

ZMIANY SKŁADNIKÓW BILANSU WODNEGO ŚRÓDLEŚNEGO OCZKA WODNEGO W LATACH O RÓŻNYM PRZEBIEGU WARUNKÓW METEOROLOGICZNYCH

Mariusz Korytowski¹, Czesław Szafrąński¹

¹ Instytut Melioracji, Kształtowania Środowiska i Geodezji, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu, ul. Piątkowska 94, 60-649 Poznań, e-mail: mario@au.poznan.pl; czszafr@up.poznan.pl

STRESZCZENIE

W pracy przedstawiono wyniki badań przeprowadzonych w trzech, różniących się pod względem opadów, latach hydrologicznych 2002/2003, 2003/2004 i 2009/2010 w zlewni śródleśnego oczka wodnego nr 1, usytuowanego na terenie Leśnego Zakładu Doświadczalnego Siemianice, w leśnictwie Wielosławice. Zlewnia badanego oczka wodnego nr 1, o powierzchni około 7,5 ha i lesistości 100%, usytuowana jest w zlewni Niesobu-lewo-brzeżnego dopływu Proсны. W badanej zlewni przeważają siedliska świeże a w pokrywie glebowej dominują gleby bielcowo-rdżawe o uziarnieniu piasku słabogliniastego. Śródleśne oczko wodne nr 1, o powierzchni 0,13 ha i głębokości średniej 1,0 m, ma charakter oczka wytopiskowego o łagodnych skarpach. Przeprowadzone badania potwierdziły, że zapasy wody w analizowanym oczku nr 1 ulegały odnawianiu, zwłaszcza w półroczach zimowych, zależnie od przebiegu warunków meteorologicznych. Uzyskane wyniki badań wykazały, że w badanych latach hydrologicznych podstawową rolę w bilansie oczka nr 1 po stronie przychodów odgrywały opady atmosferyczne wahające się od 650 mm (2002/2003) do 992 mm (2009/2010) a po stronie rozchodów parowanie z powierzchni oczka, które osiągało wartości od 408mm (2009/2010) do 835 mm (2002/2003). W mokrym pod względem opadów roku 2009/2010 duży udział w bilansie miał także odpływ z oczka do przyległych terenów, stanowiący około 44% opadów.

Słowa kluczowe: bilans wodny, śródleśne oczko wodne, zmiany zasobów wody

CHANGES OF WATER BALANCE COMPONENTS OF MIDFOREST POND IN A HYDROLOGICAL YEARS OF A DIFFERENT METEOROLOGICAL CONDITION COURSE

ABSTRACT

The paper presents the results of the researches carried out at the catchment of water pond number one, located at Wielosławice Forestry of Siemianice Experimental Farm. The researches were carried out in three hydrological years 2002/2003, 2003/2004 i 2009/2010 of a different precipitation sums. The area of investigated catchment of pond number one is about 7,5 ha and its forestation totals 100 % and it is situated in a part of Niesób catchment - left-side tributary of Proсны River. Fresh habitats and proper podzols consist of loamy sand texture predominant in soil cover at the area of investigated catchment. Pond No 1, which

area is about 0,35 ha and average depth is about 1,4 m, is a typical natural melt pond with gentle slopes. The results confirmed that water storage in pond No1 restored, particularly in winter half-years, dependently of meteorological condition courses. The researches indicate the dominant role of income part of water balance at pond No 1 catchment had precipitation sums. The sums fluctuated from 650 mm (2002/2003) to 992 (2009/2010) in analyzed hydrological years. Evaporation from pond surface which was from 408 mm (2009/2010) to 835 mm (2002/2003) was the dominant factor of outgoing part of water balance. Outflow from the pond to neighboring areas had significant participation – about 44% of precipitation, in water balance in wet 2009/2010 hydrological year.

Keywords: water balances, midforest pond, water storages changes.

WSTĘP

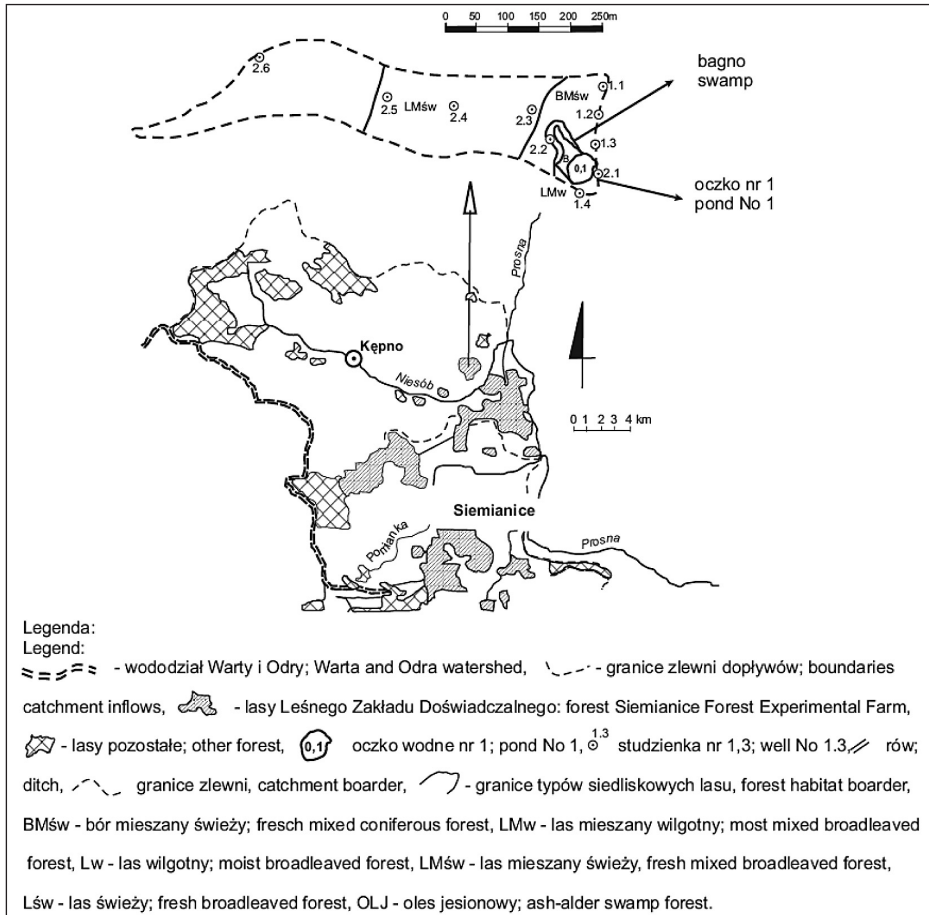
Obserwacje z ostatniego 50-lecia wskazują na nasilenie się na obszarze Polski susz i niedoborów wody [9]. Problem ten dotyczy zarówno zlewni użytkowanych rolniczo, jak i leśnie. W lasach na coraz szerszą skalę realizuje się działania związane z małą retencją, której szczególne znaczenie w kształtowaniu gospodarki wodnej, w tym małych zbiorników wodnych, zarówno naturalnych jak i sztucznych, podkreślane było już w latach 90-tych ubiegłego wieku [14, 19]. Mała retencja wodna jest istotną częścią zarówno środowiska jak i racjonalnej gospodarki człowieka, a duża liczba małych zbiorników wodnych stanowi skuteczny czynnik zachowania równowagi ekosystemów [15]. W ogólnym ujęciu realizacja programów małej retencji w nadleśnictwach istotnie wpływa na poprawę gospodarki wodnej kraju [1, 8]. Występujące w zlewniach leśnych śródleśne oczka wodne odgrywają ważną rolę w bilansach wodnych tych zlewni. Dlatego też ocena bilansu wodnego samego oczka, pozwalająca precyzyjnie określić między innymi jego zdolności retencyjne, jest w kontekście bilansu wodnego środowiska zagadnieniem niezwykle istotnym [12, 18].

Celem pracy było określenie zmian składników bilansu wodnego śródleśnego oczka wodnego w latach o różnym przebiegu warunków meteorologicznych.

MATERIAŁ I METODY

W pracy przedstawiono wyniki badań przeprowadzonych w trzech latach hydrologicznych 2002/2003, 2003/2004 i 2009/2010 w zlewni śródleśnego oczka wodnego nr 1 usytuowanej w leśnictwie Wielisławice. Lasy tego leśnictwa należą do Leśnego Zakładu Doświadczalnego Siemianice Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu, który znajduje się około 15 km na południowy wschód od Kępna (rys. 1).

Omawiany obszar leży w zasięgu Niziny Południowo-Wielkopolskiej, na Wysoczyźnie Wieruszowskiej, będącej zdenudowaną równiną morenową przeciętą biegiem górnej Proсны [5]. Zlewnia śródleśnego oczka wodnego nr 1, o lesistości 100% i powierzchni około 7,5 ha, usytuowana jest w zlewni Niesobu, który jest lewobrzeżnym



Rys. 1. Lokalizacja zlewni śródleśnego oczka wodnego nr 1 na terenie Leśnego Zakładu Doświadczalnego Siemianice

dopływem Prosnia. W badanej zlewni przeważają siedliska świeże a w pokrywie glebowej dominują gleby biellicowo-rdzawe (63%) o uziarnieniu piasku słabogliniastego.

Śródleśne oczko wodne nr 1, o powierzchni 0,13 ha i głębokości średniej 1,0 m, ma charakter oczka wytopiskowego o łagodnych skarpach. W dnie oczka występuje namuł organiczny o średniej miąższości 40 cm, a w warstwach położonych głębiej i w skarpach przeważają piaski.

Stany wody w oczku mierzono za pomocą zainstalowanej w nim łaty wodowskazej. Natomiast stany wód gruntowych mierzono w 10 studzienkach zlokalizowanych w dwóch przekrojach przechodzących przez reprezentatywne siedliska. Pomiarów stanów wód dokonywano z częstotliwością raz na tydzień.

Warunki meteorologiczne w omawianych latach hydrologicznych, na tle danych z wielolecia 1974–2010, scharakteryzowano na podstawie uzyskanych wyników

pomiarów z własnego posterunku opadowego i obserwacji prowadzonych w stacji meteorologicznej Leśnego Zakładu Doświadczalnego Siemianice. Charakterystykę wilgotnościową dla analizowanych lat hydrologicznych przeprowadzono według krzywych prawdopodobieństwa metodą decyli Dębskiego [2].

Zmiany zapasów wody w omawianym oczku obliczono na podstawie zmian stanów wody obserwowanych na początku (XI, V) i końcu (IV, X) każdego z analizowanych półroczy hydrologicznych. Parowanie z powierzchni oczka określono ze wzoru Tichomirowa [4]:

$$E = d(15+3v)$$

gdzie: E – parowanie miesięczne z powierzchni wody [mm],
 d – średni miesięczny niedosyt wilgotności powietrza [mm Hg],
 v – średnia miesięczna prędkość wiatru na wysokości wiatromierza [m/s].

Bilans wodny omawianego oczka obliczono na podstawie następującego równania:

$$P + H_{dg} = E_o + \Delta R_o + H_{og}$$

gdzie: P – opad atmosferyczny [mm],
 H_{dg} – dopływ do oczka z terenów przyległych [mm],
 E_o – parowanie z powierzchni oczka [mm],
 ΔR_o – zmiana retencji w oczku [mm],
 H_{og} – odpływ z oczka do przyległych terenów [mm].

W obliczeniach bilansu wodnego analizowanego oczka wartości opadu atmosferycznego skorygowano wprowadzając poprawkę wynikającą ze wzoru Jaworskiego, zalecanego dla warunków Wielkopolski przez Kędziórę [4]:

$$P_s = 1,034 \cdot P_z + 0,484 \cdot N + 4,0$$

gdzie: P_s – opad skorygowany [mm],
 P_z – opad zmierzony [mm],
 N – liczba dni z opadem w miesiącu.

Wartości dopływu do oczka z terenów przyległych (H_{dg}) obliczono z przyjęciem założeń dopływu filtracyjnego do zbiornika ze swobodnym zwierciadłem wody. Obliczenia przeprowadzono dla studzienek 1.3, 1.4, 2.1 i 2.2 zlokalizowanych najbliżej badanego oczka. Dopływ do oczka nr 1 określono na podstawie równania Dupuita [16]:

$$q = [(H^2 - h_0^2):2L] \cdot k$$

gdzie: q – dopływ jednostkowy do zbiornika [m³/s],
 k – współczynnik filtracji [m/s],
 L – odległość studzienki od oczka [m],
 H – poziom zwierciadła wody w studziencie [m],
 h_0 – poziom zwierciadła wody w oczku [m].

W przeprowadzonych obliczeniach wartość współczynnika filtracji przyjęto dla piasków słabogliniastych na poziomie $k = 10^{-5}$ m/s [11].

Utworki glebowe zalegające w skarpie oraz dnie oczka nr 1 oraz w przyległych siedliskach scharakteryzowano na podstawie odwiertów wykonanych w miejscach reprezentatywnych, z których pobrano próbki gleby do analiz laboratoryjnych. Skład granulometryczny tych utworów określono metodą areometryczną Casagrande'a w modyfikacji Prószyńskiego, z podziałem materiału glebowego na grupy granulometryczne według PN-R-04033 [13].

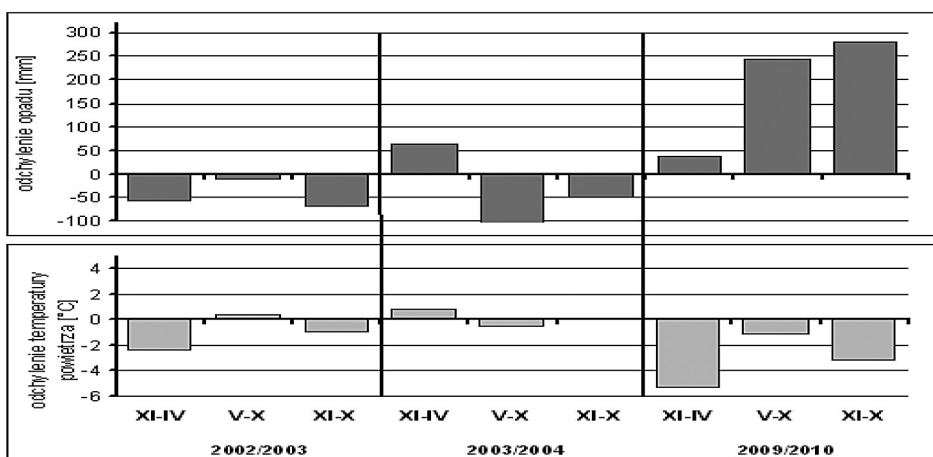
Zasięgi typów siedliskowych lasu w zlewni omawianego oczka określono na podstawie operatu glebowo-siedliskowego [10].

WYNIKI BADAŃ I ICH DYSKUSJA

Rok hydrologiczny 2002/2003 był średnio suchy, gdyż suma opadów w tym roku (504 mm) była niższa od średniej z wielolecia o 68 mm (rys. 2).

Prawdopodobieństwo wystąpienia takiej sumy opadów, łącznie z niższymi wynosi 35%, czyli jeden raz na około trzy lata. Średnia temperatura powietrza w omawianym roku wyniosła 8,0 °C i była niższa od średniej z wielolecia o 1,0 °C. Półrocze zimowe tego roku, z sumą opadów niższą od średniej o 57 mm i temperaturą powietrza niższą o 2,3 °C, było suche i zimne. Natomiast w półroczu letnim tego roku suma opadów i średnia temperatura powietrza były zbliżone do średnich z wielolecia.

Drugi analizowany rok hydrologiczny 2003/2004 był rokiem średnim, w którym suma opadów wyniosła 525 mm i była niższa od średniej z wielolecia o 47 mm (rys. 2), przy zbliżonej do średniej temperaturze powietrza. Półrocze zimowe tego roku było mokre i ciepłe, gdyż suma opadów była wyższa od średniej z wielolecia o 65 mm, przy średniej temperaturze powietrza wynoszącej 3,2 °C. Natomiast półrocze letnie omawianego roku, w którym suma opadów była niższa od średniej z wielolecia o 112 mm,



Rys. 2. Półroczne i roczne odchylenia sum opadów atmosferycznych i temperatury powietrza w latach 2002/2003, 2003/2004 i 2009/2010 od średnich z wielolecia 1974–2010

przy temperaturze powietrza zbliżonej do średniej, było suche.

Ostatni analizowany rok hydrologiczny 2009/2010 był rokiem mokrym i chłodnym. Suma opadów w tym roku wyniosła 853 mm i była wyższa od średniej z wielolecia aż o 281mm. Prawdopodobieństwo wystąpienia takiej sumy opadów, łącznie z wyższymi wynosi 4%, czyli raz na około 25 lat. Temperatura powietrza w omawianym roku była niższa od średniej z wielolecia o 3,2 °C. Półrocze zimowe tego roku było zbliżone do średniego i zimne, gdyż suma opadów w tym półroczu była wyższa od średniej o 36mm, przy temperaturze powietrza niższej od średniej o 5,3 °C. Natomiast bardzo mokre było półrocze letnie, w którym suma opadów przekroczyła średnią z wielolecia aż o 245 mm, przy temperaturze powietrza niższej od średniej o 1,1 °C.

Przeprowadzone badania potwierdziły wpływ warunków meteorologicznych na dynamikę zmian poszczególnych składników bilansu wodnego analizowanego oczka nr 1.

W półroczu zimowym pierwszego roku badań (2002/2003) wystąpił wzrost stanów wody w badanym oczku i na końcu tego półrocza, w dniu 30 kwietnia, stan wody osiągnął wartość 27 cm (tab. 1). W półroczu tym stwierdzono przyrost retencji wody w oczku, wynoszący 170 mm.

Natomiast w półroczu letnim stany wody w analizowanym oczku obniżyły się o 27 cm i od początku lipca, po dłuższym okresie bezopadowym, nastąpił w nim zanik zwierciadła wody. W suchym roku hydrologicznym 2002/2003 stwierdzono zmianę retencji wody w omawianym oczku kształtującą się na poziomie 100 mm. Uzyskane w tym roku wyniki badań potwierdziły tendencje, obserwowaną w różnych regionach [7, 17], dotyczącą zaniku zwierciadła wody w oczkach bezodpływowych, przypadający najczęściej na okres półroczy letnich, zwłaszcza w suchych pod względem opadów latach hydrologicznych.

Tabela 1. Stany wody w oczku wodnym nr 1 na początku i końcu półroczy i lat hydrologicznych 2002/2003, 2004/2005 i 2009/2010 oraz półroczne i roczne zmiany retencji

Okres obliczeniowy	Stany wody [cm]	Zmiany retencji [mm]
2002/2003		
XI-IV	10-27	170
V-X	27-0	-270
XI-X	10-0	-100
2003/2004		
XI-IV	0-31	+310
V-X	31-0	-310
XI-X	0-0	0
2009/2010		
XI-IV	0-29	+290
V-X	29-48	+190
XI-X	0-48	+480

W półroczu zimowym 2003/2004, przy sumie opadów wyższej od średniej z wielolecia o 65 mm, stwierdzono odbudowanie się zwierciadła wody w badanym oczku nr 1 i na końcu tego półrocza przyrost retencji wyniósł 310 mm. Przyrosty stanów wody w oczku nr 1 i związane z nimi przyrosty retencji były zbieżne z wynikami wcześniejszych badań [6] w których podkreślano, że zapas wody w oczkach, podobnie jak zapas wody w glebie, ulega odnawianiu zwłaszcza w półroczach zimowych, zależnie od przebiegu warunków meteorologicznych. Natomiast w suchym półroczu letnim 2003/2004 nastąpił, podobnie jak w półroczu letnim 2002/2003, zanik zwierciadła wody w omawianym oczku. Stany wody obniżyły się w tym półroczu o 31 cm, a ubytek retencji osiągnął wartość 310 mm. Można stwierdzić, że w średnim pod względem sum opadów roku hydrologicznym 2003/2004 zapasy wody, które zostały zgromadzone w oczku nr 1 w półroczu zimowym zostały, w wyniku opadów niższych od średniej o 112 mm, wyższych temperatur powietrza i związanym z nimi parowaniem z jego powierzchni, całkowicie wyczerpane w półroczu letnim.

W półroczu zimowym 2009/2010, podobnie jak w poprzednich omawianych półroczach zimowych wystąpiły przyrosty stanów i zapasów wody w analizowanym oczku nr 1. Stany wody wzrosły o 29 cm, a związany z nimi przyrost retencji wyniósł 290 mm. Natomiast w półroczu letnim, w wyniku opadów wyższych od średniej z wielolecia aż o 245 mm, stwierdzono dalszy wzrost stanów i zapasów wody. W półroczu tym stany wody wzrosły w oczku o 19 cm a przyrost retencji wyniósł 190 mm. W całym, mokrym pod względem opadów, roku hydrologicznym 2009/2010 stwierdzono przyrost zapasów wody w oczku nr 1 wynoszący 480 mm.

Analizując pozostałe składniki bilansu wodnego oczka nr 1 w półroczach zimowych badanych lat można stwierdzić, że po stronie przychodów istotną rolę odgrywały opady atmosferyczne osiągające wartości od 203 mm do 365 mm (tab. 2). Znaczący wpływ na bilans miał także, w poszczególnych okresach, dopływ do oczka z terenów przyległych, wahający się od 137 mm do 278 mm.

Natomiast po stronie rozchodów duże znaczenie w bilansie wodnym oczka nr 1 odgrywało parowanie z jego powierzchni, które wahało się od 112 mm do 190 mm. Ważnym elementem równania bilansowego w omawianych półroczach zimowych były również przyrosty retencji wody w oczku, które osiągały wartości od 170 mm (2002/2003) do 310 mm (2003/2004), stanowiąc około 85% sum opadów atmosferycznych. Natomiast odpływ z oczka do przyległych terenów kształtował się w tych półroczach na poziomie od 40 mm (2009/2010) do 143 mm (2003/2004).

W półroczach letnich analizowanych lat również sumy opadów atmosferycznych miały największy wpływ, po stronie przychodów na bilanse wodne oczka nr 1 osiągając wartości od 315 mm do 687 mm (tab. 2). Wartości dopływu do oczka z terenów przyległych odgrywały w równaniu bilansowym ważną rolę tylko w mokrym półroczu 2009/2010, osiągając wartość 193 mm. Natomiast po stronie rozchodów największy wpływ na bilans wodny omawianego oczka miało parowanie z jego powierzchni, które wahało się od 296 mm (2009/2010) do 672 mm (2002/2003). Duże znaczenie w równaniu bilansowym zwłaszcza w półroczach letnich 2003 i 2004 miały również

Tabela 2. Bilans wodny oczka wodnego nr 1 w półroczach zimowych, letnich i latach hydrologicznych 2002/2003, 2003/2004 i 2009/2010

Rok hydrologiczny	Okres obliczeniowy	P [mm]	H_{dg} [mm]	E_o [mm]	ΔR_o [mm]	H_{og} [mm]
2002/2003	XI–IV	203	184	163	170	54
	V–X	447	0	672	-270	45
	XI–X	650	184	835	-100	99
2003/2004	XI–IV	365	278	190	310	143
	V–X	315	53	596	-310	82
	XI–X	680	331	786	0	225
2009/2010	XI–IV	305	137	112	290	40
	V–X	687	193	296	190	394
	XI–X	992	330	408	480	434

P – opad atmosferyczny, H_{dg} – dopływ do oczka z terenów przyległych, E_o – parowanie z powierzchni oczka, ΔR_o – zmiana retencji w oczku, H_{og} – odpływ z oczka do przyległych terenów.

występujące ubytki retencji, które osiągały wartości od 270 mm do 310 mm. W półroczu letnim 2010, o bilansie wodnym oczka nr 1, decydował również odpływ z oczka do przyległych siedlisk wynoszący 394 mm.

W analizowanych latach hydrologicznych największe znaczenie w bilansie wodnym oczka nr 1 po stronie przychodów miał opad atmosferyczny osiągający wartości od 650 mm (2002/2003) do 992 mm (2009/2010). Natomiast po stronie rozchodów w największym stopniu o bilansie badanego oczka decydowało parowanie z jego powierzchni, które wahało się od 408 mm (2009/2010) do 835 mm (2002/2003). Potwierdziło to wyniki wcześniejszych badań [3], w których autorzy, poza warunkami hydrogeologicznymi i glebowymi, podkreślali istotną rolę danych meteorologicznych w kontekście sporządzania bilansów wodnych. W roku 2009/2010 ważną rolę w bilansie odgrywał także odpływ z oczka do przyległych siedlisk (434 mm), stanowiący 44% sumy opadów.

WNIOSKI

1. Przeprowadzone badania potwierdziły, że zapasy wody w analizowanym oczku nr 1 ulegały odnawianiu zwłaszcza w półroczach zimowych, zależnie od przebiegu warunków meteorologicznych. Zmiany stanów wody i związane z nimi zmiany retencji w omawianym oczku uzależnione były w szczególności od sum opadów atmosferycznych w poszczególnych półroczach hydrologicznych badanych lat.
2. W półroczach zimowych badanych lat hydrologicznych występowały przyrosty stanów wody w oczku nr 1. Osiągały one wartości od 17 cm do 31 cm a odpowiadające im przyrosty retencji kształtowały się na poziomie od 170 mm do 310 mm. Na-

tomiasz w dwóch półroczach letnich 2002/2003 i 2003/2004, w wyniku wyższych temperatur powietrza i związanym z nimi parowaniem z powierzchni oczka, występowały obniżenia się stanów wody w oczku i ubytki retencji, które wahały się od 270 mm do 310 mm. Wielkości te przyczyniły się w tych półroczach do zniknięcia zwierciadła wody w omawianym oczku. Jedynie w mokrym półroczu letnim 2009/2010, w którym suma opadów była wyższa od średniej z wielolecia aż o 245 mm stwierdzono przyrost retencji w badanym oczku wynoszący 190 mm.

3. Otrzymane wyniki badań wykazały, że w badanych latach hydrologicznych podstawową rolę w bilansie oczka nr 1 po stronie przychodów odgrywały opady atmosferyczne wahające się od 650 mm (2002/2003) do 992 mm (2009/2010), a po stronie rozchodów parowanie z powierzchni oczka, które osiągało wartości od 408 mm (2009/2010) do 835 mm (2002/2003). W mokrym roku 2009/2010 duży udział w bilansie miał także odpływ z oczka do przyległych terenów, stanowiący około 44% sumy opadów.

LITERATURA

1. Banasik K., Hejduk L., Hejduk A., Kaznowska E., Banasik J., Byczkowski A. 2013. Wieloletnia zmienność odpływu z małej zlewni rzecznej w rejonie Puszczy Kozienskiej. *Sylwan* 157 (8), 578–586.
2. Byczkowski A. 1996. *Hydrologia*. Wydawnictwo SGGW, Warszawa, t.1, ss. 375.
3. Głuchowska B., Pływaczyk L. 2008. Zwierciadło wody gruntowej w dolinie Odry poniżej stopnia wodnego, w Brzegu Dolnym. *Współczesne Problemy Inżynierii Środowiska*, Wyd. U.P. Wrocław, Monografie LIV, ss. 109.
4. Kędziora A. 1995. *Podstawy Agrometeorologii*. PWRiL Poznań, ss. 264.
5. Kondracki J. 1978. *Geografia Fizyczna Polski*. Wyd. III, PWN, Warszawa.
6. Kosturkiewicz A., Musiał W. 1982. Wahania stanów wód w śródpolnych oczkach wodnych na terenach zdrenowanych. *PTPN, Pr. Kom. Nauk Rol. Leś., Tom L III*, 159–172.
7. Kucharski L. 1996. Przyrodnicze znaczenie zagłębień bezodpływowych w rolniczym krajobrazie Pojezierza Kujawskiego. *Przegląd Nauk. Wydz. Melior. i Inż. Środ.* SGGW, Warszawa, z.10, 33–38.
8. Liberacki D., Szafrński Cz. 2013. Tendencje zmian położenia zwierciadła wody gruntowej w wybranych zlewniach na obszarze Puszczy Zielonka. *Annual Set The Environment Protection (Rocznik Ochrony Środowiska)*. T. 15, 2425–2436.
9. Mioduszewski W., Pierzgański E. 2009. Zwiększanie możliwości retencyjnych oraz przeciwdziałanie powodzi i suszy w ekosystemach leśnych na terenach nizinnych. *Centrum Koordynacji Projektów Środowiskowych*, Warszawa, 1–73.
10. *Operat glebowo-siedliskowy i fitosocjologiczny LZD Siemianice*. Zakład Usług Ekologicznych i Urzędzeniowo Leśnych, Poznań 1999.
11. Pązdro Z. 1977. *Hydrogeologia ogólna*. Wydawnictwa Geologiczne Warszawa, ss. 506.
12. Pływaczyk L. 1995. Mała retencja wodna i jej uwarunkowania techniczne. *Ekologiczne aspekty melioracji wodnych*. Wyd. Inst. Ochr. Przyrody PAN, Kraków, 141–148.

13. Polska Norma PN-R-04033. Gleby i utwory mineralne - podział na frakcje i grupy granulometryczne. Polski Komitet Normalizacyjny, Warszawa 1998.
14. Porozumienie zawarte w dniu 21.12.1995 r. między Ministrem Rolnictwa i Gospodarki Żywnościowej a Ministrem Ochrony Środowiska, Zasobów Naturalnych i Leśnictwa dotyczące współpracy w zakresie małej retencji. *Gosp. Wod.* Nr 1, 1996.
15. Radecki-Pawlik A., Kapusta A. 2006. Mała retencja wodna i jej znaczenie. *Aura* 3, 32–33.
16. Rembeza L. 1998. Przepływy wody i zanieczyszczeń w gruncie. Wyd. AR w Poznaniu, ss. 253.
17. van der Kamp i Hayashi 2009. Groundwater-wetland ecosystem interaction in the samiarid glaciated plains of North America. *Hydrogeol. J.* 17, 203–214.
18. Wiśniewska M., Rukść S. 2000. Zbiornik „Regimin” w powiecie ciechanowskim na rzece Łydni jako przykład realizacji regionalnych programów małej retencji. *Wiad. Mel. i Łąk.*, t XLIII, nr 4, 158–163.
19. Zarządzenie nr 11 Dyrektora Generalnego Lasów Państwowych z dnia 14 lutego 1995 w sprawie doskonalenia gospodarki leśnej na podstawach ekologicznych. DGLP, Warszawa.