Wzrost wielkości opadów po 1964 roku, mający charakter prawidłowości odnoszącej się do całej Polski, pociągnął za sobą wzrost odpływu (Stachy 1984). Na Prośnie przyrost odpływu spowodowany został nie tylko opadami lecz także gospodarczą działalnością człowieka (Rotnicka 1988).

Zwiększeniu odpływu ze zlewni górnej Proсны towarzyszy niewielkie podniesienie stanów i przepływów charakterystycznych (np. stanów niskich o około 20 cm). W konsekwencji podniosła się nieco „wyjściowa podstawa” fal wezbraniowych. Ten fakt należy uwzględnić przy ocenie zmiany wysokości wezbrań i wartości stanów i przepływów maksymalnych.

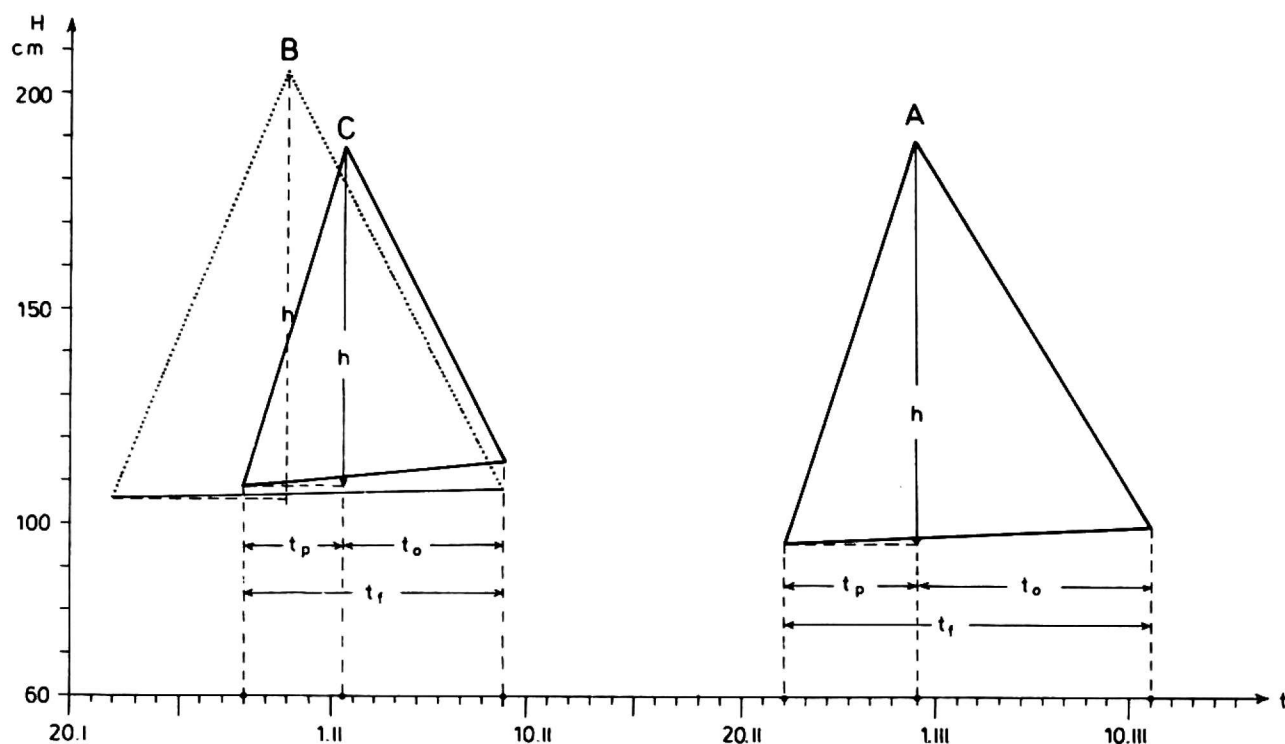
Przeanalizowanie danych zawartych w tabelach 1 i 2 prowadzi do wniosku, że kształt fal wezbraniowych w badanym wieloleciu uległ transformacji, i że zmieniły się terminy występowania wezbrań. Wyniki porównania cech fal wezbraniowych z okresu przed i pomelioracyjnego zestawiono w tabeli 3.

Po przeprowadzeniu melioracji zmienił się wyraźnie termin występowania wezbrań. Przeciętny termin początku wezbrań roztopowych przesunął się z 22 lutego (w okresie kalibracji) na 28 stycznia, a koniec wezbrań z 11 marca na 9 lutego. Blisko miesięczna różnica w terminie pojawiania się wezbrań ma statystycznie istotny charakter na wysokim poziomie ufności. Przeciętny termin występowania wezbrań opadowych jest późniejszy o jeden miesiąc (przesunięcie z lipca na sierpień). Różnica w terminie pojawiania się wezbrań opadowych w świetle testów statystycznych jest mało istotna (istotna dopiero na poziomie $0,1 < \alpha < 0,2$). Generalnie, wypowiedzianie się o różnicach w formowaniu się fal opadowych jest utrudnione z powodu mało licznego zbioru fal z okresu przedmelioracyjnego (tylko trzy fale).

Ocena różnic w przebiegu i kształtowaniu się fal wezbrań roztopowych bazuje na liczniejszych zbiorach, stąd uzyskane wyniki mogą mieć bardziej ogólny charakter.

Przeciętna fala wezbrania roztopowego z okresu po melioracji w porównaniu z falą okresu sprzed melioracji jest mniejsza (niższa, o nieco niższym stanie i przepływie kulminacyjnym) – rys. 2. Formuje się szybciej. Czas przyboru fali jest krótszy o 1,6 dnia, a czas opadania fali krótszy o 3,3

dnia, stąd długość fali skraca się o 5 dni. Stwierdzone różnice są statystycznie istotne przy wysokim poziomie ufności (tab. 3).



Rys. 2. Kształty przeciętnych fal wezbrań roztopowych

A — fala z okresu przedmelioracyjnego, B — fala z okresu prowadzenia melioracji, C — fala z okresu pomelioracyjnego, h — wysokość fali (elewacja), t_p — czas przyboru fali, t_o — czas opadania fali, t_f — długość fali

Fig. 2 Shapes of average waves of snowmelt-induced rises

A — wave before channel regulation, B — wave during channel regulation, C — wave after channel regulation, h — wave height (elevation), t_p — rising time, t_o — falling time, t_f — wave duration

Zmiany kształtu fal roztopowych można wiązać z czynnikiem antropogenicznym. W następstwie uregulowania koryta Proсны (wyprostowanie i skrócenie jej biegu) i zdrenowania obszarów łąk położonych w jej dolinie nastąpiło ułatwienie odpływu ze zlewni i przyspieszenie odpływu korytem rzeczonym. Przyspieszenie odpływu w korycie rzeczonym, odzwierciedlające się także w zwiększeniu średniego przepływu wezbrania o $2,32 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$, przy nie zmienionym, bądź nawet mniejszym przepływie kulminacyjnym jest pochodną wzrostu spadku podłużnego.

W przebiegu wezbrań opadowych zauważa się podobne tendencje jak w formowaniu się wezbrań roztopowych. Stwierdzone różnice są jednak, w świetle testów statystycznych, albo nieistotne albo istotne na niskim poziomie ufności.

Uzyskane wyniki, przedstawione wyżej, znajdują potwierdzenie w pracy Wilgata i Kowalskiej (1975). Wymienieni autorzy analizując zmiany skraj-

Tabela 3
Table 3

Wyniki porównania cech fal wezbraniowych górnej Prozny z okresu sprzed i po melioracji

The results of a comparison of characteristics of rise waves of the upper Prozna river from two periods: before and after channel regulation and land drainage

Typ wezbrań Type of rise		Wezbrania roztopowe Snowmelt — induced rise				Wezbrania opadowe Rain — induced rise			
Cecha Characteristic	miano name	Różnica Difference		Testy istotności różnicy Test		Różnica Difference		Test istotności t — Studenta Test t — Student	
		ilość quantity	jakość quality	t — Student	λ — Kolmogorowa λ — Kolmogorov	ilość quantity	jakość quality		
1.	Początek wezbrania Start of rise	dni days	-25.3	wcześniejszy earlier	t = 2.305**	$\lambda = 1.500^{**}$	+39.7	późniejszy later	t = 1.359 ¹⁾
2.	Koniec wezbrania End of rise	dni days	-30.1	wcześniejszy earlier	2.656*	1.584**	+37.8	późniejszy later	1.230 ²⁾
3.	Długość fali Wave duration	dni days	-4.8	krótsza shorter	3.855*	2.084*	-2.0	krótsza shorter	0.573
4.	Czas przyboru fali Rising time	dni days	-1.58	krótszy shorter	3.347*	1.381**	-2.5	krótszy shorter	1.732 ¹⁾
5.	Czas opadania fali Falling time	dni days	-3.3	krótszy shorter	3.014*	1.778*	-1.1	krótszy shorter	0.773
6.	Tempo przyboru fali Rate of rising	$\frac{cm}{dobe}$	+1.9	szybsze faster	0.534	0.357	+6.7	szybsze faster	1.255 ²⁾
		$\frac{m^3 \cdot s^{-1}}{dobe}$	+0,32	szybsze faster	0.393	-	+0.91	szybsze faster	0.756
7.	Tempo opadania fali Rate of falling	$\frac{cm}{dobe}$	+2.2	szybsze faster	1.107 ²⁾	0.969	+3.6	szybsze faster	0.763
		$\frac{m^3 \cdot s^{-1}}{dobe}$	+0.45	szybsze faster	0.748	-	+0.37	szybsze faster	0.325
8.	Stan maksymalny Peak stage	cm	-2	niższy lower	0.155	-	+2	wyższy higher	0.111
9.	Wysokość fali Wave height	m	-0.15	niższa lower	1.108 ²⁾	0.663	+0.06	wyższa higher	0.365
10.	Przepływ max Peak discharge	$m^3 \cdot s^{-1}$	-2.4	mniejszy smaller	0.557	-	-1.8	mniejszy smaller	0.373
11.	Średni przepływ wezbrania Mean rise discharge	$m^3 \cdot s^{-1}$	+2.32	większy greater	1.792***	0.897	-0.95	mniejszy smaller	0.376
12.	Odptyw w okresie wezbrania Runoff in rise period	mln m^3	-2.45	mniejszy smaller	0.732	-	-1.31	mniejszy smaller	0.165

* - Różnica istotna na poziomie $\alpha = 0.01$
 ** - Różnica istotna na poziomie $\alpha = 0.05$
 *** - Różnica istotna na poziomie $\alpha = 0.1$

1) - Różnica istotna na poziomie $0.1 < \alpha < 0.2$
 2) - Różnica istotna na poziomie $0.2 < \alpha < 0.3$

* - Difference significant at $\alpha = 0.01$ level
 ** - Difference significant at $\alpha = 0.05$ level
 *** - Difference significant at $\alpha = 0.1$ level

1) - Difference significant at $0.1 < \alpha < 0.2$ level
 2) - Difference significant at $0.2 < \alpha < 0.3$ level

nych przepływów Sanu doszli do wniosku, że istnienie malejącej tendencji w czasie trwania wezbrań, w stanach i przepływach maksymalnych jest spowodowane regulacją koryta rzeki, pociągającej za sobą wzrost spadku, wcinanie się rzeki i przyspieszenie odpływu korytem. Zwracają oni jednocześnie uwagę na to, że w sytuacji stwierdzenia jednokierunkowych tendencji zmian odpływu i opadu – co ma miejsce także w zlewni Prosny – interpretacja uzyskanych wyników musi być ostrożna.

Wnioski

Przedstawione wyniki badań wskazują, że zmiany w przebiegu wezbrań i zmiany kształtu fal, zwłaszcza wezbrań roztopowych, można przypisać melioracjom. Czy jednak wszystkie?

Część zmian ma niewątpliwie związek z uregulowaniem koryta górnej Prosny (wyprostowanie i skrócenie biegu rzeki o 28%). Zaliczyć do nich można te zmiany, które są pochodną wzrostu spadku i przyspieszenia odpływu. Dotyczą one tempa formowania się fali wezbrania. Fala z okresu pomelioracyjnego w porównaniu z falą sprzed melioracji formuje się szybciej. Przeciętny czas przyboru fali jest krótszy o 1,6 dnia, czas opadania krótszy o 3,3 dnia, a długość fali skraca się o 5 dni. Średni przepływ wezbrania zwiększa się o $2,32 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ przy nie zmienionym, a nawet nieco mniejszym przepływie kulminacyjnym.

Część zmian może być wywołana innymi przyczynami. Nie można wykluczyć, że zmniejszenie wysokości wezbrań w okresie pomelioracyjnym jest spowodowane ogólnym zwiększeniem odpływu wywołanym również wzrostem opadów atmosferycznych (podniesienie podstawy fali), a zwiększenie liczby wezbrań roztopowych np. krótkotrwałymi zmianami warunków meteorologicznych powodujących częstsze odwilże w półroczu zimowym.

W kwestii wpływu melioracji na zmiany terminów występowania wezbrań i częstości występowania wezbrań zarówno roztopowych jak i opadowych także nie można udzielić jednoznacznej odpowiedzi. Zmiany te, choć bardzo wyraźne, mogą być spowodowane nie tylko przekształceniem warunków transformacji opadu w odpływ, lecz również ogólnym wzrostem uwilgotnienia zlewni (wzrost opadów w okresie pomelioracyjnym). W tej sytuacji uzyskane wyniki należy interpretować z dużą ostrożnością.

Instytut Geografii Fizycznej
Uniwersytetu im. A. Mickiewicza w Poznaniu
Zakład Hydrologii i Gospodarki Wodnej

LITERATURA

- L e o p o l d L. B., W o l m a n M. G., M i l l e r J. P., 1964: *Fluvial Processes in Geomorphology*. Freeman, San Francisco.
- M a r c i n k o w s k a J., R o t n i c k a J., R o t n i c k i K., 1986: *Zmiany opadu i odpływu w dorzeczu Prosny w latach 1951–1980*. Sprawozdania PTPN, Nr 105, Poznań.
- R o t n i c k a J., 1987: *Ocena zmian odpływu górnej Prosny spowodowanych regulacją koryta rzeki i melioracją zlewni*. Sprawozdania PTPN, Nr 106, Poznań.
- R o t n i c k a J., 1988: *Wpływ regulacji koryta rzecznoego i melioracji zlewni na odpływ górnej Prosny*. w: *Antropogeniczne uwarunkowania zmienności odpływu w różnych regionach Polski*. Red. I. Dynowska. Dokumentacja Geograficzna, z. 4, IGiPN PAN, Warszawa.
- S o j a R., 1981: *Analiza odpływu z fliszowych zlewni Bystrzanki i Ropy (Beskid Niski)*. Dokumentacja Geograficzna, z. 1, IGiPZ PAN, Warszawa.
- S t a c h y J., 1984: *Odpływ rzek polskich w latach 1970–1980 na tle danych wieloletnich*. Gosp. Wodna, z. 5 i 6, Warszawa.
- W i l g a t T., K o w a l s k a A., 1975: *Wpływ działalności gospodarczej człowieka na stosunki wodne Kotliny Sandomierskiej*. Dokumentacja Geograficzna, z. 5–6, IGiPZ PAN, Warszawa.

**THE IMPACT OF THE BASIC AND SPECIFIC RECLAMATION
WORKS ON THE FLOOD PATTERN
OF THE UPPER PROSNA**

Summary

The present article is another work concerned with the evaluation of the impact of the anthropogenic factor on changes in the upper Prosna runoff down to the profile at Mirków. The increase in the volume of the runoff over the three decades of 1951–1980 was the subject of earlier works (Rotnicka 1987, 1988) where it was associated with both an increase in precipitation in 53% and reclamation works in the Prosna catchment and river channel training in 47%.

The aim of the present article is to determine the impact of reclamation on the formation and pattern of floods of the upper Prosna as one of the stages in the runoff regime. It was based on a comparison of 12 parameters of the shape of flood waves and dates of their occurrence in two periods: before (1951–1964) and after reclamation (1969–1980). Separate analyses were made of snowmelt flood waves and rain flood waves.

In the three decades under study a total of 111 flood waves was recorded of which 86 were classed as snowmelt waves and 25 as rain waves. Their characteristics are presented in Tables 1 and 2 and illustrated in Fig. 2.

Statistical tests showed differences in the pattern and formation of floods before and after reclamation to be often significant (Table 3), especially in the case of snowmelt floods.

The river-channel training has brought about the following consequences:

1) a shortening by 1.6 days of the flood-rising-stage and by 3.3 days of the time of falling stage of snowmelt floods, and hence the length of a whole flood wave by 5 days,

2) a decrease in flood peak by 15 cm,

3) an increase in the mean flood discharge by $2.32 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ with no change or even a slight decrease in the flood peak discharge,

4) an earlier date of snowmelt floods; a shift of an average starting time of a snowmelt flood from 22 February to 28 January and the finishing time of flood wave from 11 March to 9 February.

The conclusion that floods after reclamation start earlier than before it should be treated with caution. It may additionally result from the climatic factor, i.e. a general increase in precipitation in the period following reclamation, and possibly also more frequent thaws in the winter half-year.

It is hard to draw conclusions about rain flood waves, because the set of these waves from the pre-reclamation period is too small (only 3 waves). Differences in the parameters describing the patterns and dates of the floods in the periods compared are not significant in the light of statistical tests.