

Wpłynęło 28.03.2012 r.  
Zrecenzowano 18.06.2012 r.  
Zaakceptowano 24.07.2012 r.

A – koncepcja  
B – zestawienie danych  
C – analizy statystyczne  
D – interpretacja wyników  
E – przygotowanie maszynopisu  
F – przegląd literatury

# KSZTAŁTOWANIE SIĘ STOSUNKÓW WODNYCH NA ZALESIONYCH GRUNTACH POROLNYCH WE WROCŁAWIU W OKRESACH MOKRYCH

**Tomasz KOWALCZYK<sup>1)</sup> ABDEF, Ryszard POKLADEK<sup>1)</sup> ADEF,  
Wojciech ORZEPOWSKI<sup>1)</sup> BDEF, Bartosz JAWECKI<sup>2)</sup> DEF**

<sup>1)</sup> Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, Instytut Kształtowania i Ochrony Środowiska

<sup>2)</sup> Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, Instytut Architektury Krajobrazu

## Streszczenie

W pracy przedstawiono wyniki analizy geostatystycznej danych z monitoringu stosunków wodnych. Badania prowadzono w latach hydrologicznych 2001–2010 na zalesionych gruntach porolnych, leżących w dolinie cieków Ługowina, w granicach administracyjnych miasta Wrocławia. W okresie tym zaobserwowano kilkakrotnie nadmierne uwilgotnienie siedlisk leśnych w sezonie wegetacji, wywołane opadami atmosferycznymi, przekraczającymi 200% normy miesięcznej. Najwyższe poziomy wody odnotowano w lipcu 2009 r., a stany płytsze o ok. 50 cm od średnich z analizowanej dekady utrzymywały się przez około miesiąc. Do skali i długotrwałości zaburzeń stosunków wodnych, obserwowanych w tym okresie, mógł przyczynić się stan koryta głównego cieków, powodujący pogorszenie warunków odbierania i odprowadzania nadmiaru wody poza obiekt.

**Słowa kluczowe:** opady atmosferyczne, system wodno-melioracyjny, zalesione grunty porolne, zmiany stosunków wodnych

## WSTĘP

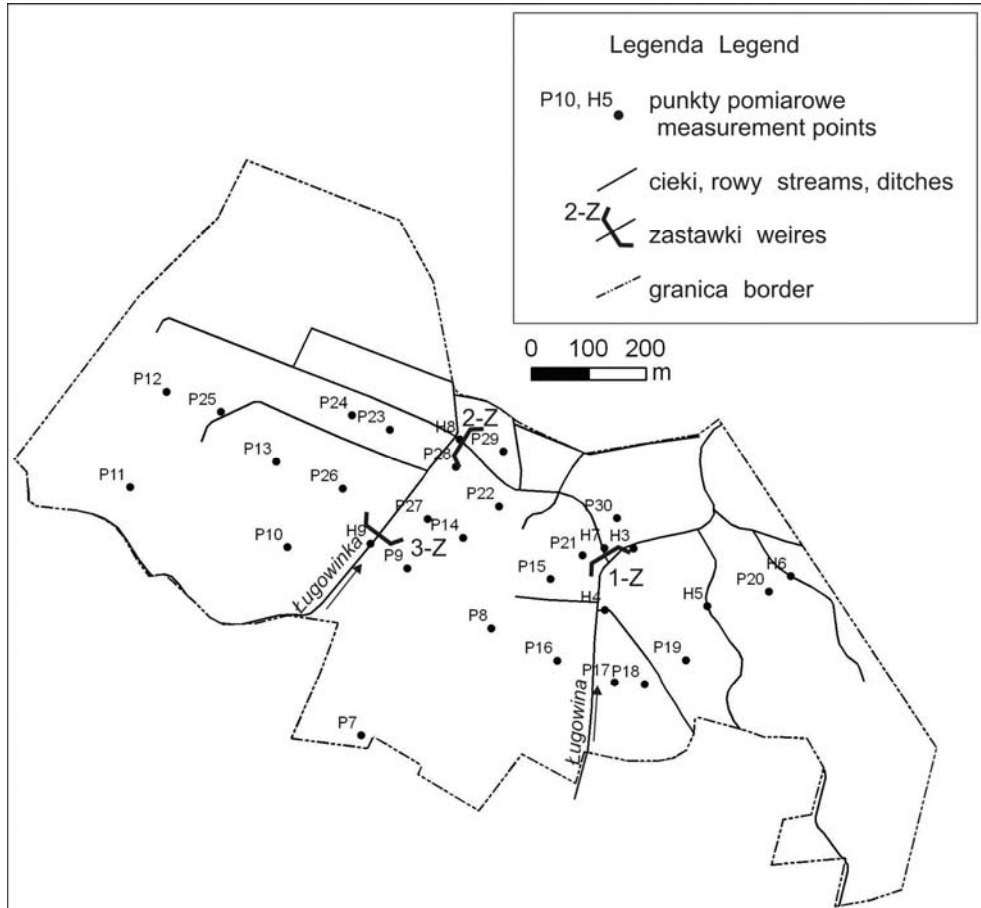
Charakterystycznymi cechami warunków meteorologicznych Polski są zmienność i kontrastowość, które wpływają na znaczne niekiedy wahania lokalnych zasobów wodnych [Woś 1996]. Czynniki te mogą okresowo wywoływać nadmierne uwilgotnienie siedlisk leśnych. Zjawisko to jest szczególnie niekorzystne w okresie

**Adres do korespondencji:** dr inż. T. Kowalczyk, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, Instytut Kształtowania i Ochrony Środowiska, pl. Grunwaldzki 24, 50-565 Wrocław; tel. +48 71 320-55-34, e-mail: Tomasz.Kowalczyk@up.wroc.pl

wegetacyjnym i może prowadzić do pogorszenia kondycji zdrowotnej oraz zamierania drzewostanów [PIERZGALSKI, TYSZKA 2000]. Obecnie realizowana jest znacząca liczba projektów, mająca na celu poprawę stanu małej retencji na obszarach leśnych [ZABROCKA-KOSTRUBIEC 2008]. Służą temu między innymi urządzenia wodno-melioracyjne, które właściwie zaprojektowane i eksploatowane, powinny zapewnić łagodzenie skutków zmienności ilości wody z opadów atmosferycznych oraz umożliwić powiększanie zasobów retencji gruntowo-glebowej z zachowaniem właściwych dla danego siedliska stosunków powietrzno-wodnych w glebie [MIODUSZEWSKI 2008; NYC, POKŁADEK 2001]. W pracy dokonano oceny głębokości zalegania zwierciadła wody gruntowej na zalesionych gruntach porolnych w warunkach wystąpienia opadów atmosferycznych o sumach znacząco przewyższających wartości przeciętne, z uwzględnieniem oddziaływania systemu wodno-melioracyjnego.

## METODY BADAŃ

Badania prowadzono w zachodniej części Wrocławia na terenie, który w połowie lat 90. XX w. został przekształcony z użytków rolnych w uprawę leśną (rys. 1). Obszar ten ma ponad 91 ha powierzchni i leży na wysokości 113,6–116,2 m n.p.m. Najwyżej położone rejonu znajdują się na południu, a teren opada z przeciętnym spadkiem około 1–2‰ na północ i północny wschód. Cechy fizjograficzne, w tym właściwości hydrogeologiczne podłoża, są typowe dla terenów zlokalizowanych w obrębie doliny Odry [KOWALSKI 1977]. Wierzchnią warstwę podłoża stanowią piaski aluwialne o różnej granulacji, często podścielone pospółkami i żwirem, tworzące głównie siedliska borów mieszanych i lasów mieszanych. Lokalnie występują przewarstwienia glinami pylastymi, a w dolinie ciekę spotyka się mady i inne gleby pochodzenia organicznego. Strop trzeciorzędowych utworów nieprzepuszczalnych zalega na rzędnej ok. 108–111 m n.p.m., co daje miąższość warstwy wodonośnej pierwszego poziomu wynoszącą ok. 5–8 m. Przez analizowany obszar przepływają dwa ciekę podstawowe: potok Ługowina, będący lewobrzeżnym dopływem Odry oraz wpadająca do niego Ługowinka, która ma zaledwie 1,4 km długości i mikrozelewnię o powierzchni ok. 100 ha. System wodno-melioracyjny obiektu tworzy niesystematyczna sieć rowów o łącznej długości blisko 5000 m. Niewielki spadek terenu i dna rowów umożliwia regulację odpływu z Ługowinki za pomocą budowli piętrzących (1-Z, 2-Z i 3-Z), co wywiera znaczący wpływ na głębokość zalegania i dynamikę wahań zwierciadła wody gruntowej na terenach przyległych do tego ciekę [KOWALCZYK, PLYWACZYK 2007]. System wodno-melioracyjny obiektu jest w dobrym stanie technicznym i podlega regularnej konserwacji. Na analizowanym obszarze w latach hydrologicznych 2001–2010 prowadzono monitoring głębokości zalegania zwierciadła wody gruntowej oraz stanów



Rys. 1. Obiekt badawczy – system wodno-melioracyjny i punkty pomiarowe;  
źródło: opracowanie własne

Fig. 1. Study object – water-reclamation system and measurement points; source: own elaboration

wód powierzchniowych. Odczyty wykonywano przeciętnie raz w tygodniu w 31 punktach pomiarowych (rys. 1).

Ocenie poddano przestrzenne rozkłady minimalnych głębokości zalegania zwierciadła wody gruntowej w wybranych okresach mokrych, porównując je z wartościami przeciętnymi z dekady 2001–2010, ustalonymi dla danego miesiąca. Na bazie dyskretnych danych pomiarowych wygenerowano rastrowe modele ciągłe, obrazujące przestrzenny rozkład głębokości zalegania zwierciadła wody gruntowej [NAMYSŁOWSKA-WILCZYŃSKA 2006], które następnie poddano odpowiednim przekształceniom algebraicznym [URBAŃSKI 2008] za pomocą oprogramowania ArcGIS 9.3.1.

## WYNIKI BADAŃ I DYSKUSJA

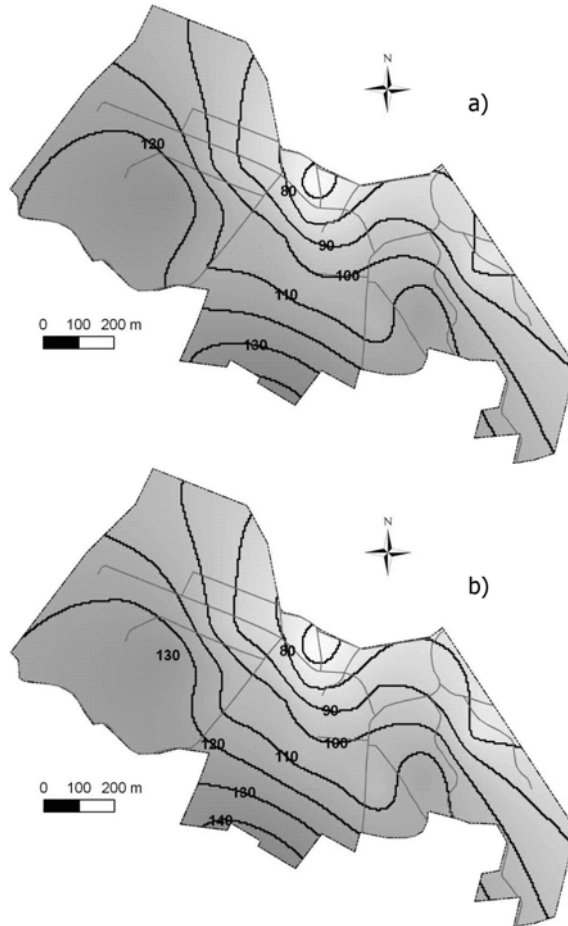
Z analizy danych pomiarowych ze stacji UP Wrocław-Swojec wynika, że w latach hydrologicznych 2001–2010 wystąpiły zróżnicowane warunki opadowe. Dekadowa suma roczna (592 mm) nieco przewyższała opady normalne z wielolecia 1961–2000 (567 mm), na co wpłynęła suma opadów w półroczu zimowym (odpowiednio 221 i 197 mm), natomiast opady półrocza letniego i okresu wegetacyjnego były zbliżone do normalnych. Roczne sumy opadów, wyraźnie wyższe od normalnych, odnotowano w latach: 2001 (677 mm – rok wilgotny) oraz 2009 i 2010 (lata szczególnie wilgotne: 714 i 729 mm). Podobny rozkład wysokości sum opadów miały półrocza letnie i okresy wegetacyjne. Bogate w opady atmosferyczne okazały się półrocza zimowe, gdyż tylko w latach 2002–2005 kwalifikowały się one do normalnych lub suchszych.

Opady nawalne, występujące w okresie wegetacyjnym, mogą przyczynić się do powstania lokalnych podtopień zagrażających kondycji zdrowotnej drzewostanu. Do miesięcy szczególnie wilgotnych (>200% normy) można zaliczyć lipiec i wrzesień 2001 r. (odpowiednio 180 i 96 mm), maj 2005 r. (121 mm), sierpień 2006 r. (183 mm), kwiecień 2008 r. (87 mm), czerwiec 2009 r. (142 mm) oraz maj i wrzesień 2010 r. (odpowiednio 141 i 134 mm). Do dalszych analiz wybrano trzy miesiące charakteryzujące się wystąpieniem najpłytszych poziomów wody w okresie wegetacyjnym: lipiec 2001 r., sierpień 2006 r. oraz lipiec 2009 r.

Zmiany stosunków wodnych obiektu pod wpływem okresowo występujących opadów nawalnych analizowano na tle średnich głębokości zalegania zwierciadła wody gruntowej w lipcu i sierpniu, obliczonych dla dekady 2001–2010 (rys. 2). W miesiącach tych woda gruntowa zalegała na obiekcie badawczym średnio na głębokości nieco ponad 1,0 m (tab. 1). Przeciętne głębokości zwierciadła wody gruntowej w lipcu i sierpniu w północnej części obiektu wynosiły 80–100 cm (siedliska wilgotne) i wzrastały w kierunku południowym oraz zachodnim do około 140 cm (siedliska wilgotne i świeże).

Analiza różnic między minimalną głębokością zalegania zwierciadła wody gruntowej w lipcu 2001 r. a średnią miesięczną z dekady 2001–2010 wykazała, że przeciętny poziom wody gruntowej na obiekcie wynosił 58 cm poniżej terenu i był wyższy od wartości dekadowej o 48 cm (tab. 1). Na mapie rozkładu przestrzennego różnic widać, że największe wzrosty poziomu wody gruntowej (50–60 cm w stosunku do średniej) wystąpiły w lokalnych obniżeniach terenu wzdłuż potoku Ługowinka, za sprawą zamkniętych budowli piętrzących 1-Z, 2-Z oraz 3-Z (rys. 3a).

W sierpniu 2006 r. (rys. 3b) średnia głębokość zwierciadła wody gruntowej była podobna (59 cm, tab. 1). Zwraca uwagę intensywne oddziaływanie budowli piętrzącej 3-Z, w wyniku którego poziom wody na obszarze przyległym do Ługowinki wzrosło o przeszło 70 cm w porównaniu z obliczonymi wartościami przeciętnymi.



Rys. 2. Średnia z dekady 2001–2010 głębokość zalegania zwierciadła wody gruntowej: a) w lipcu, b) w sierpniu; źródło: opracowanie własne

Fig. 2. Mean decadal (2001–2010) depth to groundwater table: a) in July, b) in August; source: own elaboration

Z kolei nie zaobserwowano oddziaływania budowli piętrzącej 1-Z w rejonie przyległym do cieką, gdyż z uwagi na konfigurację terenu, powodującą częste jego podtapianie, zaprzestano eksploatacji tej zastawki.

Lipiec 2009 r. był okresem, w którym odnotowano najpłytsze poziomy wody gruntowej w całym okresie obserwacji (rys. 3c, tab. 1). Średni poziom wyniósł 45 cm, odnotowano również występowanie wody na powierzchni terenu w rejonach najniższej położonych. Na znacznej części badanego obszaru poziom wody podniósł się o przeszło 70 cm w stosunku do średniej dekadowej (średnio o 61 cm). Wyżej wspomniano, że zamknięte zastawki na Ługowiniec spowodowały wyraźny wzrost poziomu wody gruntowej na terenach przyległych do cieką. W relatywnie krótkim

**Tabela 1.** Charakterystyka głębokości zalegania zwierciadła wody gruntowej w analizowanych okresach mokrych na tle średnich miesięcznych lipca i sierpnia w dekadzie 2001–2010

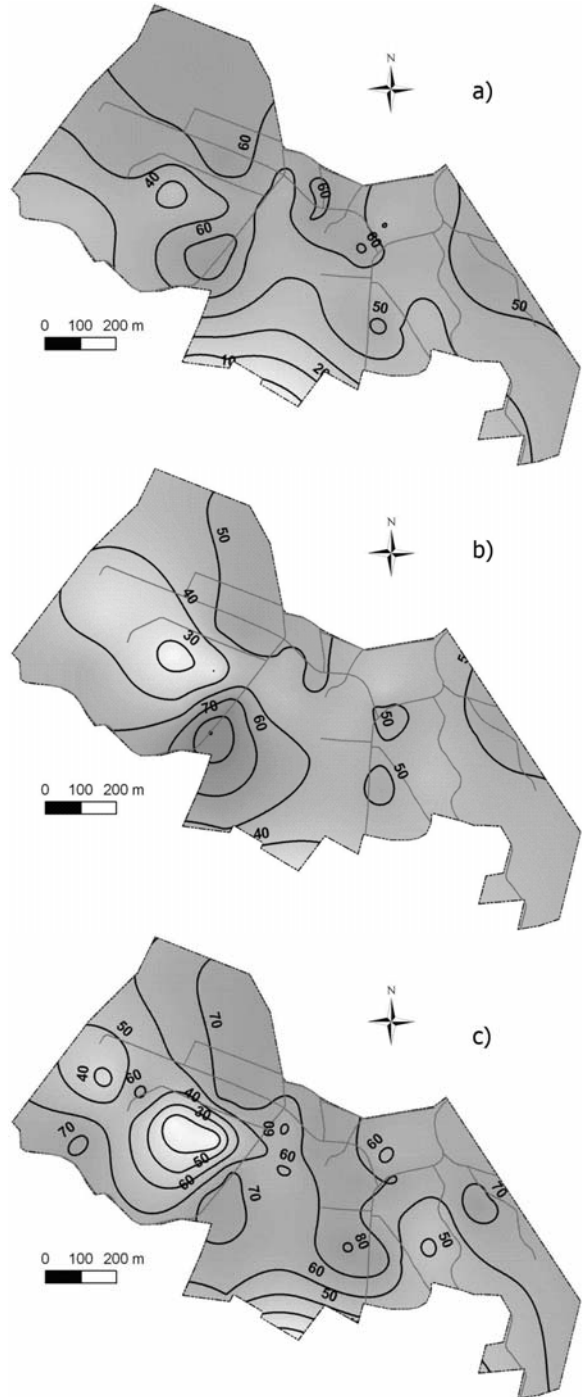
**Table 1.** Characteristics of the groundwater table depths in wet periods analysed against the monthly average in July and August of the decade 2001–2010

Lp. No	Zakres analizy Scope of the analysis	Minimum	Maksimum	Amplituda	Średnia
		Minimum	Maximum	Amplitude	Mean
cm					
1	VII 2001–2010	65	143	78	106
2	VIII 2001–2010	65	145	80	106
3	VII 2001	3	137	134	58
4	VIII 2006	13	111	98	59
5	VII 2009	–12	118	130	45
6	różnica między poz. 1 i 3 difference between No 1 and 3	6	68	62	48
7	różnica między poz. 2 i 4 difference between No 2 and 4	26	81	55	47
8	różnica między poz. 1 i 5 difference between No 1 and 5	21	81	60	61

Źródło: opracowanie własne. Source: own elaboration.

czasie (przeciętnie w ciągu 1 tygodnia), po wystąpieniu skoncentrowanych opadów, powodujących intensywny wzrost poziomu wody w korycie potoku, zastawki były otwierane. Dzięki temu (a także za sprawą dobrego stanu technicznego i regularnej konserwacji) system wodno-melioracyjny obiektu sprawnie odprowadzał okresowe nadmiary wody z obiektu. Jednak opady ostatniej dekady czerwca 2009 r. oraz późniejsze opady lipca i sierpnia wywołały wzrost poziomu wody na obiekcie, utrzymujący się przez około miesiąc. Podobne zjawiska (łącznie z przejściem fal powodziowych w dorzeczu Odry i Wisły) obserwowano wówczas na znacznych obszarach południowej Polski. Tak długotrwałe utrzymywanie się płytkiego zwierciadła wody gruntowej w okresie wegetacyjnym może przyczynić się do strat w drzewostanie. Na terenie Dolnego Śląska poczyniono wiele obserwacji, dotyczących skutków zalewu i podtopienia lasów po powodzi, która miała miejsce w 1997 r. [GORZELAK, SIEROTA 1999]. Również badania prowadzone na terenach zieleni miejskiej Wrocławia [PŁYWACZYK i in. 2001; PŁYWACZYK, KOWALCZYK 2000] wykazały, że trwające kilka tygodni zalewy lub podwyższone stany wody gruntowej powodują straty w drzewostanie.

Do zaobserwowanych podtopień, poza nadmiernym zasilaniem opadami atmosferycznymi, prawdopodobnie przyczyniła się zbyt mała drożność koryta Ługowiny w północno-wschodniej części obiektu. Dno ciek ma w tym rejonie mały spadek podłużny, dodatkowo ciek wymagał konserwacji (duże zamulenie dna, zarosnięcie roślinnością wodną oraz znacząca ilość gałęzi i innych przeszkód, wpływających na zmniejszenie wydolności hydraulicznej koryta). Można więc postawić



Rys. 3. Różnice (cm) między średnimi miesięcznymi poziomami wody grunтовой z dekady 2001–2010 a stanami minimalnymi zanotowanymi: a) w lipcu 2001 r., b) w sierpniu 2006 r., c) w lipcu 2009 r.; źródło: opracowanie własne

Fig. 3. Differences (cm) between monthly mean levels of ground water in the decade 2001 to 2010 and the minimum recorded in: a) July 2001, b) August 2006, c) July 2009; source: own elaboration

teżę, że zły stan techniczny koryta Ługowiny mógł mieć znaczny wpływ na skalę i długotrwałość podtopień obserwowanych latem 2009 r.

Siedliska leśne położone w dolinach cieków, lokalnych obniżeniach terenu i innych obszarach podatnych na nadmierne wzrosty zasobów wodnych, pomimo stosowania w składach gatunkowych drzew o podwyższonej odporności na podtapianie, są narażone na występowanie strat w drzewostanie. Prognozy i wyniki badań modelowych sugerują, że w nadchodzących dekadach na obszarze Polski może wzrastać kontrastowość i dynamika wahań warunków klimatycznych. Spodziewane jest zarówno zwiększenie liczby okresów posusznych, a zarazem nasilenia opadów nawaalnych, powodujących lokalne podtopienia, a w większej skali – powodzie [IPCC 2007; KUNDZEWICZ, KOWALCZYK 2008]. Ryzyko występowania okresowych zaburzeń stosunków wodnych na danym obszarze należy poddać ocenie oraz 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. Dyskusyjne jest więc świadome ograniczanie drożności istniejących rowów lub ich całkowita likwidacja. Może to przynieść doraźne korzyści w postaci poprawy uwilgotnienia terenów przyległych w okresach suchych, ale uniemożliwia lub znacząco ogranicza odprowadzanie 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, związanym z opadami atmosferycznymi, które mogą być o wiele bardziej niebezpieczne dla niektórych gatunków drzew, niż długotrwałe nawet niedobory wody.

## WNIOSKI

Badania stosunków wodnych, wykonane w latach hydrologicznych 2001–2010 na terenie zalesionych gruntów ornych, położonych w granicach administracyjnych Wrocławia, w dolinie cieków Ługowina i Ługowinka, umożliwiły sformułowanie niżej podanych wniosków.

1. W analizowanej dekadzie wystąpiły opady atmosferyczne o zróżnicowanych sumach rocznych i okresowych, które w warunkach miesięcznych sum przekraczających 200% opadów z wielolecia kilkakrotnie przyczyniły się do niekontrolowanego wzrostu zasobów wodnych w okresach wegetacyjnych.

2. System wodno-melioracyjny obiektu jest utrzymywany w dobrym stanie technicznym i w przeciętnych warunkach opadowych pozwala na utrzymywanie odpowiednich stosunków powietrzno-wodnych analizowanych siedlisk leśnych.



3. W okresach mokrych wyraźnie płytszy poziom zwierciadła wody gruntowej występował na terenach przyległych do Ługowinki, z której zlewni odpływ jest regulowany 3 budowlami piętrzącymi, co świadczy o konieczności poprawy ich eksploatacji (monitorowanie stanu zasobów wodnych w okresach mokrych i odpowiednio wczesne otwieranie zastawek).

4. Największe zagrożenie dla drzewostanu wystąpiło w lipcu oraz sierpniu 2009 r. i było wywołane głównie nasilonymi opadami ostatniej dekady czerwca tego roku, a także opadami w lipcu i sierpniu oraz obniżoną zdolnością do odbierania i odprowadzania wody poza obiekt przez ciek Ługowina, wymagający konserwacji, co mogło znacząco wpłynąć na skalę zaobserwowanych podtopień.

5. W przypadku pojawiania się opadów atmosferycznych tak wysokich i skumulowanych w czasie, jak w czerwcu 2009 r., występowanie wysokiego uwilgotnienia siedlisk jest nieuchronne, jednak sprawne działanie i właściwa eksploatacja systemów wodno-melioracyjnych mają zasadnicze znaczenie dla czasu, w jakim nadmiar wody może zostać odprowadzony.

## LITERATURA

- GORZELAK A., SIEROTA Z. (red.) 1999. Stan środowiska leśnego w dolinie środkowej Odry po powodzi w 1997 r. Warszawa. IBL s. 8–29.
- IPCC 2007. Zmiana klimatu 2007. Raport Syntetyczny [online]. Warszawa 2009. Międzyrządowy Zespół ds. Zmian Klimatu, Wydaw. IOŚ. [Dostęp 20.03.2012]. Dostępny w Internecie: <http://www.ipcc.ch/pdf/reports-nonUN-translations/polish/Report%20final%20version.pdf>
- KOWALCZYK T., PLYWACZYK A. 2007. Wpływ sposobu eksploatacji budowli piętrzących na efekty nawodnienia podsiąkowego zalesionych użytków rolnych. Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych. Z. 519 s. 145–152.
- KOWALSKI J. 1977. Dynamika stanów pierwszego poziomu wód podziemnych terenu m. Wrocławia, Zeszyty Naukowe AR we Wrocławiu. Rozprawy. Nr 8 ss. 67.
- KUNDZEWICZ Z. W., KOWALCZYK P. 2008. Zmiany klimatu i ich skutki. Poznań. Kurpisz. ISBN 9788375249699 ss. 216.
- MIODUSZEWSKI W. 2008. Mała retencja w lasach elementem kształtowania i ochrony zasobów wodnych. Studia i Materiały Centrum Edukacji Przyrodniczo-Leśnej. R. 10. Z. 2 s. 33–48.
- NAMYSŁOWSKA-WILCZYŃSKA B. 2006. Geostatystyka, teoria i zastosowania. Wrocław. Oficyna Wydawnicza PWR. ISBN 8370859283 ss. 356.
- NYC K., POKLADEK R. 2001. Ekologiczne skutki regulowanego odpływu w dolinach rzecznych. Wiadomości Melioracyjne i Łąkarskie. Nr 4 s. 163–165.
- PIERZGALSKI E., TYSZKA J. 2000. Zmiany stosunków wodnych w lasach na przykładzie Puszczy Augustowskiej. Wiadomości Melioracyjne i Łąkarskie. Nr 2 s. 63–67.
- PLYWACZYK A., KOWALCZYK T. 2000. Kształtowanie się stosunków wodnych we wrocławskim Parku Szczytnickim. Zeszyty Naukowe AR we Wrocławiu. Inżynieria Środowiska. T. 11. Nr 385 s. 301–308.
- PLYWACZYK A., ORZEPOWSKI W., KOWALCZYK T. 2001. Kształtowanie się stosunków wodnych we wrocławskim parku Południowym. Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych. Z. 477 s. 135–142.

- URBAŃSKI J. 2008. GIS w badaniach przyrodniczych. Gdańsk. Wydaw. UG. ISBN 978-83-73265-16-5 ss. 252.
- WOŚ A. 1996. Zarys klimatu Polski. Poznań. Wydawnictwo Naukowe UAM. ISBN 83-23207-55-0 ss. 302.
- ZABROCKA-KOSTRUBIEC U. 2008. Mała retencja w Lasach Państwowych – stan i perspektywy. Studia i Materiały Centrum Edukacji Przyrodniczo-Leśnej. R. 10. Z. 2 s. 55–63.

*Tomasz KOWALCZYK, Ryszard POKŁADEK, Wojciech ORZEPOWSKI, Bartosz JAWECKI*

### **WATER RELATIONS IN AFFORESTED FARMLANDS IN WROCLAW DURING WET PERIODS**

**Key words:** *changes of water resources, precipitation, reforested arable lands, water-reclamation system*

#### **S u m m a r y**

The paper presents results of geostatistical analysis of water relations in hydrological years 2001–2010 in afforested farmlands situated in the Ługowina River valley within the Wrocław administrative boundaries. In this period an excessive moisture in forest habitats was observed several times in the growing seasons caused by precipitation exceeding 200% of monthly mean. The highest water levels were noted in July 2009 and ground water depths shallower by about 50 cm than the decadal mean lasted 1 month. The scale and duration of disturbed water relations observed in this period could be affected by the status of the main stream channel that deteriorated the receiving and discharge of water excess out of the object.

**Do cytowania For citation:** Kowalczyk T., Pokładek R., Orzepowski W., Jaweck B. 2012. Kształtowanie się stosunków wodnych na zalesionych gruntach porolnych we Wrocławiu w okresach mokrych. Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie. T. 12. Z. 3 (39) s. 139–148.