

DANIEL LIBERACKI

Katedra Melioracji, Kształtowania Środowiska i Geodezji  
Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

## OCENA ZASOBÓW WODNYCH MAŁEJ ZLEWNI NIZINNEJ

**Streszczenie.** Celem pracy była ocena zasobów wodnych w małej zlewni nizinnej ciekłu Potaszka do przekroju Potasze, zlokalizowanej w otulinie Puszczy Zielonka. W pracy wykorzystano wyniki badań terenowych, przeprowadzonych w odmiennych pod względem sum opadów atmosferycznych latach hydrologicznych. Do analiz wybrano trzy lata hydrologiczne z okresu 1996-2008 – charakteryzujące rok średni 1997/1998, mokry 1999/2000 oraz średniosuchy 2003/2004. Warunki meteorologiczne występujące na terenie badanej zlewni zostały scharakteryzowane na podstawie pomiarów opadów atmosferycznych i temperatury ze stacji Arboretum – Zielonka w Murowanej Goślinie. W celu oceny zasobów wodnych sporządzono bilans wodny zlewni ciekłu Potaszka w badanych latach charakterystycznych.

**Słowa kluczowe:** mała zlewnia, bilans wodny, zasoby wodne

### Wstęp

Jednym z najważniejszych problemów hydrologicznych Polski, a w szczególności Wielkopolski, jest deficyt wody. Szczególnie w środkowej części dorzecza Warty zasoby wodne są małe, nawet w latach przeciętnych i mokrych (WOŚ 1989, PRZYBYŁA 1994, KOWALCZAK 2001, SZAFRAŃSKI 2007). Przyczyną tego stanu są głównie cechy klimatu regionu: stosunkowo niskie sumy opadów i niekorzystny ich rozkład w ciągu roku, a także relatywnie wysokie wartości parowania. Ocieplenie klimatu i prawdopodobnie związane z tym zjawiskiem nasilenie się anomalii pogodowych powoduje zwiększenie częstotliwości występowania zjawisk ekstremalnych (gwałtownych powodzi lub długotrwałych susz). Dlatego też zjawiska te muszą być monitorowane i analizowane.

Celem pracy była ocena zasobów wodnych w małej zlewni nizinnej ciekłu Potaszka do przekroju Potasze, zlokalizowanej w otulinie Puszczy Zielonka.

## Material i metody

W pracy przeprowadzono ocenę zmian podstawowych składników bilansu wodnego małej zlewni nizinnej. Wykorzystano wyniki badań terenowych, przeprowadzonych w odmiennych pod względem sum opadów atmosferycznych latach hydrologicznych. Do analiz wybrano trzy lata hydrologiczne z okresu 1996-2008, które pod względem warunków meteorologicznych charakteryzują rok średni (1997/1998), mokry (1999/2000) oraz średniosuchy (2003/2004).

Przedmiotem badań była mała zlewnia ciekłu Potaszka do przekroju Potasze, o powierzchni 1,33 km<sup>2</sup>. Zlewnia zlokalizowana jest na Nizinie Wielkopolsko-Kujawskiej w rejonie wysoczyzny Poznańskiej w dorzeczu Warty, na obrzeżu Parku Krajobrazowego Puszczy Zielonki. Położona jest na granicy dwóch gmin: Czerwonak i Murowana Goślina, w województwie wielkopolskim na terenie Nadleśnictwa Zielonka. Potaszka jest ciekłem czwartego rzędu, przepływającym przez obszary zalesione oraz grunty orne, wpadającym do Owińskiej Strugi, a następnie jako lewy dopływ bezpośrednio do Warty. Długość ciekłu wynosi 1550 m. Na obszarze badanej zlewni znajdują się dwa naturalne bezodpływowe oczka wodne. Pierwsze, o powierzchni 0,95 ha, położone jest w północnej części zlewni i otoczone nieużytkowanymi gruntami ornymi. Drugie oczko wodne ma powierzchnię 0,31 ha i znajduje się we wschodniej części zlewni. Omawiany obszar charakteryzuje się nieznacznymi wzniesieniami morenowymi. Skałą macierzystą gleb są osady, które pochodzą ze stadiału poznańskiego zlodowacenia Bałtyckiego. Podścielone są one utworami plioceńskimi. Przeważają tutaj gleby rdzawe, które występują na 87% powierzchni, natomiast gleby torfowe i murszowate zajmują 13% powierzchni. W badanej zlewni 73% stanowią nieużytki i grunty orne, 15% lasy, natomiast pozostała część 12% zajmują użytki zielone. Występują tutaj trzy typy siedlisk leśnych – bór mieszany świeży, bór świeży oraz bór mieszany wilgotny. Dwa pierwsze stanowią łącznie 18,15 ha i przeważa na nich drzewostan sosnowy. Natomiast bór mieszany wilgotny zajmuje powierzchnię 1,27 ha. Dominującym drzewostanem jest tutaj sosna oraz brzoza. Lasy występują w południowej części zlewni i rosną na glebach bielicowych. Łąki występują na glebach bagiennych i użytkowane są jako pastwiska. Zagospodarowanie jest jednak słabe i pastwiska często porastają drzewostanem. Zwierciadło wody gruntowej na tym terenie znajduje się około 30 cm poniżej jego powierzchni.

Na obszarze analizowanej zlewni, w przekroju zamykającym, zainstalowano trójkątny przelew pomiarowy Thomсона o kącie wierzchołkowym 90° do pomiarów stanów wody w ciekłu. Natężenie przepływu obliczone zostało na podstawie wzoru dla przelewów cienkościennych trójkątnych przedstawionego przez BIAŁKIEWICZ-GRABOWSKĄ i MIKULSKIEGO (1993).

$$Q = Ce \frac{8}{15} \sqrt{2q} \cdot \operatorname{tg} \frac{\Theta}{2} \cdot h^{2,5}$$

gdzie:

- $Q$  – przepływ (dm<sup>3</sup>·s<sup>-1</sup>),
- $Ce$  – współczynnik wydatku przelewu,
- $\Theta$  – kąt rozwarcia przelewu,
- $h$  – wysokość warstwy wody (m).

Przelew wytarowano za pomocą pomiarów bezpośrednich, metodą naczynia podstawionego, mierząc objętość odpływu w czasie przy określonym stanie wody. Dodatkowo przy przelewie zainstalowano łąkę wodowskazową oraz limnigraf i w sposób ciągły prowadzono obserwacje i pomiary stanów wody w cieku. Na terenie badanej zlewni znajdują się 22 studzienki do pomiaru stanów wód gruntowych. Dziewięć z nich jest zainstalowanych w siedliskach leśnych, pięć umieszczono na nieużytkach i gruntach rolnych, a osiem pozostałych na użytkach zielonych. Pomiary stanów wód gruntowych w studzienkach pomiarowych wykonywane były systematycznie co 7 dni. Natomiast pomiary uwilgotnienia gleb wykonywane były raz w miesiącu, w 3 profilach glebowych położonych w miejscach charakterystycznych dla badanej zlewni. Pomiar wykonywany był za pomocą sondy profilowej, na głębokościach 15, 40, 70 i 100 cm.

Warunki meteorologiczne występujące na terenie badanej zlewni zostały scharakteryzowane na podstawie pomiarów opadów atmosferycznych i temperatury powietrza otrzymanych ze stacji Arboretum – Zielonka w Murowanej Goślinie. Oceny poszczególnych lat i półroczy okresu badawczego, pod względem opadowym, dokonano według przewidywanego prawdopodobieństwa opadów (KOSTRZEWA i IN. 1994). Poprawki do obliczenia opadu atmosferycznego w bilansie wodnym skorygowano według opracowania KOWALCZYKA i UJDY (1987). Parowanie terenowe dla rozpatrywanych lat hydrologicznych obliczone zostało przez pracowników Katedry Melioracji Kształtowania Środowiska i Geodezji za pomocą programu komputerowego. Półrocze zimowe obliczono metodą Konstantinowa (SOCZYŃSKA 1997), a półrocze letnie za pomocą modelu matematycznego wykonanego w Katedrze Agrometeorologii Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu, opartego na metodzie Penmana, wykorzystującej składniki bilansu cieplnego do obliczenia ewapotranspiracji rzeczywistej (KĘDZIORA 1995).

## Wyniki i dyskusja

Pierwszy rok badań – 1997/1998 – pod względem przebiegu warunków meteorologicznych był rokiem średnim. Suma opadów atmosferycznych wyniosła 557 mm i była wyższa od średniej z wielolecia o 26 mm. Prawdopodobieństwo wystąpienia takiej sumy opadów wyniosło 55%. Średnia roczna temperatura powietrza wyniosła 8,9°C i była o 0,4°C niższa od średniej z wielolecia. Półrocze zimowe omawianego roku charakteryzowało się opadem niższym o 48 mm od średniej wieloletniej dla tego okresu. Natomiast w półroczu letnim suma opadów wyniosła 385 mm i była o 74 mm wyższa od średniej z wielolecia (tab. 1).

Kolejny badany rok – 1999/2000 – oceniono jako mokry. Suma opadów atmosferycznych wyniosła 635 mm i była wyższa od średniej z wielolecia o 104 mm. Prawdopodobieństwo wystąpienia takiej sumy opadów wynosi 14%, czyli raz na 7 lat. Średnia roczna temperatura wyniosła 9,2°C i była zbliżona do średniej z wielolecia. Oba półrocza omawianego roku charakteryzowały się opadem wyższym od średniej z wielolecia, przy czym w półroczu zimowym opad niewiele przekraczał średnią, natomiast w mokrym półroczu letnim opad był wyższy aż o 93 mm.

Ostatni analizowany rok badań – 2003/2004 – był rokiem średniosuchym, z sumą opadów atmosferycznych wynoszącą 492 mm, niższą od średniej o 38 mm. Prawdopodobieństwo wystąpienia takiej sumy opadów wynosi 62%. Średnia roczna temperatura

Tabela 1. Półroczne i roczne sumy opadów atmosferycznych (mm) oraz półroczne i średnie roczne temperatury powietrza (°C) i ich odchylenia od średnich z wielolecia, w badanych latach hydrologicznych

Table 1. Half-year and annual precipitation sums (mm) and annual average air temperature (°C) and their deviation from the average of multiyear, in researched hydrological years

Rok hydrologiczny Hydrological year		Opad Precipitation (mm)	Odchylenie od średniej Deviation from average (mm)	Temperatura powietrza Air temperature (°C)	Odchylenie od średniej Deviation from average (°C)
1997/1998	XI-IV	172	-48	3,5	0,6
	V-X	385	74	14,3	-1,3
	XI-X	<b>557</b>	26	8,9	-0,4
1999/2000	XI-IV	231	11	3,6	0,7
	V-X	404	93	14,9	-0,7
	XI-X	<b>635</b>	104	9,2	-0,1
2003/2004	XI-IV	170	-50	2,7	-0,2
	V-X	322	12	14,9	-0,8
	XI-X	<b>492</b>	-38	8,8	-0,5

powietrza była niższa od średniej z wielolecia o 0,5°C. Półrocze zimowe (z opadem wynoszącym 170 mm) należało do suchych, natomiast półrocze letnie (z opadem wynoszącym 322 mm) było zbliżone do średniej z wielolecia.

Otrzymane wyniki wskazują, że mimo zróżnicowanych sum rocznych opadów atmosferycznych, wahających się od 492 do 635 mm, odpływy roczne z tej zlewni były nieduże i stanowiły od 11% do 15% sumy opadów. Dwa pierwsze analizowane lata pod względem przepływów były dość podobne. Najwyższe przepływy pomierzono zawsze w półroczach zimowych i wahały się one od 6 do 7,5 dm<sup>3</sup>·s<sup>-1</sup>. Średnia wartość przepływu w tym okresie wyniosła 3 dm<sup>3</sup>·s<sup>-1</sup>. Zupełnie odmiennie kształtował się przepływ w średnio suchym roku 2004. Odnotowano wówczas systematyczny jego spadek od wartości 4,8 dm<sup>3</sup>·s<sup>-1</sup> aż do całkowitego zaniku w sierpniu. Brak przepływu w tym miesiącu był następstwem wysokiej średnio miesięcznej temperatury, wynoszącej 20°C, oraz sumy parowania terenowego na poziomie 115 mm.

Przeprowadzone badania potwierdziły, że podstawowymi składnikami bilansu wodnego w zlewni Potaszkki są opady atmosferyczne i parowanie terenowe. Parowanie w analizowanych latach wahało się w granicach od 484 mm w 1998 do 723 mm w 2004 roku (tab. 2). Duże wartości parowania terenowego, osiągające wartość 723 mm w suchym 2004 roku, sprawiły, że w analizowanej zlewni wystąpił spadek zasobów wodnych w wierzchnich warstwach gleby, wynoszący 227 mm. Spadek ten odnotowano zarówno w półroczu zimowym, jak i letnim. Natomiast w roku 1998 oraz 2000, w których opady atmosferyczne były wyższe od parowania terenowego, odnotowano przyrost retencji zmieniający się w granicach 59 mm do 111 mm. Zupełnie inaczej kształtuje się sytuacja w okresie wegetacyjnym badanych lat hydrologicznych, gdzie przy sumach opadów atmosferycznych dla tego okresu niższych od średniej z wielolecia stwierdzono wyraźny ubytek retencji we wszystkich badanych latach, wahający się od 10 do 315 mm.

Tabela 2. Zestawienie składników bilansu wodnego zlewni ciekłu Potaszka do przekroju Potasze  
 Table 2. Water balance components of stream Potaszka for the section Potasze

Rok hydrologiczny Hydrological year	Miesiące – Months												Półrocza Half-years		Okres wegetacyjny Vegetation season	Rok Year
	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI-IV	V-X	IV-IX	XI-X
Opad atmosferyczny skorygowany P (mm) – Corrected precipitation P (mm)																
2000	38,8	57,0	34,1	43,4	82,0	16,6	54,0	39,2	154	121,3	45,1	19,9	271,8	433,6	430,2	705,4
1998	17,8	34,0	40,2	24,7	44,5	40,5	29,2	75,2	57,2	85,6	88,5	80,1	201,7	415,8	376,2	617,4
2004	31,2	39,6	50,4	43,2	20,1	17,3	65,4	63,7	64,2	65,3	29,2	60,5	201,7	348,3	305,0	550,0
Średnio 1998-2004 Average 1998-2004	29,3	43,5	41,6	37,1	48,9	24,8	49,5	59,4	91,8	90,7	54,3	53,5	225,1	399,2	370,5	624,3
Odpływ H (mm) – Outflow H (mm)																
2000	6,2	8,7	9,1	8,7	14,9	9,5	4,6	4,7	6,8	6,8	6,4	6,6	57,1	36,1	69,0	93,2
1998	8,8	8,7	3,6	6,4	12,3	5,8	3,4	3,3	3,2	6,8	7,4	4,6	45,6	28,8	41,3	74,4
2004	4,9	9,7	9,3	7,3	6,8	5,1	2,6	1,2	1,0	0,0	1,4	4,6	43,1	10,8	38,0	53,9
Średnio 1998-2004 Average 1998-2004	6,6	9,0	7,3	7,5	11,3	6,8	3,6	3,1	3,7	4,6	5,1	5,3	48,6	25,2	49,4	73,8
Parowanie terenowe E (mm) – Evapotranspiration E (mm)																
2000	8,1	12,7	11,1	19,8	25,9	67,3	87,3	85,9	75,3	67,8	17,1	23,3	144,9	356,7	400,7	501,6
1998	9,4	11,0	13,1	22,0	24,0	52,7	75,3	88,3	83,5	60,0	27,7	17,1	132,2	351,9	387,5	484,1
2004	16,0	13,0	7,0	21,0	33,0	75,0	109	121	119	115	69,0	25,0	165,0	558,0	608,0	723,0
Średnio 1998-2004 Average 1998-2004	11,2	12,2	10,4	20,9	27,6	65,0	90,5	98,4	92,6	80,9	37,9	21,8	147,4	422,2	465,4	569,6
Zmiana retencji dR (mm) – Change in retention dR (mm)																
2000	24,4	35,6	13,9	15,0	41,2	-60,3	-38,0	-51,4	71,9	46,7	21,6	-10,0	69,9	40,8	-9,5	110,6
1998	-0,3	14,3	23,5	-3,6	8,2	-18,1	-49,5	-16,4	-29,5	18,8	53,3	58,3	23,9	35,0	-41,4	58,9
2004	10,3	16,9	34,1	14,9	-19,8	-62,8	-46,2	-58,4	-55,8	-49,7	-41,2	30,9	-6,3	-220,5	-314,2	-226,9
Średnio 1998-2004 Average 1998-2004	11,5	22,3	23,8	8,7	9,9	-47,1	-44,6	-42,1	-4,5	5,2	11,3	26,4	29,1	-48,2	-121,7	-19,1

## Wnioski

1. Badania przeprowadzone w zlewni ciekłu Potaszka do przekroju Potasze potwierdziły, że podstawowymi czynnikami modyfikującymi bilans wodny na tym obszarze są opady atmosferyczne i parowanie terenowe.

2. Otrzymane wyniki wskazują, że pomimo zróżnicowanych sum rocznych opadów, wahających się od 492 do 635 mm, odpływy roczne z tej zlewni były nieduże i stanowiły od 11% do 15% sumy opadów.

3. Badania potwierdziły również istotny wpływ rozkładu opadów atmosferycznych w badanych latach na zmienność odpływów. Najwyższe średnie miesięczne wartości odpływów odnotowano w półroczach zimowych analizowanych lat, natomiast w półroczach letnich obserwowano okresy o minimalnym lub całkowitym zaniku przepływów wody w badanym cieku.

4. Duże wartości parowania terenowego, osiągające wartość 723 mm w suchym 2004 roku, sprawiły, że w analizowanej zlewni wystąpił spadek zasobów wodnych w wierzchnich warstwach gleby wynoszący 227 mm. Natomiast w latach 1998 oraz 2000, w których opady atmosferyczne były wyższe od parowania terenowego, odnotowano przyrost retencji, zmieniający się w granicach od 59 mm do 111 mm.

5. W okresie wegetacyjnym badanych lat hydrologicznych, przy sumach opadów atmosferycznych dla tego okresu niższych od średniej z wielolecia, stwierdzono wyraźny ubytek retencji we wszystkich latach, wahający się od 10 do 315 mm.

## Literatura

- BIALKIEWICZ-GRABOWSKA E., MIKULSKI Z., 1993. Hydrometria. Wyd. Nauk. PWN, Warszawa.
- KĘDZIORA A., 1995. Podstawy agrometeorologii. PWRiL, Poznań.
- KOSTRZEWA S., PLYWACZYK A., NOWICKI J., 1994. Stosunki wodne użytków rolnych w okresie suszy 1992 na Dolnym Śląsku. Roczn. Nauk Roln. Ser. F 83, 3/4: 7-18.
- KOWALCZAK P., 2001. Hierarchia potrzeb obszarowych małej retencji w dorzeczu Warty. Wyd. Nauk. IMGW, Warszawa.
- KOWALCZYK S., UJDA K., 1987. Pomiar porównawczy opadów atmosferycznych. Mater. Bad. IMGW Ser. Meteorol. 14.
- PRZYBYŁA C., 1994. Gospodarka wodna i potrzeby nawodnień w warunkach klimatyczno-glebowych Wysoczyzny Poznańskiej. Roczn. AR Pozn. 271, Melior. Inż. Środ. 15, cz. 1: 147-155.
- SOCZYŃSKA U., 1997. Hydrologia dynamiczna. Wyd. Nauk. PWN, Warszawa.
- SZAFRAŃSKI C., 2007. Zasoby wodne Polski i ich ochrona. W: Zasoby przyrodnicze szansą zrównoważonego rozwoju. Red. J. Nowicki. Wyd. AR, Poznań.
- WOŚ D., 1989. Ocena potencjalnych zasobów wodnych dorzecza Warty. Geogr. Ser. UAM Pozn. 46: 98.

## THE ESTIMATE OF WATER RESOURCES IN SMALL LOWLAND CATCHMENT

**Summary.** The aim of this thesis was to estimate a water stock in small water resources lowland stream Potaszka for the section Potasze that is situated in lagging of Puszcza Zielonka. In this work results of researches has been presented, carried out in different amounts of precipitation in few hydrological years. For analyses three hydrological years has been chosen, from period of multiyear's 1996-2008: characterizing an average year 1997/1998, wet 1999/2000 and middling dry 2003/2004. Meteorological conditions that took stand in the area of researched water resources have been characterized on base of precipitation measurement and temperatures from station Arboretum – Zielonka in Murowana Goślina. For estimation of water stock it has been composed water balance of the resources stream Potaszka in typical researched years.

**Key words:** small water resources, water stock, water balance

*Adres do korespondencji – Corresponding address:*

*Daniel Liberacki, Katedra Melioracji, Kształtowania Środowiska i Geodezji, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu, ul. Piątkowska 94, 60-648 Poznań, Poland, e-mail: dliber@up.poznan.pl*

*Zaakceptowano do druku – Accepted for print:*

*13.06.2011*

*Do cytowania – For citation:*

*Liberacki D., 2011. Ocena zasobów wodnych małej zlewni nizinnej. Nauka Przyr. Technol. 5, 5, #87.*