

NIZÓWKI W ZLEWNI GÓRNEJ RABY W LATACH 1971–1981

Krzysztof Raczyński

Raczyński K., 2015: Nizówki w zlewni górnej Raby w latach 1971–1981 (*Streamflow droughts in upper Raba river catchment in years 1971–1981*), *Monitoring Środowiska Przyrodniczego*, Vol. 17, s. 69-77.

Zarys treści: W niniejszym artykule przedstawiono zmienność parametrów niżówek występujących w zlewni górskiej (karpackiej). Podstawą opracowania były przepływy dobowe z lat 1971–1981 dla czterech przekrojów wodowskazowych umieszczonych w zlewni górnej Raby. Analizę zmienności opracowano przy zastosowaniu wskaźników niedoboru odpływu Hn, sezonowości niżówki SWN, deficytu względnego, gęstości niżówek oraz czasów ich trwania. Do opisu dynamiki procesów zastosowano podział niżówki na fazy recesji, trwania przepływów minimalnych oraz wznoszenia.

Słowa kluczowe: susza hydrologiczna, niżówka, sezonowość niżówek, niedobory odpływu, przepływy minimalne, zlewnia karpacka, górna Raba.

Key words: *hydrological drought, streamflow drought, seasonality of streamflow droughts, flow shortages, low flows, carpathian catchment, upper raba river.*

Krzysztof Raczyński, Uniwersytet Marii Curie-Skłodowskiej, Zakład Hydrologii Wydziału Nauk o Ziemi i Gospodarki Przestrzennej, al. Kraśnicka 2 cd, 20-718 Lublin, e-mail: krzysztof.raczynski@umcs.edu.pl

1. Wprowadzenie

Gęsta sieć hydrograficzna w obszarach górskich wpływa na występowanie dużej ilości zlewni o niewielkich powierzchniach, co utrudnia monitoring wielkości przepływów oraz przekłada się na brak obszarowych analiz zjawiska w tym regionie. Analizy warunków formowania oraz badania dotyczące zmienności sezonowych i przestrzennych niżówek skupiają się w obszarach nizinnych lub wyżynnych (m.in. Kaznowska 2012; Tomaszewski 2012; Bartczak i in. 2014;). W zlewniach górskich analizy przeważnie skupiają się wokół konkretnych elementów środowiska górskiego i ich wpływie na występowanie niżówek (np. Kostuch 2004) lub obejmują zlewnie górskich odcinków głównych rzek kraju (np. Baran-Gurgul 2014; Węglarczyk 2014). Podejście to pozwalana na wykonanie analizy w ustalonych warunkach (parametry konkretnej zlewni) oraz przeprowadzenie obserwacji zmienności ni-

zówki górskiej z biegiem cieków. W literaturze brakuje jednak pełnych analiz dotyczących warunków formowania oraz rozkładu przestrzennego niżówek w warunkach górskich. Celem niniejszej pracy jest sezonowa ocena zmienności parametrów niżówek oraz analiza zmian zachodzących wzdłuż cieków w zlewniach górskich, wykonana na jedenastoletniej serii pomiarowej. Obserwacje te pozwolą na określenie kierunków dalszych badań i analiz zjawiska transformacji niżówek w małych zlewniach górskich.

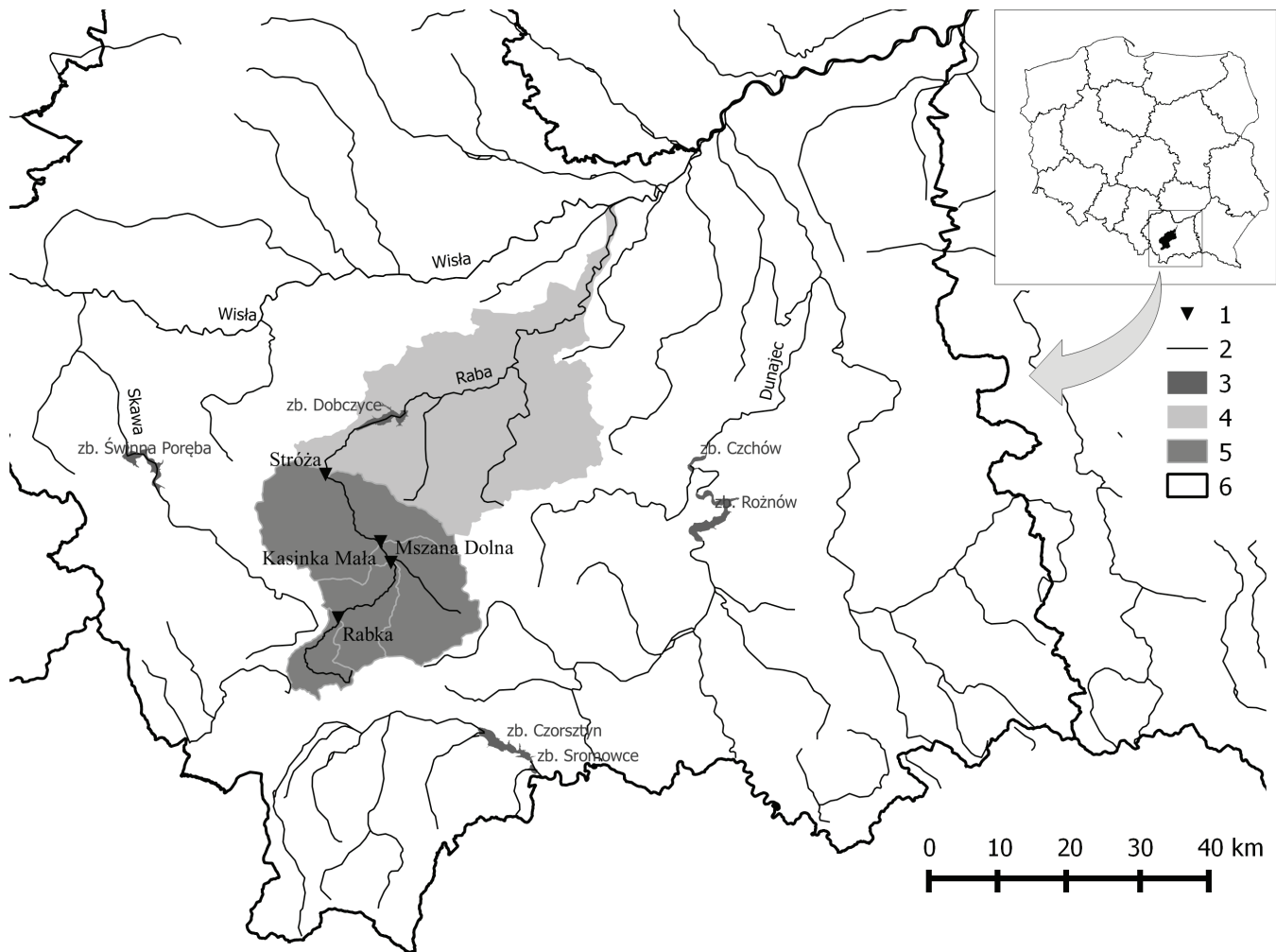
2. Obszar i metodyka badań

Próba pomiarowa, w oparciu o którą przeprowadzono analizę, obejmowała wartości przepływów dobowych zestawionych w latach hydrologicznych 1971–1981 przez IMGW w czterech przekrojach wodowskazowych położonych w biegu górnej Raby, tj. Rabce, Mszanie Dolnej, Kasince Małej i Stróży (ryc. 1).

Raba jest prawobrzeżnym dopływem Wisły, uchodzącym do niej w okolicach miejscowości Ujście Solne, w całości położonym w województwie małopolskim. Obszar zlewni jest dość zróżnicowany fizjograficznie, co pozwala na wydzielenie trzech odcinków biegu rzeki: górnego, środkowego oraz dolnego (Paszkiwicz, 2009). Niniejsze opracowanie dotyczy zlewni górnej Raby, zamkniętej przekrojem wodowskazowym Stróża. Obszar ten ma cechy typowej zlewni górskiej (Punzet 1969). W obszarze zlewni wydzielono trzy zlewnie cząstkowe zamknięte przekrojami: Rabka, Mszana Dolna, Kasinka Mała (parametry zlewni przedstawiono w tab. 1). Geograficznie zlewnia górnej Raby położona jest w mezoregionach Beskidu Makowskiego i Wyspowego, Kotliny Rabczańskiej, Gorców i Beskidu Orawsko-Podhalańskiego (Kondracki 2002). Podłoże geologiczne zlewni w obrębie masywu karpackiego

zbudowane jest z warstw fliszowych piaskowcowych, piaskowcowo-łupkowych lub łupkowych (w zależności od jednostki geologicznej). Miejscami pojawiają się okna tektoniczne odsłaniające utwory innych jednostek (Wacławski 2005). Najniższa średnia temperatura ($2,7^{\circ}\text{C}$) oraz najwyższe sumy roczne opadów (około 1000 mm) występują na Turbaczu (obszar źródłowy Raby). Parametry te zmieniają się zgodnie z hipsometrią terenu i już w Myślenicach średnia temperatura podnosi się o $5,2^{\circ}\text{C}$, a roczne sumy opadów wynoszą około 800 mm (Nachlik 2006).

W przekrojach badawczych wyznaczono przepływy charakterystyczne II rzędu: najniższy ze średnich przepływów w wieloleciu (NSQ), najwyższy z minimalnych przepływów (WNQ) oraz średni z minimalnych przepływów (SNQ). Do identyfikacji okresów niżówkowych zastosowano metodę przepływu granicznego



Ryc. 1. Położenie obszaru badawczego

Fig. 1. Location of study area

Oznaczenia: 1 – profile wodowskazowe, *river profiles*; 2 – rzeki główne, *main rivers*; 3 – zbiorniki wodne, *reservoirs*; 4 – zlewnia Raby, *Raba river catchment*; 5 – górna Raba (obszar badawczy), *upper Raba river (study area)*; 6 – granice administracyjne, *administrative boundaries*.

Tab. 1. Podstawowe parametry zlewni i wartości przepływów charakterystycznych

Tab. 1. Basic catchment parameters and characteristic flow values

Przekrój <i>Profile</i>	Powierzchnia zlewni <i>Catchment area</i> [km ²]	NSQ <i>Lowest of average flows</i> [m ³ •s ⁻¹]	WNQ <i>Highest of low flows</i> [m ³ •s ⁻¹]	SNQ <i>Average of low flows</i> [m ³ •s ⁻¹]
Rabka	58	0,80	0,36	0,21
Mszana Dolna	158	1,75	0,88	0,46
Kasinka Mała	353	4,54	1,60	1,06
Stróża	644	8,14	2,40	1,82

(TLM), według której za niżówkę uważa się okres, w którym przepływy opadają poniżej przyjętego poziomu odcięcia – wartości przepływu granicznego Q_g , trwającego minimum 10 dni (Yevjevich 1967; Tokarczyk 2010). Do dalszej analizy za przepływ graniczny (Q_g) przyjęto, zgodnie z kryterium hydrologicznym, wartość przepływu WNQ (Byczkowski 1999; Ozga-Zielińska, Brzeziński 1997). Dodatkowo przyjęto występowanie niżówki głębokiej, gdy przepływy opadały poniżej wartości SNQ (Stachy 1990; Tomaszewski 2010). Do separacji niżówek, jako zdarzeń niezależnych, zastosowano metodę POT (*Peak over Threshold*), przyjmując dodatkowe 5-dniowe kryterium maksymalnego czasu trwania przewyższenia Q_g jako okresu w którym niżówki uważane są za jeden epizod (Baran-Gurgul 2014; Tokarczyk 2010). W analizie sezonowości zastosowano klasyczny podział roku hydrologicznego na okres zimowy trwający od listopada do kwietnia oraz letni od maja do października. Podstawowymi parametrami służącymi do charakterystyki epizodu niżówkowego są wartości przepływu minimalnego niżówki (Q_{min}), przepływu średniego niżówki (Q_{sr}), objętości deficytu odpływu (V_{def}) oraz czas trwania niżówki (T_n) (Byczkowski 1999; Ozga-Zielińska, Brzeziński 1997). Wielkości te odnoszą się do pojedynczego epizodu, a ich porównanie prowadzone jest przeważnie w zestawieniach z niżówkami występującymi w tym samym przekroju, ponieważ nie uwzględniają one zmian w stosunkach wodnych zlewni wynikających na przykład ze zmian jej wielkości. W celu porównania parametrów niżówek w zlewniach o różnych wielkościach zastosowano grupy wskaźników bazujących na parametrach podstawowych.

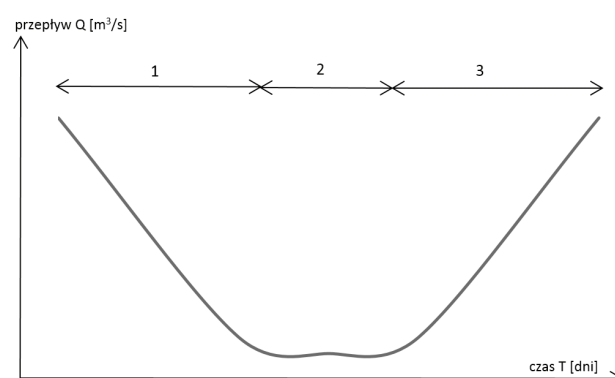
Wielkości deficytów odpływu zestawiono za pomocą wskaźnika niedoboru odpływu niżówkowego (H_n) będącego ilorazem objętości niedoboru odpływu niżówki oraz powierzchni zlewni. Objętość niedoboru odpływu epizodu niżówkowego odniesiono również do maksymalnego możliwego niedoboru odpływu, poprzez zastosowanie wskaźnika deficytu względnego (DW_n) pozwalającego ocenić intensywność zjawiska w dowolnym przekroju (Tomaszewski 2012).

Poprzez wyznaczenie długości okresów pomiędzy kolejnymi epizodami i zestawienie ich z długością trwania samej niżówki możliwe jest uzyskanie informacji o strukturze czasowej zjawiska (wskaźnik gęstości niżówek WG_n). Powyższe wskaźniki zostały opisane w pracy Tomaszewskiego (2012).

Sezonowość niżówek przedstawiono poprzez analizę wielkości deficytów stosując wskaźnik sezonowości niżówki – WSN (Tomaszewski 2012). W ujęciu czasowym zastosowano zestawienie sumarycznego czasu trwania niżówek danego sezonu (T_n [dni]) do długości tego sezonu (T_s [dni]), opisanego wskaźnikiem sezonowego czasu trwania niżówki – WSTN

Długość niżówki wielosezonowe opisano zgodnie z okresem, w którym zaczęły się formować. Dla niżówek krótkich, przypadających na okres zmian sezonowych, określono długość oraz intensywność epizodu w każdym z sezonów, a następnie przypisano do sezonu, w którym parametry te były dominujące.

Dynamikę niżówek opisano poprzez zastosowanie podziału epizodu na trzy fazy, których długość jest zmienna w zależności od warunków formowania. Za pierwszy etap niżówki uznano fazę recesji przepływu (ryc. 2), która rozpoczyna się w momencie osiągnięcia poziomu granicznego i trwa do czasu, gdy przepływy



Ryc. 2. Fazy niżówki

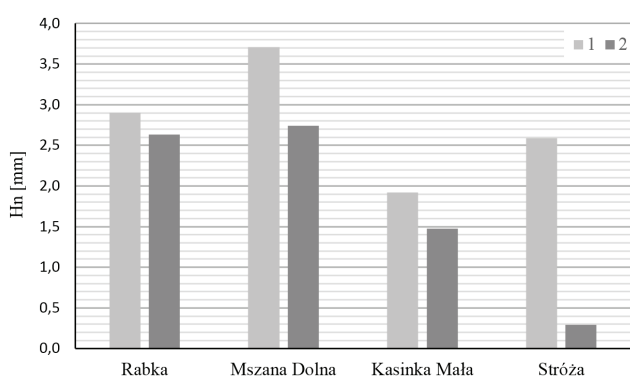
Fig. 2. Phases of streamflow drought period

Oznaczenia: 1 – recesja przepływu, *flow recession*; 2 – trwanie przepływów niskich, *duration of low flows*; 3 – wznoszenie przepływu, *flow growth*

osiągną wartość minimalną. Następny etap niżówki związany jest z okresem utrzymywania się przepływów na minimalnym poziomie, gdyż w wielu przypadkach po osiągnięciu przepływu minimalnego następuje nieznaczny wzrost wielkości przepływów, po czym wartości te znów opadają, często kilkakrotnie osiągając ponownie wartość przepływu minimalnego lub gdy przepływy minimalne utrzymują się przez okres kilku dni (ryc. 2). Ostatnim etapem jest faza wzrostu przepływu (ryc. 2), obejmująca okres od ostatniego dnia minimum do zakończenia całego epizodu. Powyższy podział niżówki na trzy fazy umożliwia wyznaczenie statystycznych miar długości czasu trwania każdej z nich. Na podstawie tych wartości oszacowano kształt przeciętnej niżówki występującej w każdym przekroju, co pozwoliło na uzyskanie dodatkowych informacji o zmianach w dynamice zjawiska na długości cieku.

3. Omówienie wyników

Jedną z podstawowych jednostek opisujących wielkość niedoborów wody związanych z występowaniem niżówki na cieku jest jej deficyt i związany z nim wskaźnik niedoboru odpływu, którego średnia wartość w badanym okresie w zlewni górnej Raby wynosiła 2,6 mm. We wszystkich badanych przekrojach deficyty sezonu letniego (H_n przeciętny dla obszaru 2,29 mm) przewyższały deficyty występujące w okresie zimowym (H_n przeciętny dla obszaru 1,33 mm). W okresie zimowym intensywne niżówki występowały w górnych profilach – Rabce oraz Mszanie Dolnej, gdzie średnia wartość wskaźnika niedoboru odpływu wynosiła około 2,65. W dolnych przekrojach wartość ta była około dwukrotnie mniejsza w Kasince Małej oraz prawie dziesięciokrotnie mniejsza w Stróży, co jest adekwatne do przyrostu powierzchni zlewni. Można zaobserwować znaczne zmniejszenie intensywności zjawiska

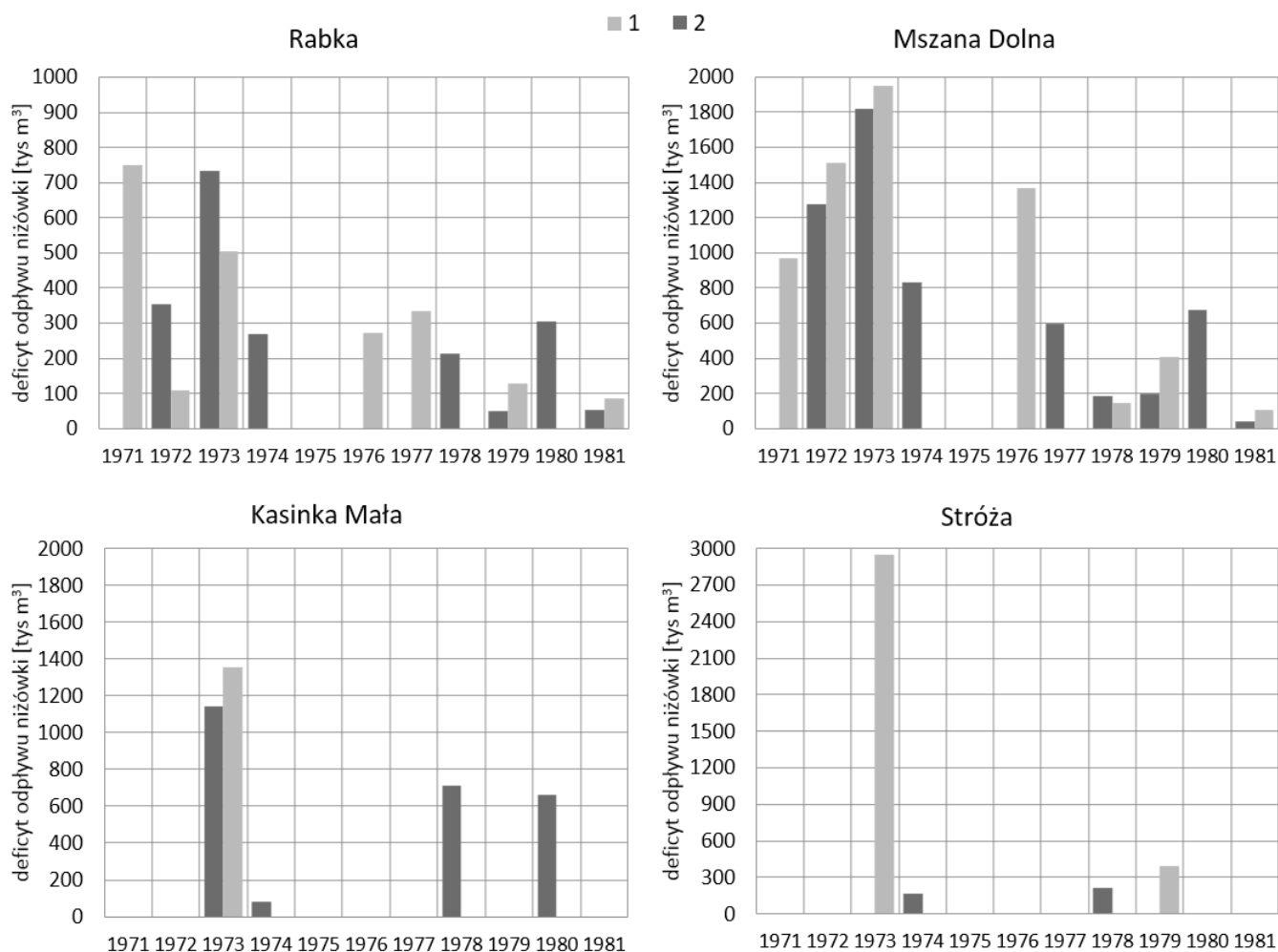


Ryc. 3. Średnia wartość wskaźnika niedoboru odpływu H_n
 Fig. 3. Average value of flow deficiency index H_n
 Oznaczenia: 1 – lato, summer; 2 – zima, winter

w okresie zimowym na długości cieku. Korelacja liniowa pomiędzy powierzchnią zlewni a wartością średnią H_n wynosi 97%. Średni wskaźnik niedoboru odpływu dla sezonu zimowego dla całego obszaru wynosił 1,78 mm, przy zmienności opisanej współczynnikiem $C_v = 55,7\%$. Inaczej wygląda sytuacja w półroczu letnim. Wartości wskaźnika zawierały się w przedziale 1,9 – 3,7 (ryc. 3), a średnia wartość H_n wynosiła 2,78 mm, przy zmienności 23%. Niżówki występujące w sezonie letnim były bardziej intensywne, a słaba korelacja z wielkością zlewni (na poziomie 47%) może wskazywać na obszarowy charakter susz sezonu letniego.

Najwyższe deficyty odpływu występowały w rejonie Mszany Dolnej w pierwszej połowie badanego okresu (ryc. 4). W profilu tym można zaobserwować stopniowy wzrost wielkości deficytów niżówek obu sezonów do roku 1974. Najwyższe deficyty występowały w roku 1973 i w obu sezonach ich wielkość przekroczyła 1,8 mln m^3 , co odpowiadało deficytom względnym w wysokości około 35%. Przeciętnie deficyt względny niżówki w tym przekroju dla całego okresu wynosił 23%. W latach 1971–1974 deficyty względne zawierały się w przedziale 20–40%, a w latach 1976–1981 w przedziale 10–25%. W przekroju tym zaobserwowano ogólny trend do zmniejszania się wielkości deficytów odpływu w kolejnych latach (współczynnik korelacji liniowej dla sezonu letniego wynosił 77,5%, dla sezonu zimowego 83,9%). Przeciętny deficyt względny w wyższym przekroju – Rabce – był około 3% niższy, jednak ich rozkład w kolejnych latach nie był tak zróżnicowany i zawierał się w przedziale 15–25%. Wielkości deficytów odpływu niżówek w kolejnych latach były zróżnicowane, w sezonie letnim korelacja liniowa wynosiła 55,7%, a w sezonie zimowym 27,5%. W przekroju Kasinka Mała w sezonie letnim niżówki wystąpiły tylko w roku 1973, a ich względny deficyt wynosił 21%. Niżówki sezonu zimowego występowały pięciokrotnie, ich średni deficyt względny wynosił około 18%. W przekroju zamykającym – Stróży – wystąpiły dwie niżówki sezonu letniego oraz dwie sezonu zimowego. W roku 1973 wystąpiła głęboka niżówka letnia, której deficyt względny wyniósł ponad 35% oraz następująca po niej niżówka zimowa o 3% deficycie względnym. Deficyty względne niżówek występujących w latach 1978–1979 wynosiły około 7,5%. W związku z powyższym można zauważyć dużą nieregularność w występowaniu niżówek na badanym obszarze, stopniowe zmniejszanie się ich deficytów w kolejnych latach oraz ilości epizodów wraz z przyrostem zlewni.

W okresie lato 1974 – zima 1976 niżówki nie występowały w żadnym przekroju. Sezonowość



Ryc. 4. Roczne sumy objętości deficytów odpływu niżówek [tys. m³] w kolejnych przekrojach
 Fig. 4. Annual total flow deficiency of streamflow droughts periods [thousands m³] in river profiles
 Oznaczenia: 1 – lato, summer; 2 – zima, winter

opisywana wartością wskaźnika SWN w górnej części zlewni, tj. dla przekrojów Rabka i Mszana Dolna, była bliska równowadze, z nieznaczną przewagą udziału deficytów sezonu letniego (0,53 do 0,47). W przekroju Kasinka Mała udział deficytów sezonu zimowego jest dwukrotnie większy (0,66 do 0,34). W Stróży wystąpienie głębszej niżówki w roku 1973 spowodowało przesunięcie wartości wskaźnika SWN i wskazanie 9-krotnej przewagi deficytów sezonu letniego (0,9 do 0,1). Wartości te po uśrednieniu wskazują niewielką przewagę deficytów odpływów niżówek występujących w sezonie letnim (0,575), a stosunkowo wysokie wartości deficytów względnych tego sezonu na szybki rozwój zjawiska. Nizówki okresów letnich charakteryzują się większym zasięgiem, a ich deficyty są porównywalne.

Gęstość niżówek opisuje stosunek długości czasów trwania epizodów do okresów trwania pozostałych przepływów. W górnej części zlewni wskaźnik ten przyjmuje podobne wartości (kolejno 5,3 w Rabce i 5,6

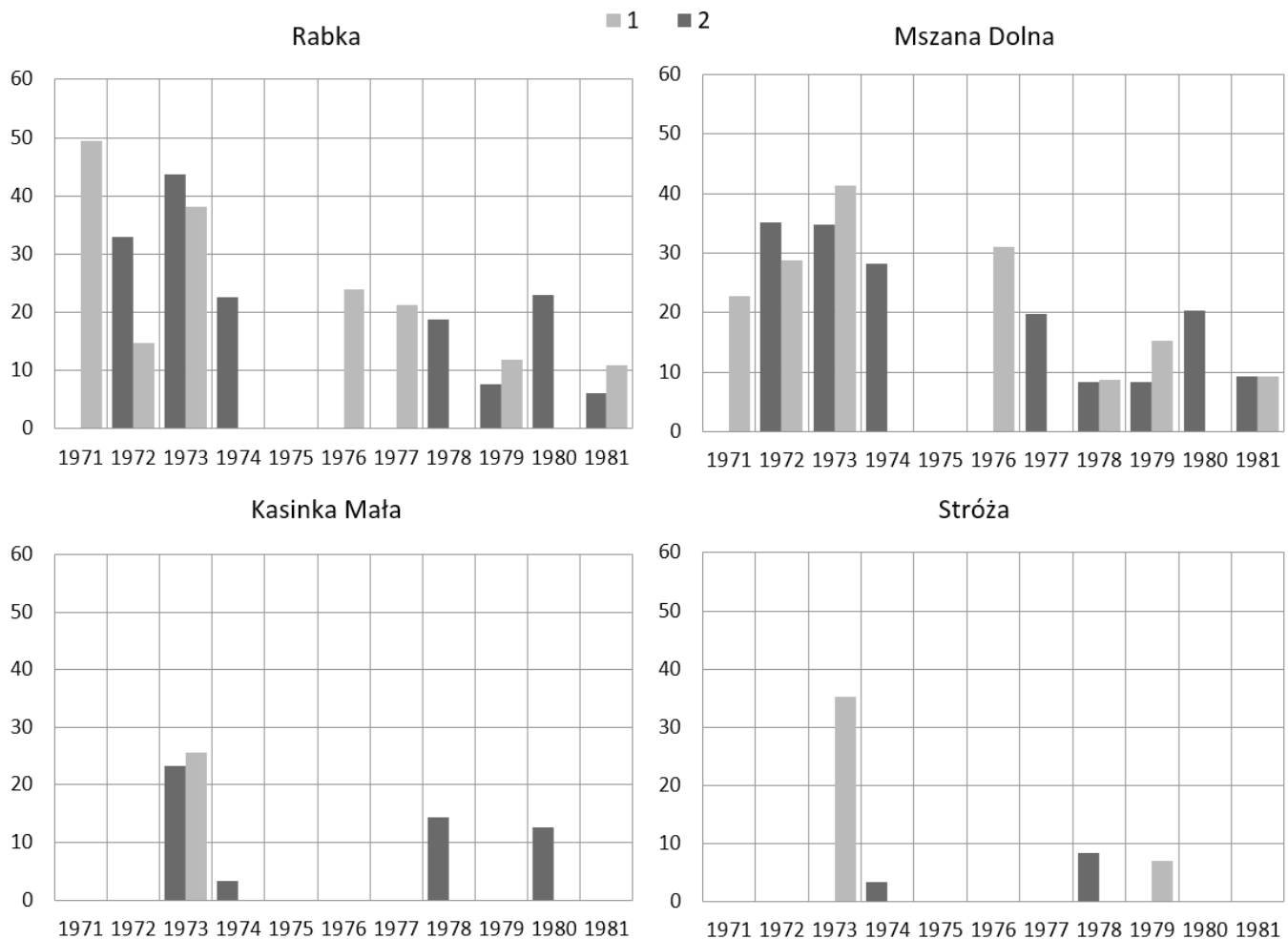
w Mszanie Dolnej), wskazując, iż średni czas trwania niżówki jest około 5,5 razy krótszy od okresów pomiędzy niżówkami, przepływy niżówkowe utrzymują się średnio przez około 25 dni w obu sezonach. W kolejnych przekrojach czas ten ulega wydłużeniu, w Kasince Małej o cztery dni, a same niżówki są tutaj już ponad 20-krotnie krótsze od okresów międzyniżówkowych, a w Stróży niżówki są dłuższe średnio o 20 dni i ponad 30-krotnie krótsze od pozostałych okresów.

Rozkład czasowy średniej długości trwania niżówki wskazuje na systematyczne skracanie tego okresu. Przekroje górnego odcinka Raby w początkowych latach obejmują średnio około 30% całkowitej długości czasu trwania sezonów. Po następującej dwuletniej przerwie w występowaniu niżówek, w drugiej połowie badanego okresu czasu trwania wahały się w przedziale 10–20% (ryc. 5). Nizówki sezonu zimowego występujące w Kasince Małej utrzymywały się średnio przez około 15% czasu trwania tego sezonu.

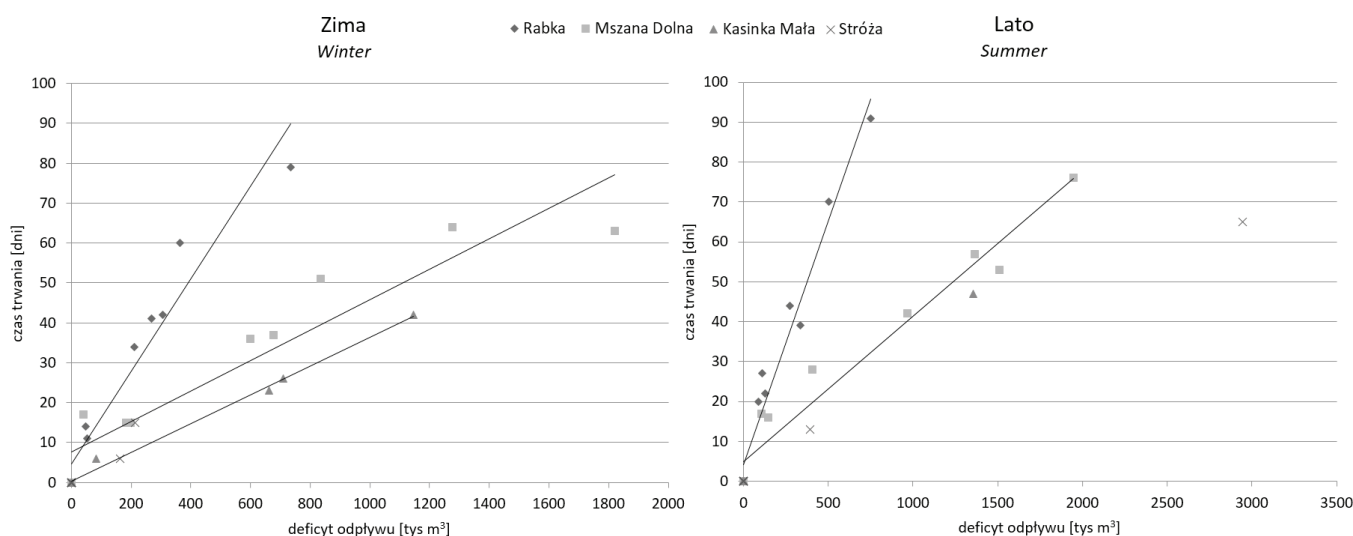
Przeciętne tempo recesji odpływu w Rabce w obu sezonach jest zbliżone. Faza wznoszenia w sezonie zimowym jest około dwukrotnie krótsza, a w sezonie letnim nawet sześciokrotnie krótsza od okresu opadania przepływów. Minimalne przepływy niżówki były osiągnięte w połowie trwania całego epizodu. Podobnie wygląda proces formowania i zaniku niżówek w Mszanie Dolnej, chociaż te, występujące w okresie letnim, charakteryzują się jeszcze dłuższym czasem recesji. Przepływy minimalne osiągnięte są dopiero po upływie około 80% całkowitego czasu trwania epizodu. Dynamika niżówek, które wystąpiły w Kasince Małej w obu sezonach była zbliżona. Przepływy minimalne osiągnięte były w drugiej połowie czasu trwania i utrzymywały się przez 1–2 dni. Czas wznoszenia był ponad dwukrotnie krótszy od czasu recesji. W Stróży w sezonie letnim wystąpiło stosunkowo szybkie zmniejszenie przepływów, a faza utrzymywania się przepływów niskich trwała około 40% całkowitego czasu trwania ni-

żówki. Faza wznoszenia przepływów trwała dłużej niż w wyższych przekrojach. W przypadku niżówek zimowych zaobserwowano przesunięcie wystąpienia przepływów minimalnych do pierwszej połowy okresu niżówkowego. Przepływy te utrzymywały się przez krótki okres, po czym następował powolny wzrost wartości przepływów.

W badanych przekrojach zaobserwowano również sezonowe korelacje pomiędzy czasem trwania epizodu niżówkowego a jego deficytem odpływu. W przypadku zależności występujących w sezonie zimowym liniowa korelacja pomiędzy tymi parametrami wynosiła 97% dla Rabki, 94% dla Mszany Dolnej oraz 99% dla Kasinki Małej. W sezonie letnim korelacja ta wynosiła około 98% dla przekrojów Rabka oraz Mszana Dolna (ryc. 6). Ze względu na niewielką ilość niżówek występujących w przekroju Stróża oraz Kasinka Mała w sezonie letnim, korelacje takie nie były możliwe do zaobserwowania. W ujęciu deficytów rocznych oraz całkowitych czasów



Ryc. 5. Wartości wskaźnika sezonowego czasu trwania niżówki [%], w kolejnych przekrojach
 Fig. 5. Duration of seasonal streamflow droughts in relations to length of season [%] in river profiles
 Oznaczenia: 1 – lato, summer; 2 – zima, winter



Ryc. 6. Sezonowe korelacje liniowe pomiędzy deficytami odpływów a czasem trwania niżówek
 Fig. 6. Seasonal linear correlations between flow deficiencies and duration of streamflow drought periods

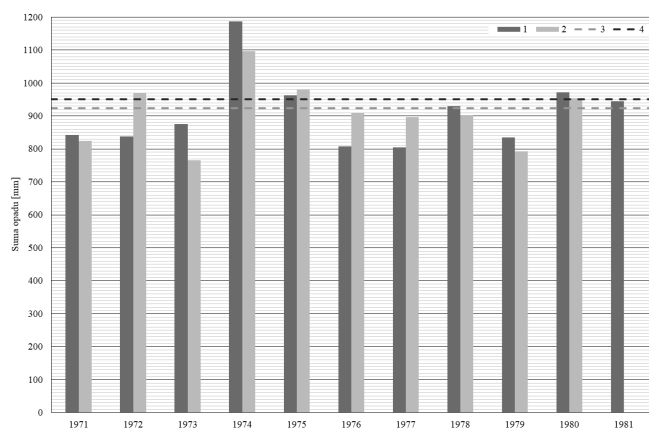
trwania w ciągu roku, współczynnik korelacji liniowej dla wszystkich przekrojów przyjmuje wartości około 97%.

W pierwszej połowie badanego okresu sumy roczne opadów w obszarze górnej Raby były przeważnie niższe od wartości średniej rocznej. Najniższe opady wystąpiły w stacji Stróża w 1973 roku i był to jednocześnie opad minimalny w tym rejonie od roku 1955 (Bartczak i in. 2009). Wysokości rocznych sum opadów zostały przedstawione na rycinie 7 (brak kompletnych danych dla stacji Stróża w roku 1981 ze względu na przerwę w pomiarach na stacji). Wysokie sumy opadów w latach 1974 i 1975 miały bezpośredni wpływ na brak występowania niżówek w tym okresie. Pomimo to, korelacja pomiędzy wysoko-

ścią opadu, a głębokością niżówek opisaną przez deficyty odpływu lub ilość dni z przepływem niżówkowym jest słaba (w Rabce $RV_n = 25,7\%$).

4. Podsumowanie

Przeprowadzona analiza sezonowa niżówek występujących w obszarze górnej Raby wykazała większą intensywność epizodów braków wody w sezonie letnim. Charakteryzowały się one znacznymi deficytami odpływów oraz większym wyrównaniem przestrzennym, na co wskazywała słaba korelacja intensywności niżówek z powierzchnią zlewni. Może to być związane z wysokimi temperaturami i długimi okresami bezopadowymi, utrzymującymi się na większych obszarach, co przekłada się na równomierne zmniejszanie zasobów wodnych zlewni. W okresach zimowych głębokie niżówki występowały tylko w górnej części badanego obszaru, w przekrojach Rabka oraz Mszana Dolna. Może to być spowodowane niższymi temperaturami i głębszym przemarzaniem gruntu w tej części zlewni. Zmniejszanie wielkości deficytów oraz stopniowy zanik częstości występowania epizodów był ściśle skorelowany z przyrostem zlewni. Zarówno w ujęciu sezonowym jak i rocznym obserwowane były korelacje pomiędzy czasem trwania niżówek a deficytami ich odpływu. Najwyższe niedobory odpływu występowały w Mszanie Dolnej w pierwszej połowie badanego okresu, gdy obserwowano stopniowy wzrost intensywności zjawiska w kolejnych latach. We wszystkich badanych przekrojach najgłębsze niżówki wystąpiły w roku 1973, a w kolejnym okresie: od lata 1974 roku do końca zimy 1976, niżówki nie



Ryc. 7. Suma roczna opadu [mm] w zlewni górnej Raby
 Fig. 7. Annual precipitation [mm] in upper Raba river catchment

Oznaczenia: 1 – Rabka; 2 – Stróża; 3 – średni opad roczny w Rabce, mean annual precipitation in Rabka; 4 – średni opad roczny w Stróży, mean annual precipitation in Stróża

występowały, co było bezpośrednio związane z wielkością zasilania atmosferycznego. W badanych przekrojach wodowskazowych zaobserwowano stopniowe zmniejszanie się zarówno wielkości deficytów odpływów jak i czasu trwania epizodów w kolejnych latach. Wyjątek od tej reguły stanowił przekrój Rabka, w którym obserwowano nierównomierny rozkład wskazanych parametrów. W górnych przekrojach badanego obszaru, Rabce oraz Mszanie Dolnej, niżówki były około 5,5 razy krótsze od okresów międzyniżówkowych, a w najniższym przekroju, Stróży, około 30-krotnie krótsze. Również dynamika niżówek w tym przekroju była odmienna. Zarówno w Rabce, Mszanie Dolnej, jak i w Kasince Małej, faza wznoszenia niżówek była znacznie krótsza od fazy recesji, co wskazuje na dobre warunki spływu wody i na małe możliwości retencyjne. W Stróży przepływy opadały znacznie szybciej, a okres uzupełniania niedoborów był wydłużony. Układ taki może być związany ze specyfiką budowy zlewni górskich. W górnych obszarach zlewni, gdzie występują większe spadki terenu a powierzchnia jest bardziej nieprzepuszczalna, dochodzi do dużych spływów powierzchniowych, które mogą w szybkim tempie uzupełniać niedobory odpływu. Wraz z przyrostem zlewni i występowaniem niżówek letnich następuje wyczerpywanie zasobów wodnych na większym obszarze, co przekłada się na późniejsze wydłużenie procesu uzupełniania niedoborów. Weryfikacja tych założeń wymaga jednak szerszej analizy przestrzennej w różnych obszarach górskich na dłuższych ciągach pomiarowych.

5. Literatura

- Baran-Gurgul K., 2014:** Analiza niżówek w zlewni górskiej na przykładzie zlewni Małej Wisły. Monografie komitetu gospodarki wodnej PAN, tom I, zeszyt XX, 2014: 187–199.
- Bartczak A., Brykała D., Cebulska M., 2009:** The use of the temporal oscillation model to assess variability of precipitation. *Bulletin of Geography – physical geography series*, No 2/2009: 69–87.
- Bartczak A., Glazik R., Tyszkowski S., 2014:** Identyfikacja i ocena intensywności okresów suchych we wschodniej części Kujaw. *Nauka Przyroda Technologie*, 8(4).
- Byczkowski A., 1999:** *Hydrologia*, tom II. Wyd. II, Wydawnictwo SGGW, Warszawa.
- Kaznowska E., 2012:** Wieloletnie tendencje w kształtowaniu się wybranych charakterystyk niżówek w zlewni rzeki Zagożdżonki. *Infrastruktura i ekologia terenów wiejskich*, nr 3/IV/2012, Państwowa Akademia Nauk, oddział w Krakowie, 215–227.
- Kondracki J., 2002:** Polska – regiony fizycznogeograficzne, mapa. Warszawa, Wydawnictwo Naukowe PWN.
- Kostuch M., 2004:** Charakterystyka niżówek w potokach górskich w zlewniach o różnej lesistości. *Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie*, t. 4 z. 2a (11): 63–71.
- Nachlik E. i inni, 2006:** Identyfikacja i ocena oddziaływań antropogenicznych na zasoby wodne zlewni Raby wraz z oszacowaniem ryzyka nieosiągnięcia celów środowiskowych. Praca zbiorowa, Wydawnictwo PK, Kraków.
- Ozga-Zielińska M., Brzeziński J., 1997:** *Hydrologia stosowana*. Wyd. II, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.
- Paszkiewicz M., 2009:** *Metodyka gospodarowania zasobami wód podziemnych z uwzględnieniem ich jakości na przykładzie zlewni Raby*. Rozprawa doktorska, AGH Kraków.
- Punzet J., 1969:** Charakterystyka hydrologiczna rzeki Raby. *Acta Hydrobiologica* t. XI (4): 423–477.
- Stachy J., 1990:** Przepływ średni niski SNQ jako miarodajna charakterystyka projektowa. *Przegląd Geofizyczny*, rocznik XXXV (1-2): 45–54.
- Tokarczyk T., 2010:** *Niżówka jako wskaźnik suszy hydrologicznej*. IMGW Warszawa.
- Tomaszewski E., 2012:** *Wieloletnia i sezonowa dynamika niżówek w rzekach środkowej Polski*. Wydawnictwo Uniwersytetu Łódzkiego, Łódź.
- Wacławski M. i inni, 2005:** *Zarys geologii i hydrogeologii*. Praca zbiorowa, Wydawnictwo PK, Kraków.
- Węglarczyk S., 2014:** Kryteria definicyjne niżówki i ich wpływ na własności charakterystyk niżówki. 1. Stacjonarność niżówek. *Infrastruktura i ekologia terenów wiejskich*, nr II/1/2014: 251–263.
- Yevjevich V., 1967:** An objective approach to definitions and investigations of Continental hydrologic droughts. *Hydrology papers*, Colorado State University, Fort Collins, Colorado.

STREAMFLOW DROUGHTS IN UPPER RABA RIVER CATCHMENT IN YEARS 1971–1981

Summary

This paper presents analysis of streamflow drought periods parameters variability, based on daily stream flows data from years 1971–1981, for four profiles in upper Raba river: Rabka, Mszana Dolna, Kasinka Mała, Stróža. Changes resulting from growth area of basin and seasonal times of occurrence were included by using parameters as: flow deficiency “Hn”, seasonal indicators “SWN”, relative deficiency and times of duration and between streamflow drought periods. Process dynamics was described by using average length of streamflow drought periods phases. Study showed that summer season episodes have greater intensity, characterized by larger flow deficiencies and similar distribution over area. In winter season, deep streamflow droughts occurred only in upper parts of area. This may indicate a significant influence of temperatures, which are higher in the summer, causing longer periods without precipitation and lower in winter causing ground to freeze. Strong correlation between flow deficiency and episodes frequency were observed. Deepest flow deficiencies were observed in Mszana Dolna profile. In upper sections of area, drought periods were about 5.5 times shorter than periods with average and high flows, in lower sections this periods were up to 30 times shorter. Flow recession phase was longer than growth phase in all profiles except Stróža where flows reach minimal values faster, and growth phase was extended.