

Barbara Nowicka*

OCENA ZRÓŻNICOWANIA EKSTREMALNIE WYSOKICH PRZEPLYWÓW WYBRANYCH RZEK POLSKICH

Estimation of differentiation extremely high discharges of selected Polish rivers

Abstract. The paper presents the results of estimation and comparison of risk of extreme floods on rivers of various hydrological regimes. The hypothesis that extreme events occur with the same frequency in all rivers has been refuted. The borderline between extreme and common floods on 30 rivers from various geographical regions of Poland was defined on the basis of the standardized flow-duration curve for 1971–2006. The analyses resulted in grouping the curves into 6 groups. Four measures of flood magnitude have been proposed. The time distribution of extreme events during the last decades was estimated for the most dynamic rivers.

Słowa kluczowe: wezbranie ekstremalne, wartości progowe, krzywe czasu przewyższenia przepływu, ustrój hydrologiczny.

Key words: extreme flood, threshold values, standardized flow-duration curve, hydrological regime.

WSTĘP

Opis i charakterystyka ekstremalnie wysokich przepływów wezbraniowych rzek mają ogromne znaczenie zarówno poznawcze jak też praktyczne. Wiedza ta jest niezbędna do oceny ryzyka wystąpienia powodzi a zatem do projektowania budowli hydrotechnicznych (*Ryzyko w gospodarce wodnej*, 2000; Ciepiewski, Dąbkowski, 2006). Może też znaleźć zastosowanie w ochronie środowiska przyrodniczego dolin rzecznych podlegających procesom fluwialnym, którego funkcjonowanie jest modyfikowane przez najwyższe przepływy rzek (Kostrzewski, 2006).

* e-mail: benowick@uw.edu.pl

Wezbranie jest najczęściej utożsamiane ze „znacznym podniesieniem poziomu wody rzeki” wskutek nadmiernego zasilania opadowego, roztopowego czy mieszanego (Mikulski, 1965, Ozga-Zielińska, Brzeziński, 1997). W definicji podawanej m. in. przez Byczkowskiego (1999) są uwzględnione dodatkowo takie przyczyny wzbierania rzeki, jak zarastanie koryta, zatory lodowe czy sztormy. Analiza hydrogramu odpływu rzeki pozwala zauważyć, że wezbrania różnią się rozmiarami i podobnie jak w przypadku powodzi niosących negatywne skutki ekonomiczne (Ciepielowski, 1992), można podzielić je ze względu na wielkość (Niedźwiedz i in., 2004). Brak jednak powszechnie uznanej definicji określającej przy jakim stanie rzeki uznajemy, że dane wezbranie ma już charakter zdarzenia ekstremalnego. Ekstremum w języku łacińskim oznacza „koniec”. Z drugiej strony, M. Ozga-Zielińska i B. Ozga-Zieliński (2006), prowadzący rozważania w kategoriach gospodarczych i społecznych podają, że to takie zdarzenie „na którego wystąpienie nie jesteśmy przygotowani (zabezpieczeni) technicznie, ekonomicznie lub psychicznie”. Można zatem, zapożyczyć pojęcie ze stosowanego do opisu zdarzenia traumatycznego i przyjąć, że zdarzenia ekstremalne to „zdarzenia dużego ryzyka, pozostające poza zakresem zwykłych doświadczeń” (Lis-Turlejska, 2004). Przy takim rozumowaniu wezbrania ekstremalnie wysokie wyróżniają się na tle pozostałych, cechujących się dużą regularnością występowania. Wezbrania ekstremalne mają wyraźnie odstające wartości przepływu w stosunku do zwyczajnego i zdarzają się incydentalnie. Czas ich trwania może być nawet kilkumiesięczny, czego przykładem są wezbrania roztopowo-zatorowe. Uściślenie tej definicji wymaga podjęcia dyskusji nad metodą wyznaczania wartości krytycznej przepływu Q_{ξ} odcięcia hydrogramu wezbrania, powyżej której zjawisko te można uznać za nieoczekiwanie wysokie (ekstremalne).

Celem opracowania jest określenie wartości granicznej przepływów ekstremalnie wysokich rzek o różnym ustroju hydrologicznym. Rozwiązanie tego problemu starano się osiągnąć poprzez ocenę częstotliwości i stopnia przewyższenia przepływów wysokich w stosunku do wartości bazowej (przepływu zwyczajnego ZQ) na podstawie jak najdłuższej, jednoczesnej próby empirycznej dużej liczby rzek z różnych regionów Polski. Badaniami objęto odpływ 30 rzek. Analizy przeprowadzono na podstawie danych empirycznych, 36 letniego (1971–2006) ciągu dobowych wartości przepływu (ze szczególnym uwzględnieniem przekraczających ZQ).

METODYKA BADAŃ

Wyznaczenie wezbrań ekstremalnych jest zadaniem trudnym i niejednoznacznym. Pomimo, że podlega obserwacji (Zwoliński, 2008) może być określone na różne sposoby, według kryterium zależnego od celu badań i wykorzy-

stanych metod. Powszechnie operowanie maksymalnymi wartościami przepływu rocznego czy półrocznego, stosowane do potrzeb projektowania obiektów melioracyjnych i hydrotechnicznych oraz ochrony przeciwpowodziowej, w innych rozważaniach jest niewystarczające (Strupczewski, 1967). Przykładem może być badanie procesów rzeźbotwórczych, czy ekohydrologicznych w dolinach rzecznych. Hydrogram ekstremalnych przepływów wezbraniowych opisany na podstawie wartości dobowych stanowi istotne uzupełnienie informacji przyrodniczej. Dotychczas brakuje powszechnie uznanych kryteriów odcięcia wezbrań ekstremalnie wysokich, od innych. Już przy wydzielaniu wezbrań są stosowane wartości progowe różnego rodzaju: hydrologiczne lub gospodarcze (Ozga-Zielińska, Brzeziński, 1997). Do pierwszej grupy należą proste do określenia przepływy główne drugiego rzędu *NWQ*, *ZWQ* lub *SWQ*, obliczane na podstawie ekstremów rocznych.

W drugiej grupie stosowanych wartości progowych znajdują się przepływy umowne, których ustalenie wymaga znajomości warunków lokalnych. Należą do nich m. in. charakterystyki stosowane w ochronie przeciwpowodziowej jak np. przepływ przy stanie alarmowym rzeki. Niekiedy padają propozycje aby do wyznaczania wartości krytycznych zdarzeń ekstremalnych wykorzystać przepływ odpowiadający w przybliżeniu wodzie brzegowej koryta właściwego. Uznanie, że każdorazowe wystąpienie rzeki z koryta właściwego jest zdarzeniem ekstremalnym może wprowadzać w błąd, gdyż pojawienie się wody na tarasach zalewowych jest zjawiskiem naturalnym i występuje często.

Wybór któregoś z wymienionych kryteriów zasadniczo wpływa na liczbę wyróżnionych wezbrań. W celu egzemplifikacji rozmiarów problemu porównano liczbę dni z przekroczonym przepływem ośmiu rzek o różnym ustroju hydrologicznym (tab. 1). Przy wydzieleniu wezbrań ekstremalnych należałoby rozważać wykorzystanie kryterium najbardziej restrykcyjnego.

Inne podejście do ustalenia granicznych wartości przepływu ekstremalnie wysokiego to arbitralne przyjęcie przepływu o niskim prawdopodobieństwie wystąpienia. Taki tok rozumowania zaprezentowali T. Niedźwiedz i in. w roku 2004. Autorzy zaproponowali wyróżnienie 3 rodzajów wezbrań ekstremalnych, wydzielonych na podstawie wartości progowych (za Zwolińskim, 2008). Zakładając probabilistyczny charakter zdarzeń przyjęto, że powyżej przepływu o prawdopodobieństwie przekroczenia 10% wezbrania należy uznać za ponadprzeciętne, a powyżej przepływu o prawdopodobieństwie wystąpienia 1% za wyjątkowo ekstremalne, najwyższy stwierdzony przepływ uznano za ekstremum absolutne. Takie podejście zostało wykorzystane w badaniu dynamiki procesów fluwialnych górnej Parsęty (Tylkowski i in., 2008). Może znaleźć zastosowanie w ocenie zdarzeń ekstremalnych innych rzek.

W niniejszym opracowaniu poszukiwano wartości progowych przepływów ekstremalnie wysokich, na podstawie analizy krzywych sumy czasów trwania

Tab. 1. Wpływ kryteriów granicznych na liczbę dni z przepływem wezbraniowym (wybrane przykłady)

Tab. 1. Effect of the hydrograph separation on the number of days with the discharge higher than given threshold value (selected cases)

Rzeka	Profil hydrologiczny	Liczba dni (n) z przekroczeniem wartości progowej przepływu w latach 1971–2006 (liczebność próby $N = 13149$ dni)			
		NWQ	ZWQ	SWQ	Przepływ przy stanie alarmowym
Wisła	Wisła	577	45	32	4
Biały Dunajec	Zakopane Harenda	688	42	38	nie przekroczony
Sękówka	Gorlice	260	29	19	21
Liwiec	Łochów	1971	127	88	360
Rospuda	Raczki	3967	175	161	nie wyznaczony
Krutynia	Ukta	6569	828	618	nie wyznaczony
Wierzyca	Bożepole Szlacheckie	3994	175	175	4
Skora	Chojnów	945	96	25	48

Objaśnienia:

NWQ – najniższy wysoki przepływ;

ZWQ – zwyczajny wysoki przepływ;

SWQ – średni wysoki przepływ.

przepływów wraz z wyższymi, znanymi też jako wykresy sumowanych częstości przepływów, lub jako krzywe czasu przewyższenia przepływu (Tomik, Żelaziński, 1970, Węglarczyk, 2005). Uporządkowanie wartości przepływu średniego dobowego w ciąg malejący, pozwala na wskazanie przez ile czasu w okresie obserwacji przepływ był osiągany i przekraczany. Do potrzeb opracowania krzywe czasu przewyższenia przepływu zostały zmodyfikowane. Oś czasu wyrażono w odsetkach liczebności całej próby ($N = 13149$). Przepływy dobowe Q_d zostały odniesione do przepływu zwyczajnego ZQ z okresu obserwacji:

$$K_d = Q_d / ZQ \quad (1)$$

gdzie: K_d iloraz przewyższenia ZQ.

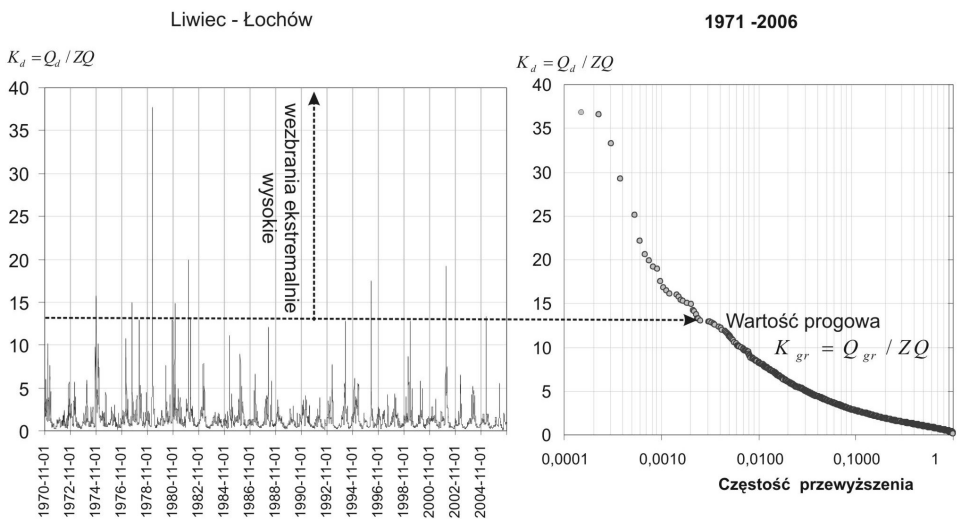
Pozwoliło to porównywać krzywe 30 rzek o różnym ustroju hydrologicznym. Zdając sobie sprawę, że kształt krzywej czasu przewyższenia przepływu jest silnie zależny od długości ciągu pomiarowego, starano się dobrać jak naj-

dłuższy okres obserwacji. Takie ciągi pomiarowe pozwalają na prowadzenie analizy porównawczej rzek i dają szansę na uchwycenie prawidłowości regionalnych (Tomik, Żelaziński, 1970). Poważnym ograniczeniem w doborze danych empirycznych było zapewnienie ciągłych pomiarów jednoczesowej próby w dużej liczbie zlewni. Analizy prowadzono na podstawie danych IMGW z 36 lat od 1971 do 2006.

W celu wydzielenia granicy przepływów ekstremalnie wysokich poszukiwano wyraźnej zmiany w przyroście najwyższych wartości wskaźnika K_d , manifestującego się zmianą kąta nachylenia górnych gałęzi krzywej, jak i zmniejszeniem zagęszczenia punktów empirycznych – rys. 1. Wzrost nachylenia krzywej interpretowany był jako „nieoczekiwanie” wysokie przekroczenie wartości przepływu zwyczajnego. Spadek krzywej wiązano z „nieoczekiwanym” wydłużeniem czasów trwania przepływów wysokich. Aby lepiej uwidocznić punkty załomu oś odciętych została przedstawiona w skali logarytmicznej. Wydzielone w ten sposób przepływy ekstremalnie wysokie opisano za pomocą czterech parametrów:

– wskaźnika przepływu granicznego K_{gr} [-]:

$$K_{gr} = Q_{gr} / ZQ \quad (2)$$



Rys. 1. Wyznaczanie wartości progowej przepływów ekstremalnie wysokich Liwca po profil Łochów (1971–2006)

Fig. 1. Threshold values estimation for extreme river discharges of the Liwiec at Łochów (1971–2006)

– wskaźnika maksymalnego przewyższenia ZQ K_{max} [-]:

$$K_{max} = Q_{max} / ZQ \quad (3)$$

gdzie: Q_{max} – najwyższy przepływ określony w okresie obserwacji;

– wskaźnika „zagrożenia” ψ [-], charakteryzującego iloraz maksymalnego przyrostu przepływu w stosunku do wartości granicznej Q_g :

$$\psi = (Q_{max} - Q_{gr}) / Q_{gr} \quad (3)$$

– częstotliwości przewyższenia n [%] wartości progowej ekstremalnie wysokiego przepływu Q_{gr} w badanym okresie dla Δt = doba. (5)

OBIEKTY BADAŃ

Przy wyborze rzek kierowano się następującymi kryteriami:

- zróżnicowaniem ustroju hydrologicznego;
- położeniem w różnych regionach fizycznogeograficznych;
- wspólnym jak najdłuższym ciągiem pomiarowym obejmującym wielkie powodzie końca XX wieku;
- dostępnością danych hydrologicznych.

Tab. 2. Zestawienie wybranych do badań zlewni

Tab. 2. The list of river catchments researched

Rzeka	Profil	Dorzecze	A km ²	Ustrój rzeczny wg klasyfikacji Dynowskiej (1994)	Makroregiony wg klasyfikacji Kondrackiego (1998)	Typ krzywej
Góry i pogórza						
Biała Lądecka	Lądek Zdrój	Odry	166	Ustrój śnieżno- deszczowy	332.6	IA
Skora	Chojnów	Odry	270	Ustrój śnieżno- deszczowy	332.1, 332.2, 317.7	IA
Wisła	Wisła	Wisły	54	Ustrój deszczowo- śnieżny	512.2	IB
Soła	Rajcza	Wisły	254	Ustrój deszczowo- śnieżny	513.4/5	IA

Skawa	Jordanów	Wisły	96	Ustrój deszczowo-śnieżny	513.4/5	IA
Biały Dunajec	Zakopane-Harenda	Wisły	58	Ustrój deszczowo-śnieżny	514.5	IB
Potok Kościeliski	Kościelisko-Kiry	Wisły	34	Ustrój deszczowo-śnieżny	514.5	IB
Kamienica Nawojowska	Nowy Sącz	Wisły	238	Ustrój deszczowo-śnieżny	513.7	IB
Biała (Biała Tarnowska)	Grybów	Wisły	210	Ustrój śnieżno-deszczowy	513.7, 513.6	IA
Sękówka	Gorlice	Wisły	121	Ustrój śnieżno-deszczowy	513.6	IA
Solinka	Terka	Wisły	310	Ustrój śnieżny silnie wykształcony	522.1	IB
Hoczewka	Hoczew	Wisły	169	Ustrój śnieżno-deszczowy	522.1	IB
Oślawa	Szczawne	Wisły	302	Ustrój śnieżny silnie wykształcony	522.1	IB
317- Niziny Sasko-Łużyckie, 332- Sudety, 512- Północne Podkarpacie, 513- Zewnętrzne Karpaty Zachodnie, 514- Centralne Karpaty Zachodnie, 522- Beskidy Wschodnie						
Niziny staroglacjalne						
Świder	Wólka Mładzka	Wisły	845	Ustrój śnieżny silnie wykształcony	318.6	II
Liwiec	Łochów	Wisły	2466	Ustrój śnieżny silnie wykształcony	318.6	II
Nurzec	Boćki	Wisły	556	Ustrój śnieżny silnie wykształcony	843.3	II
Orzyc	Krasnosielc	Wisły	1268	Ustrój śnieżny średnio wykształcony	318.6, 843.3, 842.8	II

Skrwa (Prawa)	Parzeń	Wisły	1534	Ustrój śnieżny silnie wykształcony	318.6, 315.1	II
315.1 Pojezierze Chełmińsko Dobrzyńskie 318 – Niziny Środkowopolskie, 842- Pojezierze Wschodniobałtyckie , 843 – Wysoczyzny Podlasko-Białoruskie						
Niziny młodoglacjalne						
Drawa	Drawsko Pomorskie	Odry	602	Ustrój śnieżny słabo wykształcony	314.4	IIIC
Gwda	Ptusza	Odry	2052	Ustrój śnieżny słabo wykształcony	314.6/7	IIIC
Płonia	Żelewo	Odry	785	Ustrój śnieżny średnio wykształcony	313.2/3, 314.4	IIIA
Ina	Goleniów	Odry	2163	Ustrój śnieżny średnio wykształcony	313.2/3, 314.4, 314.6/7	IIIB
Rospuda	Raczki	Wisły	281	Ustrój śnieżny silnie wykształcony	842.7, 842.8	IIIA
Krutynia	Ukta	Wisły	635	Ustrój śnieżny słabo wykształcony	842.8	IIIC
Omulew	Krukowo	Wisły	1265	Ustrój śnieżny średnio wykształcony	842.8	IIIB
Wda	Czarna Woda	Wisły	940	Ustrój śnieżny słabo wykształcony	314.6/7	IIIC
Wierzyca	Bożepole Szlacheckie	Wisły	402	Ustrój śnieżny słabo wykształcony	314.5, 314.7	IIIB
Rega	Łobez	Rzeka Przymorza	609	Ustrój śnieżny średnio wykształcony	314.4	IIIB
Łyna	Smolajny (Smołowo)	Pregoły	2290	Ustrój śnieżny średnio wykształcony	842.8, 842.6	IIIC
Czarna Hańcza	Czerwony Folwark	Niemna	454	Ustrój śnieżny silnie wykształcony	843.7	IIIC
313- Pobrzeża Południobałtyckie, 314 /15 Pojezierza Południobałtyckie, 842- Pojezierze Wschodniobałtyckie, 843 – Wysoczyzny Podlasko-Białoruskie,						

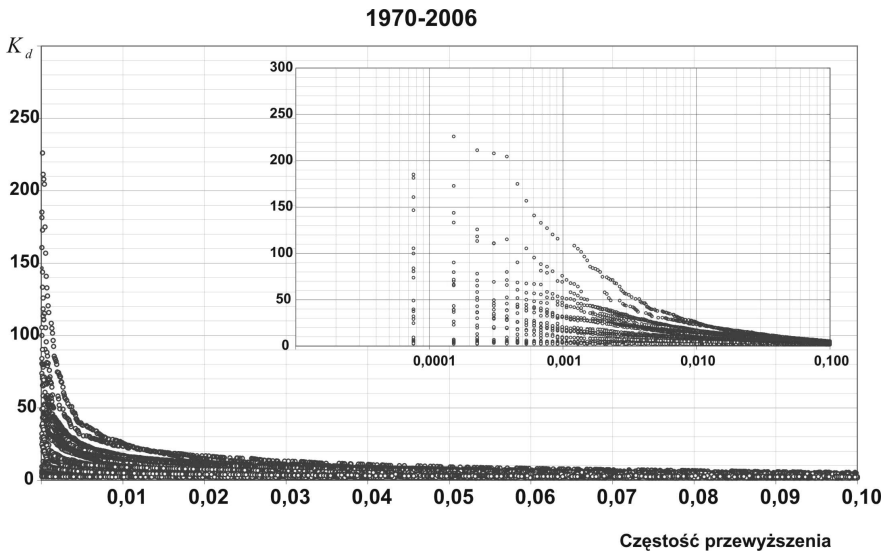
W sumie wytypowano 30 rzek (tab. 2). Z tego 13 reprezentuje obszary młodoglacjalne obejmując 5 podprowincji podziału fizycznogeograficznego Polski wg Kondrackiego (1998): Pojezierza Chełmińsko-Dobrzyńskie, Pobrzeża Południowobałtyckie, Pojezierza Południowobałtyckie, Pojezierze Wschodniobałtyckie oraz Wysoczyzny Podlasko-Białoruskie Część przepływa przez jeziora, modyfikujące warunki odpływu. Wszystkie mają ustrój śnieżny o różnym stopniu wykształcenia od słabego do silnego (Dynowska, 1994).

Kolejne 5 rzek odwadnia niziny staroglacjalne w 2 podprowincjach Nizin Środkowopolskich oraz Wysoczyzny Podlasko-Białoruskiej. Mają silnie i średnio wykształcony śnieżny ustrój hydrologiczny. Pozostałe przepływają przez regiony górskie i pogórskie: Północnego Podkarpacia, Zewnętrznych i Centralnych Karpat Zachodnich i Beskidu Wschodniego, a także odwadniają Sudety z czego jedna pokonuje Uskok Brzeźny wypływając na Niziny Sasko-Łużyckie. Ustrój tych rzek jest zróżnicowany od ustroju śnieżnego w Beskidach do śnieżno deszczowego lub deszczowo śnieżnego.

WYNIKI BADAŃ

Badane rzeki reprezentują zróżnicowane przepływy maksymalne Q_{max} . Porównanie wartości znormalizowanych wykazuje, że w badanym okresie 1971–2006 przepływ maksymalny był od 3 do 511 razy wyższy od przepływu zwyczajnego ZQ . Jednocześnie, w 90% zdarzeń przepływy dobowe rzek Q_d nie przekraczały 10 krotności przepływu zwyczajnego ZQ (rys. 2). Największe zmiany w przebiegu górnych gałęzi znormalizowanych krzywych czasu przewyższenia przepływu wraz z wyższymi miały miejsce poniżej 1% przypadków. Przepływ graniczny Q_{gr} , obserwuje się przy różnej częstotliwości zdarzeń n , co zależy od stabilności odpływu rzeki. W rzekach górskich [IA] wartości progowe wezbrań ekstremalnie wysokich Q_{gr} występują przy wielokrotnie niższej częstotliwości przewyższenia przepływu dobowego n (od 0,03 – 0,2 %), niż w rzekach nizinnych (od 0,1 do 1,7%). Najwyższą wartość osiągają rzeki obszarów młodoglacjalnych, co wiąże się z długim, często kilkumiesięcznym czasem trwania wezbrań. Jednocześnie wartości progowe przepływu ekstremalnie wysokiego Q_{gr} są tam najniższe (poniżej 4 ZQ), podczas, gdy w górach sięgają 85 ZQ (tab. 3, rys. 3).

Analiza kształtu krzywych znormalizowanych 30 rzek z terenu Polski pozwoliła podzielić je na 6 grup – rys. 3, tab. 3. Dwie charakteryzują rzeki górskie i podgórskie. W pierwszej [IA] występuje bardzo duża dynamika wezbrań, znaczne kulminacje i krótki czas trwania. Cechują się bardzo wysokim wskaźnikiem „zagrożenia” od 2,5 do 7,0. Przepływy graniczne wezbrań ekstremalnie wysokich są tu bardzo duże od 20 do 85 ZQ . Opisywana grupa występuje zarówno w Sudetach jak też w Karpatach Zewnętrznych (Zachodnich).



Rys. 2. Zróżnicowanie kształtu znormalizowanych krzywych czasu przewyższenia dobowego przepływu rzeki

K_d – iloraz przewyższenia ZQ

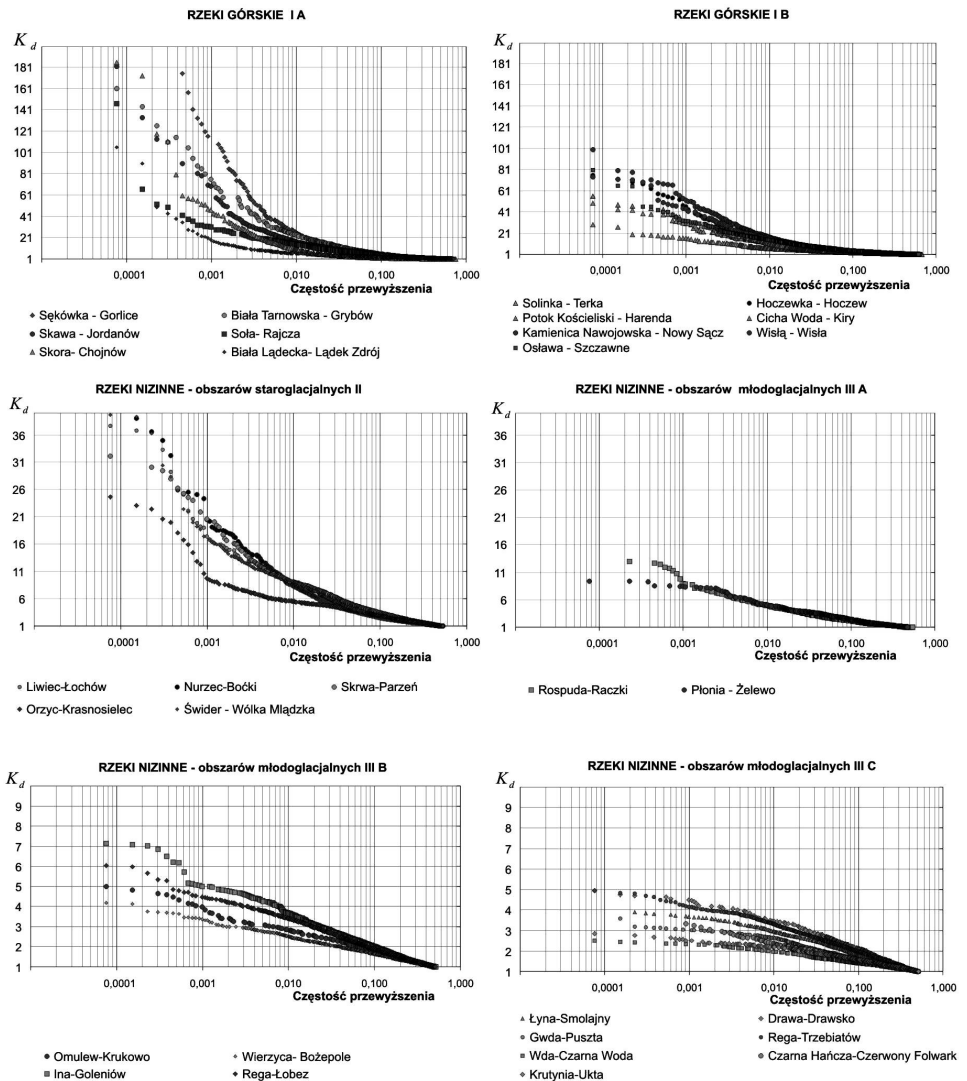
Fig. 2. Differentiation of the shapes of normalized time exceedance curves of daily river discharge

K_d – exceedance ratio ZQ

Tab. 3. Charakterystyka ekstremalnych przepływów wezbraniowych w różnych regionach Polski w latach 1971–2006

Tab. 3. Extreme discharge characteristics in various regions of Poland (years 1971–2006)

Typ krzywej czasu przewyższenia przepływu		Wskaźnik przepływu progowego K_g	Miary przepływów ekstremalnie wysokich		
			wskaźnik maksymalnego przewyższenia ZQ K_{max}	wskaźnik zagrożenia ψ	udział % dobowych przepływów ekstremalnie wysokich n
Góry i pogórza	I A	20 – 85	145 – 511	2,5 – 7,0	0,03 – 0,2
	I B	12 – 46	35 – 352	1,5 – 7	0,09 – 0,2
Niziny staroglacjalne	II A	9 – 20	24 – 46	1 – 2	0,09 – 0,2
Niziny młodoglacjalne	III A	6 – 8	9 – 14	0,5 – 0,6	0,4 – 0,6
	III B	3 – 5	4 – 7	0,15 – 0,5	0,1 – 0,5
	III C	0 – 3,5	2,5 – 5	0,1 – 0,8	0,2 – 1,7



Rys. 3. Typy krzywych czasu przewyższenia przepływu wybranych rzek polskich
Fig. 3. Types of standardized flow-duration curves characteristic for rivers in Poland

Drugą grupę [IB] reprezentują rzeki górskie, w których przepływy dobowe wykazują większą stabilność, mimo tego wartości maksymalne sięgały do 355 ZQ, stąd wysoki wskaźnik „zagrożenia” (tab. 3). Wartości graniczne przepływów ekstremalnie wysokich znajdowały się w nieco niższym przedziale niż poprzednie (tab. 3). Na tym tle wyróżniają się potoki tatrzańskie, które pomimo wysokogórskiego charakteru bardziej upodabniają się do kolejnej grupy rzek, co może wynikać z występowania krasu modyfikującego reżim hydrologiczny odpływu.

Kolejną grupę [IIA] stanowią rzeki płynące po obszarach staroglacjalnych (rys. 3). Najwyższe przepływy wahają tu się od 24 do 46 wielokrotności ZQ. W efekcie wskaźnik „zagrożenia” zmienia się w zakresie od 1 do 2, choć przepływy graniczne nie przekraczają 20 ZQ.

Trzy następne grupy [IIIA-C] charakteryzują rzeki młodoglacjalne. Na kształt krzywych ma tu wpływ jeziorność zlewni wahająca się od 2 do 8%. Niektóre jeziora mają charakter przepływowy i silnie modyfikują warunki odpływu. Jak wynika z rysunku 3, odpływ tych rzek jest bardzo stabilny. Stąd, w grupie IIIC górne gałęzie krzywych czasu przewyższenia przepływu wyraźnie „kładą się”. Efekt ten wzmacnia występowanie długotrwałych wezbrań roztopowych. Skrajnym przykładem jest Czarna Hańcza. W przypadku tej rzeki jeziornej nie udało się wyróżnić wezbrań ekstremalnie wysokich proponowaną metodą. W przypadku pozostałych rzek wyznaczone wartości graniczne zmieniały się od 2 do 14 ZQ. Wskaźnik „zagrożenia” przepływu maksymalnego tych rzek był bardzo niski i nie osiągał 1.

PODSUMOWANIE

Dobór wartości progowych wydzielania zdarzeń ekstremalnie wysokich ma istotny wpływ na ocenę czasowego i przestrzennego rozkładu tych zjawisk. Przeprowadzone analizy statystyczne potwierdzają, że arbitralne przyjmowanie stałych wartości progowych przepływu krytycznego Q_{gr} o jednakowym dla wszystkich rzek prawdopodobieństwie przekroczenia może prowadzić do przeszacowania lub niedoszacowania liczby wezbrań ekstremalnie wysokich. Uściślenie kryterium oceny wartości progowej odpowiadającej wezbraniom ekstremalnie wysokim rzek można przeprowadzić na podstawie analizy dobowych wartości przepływu a przy analizach porównawczych rzek dobowego wskaźnika K_d przekroczenia ZQ. Przy określaniu wartości progowych przepływu Q_{gr} dobrym rozwiązaniem wydaje się stosowanie krzywych czasu przewyższenia przepływu dobowego wraz z wyższymi. Metoda ta jednak wymaga dalszego dopracowania. Wyznaczanie wartości progowej Q_{gr} na podstawie przebiegu krzywych jest obciążone subiektywizmem, dobrze znanym z metody rozdziału hydrogramu odpływu. Rozwiązaniem wydaje się poszukiwanie analitycznej postaci krzywych.

Przy interpretacji wyników należy brać pod uwagę krok czasowy rejestracji zdarzeń. W przypadku konwencjonalnych serii danych terminowych (raz na dobę o godzinie 6 UTC), mogą nie zostać zarejestrowane krótkotrwałe, gwałtowne wezbrania, bądź też będą uwzględnione przepływy formujące część wezbrania, związaną jedynie z propagacją lub recesją fali, a nie jej kulminacją. Róż-

nice te mogą być znaczące. Dotyczy to szczególnie niewielkich rzek górskich, których reakcja na wymuszenia intensywnych opadów deszczu czy raptownych roztopów jest bardzo szybka. Biorąc pod uwagę ten fakt, należy pamiętać, że w bazach danych hydrologicznych osobno są przechowywane ciągi danych średnich dobowych i wartości maksymalnych i sięgać do obu.

Wykorzystanie krzywych częstotliwości sumy czasów trwania przepływów średnich dobowych wraz z wyższym do określenia wartości progowych oznacza konieczność korzystania z długiego ciągu pomiarowego, a to stanowi poważne ograniczenie w stosowaniu tej metody na wielu rzekach polskich. Poszukiwanie zależności regionalnych daje szansę rozwiązania problemu. Analiza kształtu zmodyfikowanych krzywych 30 rzek polskich pozwoliła podzielić je na kilka grup regionalnych. Nie ustalono jeszcze jednoznacznych przesłanek metodycznych pozwalających opisać związek pomiędzy kształtem krzywej a warunkami fizycznogeograficznymi zlewni.

Kształt górnych gałęzi zmodyfikowanych krzywych czasu przewyższenia dobowego przepływu rzeki jest silnie zróżnicowany i zależy od regionalnej specyfiki wezbrań. Wyraźne „kładzenie się” krzywych charakteryzuje rzeki młodogłacjalne o długim czasie trwania wezbrań. W rzekach o dużej dynamice i gwałtownym przyborze wody krzywe odchylają się ku górze. Ścisły opis tych odchyleń można zastosować w regionalnej charakterystyce wezbrań. Zaproponowane miary ekstremalności przepływów wysokich rzek dobrze oddają specyfikę poszczególnych rzek i mogą być stosowane w analizie zagrożeń powodziowych i uwzględniane przy wyznaczaniu stanów alarmowych.

Literatura:

- Byczkowski A., 1999, *Hydrologia*, Tom II, Wyd. SGGW s. 160.
- Ciepielowski A., 1992, Charakterystyka zjawisk powodziowych w Polsce[w:] *Ochrona przed powodzią*, [red.] K. Mosiej, A.Ciepielowski, IMUZ Falenty, s. 15–50.
- Ciepielowski A., Dąbkowski L., 2006, *Metody obliczeń przepływów maksymalnych w małych zlewniach rzecznych (z przykładami)*, Projprzem – EKO, Bydgoszcz, s. 233–240.
- Dynowska I., 1994, Reżim odpływu rzecznego, plansza 32.3 Odpływ rzeczny [w:] *Atlas Rzeczpospolitej Polskiej*, IG PZ PAN, wyd. PPWK im E. Romera S.A, Warszawa.
- Kondracki J., 1998, *Geografia regionalna Polski* (II wyd. 2000), PWN, Warszawa.
- Kostrzewski A., 2006, Procesy ekstremalne w środowisku geograficznym. Wprowadzenie do konferencji [w:] *Funkcjonowanie geosystemów zlewni rzecznych 4*, UAM Poznań-Storkowo, s. 13–14.
- Lis–Turlejska M., 2004, Rozpowszechnienie traumatycznych zdarzeń oraz objawów potraumatycznych w nieklinicznej próbie studentów wyższych uczelni [w:] *Osobowość a ekstremalny stres* [red.] Jan Streulau, GWP Gdańsk, s. 100–118.

- Mikulski Z., 1998, *Gospodarka Wodna*, Wyd. Nauk. PWN, Warszawa, s. 72.
- Niedźwiedz T., Ustrnul Z., Michalczyk Z., Starkel L., 2004, Zdefiniowanie ekstremalnych zdarzeń meteorologicznych, hydrologicznych oraz geomorfologicznych. Prezentacja MS Power Point w Sosnowcu, w dn.13.12.2004.
- Ozga-Zielińska M., Brzeziński J., 1997, *Hydrologia stosowana*, PWN s.210–212.
- Ozga-Zielińska M., Brzeziński J., Ozga-Zieliński B., 1997, Zasady obliczania największych przepływów rocznych o określonym prawdopodobieństwie przewyższenia. Długie ciągi pomiarowe *Mat. Bad. IMGW*, seria Hydrologia i Oceanologia, nr 27.
- Ozga-Zielińska M., 2000, Szacowanie ryzyka hydrologicznego na potrzeby projektowania budowli inżynierii wodnej [w:] red. M Maciejewski, *Ryzyko w gospodarce wodnej*, *Monografie KGW PAN* z.15, Warszawa, s.71–88.
- Ozga-Zielińska M., Kupczyk E., Ozga-Zieliński B., Suligowski R., Niedbała J., Brzeziński J., 2003, Powodziogenność rzek pod kątem bezpieczeństwa budowli hydrotechnicznych i zagrożenia powodziowego. Podstawy metodyczne, *Mat. Bad. IMGW, seria Hydrologia i Oceanologia*, z. 29, Warszawa s. 3–91.
- Ozga-Zielińska M., Ozga-Zieliński B, 2006, Metody oceny zdarzeń ekstremalnych na przykładzie zjawisk hydrologicznych. [w:] *Zagrożenia środowiska naturalnymi zjawiskami ekstremalnymi* [red:] M. Maciejewski i M. Ostojki, IMGW, Warszawa, s.58–68.
- Ryzyko w gospodarce wodnej*, 2000, red. M Maciejewski, KGW PAN z.15, Warszawa.
- Strupczewski W., 1967, Częstość wielkich wód, *Przegl. Geof.*, Rocznik XX (XVIII) s. 83–93.
- Tomik T., Żelaziński J., 1970, Rozkłady czasów trwania przepływów na terenie Polski. *Prace PIHM*, z.100, s. 17–32.
- Tylkowski J., Domańska M., Kostrzewski A., Stach A., Szpillkowski J., Zwoliński Z., 2008, Przepływy ponadprzeciętne w górnej Parsęcie (maszynopis).
- Węglarczyk S., 2005, Probabilistyczna interpretacja krzywej czasu przewyższenia przepływu, *Wiad. Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej*, T XXVIII (XLIX) z. 3–4, s. 51–63.
- Zwoliński Z., 2008, Wybrane zjawiska ekstremalne pojezierzy polskich, *Landform Analysis*, vol. 8, s. 98–106.