

**TOMASZ KOWALCZYK, WOJCIECH ORZEPOWSKI, RYSZARD POKŁADEK, PAWEŁ DĄBEK, GRZEGORZ PĘCZKOWSKI**

## Ocena efektów kształtowania retencji na zalesionych gruntach porolnych we Wrocławiu

Estimation of effects of changes in water retention on afforested post-arable soils in Wrocław

### ABSTRACT

Kowalczyk T., Orzepowski W., Pokładek R., Dąbek P., Pęczkowski G. 2019. Ocena efektów kształtowania retencji na zalesionych gruntach porolnych we Wrocławiu. Sylwan 163 (2): 111-120.

The paper presents the results of a study on water relations conducted in the hydrological years 2000-2010 in the catchment of Ługowina and Ługowinka in the western part of Wrocław (SW Poland). The studied object was created in the mid-1990s by afforestation of nearly 100 ha of meliorated agricultural land. The research objective was to determine the changes in the resources of ground water retention under the effect of damming structures in diverse hydrometeorological conditions. The analyses concerned the changes in the mean level of the ground water table in an area with outflow regulated by three dams and, for comparison, in an area with natural water management. The study showed that in the period from March to June, i.e. the time of the highest water demand from trees, the level of the ground water table in the area with regulated outflow was higher by about 30 cm compared to the control area. Correct operation of the damming structures, consisting in annual regulation of outflow, allows effective restoration of springtime resources of ground water retention. At the end of the vegetation period, the level of the ground water table was usually relatively stable over the entire object, which indicates cyclic depletion of retention resources of the local micro-catchment basin. During the vegetation period those resources could be restored only in the case of occurrence of high precipitation. The effectiveness of the regulated outflow in the first half of the vegetation period was noted also in dry years 2002-2005, with simultaneous overall decrease of water resources in the scale of the country. The observations demonstrated also that sporadically (in very wet periods) the water-melioration system was unable to drain the excess water. That caused the occurrence of local floodings that threatened the health status of the trees. One can conclude that the use of water-melioration infrastructure typical for agricultural areas for the regulation of outflow from a local micro-catchment basin in the conditions of a lowland river valley is an effective method of improvement of ground water resources. The highest effectiveness in terms of increased retention was noted in the period of the most intensive growth of trees. In case of afforestation of post-agricultural lands this may have a highly positive effect on the quality of cultivations and their subsequent development and health status.

### KEY WORDS

water-melioration system, water retention, former agricultural lands

### ADDRESSES

Tomasz Kowalczyk – e-mail: [tomasz.kowalczyk@upwr.edu.pl](mailto:tomasz.kowalczyk@upwr.edu.pl)  
Wojciech Orzepowski, Ryszard Pokładek, Paweł Dąbek, Grzegorz Pęczkowski

## Wstęp

Zaburzenia stabilności stosunków wodnych stanowią obecnie jedno z największych zagrożeń dla ekosystemów leśnych. Na terenie Polski i sąsiadujących z nią krajów obserwuje się systematyczne ubożenie zasobów wodnych [Kędziora i in. 2014; Miler i in. 2015], co powoduje obniżenie odporności drzewostanów, skutkujące m.in. gradacją szkodników lub zamieraniem gatunków mniej odpornych. Scenariusze zmian klimatycznych sugerują nasilenie się zjawiska suszy [Cammalleri i in. 2015; Iglesias, Garotte 2015]. Brak dostępności wody ogranicza również realizację jednego z głównych celów polityki leśnej – zwiększenia udziału gatunków liściastych w składach gatunkowych zdominowanych przez sosnę na skutek dawnych nasadzeń monokulturowych.

Problem niedoborów wodnych na obszarach leśnych Polski dostrzegano już trzy dekady temu [Ciepielowski i in. 2000; Pierzgałski, Tyszcza 2000]. Jedną z pierwszych prób systemowego ograniczenia tych niekorzystnych zjawisk był projekt „Kompleksowej ochrony mokradeł i małej retencji wody w Sudetach” podjęty w 2005 roku z inicjatywy Klubu Przyrodników oraz realizacja ogólnopolskich programów zwiększania retencji siedlisk nizinnych i górskich prowadzona przez CKPŚ w latach 2007-2013 [Zabrocka-Kostrubiec 2008]. Obecnie coraz częściej występują ekstremalne zjawiska klimatyczne, którym towarzyszą opady atmosferyczne o wysokich sumach i intensywnościach powodujące lokalne podtopienia lub powodzie na znacznym obszarze. Prognozy przewidują nasilenie się tych zjawisk (<http://www.ipcc.ch>). Zarówno niedobory wody związane z cyklicznymi kilkuletnimi suszami, jak i jej okresowe nadmiary oddziałują niekorzystnie na warunki bytowania roślinności leśnej. Łagodzenie zaburzeń stosunków wodnych możliwe jest na drodze racjonalnej zabudowy i eksploatacji urządzeń wodno-melioracyjnych [Mioduszeński 2008; Pokładek i in. 2017], które najczęściej są nieodzownym technicznym elementem tzw. małej retencji. Działania te na terenach leśnych są obecnie objęte programami CKPŚ na lata 2014-2020, w których cele wyznaczone są głównie planowaną objętością zretencjonowanych wód powierzchniowych. Należy jednak podkreślić, że rola urządzeń małej retencji w lasach jest znacznie większa, niż wynika to z oceny objętości wody gromadzonej w zbiornikach i korytach otwartych [Miler 2015]. Dobór rozwiązań projektowych wynika z cech fizjograficznych i hydrologicznych danego obszaru, co wymaga ich dokładnego rozpoznania przy uwzględnieniu warunków siedliskowo-wodnych, a także obecnych oraz planowanych składów gatunkowych.

Kształtowanie zasobów wodnych metodami małej retencji nie powinno wprowadzać istotnych zmian w naturalnym obiegu wód, lecz jedynie niezbędne korekty pozwalające na poprawę bilansu wodnego, bez zachwiania biologicznej równowagi ekosystemu [Liberacki i in. 2016]. Działania w zakresie małej retencji mogą w pewnym stopniu wspomagać odtwarzanie niektórych elementów ekosystemu wodnego, zniekształconego dotychczasową działalnością gospodarczą człowieka [Mioduszeński 1997]. Podstawową rolą małej retencji w lasach jest nie tylko gromadzenie wody do bezpośredniego gospodarczego zużycia, lecz również zwiększenie uwilgotnienia siedliska przez podniesienie poziomu wody gruntowej (zgodnie z siedliskowym typem lasu) i zwiększanie bioróżnorodności [Ciepielowski 2000]. Melioracje, rozumiane jako zabiegi techniczno-gospodarcze zmierzające do poprawy stosunków wodnych i ograniczania wpływu niekorzystnych zjawisk hydrometeorologicznych, mają do spełnienia na terenach leśnych kilka funkcji. Jedną z najistotniejszych jest przeciwdziałanie pogarszaniu się warunków wodnych, szczególnie na glebach przepuszczalnych, gdyż od wielu lat obserwuje się tendencje do stepowienia wielu

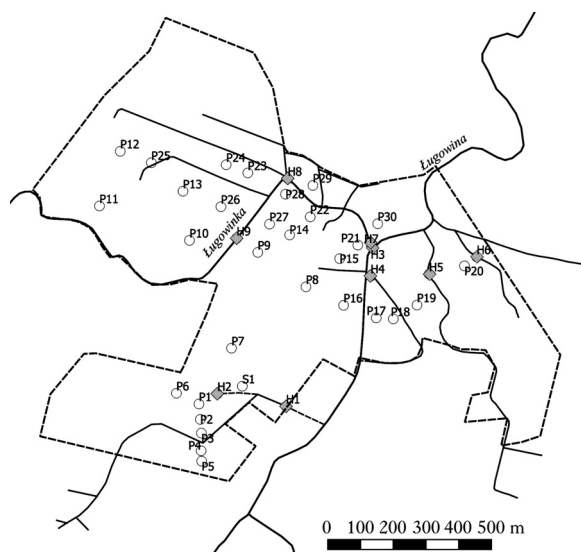
obszarów Polski [Ciepielowski i in. 2000] oraz obniżania poziomu zwierciadła wód gruntowych zarówno na terenach użytkowanych rolniczo, jak i w lasach [Pierzgalski 2009].

W podjętych badaniach założono, że wykorzystanie urządzeń wodno-melioracyjnych powszechnie stosowanych do regulacji stosunków wodnych w rolnictwie umożliwi poprawę warunków wilgotnościowych na zalesionych gruntach porolnych. W tym celu poddano ocenie efekty regulowanego odpływu prowadzonego w mikrozlewni w zróżnicowanych warunkach hydrometeorologicznych.

## Material i metody

Badania prowadzono na zalesionych w połowie lat 90. XX wieku gruntach porolnych o powierzchni blisko 100 ha zlokalizowanych w zachodniej części Wrocławia (51°8'46"N, 16°55'11"E). W ich bezpośrednim otoczeniu znajdują się głównie użytki rolne i tereny zieleni (ogródki działkowe), a nieco dalej występuje niska zabudowa mieszkaniowa. W ostatnich latach w otoczeniu obiektu postępują inwestycje powodujące wzrost uszczelnienia zlewni cieków (np. budowa szpitala wojewódzkiego), co przekłada się na charakterystyczne dla terenów zurbanizowanych zmiany hydrologiczne. Teren objęty badaniami obniża się z przeciętnym spadkiem około 1-2‰ w kierunku północnym i północno-wschodnim, a jego najwyższej położone partie znajdują się na południu. Gleby obiektu należą do typu brunatnych wylugowanych, a w sąsiedztwie cieków występują mady. Ich wierzchnia warstwa jest wytworzona głównie z piasków aluwialnych o różnej granulacji, lokalnie występują przewarstwienia z glin pylastych, a bezpośrednio w dolinie cieku spotyka się madowe utwory zwięzłe i gleby pochodzenia organicznego. Utwory te są podścielone gruboziarnistymi piaskami, pospółkami i żwirem o wysokiej wodoprzepuszczalności, co w połączeniu z niewielkimi spadkami terenu pozwala na efektywne kształtowanie retencji gruntowej poprzez nawodnienia podsiąkowe, w tym regulowany odpływ. Woda gruntowa pierwszego poziomu o zwierciadle swobodnym zalega przeciętnie na głębokości 0,5-2,0 m. Zalesienia wykonano na podstawie pięciu wyodrębnionych w operacie urządzeniowym typów siedliskowych lasu (BMśw – 2,1%, LMśw – 26,8%, LMw – 34,3%, Lśw – 28,5%, Lw – 8,3%), do których dostosowano dobór gatunkowy na poszczególnych pododdziałach leśnych. Dominują tam: dąb – 24%, sosna – 22,3% oraz jesion – 16,4%. Gatunki domieszkowe i biocenotyczne (buk, klon, olsza, lipa, modrzew, jodła, daglezwia) zajmują 32,1% powierzchni obiektu. Znaczny udział gatunków domieszkowych przyczynia się do zwiększenia różnorodności biologicznej, co korzystnie wpływa na środowisko przyrodnicze i gospodarkę leśną.

Przez analizowany obszar przepływają dwa cieki: potok Ługowina (będący lewobrzeżnym dopływem Odry) oraz wpadająca do niego Ługowinka, która ma zlewnię o powierzchni około 100 ha, w dużej części stanowiącą obiekt doświadczalny (ryc. 1). System wodno-melioracyjny stworzy niesystematyczna sieć rowów, których efektywny zasięg oddziaływania na tereny przyległe, dzięki przepuszczalnej warstwie wodonośnej, sięga 200-300 metrów. Na podstawie inwentaryzacji ustalono, że w obrębie obiektu znajduje się 4830 m rowów, które odprowadzają wodę do Ługowiny i Ługowinki. Głębokość rowów kształtuje się w przedziale 0,5-1,5 m, szerokość dna 0,4-0,6 m, nachylenie skarp pokrytych darnią wynosi przeciętnie 1:1,5. Nieliczne fragmenty rowów zastąpiono rurociągami podziemnymi. Na terenie badanego obszaru znajdują się trzy zastawki dolnoprzepustowe o świetle 0,8 m, umożliwiające piętrzenie wody w rowach i zbiornikach wodnych. W zachodniej części obiektu, który stanowi zlewnię cieku Ługowinka, zlokalizowane są trzy przepusty z piętrzeniem (zastawka dolnoprzepustowa zamontowana na przepuszcisku 1000 mm), umożliwiające prowadzenie regulowanego odpływu (ryc. 1, H7-H9). Ich eksploatacja w normalnych warunkach hydrometeorologicznych polega na całorocznym piętrzeniu wody w korycie



Ryc. 1.

Studzienki obserwacyjne (P) i budowle piętrzące regulujące odpływ (H) na terenie obiektu badawczego oraz zlewnia cieków Ługowinka (kreskowany)

Observation points (P) and dams that control the outflow (H) in the studied object as well as Ługowinka catchment (hatched)

cieku. Jedynie po opadach nawalnych występujących w okresie wegetacyjnym zachodziła kilkakrotnie konieczność otwarcia zasuw w celu odprowadzenia z obiektu nadmiaru wody. Ługowinka nie jest wyposażona w urządzenia piętrzące, dlatego tereny do niej przyległe określone zostały jako cechujące się naturalną gospodarkę wodną, co umożliwiło ocenę różnic w stosunku do obszarów objętych oddziaływaniem piętrzeń. Komunikację na terenie obiektu zapewnia 15 przepustów drogowych z rur betonowych o średnicy 400-500 mm. Regulowanie odpływu poprzez małe budowle piętrzące o różnej konstrukcji powszechnie stosowane jest do kształtowania zasobów wodnych na terenach rolniczych. Efektem ich eksploatacji jest oddziaływanie na głębokość zalegania i dynamikę wahań zwierciadła wody gruntowej na terenach przyległych do tego ciek [Kowalczyk, Pływaczyk 2007]. Na analizowanym obszarze w latach hydrologicznych 2000-2010 (od 1 listopada do 30 października) prowadzono monitoring głębokości zalegania zwierciadła wody gruntowej oraz stanu wód powierzchniowych. Ocena zmian głębokości zalegania zwierciadła wody gruntowej została przeprowadzona w 16 studzienkach obserwacyjnych. Na obszarze z regulowanym odpływem znajduje się 8 studzienek (o numerach: 9, 10, 14, 22, 23, 24, 28 i 29), które położone są na średniej wysokości 113,94 m n.p.m. Obszar kontrolny reprezentuje kolejne 8 studzienek (15, 16, 17, 18, 19, 20, 21 i 30) zlokalizowanych na terenie o średniej rzędnej wynoszącej 113,98 m n.p.m. Występują tu głównie siedliska wilgotne, związane z bezpośrednim oddziaływaniem cieków na przyległe obszary doliny. Analiza przebiegu czynników meteorologicznych została przeprowadzona na podstawie danych pochodzących z pobliskiej stacji IMGW Wrocław-Strachowice (lotnisko).

## Wyniki

Głównym czynnikiem kształtującym w długookresowej perspektywie zasoby wodne użytkowe rolnych i leśnych jest przebieg warunków meteorologicznych. W rozpatrywanym okresie odnotowano znaczące zróżnicowanie rocznych i okresowych sum opadów atmosferycznych, co umożliwiło ocenę efektywności regulacji odpływu w zróżnicowanych warunkach zasilania (tab. 1). Znacząco mniejsze od normalnych opady wystąpiły w latach 2002-2005. W okresie tym średnia suma opadów atmosferycznych stanowiła 84% sumy z wielolecia, co pozwala zakwalifikować go do suchych. Odnotowano również miesiące skrajnie suche, o sumach opadów stanowiących

Tabela 1.

Miesięczne i okresowe sumy opadów atmosferycznych [mm] w latach hydrologicznych (XI-X) 2000-2010 na tle wielolecia 1950-1999 na stacji IMGW Wrocław-Strachowice  
 Monthly and seasonal precipitation [mm] in hydrological years 2000-2010 and in 1950-1999 period for Wrocław-Strachowice station

|           | XI | XII | I  | II | III | IV | V   | VI  | VII | VIII | IX  | X  | XI-X | XI-IV | V-X | IV-IX |
|-----------|----|-----|----|----|-----|----|-----|-----|-----|------|-----|----|------|-------|-----|-------|
| 2000      | 32 | 24  | 32 | 37 | 73  | 11 | 104 | 22  | 124 | 35   | 31  | 9  | 534  | 209   | 325 | 327   |
| 2001      | 36 | 19  | 13 | 17 | 64  | 32 | 45  | 56  | 183 | 58   | 92  | 25 | 640  | 181   | 459 | 466   |
| 2002      | 32 | 21  | 21 | 40 | 16  | 27 | 28  | 40  | 63  | 108  | 50  | 48 | 494  | 157   | 337 | 316   |
| 2003      | 47 | 16  | 31 | 2  | 16  | 15 | 106 | 22  | 72  | 25   | 31  | 48 | 431  | 127   | 304 | 271   |
| 2004      | 16 | 34  | 28 | 23 | 45  | 18 | 35  | 45  | 58  | 55   | 18  | 38 | 413  | 164   | 249 | 229   |
| 2005      | 68 | 15  | 32 | 39 | 9   | 26 | 104 | 32  | 105 | 66   | 22  | 5  | 523  | 189   | 334 | 355   |
| 2006      | 26 | 96  | 24 | 35 | 24  | 46 | 21  | 68  | 23  | 229  | 21  | 54 | 600  | 258   | 343 | 336   |
| 2007      | 59 | 23  | 48 | 42 | 47  | 5  | 52  | 95  | 97  | 47   | 45  | 26 | 586  | 224   | 362 | 341   |
| 2008      | 38 | 20  | 51 | 18 | 33  | 74 | 39  | 31  | 49  | 75   | 22  | 36 | 486  | 234   | 252 | 290   |
| 2009      | 23 | 20  | 30 | 45 | 46  | 14 | 78  | 171 | 124 | 69   | 9   | 64 | 693  | 178   | 515 | 465   |
| 2010      | 29 | 71  | 30 | 8  | 40  | 36 | 112 | 33  | 130 | 89   | 108 | 3  | 689  | 214   | 475 | 508   |
| 2000-2010 | 31 | 30  | 37 | 28 | 64  | 56 | 84  | 74  | 36  | 32   | 39  | 35 | 554  | 194   | 360 | 355   |
| 1950-1999 | 26 | 25  | 29 | 38 | 58  | 73 | 88  | 68  | 47  | 39   | 37  | 34 | 562  | 249   | 313 | 352   |

Tabela 2.

Średnia miesięczna i okresowa temperatura powietrza [°C] w latach hydrologicznych (XI-X) 2000-2010 na tle wielolecia 1950-1999 na stacji IMGW Wrocław-Strachowice  
 Monthly and seasonal temperature [°C] in hydrological years 2000-2010 and in 1950-1999 period for Wrocław-Strachowice station

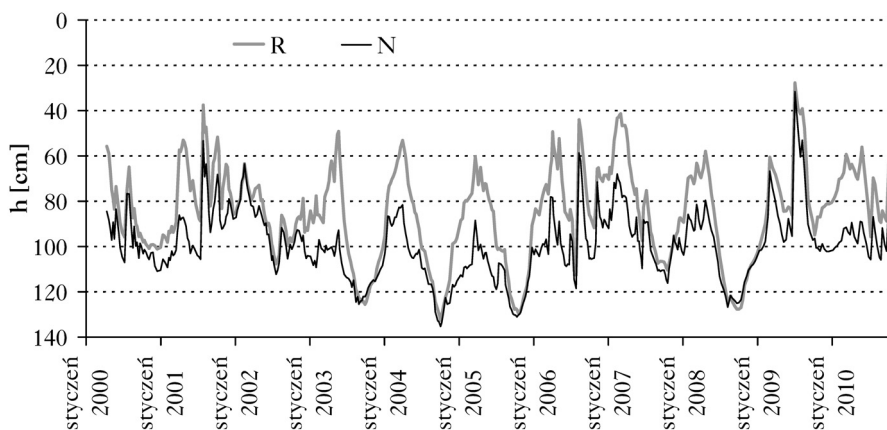
|           | XI  | XII  | I    | II   | III | IV   | V    | VI   | VII  | VIII | IX   | X    | XI-X | XI-IV | V-X  | IV-IX |
|-----------|-----|------|------|------|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|------|-------|
| 2000      | 3,0 | 1,9  | -0,3 | 3,8  | 5,0 | 12,1 | 15,7 | 17,9 | 16,5 | 19,0 | 13,4 | 12,5 | 10,0 | 4,2   | 15,8 | 15,8  |
| 2001      | 6,8 | 2,5  | 0,6  | 1,1  | 3,5 | 8,0  | 14,8 | 15,1 | 19,2 | 19,3 | 12,5 | 12,7 | 9,7  | 3,8   | 15,6 | 14,8  |
| 2002      | 3,4 | -1,7 | 0,6  | 4,9  | 5,3 | 9,0  | 17,0 | 18,2 | 20,1 | 20,6 | 13,6 | 8,2  | 9,9  | 3,6   | 16,3 | 16,4  |
| 2003      | 4,9 | -3,3 | -2,1 | -3,5 | 3,1 | 7,7  | 15,7 | 19,5 | 19,7 | 20,2 | 13,6 | 5,4  | 8,4  | 1,1   | 15,7 | 16,1  |
| 2004      | 4,9 | 1,2  | -3,5 | 1,5  | 4,0 | 9,5  | 12,8 | 17,0 | 18,5 | 19,6 | 13,9 | 9,9  | 9,1  | 2,9   | 15,3 | 15,2  |
| 2005      | 4,4 | 1,1  | 1,6  | -1,9 | 1,0 | 9,3  | 13,8 | 16,9 | 19,7 | 17,5 | 14,8 | 9,9  | 9,0  | 2,6   | 15,4 | 15,3  |
| 2006      | 3,2 | 0,9  | -6,0 | -2,4 | 0,1 | 9,4  | 13,9 | 18,5 | 23,1 | 17,1 | 15,7 | 11,2 | 8,7  | 0,9   | 16,6 | 16,3  |
| 2007      | 6,3 | 3,7  | 4,6  | 2,5  | 5,9 | 10,5 | 15,3 | 19,5 | 19,2 | 18,8 | 12,6 | 8    | 10,6 | 5,6   | 15,6 | 16,0  |
| 2008      | 2,8 | 1,1  | 2,8  | 4,1  | 4,5 | 8,8  | 14,4 | 18,7 | 19,7 | 18,8 | 13,6 | 9,8  | 9,9  | 4,0   | 15,8 | 15,7  |
| 2009      | 6,0 | 2,0  | -2,6 | 0,2  | 4,5 | 12,2 | 14,1 | 15,6 | 19,5 | 19,7 | 15,6 | 7,9  | 9,6  | 3,7   | 15,4 | 16,1  |
| 2010      | 6,5 | -0,4 | -5,6 | -0,6 | 3,9 | 9,4  | 13,0 | 18,4 | 22,0 | 19,6 | 13,5 | 7,7  | 9,0  | 2,2   | 15,7 | 16,0  |
| 2000-2010 | 4,7 | 0,8  | -0,9 | 0,9  | 3,7 | 9,6  | 14,6 | 17,8 | 19,7 | 19,1 | 13,9 | 9,4  | 9,4  | 3,2   | 15,8 | 15,8  |
| 1950-1999 | 3,6 | 0,2  | -0,9 | 0    | 3,5 | 8,3  | 13,7 | 16,4 | 18,5 | 18,1 | 13,8 | 8,8  | 8,7  | 2,5   | 14,9 | 14,8  |

poniżej 25% opadów normalnych. Lata 2001, 2006, 2009 i 2010 były wilgotne za sprawą wysokich sum opadów miesięcznych od maja do września. Kilukrotnie wystąpiły opady pozwalające zakwalifikować poszczególne miesiące okresu wegetacji do szczególnie wilgotnych. Zarówno wymienione powyżej okresy posuszne, jak i incydenty związane z opadami nawalnymi, stanowią szczególnie sprawdzian właściwego funkcjonowania i poprawnej eksploatacji urządzeń wodno-melioracyjnych.

Średnia roczna temperatura powietrza w latach 2000-2010 była wyższa od średniej z wielolecia 1950-1999 o 0,7°C (tab. 2). Najniższa wartość (8,4°C) wystąpiła w roku 2003, natomiast najwyższa (10,6°C) w roku 2007. W latach 2001, 2007 i 2008 nie zanotowano średniej miesięcznej temperatury poniżej zera. Najchłodniejszym miesiącem w okresie obserwacji był styczeń (-0,9°C), natomiast najcieplejszym lipiec (19,7°C). Największe zróżnicowanie w przebiegu średniej miesięcznej temperatury przypada na styczeń (10,6°C), a najmniejsze na lipiec (3,2°C). Średnia temperatura w latach 2000-2010 była wyższa od wartości z wielolecia 1950-1999 o od 0,1°C (wrzesień) do 1,4°C (czerwiec). Największy przyrost średniej temperatury miesięcznej stwierdzono od kwietnia do sierpnia, a więc w okresie największej ewapotranspiracji lasu.

Regulacja odpływu z niewielkiej zlewni cieką Ługowina daje możliwość podwyższenia średniego poziomu zwierciadła wody gruntowej w pierwszej połowie okresu wegetacyjnego przeciętnie o około 20-40 cm w stosunku do terenu nieobjętego nawadnianiem, który przylega do Ługowiny (ryc. 2). W trakcie wilgotnych lat hydrologicznych (2001, 2006, 2009 i 2010) zwierciadło wody gruntowej zalegało niekiedy zbyt płytko, tj. około 0,5 m p.p.t. W najniższej położonych rejonach obiektu odnotowano również występowanie lokalnych podtopień. Znaczącym zagrożeniem dla drzewostanu była długotrwałość utrzymywania się tak wysokiego poziomu zwierciadła wody gruntowej. W 2009 roku stan ten trwał przez około miesiąc. Wywołany wysokimi sumami opadów problem nadmiaru wody wynikał niekiedy ze zbyt późnego otwierania zastawek, ale także słabej przepustowości odbiornika (rzeki Ługowiny) poniżej obiektu, co było spowodowane niedostateczną bieżącą konserwacją koryta tego cieką.

W ciągu suchych lat 2002-2005, pomimo ogólnego deficytu zasobów wodnych powodującego stopniowe obniżenie się średniego poziomu wody gruntowej na całym obiekcie badawczym o około



Ryc. 2.

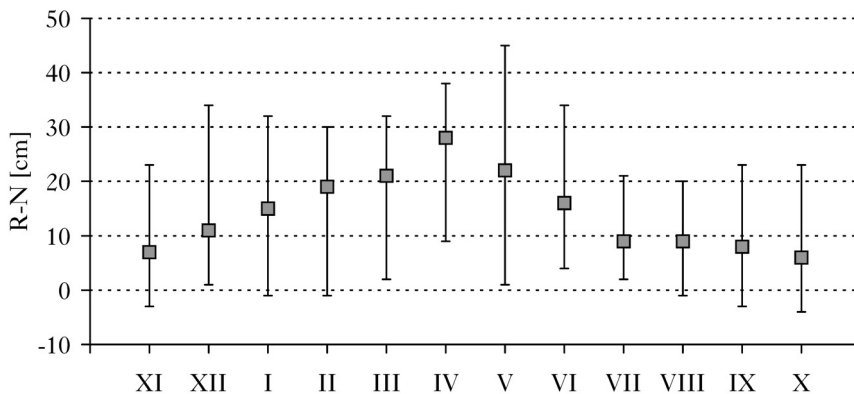
Średnia głębokość zalegania zwierciadła wody gruntowej (h [cm]) na obszarze z regulowaną (R) i naturalną (N) gospodarką wodną w okresie IV.2000-X.2010

Mean depth of ground water table (h [cm]) in the area with regulated (R) and natural (N) water management in the IV.2000-X.2010 period

30 cm, regulowany odpływ zwiększał zauważalnie od marca do czerwca ilość wody dostępnej dla drzewostanu [Kowalczyk i in. 2006]. Po wyczerpaniu się zgromadzonej w okresie wiosennym nadwyżki zwierciadła wody gruntowej w drugiej połowie okresu wegetacji (kwiecień-październik) wyrównywało swój poziom na całym terenie objętym analizą, opadając do około 120 cm p.p.t. Ponadto w średnio suchym roku hydrologicznym 2002, pomimo znacznych zasobów retencji glebowo-gruntowej zgromadzonych podczas poprzedzającego okresu mokrego, zbyt późne zamknięcie zastawek (dopiero pod koniec marca) umożliwiło podniesienie się zwierciadła wody gruntowej zaledwie o około 10 cm w porównaniu do terenu bez regulacji. Właściwa eksploatacja urządzeń melioracyjnych i hamowanie odpływu w kolejnych latach suchych umożliwiło uzyskanie wyższego do około 40 cm poziomu wody gruntowej w porównaniu z obszarem bez nawadniania [Kowalczyk, Pływaczyk 2007].

Przyrost retencji gruntowej w warunkach całorocznej regulacji odpływu następuje już od grudnia, osiągając największe wartości od marca do maja (ryc. 3). W okresie tym średnia różnica poziomu wody wynosi 20-30 cm, a maksymalnie osiąga ponad 40 cm. Następnie wartości te ulegają stopniowej redukcji i do końca okresu wegetacji zwierciadło wody gruntowej niemal wyrównuje swój poziom na całym terenie. Wskutek wysokiej ewapotranspiracji lasu minimalne poziomy wody na terenie nawadnianym były od sierpnia do listopada sporadycznie głębsze niż na terenie bez zastawek. Świadczy to o bardzo małych zasobach retencji własnej zlewni Ługowinki w porównaniu do znacznie stabilniejszej sytuacji hydrologicznej w zlewni Ługowiny.

Efektywność inwestycji na rzecz małej retencji często oceniana jest głównie poprzez pryzmat ilości wody zgromadzonej w zbiornikach oraz korytach rowów i cieków. Nie uwzględnia się natomiast kilkukrotnie większych zasobów wody łatwo dostępnej dla drzewostanów leśnych zretencjonowanych w przyległym profilu glebowym. W przypadku analizowanego terenu efektywnym nawadnianiem objęte jest około 20 ha. Szacuje się, że podniesienie zwierciadła wody gruntowej o 30 cm oznacza zretencjonowanie w glebie około 15 000 m<sup>3</sup> wody. Maksymalna retencja korytowa w Ługowince i rowach bocznych wynosi około 5000 m<sup>3</sup>, a jej wartości średnie są znacznie mniejsze i na ogół nie przekraczają 10% podanej wyżej wartości retencji gruntowej. Należy także zaznaczyć, że podnoszenie się poziomu zwierciadła wody gruntowej powoduje analogiczne przesunięcie przyrostu wilgotności strefy aeracji w warstwach gleby zalegających



Ryc. 3.

Minimalne, średnie i maksymalne miesięczne wartości różnicy poziomu zwierciadła wody gruntowej (R-N [cm]) w latach hydrologicznych 2000-2010

Minimum, mean and maximum monthly difference in ground water table level (R-N [cm]) in hydrological years 2000-2010

powyżej strefy saturacji, co ma kluczowe znaczenie w kontekście wzrostu ilości wody łatwo dostępnej dla korzeni drzew.

## Dyskusja

Kształtowanie się stosunków wodnych w dolinach małych cieków jest istotne dla prawidłowego funkcjonowania siedlisk zależnych od wody [Pusłowska-Tyszevska i in. 2014]. Na terenie obiektu badawczego Ługowinka odpowiadają za to urządzenia wodno-melioracyjne o dwukierunkowym działaniu. Wieloletnie badania udowodniły, że tylko w warunkach odpowiedniej i praktycznie całorocznej eksploatacji urządzeń piętrzących uzyskiwano wysokie przyrosty retencyjności [Nyc, Pokładek 2011].

W procesie kształtowania zasobów wodnych na obszarach leśnych i zadrzewionych istotne jest uwzględnianie rozwiązań pozwalających na zwiększanie retencji glebowo-gruntowej. W planowanych inwestycjach wskazane byłoby preferowanie metod i rozwiązań pozwalających na zwiększanie zasobów płytkich wód podziemnych, powiązanych hydraulicznie z wodami powierzchniowymi, na które oddziałują bezpośrednio budowle piętrzące. Przynoszą one szereg korzyści wykraczających daleko poza objętość gromadzonej wody, zarówno w kontekście przyrodniczym, wynikającym ze zwiększenia różnorodności biologicznej oraz siedliskowej, jak i gospodarczym – wyrażonym poprawą kondycji zdrowotnej i zwiększeniem przyrostu drzewostanów [Frydel 2017].

Przedstawione powyżej analizy świadczą o dużej skuteczności regulowanego odpływu z mikro-zlewni o powierzchni zaledwie około 100 ha i ograniczonych zasobach własnych. W latach normalnych i suchych prawidłowo prowadzona eksploatacja budowli piętrzących pozwala w warunkach płaskiej doliny o przepuszczalnym podłożu na utrzymanie w pierwszej połowie okresu wegetacyjnego poziomów zwierciadła wody gruntowej wyższych o około 30 cm w porównaniu do obszaru kontrolnego, nieobjętego nawadnianiem. Potwierdzają również, że duże znaczenie dla finalnego efektu inwestycji w rozbudowę retencji ma jej racjonalna lokalizacja uwzględniająca cechy fizjograficzne zlewni.

Obecnie obserwuje się wzrost ryzyka występowania okresowych zaburzeń stosunków wodnych – w związku ze zmianami klimatycznymi niosącymi nasilenie się pogodowych zjawisk ekstremalnych. Fakt ten należy uwzględnić na etapie planowania i projektowania rozbudowy małej retencji na terenach leśnych. Oprócz pożądanego (w ramach potrzeb danego siedliska) przyrostu zasobów wodnych urządzenia wodno-melioracyjne powinny umożliwiać sprawne redukcowanie okresowych nadmiarów wody (działanie dwukierunkowe) w celu utrzymania stabilnego charakteru stosunków wodnych. Przeprowadzone badania wykazały, że zagrożenia wynikające z okresowych zaburzeń stosunków wodnych są realne i wymagają niezwłocznego podejmowania adekwatnych do sytuacji procedur eksploatacyjnych w systemach wodno-melioracyjnych. Potwierdzają to również badania prowadzone w innych rejonach kraju [Wróbel i in. 2016]. Tym samym z dużą ostrożnością należy podchodzić do „proekologicznych” koncepcji ograniczania drożności istniejących rowów lub ich całkowitej likwidacji. Może to przynosić doraźne korzyści w postaci poprawy uwilgotnienia terenów przyległych w okresach suchych, ale uniemożliwia lub znacząco ogranicza możliwość odprowadzania okresowych nadmiarów wody. Racjonalna eksploatacja, a także regularne wykonywanie konserwacji i utrzymywanie w sprawności technicznej urządzeń wodnych umożliwiają efektywniejsze gospodarowanie dostępnymi zasobami wodnymi zlewni leśnych, jak również ograniczają potencjalne straty powodowane okresowym nadmiarem wody, które mogą być o wiele bardziej niebezpieczne dla większości gatunków drzew niż długotrwałe niedobory wody.



## Wnioski

- ✦ W rozpatrywanym okresie lat hydrologicznych 2000-2010 (XI-X) wystąpiły zróżnicowane warunki hydrometeorologiczne, co pozwoliło na ocenę efektywności funkcjonowania urządzeń wodno-melioracyjnych zarówno w okresie kilkuletnich niedoborów opadów, jak i w latach mokrych.
- ✦ Średnie roczne i okresowe wartości temperatury powietrza były wyższe od średnich z wielolecia, co potwierdza prognozowane trendy zmian klimatycznych i jednocześnie przyczynia się do intensyfikacji procesu ewapotranspiracji. W takich warunkach szczególnie istotne jest niwelowanie niedoborów wodnych w drzewostanach w okresie ich wegetacji poprzez racjonalną eksploatację urządzeń wodno-melioracyjnych.
- ✦ Hamowanie odpływu z niewielkiej zlewni ciekłu Ługowina zarówno w latach normalnych, jak i suchych daje możliwość podwyższenia średniego poziomu zwierciadła wody gruntowej w pierwszej połowie okresu wegetacyjnego przeciętnie o około 20-40 cm w stosunku do przyległego terenu nieobjętego nawadnianiem. Pozwala to na zgromadzenie w profilu glebowym na wiosnę znacznej ilości wody (750-1000 m<sup>3</sup>/ha) łatwo dostępnej dla roślinności leśnej.
- ✦ Po wysokich opadach atmosferycznych kilkakrotnie odnotowano nadmierny wzrost poziomu wody gruntowej na terenie nawadnianym, przez co zachodziła konieczność przerwania regulowania odpływu. Przy narastającej częstości meteorologicznych zdarzeń ekstremalnych problematyczne wydaje się traktowanie tego typu urządzeń jako całkowicie bezobsługowych.

## Literatura

- Cammalleri C., Micale F., Vogt J. 2015. On the value of combining different modelled soil moisture products for European drought monitoring. *Journal of Hydrology* 525: 547-558.
- Ciepielowski A. 2000. Kształtowanie retencji wodnej w lasach. Mat. szkol. konf. w Janowie Lubelskim „Rola lasów w gospodarce wodnej kraju i gospodarka wodą w lasach”. SITLiD.
- Ciepielowski A., Dąbkowski S., Grzyb M. 2000. Kształtowanie retencji wodnej na obszarach leśnych. *Głos Lasu* 3: 10-11, 4: 16-17.
- Frydel K. 2017. Woda wróciła, czyli o małej retencji w Nadleśnictwie Kaliska słów kilka. Fundacja Oko-lice kultury, Zblewo.
- Iglesias A., Garotte L. 2015. Adaptation strategies for agricultural water management under climate change in Europe. *Agric. Water Manage.* 155: 113-124.
- Kędziora A., Kępińska-Kasprzak M., Kowalczak P., Kundzewicz Z. W., Miler A. T., Pierzgański E., Tokarczyk T. 2014. Zagrożenia związane z niedoborem wody. *Nauka* 1: 149-172.
- Kowalczyk T., Pływaczyk A. 2007. Wpływ sposobu eksploatacji budowli piętrzących na efekty nawodnienia podsiętkowego zalesionych użytków rolnych. *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych* 519: 145-152.
- Kowalczyk T., Pływaczyk A., Olszewska B. 2006. Wpływ warunków atmosferycznych na efekty regulacji odpływu na zalesionych gruntach porolnych. *Zesz. Nauk. AR-Kraków* 434, Inż. Środ. 28: 105-113.
- Liberacki D., Korytowski M., Kozaczyk P., Stachowski P., Stasiak R. 2016. Efekty realizacji programu małej retencji w lasach na przykładzie dwóch nadleśnictw obszarów nizinnych. *Rocznik Ochrona Środowiska* 18: 428-438.
- Miler T. 2015. Mała retencja wodna w polskich lasach nizinnych. *Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich* 4 (1): 979-992. DOI: 10.14597/infraeco. 2015.4.1.078.
- Miler A., Czerniak A., Grajewski S., Okoński B. 2015. Zmiany poziomu płytkich wód gruntowych w głównych siedliskach Puszczy Zielonka. *Sylwan* 159 (5): 435-440.
- Mioduszewski W. 1997. Formy małej retencji i warunki jej realizacji. Mat. konf. „Mała retencja wodna”. *Inf. Nauk. i Techn.* 1 (96): 3-10.
- Mioduszewski W. 2008. Mała retencja w lasach elementem kształtowania i ochrony zasobów wodnych. *Studia i Materiały CEPL* 18: 33-48.
- Nyc K., Pokładek R. 2011. Gospodarowanie wodą w obszarach dolinowych. *Zeszyty problemowe Postępów Nauk Rolniczych PAN* 1 (345): 79-90.
- Pierzgański E. 2009. Woda w ekosystemach leśnych. W: *Woda na obszarach niezurbanizowanych*. Wyd. Inst. Probl. Wsp. Cywil. 44: 41-55.
- Pierzgański E., Tyszcza J. 2000. Zmiany stosunków wodnych w lasach na przykładzie Puszczy Augustowskiej. *Wiadomości Melioracyjne i Łąkarskie* 2: 63-67.

- Pokładek R., Kowalczyk T., Orzepowski W., Żmuda R. 2017.** Ocena zmienności rezerwy retencji glebowej na użytkach rolnych w rejonie Wrocławia. *Acta Sci. Pol. Formatio Circumictus* 16 (1): 15-25.
- Pusłowska-Tyszewska D., Jaroszewicz B., Chormański J., Pirożnikow E., Okruszko T. 2014.** Stosunki wodne w siedliskach łęgowych małych rzek nizinnych na przykładzie doliny Narewki. *Sylvan* 158 (2): 132-142.
- Wróbel M., Boczoń A., Grajewski S., Krysztofiak-Kaniewska A. 2016.** The groundwater level changes caused by modernization of water devices in the Pomorze forest district. *Infrastructure and Ecology of Rural Areas* 3 (1): 715-724.
- Zabrocka-Kostrubiec U. 2008.** Mała retencja w Lasach Państwowych – stan i perspektywy. *Studia i Materiały CEPL* 18: 55-63.