

WPŁYW ZBIORNIKA RETENCYJNEGO RADZYNY NA ZMIANY REŻIMU HYDROLOGICZNEGO RZEKI SAMA

Jolanta Kanclerz¹, Sadzide-Błażejewska¹, Ewelina Janicka¹, Anna Adamska¹

¹ Instytut Melioracji, Kształtowania Środowiska i Geodezji, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu, ul. Piątkowska 94, 60-649 Poznań, e-mail: jkanclerz@up.poznan.pl, smurat@up.poznan.pl, ejanicka@up.poznan.pl, ann.adamska@wp.pl

STRESZCZENIE

W niniejszej pracy przedstawiono ocenę zmienności natężenia przepływów charakterystycznych rzeki Sama przed (lata 1973–1983) i po (lata 2004–2012) wybudowaniu na rzece zbiornika retencyjnego Radzyny. Zlewnia rzeki o powierzchni 448,4 km² znajduje się na Pojezierzu Wielkopolskim. W latach 1998–2000 na rzece wybudowano dwie zapory, które utworzyły zbiornik wodny Radzyny o powierzchni 109,4 ha i pojemności 2,88 mln m³. Porównanie wielkości przepływów rzeki w latach 1973–1983 przed wybudowaniem zbiornika i w latach 2004–2012 po wybudowaniu wykazało, że piętrzenie wody w zbiorniku przyczyniło się do zmniejszenia przepływów zwłaszcza w półroczu zimowym. Pojemność czynna zbiornika wyniosła 2,3 mln m³ i stanowiła 7,8% średniego rocznego odpływu, a wskaźnik zaburzenia reżimu hydrologicznego wyniósł 29% przy wartości progowej 10%.

Słowa kluczowe: przepływy charakterystyczne, zbiornik retencyjny, zmienność przepływów

IMPACT OF RADZYNY RESERVIOR ON HYDROLOGICAL REGIME OF THE SAMA RIVER

ABSTRACT

This paper presents an assessment of water flow rates variability of the river Sama before (1973–1983) and after (2004–2012) the construction of the Radzyny reservoir on the river. The studied catchment, with an area of 448.4 km², is located in the Pojezierze Wielkopolskie. During years 1998–2000, on the river two dams were built that formed the Radzyny water reservoir with an area of 109.4 hectares and a capacity of 2.88 mln m³. Comparison of the size of river flows during years 1973–1983, before reservoir building, and for period 2004–2012, after the construction, showed that damming a water in the tank has reduced flows, especially in the winter half-year. The active capacity of the reservoir was 2.3 mln m³ and accounted for 7.8% of the average annual runoff and the rate of abnormal hydrological regime amounted to 29% of a threshold of 10%.

Keywords: flow characteristics, reservoir, flow variability

WSTĘP

Charakterystyka reżimu hydrologicznego rzek ma ogromne znaczenie zarówno poznawcze jak też praktyczne. Wiedza np. o ekstremalnie wysokich przepływach jest niezbędna do oceny ryzyka wystąpienia powodzi a zatem do projektowania budowli hydrotechnicznych [Kostrzewski 2006]. Jednym z czynników wpływających na zasoby wodne są zmiany klimatyczne. Stwierdzono, że zmiany klimatu wpływać będą m. in. na gospodarkę i zasoby wodne poprzez wzrost temperatury powietrza, która spowoduje zwiększenie parowania terenowego przy jednocześnie niezmięnionej

sumie opadów, co będzie oddziaływać zubażająco na zasoby wodne [SPA 2020]. W związku z globalnym ociepleniem klimatu można spodziewać się tendencji malejących wezbrań wiosennych, co wynika ze zmniejszania się pokrywy śnieżnej i opadów stałych [Sui i Koehler 2005]. Co prawda przeprowadzona przez Stachy'ego [2010] próba podjęcia zbadania serii przepływów rocznych dwóch największych rzek Polski – Wisły i Odry, w kontekście wpływu klimatycznych zmian na odpływ rzeczny nie wykazała jednoznacznie istnienia takiego wpływu. Bardziej nierównomierny oraz losowy charakter opadów spowoduje jednak zmiany w reżimie hydrologicznym rzek i nasile-

nie się zjawisk ekstremalnych (suszy i powodzi). Istotnym elementem zabezpieczenia przed negatywnymi skutkami ekstremalnych zjawisk hydrologicznych są zbiorniki wodne, retencyjne jak np. zbiornik Jeziorsko, które powodują m. in. zmiany reżimu hydrologicznego rzeki [Przedwojski i in. 2007], jak również poprawiają bilans wodny regionu [Mioduszewski 2006]. Badania Paślowskiego [1996] wykazały, że przepływ wody przez jeziora przyczynił się do redukcji odpływu od 6,6% (zlewnia Czarnej Hańczy) do prawie 43% (zlewnia Drawy). Natomiast gospodarka wodna (okresowe pobory i zrzuty wody) w stawach rybnych w znacząco wpływa na rozkład odpływu ze zlewni [Drabiński 1996, Murat-Błażejewska i in. 2005]. W okresie napełniania stawów w Kiszkwie (od stycznia do marca) przepływy w rzece Małej Welnie były mniejsze o ok. 21%, a w okresie jesiennego zrzutu większe o około 165%. W okresie hodowlanej ilości wody przebiegającej ze stawów i upust wód w celu poprawy warunków tlenowych, przyczynia się do zwiększenia przepływów o około 47%.

W niniejszej pracy przedstawiono wpływ zbiornika retencyjnego Radziny na zmienność przepływów charakterystycznych miesięcznych i rocznych rzeki Samy w profilu Szamotuły w latach 1973–1983 i 2004–2012.

MATERIAŁY I METODY

Systematyczne pomiary oraz obserwacje hydrologiczne i pomiary hydrometryczne na rzece Samie prowadzone są przez IMGW od 1944 roku w posterunku wodowskazowym Szamotuły, który położony jest w km 14 + 600 biegu rzeki Samy i zamyka zlewnię o powierzchni 397 km². Codzienne przepływy rzeki Sama w latach 1973–1983 uzyskane z roczników wód powierzchniowych oraz charakterystyczne miesięczne przepływy w latach 2004–2012 uzyskane z IMGW pozwoliły ocenić zmianę reżimu hydrologicznego rzeki. Na podstawie dostępnych materiałów kartograficznych i dokumentów planistycznych oceniono strukturę użytkowania i zagospodarowania oraz pokrycie glebowe terenu. Charakterystykę warunków meteorologicznych opracowano na podstawie średnich dobowych temperatur powietrza i dobowych sum opadów atmosferycznych ze stacji IMGW Szamotuły Baborówko położonej w zlewni rzeki. Klasyfikację wilgotnościową lat wykonano według Kaczorowskiej [1962].

Wpływ czynników antropogenicznych określono według metodyki Nachlik [2004]:

$$\frac{V_{\text{całkowita}} - V_{\text{martwa}}}{V_{\text{SSQ}}} \quad (1)$$

gdzie: $V_{\text{całkowita}}$ – objętość całkowita zbiornika Radziny (mln m³),
 V_{martwa} – objętość martwa zbiornika Radziny (mln m³),
 V_{SSQ} – średni roczny odpływ w latach 2004–2012.

Następnie obliczono uzupełniający wskaźnik zaburzenia reżimu hydrologicznego wg Nachlik [2004]:

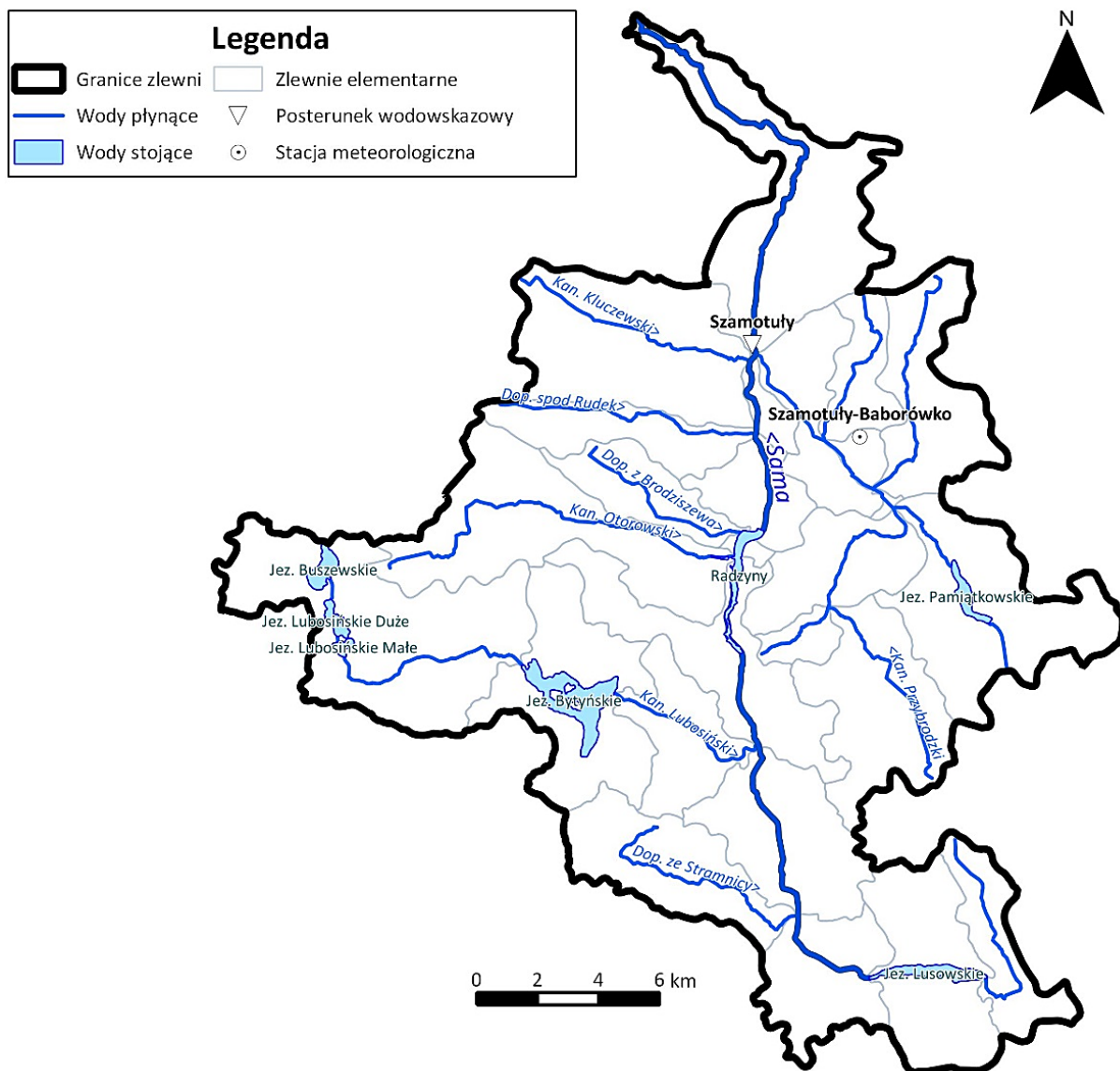
$$\left| 1 - \frac{SSQ}{SSQ_p} \right| \quad (2)$$

gdzie: SSQ – średni roczny przepływ latach 2004–2012 (m³·s⁻¹),
 SSQ_p – średni roczny przepływ w latach 1973–1983 (m³·s⁻¹).

WYNIKI

Rzeka Sama jest rzeką trzeciorzędową, której recypientem jest rzeka Warta w km 181 + 900 jej biegu w miejscowości Obrzycko. Zgodnie z systemem kodowania jednostek hydrograficznych stosowanym w Unii Europejskiej rzeka otrzymała kod 1872 [Czarnecka 2005]. Według podziału Polski na regiony fizyczno-geograficzne [Kon-dracki 2001] obszar zlewni Samy o powierzchni 432,03 km² (rys. 1) znajduje się w podprovincji Pojezierza Południowobałtyckiego (315). Zlewnia prawie w całości położona jest w makroregionie Pojezierza Wielkopolskiego (315.5) i mezoregionie Pojezierza Poznańskiego (315.51). Jedyne niewielki fragment północnej części zlewni leży w zasięgu mezoregionu Kotliny Gorzowskiej (315.32) stanowiącego składową makroregionu Pradoliny Toruńsko-Eberswaldzkiej (315.3). W układzie administracyjnym zlewnia rzeki położona jest w województwie wielkopolskim, na terenie trzech powiatów: szamotulskiego, poznańskiego i obornickiego.

Sieć hydrograficzna zlewni Samy ukształtowała się na skutek oddziaływania zlodowacenia bałtyckiego. Rzeka ma swoje źródło na terenie nizinnym i wypływa z jeziora Lusowskiego. W początkowym biegu rzeka płynie rynną polodowcową w kierunku zachodnim. Następnie po oko-



Rys. 1. Zlewnia rzeki Samy [Oprac. na podstawie Rastrowej Mapy Podziału Hydrograficznego Polski]
Fig. 1. The Sama river catchment [On the basis of raster maps division Hydrographic Polish]

ło 3 km zaczyna płynąć w kierunku północnym wykorzystując długą, południkową rynnę. Brzegi doliny rzecznej w środkowym biegu są wysokie, przez co rynnę częściowo została zaadaptowana w latach 1998–2000 na zbiornik retencyjny Radziny. W dolnym biegu, około 8 km przed ujściem, rzeka zmienia swój kierunek na bardziej równoleżnikowy (zachodni).

Ukształtowana w okresie czwartorzędu rzeźba terenu zlewni jest urozmaicona. Spadki poprzeczne wahają się od 1 do 20%, a średni spadek wynosi 6%. Rzeka, od źródła znajdującego się na wysokości 86,5 m n.p.m. do ujścia na wysokości 42,5 m n.p.m., pokonuje 44,2 km co sprawia, że Sama jest rzeką niziną o spadku podłużnym wynoszącym średnio 1,0‰.

Do rzeki dopływa sześć dopływów lewobrzeżnych: Dopływ ze Strażnicy, Kanał Lubosiński, Kanał Otorowski, Dopływ z Brodziszowa, Dopływ spod Rudek i Kanał Kluczewski oraz jeden dopływ prawobrzeżny – Kanał Przybrodzki (rys. 1). W badanej zlewni gęstość sieci rzecznej wynosi $0,37 \text{ km} \cdot \text{km}^{-2}$. Ponadto zlewnia rzeki Samy jest gęsto pokryta mniejszymi kanałami i rowami melioracyjnymi.

Sieć rzeczna w zlewni Samy na wielu odcinkach jest uregulowana – co skutkuje zmianami morfologicznymi. Na sieci rzecznej zlokalizowane są również urządzenia piętrzące o wysokości piętrzenia powyżej 0,7 m – z czego siedem znajduje się na rzece Samie. Dwie zapory (o wysokości piętrzenia 6,8 m i 2,3 m) tworzą zbiornik

wodny Radziny, który zlokalizowany jest od km 20 + 760 do km 25 + 700 biegu rzeki Samy. Powierzchnia (łączna) zalewu przy NPP wynosi 109,44 ha (80,31 i 29,13 ha), a objętość całkowita wynosi 2,88 mln m³, w tym użytkowa 2,3 mln m³ [Jańczak i in. 2004].

Obszar zlewni w około 70%, pokrywają gliny zwałowe i piaski naglinowe, które wykazują się słabą przepuszczalnością i niekorzystnymi warunkami infiltracyjnymi na skutek nieodpowiedniej budowy litologicznej. Przepuszczalne piaski i żwiry sandrowe zlokalizowane są głównie wzdłuż środkowego biegu rzeki Samy, w dolinie dopływu z Brodziszewa, Kanału Otorowskiego i Przybrodzkiego oraz jeziora Lusowskiego. Pozostała część doliny rzeki Samy i dopływów wypełniona jest torfami i namułami próchniczymi o różnej miąższości.

Zlewnia rzeki Samy ma charakter rolniczy, gdyż dominują tereny rolne – 83,4% z czego 78,8% stanowią grunty orne, a łąki i pastwiska zajmują 4,6%. Zaledwie 12,3% powierzchni zlewni pokrywają lasy i ekosystemy seminaturalne, które zlokalizowane są przede wszystkim w środkowej i dolnej części zlewni oraz w strefach przybrzeżnych jezior. Tereny zabudowane stanowią 2,6% i w większości położone są na terenach przyległych do rzeki Samy. Poza tym w analizowanej zlewni znajdują się obszary wodne i podmokłe zajmujące łącznie 1,7% omawianego obszaru. W zlewni znajduje się sześć jezior o łącznej powierzchni 596,1 ha.

W latach hydrologicznych 1973–1983 średni roczny opad nieskorygowany wyniósł 544 mm (rys. 2). W okresie tym wystąpiły cztery lata su-

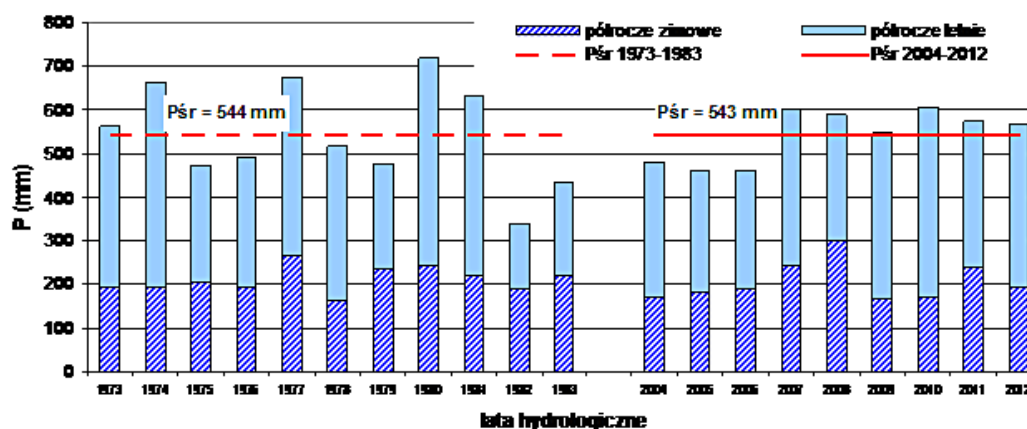
che (w tym jeden bardzo suchy) w których suma rocznego opadu stanowiła od 62 do 87% średniej z wielolecia, cztery lata wilgotne (jeden bardzo wilgotny) o opadzie od 116 do 132% średniej, a pozostałe trzy lata (1973, 1976 i 1978) były przeciętne.

W drugim wieloleciu 2004–2012 średnia roczna suma opadu była prawie taka sama jak w wieloleciu 1973–1983 i wynosiła 543 mm. W wieloleciu tym wystąpiły trzy lata suche (opad stanowił od 86 do 88% średniej z wielolecia), dwa wilgotne (111–112%) i cztery przeciętne o sumie opadu zbliżonej do średniej z wielolecia.

W latach hydrologicznych 1973–1983 przy średnim rocznym opadzie wynoszącym 544 mm średni przepływ rzeki Samy wynosił 1,33 m³s⁻¹ (rys. 3). W poszczególnych latach średnie roczne przepływy były bardzo zróżnicowane i kształtowały się od 0,35 m³s⁻¹ (w roku 1973 – przeciętnym) do 2,20 m³s⁻¹ (w roku wilgotnym 1980). Przepływy ekstremalne wynosiły od NNQ = 0,07 m³s⁻¹ (1978 rok) do WWQ = 18,90 m³s⁻¹ (1979 rok).

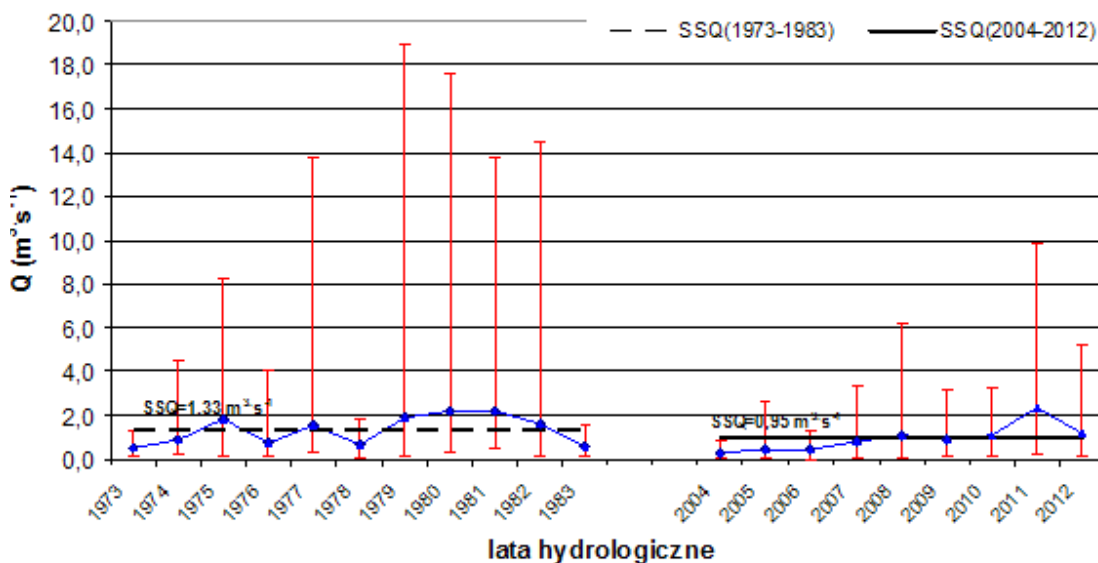
W wieloleciu 2004–2012 średni roczny przepływ rzeki wynoszący SSQ=0,95 m³s⁻¹ był prawie półtora krotnie niższy od średniego przepływu w latach 1973–1983 przy zbliżonej wielkości rocznego opadu. Natomiast roczne średnie przepływy kształtowały się od 0,28 m³s⁻¹ w roku 2004 do 2,31 m³s⁻¹ w 2011. Od roku 2001 na obieg wody w zlewni duży wpływ miała eksploatacja zbiornika Radziny (o pojemności czynnej 2,3 mln m³).

Piętzenie wody w zbiorniku przyczyniło się do zmniejszenia przepływów w profilu Sza-



Rys. 2. Roczne oraz półroczne sumy opadów atmosferycznych ze stacji IMGW Szamotuły-Baborówko w latach 1973–1983 i 2004–2012

Fig. 2. The annual and semi-annual sum of precipitation in the stations IMGW Szamotuły Baborówko during 1973–1983 and 2004–2012



Rys. 3. Przebieg charakterystycznych rocznych przepływów rzeki Samy w profilu Szamotuły w latach 1973–1983 i 2004–2012

Fig. 3. The course characteristic of the annual flow of the Sama river in the cross-section Szamotuły during 1973–1983 and 2004–2012

motuły w półroczu zimowym (rys. 4). W latach 2004–2012 średni przepływ w okresie zimowym wyniósł $SSQ = 0,87 \text{ m}^3\cdot\text{s}^{-1}$ i był on dwukrotnie niższy od średniego przepływu zimowego w wieloleciu 1973–1983 ($SSQ = 1,88 \text{ m}^3\cdot\text{s}^{-1}$). Również w latach 2004–2012 ekstremalne przepływy rzeki były niższe niż w poprzednim wieloleciu. Najniższy przepływ roczny $NNQ = 0,27 \text{ m}^3\cdot\text{s}^{-1}$ (2006 r.) był 2,5-krotnie niższy od niskiego w latach 1973–1983, a najwyższy $WWQ = 9,80 \text{ m}^3\cdot\text{s}^{-1}$ (2011 r.) był dwukrotnie niższy.

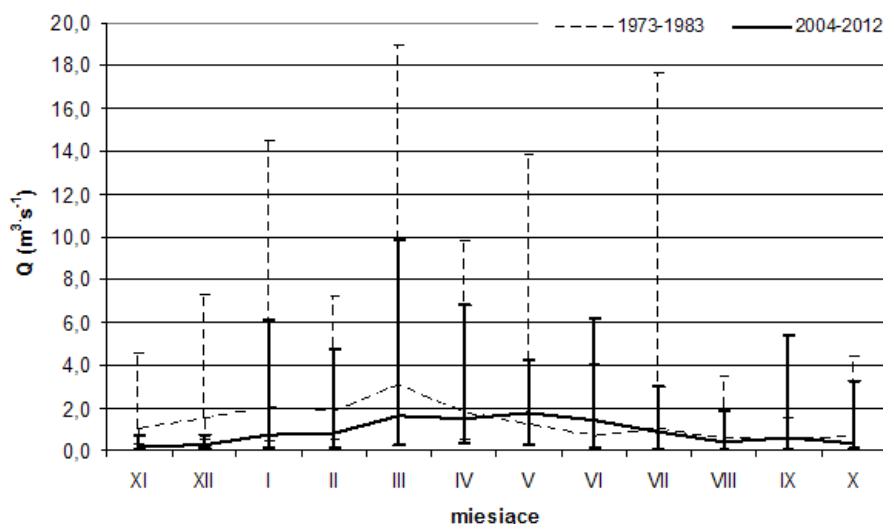
W analizowanych wieloleciach nie zaobserwowano zależności pomiędzy rocznymi sumami opadów, a przepływami charakterystycznymi.

Zbiornik Radzyny, a także urządzenia piętrzące zlokalizowane wzdłuż biegu rzeki istotnie wpływają na rozkład i wielkość odpływu ze zlewni. Identyfikację czynników antropogenicznych wpływających na obieg wody w zlewni rzeki Samy przeprowadzono według metodyki opracowanej przez Nachlik [2004]. Oszacowano pojemność czynną zbiornika ($V_{\text{całkowita}} - V_{\text{martwa}}$) i odniesiono do objętości średniego rocznego odpływu (V_{SSQ}) w profilu Szamotuły zamykającym zlewnię. Pojemność czynna zbiornika wynosiła $V_{zb} = 2,3 \text{ mln m}^3$ i stanowiła 7,8% średniego rocznego odpływu ($V_{SSQ} = 29,96 \text{ mln m}^3$), co świadczy o dużym wpływie zbiornika Radzyny na obieg wody w zlewni – wartość progowa wskaźnika zaproponowana przez Nachlik [2004] wynosi 3%.

Następnie obliczono uzupełniający wskaźnik zaburzenia reżimu hydrologicznego wynikającego z istotnych zmian w zagospodarowaniu zlewni części wód. Wskaźnik ten jest bezwzględną wartością dopełnienia do jedności stosunku przepływu SSQ z ostatniego wielolecia i przepływu SSQ_p z wielolecia „pseudonaturalnego”. W badanej zlewni bezwzględna wartość dopełnienia do jedności stosunku przepływu $SSQ = 0,95 \text{ m}^3\cdot\text{s}^{-1}$ w latach 2004–2012 i przepływu $SSQ_p = 1,33 \text{ m}^3\cdot\text{s}^{-1}$ w wieloleciu 1973–1983 wyniosła 29%, co także świadczy o dużym zaburzeniu reżimu hydrologicznego rzeki Samy – wartość progowa wskaźnika zaproponowana przez Nachlik [2004] wynosi 10%.

PODSUMOWANIE

Przeprowadzona ocena warunków zmienności przepływów charakterystycznych miesięcznych i rocznych rzeki Samy w profilu Szamotuły w latach 1973–1983 i 2004–2012 wykazała, że struktura użytkowania i zagospodarowania terenu jak i warunki hydrometeorologiczne panujące w zlewni w obu wieloleciach były podobne. Analiza danych hydrologicznych wykazała, że duży wpływ na reżim hydrologiczny rzeki Samy w profilu Szamotuły miał zbiornik Radzyny wybudowany w latach 1998–2000. Eksploata-



Rys. 4. Przebieg charakterystycznych miesięcznych przepływów rzeki Samy w profilu Szamotoły w latach 1973–1983 i 2004–2012

Fig. 4. The course characteristic of monthly river flows Samy in the cross-section Szamotoły during 1973–1983 and 2004–2012

cja zbiornika przyczyniła się do dwukrotnego zmniejszenia średniego przepływu w półroczu zimowym i przepływów ekstremalnych w latach 2004–2012. Najniższy przepływ roczny NNQ = $0,27 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ i był 2,5-krotnie niższy od niskiego w latach 1973–1983, a najwyższy wynoszący $9,80 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ był dwukrotnie niższy.

Pojemność czynna zbiornika wyniosła $V_{zb} = 2,3 \text{ mln m}^3$ i stanowiła 7,8% średniego rocznego odpływu, a wskaźnik zaburzenia reżimu hydrologicznego wyniósł 29%, przy wartości progowej 10%, co świadczy o dużym wpływie zbiornika na obieg wody w zlewni.

LITERATURA

1. Czarnecka H. (red.) 2005. Atlas podziału hydrograficznego Polski. IMGW, Warszawa.
2. Drabiński A. 1991. Wpływ gospodarowania wodą w stawach rybnych na odpływ ze zlewni rzeki Baryczy do przekroju Łąki. Zeszyt Naukowy AR Wrocław. Rozpr. Hab. 90, Wrocław.
3. Jańczak J., Brodzińska B., Kowalik A., Sziwa R. 2004. Sterowanie wodą w zbiorniku Radzyny i ocena stanu wód wraz z wytycznymi w zakresie poprawy jakości wód. Maszynopis, IMGW Poznań.
4. Kaczorowska Z. 1962. Opady w Polsce w przekroju wieloletnim. Prace Geogr. 33, Wyd. PAN, Warszawa, ss. 112.
5. Kondracki J. 2001. Geografia regionalna Polski. Wyd. PWN, Warszawa.
6. Kostrzewski A. 2006. Procesy ekstremalne w środowisku geograficznym. [W:] Wprowadzenie do konferencji "Funkcjonowanie geosystemów zlewni rzecznych" 4, UAM, Poznań-Storkowo, 13–14.
7. Mioduszewski W. 2006. Małe zbiorniki wodne. Wydawnictwo IMUZ, Falenty.
8. Murat-Błażejewska S., Kanclerz J. 2005. Oddziaływanie stawów rybnych na rozkład i wielkość odpływu ze zlewni. Zesz. Nauk. Wydz. Budow. i Inż. Środ. Koszalin 22, 867 – 875.
9. Nachlik E. 2004. Identyfikacja i ocena oddziaływań antropogenicznych na zasoby wodne dla wskazania części wód zagrożonych nieosiągnięciem celów środowiskowych. Monogr. 318. Wyd. Politechniki Krakowskiej, Kraków, ss. 318.
10. Paślawski Z. 1996. Rola jezior w transformacji odpływu rzeczego. Gosp. Wod. 1, 7–10.
11. Przedwojski B., Wierzbicki M., Wicher-Dysarz J., Walczak N. 2007. Stan zagrożenia powodziowego powyżej zbiornika Jeziorsko. Nauka Przyr. Technol. 1, 2, #31.
12. Stachy J. 2010. Zmienność odpływu rocznego Odry i Wisły w latach 1901–2008. Hydrologia w ochronie i kształtowaniu środowiska, 2, 31–41.
13. Strategiczny plan adaptacji dla sektorów i obszarów wrażliwych na zmiany klimatu do roku 2020 z perspektywą do roku 2030. Ministerstwo Środowiska. www.klimada.mos.gov.pl/wp-content/uploads/2013/10/SPA2020.pdf [15.02.2016].
14. Sui J., Koehler G. 2001. Rain-on-snow induced flood events in Souther Germany, Journal of Hydrology, 252, 205–220.