

POLSKIE TOWARZYSTWO INŻYNIERII EKOLOGICZNEJ

Prezes Zarządu Głównego – prof. dr hab. Jan Siuta  
tel. (0 22) 621 67 43, fax (0 22) 629 52 63, e-mail: siuta@ios.edu.pl



**INŻYNIERIA  
EKOLOGICZNA NR 18**

**MELIORACJE WODNE W KSZTAŁTOWANIU  
I OCHRONIE ŚRODOWISKA**

Warszawa 2007

**Rada Programowa:**

prof. dr hab. Jan Siuta (przewodniczący), Instytut Ochrony Środowiska w Warszawie  
prof. dr hab. Barbara Filipek-Mazur, Akademia Rolnicza w Krakowie  
prof. dr hab. Jan Hupka, Politechnika Gdańska  
prof. dr hab. Józef Koc, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie  
prof. dr hab. Henryk Kołoczek, Akademia Rolnicza w Krakowie  
prof. dr hab. Edward Krzywy, Akademia Rolnicza w Szczecinie  
prof. dr hab. Waldemar Mioduszewski, Instytut Melioracji i Użytków Zielonych w Falentach  
prof. dr hab. Krzysztof Nyc, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu  
prof. dr hab. Czesława Rosik-Dulewska, Instytut Podstaw Inżynierii Środowiska PAN w Zabrze

**Opiniodawcy:** Komitet Naukowy konferencji

Za treści prac odpowiadają Autorzy

© Copyright by Polskie Towarzystwo Inżynierii Ekologicznej

ISBN 978-83-89263-24-7

Przygotowanie do druku i druk:  
Wydawnictwo Naukowe Gabriel Borowski  
20-781 Lublin, ul. Lazurowa 26/1  
[www.borowski.net.pl](http://www.borowski.net.pl)

## SPIS TREŚCI

WPROWADZENIE .....	15
<b>PRZYRODNICZE PODSTAWY MELIORACJI I INŻYNIERII ŚRODOWISKA .....</b>	<b>17</b>
Jan Siuta EKOLOGICZNA ROLA REGULACJI STOSUNKÓW WODNYCH W GLEBIE .....	19
Arkadiusz Bieniek, Bolesław Bieniek OBNIŻANIE SIĘ POWIERZCHNI EKSTENSYWNIE UŻYTKOWANYCH GLEB MURSZO- WYCH NA TORFOWISKU „SIÓDMAK” .....	22
Małgorzata Biniak, Stanisław Kostrzewa, Grzegorz Pęczkowski, Andrzej Żyromski OCENA ZMIENNOŚCI OPADÓW ATMOSFERYCZNYCH PÓŁROCZA LETNIEGO WE WROCŁAWIU-SWOJCU .....	25
Krystyna Bryś PRZEBIEG DOBOWY I ROCZNY USŁONECZNIENIA WE WROCŁAWIU-SWOJCU W LATACH 1961-2006 .....	28
Janina Fatyga, Adam Górecki, Marek Helis METODA KSZTAŁTOWANIA GRANICY ROLNO-LEŚNEJ W TERENACH NIZINNYCH NA PRZYKŁADZIE POWIATU WROCŁAWSKIEGO .....	30
Grzegorz Janik, Michał Miściorak PRZYDATNOŚĆ NARZĘDZI GEOSTATYSTYCZNYCH W BADANIACH OBSZAROWEJ ZMIENNOŚCI PARAMETRÓW GLEBOWYCH .....	32
Joanna Kajewska, Marian Rojek PORÓWNANIE TEMPERATURY GLEBY MIERZONEJ PRZY WYKORZYSTANIU KLASYCZNEJ I AUTOMATYCZNEJ STACJI METEOROLOGICZNEJ .....	35
Joanna Kamińska, Elżbieta Musiał WAHANIA KLIMATU W BYDGOSZCZY W WIELOLECIU 1945–1996 .....	37
Joanna Kamińska, Elżbieta Musiał, Marian Rojek OCENA EWAPOTRANSPIRACJI POTENCJALNEJ NA PODSTAWIE POMIARÓW METODĄ KLASYCZNĄ I ZA POMOCĄ AUTOMATYCZNEJ STACJI METEOROLOGICZNEJ .....	39
Leszek Kuchar GENEROWANIE SYNTETYCZNYCH DANYCH METEOROLOGICZNYCH NA POTRZEBY MODELOWANIA PROCESÓW ŚRODOWISKA NATURALNEGO .....	41
Paweł Licznar WSTĘPNA PROPOZYCJA ZWIĄZKU ENERGII KINETYCZNEJ DESZCZU I WARSTWY OPADU W WARUNKACH POLSKICH .....	43

Krzysztof Lipka, Ewelina Zając WPŁYW ZMIANY WARUNKÓW HYDROLOGICZNYCH NA TORFOWISKO „JEZIORKO DZIKIE” W PUSZCZY LUBUSKIEJ .....	45
Leszek Łabędzki OCENA CZĘSTOTLIWOŚCI SUSZ O RÓŻNYM CZASIE TRWANIA PRZY UŻYCIU WSKAŹ- NIKA STANDARYZOWANEGO OPADU SPI .....	47
Grzegorz Pęczkowski, Wojciech Orzepowski, Tomasz Kowalczyk, Adam Bogacz ZMIENNOŚĆ STANU ZAGĘSZCZENIA PIASKU GLINIASTEHO POD WPŁYWEM ODDZIAŁYWANIA DESZCZY LETNICH .....	49
Grzegorz Pęczkowski, Maria Strzelczyk WPŁYW CZYNNIKÓW FIZJOGRAFICZNYCH NA DYNAMIKĘ ZMIAN WIELKOŚCI ODPŁYWU W SUDETACH ŚRODKOWYCH .....	51
Grzegorz Pęczkowski, Wiesław Szulczewski WPŁYW PARAMETRYZACJI OŚRODKA GRUNTOWEGO NA ROZKŁAD UWILGOTNIENIA W TERENACH PODGÓRSKICH .....	53
Bogusław Podolski FUNKCJA GLEBOCHRONNA LASÓW I ZADRZEWIEN ŚRÓDPOLNYCH A PLONOWANIE UPRAW .....	55
Daniel Szejba, Jan Szatyłowicz PORÓWNANIE METOD OBLICZANIA EWAPOTRANSPIRACJI POTENCJANEJ UŻYTKÓW ZIELONYCH NA PRZYKŁADZIE DOLINY BIEBRZY .....	57
Tamara Tokarczyk, Wojciech Jakubowski, Anna Bogusz RYZIKO WYSTĄPIENIA EKSTREMALNYCH SUSZ W DORZECZU GÓRNEJ ŚRODKO- WEJ ODRY .....	59
<b>OCHRONA WÓD I GLEB ORAZ PROCESY EROZYJNE I REKULTYWACJA .....</b>	<b>61</b>
Anna Baryła, Edward Pierzgalski, Paweł Jodłowski OKREŚLANIE STRAT GLEBY WSKUTEK EROZJI WODNEJ .....	63
Daniel Garlikowski, Henryk Orzeszyna, Krzysztof Lejcuś, Andrzej Pawłowski PODATNOŚĆ NA DZIAŁANIE MROZU WYBRANYCH ODPADÓW Z SEKTORA GOSPO- DARCZEGO .....	66
Mirosława Gilewska, Krzysztof Otremba WPŁYW PASZOWEGO SYSTEMU UŻYTKOWANIA NA WŁAŚCIWOŚCI FIZYCZNE GLEB ROZWIJAJĄCYCH SIĘ Z GRUNTÓW POGÓRNICZYCH .....	68
Dorota Kalembasa, Marcin Becher, Krzysztof Pakuła DYNAMIKA ZMIAN ZAWARTOŚCI AZOTU ORAZ STOSUNKU C:N W KWAŚNYCH HYDRO- LIZATACH Z POZIOMÓW PRÓCHNICZNYCH O RÓŻNYM OKRESIE ZALANIA WODĄ .....	71
Dorota Kalembasa, Anna Majchrowska-Safaryan ZMIANA ZAWARTOŚCI WYBRANYCH PIERWIASTKÓW W GLEBACH ERODOWANYCH .	74

Dorota Kalembasa, Beata Wiśniewska ZAWARTOŚĆ K, Ca, Mg, S I Na W RÓŻNYCH MATERIAŁACH ORGANICZNYCH .....	76
Dorota Kalembasa, Beata Wiśniewska WPŁYW NAWOŻENIA PODŁOŻEM POPIECZARKOWYM NA ZAWARTOŚĆ WYBRANYCH MAKROSKŁADNIKÓW W ŻYCIU WIELOKWIATOWEJ .....	78
Stanisław Kalembasa, Barbara Symanowicz, Andrzej Wysokiński OCENA ODDZIAŁYWANIA RÓŻNYCH SUBSTANCJI ORGANICZNYCH I ICH WSPÓŁDZIA- ŁANIE Z NAWOŻENIEM MINERALNYM NA ZAWARTOŚĆ WYBRANYCH MIKROELEMEN- TÓW W GLEBIE I ROŚLINIE .....	80
Stanisław Kalembasa, Andrzej Wysokiński, Barbara Symanowicz ZAWARTOŚĆ METALI CIĘŻKICH W ŚWIEŻYCH I KOMPOSTOWANYCH OSADACH ŚCIEKOWYCH ORAZ ICH MIESZANINACH Z CAO, POPIOŁEM Z WĘGLA BRUNATNEGO, TROCINAMI I SŁOMĄ* .....	82
Stanisław Kalembasa, Andrzej Wysokiński, Barbara Symanowicz ZAWARTOŚĆ MOLIBDENU I BORU W ROŚLINACH NAWOŻONYCH ŚWIEŻYMI I KOMPOSTOWANYMI OSADAMI ŚCIEKOWYMI Z DODATKIEM CAO I POPIOŁU Z WĘGLA BRUNATNEGO .....	84
Dariusz Kayzer, Andrzej Czerniak OCENA PREDYSPOZYCJI WYBRANYCH GATUNKÓW DRZEW DO AKUMULACJI METALI CIĘŻKICH METODĄ WIELOWYMIAROWEJ ANALIZY WARIANCJI .....	86
Alicja Krzemińska, Justyna Klęka, Andrzej Drabiński ZMIANY WYNOŚZONYCH ŁADUNKÓW ZWIĄZKÓW BIOGENNYCH NA ODCINKU NIEUREGULOWANYM I UREGULOWANYM W RZECIE NIZINNEJ .....	89
Alicja Krzemińska, Beata Olszewska KSZTAŁTOWANIE SIĘ JAKOŚCI WÓD PODZIEMNYCH W DOLINIE ODRY W REJONIE ODDZIAŁYWANIA STOPNIA WODNEGO W BRZEGU DOLNYM W LATACH 1971–2002 ...	91
Krzysztof Lejcuś, Henryk Orzeszyna, Andrzej Pawłowski, Daniel Garlikowski WYKORZYSTANIE SUPERABSORBENTÓW W ZABEZPIECZENIACH PRZECIWIEROZYJNYCH .....	93
Henryk Orzeszyna, Krzysztof Lejcuś, Andrzej Pawłowski, Daniel Garlikowski KONSTRUKCJA STAWÓW OSADOWYCH OGRANICZAJĄCYCH WYNOŚZENIE RUMOWISKA ZE ZLEWNI .....	95
Andrzej Pawłowski, Daniel Garlikowski, Henryk Orzeszyna, Krzysztof Lejcuś MOŻLIWOŚCI WYKORZYSTANIA ZBROJENIA ROZPROSZONEGO DO POPRAWY WŁAŚCIWOŚCI GRUNTÓW, W TYM W ZABEZPIECZENIACH PRZECIWIEROZYJNYCH .	97
Czesław Szafranski, Piotr Stachowski, Paweł Kozaczyk OCENA ZMIAN UWILGOTNIENIA GRUNTÓW POGÓRNICZYCH W ZRÓŻNICOWANYCH WARUNKACH POGODOWYCH .....	99

Szymon Szewrański, Karolina Szabla, Rafał Wawer, Romuald Żmuda OCENA PRZEDSIĘWZIĘĆ ROLNOŚRODOWISKOWYCH W ASPEKcie OCHRONY GLEB PRZED EROZJĄ WODNĄ .....	101
Rafał Wawer EROZJA WODNA AKTUALNA W POLSCE WG WOJEWÓDZTW W OPARCIU O CORINE CLC2000 .....	104
Rafał Wawer MODELOWANIE OSUWISK PŁYTKICH Z WYKORZYSTANIEM GIS .....	105
Rafał Wawer, Jan Jadczyński, Eugeniusz Nowocień ZASTOSOWANIE MODELU EROSION 3D W SKALI POLA .....	108
Rafał Wawer, Eugeniusz Nowocień, Bogusław Podolski, Szymon Szewrański, Romuald Żmuda ANALIZA SIECI DRÓG ROLNICZYCH POD KĄTEM OCHRONY PRZED EROZJĄ WODNĄ POWIERZCHNIOWĄ .....	110
Tadeusz Węgorzek WZROST MODRZEWA EUROPEJSKIEGO (LARIX DECIDUA MILL.) W ZADRZEWIENIU ŚRÓDPOLNYM NA GLEBACH LESSOWYCH .....	112
Romuald Żmuda SYSTEM FLUWIALNY I JEGO STREFA PRODUKCJI ZWIETRZELINY W LATACH SU- CHYCH .....	115
Romuald Żmuda, Szymon Szewrański WYMYWANIE FOSFORU Z GLEB LESSOWYCH PODDAWANYCH PROCESOWI EROZJI WODNEJ .....	117
Romuald Żmuda, Szymon Szewrański, Józef Sasik KSZTAŁTOWANIE SIĘ WILGOTNOŚCI GLEBY NA ERODOWANYM STOKU WZGÓRZ TRZEBNICKICH .....	119
<b>UNIESZKODLIWIANIE I UTYLIZACJA ŚCIEKÓW I ODPADÓW .....</b>	<b>121</b>
Hanna Bauman-Kaszuńska, Mikołaj Sikorski MOŻLIWOŚCI ROLNICZEGO I PRZYRODNICZEGO WYKORZYSTANIA OSADÓW ŚCIEKOWYCH NA PRZYKŁADZIE WYBRANYCH OBIEKTÓW .....	123
Zdeněk Horsák, Jana Kotovicová TRENDRY W BIOLOGICZNYCH METODACH UNIESZKODLIWIANIA ODPADÓW .....	125
Krzysztof Józwiakowski, Sławomir Ligęza, Tadeusz Orlik ZMIANY WYBRANYCH WŁAŚCIWOŚCI FIZYKOCHEMICZNYCH MATERIAŁU WYPEŁNIAJĄCEGO ZŁOŻE GRUNTOWO-ROŚLINNEJ OCZYSZCZALNI ŚCIEKÓW .....	128
Stanisław Kalembasa, Agnieszka Godlewska, Beata Kuziemska WPŁYW ODPADOWYCH MATERIAŁÓW ORGANICZNYCH NA ZAWARTOŚĆ SIARKI CAŁKOWITEJ I JEJ FRAKCJI W GLEBIE .....	130

Stanisław Kalembasa, Beata Kuziemska, Agnieszka Godlewska OSADY ŚCIEKOWE JAKO POTENCJALNE ŹRÓDŁO MAKROELEMENTÓW DLA ROŚLIN .....	132
Marek Kalenik, Monika Wilkowska OCZYSZCZANIE ŚCIEKÓW W ŻWIRZE Z WARSTWĄ WSPOMAGAJĄCĄ .....	134
Jan Kempieński, Zbigniew Smilgin WPLYWU FERMENTACJI NA PARAMETRY HYDROTRANSPORTU OSADÓW ŚCIEKO- WYCH W INSTALACJACH OCZYSZCZANIA I UTYLIZACJI .....	137
Aleksander Kiryluk ZANIECZYSZCZENIA BIOGENNE WÓD GRUNTOWYCH NA TORFOWISKU NISKIM .....	139
Jana Kotovicová, Magdalena Vaverková MOŻLIWOŚCI ZAPOBIEGANIA POWSTAWANIU ODPADÓW BIODEGRADOWALNYCH W PRZEMYŚLE SPOŻYWCZYM .....	141
Edyta Krutysz-Hus, Kazimierz Chmura WYKORZYSTANIE OSADÓW ŚCIEKOWYCH W UPRAWIE ROŚLIN ENERGETYCZNYCH, OCENA ILOŚCIOWA I JAKOŚCIOWA MATERIAŁU ROŚLINNEGO .....	143
Lech Paczkowski GOSPODARKA WODNO-ŚCIEKOWA W GMINIE POŁOŻONEJ NA TERENIE PARKU KRAJOBRAZOWEGO .....	145
Julian Paluch, Krzysztof Pulikowski KONCEPCJA UTYLIZACJI OSADÓW ŚCIEKOWYCH .....	147
Katarzyna Pawęska, Krzysztof Kuczewski EFEKTY OCZYSZCZANIA ŚCIEKÓW BYTOWO-GOSPODARCZYCH W ŚRODOWISKU NATURALNYM NA PRZYKŁADZIE WIELOLETNIEJ PRACY WYBRANYCH OCZYSZCZALNI ROŚLINNO-GLEBOWYCH .....	149
Mikołaj Sikorski, Jarosław Matyja WSTĘPNE KOMPOSTOWANIE OSADÓW ŚCIEKOWYCH Z ODPADAMI ROŚLINNYMI .....	151
Mariusz Sojka, Sądżide Murat-Błażejewska, Jolanta Kanclerz OCENA CZASOWEJ ZMIENNOŚCI ŁADUNKÓW ZWIĄZKÓW AZOTU I FOSFORU WYMYWANYCH ZE ZLEWNI ROLNICZEJ .....	153
Marek Soroko OCZYSZCZANIE ŚCIEKÓW Z MAŁYCH PRZETWÓRNI OWOCOWO-WARZYWNYCH W ZŁOŻACH GRUNTOWO-ROŚLINNYCH .....	155
Bohdan Stejskal MOŻLIWOŚCI WYKORZYSTANIA OSADÓW ŚCIEKOWYCH Z OCZYSZCZALNI ŚCIEKÓW W CELU ZAPOBIEGANIA ZANIECZYSZCZENIU ŚRODOWISKA .....	157
Maria Strzelczyk, Grzegorz Pęczkowski WARTOŚCI NIEKTÓRYCH WSKAŹNIKÓW JAKOŚCI WÓD GRUNTOWYCH NA OBIEKCIE ROLNICZEGO WYKORZYSTANIA GNOJOWICY .....	159

Zbigniew Wasąg OPTIMALIZACJA PROCESU OCZYSZCZANIA ŚCIEKÓW W OCZYSZCZALNI TYPU SBR .	161
Zbigniew Wasąg CHEMICZNE USUWANIE FOSFORU W MECHANICZNO-BIOLOGICZNEJ OCZYSZCZALNI ŚCIEKÓW .....	163
<b>GOSPODARKA WODNA W ZLEWNI ROLNICZEJ I EKSPLOATACJA SYSTEMÓW MELIORACYJNYCH .....</b>	<b>165</b>
Mariusz Adynkiewicz-Piragas, Alicja Krzemińska ZMIENNOŚĆ ODPIĘWU W ZLEWNI ROLNICZEJ ANTROPOGENICZNE PRZEKSZTAŁCONEJ .....	167
Elżbieta Bondar-Nowakowska WYKORZYSTANIE METODY DRZEWA ZDARZEŃ DO PODEJMOWANIA DECYZJI W WYKONAWSTWIE ROBÓT KONSERWACYJNYCH NA CIEKACH .....	169
Elżbieta Bondar-Nowakowska SYSTEMOWE ZARZĄDZANIE OCHRONĄ ŚRODOWISKA W ROBOTACH KONSERWACYJNYCH NA CIEKACH .....	172
Tadeusz Durkowski, Piotr Wesołowski KSZTAŁTOWANIE SIĘ ODPIĘWU WODY I ZANIECZYSZCZEŃ Z MAŁYCH ZLEWNI ROLNICZYCH .....	174
Renata Gamrat, Róża Kochanowska, Urszula Arciuszkiewicz RÓŻNORODNOŚĆ FLORY ROWÓW MELIORACYJNYCH W DOLINIE INY .....	176
Ireneusz Kajewski OCENA SKŁADNIKÓW BILANSU WODNEGO W SKALI REGIONALNEJ PRZY POMOCY MODELU WETSPASS1 .....	178
Jolanta Kanclerz, Sadzide Murat-Błażejewska, Mariusz Sojka ZMIENNOŚĆ PRZEPŁYWÓW MAŁEJ RZEKI NIZINNEJ W LATACH 1965-2005 .....	180
Tomasz Kowalik, Włodzimierz Kanownik ODPIĘWY WÓD Z ROLNICZYCH MIKROZLEWNI KARPAT ZACHODNICH .....	182
Maria Mikołajczyk WYBRANE ASPEKTY TECHNICZNO-EKSPLOATACYJNE PODSYSTEMU DYSTRYBUCJI WODY W PŁOŃSKU (WOJ. MAZOWIECKIE) .....	184
Krzysztof Nyc, Ryszard Pokładek SKUTECZNOŚĆ DZIAŁANIA REGULOWANEGO ODPIĘWU W OKRESACH SUSZY ....	186
Beata Olszewska ZAPASY WODY W MADACH ŚREDNICH W OKRESIE IV–IX 2006 R. W DOLINIE ODRY 194W REJONIE BRZEGU DOLNEGO .....	188



Beata Olszewska, Alicja Krzemińska JAKOŚĆ WÓD RZEKI JEZIORKI W LATACH 1995-2003 .....	190
Wojciech Orzepowski, Grzegorz Pęczkowski, Anna Pływaczyk, Tomasz Kowalczyk ZMIENNOŚĆ ZAPASÓW WILGOCI GLEBOWEJ W PROFILACH CZARNYCH ZIEM .....	193
Krzysztof Ostrowski, Agnieszka Policht, Włodzimierz Rajda, Andrzej Bogdał ZMIANY PRZEWODNOŚCI ELEKTROLITYCZNEJ I STĘŻEŃ BIOGENÓW W WODZIE Z BIEGIEM CIEKU ODWADNIAJĄCEGO MAŁĄ ZLEWNIĘ ROLNICZĄ .....	195
Grzegorz Pęczkowski, Wojciech Orzepowski, Tomasz Kowalczyk STRUKTURA ZLEWNI EKSPERYMENTALNEJ DLA POTRZEB MODELOWANIA ZASOBÓW WODNYCH .....	197
Grzegorz Pęczkowski, Maria Strzelczyk, Krzysztof Pulikowski CZAS PRACY SYSTEMÓW DRENARSKICH W WARUNKACH SUDETÓW ŚRODKO- WYCH .....	199
Grzegorz Pęczkowski, Andrzej Żyromski, Stanisław Kostrzewa ZASTOSOWANIE METODY TDR (TIME DOMAIN REFLECTOMETRY) DO POMIARU UWILGOTNIENIA GLIN Z DUŻĄ ZAWARTOŚCIĄ SZKIELETU .....	201
Krzysztof Pulikowski, Tomasz Hus, Stanisław Kostrzewa, Julian Paluch, Grzegorz Pęczkowski ZAWARTOŚĆ AZOTU I FOSFORU W WODACH ODPŁYWAJĄCYCH Z MAŁYCH ZLEWNI UŻYTKOWANYCH ROLNICZO .....	203
Włodzimierz Rajda, Włodzimierz Kanownik, Ewa Goryl STĘŻENIE NIEKTÓRYCH SKŁADNIKÓW BIOGENNYCH W WODZIE POTOKU PYCHOWICKIEGO .....	205
Tadeusz Reinhard, Andrzej Reinhard, Krzysztof Nyc MODEL UWILGOTNIENIA GLEBY NAWADNIANEJ SYSTEMEM KROPOWYM .....	207
<b>EKOLOGICZNE UWARUNKOWANIA STOSOWANIA ODWODNIEŃ I NAWODNIEŃ W ŚRODOWISKU .....</b>	<b>211</b>
Małgorzata Biniak, Anna Machowczyk, Wiesław Szulczewski, Andrzej Żyromski IDENTYFIKACJA PARAMETRÓW PRZEPIYWU WODY GLEBOWEJ NA PODSTAWIE BADAŃ TERENOWYCH W OBSERWATORIUM AGRO- I HYDROMETEOROLOGICZNYM WROCŁAW-SWOJEC .....	213
Andrzej Bogdał, Krzysztof Ostrowski HYDROCHEMICZNE UWARUNKOWANIA LOKALIZACJI ZBIORNIKA WODNEGO MAŁEJ RETENCJI „UNISZOWA” .....	217
Mieczysław Chalfen, Tomasz Kowalczyk MODELOWANIE SPŁYWU WÓD PODZIEMNYCH W REJONIE ARBORETUM W PAWŁOWICACH .....	219

Robert Kasperek, Mirosław Wiatkowski ROLA MELIORACJI W KSZTAŁTOWANIU STOSUNKÓW WODNYCH NA TERENACH ROLNICZYCH .....	221
Józef Koc, Kamil Solarski, Justyna Koc-Jurczyk WPŁYW WARUNKÓW ATMOSFERYCZNYCH NA ODPLÝW ZWIĄZKÓW AZOTU ZE ZLEWNI DRENARSKIEJ .....	223
Tomasz Kowalczyk, Anna Pływaczyk, Wojciech Orzepowski, Grzegorz Pęczkowski KONCEPCJA REWALORYZACJI SYSTEMU WODNO-MELIORACYJNEGO NA TERENIE ARBORETUM W PAWŁOWICACH .....	226
Tomasz Kowalczyk, Anna Pływaczyk, Grzegorz Pęczkowski, Wojciech Orzepowski OCENA STOSUNKÓW WODNYCH ARBORETUM W PAWŁOWICACH2 .....	228
Anna Krysztofiak, Sylwester Grajewski POTENCJALNA ZDOLNOŚĆ RETENCYJNA OBSZARÓW LEŚNYCH NADLEŚNICTWA DOŚWIADCZALNEGO SIEMIANICE .....	230
Daniel Liberacki, Czesław Szafranski, Rafał Stasik, Mariusz Korytowski BILANS WODNY MAŁEJ ZLEWNI LEŚNEJ .....	232
Zdzisław Małecki PROGNOZY ZMIAN WARUNKÓW WODNYCH W REJONIE PLANOWANEGO ZBIORNIKA RETENCYJNEGO WIELOWIEŚ KLASZTORNA .....	234
Antoni T. Miler STAN AKTUALNY ORAZ PROGNOZA ZMIAN STOSUNKÓW WODNYCH NA OBSZARACH MOKRADŁOWYCH LEŚNEGO KOMPLEKSU PROMOCYJNEGO LASU RYCHTALSKIE .....	237
Stanisław Pałys, Tomasz Zubala PRZYRODNICZO-GOSPODARCZE WARUNKI KSZTAŁTOWANIA RETENCJI WODNEJ SUCHEJ DOLINY LESSOWEJ .....	239
Czesław Przybyła, Sylwia Rapczyńska WPŁYW DESZCZOWANIA NA PLONOWANIE REPLANTOWANEGO SADU JABŁONIOWE- GO W WARUNKACH KLIMATYCZNYCH I GLEBOWYCH RÓWNINY SZAMOTULSKIEJ ..	241
Włodzimierz Rajda, Sylwia Grzywnowicz, Wojciech Mierzwa WPŁYW NAWADNIANIA KROPOWEGO I CZASU UŻYTKOWANIA NA NIEKTÓRE CECHY SUBSTRATU TORFOWEGO W UPRAWIE SZKLARNIOWEJ .....	244
Stanisław Rolbiecki, Roman Rolbiecki, Andrzej Klimek WPŁYW MIKRONAWODNIENÍ I NAWOŻENIA ORGANICZNEGO NA PRODUKCJĘ DWULETNIEN SADZONEK BRZOZY BRODAWKOWATEJ (BETULA VERRUCOSA EHRH.) Z UDZIAŁEM ZABIEGU ZOOMELIORACJI .....	247
Stanisław Rolbiecki, Roman Rolbiecki, Czesław Rzekanowski, Bogdan Grzelak WPŁYW DESZCZOWANIA I ZRÓŻNICOWANEGO NAWOŻENIA AZOTEM NA PLONOWA- NIE GRYKI ODMIANY 'PANDA' NA GLEBIE BARDZO LEKKIEJ .....	249

Stanisław Rolbiecki, Roman Rolbiecki, Czesław Rzekanowski, Bogdan Grzelak WPŁYW DESZCZOWANIA I ZRÓŻNICOWANEGO NAWOŻENIA AZOTEM NA PLONOWA- NIE PROSA ODMIANY 'JAGNA' NA GLEBIE BARDZO LEKKIEJ .....	251
Rafał Stasik, Czesław Szafrąński, Mariusz Korytowski, Daniel Liberacki PRÓBA OCENY MOŻLIWOŚCI ZWIĘKSZENIA RETENCJI WODY W GLEBACH WYBRA- NYCH SIEDLISK LEŚNYCH .....	253
Agata Szymańska-Pulikowska ZASTOSOWANIE SIECI NEURONOWYCH W BADANIACH ŚRODOWISKA .....	255
Krzysztof Tarnawski, Alicja Krzemińska HYDROMORFOLOGICZNA WALORYZACJA RZEKI SMORTAWY NA ODCINKU OD KM 9+676 DO KM 14+925 .....	258
Michał Wróbel WPŁYW ODWODNIENIA NA PRZYROST DRZEWOSTANU NA OBIEKCIE WILCZE BAGNO W PUSZCZY AUGUSTOWSKIEJ .....	260
<b>MAŁA RETENCJA ORAZ PROBLEMY GOSPODARKI WODNEJ JEZIOR, STAWÓW, ZBIORNIKÓW I POLDERÓW .....</b>	<b>263</b>
Adam Cegiela, Edyta Lubacz MAŁA RETENCJA WODNA W WOJEWÓDZTWIE DOLNOŚLĄSKIM .....	265
Mieczysław Chalfen, Krystian Krzywiecki, Tadeusz Molski WPŁYW ZAKOLMATOWANIA DNA ZBIORNIKA ZAPOROWEGO NA JAKOŚĆ WÓD PODZIEMNYCH NA TERENACH PRZYLEGŁYCH .....	267
Alicja Czamara, Lidia Grzešków OCENA SKUTECZNOŚCI DZIAŁANIA ZBIORNIKA WSTĘPNEGO W MŚCIWOJOWIE ...	270
Bartosz Jawecki DOBOWE EKSTREMA TLENOWE W STAWIE RYBNYM .....	272
Bartosz Jawecki, Alicja Krzemińska WPŁYW TEMPERATURY WODY NA NATLENIE STREFY EUFOTYCZNEJ STAWU KARPIOWEGO .....	275
Ryszard Konieczny AERACJA PULWERYZACYJNA JEZIORA ZAMKOWEGO .....	277
Piotr Kowalik PROGRAM REWITALIZACJI GOSPODARCZEJ OBSZARU DELTY WISŁY I ZALEWU WIŚLANEGO .....	279
Alicja Krzemińska MONITORING WÓD PODZIEMNYCH NA TERENIE LEŚNYM ODRZAŃSKIEGO POLDERU LIPKI-OŁAWA .....	281

Alicja Krzemińska ZMIANY ODCZYNU WÓD POWIERZCHNIOWYCH I PODZIEMNYCH W LEŚNYCH ZLEWNIACH BADAWCZYCH POŁOŻONYCH NA TERENIE ODRZAŃSKIEGO POLDERU LIPKI-OŁAWA .....	283
Krzysztof Maślanka, Agnieszka Policht OCENA ODDZIAŁYWANIA ZBIORNIKA WODNEGO DOMANIÓW NA POŁOŻENIE ZWIERCIAŁA WODY GRUNTOWEJ W TERENACH PRZYLEGLYCH .....	285
Bernard Okoński, Sylwester Grajewski, Krzysztof Moliński DYNAMIKA POZIOMU WODY GRUNTOWEJ W ŚWIEŻYCH SIEDLISKACH LEŚNYCH WIELKOPOLSKI NA PRZYKŁADZIE PUSZCZY ZIELONKA .....	287
Wojciech Orzepowski, Grzegorz Pęczkowski, Tomasz Kowalczyk, Anna Pływaczyk ODDZIAŁYWANIE MAŁYCH ZBIORNIKÓW WODNYCH NA STOSUNKI WODNE TERENÓW PRZYLEGLYCH .....	289
Anna Pływaczyk, Wojciech Orzepowski, Tomasz Kowalczyk KSZTAŁTOWANIE SIĘ ZASOBÓW RETENCJI GLEBOWEJ NA TERENACH ZIELENI W OBRĘBIE AGLOMERACJI MIEJSKICH .....	291
Stanisław Podsiadłowski WSTĘPNE BADANIA AERATORA PULWERYZACYJNEGO, WYPOSAŻONEGO W SYSTEM INAKTYWACJI FOSFORU .....	294
Czesław Przybyła, Karol Mroziak REALIZACJA INWESTYCJI MAŁEJ RETENCJI W WOJEWÓDZTWIE WIELKOPOLSKIM W LATACH 1998–2005 .....	296
Henryk Solarski, Kamil Solarski, Jowita Solarska EKOLOGICZNE PODSTAWY GOSPODAROWANIA WODĄ W ROLNICTWIE I LEŚNICTWIE .....	299
Andrzej Witkowski, Paweł Paszkowski, Jan Kotusz WPŁYW HODOWLI STAWOWEJ I WYLĘGARNI NA ICTHIOFAUNĘ MAŁEJ NIZINNEJ RZEKI .....	301

## WPROWADZENIE

Działalność gospodarza związana z kształtowaniem poziomu produkcji rolniczej, a także z utrzymaniem odpowiedniej jakości i atrakcyjności środowiska przyrodniczego, w dużym stopniu zależy od dostępności zasobów wodnych, powietrznych i niezbędnych składników pokarmowych. Znaczącą rolę spełniają tu urządzenia melioracyjne przyspieszające obieg materii i energii, a przy tym intensyfikujące działania plonotwórcze środowiska przyrodniczo-rolniczego.

Potrzeba rozwoju naukowego i gospodarczego Polski w nawiązaniu do oczekiwań wspólnoty Unii Europejskiej wymaga szerokiej dyskusji, również nad nowymi zadaniami inżynierii wodno-melioracyjnej wynikającymi z:

- Narodowego Planu Rozwoju,
- Polityki Ekologicznej Państwa,
- Ramowej Dyrektywy Wodnej,
- Strategii Rozwoju Obszarów Wiejskich,
- Strategii Gospodarki Wodnej.

Temu problemowi poświęcona jest ogólnopolska konferencja naukowa nt. „*Rola melioracji wodnych w inżynierii, kształtowaniu i ochronie środowiska*”, organizowana przez Instytut Kształtowania i Ochrony Środowiska Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu z inicjatywy Komitetu Melioracji i Inżynierii Środowiska Rolniczego PAN oraz przy merytorycznym wsparciu towarzystw naukowo-technicznych związanych z inżynierią i ochroną środowiska, w tym Polskiego Towarzystwa Inżynierii Ekologicznej, Stowarzyszenia Inżynierów i Techników Wodnych i Melioracyjnych oraz Polskiego Towarzystwa Rozwoju Ziemi Górskich.

Konferencja z udziałem gości zagranicznych połączona z jubileuszem 70-lecia urodzin prof. dr. hab. inż. Stanisława Kostrzewy dr. h.c. Akademii Rolniczej im. Hugona Kołłątaja w Krakowie odbędzie się w dniach 19–21 września 2007 r. we Wrocławiu i Polanicy Zdroju, pod patronatem J.M. Rektora Uniwersytetu Przyrodniczego prof. dr. hab. Michała Mazurkiewicza.

Na konferencję zgłoszono 130 prac naukowych dotyczących następujących zagadnień:

- I. Przyrodnicze podstawy melioracji i inżynierii środowiska.
- II. Ochrona wód i gleb oraz procesy erozyjne i rekultywacja.
- III. Unieszkodliwianie i utylizacja ścieków i odpadów.
- IV. Gospodarka wodna w zlewni rolniczej i eksploatacja systemów melioracyjnych.
- V. Ekologiczne uwarunkowania stosowania odwodnień i nawodnień w środowisku.
- VI. Mała retencja oraz problemy gospodarki wodnej jezior, stawów, zbiorników i polderów.

Przewodniczący Komitetu Naukowego i Organizacyjnego  
prof. dr. hab. inż. Krzysztof Nyc, prof. dr. hab. inż. Leszek Pływaczyk



**PRZYRODNICZE PODSTAWY MELIORACJI  
I INŻYNIERII ŚRODOWISKA**





Jan Siuta

## **EKOLOGICZNA ROLA REGULACJI STOSUNKÓW WODNYCH W GLEBIE**

### **ECOLOGICAL MAGNITUDE OF THE REGULATION OF RELATION BETWEEN WATER AND AIR IN SOIL**

Rola wody w wegetacji i plonowaniu roślin jest bardzo duża i powszechnie znana. Wiadomo, że do wyprodukowania jednego kilograma suchej masy rośliny muszą pobrać z gleby od kilkuset do tysiąca litrów wody. Dostępne dla roślin zasoby wody wyznaczają więc granice produktywności roślin w konkretnych glebowo-klimatycznych warunkach. Granicę tę można podnieść przez odpowiednie nawodnienie. Robi to większość plantatorów warzyw oraz znaczna część sadowników i łąkarzy.

Racjonalne użytkowanie wody czerpalnej w celu uzupełnienia jej niedostatku w glebie wymaga fachowej wiedzy i odpowiedniego systemu nawadniania. Racjonalne użytkowanie (do intensywnej produkcji roślin) naturalnych (głównie opadowych) zasobów wody jest natomiast znacznie bardziej złożone niż nawadnianie techniczne w określonych warunkach glebowych i agrotechnicznych. Łatwo przepuszczalne gleby piaskowe magazynują (dla roślin) dużo mniej wody opadowej niż gleby gliniasto-piaszczyste i pyłowe (lessowe). Nadmierna zwięzłość gleby utrudnia wsiąkanie wody opadowej, która zależnie od rzeźby terenu stagnuje na powierzchni lub spływa do niżej położonych miejsc. O szybkości wsiąkania wody decyduje nie tylko zwięzłość powierzchniowej warstwy, lecz także przepuszczalność jej głębszych warstw.

Większość gliniastych gleb o różnym stopniu spiaszczenia powierzchniowej warstwy (35-55 cm) jest zawodniona (grząska) wiosną podczas długotrwałych opadów atmosferycznych [Siuta 1961, 1995] i nadmiernie zeskalona w suchych porach lata, o największym zapotrzebowaniu roślin na wodę. W sezonie o największym uwodnieniu (zawodnieniu) powierzchniowej warstwy tych gleb rośliny nie mają warunków do prawidłowej wegetacji (a nawet zamierają). Znaczna część wody bezużytecznie paruje do atmosfery. Nadmierne uwodnienie próchnicznej i podpróchnicznej warstwy gleby gliniastej, zwięzłej utrudnia, a nawet uniemożliwia dostęp tlenu z atmosfery. W beztlenowych warunkach powstają składniki szkodliwe dla korzeni roślin, których oddziaływanie trwa znacznie dłużej niż sam nadmiar wody [Siuta 1961]. W takiej sytuacji rośliny nie mogą rozwijać się prawidłowo nawet w tym czasie, kiedy wilgotność powierzchniowej warstwy gleby jest dla nich optymalna. Płytkie ukorzenie się roślin sprawia, że w pełni sezonu wegetacyjnego nie mogą one korzystać z wody zgromadzonej w głębszych warstwach gleby. Rośliny są więc skazane na korzystanie ze skromnych zasobów wody w płytkiej, powierzchniowej warstwie gleby. To samo dotyczy składników pokarmowych. Niedobór wody w glebach gliniastych decyduje

o niedoborze składników pokarmowych. Tylko korzystny rozkład opadów atmosferycznych w sezonie wegetacyjnym może zapewnić dobre warunki wzrostu i plonowania roślin na tego rodzaju glebie. Sezonowe nadmierne uwodnienie powierzchniowej warstwy gleby powoduje:

- duże straty wody opadowej wskutek jej bezproduktywnego wyparowywania do atmosfery,
- skrócenie okresu wegetacyjnego roślin,
- słabe wykorzystanie przez rośliny zasobów wody oraz składników pokarmowych zgromadzonych w głębszych warstwach gleby.

Nasuwa się więc pytanie, czy istnieją praktyczne sposoby likwidowania sezonowych stanów szkodliwego zawadnienia i przesychnienia powierzchniowej warstwy gleb gliniastych, zwiększające plonowanie i wykorzystanie zasobów wody opadowej? Takie sposoby rolnictwo stosuje od dawna. Najstarszym, ale też najmniej efektywnym sposobem jest odprowadzanie wody stagnującej. Zagonowy sposób uprawy ziemi był (i jest) tego świadectwem. Umożliwia on odprowadzanie tylko części stagnujących wód opadowych, zwiększa jednak efektywność produkcyjną wykorzystania wody glebowej, ponieważ przyspiesza wegetację roślin, a tym samym zwiększa okres produktywności gleby.

Korzystniejsze są zabiegi zapobiegające zawadnieniu powierzchniowej warstwy gruntu przez zwiększenie jego przesiąkliwości. Umożliwia to zgromadzenie wody opadowej w gruncie na okres letniej wegetacji. Systematyczne pogłębianie orki (w tym stosowanie orki głębokiej) to bardzo ważny agrotechniczny zabieg zwiększający przepuszczalność wodną gleby. Wapnowanie gleb kwaśnych wydatnie zwiększa efektywność tego zabiegu.

Najsukuteczniejszym sposobem przeciwdziałania zawadnieniu powierzchni ziemi oraz zwiększenia retencji wód opadowych i zoptymalizowania wykorzystania wody glebowej jest drenowanie gruntów zwięzłych [Siuta 1995, Siuta, Kern, Ochalska 1971]. Rolnicy cenią sobie bardzo wysoko ten sposób ulepszania (melioracji) gruntów.

Drenowanie, tak jak powierzchniowe odprowadzanie wody, nazywa się mylnie odwadnianiem gleb. Mało zorientowani sądzą więc, że gleba zdrenowana traci część wody opadowej, a tego rodzaju melioracja degraduje środowisko. Gdyby ten pogląd był prawidłowy, to zdrenowana gleba nie mogłaby dawać od 1,5 do 2 razy większych plonów roślin niż uzyskiwane na takiej samej (lub tej samej) glebie nie drenowanej. Błędne przeświadczenie opiera się o pozornie racjonalne przesłanki. Nie można zaprzeczyć, że system drenażowy odprowadza pewną ilość wody. Faktycznie następuje odwodnienie. Nie można jednak zaprzeczyć też, że znaczna ilość wody bezproduktywnie paruje do atmosfery z powierzchni gleby zawodnionej – nie drenowanej. Wiadomo też, że na podmokłej glebie wegetacja jest poważnie opóźniona.

**Ekologiczno-produkcyjna efektywność wody opadowej na zdrenowanej glebie gliniastej jest od 1,5 do 2 razy większa niż na glebie nie zdrenowanej.** Wynika to ze znacznie większej retencji wody opadowej w glebie zdrenowanej oraz ze znacznie lepszej ekologicznej efektywności wykorzystania wody w takiej glebie. Drenaż gleby zwięzłej zwiększa jej retencja głównie przez oddolne odpowietrzenie gruntu [Siuta 1995, 1995a]. Pod ciśnieniem przesiąkającej wody powietrze glebowe przemieszcza się do drenów i wydostaje na zewnątrz, do atmosfery. W gruncie bez drenażu powietrze wypierane z gleby do atmosfery napotyka na opór przesiąkającej wody. Tworzy się więc powietrzna poduszka,

utrudniająca wgłębną infiltrację wody. Strumienie wyciskanego przez wodę powietrza przenikając przez porywną masę gruntu niszczą jego strukturę [Siuta, Terelak 1965].

**Prawidłowo wykonany system drenowania gruntu związłego nie jest więc odwodnieniem gleby, lecz uregulowaniem powietrzno-wodnych warunków, zwiększającym retencję wody opadowej i agroekologiczną efektywność jej wykorzystania.**

## **Wnioski**

1. Drenaż poziomy umożliwia bezporowe przemieszczanie się powietrza glebowego do atmosfery, wypieranego pod ciśnieniem wody wsiąkającej do ziemi. Taki drenaż to przede wszystkim oddolne odpowietrzanie gleby.
2. Drenaż poziomy nie pomniejsza retencji wody w glebie, lecz wydatnie ją zwiększa. Ponadto przyspiesza wzrost roślin oraz zwiększa dostępność wody i przyswajalność składników pokarmowych dla roślin.
3. Należy pozbyć się błędnego przeświadczenia, że drenowanie gleb związłych pomniejsza ich zasoby wody ekologicznie (agroekologicznie) użyteczne. Zdarzające się błędy w wykonawstwie melioracji wodnych minionego okresu nie powinny podważać agroekologicznej zasadności uregulowania warunków powietrzno-wodnych w glebach wymagających tego zabiegu.

## **Literatura**

- SIUTA J. 1961: Zjawiska i skutki procesów glejowych. Post. Nauk Roln. 2: 41-49.
- SIUTA J. 1995: Rolnictwo jest ekologią stosowaną. IOŚ Warszawa: 69.
- SIUTA J. 1995A: Gleba – diagnozowanie stanu i zagrożenia. IOŚ Warszawa: 219.
- SIUTA J., KERN H., OCHALSKA L. 1971: Wskaźniki reakcji gleb ornych na drenowanie oraz zmiany klas bonitacyjnych pod jego wpływem. IUNG. Puławy: 39.
- SIUTA J., TERELAK H. 1965: Udział fazy gazowej w kształtowaniu struktury glebowej. Pam. Puł. 18: 95-108.

---

Jan Siuta  
Instytut Ochrony Środowiska  
00-548 Warszawa, ul. Krucza 5/11 D

Arkadiusz Bieniek, Bolesław Bieniek

## **OBNIŻANIE SIĘ POWIERZCHNI EKSTENSYWNIE UŻYTKOWANYCH GLEB MURSZOWYCH NA TORFOWISKU „SIÓDMAK”**

### **SUBSIDENCE OF THE SURFACE OF EXTENSIVELY UTILIZED MUCK SOILS IN THE „SIÓDMAK” PEATLAND**

#### **Wstęp**

Na terytorium Polski wskaźnik zatorfienia wynosi 4,07%. Prace melioracyjne na większości gleb torfowych wpłynęły na zahamowanie procesu akumulacji materii organicznej i zapoczątkowały wiele przemian określanych procesem murszenia [Okruszko 1991, Ilnicki 2002, Lipka 2005]. W warunkach obniżonego poziomu wód gruntowych, masa torfowa przechodzi proces mineralizacji i zagęszcza się, co skutkuje obniżaniem powierzchni oraz zmniejszaniem miąższości złoża torfowego. Z upływem czasu prowadzi to do zanikania gleb torfowych i ich przekształcenia w płytkie gleby mineralno-murszowe, a następnie w mineralne. O tempie tych zmian decyduje intensywność odwodnienia i sposób użytkowania. W warunkach łąkowego użytkowania obniżenie powierzchni wynosi  $0,82 \text{ cm} \cdot \text{rok}^{-1}$ , a pod stałą uprawą płużną dochodzi do  $1,68 \text{ cm} \cdot \text{rok}^{-1}$  [Szuniewicz i in. 1998, Lipka i in. 2005].

W makroregionie Pojezierza Mazurskiego występuje ponad 8700 torfowisk, które zajmują łącznie 108 000 ha. Zatorfienie tego regionu wynosi 8,2%, jest zatem większe od przeciętnego w kraju. Szacuje się jednak, że tylko 6,3% mokradeł Pojezierza Mazurskiego zachowało swój naturalny charakter, a pozostałe, odwodnione ulegają powolnej likwidacji [Piaścik i in. 1995, Gotkiewicz i in. 1996]. W niniejszej pracy określono rozmiar osiadania wybranych powierzchni dużego torfowiska niskiego na przestrzeni minionego 20-lecia.

#### **Materiał i metodyka badań**

Badania przeprowadzono na torfowisku Siódmak (547 ha), położonym w zlewni rzeki Sawicy, na Pojezierzu Mazurskim. Obiekt ten jest płaską doliną wypełnioną torfami, na piaskach sandrowych lub złożach gytii. Rolnicze jego użytkowanie zostało zapoczątkowane w okresie międzywojennym, a w latach 1973-1982 wykonano melioracje, w celu uregulowania stosunków wodnych. Projekt odwodnienia przewidywał także nawodnienia podsiękowe ze stałym zwierciadłem wody i odciekem gruntowym, przy wykorzystaniu zbiornika retencyjnego i stacji pomp. Obiekt odwodniono grawitacyjnie, a inwestycji nawadniają-

cych nie wykonano. Założone łąki przez okres ponad 20 lat sporadycznie koszono lub okresowo wypasano.

Na obiekcie Siódmak przeprowadzono szczegółowe badania. Wykonano mapę siedlisk glebowych [Bieniek i in. 2001], ustalono zmiany w morfologii, właściwościach fizycznych [Bieniek i in. 2006] i chemicznych gleb [Bieniek i in. 2007], określono szatę roślinną i jej wartość [Grzegorzczak i in. 2000]. W pracach tych stosowano kryteria dla gleb organicznych [Okruszko 1988]. W niniejszej pracy prezentuje się tempo osiadania wybranych powierzchni torfowiska, uwzględniając jego poziom w 1982 roku oraz w 2004 roku tj. z okresu 22-letniego. W pracach niwelacyjnych posługiwano się niwelatorem Carl Zeiss Jena Ni 020 wykorzystując repery państwowe. Pomiarów wykonywano na przekrojach niwelacyjno-stratygraficznych uwzględniając rodzaj gleb i stopień ich przeobrażenia oraz panujące stosunki wilgotnościowe. Analizowano gleby:

- torfowo-murszowe słabo zmurszałe, głębokie (MtI ba) – okresowo podmokłe;
- torfowo-murszowe średnio zmurszałe, głębokie (MtII bb) – okresowo przesycające;
- torfowo-murszowe silnie zmurszałe, płytkie (MtIII c1) – okresowo za suche;
- mineralno-murszowe, murszowate właściwe i murszaste - trwale za suche.

## Wyniki badań

W badaniach stwierdzono, że na ekstensywnie użytkowanym obiekcie Siódmak, z uwagi na różnorodność stosunków wilgotnościowych warunkowanych rodzajem torfu i stopniem jego rozkładu oraz podłożem (piasek, gytia), powierzchnia uległa wyraźnemu skonfigurowaniu. Torfowisko nie tworzy już charakterystycznie płaskiej powierzchni, jest nachylone i posiada liczne grądy o deniwelacji do 3,68 m. W rozpatrywanym 20-leciu, nie stwierdzono zmian usytuowania wyniesień grądowych z glebami murszowatymi. Natomiast w płytkich glebach torfowo-murszowych (MtIIIc1) oraz w glebach mineralno-murszowych osiadanie wyniosło 6-9 cm na przestrzeni 22 lat, czyli średnio rocznie 0,3-0,4 cm. Największe obniżenie powierzchni stwierdzono w głębokich glebach torfowo-murszowych, silnie zmurszałych (MtIIIcb). Tempo obniżania się ich powierzchni wyniosło 0,7-0,9 cm•rok<sup>-1</sup>. Na uwagę zasługuje obniżenie się o 19 cm powierzchni gleb torfowo-murszowych słabo zmurszałych (MtIba), tj. 0,8 cm•rok<sup>-1</sup>. Na tak znaczące osiadanie mogły mieć wpływ nie tylko pokłady torfu, ale także podścielające, głębokie złoża gytii organicznej.

## Literatura

- BIENIEK B., HELIŃSKA A., BIENIEK A., KARWOWSKA J. 2001. Gleby siedlisk hydrogenicznych obiektu Siódmak i ich podatność na procesy degradacyjne. Mat. Konf. „Kształtowanie Środowiska – uwarunkowania przyrodnicze, techniczne i społeczno-ekonomiczne”. 26-28 czerwiec UWM Olsztyn: 50-51.
- BIENIEK B., KARWOWSKA J., BIENIEK A. 2006. Morfologia i właściwości fizyczno-wodne odvodnionych i ekstensywnie użytkowanych gleb murszowych na torfowisku „Siódmak”. *Rocz. Glebozn.* 57(1/2): 59-66.

- BIENIEK B., KARWOWSKA J., BIENIEK A. 2007. Właściwości chemiczne ekstensywnie użytkowanych gleb murszowych na torfowisku „Siódma”. *Rocz. Glebozn.* (w druku).
- GOTKIEWICZ J., OKRUSZKO H., SMOŁUCHA J. 1996. Powstawanie i przeobrażanie się gleb hydrogenicznych w krajobrazach młodogłacjalnych Pojezierza mazurskiego i Równiny Sępopolskiej. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 431: 181-201.
- GRZEGORCZYK S., GRABOWSKI K., BIENIEK B. 2000. Zbiorowiska roślinne na zdegradowanych glebach murszowych obiektu Siódma. *Biul. Nauk. UWM Olszt.* 9: 171-179.
- ILNICKI P. 2002. Torfowiska i torf. Wyd. AR Poznań. ss. 606.
- LIPKA K., ZAJĄC E., WDOWIK W. 2005. Wpływ użytkowania na zanikanie gleb torfowo-murszowych w dolinie rzeki Mrowli koło Rzeszowa. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 507: 349-355.
- OKRUSZKO H. 1988. Zasady podziału gleb hydrogenicznych na rodzaje oraz łączenie rodzajów w kompleksy. *Rocz. Glebozn.* 39(1): 127-152.
- OKRUSZKO H. 1991. Wyniki wieloletniego doświadczenia dotyczącego wpływu użytkowania na glebę torfową. *Wiad. IMUZ* 16(3): 87-107.
- PIAŚCIK H., GOTKIEWICZ J., ŁACHACZ. 1995. Charakterystyka siedlisk torfowych Pojezierza Mazurskiego w aspekcie ich użytkowania i ochrony. *W: Torfoznawstwo w badaniach naukowych i praktyce*. Sesja naukowa IMUZ. Falenty, 6-7.XI 1995: 356-361.
- SZUNIEWICZ J., OKRUSZKO H., CHRZANOWSKI S. 1998. Ruchy powierzchni i spłykanie się gleb torfowo-murszowych na torfowisku Wizna. *Wiad. IMUZ* 19(3): 9-23.

---

Arkadiusz Bieniek, Bolesław Bieniek  
 Katedra Gleboznawstwa i Ochrony Gleb,  
 Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie

Małgorzata Biniak, Stanisław Kostrzewa,  
Grzegorz Pęczkowski, Andrzej Żyromski

## **OCENA ZMIENNOŚCI OPADÓW ATMOSFERYCZNYCH PÓŁROCZA LETNIEGO WE WROCŁAWIU-SWOJCU**

### **ESTIMATION OF PRECIPITATION VARIABILITY IN SUMMER HALF YEAR IN WROCLAW-SWOJEC**

#### **Wstęp**

Opad atmosferycznych jest wynikiem procesów zachodzących w atmosferze [TWARDOSZ 2005]. Z tego też względu stanowi zainteresowanie nie tylko klimatologów [KASZEWSKI, MRUGAŁA 2001, KOSSOWSKA-CEZAK, MRUGAŁA 1999, MRUGAŁA 2001], ale również hydrologów [CHOMICZ 1971] i specjalistów zajmujących się oceną możliwości zaspokajania potrzeb wodnych roślin [GÓRSKI, GÓRSKA 2002, KOŁODZIEJ, LINIWICZ 1992, KUCHAR 1993, NOWICKA, DRAGOŃSKA 2001, ZAWORA, ZIERNICKA 2003]. Ze względu na losowy charakter opadu atmosferycznego konstruowane są modele prognostyczne jego występowania [KUCHAR 1993], niezbędne do tworzenia prognoz plonów roślin uprawnych.

Wieloletnia zmienność opadów atmosferycznych w dłuższych okresach takich jak miesiąc, sezon lub rok była tematem wielu prac [KASZEWSKI, MRUGAŁA 2001, KOŁODZIEJ, LINIWICZ 1992, NOWICKA, DRAGOŃSKA 2001, SCHÖNWIESE i in. 2003, TWARDOSZ 2005, ZAWORA, ZIERNICKA 2003, ŻYROMSKI 2005].

Praca dotyczy oceny zmienności opadów atmosferycznych w okresie letnim tj. od początku maja do końca października, w oparciu o materiały z lat 1961÷2005. Obserwacje tego elementu prowadzone były na terenie Obserwatorium Agro- i Hydrometeorologicznego Wrocław-Swojec należącego do Instytutu Kształtowania i Ochrony Środowiska Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu. Do realizacji postawionego celu wykorzystano sumy dobowe i miesięczne. Sumy dobowe stanowiły również podstawę do wyznaczenia liczby dni z opadem w klasach od 0,0-1,0 mm co 1 mm do 14,1-15,0 mm w kolejnych miesiącach letnich. W pracy przeprowadzono ocenę tendencji zmian sum miesięcznych opadów atmosferycznych w podanym wieloleciu oraz liczby dni z opadem w wyznaczonych klasach. Wykonano również ocenę mającą na celu stwierdzenie czy istnieją istotne statystycznie zależności pomiędzy sumami miesięcznymi opadów atmosferycznych i liczbą dni z opadem w poszczególnych klasach.

#### **Omówienie wyników**

Na podstawie wyznaczonych w postaci trendów liniowych tendencji sum miesięcznych opadów atmosferycznych można stwierdzić, że w żadnym miesiącu mimo długiego,

bo 45-letniego okresu ich obserwacji nie stwierdzono istotnych statystycznie zmian. Potwierdzają to przynależne trendom współczynniki determinacji  $R^2$ . Najwyższą wartość współczynnika determinacji uzyskano dla maja. Jedynie w lipcu i wrześniu zaznaczyła się tendencja rosnąca sum miesięcznych opadów atmosferycznych. Dla pozostałych miesięcy okresu letniego miała ona charakter spadkowy.

Przeprowadzona z kolei ocena tendencji zmian liczby dni z opadem w klasach od 0,0 mm co 1 mm do 14,1 mm również z wykorzystaniem trendów liniowych wykazała istotne statystycznie znaczenie tylko w maju i lipcu. Dla maja znacznie wyższe w porównaniu do lipca istotne statystycznie wartości współczynników determinacji uzyskano dla przedziałów 0,0-1,0 mm i 2,1-3,0 mm natomiast w lipcu dotyczyło to tylko zakresu 2,1-3,0 mm. Zwiększanie zakresów liczby dni z opadem wykazuje wyraźne wyrównanie uzyskiwanych współczynników determinacji, przy jednoczesnym wyraźnym rozgraniczeniu ich istotności w poszczególnych miesiącach. Wartości tego wskaźnika uzyskane dla maja są w znakomitej większości analizowanych klas istotne statystycznie i wyraźnie odbiegają od pozostałych miesięcy okresu letniego. Analiza struktury opadów w poszczególnych klasach i miesiącach pozwoliła stwierdzić, że opady w przedziale 0,0-1,0 mm stanowią od 37,0 do 54,8 % wszystkich jakie notowano w poszczególnych miesiącach półrocza letniego, w latach 1961-2005. Wartości skrajne odnoszą się odpowiednio do lipca i października. Pozostałe miesiące za wyjątkiem września - 47,3% wykazują bardzo małe zróżnicowanie w tej klasie wahające się od 40,7% w sierpniu do 42,1% w czerwcu. Ze względu na istotne współczynniki determinacji dla tendencji zmian wybranych klas liczby dni z opadem strukturę opadów zaprezentowano również dla maja.

Kolejny etap analizy materiału polegał na zmierzeniu siły związku pomiędzy liczbą dni z opadem w poszczególnych klasach i miesięcznymi sumami opadów atmosferycznych w poszczególnych miesiącach. Uzyskane współczynniki determinacji  $R^2$  były w znacznym stopniu zróżnicowane. Znaczną liczbę istotnych statystycznie związków otrzymano dla września i października z wyraźną tendencją wzrostową współczynników determinacji w porównaniu do pozostałych miesięcy. Wskaźniki te pokazały, że najbardziej znaczącymi była liczba dni z opadem w przedziałach odpowiednio: 6,1-7,0 mm, 3,1-4,0 mm i 7,1-8,0 mm. Pozostałe dwa zakresy były bliskie granicy wartości istotnych statystycznie. Potwierdzają to rezultaty badań jakie opublikowali [KOŁODZIEJ, LNIWICZ 1992]. Uzyskane obliczenia współczynników determinacji oraz przynależnych im równań regresji pozwoliły stwierdzić, że wysoka wartość współczynnika determinacji nie w każdym przypadku świadczyła o równie znaczącym wpływie pojedynczych dni z opadami na wysokość miesięcznych sum opadu. W maju, wrześniu i październiku istotne zależności uzyskano pomiędzy sumami miesięcznymi opadów i liczbą dni z opadem w przedziale 5,1-6,0 mm. W czerwcu, sierpniu i wrześniu z zakresem 9,1-10,0 mm. Z tym, że wartość wrześniowa współczynnika determinacji była na granicy istotności.

## Wnioski

Kompleksowa analiza sum opadów atmosferycznych i liczby dni z opadem w poszczególnych zakresach oraz ich wzajemnych relacji dla różnych przedziałów czasowych wykonana na bazie materiałów obserwacyjnych półrocza letniego z 45 lat pozwoliła stwierdzić, że przeprowadzona ocena zmienności sum miesięcznych opadów atmosferycznych półro-



cza letniego okresu 1961-2005 wykazała tendencję rosnącą tylko w lipcu i wrześniu. W pozostałych miesiącach widoczna jest tendencja malejąca sum miesięcznych. Dla żadnego z miesięcy półroczia letniego wyznaczone trendy liniowe nie były istotne statystycznie. Natomiast analiza trendów liniowych tendencji zmian liczby dni z opadem w wyznaczonych zakresach wykazała jedynie istotną statystycznie tendencję dla zakresu 2,1-3,0 mm w maju i lipcu. Analiza tendencji dla kumulowanych zakresów potwierdziła istotność statystyczną dla większości badanych zakresów tylko w maju. Kompleksowa analiza opadów atmosferycznych w postaci sum miesięcznych oraz liczby dni z opadem w poszczególnych miesiącach i okresach kumulowanych pozwala na wyodrębnienie okresów dla, których występują istotne związki między tymi wskaźnikami. Przeprowadzone analizy pozwoliły na uzyskanie informacji, jakie klasy oraz wyprowadzone zależności wykazywały statystycznie istotne tendencje w okresie badanego wielolecia.

## Literatura

- CHOMICZ K. 1971. Struktura opadów atmosferycznych w Polsce. *Prace PIHM*, 101, 25÷66.
- GÓRSKI T., GÓRSKA K. 2002. O rozkładzie statystycznym sum opadów atmosferycznych. *Mat. XXXII Sem. Zast. Matem.*, AR Wrocław, Kobyla Góra, 39÷43.
- KASZEWSKI B, M., MRUGAŁA SZ., 2001. Wybrane charakterystyki temperatury powietrza i opadów atmosferycznych na obszarze Lubelszczyzny (1951-1990). *Acta Agrophysica, Seria Monografie*, 47, Lublin, ss. 74.
- KOŁODZIEJ J., LINIEWICZ K. 1992. Zmienność czasowa sum i liczebności dni z opadami atmosferycznymi w północnej części Wyżyny Lubelskiej (1951-1985). *Folia Societatis Scientiarum Lublinensis*, vol. 31, nr 1-2, Lublin, 47÷57.
- KOSSOWSKA-CEZAK U., MRUGAŁA SZ., 1999. Opady atmosferyczne o anomalnej wysokości (na przykładzie Warszawy i Lublina). *Prz. Geof.* 44, 1-2, s. 39-51.
- KUCHAR L. 1993. Przewidywanie sum opadów i średnich temperatur powietrza w aspekcie prognozowania plonów roślin uprawnych. *Zeszyty Naukowe Akademii Rolniczej we Wrocławiu, rozprawa habilitacyjna nr 118*.
- KRZYSZTOFIAK M., URBANEK D. 1978. *Metody statystyczne*, PWN, Warszawa.
- NOWICKA A., DRAGONSKA E. 2001. Zmienność opadów atmosferycznych na obszarze Żuław w latach 1966-1985. *Przegląd Naukowy Wydz. Inż. i Kszt. Środ.*, 21, 87÷91.
- MRUGAŁA SZ. 2001. Opady atmosferyczne o normalnej i anomalnej wysokości na obszarze Polski (1951-1990). *Wydawnictwo UMCS, rozprawa habilitacyjna LXVI*, Lublin.
- SCHÖNWIESE C. D, GRIESER J., TRÖMEL S., 2003. Secular change of extreme monthly precipitation in Europe. *Theor. Appl. Climatol.* 75, s. 245–250.
- TWARDOSZ R. 2005. Dobowy przebieg opadów atmosferycznych w ujęciu synoptycznym i probabilistycznym na przykładzie Krakowa (1886-2002). *Instytut Geografii i Gospodarki Przestrzennej Uniwersytetu Jagiellońskiego, Kraków*.
- ZAWORA T., ZIERNICKA A., 2003. Precipitation variability in time in Poland in the light of multi-annual mean values (1891-2000). *Acta Univ. Wratisl.*, *Studia Geogr.*, 75, 123÷128.
- ŻYROMSKI A. 2005. Ekstrema letnie opadów atmosferycznych, temperatury powietrza i poziomu wód gruntowych w 40-leciu 1961-2000 we Wrocławiu-Swojcu. *Woda – Środowisko - Obszary Wiejskie*, t 5, z 14, 411÷425.

Krystyna Bryś

## **PRZEBIEG DOBOWY I ROCZNY USŁONECZNIENIA WE WROCŁAWIU-SWOJCU W LATACH 1961-2006**

### **DIURNAL AND ANNUAL RUN OF SUNSHINE DURATION AT WROCŁAW-SWOJEC IN THE 1961-2006 YEARS**

#### **Wstęp**

Usłonecznienie jest jednym z ważniejszych parametrów warunków solarnych klimatu Wrocławia. Na podstawie godzinowych wartości zarejestrowanych heliografem Campbella-Stokesa we Wrocławiu-Swojcu w latach 1961-2006 przeanalizowano zmiany usłonecznienia rzeczywistego i względnego w przebiegu rocznym i dobowym. Zmiany te powiązano z makroskalowymi zmianami cyrkulacyjnymi dokonującymi się w ostatnich dziesięciokilkuleciach lat w Europie.

#### **Omówienie wyników**

Wieloletnie (1961-2006) przebiegi sum rocznych i miesięcznych usłonecznienia rzeczywistego  $S$  i względnego  $S_{wzg}$  charakteryzuje wyraźny trend wzrostowy. Trend ten jest zróżnicowany w poszczególnych miesiącach, co związane jest najczęściej z różnym osłabieniem wartości  $S$ , które miało miejsce w latach 1971-1980 (wszystkie miesiące oprócz V i VIII) oraz 1981-1990 (I-IV, VI, IX). Najwyższy trend wzrostowy w wieloletnim przebiegu 1961-2006 cechuje maj i sierpień. Być może, wzrost wartości  $S$ , który w tych miesiącach miał początek już w latach 60. ubiegłego wieku, wskazuje na prognostyczny charakter tendencji tych miesięcy w stosunku do pozostałych. Przemawiają za tym wyniki wcześniejszych pomiarów usłonecznienia we Wrocławiu [Dubicka, Pyka 2001] i przeprowadzona dla lat 1891-2003 rekonstrukcja promieniowania całkowitego we Wrocławiu-Swojcu [Bryś, Bryś 2005].

Oslabienie wartości  $S$  w latach 1970-1980 wiąże się z istotnymi zmianami w skali makrocyrkulacyjnej (aktywizacja przepływów strefowych w Europie i nad Północnym Atlantykiem), będących skutkiem zmiany fazy Oscylacji Północnoatlantyckiej (NAO) z negatywnej na pozytywną [Bryś, Bryś 2002, 2005]. Z aktywizacją przepływów strefowych wiąże się wzrost równowagi chwiejnej powietrza napływającego nad obszar Polski, co skutkuje w okresie letnim wzrostem zachmurzenia typu konwekcyjnego [Dubicka 1998]. Rozwój tego zachmurzenia w ciągu dnia decyduje o uprzywilejowaniu usłonecznienia względnego  $S_{wzg}$  w miesiącach półrocza letniego (IV-IX) godzin przedpołudniowych w stosunku do popołudniowych.

W okresie zimowym decydujące o przebiegu dziennym  $S$  jest zachmurzenie typu warstwowego i sytuacje inwersyjne, które sprzyjają dłuższemu utrzymywaniu się mgieł

porannych [Słomka 1957, Dubicka 1998]. Efektem tego jest uprzywilejowanie S<sub>wz</sub> godzin popołudniowych nad przedpołudniowymi. Miesiące te wyróżnia także największa zmienność S z roku na rok. Świadczą o tym wysokie wartości współczynnika zmienności w okresie zimowym, przeciwstawne niskim w okresie letnim.

## Wnioski

1. Wzrostowy trend usłonecznienia we Wrocławiu-Swojcu związany jest z makroskalowymi zmianami cyrkulacyjnymi w Europie i nad Północnym Atlantykiem.
2. Istotą tych zmian jest aktywizacja przepływów strefowych, która dokonała się na początku lat 70. ubiegłego wieku wraz z przejściem z fazy negatywnej do pozytywnej Oscylacji Północnoatlantyckiej (NAO).
3. Najwcześniej, bo już w latach 60. ubiegłego wieku, miał miejsce wzrost usłonecznienia w maju i sierpniu. Miesiące te są prawdopodobnie prognostykami tendencji późniejszych zmian usłonecznienia w pozostałych miesiącach.
4. Zmiany w przebiegach dobowych i sezonowych usłonecznienia są odzwierciedleniem wieloletnich trendów zmian stanu termo-dynamicznego i wilgotnościowego atmosfery, m.in. w zakresie kształtowania jej równowagi chwiejnej oraz typu zachmurzenia (konwekcyjne – latem i warstwowe – zimą).
5. Miesiące zimowe (XII-II) cechują się największą zmiennością usłonecznienia z roku na rok. Najmniejsza zmienność jest cechą miesięcy letnich (IV-IX).

## Literatura

- BRYŚ K., BRYŚ T., 2002: Wpływ wahań NAO na zmienność warunków wilgotnościowych, radiacyjnych, dynamicznych i ewaporacyjnych we Wrocławiu-Swojcu w latach 1946–2000. [W:] Oscylacja Północnoatlantycka i jej wpływ na warunki klimatyczne i hydrologiczne Polski – pr. zbiorowa pod red. A. A. Marsza i A. Styszyńskiej. Akad. Morska, Gdynia, s. 147–160.
- BRYŚ K., BRYŚ T., 2005: Zmienność klimatu solarne Wrocławia w latach 1891–2003. [W:] Zintegrowany monitoring środowiska przyrodniczego (pod red. A. Kostrzewskiego), Bibl. Monitoringu Środowiska, Bogucki - Wydawnictwo Naukowe, Poznań, s. 399–408.
- DUBICKA M., 1998: *Wpływ cyrkulacji atmosfery na dzienny przebieg usłonecznienia we Wrocławiu*. Pr. Inst. Geograficznego, Wyd. Uniwersytetu Wrocławskiego, Seria C, T. III, s. 5–17.
- DUBICKA M., PYKA J., 2001: *Wybrane zagadnienia klimatu Wrocławia w XX wieku*. Prace i St. Geogr., Uniw. Warszawski, t. 29, s. 101–112.
- SŁOMKA J. 1957: *Usłonecznienie we Wrocławiu*. Prace Wrocławskiego Towarzystwa Naukowego. Seria B, 79, s.5–54.

---

Krystyna Bryś  
Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu,  
Instytut Kształtowania i Ochrony Środowiska, Zakład Agro- i Hydrometeorologii,  
Pl. Grunwaldzki 24, 50–363 Wrocław

Janina Fatyga, Adam Górecki, Marek Helis

## **METODA KSZTAŁTOWANIA GRANICY ROLNO-LEŚNEJ W TERENACH NIZINNYCH NA PRZYKŁADZIE POWIATU WROCŁAWSKIEGO**

### **THE METHOD OF SHAPING THE BOUNDARY BETWEEN FORESTS AND FARMING AREAS ON LOWLANDS ON THE EXAMPLE OF THE COUNTY OF WROCLAW**

Celem niniejszego opracowania jest metoda kwalifikacji użytków rolnych pod zalesienie w terenach nizinnych według nowych kryteriów spełniających wymogi polityki rolnej państwa i Unii Europejskiej oraz zwiększeniem lesistości kraju.

Badania wykonano na obszarze powiatu wrocławskiego, ziemskiego. Powiat leży w środkowo-wschodniej części województwa dolnośląskiego. Pod względem fizyczno-geograficznym znajduje się w zasięgu dwu podprovincji: nizin Środkowopolskich i Sudetów z Przedgórzem Sudeckim.

Podstawą realizacji pracy było utworzenie kartograficznej (numerycznej) relacyjnej bazy danych jednorodnych obszarów, o czynnikach przyrodniczych oraz modelu kwalifikującego daną powierzchnię do zmiany użytkowania. Do tego celu została wykorzystana opracowana w Instytucie oryginalna metoda tworzenia bazy danych oparta na programie GIS Arc Info uzupełniona przez specjalne nakładki tematyczne związane ze specyfiką czynników przyrodniczych terenów nizinnych. Model waloryzacji przestrzeni rolniczej oparto na następujących podstawowych warstwach danych:

1. Numerycznej reprezentacji powierzchni terenu (NMT), zbudowanej w postaci nieregularnej sieci trójkątów, skonstruowanej z użyciem poziomic i punktów charakterystycznych zdigitalizowanych z map topograficznych w skali 1:10 000. NMT został wygenerowany automatycznie z zachowaniem reguły Delaunay'a.
2. Pokryciu terenu uzyskanym z map topograficznych w skalach 1:10 000 i map glebowo-rolniczych 1: 5 000.
3. Glebach z map glebowo-rolniczych w skali 1: 5 000
4. Podziały administracyjnym skompilowanym z map glebowo-rolniczej w skali 1:5000 i topograficznej w skali 1: 10 000
5. Hydrografii terenu z uwzględnieniem zbiorników wodnych.

Syntetyczny model kwalifikacji terenu pod zalesienie opracowano na podstawie zasad zawartych w ustawie o zalesieniu gruntów rolnych. Wg ustawy zalesieniu podlegają grunty V i VI klasy bonitacyjnej, tereny o nachyleniu powyżej 15% (9°) oraz tereny źródłiskowe i tereny zalewane, wzdłuż rzek i wokół zbiorników wodnych. Z uwagi na powyższe kryteria

model składa się z dwóch części: glebowej opartej na budowie profilu glebowego i gatunkach gleb i glebowo-topograficzno-hydrologicznej z udziałem kompleksów glebowo-rolniczych.

Główną częścią procesu kwalifikacyjnego był wybór elementów spełniających zadane kryteria w celu ich zaklasyfikowania do jednej z następujących grup:

1. Grunty orne do zalesienia
2. Użytki zielone do zalesienia
3. Grunty orne bez zmian
4. Użytki zielone bez zmian
5. Lasy bez zmian

Syntetyczny model kwalifikacji wygenerowano nakładając na siebie części topograficzno-hydrologiczną i glebową.

Wyniki kwalifikacji użytków rolnych pod zalesienie wykazały, że na terenie powiatu najbardziej nieprawidłowo wykorzystywane są grunty orne. Powierzchnia uprawna niespełniająca wymogów produkcji polowej wynosi prawie 5845 ha. Największe skupienie powierzchni przeznaczonej do zalesienia znajduje się w północno-wschodniej części powiatu, obejmującej gminy: Długołęka, Czernica i miasto Siechnice oraz północna część gminy Św. Katarzyna. W gminie Długołęka zalesienia wymaga 2830 ha gruntów ornych, a w gminie Czernica 1780 ha. Znacznie mniejsze powierzchnie do zalesienia występują w gminach Kąty Wrocławskie i Sobótka, a najmniejsze w gminach Żórawina, Mietków, Jordanów, Kobierzyce i na terenie miasta Siechnice.

Powierzchnia użytków zielonych do zalesienia wynosi 1885 ha. Największa występuje podobnie jak w przypadku gruntów ornych w gminach: Długołęka i Czernica, a najmniejsza w gminach: Żórawina, Mietków, Jordanów i miasto Siechnice.

## **Podsumowanie i wnioski**

Stwierdzono, że pochodne NMT, cyfrowe bazy danych o glebach i budowie profilu glebowego oraz czynnika wodnego terenów nizinnych mogą stanowić podstawę utworzenia modeli kwalifikacji terenu pod zalesienie. W praktyce, dane te powinny być skonfrontowane z planami zagospodarowania przestrzennego.

Uzyskane wyniki mogą stanowić podstawę wielofunkcyjnego zagospodarowania terenu oraz służyć celom racjonalnego wykorzystania ziemi w tym restrukturyzacji rolnictwa i leśnictwa.

Grzegorz Janik, Michał Miściorak

## **PRZYDATNOŚĆ NARZĘDZI GEOSTATYSTYCZNYCH W BADANIACH OBSZAROWEJ ZMIENNOŚCI PARAMETRÓW GLEBOWYCH**

### **USABILITY OF GEOSTATISTIC METHODS IN RESEARCH OF SPATIAL VARIABILITY OF SOIL PARAMETERS**

#### **Wstęp**

Metody geostatystyczne stanowią gałąź statystyki stosowanej. Ich rozwój nastąpił w latach 60. i początkowo wykorzystywano je m.in. do szacowania zasobów surowców mineralnych w przemyśle górnym [4]. Szybko jednak znalazły zastosowania w innych gałęziach przemysłu a także w naukach związanych ze środowiskiem glebowym [1, 2, 5]. Należą do efektywnych i użytecznych narzędzi przetwarzania, szacowania i analizowania danych. Stosuje się je również do przestrzennej wizualizacji rezultatów obliczeń w postaci różnego rodzaju map. Celem pracy jest przeanalizowanie przydatności narzędzi geostatystycznych do oceny przestrzennej zmienności wybranych cech fizycznych gleby. Zmienność ta może być spowodowana czynnikami naturalnymi i antropogenicznymi a jej dokładne rozpoznanie pozwoli m.in. w sposób bardziej precyzyjny ustalać dawki nawodnień dla roślin.

#### **Opis badań**

Badania polowe przeprowadzono w miejscowości Sucha Rzecznka w województwie warmińsko–mazurskim. Ocenie poddano dwa parametry glebowe: wilgotność objętościową gleby oraz natężenie infiltracji. Pomiarów wykonano na poletku doświadczalnym położonym na użytku łąkowym. Wilgotność objętościową gleby mierzono aparatem TDR [3] w punktach leżących w jej wierzchniej warstwie. W tych samych punktach wyznaczono natężenie infiltracji.

#### **Metodyka**

Do oceny obszarowej zmienności badanych parametrów oraz wyznaczenia ich wzajemnych korelacji wykorzystano analizę: semiwariogramów, semiwariogramów względnych, semiwariogramów logarytmicznych i semirodogramów. Tu zdefiniowany zostanie jedynie semiwariogram krzyżowy, który jest miarą wzajemnej zmienności w odniesieniu do dwóch różnych cech mierzalnych. Można go opisać zależnością [4]:

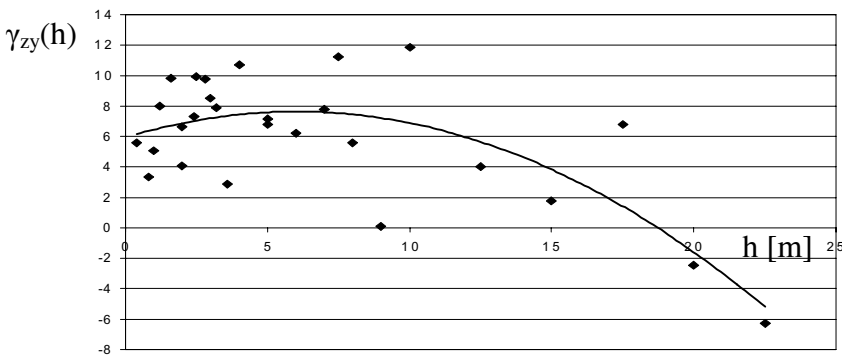
$$\gamma_R(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{i=1}^{N(h)} (z_i - z_i')(y_i - y_i') \quad (1)$$

gdzie:

- $\gamma_R(h)$  – semiwariogram krzyżowy,
- $N(h)$  – liczba porównywanych par punktów,
- $z_i$  – wartość cechy  $z$  w punkcie  $i$  ( $z_i = \theta_i$  - wartość wilgotności),
- $z_i'$  – wartość cechy  $z$  w punkcie odległym o  $h$  od punktu  $i$ ; lokalizacje  $z_i$  i  $z_i'$  są oddzielone za pomocą wektora  $h$  z podanymi kierunkami i z tolerancją odległościową,
- $y_p, y_i'$  – oznaczenia jak wyżej dla cechy  $y$  ( $y_i = k_i$  – wartość natężenia infiltracji).

### Uzyskane wyniki

Sporządzono wykresy semiwariogramów dla każdej z badanych cech. Na obu wykresach zaobserwowano nieciągłość w układzie punktów wartości semiwariogramu. Dalsze analizy pokazały, że czynnik ten można w pewnym stopniu wyeliminować stosując inne narzędzia geostatystyczne: semiwariogramy logarytmiczne, semiwariogramy względne lub semirodogramy. W tych przypadkach udaje się wybrać modele matematyczne, które są dobrze dopasowane do danych empirycznych. W dalszej części pracy, w celu dokonania oceny korelacji między dwoma parametrami glebowymi obliczono wartości kowariancji. W tym celu przeprowadzono standaryzację danych. Kowariancja dwóch zmiennych standaryzowanych jest wielkością unormowaną  $r_{ij}$ , nazywaną współczynnikiem korelacji o wartościach zawierających się w przedziale  $-1 \leq r_{ij} \leq 1$ . Obliczona wartość współczynnika ( $r_{ij} = 0,12$ ) świadczy o niewielkiej korelacji między rozpatrywanymi parametrami na badanym terenie. Na rysunku 1 przedstawiono przebieg semiwariogramu krzyżowego zbudowanego na podstawie zależności (1). Wstępna analiza tego rysunku wskazuje, że korelacja przestrzennej zmienności wilgotności gleby i natężenia infiltracji maleje wraz ze wzrostem powierzchni.



**Rys. 1.** Semiwariogram krzyżowy wilgotności i współczynnika filtracji,  $\gamma_{zy}(h)$  – semiwariogram krzyżowy,  $h$  [m] – odległość między porównywanymi punktami

## **Wnioski**

W pracy dokonano porównania głównych narzędzi geostatystycznych wykorzystywanych do oceny wilgotności i natężenia infiltracji zmierzonych na poletku stanowiącym użytk łąkowy. Przeprowadzone badania pozwoliły na sformułowanie następujących wstępnych wniosków:

1. Trudności w przeprowadzeniu oceny obszarowej zmienności parametrów glebowych są spowodowane tym, że dane pomiarowe nie są homogeniczne. W takim przypadku lepsze rezultaty otrzymuje się stosując zamiast klasycznych semiwariogramów, semiwariogramy logarytmiczne, względnie bądź semirodogramy.
2. Do oceny korelacji dwóch parametrów przydatnymi narzędziami są kowariancja oraz semiwariogram krzyżowy.

## **Literatura**

1. JANIK G., 2005, Spatial variability of soil moisture in grassland. *Int. Agrophysics* 19, s. 37-45
2. JANIK G., MIŚCIORAK M. 2006, Badanie stabilności wariogramów stosowanych do oceny obszarowej zmienności wilgotności gleby. *Zesz. Prob. Post. Nauk Rol. praca w druku*
3. MALICKI M. A.: Reflectometric (TDR) meter of moisture content in soils and other capillary-porous materials. *Zesz. Prob. Post Nauk Roln.*, 388, 107-114, 1990.
4. NAMYSŁOWSKA-WILCZYŃSKA B., 2006: Geostatystyka: teoria i zastosowanie. Wydawnictwo Politechniki Wrocławskiej, s.296.
5. USOWICZ B. i in., 2004: Przestrzenna zmienność fizycznych i chemicznych właściwości gleby w skali pola i gminy. *Acta Agrophisica* z. 103 s.

---

Grzegorz Janik  
Instytut Kształtowania i Ochrony Środowiska,  
Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu

Michał Miściorak  
Studenckie Koło Naukowe Meliorantów im. prof. S. Baca,  
Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu



Joanna Kajewska, Marian Rojek

## **PORÓWNANIE TEMPERATURY GLEBY MIERZONEJ PRZY WYKORZYSTANIU KLASYCZNEJ I AUTOMATYCZNEJ STACJI METEOROLOGICZNEJ**

### **A COMPARISON OF SOIL TEMPERATURE MEASURED BY THE CLASSICAL AND AUTOMATIC WEATHER STATIONS**

#### **Wstęp**

Coraz powszechniej stosowane automatyczne stacje meteorologiczne umożliwiają o wiele większą – w porównaniu z metodami klasycznymi – częstość próbkowania mierzonych parametrów oraz ich bezpośrednie opracowanie. Standardowe oprogramowanie stacji automatycznych umożliwia zapisywanie parametrów z częstością kilku- lub kilkunastosekundową. Średnie dobowe ze stacji automatycznych są najczęściej obliczane jako średnie ze wszystkich 24 godzin doby. Pomiary klasyczne temperatury gleby (przy pomocy termometrów rtęciowych) są wykonywane trzy razy na dobę i z nich oblicza się średnią dobową.

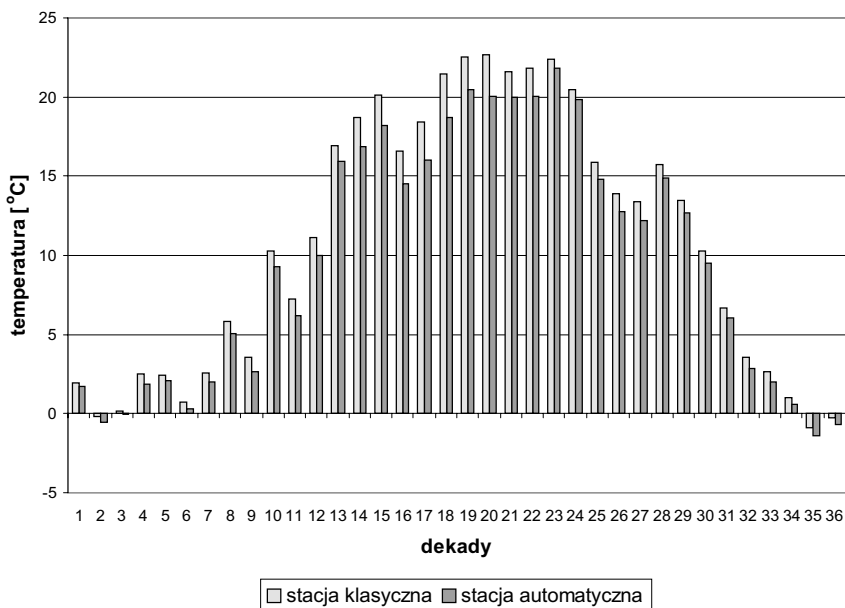
#### **Materiał i metody**

Celem pracy było porównanie średnich dekadowych wartości temperatury gleby uzyskanych w Obserwatorium Agro- i Hydrometeorologii Wrocław-Swojec w okresie 2001-2005. Analizie poddano wyniki pomiarów na dwóch powierzchniach (gleba bez roślin i trawnik) oraz dwóch głębokościach (5 i 10 cm). Pomiary klasyczne wykonywano termometrami glebowymi kolankowymi, a średnią dobową obliczano na podstawie trzech pomiarów terminowych (godz. 7, 13 i 19 CET). Automatyczna stacja meteorologiczna firmy Campbell Sci. Ltd (model CR23X) wyposażona m. in. w rejestrujący temperaturę gleby termistor 107 (w odległości 30 cm od stanowiska termometrów kolankowych) została zaprogramowana na zapisywanie raportów cogodzinnych. Na podstawie tych wartości obliczano następnie średnie dobowe, a z nich dekadowe. Dla porównania wyników obu metod wykorzystano metodę analizy regresji liniowej.

#### **Wnioski**

W przebiegu dekadowych wartości temperatury gleby na obu głębokościach wartości uzyskane za pomocą metody klasycznej były z reguły wyższe od wartości ze stacji

automatycznej. Największe różnice wystąpiły na głębokości 5 cm pod powierzchnią trawnika. Różnice między obiema metodami zmniejszały się wyraźnie wraz ze wzrostem głębokości w glebie. Ścisłe związki średnich dekadowych wartości temperatury gleby uzyskiwanych metodą klasyczną i według stacji automatycznej potwierdziła analiza regresji. Współczynniki korelacji liniowej ( $r$ ) przekraczały często wartość 0,95.



Rys. 1. Przebieg dekadowych wartości temperatury gleby bez roślin na głębokości 5 cm w roku 2001

## Literatura

- ŁOMOTOWSKI J., ROJEK M., STUDZIŃSKI J.: 2001. Metody archiwizacji danych pochodzących z automatycznych stacji meteorologicznych. *Annales UMCS, Lublin*, vol. LV/LVI, 37, sectio B, 211-220
- ROJEK M., ROJEK M.S.: 2000. Porównanie temperatury i wilgotności powietrza mierzonych przy wykorzystaniu klasycznej i automatycznej stacji meteorologicznej. *Rocz. Nauk. AR Poznań, Melioracje*, t. 329, z. 21, 59-67
- Wybrane zagadnienia z zakresu pomiarów i metod opracowania danych automatycznych stacji meteorologicznych. Praca zbiorowa pod redakcją J. Łomotowskiego i M. Rojka. 2001. Wyd. AR Wrocław, Monografie XXV, nr 428, 87 str.

Joanna Kajewska, Marian Rojek  
Instytut Kształtowania i Ochrony Środowiska,  
Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu

Joanna Kamińska, Elżbieta Musiał

## **WAHANIA KLIMATU W BYDGOSZCZY W WIELOLECIU 1945–1996**

### **CLIMATE CHANGES IN BYDGOSZCZ IN THE PERENNIAL 1945–1996**

#### **Wstęp**

W ostatnich kilku dziesiątkach lat skład chemiczny atmosfery w wyniku działalności człowieka ulegał ciągłym zmianom. Zmiany te są tak szybkie, że naturalne mechanizmy przyrody nie są w stanie ich zneutralizować. Polegają one głównie na zwiększeniu zawartości CO<sub>2</sub> oraz innych gazów szklarniowych, głównie metanu i tlenków azotu, działających podobnie jak CO<sub>2</sub> w atmosferze, oraz zmniejszeniu ilości ozonu w stratosferze. Zmiany zawartości gazów cieplarnianych w atmosferze powodują zmiany bilansu promieniowania, a te z kolei wywołują zmiany systemu, którego ten bilans jest kluczowym elementem. Choć wielu badaczy uważa, że zachodzące zmiany mieszczą się ciągle w obszarze stabilności obecnego stanu równowagi układu planeta-atmosfera, to jednak nałożenie się wielu zjawisk sprawia, że pojawienie się dużych zmian klimatycznych jest prawdopodobne.

Klimat jest kształtowany przez trzy główne procesy: obieg wody, przepływ energii i ogólną cyrkulację atmosfery. Procesy te są ze sobą silnie powiązane, a ich wzajemne interakcje można scharakteryzować przez określenie poszczególnych strumieni energii i wilgoci w układzie planeta-atmosfera. Polska należy do krajów o najmniej korzystnym bilansie wodnym w Europie. Bilans wodny poprzez strumień pary wodnej jest ściśle związany z bilansem cieplnym. Te dwa bilanse wodny i cieplny łączy strumień ciepła utajonego przeznaczonego na parowanie. Prognozy wskazują na to, że w strefie klimatycznej, do której należy Polska, należy się spodziewać zmian w strukturze bilansu cieplnego powierzchni czynnej wyrażających się zwiększeniem strumienia ciepła jawnego, przeznaczonego na ogrzewanie atmosfery, kosztem strumienia ciepła utajonego. Konsekwencją takich zmian w strukturze bilansu cieplnego są rosnące temperatury powietrza.

Szata roślinna może być narzędziem kształtowania struktury bilansu cieplnego i wodnego w krajobrazie rolniczym i leśnym, dlatego badania modelowe nad składowymi bilansu cieplnego powierzchni czynnych różnych roślin uprawnych odgrywają ważną rolę w rozwiązywaniu problemów środowiskowych, które pojawiają się wraz ze zmianami klimatu.

## Omówienie wyników

Na podstawie analizy przebiegu zmienności ewapotranspiracji i opadów w wieloleciu 1945-1996 w Bydgoszczy można zauważyć, że ewapotranspiracja znacznie przewyższa opady. Przewaga ewapotranspiracji nad opadami zaznacza się w ostatnich dekadach XX wieku. Badania nad zmianami klimatycznego bilansu wodnego wykazały, że wskaźnik ten był ujemny w miesiącach od marca do września co należy wiązać z faktem, że okres wegetacji w minionym wieloleciu charakteryzował się ciągłymi niedoborami opadów. Analiza bilansu cieplnego dla trzech rozpatrywanych ekosystemów tzn. ziemniaków, pszenicy jarej i lasu iglastego dała następujące wyniki: w badanym wieloleciu maleje strumień salda promieniowania, rosnącą tendencję wykazuje strumień ciepła jawnego natomiast malejącą strumień ciepła utajonego. Udowodnione tendencje są szczególnie widoczne w ostatnich dekadach XX w. Potwierdzeniem ujawnionych tendencji wśród składowych bilansu cieplnego są rosnące współczynniki Bowena dla trzech omawianych ekosystemów.

## Wnioski

Deficyty wody w rejonie Bydgoszczy w półroczu ciepłym (IV-IX) są przyczyną wzrostu strumienia ciepła jawnego w okresie wegetacji lasu iglastego, pszenicy jarej i ziemniaków oraz spadków strumienia ciepła utajonego. Konsekwencją rosnących wartości strumienia ciepła jawnego oraz spadku strumienia ciepła utajonego są rosnące wartości współczynnika Bowena. Rosnące temperatury powietrza na tym terenie szczególnie widoczne w ostatnich dekadach XX w. oznaczają ocieplenie klimatu w tym rejonie.

## Literatura

- KOŻUCHOWSKI K. (red.), 2004, *Skala, uwarunkowania i perspektywy współczesnych zmian klimatycznych w Polsce*, Wyd. Biblioteka, Łódź.
- TREPIŃSKA J. (red.), 1997, *Wahania klimatu w Krakowie (1792-1995)*, Inst. Geogr. UJ Kraków, 1-206.

*Praca wykonana w ramach grantu KBN 2 P06S 022 27*

---

Joanna Kamińska, Elżbieta Musiał  
Katedra Matematyki,  
Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu

Joanna Kamińska, Elżbieta Musiał, Marian Rojek

## **OCENA EWAPOTRANSPIRACJI POTENCJALNEJ NA PODSTAWIE POMIARÓW METODĄ KLASYCZNĄ I ZA POMOCĄ AUTOMATYCZNEJ STACJI METEOROLOGICZNEJ**

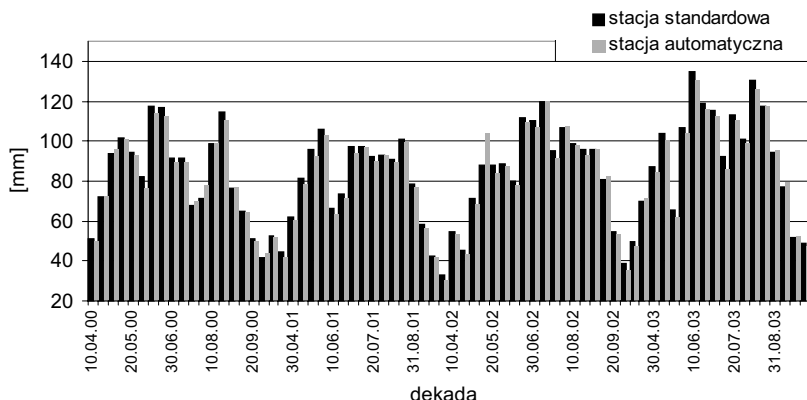
### **THE ESTIMATION OF POTENTIAL EVAPOTRANSPIRATION ON THE GROUND OF THE STANDARD AND AUTOMATIC WEATHER STATION MEASUREMENTS**

#### **Wstęp**

Modelowanie procesu ewapotranspiracji potencjalnej metodą Penmana w półroczu ciepłym (IV-IX) wymaga znajomości między innymi takich czynników meteorologicznych jak temperatura powietrza, prężność pary wodnej i niedosyt wilgotności powietrza. W dobie coraz liczniejszych sieci automatycznych stacji meteorologicznych pojawia się pytanie, czy wyniki modelowania tego procesu na podstawie pomiarów automatycznych różnią się od uzyskanych metodą klasyczną. W Obserwatorium Agro- i Hydrometeorologii Wrocław - Swojec od 2000 roku funkcjonuje automatyczna stacja pomiarowa firmy Campbell. Od tego roku równolegle prowadzone są pomiary w sposób automatyczny i standardowy. Wprowadzenie zautomatyzowanej metody zbierania danych meteorologicznych jest zawsze związane z problemem jednorodności ciągów pomiarowych. Celem pracy jest ocena wyników pomiarów trzech wybranych elementów meteorologicznych: temperatury powietrza, prężności pary wodnej, niedosytu wilgotności powietrza oraz obliczonych wartości ewapotranspiracji potencjalnej według danych standardowych i ze stacji automatycznej w okresie 2000-2004.

#### **Omówienie wyników**

Wprowadzenie nowej, zautomatyzowanej metody zbierania i gromadzenia danych meteorologicznych stwarza wiele problemów. Do istniejących, często kilkudziesięcioletnich, ciągów pomiarowych uzyskanych metodą standardową zostają dołączone pomiary wykonane metodą automatyczną. Można więc w tym miejscu postawić pytanie, czy tak utworzone nowe ciągi pomiarowe są jednorodne? Innym problemem jest modelowanie różnych procesów z wykorzystaniem pomiarów wykonanych metodą standardową i automatyczną. Obliczenia wykonane na podstawie danych dekadowych ze stacji Wrocław - Swojec w okresie 2000-2004, wykazały statystycznie istotne różnice pomiędzy wartościami ze stacji standardowej i automatycznej.



**Rys. 1.** Sumy dekadowe ewapotranspiracji potencjalnej półrocza letniego (IV-IX) wyznaczone na podstawie danych pochodzących z pomiarów metodą klasyczną i za pomocą automatycznej stacji meteorologicznej

## Wnioski

Analiza statystyczna została przeprowadzona dla zmiennych połączonych w pary za pomocą testu t-Studenta. Wykazała ona, że badane czynniki meteorologiczne (temperatura powietrza, prężność pary wodnej i niedosyt wilgotności powietrza) mierzone metodą standardową i automatyczną różnią się statystycznie istotnie. Podobnie statystycznie istotne różnice wykazują wartości ewapotranspiracji potencjalnej wyznaczonej za pomocą danych standardowych i danych automatycznych. Wyraźnie mniejsze wartości ewapotranspiracji potencjalnej uzyskano na podstawie pomiarów niektórych parametrów przy pomocy stacji automatycznej. Statystycznie istotne różnice wśród badanych czynników meteorologicznych uzyskanych na podstawie stacji automatycznej i metodą klasyczną stawiają pod znakiem zapytania łączenie pomiarów standardowych i automatycznych bez wcześniejszego ich korygowania za pomocą odpowiednich współczynników, które zapewnią jednorodność ciągów pomiarowych.

## Literatura

- ŁABĘDZKI L., KASPERSKA- WOŁOWICZ W.: 2002. Porównanie ewapotranspiracji wskaźnikowej obliczanej na podstawie pomiarów wykonanych na standardowej i automatycznej stacji agrometeorologicznej. *Woda- Środowisko- Obszary Wiejskie* t.2, z.2(5), 21-31
- ROJEK M., ROJEK M. S., ŁOMOTOWSKI J.: 2001. Porównanie danych meteorologicznych uzyskiwanych przy wykorzystaniu klasycznej i automatycznej stacji meteorologicznej. *Annales UMCS, Lublin*, vol. LV/LVI,37, sectio B, 299-307

Joanna Kamińska, Elżbieta Musiał  
Katedra Matematyki, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu

Marian Rojek  
Instytut Kształtowania i Ochrony Środowiska, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu

Leszek Kuchar

## **GENEROWANIE SYNTETYCZNYCH DANYCH METEOROLOGICZNYCH NA POTRZEBY MODELOWANIA PROCESÓW ŚRODOWISKA NATURALNEGO**

### **SYNTHETIC DAILY DATA GENERATION FOR THE NEEDS OF ENVIRONMENTAL PROCESSES MODELLING**

#### **Wstęp**

Opis procesów środowiska naturalnego wymaga modelu matematycznego, jak również (w wielu przypadkach) danych meteorologicznych. Brak danych meteorologicznych lub ich ograniczona ilość znacznie komplikuje symulacje badanych zjawisk. Sytuacja taka ma na przykład miejsce przy ocenach zmian w środowisku na wskutek potencjalnych ewolucji klimatu. Znane scenariusze klimatyczne określają przyszłe wielkości parametrów meteorologicznych w okresie roku lub sezonie podczas gdy stosowane modele wykorzystują najczęściej dane dobowe [Watson i in., 2000]. W opisanej sytuacji wykorzystuje się sztuczne ciągi obserwacji tworzone przy pomocy zaawansowanych metod matematycznych określanych w literaturze jako generatory danych meteorologicznych /weather generator/ [Larsen i Pense 1982].

Celem niniejszej pracy jest ocena i wskazanie możliwości zastosowań metody generowania danych meteorologicznych na przykładzie modelu WGENK - udoskonalonej wersji modelu WGEN [Kuchar 2004; Richardson 1985].

#### **Omówienie wyników**

Ocenę danych syntetycznych tworzonych dla potrzeb modelowania procesów środowiska naturalnego wykonano przy pomocy modelu WGENK generującego ciągi obserwacji dobowych promieniowania całkowitego (SR), temperatur minimalnych (Tmin) i maksymalnych (Tmax) oraz opadów (P). W ramach procedury testowej wygenerowano stuletnie ciągi danych dobowych dla każdej z trzech stacji i porównano je z danymi obserwacyjnymi pod względem parametrów rozkładów (średnia arytmetyczna, odchylenie standardowe, korelacje pomiędzy zmiennymi). Oceniany model (podobnie jak model oryginalny WGEN) dobrze lub bardzo dobrze opisywał (zgodnie z rozkładami teoretycznymi) wartości średnie promieniowania całkowitego, temperatur, sum opadów oraz wariancje promieniowania i temperatur. Zastosowana modyfikacja /aproksymacja wielomianem trygonometrycznym parametrów rozkładu Gamma i skalowanie wariancji [Kuchar, 2004]/ pozwala

również dobrze oddać korelacje pomiędzy zmiennymi oraz wariancję sum opadów. Korelacje pomiędzy zmiennymi dla danych wygenerowanych, testowane na poziomie  $\alpha = 0.05$  w ponad 95% nie różniły się istotnie od korelacji uzyskanych dla danych obserwowanych z trzech stacji meteorologicznych dla 720 przeprowadzonych porównań. Maksymalne średnie błędy bezwzględne (MAE) kształtowały się na poziomie 0.05-0.06.

W przypadku sum opadów, maksymalne średnie błędy odchyłeń standardowych /MAE/ obserwowane w okresach miesięcznych wynosiły 1.8 mm oraz 6.7% (błąd względny).

Przeprowadzone testy pozwalają sądzić (w oparciu o poziom błędów charakterystyk liczbowych danych generowanych) o dobrym odtwarzaniu danych meteorologicznych i dużej przydatności metod generowania dla potrzeb modelowania matematycznego.

## **Wnioski**

Metody generowania dobowych danych meteorologicznych testowane na przykładzie modelu WGENK dla danych z trzech stacji IMGW wykazują dobre własności tworzonych danych; w szczególności małe błędy dla średnich, wariancji i korelacji zmiennych (temperatury, promieniowanie całkowite, sumy opadów) wskazują na dużą przydatność metod w modelowaniu procesów środowiska.

## **Literatura**

- KUCHAR L., 2004: Using WGENK to generate synthetic daily weather data for modelling of agricultural processes, *Mathematics and Computers in Simulation*, 65: 69-75.
- LARSEN G., PENSE R., 1982: Stochastic Simulation of Daily Climatic Data for Agronomic Models, *Agron. J.*, 74: 510-514.
- RICHARDSON C.W., 1985: Weather simulation for crop management models, *Trans. ASAE*, 28: 1602-1606.
- WATSON R.T, NOBLE I.R., BOLIN B., RAVINDRANATH N.H., VERARDO D.J. DOKKEN D.J. (EDS.), 2000: *Land Use, Land-Use Change, and Forestry*, Special Rep. of the IPCC, Cambridge Univ. Press, UK.

---

Leszek Kuchar  
Katedra Matematyki,  
Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu



Paweł Licznar

## **WSTĘPNA PROPOZYCJA ZWIĄZKU ENERGII KINETYCZNEJ DESZCZU I WARSTWY OPADU W WARUNKACH POLSKICH**

### **PRELIMINARY PROPOSAL OF RAINFALL KINETIC ENERGY AND RAINFALL DEPTH RELATIONSHIP FOR POLISH CONDITIONS**

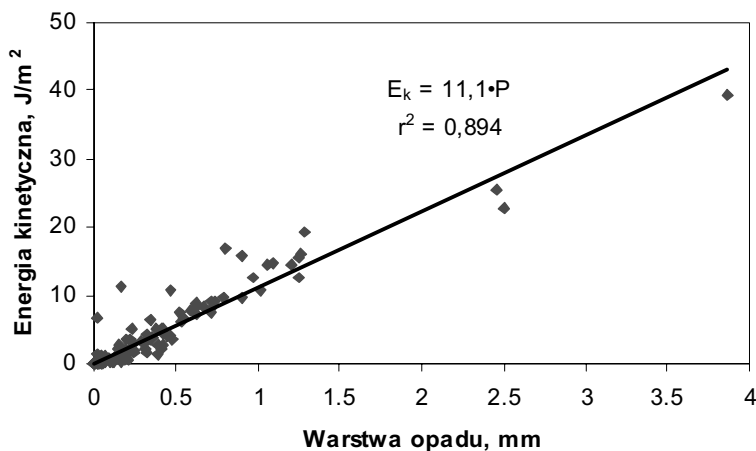
#### **Wstęp**

Energia kinetyczna deszczu jest istotnym parametrem wejściowym dla modelowania skomplikowanych procesów erozji wodnej gleb. Liczne badania potwierdzają, że energia kinetyczna kropel deszczu uderzających w powierzchnię gleby może być bezpośrednio wiązana z wielkością rozbryzgu, który inicjuje erozję wodną gleb. Określenie energii kinetycznej deszczów jest także koniecznym dla obliczenia wartości indeksów erozyjności deszczów, w szeroko stosowanym w polskiej praktyce melioracji przeciwerozyjnych, modelu USLE [Licznar 2003].

Pomimo znacznego rozwoju w zakresie oprzyrządowania służącego dla obserwacji opadów atmosferycznych, bezpośrednio pomiary strumienia energii kinetycznej deszczów są nadal rzadkością. W praktyce najczęściej energia kinetyczna jest określana w sposób pośredni na podstawie łatwiej dostępnych zapisów pluwiograficznych, za pomocą formuły podanej przez Wischmeiera i Smitha. Formuła ta powstała w USA i jak dotąd nie była weryfikowana w warunkach polskich. Celem pracy było opracowanie propozycji związku energii kinetycznej deszczu i warstwy opadu dla warunków polskich. Poszukiwano przy tym formuły o możliwie prostej formie.

#### **Omówienie wyników**

Badania zostały przeprowadzone na bazie połowych rejestracji warstwy deszczów oraz strumienia ich energii kinetycznej z roku 2004. Rejestracja przyrostu warstwy opadu deszczu była prowadzona przy użyciu elektronicznego deszczomierza wagowego, a strumienia energii kinetycznej-piezoelektrycznym impaktometrem [Licznar i in. 2005]. W wyniku analizy rejestracji wyznaczone zostały wartości przyrostu warstwy deszczu i odpowiadające im wartości strumienia energii kinetycznej dla okresów 5. minutowych (rys. 1). Porównanie ich pozwoliło na ustalenie prostego związku liniowego, cechującego się wysokim współczynnikiem korelacji.



Rys. 1. Zależność strumienia energii kinetycznej deszczu od warstwy opadu (5-minutowe przedziały czasu rejestracji)

## Wnioski

Przeprowadzone badania wskazują, że w warunkach krajowych istnieje możliwość stosowania prostego liniowego związku wiążącego wielkość strumienia energii kinetycznej z warstwą opadu deszczu. Prognozowane według opracowanej formuły wartości energii kinetycznej deszczu są niższe od wynikających z klasycznej formuły Wischmeiera i Smitha. Może to wyjaśniać, choć w części obserwacje innych badaczy wskazujących na zawyżanie przez model USLE strat glebowych w warunkach Polski.

## Literatura

LICZNAR P., 2003: Modelowanie erozji wodnej gleb. Zeszyty Naukowe Akademii Rolniczej we Wrocławiu nr 456. Monografie XXXII, 101 s.

LICZNAR P., ŁOMOTOWSKI J., ROJEK M., 2005: Pomiary i przetwarzanie danych opadowych dla potrzeb projektowania i eksploatacji systemów odwodnieniowych. Futura PZiITS Poznań, 100 s.

---

Paweł Licznar  
Katedra Budownictwa i Infrastruktury,  
Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu,  
pl. Grunwaldzki 24, 50-363 Wrocław

Krzysztof Lipka, Ewelina Zajac

## WPŁYW ZMIANY WARUNKÓW HYDROLOGICZNYCH NA TORFOWISKO „JEZIORKO DZIKIE” W PUSZCZY LUBUSKIEJ

### INFLUENCE OF HYDROLOGICAL CONDITIONS ON THE „WILDE LAKE” IN THE LUBUSKA PRIMEVAL FOREST

#### Wstęp

Badania nad współczesnymi jeziorami, obiektami wodno-torfowiskowymi i innymi mokradłami wskazują, że obiekty te znajdują się obecnie w różnych fazach rozwoju. Na taki stan ma wpływ wiele czynników [Żurek 1990, Rycharski i Piórkowski 2001], z których bardzo istotny to typ hydrologicznego zasilania (THZ). Najbardziej wyraźne i gwałtowne zmiany w gospodarce wodnej często spowodowane są antropopresją [Dembek i Oświt 1989, Churski 1993, Nyc 1995].

Głównym celem badań była ocena wpływu wahań stanów wody śródleśnych jezior (Karsienko, Suche i Jasne) na sąsiadujący obiekt wodno-torfowiskowy Jezioroko Dzikie w Puszczy Lubuskiej, Nadleśnictwo Torzym.

W celu określenia typu hydrologicznego zasilania torfowiska dokonano analizy podstawowych elementów środowiska geograficznego badanego terenu, w tym typ rzeźby terenu obszaru przyległego do torfowiska z warunkami litologicznymi, położenie torfowiska w sieci hydrograficznej, stratygrafia złoża torfowego oraz warunki hydrologiczne. Ponadto, zbadano szatę roślinną i podjęto próbę określenia rocznych przyrostów warstwy organicznej przy zastosowaniu metody dendrologicznej.

#### Omówienie wyników

Obiekt badawczy położony jest na terenie o urozmaiconej konfiguracji i charakteryzuje się występowaniem licznych wzniesień morenowych z częstą obecnością jezior ułożonych łańcuchowo. Analiza położenia torfowiska na tle rzeźby terenowej oraz badania wskazują, że złożo torfowe Jezioroko Dzikie posiada typ hydrologicznego zasilania topogeniczny podsiąkowy. Procentowy wskaźnik udziału powierzchni torfowiska w powierzchni całej zlewni wynosi 18,3, natomiast stosunek powierzchni całej zlewni poza torfowiskiem do obszaru torfowiska jest równy 4,48. Powierzchnia torfowiska wynosi 16,7 ha, w tym 5,2 ha przypada na jezioro. Typ torfowiska niski z enklawami o charakterze przejściowym. Typ złoża torfowego niski z przewagą torfu turzycowo-mszystego (*Cariceto-Bryaleti*), który zalega na całej długości transektu (brak strefowości poziomej). Poza wymienionym gatun-

kiem, w zdecydowanej mniejszości występują torfy: przejściowy *Sphagno-Cariceti*, wysoki *Eusphagneti* i niski *Cariceti*. Popielność w profilach wierceń nie przekracza 18%.

Na podstawie badań wodowskazowych stwierdzono, że zmiany poziomu lustra wody w jeziorach sąsiadujących z badanym torfowiskiem w przeciągu ostatnich 30 lat miały wpływ na jego szatę roślinną i tempo procesu torfotwórczego. Wartości rocznego przyrostu warstwy organicznej mieściły się w granicach od 0,52 do 2,29 mm/rok. Badania florystyczne wykazały występowanie zbiorowisk szuwarowych w strefie brzegowej jeziora z dominacją trzciny pospolitej (*Phragmites australis*), a miejscami kłoci wiechowatej (*Cladium mariscus*). W dalszej odległości układ roślinności ma charakter mozaikowy z przewagą gatunków niskotorfowiskowych i łąkowych oraz enklawami mchów torfowców (*Sphagnum cuspidatum*).

## Wnioski

1. Wykształcenie się torfu typu wysokiego w stropowej warstwie torfowiska, świadczy o lokalnym pojawieniu się zasilania o charakterze ombrogenicznym.
2. Zmiany w szacie roślinnej torfowiska w rozpatrywanym 30 letnim okresie czasu miały związek z podniesieniem poziomu wody w śródleśnych jeziorach.

## Literatura

- DEMBEK W., OŚWIT J. 1989. Niektóre aspekty roli mokradeł w gospodarce wodnej krajobrazu. Wiadomości Melioracyjne i Łąkarskie, 8-9, 159-161.
- CHURSKI Z. 1993. Zmiany hydrologiczne i przedstawienie obszarów podmokłych. [W:] Przemiany stosunków wodnych w Polsce w wyniku procesów naturalnych i antropogenicznych. Pr. zbior. red. I. Dynowska, Kraków, 206-210.
- NYC K. 1995. Ekologiczne konsekwencje melioracji wodnych w spojrzeniu meliorantów. [W:] Ekologiczne aspekty melioracji wodnych, red. L. Tomiałojć, Komitet Ochrony Przyrody PAN, Wyd. Ochrony Przyrody, Kraków, 13-25.
- ŻUREK S. 1990. Identyfikacja torfowisk topogenicznych. Informator IMUZ w Falentach, 21-24.
- RYCHARSKI M., PIÓRKOWSKI H. 2001. Wpływ warunków geologicznych i rzeźby terenu na zróżnicowanie siedlisk hydrologicznych w wybranych mezoregionach strefy starogłajalnej. W: Woda – Środowisko – Obszary wiejskie., 1, z specj. (3). Wyd. IMUZ, 23-36.

---

Krzysztof Lipka, Ewelina Zajac  
Katedra Rekultywacji Gleb i Ochrony Torfowisk,  
Akademia Rolnicza w Krakowie

Leszek Łabędzki

## OCENA CZĘSTOTLIWOŚCI SUSZ O RÓŻNYM CZASIE TRWANIA PRZY UŻYCIU WSKAŹNIKA STANDARYZOWANEGO OPADU SPI

### ESTIMATION OF DIFFERENT DURATION DROUGHT FREQUENCY USING THE STANDARDIZED PRECIPITATION INDEX SPI

#### Wstęp

Susza jest ekstremalnym zjawiskiem pogodowym, mającym charakter anomalii atmosferycznej, wywołanej brakiem opadów lub powtarzającymi się opadami mniejszymi niż średnie. Jest czasową powtarzającą się anomalią, odchyleniem od sytuacji normalnej. Pomimo niejednoznaczności i wieloaspektowości pojęcia suszy, jej definicje są jednak dość precyzyjne, a same susze wymierne ilościowo, jeśli poda się dokładne kryteria ich wyznaczania oraz metody, parametry lub wskaźniki detekcji, pomiaru, kwantyfikacji i oceny ich intensywności. W odniesieniu do suszy meteorologicznej, hydrologicznej, glebowej i rolniczej literatura podaje wiele wskaźników i parametrów [BYCZKOWSKI, MEYER, 1999, 2001; Drought..., 2000; ŁABĘDZKI, 2006; Monitoring..., 2005; VERMES, 1998]. Jednym z nich jest wskaźnik standaryzowanego opadu SPI, który zastosowano do oceny częstotliwości susz meteorologicznych o różnym czasie trwania. Stosując długoletni ciąg opadów z lat 1861-2006 z rejonu Bydgoszczy, dla każdego miesiąca kalendarzowego tego wielolecia obliczono wartości SPI dla 1-, 3-, 6-, 12-, 24- i 48-miesięcznej skali czasowej, a następnie obliczono liczbę susz o takim czasie trwania.

#### Wyniki

Liczba susz była różna dla różnej skali czasowej. Dla krótkich okresów wartości SPI zmieniały się często poniżej i powyżej zera. Dla dłuższych okresów SPI zmieniało się wolniej – okresy z ujemnymi wartościami SPI (co oznacza suszę) są mniej częste i trwają dłużej. Częstotliwość miesięcy, w których zidentyfikowano suszę dla skali czasowej, rozumianą jako stosunek liczby tych miesięcy do liczby okresów o czasie trwania 1, 3, 6, 12, 24 i 48 miesięcy, wyniosła około 30%.

Według zaproponowanego w pracy równania:

$$N_{i,100} = \frac{N_i}{i \cdot n} \cdot 100$$

gdzie:

$N_{i,100}$  – liczba susz dla skali czasowej  $i$  w 100 latach,  $N_i$  – liczba miesięcy z suszą dla skali czasowej  $i$  w  $n$  latach,  $i$  – skala czasowa (= 1, 3, 6, 12, 24, 48 miesiące),  $n$  – liczba lat w ciągu danych (= 146), liczba susz o różnym czasie trwania w 100 latach, wynosi od 8 dla suszy 48-miesięcznej do 360 dla suszy 1-miesięcznej (tab. 1).

**Tabela 1.** Liczba susz o różnym czasie trwania, na 100 lat

Czas trwania suszy (miesiące)	Klasa suszy			
	D1	D2	D3	Razem susze
1	276	48	36	<b>360</b>
3	90	17	12	<b>119</b>
6	46	8	6	<b>60</b>
12	24	5	2	<b>31</b>
24	11	2	1	<b>14</b>
48	6	1	1	<b>8</b>

D1 – susza umiarkowana, D2 – susza silna, D3 – susza ekstremalna

## Wnioski

Wyniki przeprowadzonej analizy pokazują przydatność wskaźnika standaryzowanego opadu SPI do wyznaczania częstotliwości susz meteorologicznych o różnym czasie trwania, będących wynikiem anomalii opadowych.

Dla lepszego zrozumienia i charakterystyki susz w obszarach rolniczych, powinny być stosowane dodatkowe wskaźniki dla oceny skutków suszy meteorologicznej. Należy zbadać inne wskaźniki w celu stworzenia systemu wskaźników, pod kątem ich przydatności do oceny suszy rolniczej w danym regionie.

## Literatura

- BYCZKOWSKI A., MEYER W. 1999. Objective criteria of hydrological droughts evaluation. Roczn. AR Poznań, CCCX, s. 369-381.
- Drought and drought mitigation in Europe. 2000. Pr. zbior. Red. J.V. Vogt, F. Somma. Dordrecht: Kluwer Acad. Publ. ss. 325.
- ŁABĘDZKI L. 2006. Susze rolnicze - zarys problematyki oraz metody monitorowania i klasyfikacji. Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie. Rozprawy Naukowe i Monografie nr 17 ss. 107.
- Monitoring and predicting agricultural drought. 2005. Pr. zbior. Red. V.K. Boken, A.P. Cracknell, R.L. Heathcote. Oxford: University Press. ss. 472.
- VERMES L. 1998. How to work out a drought mitigation strategy. An ICID Guide. Guidelines for Water Management. Bonn: DVWK nr 309 ss. 29.

---

Leszek Łabędzki  
Instytut Melioracji i Użytków Zielonych,  
Wielkopolsko-Pomorski Ośrodek Badawczy w Bydgoszczy

Grzegorz Pęczkowski, Wojciech Orzepowski,  
Tomasz Kowalczyk, Adam Bogacz

## ZMIENNOŚĆ STANU ZAGĘSZCZENIA PIASKU GLINIASTEGO POD WPŁYWEM ODDZIAŁYWANIA DESZCZY LETNICH

### VARIABILITY OF DENSITY OF CLAY SAND UNDER THE INFLUENCE OF SUMMER PRECIPITATION

#### Wstęp

Utrzymywanie dla roślin właściwych stosunków powietrznych, wodnych i cieplnych oraz przewidywanie skutków zabiegów uprawowych nie jest łatwe. Struktura gleb uprawnych podlega częstym zmianom. Zmiany zagęszczenia wywołane przejazdami oraz uprawkami nie zmieniają jednak struktury gleby na całej rozpatrywanej powierzchni i w całej objętości warstwy ornej. W rezultacie jednak są przyczyną przestrzennej zmienności parametrów fizycznych tej warstwy w porównaniu z warstwą nie uprawianą [BYSZEWSKI 1977].

Upowszechnia się przekonanie, że najdogodniejszym i najbardziej precyzyjnym wskaźnikiem tych stosunków w glebie jest jej gęstość objętościowa [UGGLA 1983]. Wielkość tej cechy jest jednak bardzo zróżnicowana i zmienna w czasie. Na gęstość gleby wpływa gatunek rośliny, a w szczególności resztki poźniwne i związana z tym aktywność fauny glebowej. Dostrzega się również znaczenie sposobu użytkowania i zmianowania roślin, a także zabiegów specjalnych. Można zmieniać gęstość gleby również poprzez nawożenie organiczne lub tylko azotowe, zabiegi melioracyjne i agromelioracyjne, na jej wpływ mają również inne czynniki takie jak działanie mrozu, nawilżanie czy wysychanie. Celem badań była ocena wpływu ekstremalnych warunków pogodowych – ulewnych deszczy letnich, na zmiany gęstości objętościowej gleby. Analizę przeprowadzono na podstawie istniejących wyników badań Instytutu Kształtowania i Ochrony Środowiska wykonanych w latach 1996-1997. Badania obejmują cztery wybrane poletka doświadczalne na zdrenowanych gruntach ornych w gminie Milicz.

#### Material i metody badań

Analizie poddano gleby położone na zdrenowanych gruntach ornych w gminie Milicz w miejscowości Borzynowo. Kompleks zaliczono do Zespołu Nadbaryckiego – kotlin i pradolin z przewagą gleb żytnich słabych i najslabszych. Są to piaski słabo gliniaste, piaski gliniaste i piaski luźne wytworzone z piasków wodnolodowcowych. Region ten położony jest na terenie dwóch jednostek fizjograficznych – Kotliny Żmigrodzkiej i Kotliny Milickiej.

Zgrupowane są tutaj prawie wyłącznie gleby piaszczyste w typie brunatnym. Region ten położony jest na terenie dwóch jednostek fizjograficznych – Kotliny Żmigrodzkiej i Kotliny Milickiej. Zgrupowane są tutaj prawie wyłącznie gleby piaszczyste o typie brunatnym.

Rozkład wielkości opadów atmosferycznych w okresie poprzedzającym wykonane analizy przyjęto w badaniach za normalny. W okresie od 4 do 19 lipca 1997 notowano opady atmosferyczne, których wydajność pozwoliła zaklasyfikować niektóre z nich w skali Chomicza do IV stopnia deszczu ulewnego. Przeanalizowano wpływ intensywności opadów atmosferycznych na zmiany zagęszczenia wykonując oznaczenia gęstości objętościowej próbek glebowych. W wyniku analizy stwierdzono zmianę gęstości objętościowej wierzchnich warstw gleby. W wierzchnich poziomach w dwóch profilach, gęstość objętościowa była wyższa i wynosiła od 1,59 do 1,67 g·cm<sup>-3</sup> (przed wystąpieniem opadu 1,37 i 1,54 g·cm<sup>-3</sup>). Z punktu widzenia wydajności deszczu, największe znaczenie miały opady dobowe notowane 16, 18 i 19 lipca wynoszące odpowiednio 23, 44 i 40 mm. Z literatury przedmiotu powszechnie wiadomo, że niekorzystny wpływ intensywnego opadu na strukturę gleby występuje tym silniej, im szata roślinna ma mniejszą zwartość, czyli najsilniej na glebach świeżo zaoranych, a słabiej w zbożach. Tym samym zmienia się również nie tylko gęstość objętościowa, lecz także zmniejsza się porowatość gleby [CIEŚLIŃSKI i inni 1997].

## Wnioski

W wyniku przeprowadzonej analizy piasków pylastych, glin lekkich pylastych czy glin średnich, stwierdzono:

1. wzrost gęstości objętościowej w zakresie od kilku do nieco ponad 10%, a w przypadku głębiej położonych stref obserwowano trwalszy efekt zagęszczenia gleby.
2. zmiany gęstości objętościowej, mogły być również w niewielkim stopniu przyczyną innych czynników naturalnych, takich jak temperatura w okresie zimowym, czy czynników antropogenicznych jak np. stosowane nieco inne uprawki mechaniczne.

## Literatura

- BYSZEWSKI W., HAMAN J., 1977: Gleba-maszyna-roślina. PWN, W-wa.  
CIEŚLIŃSKI Z., KOSTRZEWA S., MIATKOWSKI Z., SOBKÓW CZ., SZAFRAŃSKI CZ., 1997: Agromelioracje w kształtowaniu środowiska rolniczego. Praca zbiorowa.  
UGGLA H.: Gleboznawstwo Rolnicze. PWN, W-wa 1983.

---

Grzegorz Pęczkowski, Wojciech Orzepowski, Tomasz Kowalczyk  
Instytut Kształtowania i Ochrony Środowiska,  
Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu

Adam Bogacz  
Instytut Gleboznawstwa i Ochrony Środowiska Rolniczego,  
Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu



Grzegorz Pęczkowski, Maria Strzelczyk

## **WPLYW CZYNNIKÓW FIZJOGRAFICZNYCH NA DYNAMIKĘ ZMIAN WIELKOŚCI ODPLYWU W SUDETACH ŚRODKOWYCH**

### **THE INFLUENCE OF PHYSIOGRAPHIC FACTORS ON DYNAMICS OF CHANGES OF RUN OFF VALUES IN THE MIDDLE SUDETY**

#### **Wstęp**

Tereny górskie i podgórskie stanowią około 8 % powierzchni Polski, z tego blisko 1/3 stanowią Sudety wraz z Przedgórzem Sudeckim. Zasilenie w wodę gleb górskich jest złożone. Oprócz zasilania opadami atmosferycznymi systemy drenarskie są alimentowane wodami obcymi; wsięgowymi lub napływającymi powierzchniowo. Napływ wód obcych pod względem ilościowym jest często trudny do sprecyzowania. Badania przeprowadzone przez innych autorów [KUREK 1982, SOLARSKI 1973] w zróżnicowanych warunkach terenowych, glebowych i fizjograficznych, potwierdzają szczególny wpływ rzeźby terenu oraz rodzaju zasilania na wielkość wskaźnika odpływu. Celem opracowania była analiza dynamiki zmienności odpływu z uwzględnieniem rodzaju zasilania oraz wielkości i rozkładu opadów. Analizie poddano 11-letni okres badań (1991/92-2001/02) przeprowadzonych na obiekcie Stare Bogaczowice.

#### **Metodyka i omówienie wyników**

Badania hydrologiczne odpływów drenarskich prowadzono w Sudetach Środkowych na pograniczu Pogórza Bolkowsko – Wałbrzyskiego i Gór Wałbrzyskich [Kondracki, 1994].

Obiekt badawczy stanowią grunty orne położone na wysokości ok. 435–465 m n.p.m. na o spadkach terenu 6–9,2 %, północno-wschodniej wystawie stoków, na powierzchni blisko 20 ha. Na obiekcie występują gleby pseudobielicowe wytworzone z glin ciężkich niekiedy średnich pylastych. Po wykonaniu drenowania na badanym obszarze uprawiane są zboża, kukurydza i mieszanki pastewne. Pod względem klimatycznym obiekt badawczy znajduje się w przedgórskim regionie pluwiotermicznym na pograniczu regionu wałbrzyskiego [Schmuck, 1959]. Średnia suma opadów rocznych dla wielolecia wynosi 655 mm, z czego na okres półrocza letniego przypada 427 mm (65 %).

Analizie poddano 10 działów drenarskich zróżnicowanych pod względem rozstawy (11 i 22 m) i położenia w rzeźbie terenu. Pomiaru objętości odpływu z działów drenarskich prowadzono przy pomocy naczynia podstawianego.

Bez względu na zastosowaną rozstawę urządzeń odwadniających oraz rodzaj zasilania rozkład odpływu jest podobny. Roczne wskaźniki w działach zasilanych wodami obcymi są wyższe nawet o 60% niż w działach bez takiego zasilania. Zarówno w całym roku hydrologicznym jak i poszczególnych okresach wielkość wskaźników odpływu w działach o rozstawie normatywnej była większa niż w działach o rozstawie podwojonej, natomiast zróżnicowanie w ilości wody odprowadzanej przez systemy o różnej rozstawie było uwidocznione w grupie działów zasilanych. Analiza wykazała ponadto, że odpływy półrocza zimowego są zdecydowanie wyższe niż półrocza letniego i one z reguły decydują o wielkości wskaźników rocznych. W półroczach zimowych średni z 10 działów wskaźnik odpływu był prawie czterokrotnie wyższy niż w półroczu letnim. Znaczną część odpływu półrocza zimowego stanowił okres roztopowy II–IV.

## **Wnioski**

W 11-letnim cyklu badawczym zaobserwowano istotny wpływ czynników meteorologicznych i ukształtowania terenu na wielkość odpływu zarówno w roku hydrologicznym, jak i w poszczególnych okresach.

1. Rozkład odpływu na obiekcie w Starych Bogaczowicach bez względu na zastosowaną rozstawę był podobny.
2. O wielkości rocznych wskaźników odpływu, w głównej mierze decydowały odpływy półrocza zimowego, a średni wskaźnik odpływu był w tym przypadku prawie czterokrotnie wyższy niż w półroczu letnim.
3. Znaczącą część odpływu półrocza zimowego stanowiły odpływy okresu roztopowego luty-kwiecień.

## **Literatura**

- KONDRACKI J.(1994): Geografia Polski. Mezoregiony fizyczno-geograficzne. PWN, Warszawa
- KUREK S., 1991: Ocena wpływu drenowania użytków rolnych na stosunki hydrologiczne zlewni karpackich na przykładzie pięciu zlewni. Rozprawy, IMUZ, Falenty.
- SOLARSKI H., 1973. Charakterystyka odpływu wód z sieci drenarskiej na Pojezierzu Mazurskim. Wiad. IMUZ, t. XI, z.2.
- SCHMUCK A.(1959): Regiony pluwiotermiczne. Zarys rejonizacji przyrodniczo-rolniczej w województwie wrocławskim. Wydawn.Prez., Wojew.Rady Narod.we Wrocławiu, 7-23.

---

Grzegorz Pęczkowski  
Instytut Kształtowania i Ochrony Środowiska,  
Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu

Maria Strzelczyk  
Instytut Melioracji i Użytków Zielonych,  
Oddział we Wrocławiu

Grzegorz Pęczkowski, Wiesław Szulczewski

## **WPŁYW PARAMETRYZACJI OŚRODKA GRUNTOWEGO NA ROZKŁAD UWILGOTNIENIA W TERENACH PODGÓRSKICH**

### **THE INFLUENCE OF PARAMETERIZATION OF A GROUND CENTRE ON MOISTURE DISTRIBUTION IN SUB MOUNTAIN AREA**

#### **Wstęp**

Podstawowym problemem w badaniach eksperymentalnych mających na celu opracowanie modelu w możliwie dokładny sposób symulującego przebieg procesów hydrologicznych, jest określenie parametrów występujących w ich opisie. Zaliczyć do nich można m.in. cechy fizjograficzne zlewni, geometria profilu glebowego, parametry ośrodka glebowego. W pracy poddano analizie proces przepływu wody w ośrodku porowatym w rejonie podgórskim. Tereny te, ze względu na swą różnorodność sprawiają najwięcej problemów, gdyż na stosunkowo niewielkim obszarze występuje duże zróżnicowanie rodzaju gruntu, położenia warstwy nieprzepuszczalnej, miąższości ośrodka porowatego, itp. Dokładne rozpoznanie cech hydrologicznych takiego obszaru jest praktycznie niemożliwe, dlatego istotne znaczenie ma badanie wpływu, z konieczności ekstrapolowanych, cech hydrologicznych na otrzymywane wyniki. W pracy modelowanie procesów przepływu wody w nienasyconym ośrodku porowatym zostało zrealizowane przy pomocy równania Richardsa, odpowiedniku ciśnieniowym równania Fokkera-Plancka. W przeprowadzonych badaniach rozpatrywany jest ośrodek niejednorodny, wielowarstwowy. Celem pracy jest budowa modelu przepływu wody w ośrodku porowatym i analiza wpływu doboru parametrów ośrodka glebowego dla utworów słabo przepuszczalnych w warunkach zmiennych form mikroreliefu.

#### **Metodyka badań**

Do przeprowadzenia badań wykorzystano dane z obiektu Stare Bogaczowice (16° 11' E; 50° 52' N) położonego w rejonie Sudetów Środkowych. Zlewnia obiektu jest usytuowana na wysokości 400-500 m n. p. m. Spadki terenu są duże i wynoszą do 84%. Powierzchnię tej zlewni zajmują głównie pola orne odwadniane za pomocą drenowania systematycznego. Obiekt znajduje się w przedgórskim regionie pluwiotermicznym. Roczna suma opadów z wielolecia wynosi 655 mm, a średnia temperatura 7.3°C. Gleby obiektu to głównie utwory pseudobielicowe, wytworzone z glin stokowych i eluwialnych na wychodniach osadowych, na ogół o składzie granulometrycznym glin ciężkich i średnich z dość znaczną zawartością szkieletu. Profile zalegają dość płytko na rumoszu skalnym. Na obiekcie roz-

poznano dość szczegółowo warunki dotyczące geometrii profilu glebowego, parametrów retencyjności. W analizowanym okresie od kwietnia do września 2005r. pomierzono w trzech punktach badanego przekroju (na brzegu i w rejonie środkowym) poziomy wody gruntowej oraz uwilgotnienie w warstwach do głębokości jednego metra. Jednocześnie dla określenia wielkości parowania systematycznie prowadzono pomiary elementów meteorologicznych, a także natężenie i wielkość opadu. Powyższe dane umożliwiły określenie warunków brzegowych koniecznych do realizacji symulacji modelowych procesu przepływu wody oraz porównania z rozkładami wilgotności uzyskanymi z obliczeń. Podstawą opracowanego modelu jest dwuwymiarowe równanie Richardsa opisujące ruch wody w glebie zarówno w strefie aeracji jak i saturacji. Występujące w tym zagadnieniu parametry funkcyjne charakteryzujące rodzaj gleb określono na podstawie składu granulometrycznego, korzystając z opracowanych w literaturze przedmiotu zależności funkcyjnych wilgotności objętościowej od ciśnienia ssącego i przewodności hydraulicznej [KOWALIK 2001]. Do przybliżonego rozwiązania powyższego zagadnienia zastosowano metodę elementów skończonych [ZIENKIEWICZ 1972, SZULCZEWSKI 2003, ZARADNY 1990].

## Podsumowanie

Przeprowadzone symulacje komputerowe przepływu wody w rozpatrywanym przekroju w sposób znaczący zależały od przyjmowanej *a priori* (na podstawie znajomości tylko trzech przekrojów) warstwowości profilu. W wyniku wielu powtórzeń uzyskano taki dobór tych parametrów, który realizował w sposób zadawalający dopasowanie pomierzonych wartości uwilgotnienia z rozkładem teoretycznym w zadanym punkcie przekroju. Dodatkowo otrzymane rezultaty symulacji, dla różnych układów parametrów porównano z wartościami pomierzonymi. Przyjęto następujące miary charakteryzujące występujący błąd przybliżenia: współczynnik korelacji oraz względny błąd całkowity jako szczególnie istotny dla zachowania bilansu wodnego.

## Literatura

- KOWALIK P., 2001. Ochrona środowiska glebowego. PWN, Warszawa: 248ss.  
SZULCZEWSKI W. 2003 Modelowanie migracji zanieczyszczeń w nienasyconych gruntach i glebach. Zeszyty Naukowe Akademii Rolniczej we Wrocławiu, nr 466: 112 ss.  
ZARADNY H., 1990. Matematyczne metody opisu i rozwiązań zagadnień przepływu wody w nienasyconych i nasyconych gruntach i glebach. PAN, IBW Gdańsk.  
ZIENKIEWICZ O.C. 1972. Finite Element Method. Arkady, Warszawa.

---

Grzegorz Pęczkowski  
Instytut Kształtowania i Ochrony Środowiska, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu

Wiesław Szulczewski  
Katedra Matematyki, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu

Bogusław Podolski

## **FUNKCJA GLEBOCHRONNA LASÓW I ZADRZEWIEŃ ŚRÓDPOLNYCH A PLOWANIE UPRAW**

### **PROTECTIVE FUNCTION OF FIELD AFFORESTATIONS VERSUS THEIR INFLUENCE ON CROP YIELD**

#### **Wstęp**

W nauce prezentowany jest pogląd, że zadrzewienia oddziałują korzystnie zarówno na mikroklimat, ochronę gleb jak i plonowanie roślin. Jednak w bezpośrednim sąsiedztwie drzew obserwuje się negatywne ich oddziaływanie na plonowanie, co szczególnie uwidacznia się na terenach urzeźbionych, o glebach podlegających procesom erozji. Ważne i zatem interesujące wydaje się wyznaczenie skali zmienności plonu zbóż w zależności od odległości od drzew oraz kierunku uprawy i spadku pola [Józefaciuk i inn. 1993, Orlik i Węgorzek 1996]. Poznanie takich parametrów poszerzy wiedzę o wpływie zadrzewień śródpolnych na sąsiadujące z nimi rośliny uprawne oraz umożliwi przewidywanie skutków wprowadzania zadrzewień, traktowanych jako zabieg fitomelioracyjny [Józefaciuk i in. 1993]. Obecne tendencje w użytkowaniu gruntów wskazują na marginalizację z uprawy gleb lekkich, a w szczególności podlegających erozji, co prowadzi do ich zalesienia bądź zadrzewiania [Kulik i in. 1959, Tromp 1971, Woch 1996].

Badania prowadzono na Wyżynie Lubelskiej. Badano wpływ zadrzewień śródpolnych na plony zbóż ozimych na gruntach uprawnych (less) przylegających bezpośrednio do zadrzewień, o wielkości spadków 8 - 10% i poprzecznostokowej uprawie. Określono, zmiany wielkości i struktury plonów różnych gatunków zbóż ozimych w zależności od odległości od zadrzewień. Strukturę żłobinową erozji wodnej powierzchniowej rejestrowano w kolejnych odległościach od zadrzewienia. Miejsca pobierania prób oraz strukturę plonu wyznaczono wg metodyki przyjętej w IUNG PIB [Woch 1996].

#### **Wyniki i dyskusja**

Badania wykazały, że szerokość strefy pola o istotnej obniżce plonu zbóż ozimych zależała od wysokości sąsiadujących drzew oraz od gatunku rośliny zbożowej i wynosiła średnio jednokrotną wysokość drzew w przypadku pszenicy i od półtoręj do dwukrotnej wysokości drzew w przypadku żyta. We wszystkich przypadkach plon ziarna był najniższy w strefie bezpośredniego styku pola uprawnego z zadrzewieniem, a obniżka plonu sięgała od 90% do 40% wielkości plonu poza zasięgiem oddziaływania drzew. Komponenty plonu

w bezpośrednim sąsiedztwie zadrzewienia ulegają dużej redukcji i zależą od gatunku zboża i odległości strefy pola od drzew. Rejestracja zjawisk erozyjnych na zboczach pól wykazała niewielkie występowanie zjawisk erozji wodnej w strefie pól od skraju do jednokrotnej wysokości drzew, natomiast w dalszych odległościach zjawisko degradacji erozyjnej powierzchni pól nasilało się. Erozję wodną żłobinową ograniczały ślady po kołach maszyn rolniczych oraz międzyrzędzia roślin co jest pozytywnym efektem poprzecznostokowej uprawy roli.

## Wnioski

Sąsiedztwo drzew ujemnie oddziaływało na plon w przypadku drzew wysokich od jednej (pszenica) do półtorej krotności ich wysokości (żyto), a w przypadku drzew niskich ograniczało się do 1-ej krotności ich wysokości. Plon zbóż w bezpośrednim zasięgu drzew jest determinowany ich wysokością oraz zależy od gatunku zboża i jakości gruntów uprawnych. Obniżka plonowania w pasie do 1m do połowy wysokości sąsiadujących z uprawą drzew kształtowała się w granicach od 90 do 40% (żyto) lub od 90 do 48% (pszenica) w stosunku do poziomu plonowania poza zasięgiem oddziaływania zadrzewienia. Obniżona obsada kłosów oraz gorsze wypełnienie ziaren (mniejsze MTZ) w strefie przyzadrzewieniowej było przyczyną niskiego plonu zbóż.

Większe nasilenie erozji wodnej powierzchniowej na polach z pszenicą, mniejsze w przypadku żyta jest spowodowane głównie gorszym pokryciem powierzchni gleby (gorsze krzewienie) przez pszenicę w stosunku do żyta. Poprzecznostokowa uprawa roli w znacznym stopniu ogranicza przemieszczanie gleby ponieważ deponowana jest w międzyrzędziach oraz w zagłębieniach po technologicznych przejazdach kół maszyn i narzędzi rolniczych.

## Literatura

- JÓZEFACIUK A., PILISZCZUK K., LEKAN SZ., TAŁAŁAJ ZB., WĘGOREK T. 1993. *Ocena wpływu zadrzewień klimatyczno-melioracyjnych na Żuławach Gdańskich na plonowanie roślin rolniczych*. Maszynopis IUNG Badania Puławy, ss. 23
- KULIG L., NOWAK M., SMÓLSKI S., ZOLL F. 1959. *Zasady ustalania granic między użytkami rolnymi i leśnymi*. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., 19: 3-36.
- ORLIK T., WĘGOREK T. 1996. *Plonowanie pszenicy ozimej w sąsiedztwie zadrzewienia na glebach lessowych*. Wyd. IUNG – AR w Lublinie – UMCS w Lublinie, K(11/1), cz. I: 57-64.
- TROMP H. 1971. *Der Wald als Element der Infrastruktur*. *Schweizerische Z. f. Forstwesen*, 11: 6-14.
- WOCH F. *Wytyczne do projektowania granicy rolno-leśnej*, Maszynopis powielany. IUNG Puławy, 1996: 35.

---

Bogusław Podolski

Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa – Państwowy Instytut Badawczy

Daniel Szejba, Jan Szatyłowicz

## **PORÓWNANIE METOD OBLICZANIA EWAPOTRANSPIRACJI POTENCJANEJ UŻYTKÓW ZIELONYCH NA PRZYKŁADZIE DOLINY BIEBRZY**

### **THE COMPARISON OF GRASSLAND POTENTIAL EVAPOTRANSPIRATION ESTIMATION METHODS ON EXAMPLE OF BIEBRZA RIVER VALLEY**

Zagadnienie potrzeb wodnych roślin ma bardzo istotne znaczenie dla gospodarowania wodą na obiektach nawadnianych. W związku z tym bardzo ważnym zadaniem jest właściwe rozpoznanie i przewidywanie ilości wody potrzebnej na danym obszarze do podtrzymania funkcji asymilacyjnych roślinności. Ocena ilościową zasobów wodnych na danym obiekcie można przeprowadzić w oparciu o bilans wodny, którego podstawowymi elementami są opady i ewapotranspiracja. Wielkości ewapotranspiracji można uzyskać z pomiarów lizymetrycznych, które z racji tego, że wymagają drogiej aparatury i pracochłonnych pomiarów nie mogą być powszechnie stosowane. W związku z tym powstało wiele metod obliczania ewapotranspiracji opartych na równaniach fizycznych, empirycznych lub fizyczno-empirycznych, w których wielkość ewapotranspiracji uzależniona jest od innych standardowo mierzonych wielkości. Penman w 1948 roku przedstawił metodę wyznaczania ewapotranspiracji potencjalnej jako iloczynu współczynnika roślinnego, określonego dla danej rośliny i jej fazy rozwojowej i ewapotranspiracji wskaźnikowej [Łabędzki i in. 1996]. Ewapotranspirację wskaźnikową wyznaczył on jako ewaporację ze swobodnej powierzchni wody. Obecnie zalecaną i najczęściej stosowaną w Polsce metodą obliczania ewapotranspiracji wskaźnikowej jest wzór Penmana w modyfikacji francuskiej. Jednak w metodzie tej wymagana jest znajomość takich średnich dobowych danych meteorologicznych, jak: temperatura powietrza, wilgotność względna powietrza, zachmurzenie lub usłonecznienie oraz prędkość wiatru mierzona na wysokości 10 m. W wielu przypadkach wykorzystanie tej metody do obliczenia ewapotranspiracji staje się bardzo utrudnione lub wręcz niemożliwe, kiedy brakuje pomiarów chociażby jednej w wymienionych danych meteorologicznych. Alternatywą do metody Penmana może być opracowana również w 1948 roku, powszechnie stosowana w USA metoda Thornthwaite'a [Byczkowski 1979, Skaags 1980, Newman 1981]. Metoda ta pozwala określić ewapotranspirację potencjalną na podstawie takich danych klimatycznych, jak: temperatura powietrza oraz długość dnia, która warunkuje dopływ energii słonecznej.

W niniejszej pracy obliczono metodami Penmana i Thornthwaite'a miesięczne wartości ewapotranspiracji potencjalnej dla okresu wegetacyjnego, w wieloletniu 1998–2004. Celem tych obliczeń było znalezienie zależności statystycznej pomiędzy wartościami

ewapotranspiracji obliczanej metodą Thornthwaite'a, a wartościami obliczanymi metodą Penmana. Do celów obliczeniowych przyjęto historyczne dane meteorologiczne dla stacji meteorologicznej Biebrza. Ewapotranspirację potencjalną obliczono dla ekstensywnych użytków zielonych w Środkowym Basenie rzeki Biebrzy.

Otrzymane z obydwóch metod wartości ewapotranspiracji potencjalnej poddano analizie regresji i korelacji. Pomiedzy ewapotranspiracją wg metody Thornthwaite'a, a ewapotranspiracją wg metody Penmana znaleziono zależność liniową, dla której współczynnik determinacji ( $R^2$ ) wyniósł 77 %. Na podstawie przeprowadzonych obliczeń stwierdzono, że generalnie dla całego okresu wegetacji wyższe wartości ewapotranspiracji potencjalnej otrzymuje się z metody Thornthwaite'a.

## Podsumowanie i wnioski

Rozpatrując średnie wartości z poszczególnych miesięcy okresu wegetacji można zauważyć, że metoda Thornthwaite'a w stosunku do metody Penmana przeszacowuje wielkości ewapotranspiracji potencjalnej dla miesięcy od czerwca do sierpnia (odpowiednio o 17, 25 i 16 mm). Natomiast dla miesięcy: kwiecień, maj i wrzesień obserwuje się bardzo zbliżone średnie wartości ewapotranspiracji potencjalnej obliczone wg metody Thornthwaite'a, w stosunku do metody Penmana. Różnice wynoszą odpowiednio: -8, -9 i 6 mm.

## Literatura

- BYCZKOWSKI A., 1979. Hydrologiczne podstawy projektów wodnomelioracyjnych przepływy charakterystyczne. *Państwowe Wydawnictwo Rolnicze i Leśne*. Warszawa: 50–53.
- ŁABĘDZKI L., SZAJDA J., SZUNIEWICZ J. 1996. Ewapotranspiracja upraw rolniczych – terminologia, definicje, metody obliczania. *Materiały Informacyjne IMUZ*: 1 - 7.
- NEWMAN J.E., 1981. Weekly Water Use Estimates by Crops and Natural Vegetation in Indiana. *Station Bulletin No. 344, Department of Agronomy, Agricultural Experimental Station Purdue University*. West Lafayette, Indiana: 1–2.
- SKAGGS R.W., 1980. Drainmod Reference Report. *U.S. Department of Agriculture, Soil Conservation Service, North Carolina State University*. Raleigh, North Carolina: 19–23.

---

Daniel Szejba, Jan Szatyłowicz  
Katedra Kształtowania Środowiska, SGGW Warszawa



Tamara Tokarczyk, Wojciech Jakubowski, Anna Bogusz

## **RYZIKO WYSTĄPIENIA EKSTREMALNYCH SUSZ W DORZECZU GÓRNEJ ŚRODKOWEJ ODRY**

### **THE RISK OF HYDROLOGICAL DROUGHT OCCURENCE IN THE UPPER AND MIDDLE Odra RIVER BASIN**

Susze, które w ostatnich latach nawiedziły obszar Polski zwiększyły zainteresowanie problematyką w odniesieniu do sfery przyrodniczej, rolniczej, społecznej a także ekonomicznej. Dodatkowo zwiększające się ciągle zapotrzebowania na wodę dla ludności, przemysłu i rolnictwa, przy stosunkowo małych zasobach wodnych kraju, jest istotnym problemem, a pojawiające się okresowo susze i posuchy w różnych porach roku powodują zakłócenie naturalnego bilansu wodnego danego obszaru.

Dynamika procesów fizycznych zachodzących w atmosferze i hydrosferze wynika nie tylko z oddziaływania czynników naturalnych, ale również czynników antropogenicznych. Skutkiem tego są obserwowane zmiany podstawowych parametrów hydrologicznych i meteorologicznych wpływających na relacje między składowymi procesami cyrkulacji wody i między pozostałymi elementami środowiska. Studia z zakresu ekstremalnych zjawisk, jakim są susze, obejmujące różne skale przestrzenne i czasowe stanowią podstawę do oceny ryzyka ich wystąpienia.

W pracy charakteryzuje się suszę w odniesieniu do przepływów w rzekach, zatem analizie poddano suszę hydrologiczną. Zjawisko suszy hydrologicznej odnosi się do obszaru zlewni, która odzwierciedlona jest w rzekach w postaci niżówek. Jako niżówkę przyjmujemy okres, w którym przepływy w rzece są równe i niższe od przyjętego przepływu granicznego  $Q_{g,n}$  [OZGA-ZIELIŃSKA, BRZEZIŃSKI 1997]. Przepływ graniczny niżówki  $Q_0$  wyznaczono na podstawie analizy rocznych krzywych opadania, jako kwantyl 25% ( $Q_{0,25}$ ).  $Q_0$  odpowiada punktowi na krzywej opadania, w którym zachodzi zmiana zasilania z powierzchniowego na podziemne [TOKARCZYK, JAKUBOWSKI 2006].

Dla wybranych zlewni badawczych zostały wyznaczone niżówki roczne oraz z okresu letniego, ich objętości oraz czasy trwania na podstawie codziennych przepływów. Do określenia prawdopodobieństwa nieprzekroczenia zastosowano dwuwymiarowy uogólniony rozkład Pareto  $F(d, t) = P(D \leq d, T \leq t)$ , gdzie  $D$  oznacza deficyt, a  $T$  czas trwania niżówki [JAKUBOWSKI 2006]. Spośród ośmiu nieznanymi parametrów rozkładu sześć wyestymowano metodą największej wiarygodności, pozostałe dwa – związane z określeniem progów odcinających nieistotne z punktu widzenia rozkładu maksimumów niżówki – poprzez maksymalizację współczynnika korelacji  $\rho(D, T)$ . Dobroć dopasowania testowano testem zgodności  $\chi^2$ . We wszystkich badanych przykładach nie było podstaw do odrzucenia hipotezy o zgodności obserwowanych charakterystyk niżówek z rozkładem teoretycznym. Obliczenia zostały wykonane przy pomocy następczej wersji programu NIZOWKA [JAKUBOWSKI, RADZUK 2004].

Z analizy materiału wynika, że w większości badanych zlewni niżówka ekstremalna pochodzi z okresu letniego, ale w 4 przypadkach, tj.: zlewni Nysy Kłodzkiej do wod. Międzyzylesie, zlewni Bystrzycy do wod. Bystrzyca Kłodzka, zlewni Bystrzycy Dusznickiej do wod. Szalejów Dolny oraz zlewni Białej Głucholańskiej do wod. Głucholazy maksymalna obserwowana niżówka nie jest letnią. Pozwala to, na założenie, że ryzyko wystąpienia suszy hydrologicznej można ocenić na podstawie prawdopodobieństwa nieprzekroczenia deficytu dla okresu letniego.

Do oceny ryzyka wystąpienia suszy hydrologicznej przyjęto niżówkę o prawdopodobieństwie nieprzekroczenia deficytu  $ppD_v = 0,9$ . Następnie określono intensywność niżówek, która jest stosunkiem wielkości deficytu do czasu jej trwania, dla niżówek ekstremalnych oraz dla niżówek o prawdopodobieństwie nieprzekroczenia deficytu na poziomie 0,9. Ponadto obliczono współczynnik niedoboru, który odpowiada stosunkowi  $D/A$  i wskazuje na niedobór warstwy wody wyrażonej w mm w całej zlewni. Wielkości te zostały podzielone na 5 klas od 0 do 250 mm.

## Podsumowanie i wnioski

Największe ryzyko wystąpienia suszy hydrologicznej w Kotlinie Kłodzkiej występuje w zlewni Białej Łądeckiej do przekroju wodowskazowego w Łądku Zdroju, natomiast w zlewni Łomnicy do przekroju Łomnica jako zlewni cząstkowej górnego Bobru. Tak przedstawione ryzyko w formie współczynnika niedoboru na mapie daje szybkie porównanie między zlewniami oraz może stanowić doskonałe narzędzie w procesie decyzyjnym.

## Literatura

- JAKUBOWSKI W., RADZUK L. 2004. Program Nizowka2003 w "Hydrological drought processes and estimation methods for streamflow and groundwater" pod edycją Tallaksen L. M. oraz van Lannen H.A.J. Developments in Water Science, 48. Amsterdam, Elsevier Science;
- JAKUBOWSKI W., 2006. *An application of the Bivariate Generalized Pareto Distribution for the probabilities of the low flow extremes estimation*. Hydrol. Earth Syst. Sci. Discuss, 3, 859-893;
- WOLANIN J., 2004. *Wybrane zagadnienia zarządzania ryzykiem*. W: Mapy terytorialnego rozkładu ryzyka, Wyd. Politechnika Warszawska, Szkoła Główna Służby Pożarniczej. Warszawa.
- TALLAKSEN L. M., VAN LANEN H. A. J., 2004, *Hydrological Drought, Processes and estimation methods for streamflow and groundwater*, ELSEVIER.
- OZGA-ZIELIŃSKA M., BRZEZIŃSKI J., 1997. *Hydrologia stosowana*, Wyd. Naukowe PWN. Warszawa.
- OZGA-ZIELIŃSKA M. i in., 2003. *Powodziogenność rzek pod kątem bezpieczeństwa budowli hydrotechnicznych i zagrożenia powodziowego*. Materiały Badawcze IMGW Nr 29, Seria Hydrologia i Oceanologia. Warszawa.
- TOKARCZYK T., DUBICKI A., KUPCZYK E. SULIGOWSKI R., 2005. *Assessment of drought potential risk for Upper and Middle Odra Watershed*, EGU, Vienna, Austria 24-29 April 2005, www.copernicus.org/EGU.
- TOKARCZYK T., JAKUBOWSKI W., 2006. *Temporal and spatial variability of drought In mountain catchemnts of Nysa Kłodzka basin*. IAHS Publication 308, ISSN 0144-7815, ss139-144, Wallingford UK.

---

Tamara Tokarczyk, Anna Bogusz.  
Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej, Oddział we Wrocławiu  
Wojciech Jakubowski,  
Katedra Matematyki, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu

**OCHRONA WÓD I GLEB ORAZ PROCESY  
EROZYJNE I REKULTYWACJA**



Anna Baryła, Edward Pierzgalski, Paweł Jodłowski

## OKREŚLANIE STRAT GLEBY WSKUTEK EROZJI WODNEJ

### ESTIMATION OF SOIL LOSSES THROUGH WATER EROSION

#### Wstęp

Empiryczny pomiar ilości zmywanej przez spływającą po stoku wodę jest czynnością stosunkowo prostą, lecz wymaga odpowiedniego oprzyrządowania i środków finansowych na wykonywanie pomiarów terenowych i badań laboratoryjnych. Istotną wadą doświadczeń empirycznych jest ponadto trudność w wykorzystaniu wyników pomiarów do analizy zjawisk erozyjnych w innych warunkach środowiskowych niż występujących na powierzchni doświadczenia. W celu uniknięcia tych wad opracowano wiele modeli erozyjnych, których podstawą są zależności empiryczne lub równania teoretyczne opisujące poszczególne procesy zachodzące w trakcie erozji wodnej. Ciągłym aktualnym problemem jest dobór i ocena przydatności modeli erozyjnych do rozwiązania podejmowanego problemu.

W artykule przedstawiono wyniki pomiarów ilości zmywanej gleby oraz porównano je z wynikami obliczeń za pomocą Uniwersalnego Równania Strat Glebowych (USLE) oraz modelu WEPP (Wischmeier, Smith 1978, Laflen i in. 1991). Pomiary terenowe wykonano w okresie 2000-2002 na terenie Rolniczego Zakładu Doświadczalnego SGGW w Puczniewie. Powierzchnia badawcza składała się z trzech poletek o jednakowej szerokości 4 m i długościach 40 m, 60 m, 80 m. W górnej części poletek występowała glina średnia, natomiast w dolnej części glina lekka. Przez cały czas trwania doświadczenia poletka utrzymywano w czarnym ugorze, przed rozpoczęciem sezonu wegetacyjnego wykonywano spulchnienie gleby płytką orką.

#### Wyniki badań

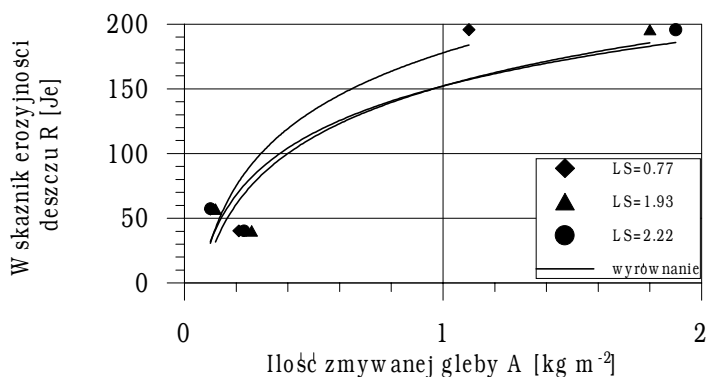
W okresie badań wystąpiły zróżnicowane warunki pogodowe. Znacząco różniły się od siebie w poszczególnych latach sumy opadów i ich natężenie. Największe zmywy wystąpiły w roku 2001, w którym opady były znacznie wyższe od wartości z wielolecia. Obliczony według równania USLE wskaźnik erozyjności deszczy  $R_r$  był największy w roku 2001 i wynosił 187,2. O tak wysokiej wartości wskaźnika erozyjności deszczy zdecydowały głównie opady o natężeniu  $> 60 \text{ mm h}^{-1}$ , które wystąpiły w tym roku dwukrotnie (25 lipca oraz 17 sierpnia). W pozostałych latach badań wskaźnik  $R_r$  był mniejszy niż w roku 2001 prawie siedmiokrotnie (rok 2000) i pięciokrotnie (rok 2002). Zróżnicowanie charakterystyk opadu zaważyło na wielkościach zmywanej gleby. W latach o mniejszych opadach jednostkowe

ilości zmywanej gleby z poszczególnych poletek były zbliżone do siebie. Znacząco natomiast różniły się od wartości pomierzonych w mokrym 2001 roku.

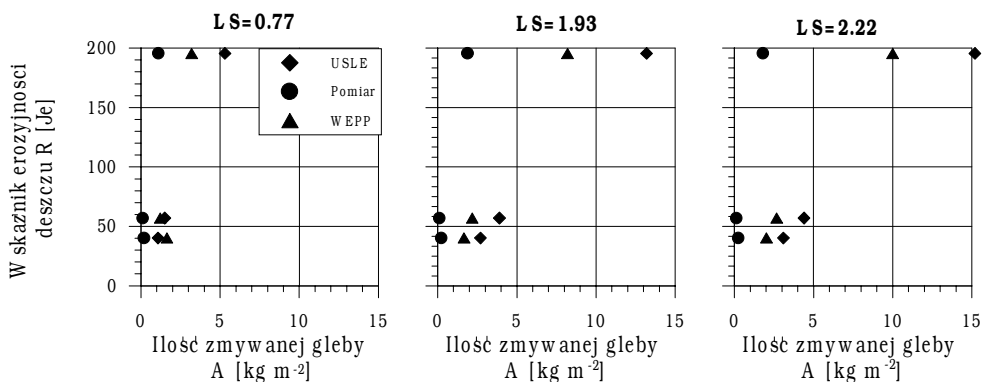
Roczne ilości zmytej gleby były następujące (odpowiednio na poletkach o długości 40, 60 i 80 m): w roku 2000 – 32,8 kg, 55,6 kg, 83,2 kg, w roku 2001 – 175 kg, 434 kg, 560 kg, a 2002 – 16,7 kg, 25,1 kg, 38,0 kg. Wielkości zmywów gleby w przeliczeniu na jednostkę powierzchni były następujące (odpowiednio na poletkach o długości 40, 60 i 80 m): w 2000 roku – 0,21 kg/m<sup>2</sup>, 0,23 kg/m<sup>2</sup>, 0,26 kg/m<sup>2</sup>, w 2001 roku – 1,1 kg/m<sup>2</sup>, 1,9 kg/m<sup>2</sup>, 1,8 kg/m<sup>2</sup>, a w 2002 roku – 0,1 kg/m<sup>2</sup>, 0,1 kg/m<sup>2</sup>, 0,12 kg/m<sup>2</sup>.

Na rys. 1 przedstawiono zależność ilości zmywanej gleby od wskaźnika erozyjności opadów dla poszczególnych poletek (różniących się wskaźnikiem LS).

Porównanie wyników pomiaru terenowych z wynikami obliczeń za pomocą równania USLE oraz modelu WEEP zilustrowano na rys. 2.



Rys. 1. Zależność ilości zmywanej gleby od wskaźnika erozyjności deszczu



Rys. 2. Porównanie wyników pomiarów z rezultatami obliczeń za pomocą równania USLE i modelu WEEP

Obliczone ilości zmywanej gleby za pomocą równania USLE i modelu WEPP były znacznie większe od wartości otrzymanych z pomiarów, rosnąc wraz z wielkością poletek. Przyczyn tak dużych różnic między wynikami doświadczalnymi i modelowymi należy poszukiwać w metodycy doboru poszczególnych parametrów w modelu. Bardzo istotny jest m.in. wskaźnik K odzwierciedlający odporność gleby na wymywanie. W równaniu USLE przy jego określaniu brana jest pod uwagę struktura, tekstura, przepuszczalność oraz zawartość substancji organicznych. Badania prowadzone przez Dębickiego i Rejmana (1998), a dotyczące m.in. wartości wskaźnika K, wykazały znaczne różnice pomiędzy wartościami określonymi eksperymentalnie i na podstawie nomogramu. Eksperymentalnie wyznaczony wskaźnik K okazał się być nawet 6-10 razy mniejszy w porównaniu do jego odczytów z nomogram.

## **Wnioski**

1. O ilości zmywanej gleby są pojedyncze zjawiska opadowe o natężeniu znacznie przekraczającym zdolności infiltracyjne gleby. Na powierzchniach badawczych roczne jednostkowe ilości zmywanej gleby wahały się w zależności od warunków opadowych w granicach od 0,1 do 1,9 kg/m<sup>2</sup>.
2. Porównanie wyników pomiarów terenowych z obliczonymi według równania USLE i modelu WEPP wykazało duże różnice między poszczególnymi metodami. Dowodzi to, że proces erozji wodnej jest niezwykle trudny do prognozowania, a zastosowanie modeli erozyjnych bez ich odpowiedniej kalibracji i weryfikacji jest mało miarodajne.

## **Literatura**

- DĘBICKI R., REJMAN J., 1990: Przewidywanie strat gleby w wyniku erozji wodnej. Problemy Agrofizyki nr 59, Instytut Agrofizyki w Lublinie.
- LAFLEN J. M., L.J LANE., G.R FOSTER. 1991: WEPP. A new generation of erosion prediction technology. Journal of Soil and Water Conservation, vol. 46:34-38.
- WISCHMEIER W.H., D.D SMITH., 1978: Predicting rainfall erosion losses. USDA Agric. Handbook No. 537, Washington D.C, 1-58.

---

Anna Baryła, Edward Pierzgalski, Paweł Jodłowski  
Katedra Kształtowania Środowiska, SGGW Warszawa

Daniel Garlikowski, Henryk Orzeszyna,  
Krzysztof Lejcuś, Andrzej Pawłowski

## PODATNOŚĆ NA DZIAŁANIE MROZU WYBRANYCH ODPADÓW Z SEKTORA GOSPODARCZEGO

### FROST HEAVE OF CHOSEN INDUSTRIAL WASTE MATERIAL

#### Wstęp

W ostatnim okresie coraz powszechniej stosuje się w budownictwie ziemnym grunty antropogeniczne znane jako odpady przemysłowe. Są to odpady pohutnicze, odpady powęglowe, odpady budowlane, popioły lotne, odpady poflotacyjne i inne. Ogromne ich ilości wbudowano ostatni w nasypy komunikacyjne, ale najprawdopodobniej bez zachowania należytej staranności przy ocenie ich właściwości fizycznych ze szczególnym uwzględnieniem badań podatności mrozowej. Autorzy postanowili dokonać takiej oceny wybranych odpadów przemysłowych. Badaniom wysadzinowości poddano popiół lotny o uziarnieniu pyłu piaszczystego i odpady budowlane o uziarnieniu pospółek gliniastych. Kryteria wysadzinowości pozwalają ustalić potencjalną możliwość tworzenia się wysadzin w gruncie, na podstawie jego cech fizycznych. Najczęściej kryteria te uwzględniają uziarnienie, kapilarność bierną, rzadziej panujące w terenie stosunki wodne i pochodzenie geologiczne gruntu. Do najbardziej znanych można zaliczyć kryterium Casagrande'a i Dückera, Beskowa, Wiłuna, Rolli i wiele innych [1, 4, 6, 7, 8]. Kryteria te są na tyle niejednoznaczne, że coraz powszechniejsze stają się kryteria pozwalające ocenić wysadzinowość gruntów na podstawie bezpośrednich testów laboratoryjnych. Transport and Road Research Laboratory [5] opracowało test pozwalający ocenić podatność gruntu na zamrażanie na podstawie przyrostu wysokości zamrażanych próbek.

#### Przyjęta metodyka badań wysadzinowości

Badania wysadzinowości odpadów wykonano w oparciu o test Transport and Road Research Laboratory [5]. Urządzenie do badania składa się ze szczelnej komory chłodzącej pozwalającej na utrzymanie w jej wnętrzu temperatury mrożenia na poziomie  $-17^{\circ}\text{C}$ . Badania mogą być prowadzone w tzw. otwartym lub zamkniętym systemie gruntowo-wodnym. Schemat opisanej aparatury przedstawiono w publikacji [2]. Badania prowadzone wg Testu TRRL trwają około 120 godzin tzn. w ciągu początkowych 24 godzin następuje rozruch urządzenia do osiągnięcia wymaganej temperatury  $-17^{\circ}\text{C}$  a dalsze 96 godzin jest badaniem właściwym. W celu pełniejszego opisu procesu pęcznienia mrozowego badania przedmiotowych gruntów trwały 240 godzin (10 dob).



## Analiza wyników badań

Przyjęta metodyka badań umożliwia śledzenie procesu pęcznienia mrozowego w czasie, dla różnych warunków początkowych. Badaniom poddano próbki wykonane przy różnych wilgotnościach początkowych i różnych gęstościach objętościowych szkieletu gruntowego.

Wszystkie badania wykonano w trzech powtórzeniach i do dalszej analizy przyjęto największe uzyskane przyrosty pęcznienia mrozowego, jako potencjalnie najniebezpieczniejsze. Dla obu materiałów oznaczono podstawowe właściwości fizyczne, mechaniczne i skład chemiczny [3].

Analizując przyrost wysokości pęcznienia mrozowego próbek w czasie dla obu gruntów stwierdzono, że największa dynamika tego zjawiska występuje w pierwszych 48 godzinach. Po tym okresie intensywność procesu maleje. W przypadku odpadów budowlanych zaobserwowano, że wraz ze wzrostem gęstości początkowej próbki, wielkość pęcznienia mrozowego w czasie maleje. Relacje te są całkowicie odmienne niż w przypadku popiołu lotnego. Badania popiołu lotnego wykazują, że przyrosty wysokości zamrażanych próbek wzrastają wraz z ich zagęszczeniem. W obu badanych gruntach zaobserwowano wpływ wilgotności początkowej na wielkość przyrostów wysokości zamrażanych próbek.

## Wnioski

1. Ocena wysadzinowości badanych materiałów, na postawie klasycznych kryteriów, okazała się całkowicie zawodna.
2. Wielkość tworzących się wysadzin jest zależna od ich wilgotności początkowej jak i początkowej gęstości objętościowej szkieletu gruntowego badanych materiałów.

## Literatura

1. CRONEY D., JACOBS J. C.: The frost susceptibility of soil and road materials, Ministry of Transport, RRL Report LR 90, Road Research Laboratory, London, 1967.
2. GARLIKOWSKI D.: Wpływ mrozu na popioły z węgla kamiennego przeznaczone na nasypy konstrukcyjne, Zeszyty Naukowe Akademii Rolniczej we Wrocławiu, Nr 301, 1996.
3. JANIĄK Z., KOWALSKI J., ORZESZYNA H.: Wyniki badań własności fizycznych, mechanicznych i chemicznych gruntów wydzielonych z hałdy odpadów budowlanych i ocena ich przydatności do zabudowy wałów przeciwpowodziowych, maszynopis, Wrocław, 1998.
4. KEIL K.: Frostkriterien, Bodenrost und Bodenwasser an Locker – und Felsgestein. Brücke und Strasse, nr 11, 1957.
5. ROE P.G., WEBSTER D.C.: Specification for the TRRL Frost-heave test, Pavement Materials and Construction Division Highways and Structures Department. Transport and Road Research Laboratory, Crowthorne, Berkshire, 1984.
6. ROLLA S.: Przełomy drogowe i wzmacnianie nawierzchni. WKŁ, Warszawa, 1977.
7. RUCKLIR.: Der Frost im Baugrund, Springer Verlag, Wien, 1950.
8. WIŁUN Z.: Zarys geotechniki, WKŁ, Warszawa, 1987.

---

Daniel Garlikowski, Henryk Orzeszyna, Krzysztof Lejcuś, Andrzej Pawłowski  
Instytut Inżynierii Środowiska, Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu

Mirosława Gilewska, Krzysztof Otremba

## **WPLYW PASZOWEGO SYSTEMU UŻYTKOWANIA NA WŁAŚCIWOŚCI FIZYCZNE GLEB ROZWIJAJĄCYCH SIĘ Z GRUNTÓW POGÓRNICZYCH**

### **EFFECT OF FODDER SYSTEM USE ON THE PHYSICAL PROPERTIES OF THE SOIL FORMED IN POST-MINING GROUNDS**

Lucerna, w koncepcji rekultywacji biologicznej, opracowanej pod kierunkiem Bendera [1995], jest podstawą dwóch systemów użytkowania gruntów pogórnicych: paszowo-zbożowego oraz konserwacji. System paszowo-zbożowy polega na czteroletniej uprawie lucerny z kupkówką i dwuletniej uprawie zbóż ozimych lub rzepaku ozimego. Konserwacja to wieloletnia uprawa lucerny w siewie czystym lub z kupkówką. W obu tych systemach ograniczona jest liczba orok i innych zabiegów uprawowych. Te zabiegi są kosztowne i ich ograniczenie obniża koszty rekultywacji. Zabiegi uprawowe są jednak podstawą jednego z głównych zabiegów rekultywacyjnych, warunkujących szybkie i skuteczne przekształcenie gruntu w glebę – naprawy właściwości fizycznych. W systemie paszowo - zbożowym rolę pług i innych narzędzi uprawowych przejmują częściowo korzenie lucerny. Jest ona bowiem zaliczana do roślin fitomelioracyjnych, posiada silny, palowy system korzeniowy, który głęboko przerasta grunt i powoduje jego rozkruszanie i rozluźnianie. Po obumarłych korzeniach lucerny pozostają liczne kanaliki umożliwiające ruch wody i powietrza. Poprzez symbiozę z bakteriami brodawkowymi potrafi związać około 150 kg N ha<sup>-1</sup> [MAZUR 1991]. Ta roślina dostarcza duże ilości wysokobiałkowej paszy. W rolniczej praktyce rekultywacyjnej system paszowo-zbożowy jest najczęściej stosowany.

Niniejsza praca dotyczy właściwości fizycznych gleb formowanych pod wpływem paszowo-zbożowego systemu użytkowania gruntów pogórnicych. W pracy przedstawiono właściwości fizyczne gruntu pogórnicych przed wprowadzeniem lucerny, a więc w roku „zerowym” i po 28 latach oddziaływania tego systemu. W badaniach uwzględniono trzy kombinacje nawożenia mineralnego: 0 NPK, 1 NPK, 2 NPK.

Badane grunty, tak jak wszystkie grunty pogórnicych KWB „Konin”, zbudowane są z gliny zwałowej szarej, w której w różnych ilościach i proporcjach rozmieszczone są pozostałe skały nadkładu - gliny zwałowe żółte, ily poznańskie i piaski czwartorzędowe. Badania przeprowadzone w 1978 roku wykazały, że gęstość objętościowa w poziomach: 0-25 cm, 25-50 cm, 50-75 cm, 75-100 cm była zbliżona i wynosiła 1,88-2,07 Mg·M<sup>-3</sup>. Konsekwencją wysokiej gęstości objętościowej była niska porowatość ogólna (27,7-32,4%). Wśród por bardzo mały udział miały tzw. makropory. Ich ilość wynosiła 0,40-1,85%.

Oddziaływanie na grunty pogórnice przez 28 lat systemu paszowo-zbożowego spowodowało wyraźne zmiany w budowie morfologicznej i właściwościach fizycznych. Na budowę morfologiczną znaczny wpływ wywarła szata roślinna, jak i zabiegi uprawowe. Pomimo ograniczonej liczby orok w budowie morfologicznej wyraźnie zaznaczył się wpływ pługa. W każdym z odkrytych profili glebowych, niezależnie od kombinacji nawozowych uformowana została warstwa orna. Miała ona miąższość około 25 cm i wyróżniała się nie tylko ciemniejszym zabarwieniem, lecz także znacznym rozluźnieniem i strukturą. Zawierała częściowo zhumifikowaną substancję organiczną oraz była silnie poprzestana korzeniami roślin. W warstwie 25-50 cm ilość korzeni była znacznie mniejsza. Poniżej 50 cm widoczne były sporadycznie tylko grube korzenie lucerny. Poniżej warstwy ornej zauważalne były liczne brunatne zacieki wskazujące na procesy rozkładu resztek korzeniowych lucerny.

Przeprowadzone badania wykazały, że warstwa orna charakteryzuje się najkorzystniejszymi właściwościami fizycznymi. Gęstość objętościowa gleby suchej w tym poziomie wynosi od 1,42 do 1,68 Mg·M<sup>-3</sup>, a porowatość ogólna 35-44%. Wśród por dominują pory kapilarne (31-37%). Ilość makropor wynosi od 3,2 do 6,3%. Wpływ na właściwości fizyczne tej warstwy wywarło również nawożenie mineralne.

Gęstość objętościowa w poziomie 25-50cm waha się w przedziale 1,65-1,72 Mg·M<sup>-3</sup>. Mniejsza jest ilość por. Porowatość ogólna wynosi 36 - 37%. Niższa jest także ilość makropor, która kształtuje się w przedziale 2,2- 5,7%.

Właściwości fizyczne w poziomach 50-75cm i 75-100cm są najmniej korzystne. W obu poziomach są zbliżone. Gęstość objętościowa waha się w granicach 1,64-1,82 Mg·M<sup>-3</sup>, porowatość ogólna 31-39%, a ilość makropor 1,45-3,8%.

Przedstawione dane dowodzą, że system paszowo-zbożowy, pomimo ograniczonego oddziaływania zabiegów uprawowych, spowodował wyraźną zmianę właściwości fizycznych. Obniżeniu uległa gęstość objętościowa, wzrosła porowatość ogólna i kapilarna. Ilość makropor, aczkolwiek w dalszym ciągu za mała, wzrosła nawet ośmiokrotnie. Największe zmiany nastąpiły w poziomach 0-25cm i 25-50cm. Znaczącą rolę w poprawie tych właściwości odegrała szata roślinna, a głównie lucerna. Jej oddziaływanie było bezpośrednie poprzez system korzeniowy oraz w sposób pośredni poprzez dopływ do gruntu znacznej ilości substancji organicznej. Ilość substancji organicznej wprowadzanej do gruntu, jak wynika z naszych wcześniejszych badań, uzależniona jest od nawożenia mineralnego zwanego w terminologii rekultywacyjnej naprawą chemizmu gruntu skały [GILEWSKA i OTREMBBA 2001].

Oddziaływanie szaty roślinnej wspomagane było jednak przez orkę i inne zabiegi uprawowe. W sześcioletniej rotacji te zabiegi wykonuje się trzykrotnie.

## Podsumowanie i wnioski

Właściwości fizyczne w dużej mierze uzależnione są od procesów wietrzeniowych, na które w znaczny sposób wpływa jednak czas. Gleby wytworzone z glin zwałowych pomimo dwunastu tysięcy lat, charakteryzują się w dalszym ciągu niezbyt korzystnymi właściwościami fizycznymi [WOJTASIK 1989].

## Literatura

- BENDER J. 1995. *Rekultywacja terenów pogórnich w Polsce*. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.: 418, 142-152.
- GILEWSKA M., OTREMBA K. 2001. *Wpływ dwudziestoletnich zabiegów rekultywacyjnych na właściwości gruntu pogórnich*. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.: 477, 209-215.
- MAZUR T. 1991. *Bilans substancji organicznej w glebach uprawnych*. W: *Badania nad bilansem substancji organicznej i składników pokarmowych w układzie gleba – roślina*. ATR Bydgoszcz, 7-19.
- WOJTASIK M. 1989. *Ocena gęstości gleb wytworzonych z glin zwałowych*. Roczn. Glebozn. Tom XL. Nr. 2, 29-42.
- 

Mirosława Gilewska, Krzysztof Otremba  
Akademia Rolnicza im A. Cieszkowskiego w Poznaniu,  
Katedra Gleboznawstwa i Rekultywacji, Zakład Rekultywacji

Dorota Kalembasa, Marcin Becher, Krzysztof Pakuła

## DYNAMIKA ZMIAN ZAWARTOŚCI AZOTU ORAZ STOSUNKU C:N W KWAŚNYCH HYDROLIZATACH Z POZIOMÓW PRÓCHNICZNYCH O RÓŻNYM OKRESIE ZALANIA WODĄ

## DYNAMICS OF CHANGES THE NITROGEN CONTENT AND C:N RATIO IN ACID EXTRACTS FROM HUMUS HORIZONS OF DIFFERENT TERM FLOODING

### Wstęp

Występujące z różnych przyczyn całkowite zalewanie wodą gleb użytkowanych rolniczo przyczynia się do ich degradacji, której nasilenie w znacznym stopniu zależy od długości trwania warunków beztlenowych. Zmiana jakościowa mikroorganizmów glebowych i nasilające się procesy wymywania (przy wilgotności gleby przekraczającej połowę pojemność wodną) w znacznej mierze modyfikują (ilościowo i jakościowo) formy węgla i azotu glebowego [Kalembasa i in. 1998, Paul i Clark 1998, Davidsson i Stahl 2000]. W pracy przedstawiono dynamikę zmian zawartości ogólnej oraz w różnych frakcjach C i N wydzielonych przy pomocy hydrolizy kwaśnej, w dwóch glebach całkowicie zalewanych w lizymetrach wodą (na okres 10 i 25 dni) oraz zawartość azotu w odcieku grawitacyjnym.

### Material i metody badań

W lizymetrach umieszczono 3 podpoziomy (A1: 0-0,3m; A2: 0,3-0,6m; A3: 0,6-0,9m) poziomów próchnicznych dwóch gleb: gleba A (hortisol, z tarasy zalewowej rzeki Liwiec; gleba B (mada próchniczna, z tarasy zalewowej rzeki Muchawki). Oznaczono podstawowe właściwości gleb metodami zalecanymi w laboratoriach gleboznawczych. Umieszczony w lizymetrach materiał glebowy całkowicie zalano wodą destylowaną na okres 10 i 25 dni. Przed zalaniem i po wyznaczonych okresach zalewu (po odpływie wody grawitacyjnej) w próbkach glebowych oznaczono:  $N_{\text{cał}}$  – azot całkowity;  $N_{\text{min}}$  – azot mineralny;  $N_{\text{th}}$  – azot organiczny łatwo hydrolizujący, po hydrolizie w 0,25M  $H_2SO_4$ ;  $N_{\text{th}}$  – azot organiczny trudno hydrolizujący, po hydrolizie w 2,5M  $H_2SO_4$  oraz obliczono: azot organiczny,  $N_{\text{org}} = N_{\text{cał}} - N_{\text{min}}$ ; azot organiczny nie hydrolizujący,  $N_{\text{nh}} = N_{\text{org}} - (N_{\text{th}} + N_{\text{th}})$ . Azot całkowity oraz w wydzielonych frakcjach oznaczano metodą Kjeldahla. Zastosowanie  $H_2SO_4$  do wydzielenia frakcji umożliwiło oznaczenie w kwaśnych hydrolizatach C organicznego ( $C_{\text{org}}$ ) metodą oksydacyjno-miareczkową i analogicznie uzyskano:  $C_{\text{th}}$ ,  $C_{\text{th}}$  i  $C_{\text{nh}}$ . W zebranej wodzie grawitacyjnej oznaczono całkowitą zawartość azotu oraz jego formy mineralne.

## Wyniki i podsumowanie

Zawodnienie obydwu gleb spowodowało zwiększenie ilości form mineralnych azotu. Spośród frakcji azotu ulegającego hydrolizie kwaśnej większą dynamiką zmian charakteryzował się azot łatwo hydrolizujący, czyli potencjalnie łatwiej ulegający mineralizacji. Ilość azotu należącego do tej frakcji wyraźnie zmniejszyła się po 10 oraz wzrastała po 30 dniach zalewu. Stosunkowo niewielkim zmianom ilościowym ulegał azot trudno hydrolizujący. Największą ilość azotu nie hydrolizującego stwierdzono w glebie po 10 dniach zalewu. W obydwu glebach najszerzy stosunek C:N stwierdzono we frakcji nie ulegającej hydrolizie, co potwierdza potencjalnie największą odporność związków organicznych tej frakcji na rozkład mikrobiologiczny. W odciekach grawitacyjnych z materiałów glebowych obydwu gleb wraz z przedłużaniem czasu zalewu zwiększała się ilość azotu całkowitego oraz jego form organicznych i mineralnych (zwłaszcza azotanów).

**Tabela 1.** Azot i stosunek C:N w wydzielonych frakcjach (wartości średnie z 3 podpoziomów)

Gleba	Czas zalewu (w dniach)	N <sub>min</sub> [mg·kg <sup>-1</sup> ]	Udział w N <sub>org</sub> [%]			C:N we frakcji		
			N <sub>th</sub>	N <sub>th</sub>	N <sub>nh</sub>	łatwo hydrolizującej	trudno hydrolizującej	nie hydrolizującej
A	0	6,67	39,2	27,6	33,2	6,10	4,79	15,7
	10	11,3	24,0	27,1	48,9	9,00	5,33	10,2
	25	11,3	38,5	26,5	35,0	4,87	5,99	15,4
B	0	12,3	36,9	24,6	38,5	6,79	6,69	17,9
	10	16,3	32,9	24,1	43,0	8,73	4,33	16,3
	25	14,7	40,8	26,9	32,3	7,23	5,57	19,0

**Tabela 2.** Azot w odcieku grawitacyjnym (mg·dm<sup>-3</sup>)

Gleba	Czas zalewu (w dniach)	N całkowity	N organiczny	N mineralny		
				suma	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> i NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>
A	10	4,71	0,54	4,17	0,60	3,57
	25	13,9	1,00	12,9	0,56	12,3
B	10	4,15	0,10	4,05	0,35	3,70
	25	12,9	1,30	11,6	1,75	9,81

## Literatura

- DAVIDSSON T.E., STAHL M. 2000: The Influence of Organic Carbon on Nitrogen Transformations in Five Wetland Soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 64: 1129-1136.
- KALEMBASA D., BECHER M., PAKUŁA K. 1998: Wpływ krótkotrwałego zalewu gleb na facje węgla i azotu. *Zesz. Nauk. Politech. Zielonogórska*, 118: 58-66.
- PARUCH A., PALUCH J., PULIKOWSKI K., KOSTRZEWA S. 2002: Wstępna ocena wpływu zasobności gleby na zawartość wybranych makroskładników w odciekach drenarskich. *Acta Sci. Pol. Formatio Circumiectus* 1-2 (1-2): 71-83.
- PAUL E. A., CLARK F. E. 1998: *Soil Microbiology and Biochemistry*. Academic Press, Inc. San Diego: 400ss.

---

Dorota Kalembasa, Marcin Becher, Krzysztof Pakuła  
Katedra Gleboznawstwa i Chemii Rolniczej,  
Akademia Podlaska

Dorota Kalembasa, Anna Majchrowska-Safaryan

## ZMIANA ZAWARTOŚCI WYBRANYCH PIERWIASTKÓW W GLEBACH ERODOWANYCH

### THE CHANGE OF CONTENT SOME ELEMENTS IN EROSION SOILS

#### Wstęp

Erozja wodna jako proces kształtujący powierzchnię Ziemi, należy do podstawowych czynników obniżających jakość i zasoby rolniczej przestrzeni produkcyjnej oraz wielkość uzyskiwanych plonów roślin uprawnych [1]. Staje się ona przyczyną migracji najdrobniejszych cząstek glebowych oraz pierwiastków, co znajduje odbicie w składzie granulometrycznym gleb i właściwościach chemicznych. W celu ochrony gleb konieczne staje się rozpoznanie obszarów zagrożonych erozją oraz wskazanie kierunków dalszego ich użytkowania [2].

Badania glebowe prowadzono na stoku uprawnym (wystawa zachodnia) pagórkowatej moreny czołowej zlodowacenia środkowopolskiego, na Wysoczyźnie Siedleckiej. Wykonano sześć odkrywek glebowych: po dwie na szczycie, zboczu (będącego drogą transportu erozyjnego) oraz u podnóża stoku. Opisano je pod względem morfologicznym, a z poszczególnych poziomów genetycznych pobrano materiał glebowy do badań. W próbkach glebowych oznaczono ogólną zawartość Al oraz wybranych pierwiastków śladowych B, Mo, Co, Li, Ti, metodą spektrometrii emisyjnej z plazmą wzbudzoną indukcyjnie (ICP-AES), po poprzedniej mineralizacji badanego materiału „na sucho” w temp. 450°C.

#### Omówienie wyników

Na badanym stoku morenowym, na terenie Wysoczyzny Siedleckiej stwierdzono charakterystyczne dla terenów południowych typy gleb: w transekcji A na wierzchołku: glebę płową bielcowaną (profil I), zboczu – glebę brunatną wyługowaną (profil II), w niższej części zbocza – glebę deluwialną próchniczną (profil III); w pofałdowanym transekcji B na spłaszczonym szczycie – antropogeniczny rigosol na regulówce gleby bielcowej (profil IV), na zboczu – glebę płową typową (profil V), u podnóża stoku – glebę deluwialną właściwą (profil VI).

Ogólna zawartość analizowanych pierwiastków w poziomach próchnicznych badanych gleb wahała się dla ( $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ): boru od 0,129 - 3,697; glinu 3650 – 6838; molibdenu 0,067 – 0,186; litu 0,726 – 1,548 oraz tytanu 28,42 – 89,77. Najbardziej zasobna w badane



pierwiastki była pyłowa gleba deluwialna próchniczna położona na zboczu stoku (profil III), a najmniej - gleby erodowane (profil I i IV). Zawartość większości mikroelementów w glebach pływych i glebie regulówkowej była największa w poziomach wzbogacenia (Bt i Bhfe) i zmniejszała się w głąb profilu glebowego. Gleba brunatna wylugowana charakteryzowała się zbliżoną zawartością boru w całym profilu glebowym od 2,243 mg·kg<sup>-1</sup> do 3,730 mg·kg<sup>-1</sup>. Najwięcej glinu – 15487 mg·kg<sup>-1</sup> zawierał poziom przejściowy EB gleby pływcej typowej.

## Wnioski

Na stoku moreny czołowej zlodowacenia środkowopolskiego przeprowadzone badania wykazały, że zasobność badanych gleb w ogólne formy wybranych pierwiastków była niska i nie wykazywała zanieczyszczenia antropogenicznego. Ogólna zawartość analizowanych pierwiastków w poziomach próchnicznych tych gleb układała się w następującym szeregu malejących wartości Al>Ti>B>Co>Li>Mo i przeważnie zwiększała się wraz z niżej położonym miejscem.

## Literatura

1. DECHNIK J., FILIPEK T. 1996: Wpływ erozji wodnej na niektóre właściwości fizyko-chemiczne gleb. Ogólnopolskie Symp. Nauk. „Ochrona agrosystemów zagrożonych erozją”, Puławy, 1: 115-122.
2. KABATA-PENDIAS A., PENDIAS H 1999: Biogeochemia pierwiastków śladowych. Wyd. Nauk. PWN, Warszawa: 398 ss.
3. MAZUR S., PAŁYS S. 2004: Natężenie erozji wodnej gleb w rolniczej zlewni lessowej z okresowym odpływem. Rocz. Glebozn. 55, 1: 175-180.

---

Dorota Kalembasa, Anna Majchrowska-Safaryan  
Katedra Gleboznawstwa i Chemii Rolniczej,  
Akademia Podlaska w Siedlcach

Dorota Kalembasa, Beata Wiśniewska

## ZAWARTOŚĆ K, Ca, Mg, S I Na W RÓŻNYCH MATERIAŁACH ORGANICZNYCH

### THE CONTENT OF K, Ca, Mg, S I Na IN DIFFERENT ORGANIC MATERIALS

#### Wstęp

Odpady organiczne biologicznego pochodzenia stanowią duże zasoby próchnicotwórcze i nawozowe. Kompostowanie i wermikompostowanie może stanowić rozwiązanie problemu przetwarzania różnych odpadów organicznych, przy czym produkowany jest nawóz organiczny o korzystnych właściwościach fizyko-chemicznych. Składniki pokarmowe w wermikompoście znajdują się częściowo w formie mineralnej, a częściowo organicznej z której stopniowo uwalniane są w wyniku mineralizacji do roztworu glebowego i pobierane przez rośliny [1, 2, 3, 4, 5].

Celem niniejszych badań było oznaczenie zawartości K, Ca, Mg, S i Na w oborniku świeżym, kompostowanym i wermikompostowanym oraz w wermikompostach na bazie osadu ściekowego z dodatkiem innych materiałów organicznych.

Substratami do produkcji kompostów i wermikompostów były: obornik bydłocy, osad ściekowy z mechaniczno-biologicznej oczyszczalni ścieków komunalnych w Siedlcach, torf wysoki oraz kurzeniec od kur niosek. Wermikomposty otrzymano w warunkach laboratoryjnych, w kontrolowanej temperaturze i wilgotności.

W w/w próbkach materiałów organicznych oznaczono całkowitą zawartość K, Ca, Mg, S i Na metodą atomowej spektrometrii emisyjnej z indukcyjnie wzbudzoną plazmą ICP – AES, po uprzedniej mineralizacji „na sucho” w temperaturze 450°C.

#### Omówienie wyników

Wermikomposty otrzymane na bazie osadu ściekowego charakteryzowały się znacznie niższą zawartością potasu w porównaniu do kompostów i wermikompostów obornikowych, natomiast były wyraźnie zasobniejsze w wapń, magnez i siarkę. Szczególnie wysoka zawartość wapnia w wermikompostach była wynikiem dodatku  $\text{CaCO}_3$  do podłoża w celu optymalizacji odczynu. Oznaczone ilości sodu we wszystkich materiałach organicznych były zbliżone.

## Wniosek

Wermikomposty wytworzone na bazie osadu ściekowego charakteryzowały się wyższą zawartością makroskładników niż obornik świeży, kompostowany i wermikompostowany, z wyjątkiem potasu, którego niższa zawartość spowodowana była stratami w procesie oczyszczania ścieków.

**Tabela 1.** Zawartość wybranych makroskładników w materiałach organicznych

Materiały organiczne	Zawartość makroskładników (mg·kg <sup>-1</sup> )				
	K	Ca	Mg	S	Na
A	14,3	7,21	2,77	4,92	1,63
B i C	17,7	12,2	3,85	6,54	1,33
D i E	16,1	11,2	3,41	6,48	1,76
F	9,46	15,6	3,81	7,04	1,14
G i H	3,40	42,3	7,23	13,1	1,63
I	3,88	35,1	6,62	11,6	1,74
J i K	4,69	42,3	7,26	15,2	1,78
Średnia A-K	9,93	23,7	4,98	9,26	1,99

A – obornik bydlęcy świeży (100%); B i C – komposty otrzymane z obornika bydlęcego (100%), kompostowane 2 i 4 miesiące; D i E – wermikomposty z obornika bydlęcego (100%), wermikompostowane 2 i 4 miesiące; F – świeża mieszanina osadu ściekowego (75%) i torfu (25%); G i H – wermikomposty z osadu ściekowego (75%) i torfu (25%), wermikompostowane 2 i 4 miesiące; I – świeża mieszanina osadu ściekowego (75%), torfu (12,5%) i kurzeńca (12,5%); J i K – wermikomposty z osadu ściekowego (75%), torfu (12,5%) i kurzeńca (12,5%), wermikompostowane 2 i 4 miesiące.

## Literatura

1. KALEMBASA D. 1995 Wermikompost – nawóz do rekultywacji gleb zdegradowanych Probl. Post. Nauk Roln., 418, 591,.
2. KALEMBASA D. 2000. Charakterystyka wermikompostów i ich przemiany Rozprawy Nauk. AP w Siedlcach, 59, 5.
3. KOSTECKA J., KOŁODZIEJ M. 1995. Niektóre cechy wermikompostu produkowanego przez dżdżownicę kompostową *Eisenia fetida* (Sav.). Post. Nauk Roln., 2, 35.
4. KOTOWSKA J. 1997. Zawartość makro – i mikroelementów w wermikompoście. Chemia i inżynieria ekologiczna, Opole, 4, 3, 363,.
5. MAZUR K., FILIPEK- MAZUR B., KOPEĆ M., ROŚCISZOWSKA M. 1996. Skład chemiczny kompostów i wermikompostów z osadów i odpadów garbarskich Zesz. Probl. Post. Nauk Roln. 437, 271

Dorota Kalembasa, Beata Wiśniewska  
Katedra Gleboznawstwa i Chemii Rolniczej,  
Akademia Podlaska w Siedlcach

Dorota Kalembasa, Beata Wiśniewska

## WPŁYW NAWOŻENIA PODŁOŻEM POPIECZARKOWYM NA ZAWARTOŚĆ WYBRANYCH MAKROSKŁADNIKÓW W ŻYCICY WIELOKWIATOWEJ

### THE CONTENT OF FERTILIZATION OF BED AFTER MUSHROOM PRODUCTION ON THE AMOUNT SOME MACROELEMENTS IN LOLIUM MULTIFLORUM

#### Wstęp

Zmiany technologiczne w procesie uproszczenia i nowych technik przygotowania podłoża pieczarkowego oraz określony cykl produkcji spowodowały, że do środowiska przekazywane są coraz większe ilości podłoża po uprawie pieczarki (kompost pieczarkowy) [3, 4]. Podłoża pieczarkowe są cennym źródłem próchnicy, prawidłowo przygotowane nie zawierają szkodników, grzybów chorobotwórczych, nasion chwastów, odznaczają się dobrą konsystencją oraz tolerowanym ziemistym zapachem. Uwzględniając te właściwości Szudyga [3] oraz Kryńska i in. [2] zalecają wykorzystanie tego podłoża jako nawozu jako nawozu organicznego w sadownictwie, warzywnictwie, przy zakładaniu i utrzymaniu terenów zieleni oraz u uprawach polowych położonych w pobliżu pieczarkarni.

Celem niniejszej pracy było określenie wpływu podłoża pieczarkowego i uzupełniającego nawożenia mineralnego na zawartość K, Ca, Mg i S w życicy wielokwiatowej w dwuletnim doświadczeniu wazonowym.

Dwuletnie doświadczenie wazonowe założono w szklarni, w układzie całkowicie losowym. Wazonu napełniono 12 kg utworu glebowego o składzie granulometrycznym piasku gliniastego lekkiego. Do poszczególnych wazonów zastosowano takie ilości podłoża pieczarkowego aby wprowadzić  $4 \text{ g N} \cdot \text{wazon}^{-1}$ , natomiast nawożenie mineralne zastosowano według stosunku N: P: K jak w oborniku 1: 0,8:1,2, tworząc następujące obiekty badawcze:

1. gleba (obiekt kontrolny);
2. gleba + obornik ( $4 \text{ g N} \cdot \text{wazon}^{-1}$ );
3. gleba + podłoże pieczarkowe ( $4 \text{ g N} \cdot \text{wazon}^{-1}$ );
4. gleba + podłoże pieczarkowe +  $K_1$  ( $4 \text{ g N} \cdot \text{wazon}^{-1}$ );
5. gleba + podłoże pieczarkowe +  $K_2$  ( $4 \text{ g N} \cdot \text{wazon}^{-1}$ );
6. gleba + podłoże pieczarkowe +  $N_1$  ( $4 \text{ g N} \cdot \text{wazon}^{-1}$ );
7. gleba + podłoże pieczarkowe +  $N_2$  ( $4 \text{ g N} \cdot \text{wazon}^{-1}$ );
8. gleba + podłoże pieczarkowe +  $K_1N_1$  ( $4 \text{ g N} \cdot \text{wazon}^{-1}$ );
9. gleba + podłoże pieczarkowe +  $K_2N_2$  ( $4 \text{ g N} \cdot \text{wazon}^{-1}$ );

W próbkach roślin oznaczono całkowitą zawartość K, Ca, Mg, i S metodą ICP-AES, po uprzedniej mineralizacji, „na sucho” w temperaturze 450°C.

## Omówienie wyników

Zawartość potasu w plonie życicy wielokwiatowej w I i II roku doświadczenia zależała w sposób istotny od rodzaju wprowadzonego nawozu. Z przeprowadzonych analiz wynika, że zawartość potasu była wysoka na obiektach nawożonych podłożem popieczarkowym i azotem w ilości 25% i 50% dawki optymalnej oraz potasem ilości 50% dawki optymalnej i dawce optymalnej. Fakt ten można tłumaczyć współdziałaniem nawożenia azotowo – potasowego na tych obiektach.

Ilości oznaczonego wapnia w I i II roku uprawy życicy wielokwiatowej była istotnie zróżnicowana w każdym zebranych pokosie trawy. Oznaczone zawartości wapnia były niższe niż ilości oznaczone we wcześniejszych badaniach Kalembasy i Wiśniewskiej 2004], prawdopodobnie ze względu na uzupełniające nawożenie nawozami mineralnymi mogącymi nieco zakwasić środowisko glebowe i ograniczyć pobranie tego pierwiastka.

Oznaczona całkowita zawartość magnezu wykazała istotne zróżnicowanie dla I i II pokosu w pierwszym roku i dla I, II i III pokosu w drugim roku doświadczenia w zależności od obiektu nawozowego.

Analiza chemiczna na zawartość siarki wykazała istotne zróżnicowanie w zależności od rodzaju nawożenia. Ilości oznaczonej siarki w suchej masie trawy pokrywają się z wynikami uzyskanymi przez Kalembasę i Wiśniewską w innych badaniach [2004].

## Wnioski

1. Zawartość makroelementów plonie uprawianej trawy była zróżnicowana w zależności od rodzaju nawożenia.
2. Uzupełniające nawożenie mineralne zastosowane w celu optymalizacji stosunku N: P: K w podłożu popieczarkowym, wpłynęło na zwiększenie zawartości potasu w życicy wielokwiatowej.

## Literatura

1. KALEMBASA D., WIŚNIEWSKA B. 2004. *Wykorzystanie podłoża popieczarkowego do rekultywacji gleb*. Roczn. Glebozn. 15, 2, 209–217.,
2. KRYŃSKA W., MARTYNIAK – PRZYBYSZEWSKA B., WIERZBICKA B. 1983. Próba oceny podłoża popieczarkowego jako komponentu do uprawy pomidorów i ogórków szklarniowych. Mat. Symp. ART. w Olsztynie: 119–125.
3. SZUDYGA K. 1979. Pieczarka. PWR i L, Warszawa, 80–81.
4. VEDDER P. J. C. 1980. Nowoczesna uprawa pieczarki. PWR i L, Warszawa.

Stanisław Kalembasa, Barbara Symanowicz, Andrzej Wysokiński

## **OCENA ODDZIAŁYWANIA RÓŻNYCH SUBSTANCJI ORGANICZNYCH I ICH WSPÓŁDZIAŁANIE Z NAWOŻENIEM MINERALNYM NA ZAWARTOŚĆ WYBRANYCH MIKROELEMENTÓW W GLEBIE I ROŚLINIE**

### **THE EVALUTION OF REACTION ORGANIC MATERIALS AND INTERACTOIN AT A MINERAL FERTILIZATION ON THE CONTENT OF SELECTION MICROELEMENTS IN SOIL AND PLANT**

#### **Wstęp**

Niewystarczająca produkcja nawozów naturalnych i systematyczny spadek zawartości substancji organicznej w glebach Polski zmusza do poszukiwania innych źródeł materii organicznej. Mogą nimi być osady ściekowe, trociny i kora [1, 2, 3, 5]. Wymienione materiały odpadowe są także źródłem makro- i mikroelementów [1, 3].

Celem niniejszych badań było określenie wpływu stosowanych osadów ściekowych, ich mieszanin z trocinami i korą oraz współdziałania z NPK na zawartość Cu, Zn, Mn i Mo w podłożu glebowym i życicy wielokwiatowej.

Doświadczenie wazonowe przeprowadzono w latach 1995-1997 w układzie całkowicie losowym z obiektem kontrolnym (piasek gliniasty lekki) w trzech powtórzeniach przy dwóch poziomach zmienności:

- I. Rodzaj stosowanego materiału organicznego w ilości 5% w stosunku do masy gleby w wazonie – 12 kg (obiekt kontrolny, obornik, osad z Łukowa, osad z Łukowa i trociny, osad z Łukowa i kora, osad z Siedlec, osad z Siedlec i trociny, osad z Siedlec i kora, osad z Drosedu, osad z Drosedu i trociny, osad z Drosedu i kora)
- II. Nawożenie mineralne w ilości 1:0,8:1,2 (0, NPK)

W czasie wegetacji życicy wielokwiatowej zbierano cztery pokosy trawy. W pobranym materiale roślinnym i glebowym oznaczono Cu, Zn, Mn i Mo metodą ICP-AES [4].

#### **Omówienie wyników**

Wykorzystane w doświadczeniu wazonowym kompostowane odpady organiczne (osady ściekowe z Łukowa, Siedlec i z Drosedu, trociny mieszane, kora drzew iglastych) za-

wierały zróżnicowaną zawartość Cu, Zn, Mn i Mo. Poziom tych pierwiastków miał istotny wpływ na ich zawartość w suchej masie *Lolium multiflorum* Lam. w zależności od rodzaju zastosowanego materiału organicznego i nawożenia mineralnego. Średnia zawartość oznaczonych mikroelementów w suchej masie życicy wielokwiatowej wynosiła: Cu – 10,1 mg. kg<sup>-1</sup>, Zn – 138,0 mg. kg<sup>-1</sup>, Mn – 44,4 mg. kg<sup>-1</sup> i Mo – 2,7 mg. kg<sup>-1</sup>. Największe ilości tych pierwiastków zostały nagromadzone w suchej masie życicy wielokwiatowej uprawianej na obiektach, gdzie zastosowano osady ściekowe z Siedlec, kompostowane mieszaniny osadów ściekowych z Siedlec i kory oraz osadów ściekowych z Łukowa i kory. Pod wpływem zastosowanego nawożenia mineralnego nastąpił istotny wzrost Cu, Zn i Mn w suchej masie życicy wielokwiatowej.

## Wnioski

1. Zastosowane w doświadczeniu kompostowane odpady z osadów ściekowych oraz ich mieszaniny z trocinami i korą istotnie różnicowały zawartość Cu, Zn, Mn i Mo w suchej masie życicy wielokwiatowej.
2. Pod wpływem zastosowanego nawożenia mineralnego oznaczono istotnie większe ilości Cu, Zn i Mn w suchej masie uprawianej trawy.

## Literatura

1. BARAN S., WÓJCIKOWSKA-KAPUSTA A., ŻUKOWSKA, OLESZCZUK P., 2004: Wykorzystanie kompostów do odkwaszania gleb na gruntach zdewastowanych przez intensywne zakwaszenie. Roczn. Gleb., LV(2), 9-15.
2. GWOREK B., GIERCUSZKIEWICZ-BAJTLIK M., 2004: Przyrodnicze użytkowanie osadów ściekowych w aspekcie ochrony gleb i wód w aktach prawnych Unii Europejskiej i Polski. Roczn. Gleb., LV(2), 151- 161.
3. KALEMBASA S., SYMANOWICZ B., 2004: The influence of mixtures of bark and sawdust with waste activated sludges on content of macroelements in *Lolium multiflorum* Lam. Chemistry for Agriculture 5 “New agrochemicals and their safe use for health and environment” 604-613.
4. SZCZEPANIAK W., 1996: Metody instrumentalne w analizie chemicznej. Wyd. PWN, W-wa.
5. Ustawa o odpadach z dnia 27 kwietnia (Dz. U. Nr 62, poz. 628 art. 43) 2001.

---

Stanisław Kalembasa, Barbara Symanowicz, Andrzej Wysokiński  
Akademia Podlaska w Siedlcach,  
Katedra Gleboznawstwa i Chemii Rolniczej

Stanisław Kalembasa, Andrzej Wysokiński, Barbara Symanowicz

## ZAWARTOŚĆ METALI CIĘŻKICH W ŚWIEŻYCH I KOMPOSTOWANYCH OSADACH ŚCIEKOWYCH ORAZ ICH MIESZANINACH Z CaO, POPIOŁEM Z WĘGLA BRUNATNEGO, TROCINAMI I SŁOMĄ

### THE CONTENT OF HEAVY METALS IN FRESH AND COMPOSTED WASTE SLUDGE MIXED WITH CaO, BROWN COAL ASH, WOOD SHAVINGS AND STRAW

#### Wstęp

Zawartość metali ciężkich w osadach ściekowych w największym stopniu uzależniona jest od ich ilości w oczyszczanych ściekach i stanowi podstawowe kryterium kwalifikacji osadów do przyrodniczego zagospodarowania [1, 2]. Modyfikacja zawartości tych pierwiastków następuje także w procesach obróbki osadów, mających na celu ich stabilizację i zmniejszenie zagrożenia dla środowiska. Celem przeprowadzonych badań było określenie wpływu dodatku CaO, popiołu z węgla brunatnego, trocin i słomy do osadów ściekowych oraz kompostowania otrzymanych mieszanin na zawartość w nich metali ciężkich.

Świeże osady ściekowe pochodzące z komunalno-przemysłowych oczyszczalni ścieków w Siedlcach (po fermentacji metanowej) i Łukowie (stabilizowane w warunkach tlenowych) mieszano oddzielnie z CaO, popiołem z węgla brunatnego, trocinami i słomą w stosunku 2:1 w przeliczeniu na suchą masę. Tak przygotowane mieszaniny kompostowano przez 3 miesiące w temperaturze pokojowej. Zawartość metali ciężkich (Pb, Cr, Cd, Cu, Zn i Ni) w osadach ściekowych i ich mieszaninach oznaczono metodą ICP-AES po mineralizacji próbek na sucho w temperaturze 450 °C.

#### Omówienie wyników

Zawartość badanych metali ciężkich w osadach ściekowych z Siedlec i Łukowa odpowiadała normom kwalifikującym je do wykorzystania w rolnictwie [2]. Dodatek CaO, trocin i słomy do osadów ściekowych zmniejszył zawartość wszystkich badanych metali ciężkich w uzyskanych mieszaninach w efekcie „rozcieńczenia” (tab. 1). Zawartość metali ciężkich w mieszaninach osadowo-wapniowych była od 34 do 42 % mniejsza niż w samych osadach. Po dodaniu trocin do osadów uzyskano mieszaniny o mniejszej zawartości metali ciężkich od 22 do 33 %. Mieszaniny osadów i słomy zawierały od 24 do 29 % mniej metali ciężkich w porównaniu z ich ilością w samych osadach. Dodatek popiołu z węgla brunatnego do osadów zmniejszył zawartość ołowiu, chromu, miedzi, cynku i niklu w otrzymanych mieszaninach odpowiednio o 26, 14, 20, 31 i 3 %. Tylko zawartość kadmu w mieszaninach osadowo-popiołowych była większa o 28 % niż w osadach bez dodatku. Istotnie najwięcej



badanych metali ciężkich zawierały mieszaniny osadowo-popiołowe, natomiast najmniej osadowo-wapniowe. Mieszaniny osadów z dodatkiem trocin i słomy nie różniły się istotnie zawartością badanych metali ciężkich. W trakcie kompostowania samych osadów oraz ich mieszanin z popiołem, trocinami i słomą uzyskano istotne zwiększenie zawartości metali ciężkich, w wyniku zachodzących procesów mineralizacji. Zawartość metali ciężkich w świeżych i kompostowanych mieszaninach osadowo-wapniowych nie różniła się istotnie.

**Tabela 1.** Średnie zawartości metali ciężkich w osadach ściekowych z Siedlec i Łukowa z różnymi dodatkami,  $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$

Rodzaj dodatku do osadów	Ołów		Chrom		Kadm		Miedź		Cynk		Nikiel	
	0 <sup>1</sup>	III <sup>2</sup>	0 <sup>1</sup>	III <sup>2</sup>	0 <sup>1</sup>	III <sup>2</sup>	0 <sup>1</sup>	III <sup>2</sup>	0 <sup>1</sup>	III <sup>2</sup>	0 <sup>1</sup>	III <sup>2</sup>
Bez dodatku	133,7	166,8	167,7	207,1	1,62	1,81	94,8	107,3	915	1029	45,7	51,5
CaO	85,1	86,6	96,9	103,8	1,02	1,08	57,2	59,2	535	570	30,0	31,6
Popiół	98,8	109,8	145,1	161,9	2,07	2,19	75,5	84,0	632	692	44,2	47,7
Trociny	95,8	110,0	123,4	138,9	1,23	1,36	65,7	72,8	645	691	33,0	36,3
Słoma	96,7	121,0	121,2	150,4	1,27	1,41	68,7	83,2	616	791	32,5	39,8
NIR <sub>0,05</sub> dla: dodatku kompostowania	12,0 5,3		16,5 7,3		0,16 0,07		11,2 4,9		51,6 22,7		8,0 3,3	

0<sup>1</sup> - osady i ich mieszaniny świeże, III<sup>2</sup> - osady i ich mieszaniny kompostowane

## Wnioski

1. Istotne zmniejszenie zawartości ołowiu, chromu, kadmu, miedzi, cynku i niklu w osadach ściekowych uzyskano po dodaniu do nich CaO, trocin i słomy. Mieszaniny osadowo-popiołowe zawierały istotnie mniej ołowiu, chromu, miedzi i cynku oraz więcej kadmu niż osady bez dodatku.
2. Procesy mineralizacji substancji organicznej zachodzące w trakcie kompostowania osadów ściekowych oraz ich mieszanin z popiołem, trocinami i słomą istotnie zwiększyły w nich zawartość metali ciężkich.

## Literatura

1. CZEKAŁA J., JAKUBUS M., MOCEK A. 2002. Wybrane właściwości fizyczne i chemiczne osadów ściekowych z oczyszczalni Regionu Wielkopolski. Cz. III. Metale ciężkie i wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne. Acta Agrophysica, 70: 91–98.
2. Rozporządzenie Ministra Środowiska w sprawie komunalnych osadów ściekowych z dnia 1 sierpnia 2002 roku. Dz. U. nr 134, poz. 1140.

*Praca finansowana ze środków budżetowych na naukę w latach 2005-2007 jako projekt badawczy*

Stanisław Kalembasa, Andrzej Wysokiński, Barbara Symanowicz  
Katedra Gleboznawstwa i Chemii Rolniczej, Wydział Rolniczy,  
Akademia Podlaska w Siedlcach

Stanisław Kalembasa, Andrzej Wysokiński, Barbara Symanowicz

## ZAWARTOŚĆ MOLIBDENU I BORU W ROŚLINACH NAWÓŻONYCH ŚWIEŻYMI I KOMPOSTOWANYMI OSADAMI ŚCIEKOWYMI Z DODATKIEM CaO I POPIOŁU Z WĘGLA BRUNATNEGO

### THE CONTENT OF MOLYBDENUM AND BORON IN PLANTS FERTILIZED WITH FRESH AND COMPOSTED WASTE SLUDGE MIXED WITH CaO AND BROWN COAL ASH

#### Wstęp

Z punktu widzenia nawozowego osady ściekowe powinny zawierać znaczną ilość substancji organicznej oraz składników ważnych dla wzrostu i rozwoju roślin – makro i mikroelementów [1, 2, 3]. Obróbka osadów ściekowych mająca najczęściej na celu poprawę ich właściwości fizycznych oraz wyeliminowanie zagrożeń mikrobiologicznych prowadzi nie tylko do ilościowych zmian ich składu chemicznego, ale również może mieć wpływ na pobieranie przez rośliny składników wprowadzonych do gleby. Celem przeprowadzonych badań było określenie wpływu nawożenia świeżymi i kompostowanymi osadami ściekowymi z dodatkiem CaO i popiołu z węgla brunatnego na zawartość molibdenu i boru w roślinach.

Świeże osady ściekowe pochodzące z oczyszczalni ścieków w Siedlcach i Łukowie mieszano z CaO i oddzielnie z popiołem z węgla brunatnego w stosunku 2:1 w przeliczeniu na suchą masę. Tak przygotowane mieszaniny kompostowano przez 3 miesiące, a następnie w ilości 1 kg wprowadzono do wazonów zawierających 9 kg utworu glebowego (pH w 1 mol KCl·dm<sup>-3</sup> wynosiło 4,0). W tym samym czasie powtórnie przygotowano świeże mieszaniny osadowo-wapniowe i osadowo-popiołowe i w tej samej ilości wprowadzono do utworu glebowego. Doświadczenie wazonowe prowadzono przez 3 lata w obiekcie szklarniowym, uprawiając w każdym roku kukurydzę i słonecznik pastewny, których części nadziemne zbierano po 75 dniach wegetacji. Zawartość boru i molibdenu w osadach ściekowych, otrzymanych mieszaninach oraz materiale roślinnym oznaczono metodą ICP-AES po mineralizacji próbek na sucho w temperaturze 450°C.

#### Omówienie wyników

Zawartość molibdenu i boru w suchej masie osadów ściekowych z Siedlec i Łukowa, wynosząca odpowiednio 3,96-8,05 mg Mo·kg<sup>-1</sup> i 22,1-50,3 mg B·kg<sup>-1</sup>, zmniejszyła się po dodaniu CaO w efekcie „rozcieńczenia”. Mieszaniny osadowo-popiołowe zawierały mniej molibdenu oraz więcej boru w porównaniu z osadami bez dodatku. W czasie składowania samych osadów ściekowych oraz ich mieszanin z CaO i popiołem uzyskano niewielkie zwiększenie zawartości w nich molibdenu i boru, co było efektem mineralizacji substancji organicznej.

Kukurydza i słonecznik nawożone osadami ściekowymi z dodatkiem CaO oraz popiołu z węgla brunatnego zawierały najczęściej więcej molibdenu niż rośliny uprawiane na samych osadach. Zawartość boru w roślinach testowych nawożonych samymi osadami była na ogół podobna do jego ilości w roślinach uprawianych na osadach z dodatkiem CaO oraz mniejsza niż po zastosowaniu mieszanin z udziałem popiołu. Rośliny testowe nawożone osadami z dodatkiem CaO zawierały najczęściej więcej molibdenu a mniej boru w porównaniu z roślinami zbieranymi z obiektów, do których wprowadzono mieszaniny z popiołem. Rośliny testowe uprawiane na obiektach nawożonych świeżymi i kompostowanymi osadami ściekowymi najczęściej nie różniły się istotnie zawartością molibdenu i boru (tab. 1).

**Tabela 1.** Średnie zawartości molibdenu i boru w roślinach nawożonych osadami ściekowymi z Siedlec i Łukowa z dodatkiem CaO i popiołu, mg·kg<sup>-1</sup>

Rodzaj osadu	Rodzaj dodatku	W I roku				W II roku				W III roku			
		kukurydza		słonecznik		kukurydza		słonecznik		kukurydza		słonecznik	
		Mo	B	Mo	B	Mo	B	Mo	B	Mo	B	Mo	B
Osady świeże	bez dodatku	0,594	13,1	0,597	37,6	0,258	10,9	1,364	39,2	0,547	25,8	0,834	29,7
	CaO	0,836	12,5	1,665	44,1	0,514	10,8	1,472	39,0	0,579	25,5	0,784	27,3
	popiół	0,469	15,3	0,834	48,7	0,742	12,3	1,236	43,2	0,785	30,7	0,787	29,3
Osady kompostowane	bez dodatku	0,389	11,9	0,850	39,6	0,411	9,9	0,744	42,9	0,338	28,6	0,798	27,9
	CaO	0,542	11,6	1,252	35,7	1,225	10,5	1,452	46,1	0,653	27,9	0,609	26,5
	popiół	0,489	11,3	1,003	48,2	1,003	11,9	0,853	43,6	0,612	29,1	0,658	33,0
NIR <sub>0,05</sub> dla: dodatku kompostowania		n.i.	n.i.	0,359	9,0	0,387	1,8	0,300	n.i.	0,236	2,3	n.i.	0,5
		n.i.	1,4	n.i.	n.i.	0,258	n.i.	0,200	2,1	n.i.	n.i.	n.i.	n.i.

n.i. – różnice pomiędzy średnimi nie istotne

## Wniosek

Dodatek CaO i popiołu z węgla brunatnego do osadów ściekowych na ogół korzystnie wpłynął na zawartość molibdenu i boru w roślinach nawożonych tak otrzymanymi mieszaninami.

## Literatura

1. CZEKAŁA J. 1999. Osady ściekowe źródłem materii organicznej i składników pokarmowych. Fol. Univ. Agric. Stetin. 200, Agricultura (77): 33–38.
2. KALEMBASA S.: Zesz. Nauk. WSR-P w Siedlcach. Rolnictwo 31. s. 169–177. 1992.
3. KRZYWY E., IŻEWSKA A. 2004. Gospodarka ściekami i osadami ściekowymi. Wyd. AR w Szczecinie.

Dariusz Kayzer, Andrzej Czerniak

## OCENA PREDYSPOZYCJI WYBRANYCH GATUNKÓW DRZEW DO AKUMULACJI METALI CIĘŻKICH METODĄ WIELOWYMIAROWEJ ANALIZY WARIANCJI

### PREDISPOSITION OF SELECTED SPECIES OF TREES TO THE ACCUMULATION OF HEAVY METALS ON THE BASIS OF MULTIVARIATE ANALYSIS OF VARIANCE

#### Wstęp

Każda istotna zmiana chemicznej równowagi w środowisku powoduje zakłócenie homeostazy, sukcesję ilościową i jakościową poszczególnych komponentów świata roślinnego i zwierzęcego, a w konsekwencji degradację naturalnego środowiska przyrodniczego. Wszystkie pierwiastki chemiczne występujące w nadmiernych ilościach mogą stwarzać warunki stresowe dla świata ożywionego. Szczególnie szkodliwe są metale ciężkie ze względu na specyficzną rolę, jaką pełnią w procesach biochemicznych.

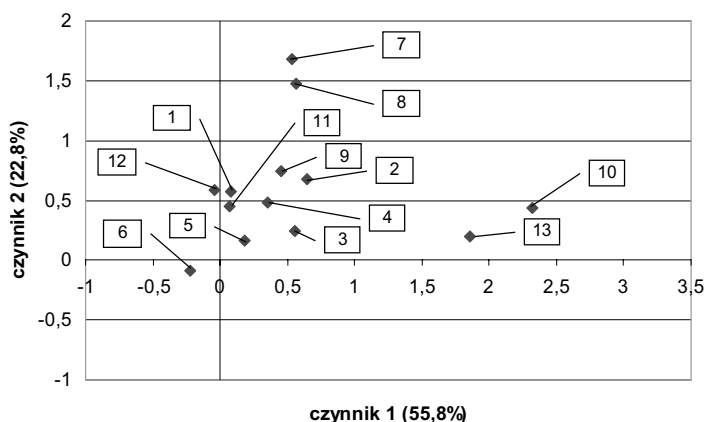
#### Cel i metoda badań

Predyspozycję do akumulacji metali ciężkich (Zn, Pb, Ni, Cd, Cr, Cu, Co, Fe) analizowano dla następujących gatunków drzew: 1. *Pinus sylvestris* L., 2. *Larix decidua* Mill., 3. *Picea abies* Karst, 4. *Abies alba* Mill., 5. *Fagus silvatica* L., 6. *Quercus robur* L., 7. *Tilia cordata* Mill., 8. *Ulmus laevis* Pall., 9. *Carpinus betulus* L., 10. *Betula pendula* Roth., 11. *Alnus glutinosa* Gaertn., 12. *Sorbus aucuparia* L., 13. *Populus tremula* L. Badania prowadzono na terenie Leśnego Zakładu Doświadczalnego w Siemianicach [Czerniak 2004].

Do interpretacji wyników (predyspozycji akumulacji metali ciężkich w liściach i igłach wybranych gatunków drzew) zastosowano wielowymiarową analizę wariacji w klasyfikacji pojedynczej [Krzyśko 2000]. Hipotezę ogólną opartą na statystyce Lawleya – Hotelinga [Lejeune i Caliński 2000] orzekającą o braku różnic między średnimi zawartościami metali ciężkich w aparacie asymilacyjnym odrzucono na poziomie istotności  $\alpha=0,05$ . W celu oceny wzajemnych podobieństw w grupie analizowanych drzew pod względem akumulacji metali ciężkich wyznaczono różnice pomiędzy reprezentującymi je średnimi wielowymiarowymi. Jako miarę tych różnic przyjęto kwadrat odległości Mahalanobisa stosowany w przypadku wielowymiarowych populacji normalnych. Istotność kwadratu odległości dla poszczególnych par populacji badano przez porównanie ich z wartościami krytycznymi przy stosowaniu jednoczesnej procedury testowej opartej na teście śladowym Lawleya – Hotelinga.

## Omówienie wyników

Przeprowadzone analizy chemiczne określające poziom akumulacji metali ciężkich umożliwiły przedstawienie wzajemnego położenia 13 gatunków drzew w przestrzeni dwóch pierwszych zmiennych kanonicznych. Główną ideą tej metody jest transformacja zbioru oryginalnych zmiennych na zbiór nowych zmiennych, które niosą podobne informacje, a zostały rozmieszczone w wielowymiarowej przestrzeni euklidesowej [Lejeune i Caliński 2000].



Rys. 1. Położenie oszacowanych średnich zawartości metali ciężkich w aparacie asymilacyjnym wybranych gatunków drzew w przestrzeni dwóch pierwszych zmiennych kanonicznych

## Wnioski

1. Zmienność bioakumulacji metali ciężkich w ramach poszczególnych gatunków jest mała w porównaniu ze zmiennością międzygatunkową. Na podstawie porównań międzygatunkowych stwierdzono, że aparat asymilacyjny poszczególnych gatunków drzew cechuje się zróżnicowaną zawartością analizowanych metali.
2. Największe różnice w bioakumulacji metali ciężkich w stosunku do innych gatunków drzew wystąpiły u *Populus tremula* L. i *Betula pendula* Roth. *Betula pendula* Roth ma największe predyspozycje do akumulacji Zn, Ni i Cd, a *Populus tremula* L. akumulowała Zn, Co i Cu. Aparat asymilacyjny *Tilia cordata* Mill. i *Ulmus laevis* Pall. zawierał najwięcej Pb, Fe i Cr.
3. *Tilia cordata* Mill. i *Ulmus laevis* Pall. są gatunkami najmniej różniącymi się od siebie pod względem poziomu akumulacji metali ciężkich.
4. *Picea abies* Karst, *Abies alba* Mill i *Fagus silvatica* L. są gatunkami nieznacznie różniącymi się od siebie pod względem predyspozycji do bioakumulacji metali ciężkich. Mało różniące się gatunki pod względem bioakumulacji metali ciężkich to także *Pinus sylvestris* L. i *Larix decidua* Mill.

## Literatura

- CZERNIAK A. 2004, Zanieczyszczenie i bioindykacja stref ekotonowych lasu mieszanego świeżego (LMśw) w zasięgu oddziaływania cementowo-gruntowych podbudów drogowych. Rozprawy naukowe, zes. 357. Roczniki Akademii Rolniczej w Poznaniu, ss 191.
- KRZYŚKO M., 2000, Wielowymiarowa analiza statystyczna. Rektor Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza, Poznań, ss. 353.
- LEJEUNE M., CALIŃSKI T., 2000. Canonical analysis applied to multivariate analysis of variance. Journal of Multivariate Analysis 72: 100-119.

---

Dariusz Kayzer  
Katedra Metod Matematycznych i Statystycznych,  
Akademia Rolnicza im. A. Cieszkowskiego w Poznaniu

Andrzej Czerniak  
Katedra Inżynierii Leśnej,  
Akademia Rolnicza im. A. Cieszkowskiego w Poznaniu,  
Wojska Polskiego 28, 60-637 Poznań

Alicja Krzemińska, Justyna Klęka, Andrzej Drabiński

## **ZMIANY WYNO SZONYCH ŁADUNKÓW ZWIĄZKÓW BIOGENNYCH NA ODCINKU NIEUREGULOWANYM I UREGULOWANYM W RZECE NIZINNEJ**

### **VARIABILITY IN NUTRIENT LOAD UPTAKE AT THE NATURAL AND ALTERED TRANSECTS OF A LOWLAND RIVER**

#### **Wstęp**

Do głównych składników zanieczyszczających wody powierzchniowe należą substancje biogenne. Obieg biogenów w ekosystemach kształtowany jest głównie przez rzeźbę terenu, rodzaj gleby, sposób użytkowania i zabiegi agrotechniczne. O ilości składników odpływających ze zlewni, oprócz ładunku wprowadzonego, decyduje wiele czynników związanych z charakterystyką zlewni, sposobem jej zagospodarowania, warunkami meteorologicznymi, działalnością człowieka itd. [Pulikowski 2004].

W ramach pracy prowadzono badania nad zmiennością ładunków zanieczyszczeń biogenów (azotanów, azotynów, amoniaku, fosforanów), w rzece Smotrawie w roku hydrologicznym 2003/2004. Do analizy wybrano odcinek rzeki Smotrawy częściowo uregulowany, o długości 2,5 km, od stałego jazu betonowego w miejscowości Bystrzyca Oławska (w km 9+676) do mostu drogowego w Janikowie (w km 7+105). Na rzece tej zlokalizowane są budowle wodne w postaci jazów i progów wodnych. Na badanym odcinku znajduje się jaz Bystrzyca (km 9+676), próg drewniany (km 8+030), na których zlokalizowano przekroje hydrochemiczne wraz z dodatkowym przekrojem zamykającym w km 7+105 (przekrój Janików). Dokładną lokalizację zlewni i przekrojów hydrochemicznych znaleźć można w publikacjach: Klęki i Krzemińskiej [2006], Adynkiewicza-Piragasa i Krzemińskiej [2004].

#### **Omówienie wyników i wnioski**

Porównując wielkości ładunków zanieczyszczeń w wodach Smortawy zaobserwowano zwiększanie się ilości ładunków biogenów wraz z biegiem rzeki, to jest od odcinka nieuregulowanego do uregulowanego. Taka sytuacja jest związana ze sposobem użytkowania doliny rzecznej. Powyżej przekroju Bystrzyca (km 9+676), rzeka Smortawa płynie głównie przez obszary leśne, które sprzyjają niskim ładunkom tych składników. Wpływając na tereny użytkowane rolniczo, niebezpieczeństwo zanieczyszczenia rzeki tymi składnikami wzrasta. W miarę zwiększania się powierzchni zlewni (od przekroju Bystrzyca w km 9+676 do przekroju Janików w km 7+105), zwiększa się także ilość pól uprawnych, a co za tym

idzie wzrasta ilość ładunków składników nawozowych wnoszonych do rzeki. Wielkości ładunków wnoszonych do rzeki Smortawy w roku hydrologicznym 2003/04 wykazywały zmienność w zależności od pory roku. Zauważono, że w półroczu zimowym ilość ładunków biogenów była większa niż w półroczu letnim, co wynika ze zwiększonego pobierania i wykorzystywania związków azotowych przez roślinność wodną w okresie wegetacyjnym.

W wodach Smortawy na badanym odcinku zawartość azotanów dominowała nad zawartością amoniaku, co jak podaje Jones [1975], wiązać można z dobrym natlenieniem wód tej rzeki. Stan taki sprzyjać powinien dobremu samooczyszczaniu się rzeki, szczególnie na odcinku nieuregulowanym, na którym jest rozlewisko, niestety sposób użytkowania zlewni zabuża ten proces. Pomimo tego, że ładunki związków biogenych w trzech badanych przekrojach były stosunkowo niewielkie, to jednak nie obserwowano dużego stopnia redukcji biogenów na nieuregulowanym odcinku rzeki Smortawy, co autorki wiążą z niekontrolowanym zrzutem ścieków do Młynówki Smortawskiej, uchodzącej do Smortawy przed stopniem drewnianym w km 8+030. Niebagatelne są również zanieczyszczenia spowodowane spływami powierzchniowymi z pól uprawnych oraz obumieraniem mikroorganizmów wodnych. Ze względu na stężenia biogenów, wody te we wszystkich przekrojach badawczych zaliczono do wód dobrej jakości (II klasa czystości), czego przyczyną były stężenia azotanów.

## Literatura

- ADYNKIEWICZ-PIRAGAS M., KRZEMIŃSKA A., 2004: Response of riverine ecosystem after a flood event in the Smortawa valley, *Journal of Water and Land Development* No.8, 23-33.
- JONES K., (1975): *The chemistry of nitrogen*. Pergamon Press.
- KLĘKA J., KRZEMIŃSKA A., 2006: Przybliżona ocena samooczyszczania się rzeki Smortawy dla wskaźników tlenowych, *Mat. Konf. II Międzynarodowa Konferencja Meliorantów i Inżynierów Środowiska, Środowiskowe Aspekty Melioracji Wodnych*, Wrocław 2006, ISBN 83-89189-93-3, s. 15-24.
- PULIKOWSKI K., 2004: „Zanieczyszczenia obszarowe w małych zlewniach rolniczych” *Zesz. Nauk. AR we Wrocławiu*, nr 479

*Praca finansowana ze środków grantu KBN Nr 2P06500429*

---

Alicja Krzemińska, Andrzej Drabiński  
Instytut Architektury Krajobrazu,  
Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu

Justyna Klęka  
Instytut Kształtowania i Ochrony Środowiska,  
Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu



Alicja Krzemińska, Beata Olszewska

## **KSZTAŁTOWANIE SIĘ JAKOŚCI WÓD PODZIEMNYCH W DOLINIE ODRY W REJONIE ODDZIAŁYWANIA STOPNIA WODNEGO W BRZEGU DOLNYM W LATACH 1971–2002**

### **FORMING OF GROUNDWATER QUALITY IN THE ODRA VALLEY IN THE REGION OF THE BRZEG DOLNY DAM EFFECTING IN THE YEARS 1971–2002**

Skład chemiczny wód podziemnych jest wypadkową wielu czynników, wśród których wymienić można: warunki geochemiczne, gospodarkę wodną gleb, rozkład opadów atmosferycznych, rzeźbę terenu, jak również sposób zagospodarowania i użytkowania terenu. W dolinach dużych rzek niebagatelne znaczenie dla kształtowania się składu chemicznego wód podziemnych ma stopień jej przekształcenia oraz odległość od koryta rzeki. Spiętrzenie wód stopniem wodnym w Brzegu Dolnym spowodowało powstanie dwóch obszarów o odmiennych warunkach oddziaływania rzeki na teren doliny. Powyżej stopnia, w wyniku dodatkowego zasilania doliny wodami infiltrującymi ze zbiornika, powstał obszar o stałym nadmiarze wód. Poniżej spiętrzenia występują wzmożone procesy erozji dna koryta Odry, co powoduje obniżanie się poziomów wód w rzece i równocześnie oddziaływanie na poziomy wód gruntowych w przyległej dolinie, a przez to wpływa na kształtowanie się jakości tych wód. Celem niniejszej pracy jest prześledzenie zmian jakości wód podziemnych w dolinie Odry w sąsiedztwie oddziaływania stopnia wodnego w Brzegu Dolnym w latach 1971-1980 i 1995-2002. Analizy jakości wód podziemnych oparto o sieć monitoringu lokalnego, składającego się z 34 piezometrów i 14 studni gospodarskich. Dla potrzeb pracy wybrano 7 otworów, położonych w strefie infiltrującego oddziaływania Odry ( $P_6$ ,  $P_7$ , studnia w Warzynie) oraz drenującego ( $L_3$ ,  $H_{1a}$ ,  $H_{2a}$ ,  $E_2$ ). Analizy wód wykonywano w Laboratorium Wód i Ścieków IKiOŚ Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu. Oznaczono następujące składniki: sód, potas, wapń, żelazo ogólne, azotany, siarczany, chlorki i odczyn wody. Podstawą do oceny jakości wód były ustalenia zawarte w Rozporządzeniu Ministra Środowiska z dnia 11 lutego 2004 r. Analizę statystyczną wykonano w oparciu o program Statistica 7.

Badania jakości wód podziemnych w dolinie Odry w okolicach stopnia wodnego w Brzegu Dolnym prowadzone w latach 1971-1980 i 1995-2002, wykazały znaczne zanieczyszczenie tych wód związkami żelaza i siarczanami. Jest to spowodowane specyficznymi warunkami hydrogeochemicznymi tego obszaru, jak również nadmiernym wymywaniem żelaza z gruntu, zainicjowanym obniżeniem się zwierciadła wód gruntowych w wyniku obniżenia się dna koryta Odry. Stężenia tych związków wykazywały dużą zmienność podobnie jak

chlorki, sól, potas i azotany. Ze względu na ponadnormatywne zawartości żelaza i siarczanów, jak również na odczyn wody te zaklasyfikowano jako wody o złej jakości (V klasa czystości). Natomiast ze względu na chlorki do klasy II, a do I klasy czystości ze względu na sól, potas, wapń i azotany.

Zauważono, że położenie względem stopnia wodnego w Brzegu Dolnym miało wpływ na kształtowanie się jakości wód podziemnych na tym terenie. W strefie, gdzie Odra przyjmowała charakter drenujący, obserwowano w wodach podziemnych zwiększone stężenia żelaza ogólnego i siarczanów, jak również niskie pH. Natomiast w części doliny gdzie Odra przybiera charakter infiltrujący zauważono zwiększone zawartości sodu, potasu i chlorów, co należy wiązać z jakością infiltrujących wód Odry.

## Podsumowanie i wnioski

Wszystkie piezometry położone są w strefie zalewowej i dlatego też w 1997 roku znalazły się pod wodą po wejściu fali powodziowej przez dolinę. Po powodzi obserwowano w okresie około 2-4 lat polepszenie się jakości tych wód, a po tym czasie powrót do stanu sprzed powodzi. Taka sytuacja wymusza na tym terenie stały monitoring jakości wód podziemnych, jak również w przyszłości wyjaśnienie przyczyn tendencji zmian jakości wód na tym obszarze.

## Literatura

- Pr. zbiorowa (1997): Wpływ wieloletniej eksploatacji hydrotechnicznej budowli piętrzącej na ilościowe i jakościowe zmiany zasobów wód oraz wybrane elementy środowiska przyrodniczego w dolinie rzecznej. Raport końcowy projektu badawczego KBN nr 5 P06H 004 08 - maszynopis.
- Pr. zbiorowa (2004): Oddziaływanie stanów wody w rzece na warunki wodne w przyległej dolinie. Raport końcowy projektu badawczego KBN nr 6 P06S 025 21 – maszynopis.
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 11 lutego 2004 r. w sprawie klasyfikacji dla prezentowania stanu wód powierzchniowych i podziemnych, sposobu prowadzenia monitoringu oraz sposobu interpretacji wyników i prezentacji stanu tych wód, Dz. U. Nr 32, poz. 284.
- Wykaz norm z zakresu analityki wody i ścieków (1993), Instytut Gospodarki Przestrzennej i Komunalnej – Zespół Normalizacji, Warszawa.

---

Alicja Krzemińska  
Instytut Architektury Krajobrazu,  
Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu

Beata Olszewska  
Instytut Kształtowania i Ochrony Środowiska,  
Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu

Krzysztof Lejcuś, Henryk Orzeszyna,  
Andrzej Pawłowski, Daniel Garlikowski

## WYKORZYSTANIE SUPERABSORBENTÓW W ZABEZPIECZENIACH PRZECIWEROZYJNYCH

### SUPERABSORBENT APPLICATION IN ANTI-EROSION SYSTEMS

#### Superabsorbenty

Superabsorbenty (SAP-y) są to luźno usieciowane polimery hydrofilowe, które mogą absorbować duże ilości wody [Junping i in., 2006]. W ostatnich dekadach są one szeroko stosowane w przemyśle materiałów higienicznych, w uprawach bezglebowych [Abd El-Rehim i in., 2004] i w medycynie [Wichterle, Lim, 1960]. Superabsorbenty są w ograniczonym stopniu stosowane w rolnictwie. Służą poprawie właściwości gleb suchych i przepuszczalnych.

Superabsorbenty działają w glebie jako bufor wilgotności, ograniczając tzw. stres wodny u roślin. Zatrzymując wodę zapobiegają jednocześnie wypłukiwaniu z gleby związków nawozowych i środków ochrony roślin. Większość roślin może wykorzystać ponad 90% wody retencjonowanej w SAP-ie. Niestety związki mineralne w znacznym stopniu ograniczają zdolność superabsorbentów do absorpcji wody.

W uprawie roślinnej najczęściej stosowane są związki na bazie poliakryloamidu, poli(kwasu akrylowego) lub polimetakrylowego i ich pochodnych. Znacznie rzadziej stosuje się inne makrocząsteczki, jak np. usieciowany poli(alkohol winylowy) oraz chemicznie modyfikowane kopolimery na bazie celulozy lub skrobi. Praktyczne wykorzystanie tych ostatnich jest jednak znacznie ograniczone z powodu ich szybkiej biodegradacji w glebie. Wśród superabsorbentów można wyróżnić dwie grupy polimerów: jonowe (kationowe, anionowe), np. usieciowane poli(kwas akrylowy) i niejonowe (np. poliakryloamid). Polimery niejonowe cechują się znacznie mniejszą chłonnością, ale jednocześnie są mniej wrażliwe na zawarte w wodzie jony. Polimery akrylowe są nieszkodliwe dla człowieka i zwierząt. Ulegają one biodegradacji po kilkunastu latach. Poliakryloamid nie jest toksyczny - LD<sub>50</sub> wynosi 5000 mg/kg w dawce doustnej. Polimery oparte na kwasie akrylowym i jego solach nie zawierają akryloamidu. Kwas akrylowy i jego sole powstające w produkcji po polimeryzacji są nieszkodliwe dla ludzi, zwierząt i środowiska [Sroka, 2004].

#### Zastosowanie superabsorbentów w zabezpieczeniach przeciwerozyjnych

Superabsorbenty zmieszane bezpośrednio z glebą zmniejszają jej parametry wytrzymałościowe. Pęczniąc ograniczają porowatość gleby. Tworząc żel wypelniający pory gleby

znacząco zmniejszają wartości kąta tarcia wewnętrznego. W ekstremalnym przypadku, może uniemożliwić uprawę maszynową a na skarpach i skłonach może doprowadzić do obsunięcia się warstwy gleby wymieszanej z superabsorbentem.

Ingerencja w naturalne właściwości gleby i ich pogorszenie na skutek bezpośredniego wymieszania superabsorbentu z glebą oraz brak kontroli jego rozmieszczenia i możliwości późniejszego usunięcia, skłoniła autorów do stworzenia geokompozytu, który będzie pozbawiony wad aplikacji „rozproszonej”. W podstawowej formie ma on postać taśmy wykonanej z geowłókniny wypełnionej odpowiednim superabsorbentem.

W zastosowaniach geotechnicznych, w przypadku istniejących skarp, na których występują problemy z utrzymaniem roślinności możliwe jest wprowadzenie takiego geokompozytu, którego aplikacja będzie stosunkowo prosta i nie będzie wymagała przebudowy całego ubezpieczenia. Dla nowozakładanych ubezpieczeń biotechnicznych możliwe jest użycie kilku wariantów geokompozytu. Jednym z nich jest zastosowanie geokompozytu w postaci kotwionych taśm. Rozwiązanie to ogranicza problem dostępności wody dla roślin i pośrednio zwiększa odporność erozyjną skarpy.

## **Wnioski**

Zastosowanie geokompozytów sorbujących wodę może poprawić stan roślinności stanowiącej element zabezpieczeń przeciwoerozyjnych. Zgromadzona w geokompozycie woda jest pobierana przez rośliny w czasie posuchy, co zwiększa odporność erozyjną skarp, na których został zastosowany geokompozyt.

## **Literatura**

- ABD EL-REHIM, H.A., HEGAZY, E.A., ABD EL-MOHDY, H.L. 2004. Radiation synthesis of hydrogels to enhance sandy soils water retention and increase plant performance. *Appl. Polym. Sci.* 93, 1360–1371.
- JUNPING ZHANG, AN LI, AIQIN WANG. 2006. Synthesis and characterization of multifunctional poly(acrylic acid-co-acrylamide)/sodium humate superabsorbent composite. *Reactive & Functional Polymers*. No 66. 747–756.
- SROKA P. 2004. Polimery – lekarstwem na suszę. *Aura* nr 11. 5-7.
- WICHTERLE, O., LIM, D., 1960. Hydrophilic gels for biological use. *Nature* 185, 117–118.

---

Krzysztof Lejcuś, Henryk Orzeszyna, Andrzej Pawłowski, Daniel Garlikowski  
Instytut Inżynierii Środowiska, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu

Henryk Orzeszyna, Krzysztof Lejcuś, Andrzej Pawłowski, Daniel Garlikowski

## KONSTRUKCJA STAWÓW OSADOWYCH OGRANICZAJĄCYCH WYNOSENIE RUMOWISKA ZE ZLEWNI

### THE CONSTRUCTION OF SEDIMENTARY PONDS LIMITING CARRYING AWAY A RUBBLE FROM A CATCHMENT

#### Wstęp

Ulewne i rozlewne deszcze, a także gwałtowne topnienie śniegów, na stokach i zboczach o nachyleniu powyżej 2% uruchamiają spływ powierzchniowy [2]. Efektem spływu, zależnie od nachylenia, rodzaju podłoża i stanu pokrywy roślinnej zbocza, są postępujące zniszczenia erozyjne. Cząstki gleby, a czasem całe jej warstwy zmyte ze zbocza, tylko w niewielkiej części osadzone są u jego podnóża, reszta zawieszona w wodzie, unoszona jest do cieków wyższego rzędu.

Średnie roczne zmywy gleby z obszaru Polski oceniono na 76 Mg/km<sup>2</sup>, zmywy w Karpatach Fliszowych na 280 Mg/km<sup>2</sup>, a na Nizinie Środkowopolskiej na 2,7 Mg/km<sup>2</sup> [1]. Na obszarze woj. dolnośląskiego degradacja, głównie erozyjna, zagrożony jest obszar ponad 356 tys. ha. Coroczny spływ z nie umocnionych skarp budowli ziemnych szacuje się na około 360 Mg/ha skarpy.

Skoncentrowany spływ szybko dokonuje zniszczeń, a dodatkowym zagrożeniem są nie umocnione drogi polne, rowy śródpolne o dużych spadkach i wykopy komunikacyjne przecinające zbocze. Podstawowe działania ochrony przeciwieryzyjnej skłonów i zboczy sprowadzają się do spowalniania i opóźniania spływu powierzchniowego. Od szeregu lat stosuje się różnego typu przegrody spowalniające spływ, zabezpieczeniom tym jednak rzadko kiedy towarzyszą konstrukcje przechwytyjące materiał unoszony przez wody spływające po stoku.

#### Zbiorniki sedymentacyjne

W poprzek stoków, na muldach, debrach oraz na wykształtowanych już ściekach i wąwozach, celem przechwycenia unosin splukiwanych w dół stoku, można instalować różne formy zbiorników sedymentacyjnych. Zbiorniki te o charakterze stałym lub tymczasowym, zależnie od wielkości obszaru, z jakiego przechwytyją wody opadowe (misy, baseny, stawy, zbiorniki) różnią się konstrukcją przegrody, przelewu i osadnika. Deponowany w zbiorniku materiał ziemny załaduje go po pewnym okresie, ale może być także systematycznie usuwany z przeznaczeniem na uzupełnienie ubytków w wyższych partiach stoku [3, 4, 5].

## Rozwiązania konstrukcyjne przegród

Jako pierwszy krok w spowalnianiu spływu i osadzaniu unosin, na stokach o pochyleniu większym od 5%, można zastosować przegrody o wysokości 0,1 - 0,4 m wykonane z przepuszczalnych tkanin, usytuowane w poprzek spadku z zagięciem w górę tak, by stworzyć podłużną misę.

Wody spływające z powierzchni 0,5-2 ha o nachyleniu większym od 2% można przepuszczać przez baseny powstałe za wałem kamienno-żwirowym lub niskim murem gabionowym. Pracujące pojedynczo lub w kaskadzie stawy odbierające wody z powierzchni 2-5 ha należy opierać o nasyp ziemny z przelewem wieżowym wykonanym z elementów PP lub betonowych. Dna czasz basenów i stawów dodatkowo zabudowuje się przegrodami poprzecznymi. Największe objętościowo zbiorniki, na materiał wleczony i sedymentowany z wód spływających z obszarów większych niż 5 ha, zamyka się nasypem ziemnym z przelewem powierzchniowym z narzutu kamiennego. Odpływ wód ze zbiornika, zależnie od wielkości spodziewanego przepływu, zapewnia jeden lub kilka przelewów wieżowych. Podłoże wylotów z przelewów stawów i zbiorników należy ubezpieczyć narzutem kamiennym na geowłókninie. Rozwiązania konstrukcyjne przegród i przelewów wszystkich wymienionych wyżej form zbiorników sedymentacyjnych zakładają zastosowanie miejscowych materiałów ziemnych odpowiednio wzmocnionych i wyseparowanych geosyntetykami. W konstrukcjach przelewów wieżowych wykorzystuje się prefabrykowane elementy betonowe i PP studni kanalizacyjnych.

## Literatura

- [1]. [www.erozja.iung.pulawy.pl](http://www.erozja.iung.pulawy.pl)
- [2]. KLIMASZEWSKI M. Geomorfologia. PWN, Warszawa 1981.
- [3]. [www.ectc.org](http://www.ectc.org)
- [4]. [www.ieca.org](http://www.ieca.org)
- [5]. [www.erosioncontrol.com](http://www.erosioncontrol.com)

---

Henryk Orzeszyna, Krzysztof Lejcuś, Andrzej Pawłowski, Daniel Garlikowski  
Instytut Inżynierii Środowiska, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu

Andrzej Pawłowski, Daniel Garlikowski,  
Henryk Orzeszyna, Krzysztof Lejcuś

## **MOŻLIWOŚCI WYKORZYSTANIA ZBROJENIA ROZPROSZONEGO DO POPRAWY WŁAŚCIWOŚCI GRUNTÓW, W TYM W ZABEZPIECZENIACH PRZECIWEROZYJNYCH**

### **POSSIBILITY OF USING FIBRE REINFORCEMENT TO IMPROVE SOILS PROPERTIES INCLUDING APPLICATION IN ANTIEROSION PROTECTION**

#### **Wstęp**

Modyfikacja właściwości gruntów jest istotnym elementem budownictwa ziemnego. Jedną z technik pozwalającą na poprawę właściwości wytrzymałościowych gruntu jest wprowadzenie zbrojenia, które, podobnie jak w przypadku betonu, przejmuje naprężenia rozciągające. Jest to możliwe dzięki siłom tarcia między elementami wzmacniającymi, a ośrodkiem gruntowym. Zbrojenie jest stosowane w różnej formie: np. w postaci cięgien z płaskowników metalowych, w postaci syntetycznych georusztów lub geotekstyliów, jako kotwy składające się z metalowego cięgna i betonowej otuliny, w postaci tzw. zbrojenia rozproszonego - krótkich włókien z tworzyw sztucznych, pozyskiwanych niekiedy z materiałów odpadowych. Również naturalne systemy korzeniowe mogą być traktowane, jako wzmocnienie podłoża, chociaż po obumarciu rośliny, z uwagi na stopniowy rozkład w gruncie, przestają z czasem spełniać tę pożyteczną rolę. Zbrojenie w postaci cięgien bądź elementów powierzchniowych (georuszty, geotekstylium) jest zwykle wykorzystywane w konstrukcjach oporowych. Istnieją liczne normy i wytyczne określające sposób projektowania oraz realizacji tego typu konstrukcji. Zbrojenie rozproszone w postaci krótkich włókien lub włókna ciągłego zmieszanego z gruntem ma charakter bardziej indywidualny, trudniej poddający się kodyfikacji. Tym niemniej od wielu lat trwają badania, w których poszukuje się związku między materiałem i długością włókien oraz ich ilością, a efektami zastosowania w różnych rodzajach gruntu. Wyniki tych badań wykazują na ogół pozytywne skutki takich aplikacji, chociaż niewłaściwie dobrana ilość i długość włókien może niekorzystnie wpływać na właściwości gruntu.

#### **Badania właściwości gruntów ze zbrojeniem rozproszonym**

Możliwość stabilizacji słabych gruntów za pomocą dodatkowych elementów wprowadzonych w strukturę znana była już w czasach starożytnych. Np. podczas budowy Chińskiego Wielkiego Muru do gruntów spoistych dodawano gałęzie tamaryszku, a niewypalane cegły, które zostały użyte do budowy zigguratu Agar-Qut koło Bagdadu, zbrojono trziną i słomą [Sarsby 2003]. W obecnych zastosowaniach materiały naturalne, które ulegają stopniowej biodegrada-

cji (wyjątkiem SA włókna kokosowe charakteryzujące się większą trwałością), zostały zastąpione przez materiały syntetyczne, odporne na agresywne działanie różnych związków chemicznych. [Dhillon, 1999]. Potencjalny obszar zastosowań to m.in. zwiększenie nośności gruntu i jego wytrzymałości trwałej oraz odporności na erozję i przebicie hydrauliczne [French S., 2002, Furumoto i in., 2002]. Badania dotyczące zarówno gruntów naturalnych, jak też antropogenicznych obejmują określenie podstawowej charakterystyki gruntu – wpływ zbrojenia na zagęszczenie gruntu, badania wytrzymałościowe w aparacie bezpośredniego ścinania, określenie wartości współczynnika CBR dla różnej ilości włókien i różnej ich długości. Z uwagi na technologię praktycznych aplikacji grunt jest mieszany ze zbrojeniem a zatem ułożenie włókien ma charakter przypadkowy. Niektóre badania laboratoryjne prowadzone były na próbkach z włóknami ułożonymi w określonym kierunku, ale z uwagi na pracochłonność sposób ten nie nadaje się do praktycznych realizacji pomimo możliwości uzyskania optymalnego rozkładu zbrojenia.

## Wnioski

Badania prowadzone przez różne ośrodki wskazują, że zastosowanie zbrojenia rozproszonego, którego ilość waha się zwykle w granicach 0,1–0,4 % (w przypadku syntetycznych pasków pochodzących z odpadów folii ilość ta może być nawet 10-krotnie większa) wpływa korzystnie na charakterystykę wytrzymałościową gruntu zwiększając kąt tarcia wewnętrznego i kohezja oraz wartość trwałej wytrzymałości na ścinanie. Maksymalna wartość wytrzymałości jest uzyskiwana przy większych odkształceniach względnych, niż w przypadku gruntu bez zbrojenia. Optymalną długość, ilość i rodzaj włókien należy dobierać w zależności od rodzaju gruntu. Zastosowanie krótkich włókien syntetycznych, jako zbrojenia, może utrudniać zagęszczanie i zwiększać wilgotność optymalną. Utrudnienie ruchu cząstek gruntu dzięki zastosowaniu zbrojenia pozwala na wykorzystanie tej techniki w celu zwiększenia odporności na przebicie hydrauliczne oraz na erozję.

## Literatura

- DHILON G.S. (1999): Fibre reinforced soil. Science Tribune, Chndigarh, February 25.
- FRENCH S. (2002): The Use of Plastic Waste in Highway Construction. Project Technovation Civil Engineering Materials, 2 March, 1-9.
- FURUMOTO K., MIKI H., TSUNEOKA N, OBATA T (2002) Model test on the piping resistance of short fibre reinforced soil and its application to river levee, Geosynthetics – 7<sup>th</sup> ICG – Delmas, Gourc & Girard (eds), 1241 -1244.
- KUMAR R., KANAUJIA V.K., CHANDRA D., (1999): Engineering Behaviour of Fibre -Reinforced Pond Ash and Silty Sand, Geosynthetics International, Vol. 6, No 6, 509-518.
- SARSBY R.W (2003): Time Dependent Behaviour Of Embankment Reinforced With Limited Life Geotextiles. Proceedings of The RICS Foundation Construction and Building Research Conference September, The RICS Foundation, London, 456–469.

---

Andrzej Pawłowski, Daniel Garlikowski, Henryk Orzeszyna, Krzysztof Lejcuś  
Instytut Inżynierii Środowiska Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu



Czesław Szafranski, Piotr Stachowski, Paweł Kozaczyk

## **OCENA ZMIAN UWILGOTNIENIA GRUNTÓW POGÓRNICZYCH W ZRÓŻNICOWANYCH WARUNKACH POGODOWYCH**

### **THE ESTIMATION CHANGES OF MOISTURE POSTMINING GROUNDS UNDER VARIOUS METEOROLOGICAL CONDITIONS**

#### **Wstęp**

Działalność górnicza w Konińskim Zagłębiu Węgla Brunatnego przyczyniła się do zniszczenia pokrywy glebowej i wyłączenia z użytkowania gruntów rolnych i leśnych. Spowodowała także zmianę stosunków wodnych obszaru i dotyczy to zarówno układu wód powierzchniowych jak i podziemnych [KANIEWSKI 1991, RZAŚA i inni 1999]. Miejsce gleb, najczęściej niskich klas bonitacyjnych, zajęły grunty pogórniczne, powstające w wyniku urabiania, transportowania i zwałowania skał nadkładu. Na gruntach tych występuje duża zależność uwilgotnienia od warunków pogodowych, gdyż charakteryzują się typowo opadowo-retencyjną gospodarką wodną, w której jedynym źródłem zaopatrzenia roślin w wodę są opady atmosferyczne. Zwierciadło wody gruntowej zalega bardzo głęboko i nie ma wpływu na uwilgotnienie wierzchnich warstw tych gruntów [SZAFRANSKI, STACHOWSKI 1997]. Znajomość kształtowania się uwilgotnienia wierzchnich warstw gruntów pogórnicznych jest niezbędna przy podejmowaniu decyzji o sposobie rekultywacji i zagospodarowania zwałowisk oraz przy doborze gatunków i odmian roślin.

Celem pracy była ocena dynamiki zmian uwilgotnienia wierzchnich warstw gruntów pogórnicznych w zróżnicowanych pod względem opadów i temperatur powietrza okresach wegetacyjnych 2002 i 2004 roku.

#### **Omówienie wyników**

W pracy przedstawiono wyniki badań i obserwacji terenowych prowadzonych na 4 powierzchniach doświadczalnych, każda o wielkości 0,32 ha, zlokalizowanych na zwałowisku wewnętrznym odkrywki „Kazimierz Północ”, położonej na Pojezierzu Kujawskim. Wytypowane do szczegółowej analizy 4 profile glebowe są reprezentatywne w 70-80% dla badanych powierzchni doświadczalnych, na których uprawiana jest lucerna, pszenica ozima, jęczmień jary i rzepak. Badania potwierdziły, że uwilgotnienie wierzchnich warstw użytkowanych rolniczo gruntów pogórnicznych, uzależnione było przede wszystkim od rozkładu i wysokości opadów atmosferycznych w poszczególnych dekadach i miesiącach tych okresów. Stwierdzono, że w mokrym i ciepłym okresie wegetacyjnym 2002 roku, w którym suma opadów (417mm) była wyższa od średniej z wielolecia o 64 mm, uwilgotnienie

wierzchnich warstw tych gruntów było optymalne, co zapewniało prawidłowy rozwój uprawianych roślin. Natomiast w suchym i ciepłym okresie wegetacyjnym 2004 roku, w którym suma opadów była niższa od średniej z wielolecia aż o 121 mm, przebieg uwilgotnienia wierzchnich warstw gruntów pogórnicych kształtował się niekorzystnie. Zapasy wody w tym okresie obniżyły się poniżej ilości wody łatwo dostępnej dla roślin. Największe wyczerpanie wilgoci i najdłużej trwające niedobory wody (od 42 do 59 dni), stwierdzono w profilach z warstwą gliny piaszczystej. Minimalne zapasy wody w tych profilach zbliżyły się do wilgotność odpowiadającej wilgotności trwałego wędnięcia. Spadek uwilgotnienia w wierzchniej warstwie badanych gruntów, wystąpił w okresie zwiększonych potrzeb wodnych uprawianych roślin, zwłaszcza jęczmienia jarego. Plon jęczmienia jarego w 2004 roku, wyniósł zaledwie  $4,2 \text{ dt} \times \text{ha}^{-1}$  i był ośmiokrotnie niższy w stosunku do przeciętnie uzyskiwanego na gruntach pogórnicych w latach poprzednich. Również plony lucerny ( $340 \text{ dt} \times \text{ha}^{-1}$  zielonej masy) były niższe o 34% od uzyskiwanych w ostatnich latach.

## Wnioski

1. Przeprowadzone badania potwierdziły, że uwilgotnienie wierzchnich warstw gruntów pogórnicych kształtowane było przede wszystkim pod wpływem rozkładu i wysokości opadów atmosferycznych. Istotny wpływ na zmienność uwilgotnienia gruntów pogórnicych miało również zróżnicowanie ich właściwości fizykowodnych.
2. Wyniki badań wskazały na potrzebę zwiększenia zdolności retencyjnych wierzchnich warstw gruntów pogórnicych. Umożliwi to większe magazynowanie wody po opadach o większej wydajności i stanowić będzie jeden ze sposobów zmniejszania niedoborów wody w okresach wegetacyjnych.

## Literatura

- KANIECKI A. 1991: *Przemiany Środowiska Geograficznego Obszaru Konin-Turek*. Wyniki realizacji programu RR.II.14 w okresie 1986-1990. Wyd. Inst. Badań Czwartorz. UAM Pozn.: 137-150.
- RZAŚA S., OWCZARZAK W., MOCEK A. 1999. *Problemy odwodnieniowej degradacji gleb uprawnych w rejonach kopalnictwa odkrywkowego na Niżu Środkowopolskim*. Wyd. AR Pozn. 394 ss.
- SZAFRAŃSKI CZ., STACHOWSKI P. 1997: *Zmiany zapasów wody w wierzchnich warstwach rekultywowanych rolniczo gruntów pogórnicych*. Roczn. AR Pozn. –294, Melior. Inż. Środ., 19, cz.2: 211-221.

*Praca naukowa finansowana ze środków budżetowych na naukę w latach 2006-2009 jako projekt badawczy*

---

Czesław Szafranski, Piotr Stachowski, Paweł Kozaczyk  
Katedra Melioracji, Kształtowania Środowiska i Geodezji,  
Akademia Rolnicza im. Augusta Cieszkowskiego w Poznaniu

Szymon Szewrański, Karolina Szabla,  
Rafał Wawer, Romuald Żmuda

## **OCENA PRZEDSIĘWZIĘĆ ROLNOŚRODOWISKOWYCH W ASPEKCIE OCHRONY GLEB PRZED EROZJĄ WODNĄ**

### **IMPACT ASSESSMENT OF AGRI-ENVIRONMENTAL MEASURES IN THE CONTEXT OF SOIL WATER EROSION CONTROL**

#### **Wstęp**

Wprowadzenie przedsięwzięć rolnośrodowiskowych zaproponowano w zlewni Mielnicy (Wzgórza Trzebnickie) ze względu na pokrycie większości obszaru glebami lessowymi oraz niewłaściwie prowadzoną gospodarkę rolną. Czynniki te powodują bardzo dużą podatność terenu na działanie erozji wodnej, która wymywa cząstki glabowe i składniki pokarmowe, prowadzi do deformacji terenu, zwiększa koszty uprawy [Józefaciuk, Józefaciuk 1999, Kodeks... 2002]. Ocenę przedsięwzięć przeprowadzono dwoma metodami – listą sprawdzającą i macierzą Leopolda [CEZOŚ 1998, Lenart, Tyszecki 1999, Tyszecki 1999].

#### **Wyniki badań**

Ocena wykonana za pomocą listy wykazuje, że największego znaczenia nabierają skutki dotyczące przekształcenia zmian czynników fizycznych oraz struktury użytkowania terenu, z czego najistotniejsze to: wprowadzenie roślinności trwałej i tarasowanie pól. Działaniami mogącymi mieć skutki uboczne są: stworzenie bazy turystycznej oraz wykonywanie zabiegów mechanicznych w poprzek stoku. Lista pozwoliła także na wyodrębnienie licznych skutków o charakterze negatywnym, które nie będą miały miejsca, np.: wykorzystywanie substancji i materiałów szkodliwych, skażenie elementów środowiska, wystąpienie awarii, utrata terenów nie przekształconych przez człowieka.

Macierz Leopolda wykazała, że działaniami o najbardziej znaczącym wpływie na środowisko i najlepiej zapobiegającymi negatywnemu działaniu erozji, są: tarasy z miedzami i uprawą sadowniczą (121 pkt.), strefy buforowe wzdłuż cieku (105 pkt.), zalesienia i sady (99 pkt.) oraz winnice (91 pkt.). Punktacja końcowa wykazała możliwość wystąpienia skutków ubocznych. Jedynym czynnikiem z ujemną liczbą punktów (-9 pkt.) był hałas i wibracje, będące następstwem stworzenia bazy turystycznej. Porównanie maksymalnych i minimalnych wartości w macierzy pozwala na stwierdzenie, że czynnik ten nie stanowi zagrożenia i ma małe znaczenie w odniesieniu do potencjalnych korzyści.

Cechami środowiska, które okazały się być pod największym wpływem sugerowanych działań są: gleby (78 pkt.), wody powierzchniowe (77 pkt.), wody podziemne (68 pkt.) i erozja (68 pkt.).

Cechami mogącymi zareagować niekorzystnie na wprowadzane zmiany są: temperatura wody, rozpuszczanie, trawy i krzewy, ryby i skorupiaki, zasolenie, eutrofizacja i owady jako nosiciele chorób. Oddziaływania te nie są znaczące i dotyczą wydzielonych fragmentów terenu (rowy melioracyjne, oczko wodne, obszar sadu) a zmiany mogą być okresowe i krótkotrwałe.

## Podsumowanie

Zaproponowane przedsięwzięcie charakteryzuje się wysoką skutecznością w ochronie gleb przed erozją wodną. Nie powoduje degradacji ani zanieczyszczenia terenu (dzięki wprowadzeniu na teren zlewni jedynie naturalnych elementów). Pozwala na urozmaicenie krajobrazu i przyczynia się do wzrostu bioróżnorodności przez wprowadzenie nowych rodzajów upraw i ich odpowiednie rozmieszczenie. Może mieć też duży wpływ na rozwój regionu i wzrost świadomości ekologicznej mieszkańców dzięki propagowaniu zasad KDPR, czy też wprowadzeniu elementów rozwoju obszaru pod kątem rekreacyjno-wypoczynkowym. Najważniejszymi czynnikami decydującymi o podatności obiektu badawczego na erozję wodną są: pokrycie ogromnej większości obszaru lasem oraz rolnicze użytkowanie gruntów.

Ocena wykonana dwoma metodami pozwoliła na wyciągnięcie następujących wniosków:

- niewłaściwe zagospodarowanie terenu oraz nieodpowiedzialna działalność człowieka są jednymi z głównych przyczyn występowania erozji wodnej,
- do zabiegów najskuteczniej zapobiegających erozji wodnej należy pokrycie terenu wszelkiego rodzaju formami roślinności trwałej,
- możliwe jest skuteczne zapobieganie erozji wodnej dzięki kompleksowemu i interdyscyplinarnemu podejściu,
- jedynie zastosowanie wielu przedsięwzięć rolnośrodowiskowych jednocześnie w integracji z podnoszeniem świadomości ekologicznej może przynieść korzyści środowisku i lokalnej społeczności,
- wskazane jest wykonywanie oceny oddziaływania więcej niż jedną metodą dla jednej inwestycji w celu uzyskania pełniejszego obrazu sytuacji, możliwości porównania otrzymanych wyników i wyciągnięcia bardziej obiektywnych wniosków.

## Literatura

- Centrum Edukacji Zarządzania Ochroną Środowiska (1998): *Zasady Procedury Oceny Oddziaływania na Środowisko (OOŚ)*. Mat. Szkol. Agencji Ochr. Środ. Rządu Stanów Zjednoczonych (US EPA), podręcznik uczestnika.
- JÓZEFACIUK C., JÓZEFACIUK A. (1999): *Ochrona gruntów przed erozją*. Wyd. IUNG, Puławy
- Kodeks Dobrej Praktyki Rolniczej* (2002). Wyd. IUNG, Ministerstwo Rolnictwa i Rozwoju Wsi, Ministerstwo Środowiska, Warszawa.
- LENART W., TYSZECKI A. (1999): *Poradnik przeprowadzania Ocen Oddziaływania na Środowisko*. Wyd. EKO-KONSULT Gdańsk.
- TYSZECKI A. (1999): *Wytyczne do procedury i wykonywania ocen oddziaływania na środowisko*. Wyd. Fundacja IUCN Poland, Warszawa.

---

Szymon Szewrański, Karolina Szabla  
Katedra Planowania i Urządzania Terenów Wiejskich,  
Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu

Rafał Wawer  
Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa w Puławach

Romuald Żmuda  
Instytut Kształtowania i Ochrony Środowiska,  
Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu

Rafał Wawer

## **EROZJA WODNA AKTUALNA W POLSCE WG WOJEWÓDZTW W OPARCIU O CORINE CLC2000**

### **ACTUAL WATER EROSION RISK IN POLISH REGIONS BASED ON CORINE CLC2000**

#### **Wstęp**

Niniejsza praca obejmuje aktualizację podstawowej mapy potencjalnego zagrożenia erozją wodną (erozja wodna potencjalna) [Józefaciuk Cz. i A., 1996], przeprowadzoną w oparciu o wskaźnik erozji wodnej aktualnej A. i Cz. Józefaciuków [1996] z wykorzystaniem CORINE Land Cover 2000 jako źródła informacji o użytkowaniu terenu..

Mapę wynikową otrzymano w wyniku przecięcia warstw przestrzennych potencjalnej erozji wodnej, stanowiącej część systemu AGROGIS [Zaliwski, Stuczyński, 2000] oraz warstwy wektorowej CORINE Land Cover 2000 (Bittner et al., 2002). Następnie przeprowadzono operację arytmetyczną na bazie danych stosując wskaźniki redukcji zagrożenia erozją wodną powierzchniową przyporządkowane odpowiednim klasom użytkowania terenu CORINE Land Cover 2000 (CLC2000).

#### **Wyniki i dyskusja**

Wyniki analiz wskazują, że erozja wodna aktualna o nasileniu od średniego do bardzo silnego występuje na 7,1% powierzchni kraju, przy czym obszary jej podlegające zlokalizowane są głównie na wyżynach, pogórzach i pojezierzach, w województwach: małopolskim, lubelskim, świętokrzyskim i podkarpackim, charakteryzujących się bogatą rzeźbą terenu.

Ogólna powierzchnia kraju, zagrożona erozją wodną powierzchniową przy aktualnym użytkowaniu terenu wg CORINE Land Cover 2000 wynosi maksymalnie 18,2% powierzchni lądowej Polski. Udział powierzchni kraju zagrożonej erozją w stopniu od średniego do bardzo silnego (stopnie 3 do 5) wynosi 7,1%, co stanowi około 2,2 mln ha. Najbardziej zagrożone województwa to: małopolskie (27%), lubelskie (12%), podkarpackie oraz świętokrzyskie (po 15% powierzchni).

## **Wnioski**

Wyniki pokazują dużo większy zasięg erozji wodnej powierzchniowej niż analogiczne metodycznie badania ogólnie-europejskie [Vieillefont et al., 2003].

Ponieważ najmniejsza skala referencyjna danych źródłowych wykorzystanych w analizie wynosi 1:300.000 [Wawer, Nowocień, 2006], uzyskane mapy erozji wodnej aktualnej powinny być rozpatrywane na tym samym poziomie dokładności.

## **Literatura**

- BITTNER G., FERANEC J., JAFFRAIN G., 2002. Corine land cover update 2000: Technical guidelines, EEA Technical report No 82.
- JÓZEFACIUK CZ, JÓZEFACIUK A., 1996. Wskazówki metodyczne badania procesów erozji, Biblioteka Monitoringu Środowiska, pp: 148.
- IEILLEFONT V. et al., 2003. Validation Of Soil Erosion Estimates At European Scale. European Commission, JRC, EUR 20827 EN, pp: 38.
- WAWER R., NOWOCIEŃ E., 2006. Mapa erozji wodnej aktualnej w oparciu o CORINE Land Cover 2000. Pamiętnik Puławski Z. 142: 537-546
- ZALIWSKI A., STUCZYŃSKI T. 1999. Zintegrowany system informacji. Nowe Rolnictwo, nr 12, s. 38, in Polish.

---

Rafał Wawer

Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa – Państwowy Instytut Badawczy w Puławach

Rafał Wawer

## MODELOWANIE OSUWISK PŁYTKICH Z WYKORZYSTANIEM GIS

### MODELLING LANDSLIDES WITH GIS

#### Wstęp

Procesy niszczenia powierzchni terenu w wyniku zaburzenia równowagi sił utrzymujących i niszczących stok zwane ruchami masowymi należą do najbardziej niszczących i jednocześnie najtrudniejszych do opanowania procesów erozyjnych. Ruchy masowe podzielone są w polskiej systematyce [Józefaciuk Cz. i A., 1995, 1996] na sześć podtypów: obrywanie, osuwanie, pełzanie, spływanie (soliflukcja), odpadanie, osiadanie.

Dzięki postępowi w technologii GIS oraz wzrastającej dostępności danych przestrzennych, szczególnie cyfrowych modeli terenu (DEM), pozyskiwanie danych o topografii terenu, niezbędnych do oceny stateczności terenu, stało się znacząco łatwiejsze i mniej czasochłonne.

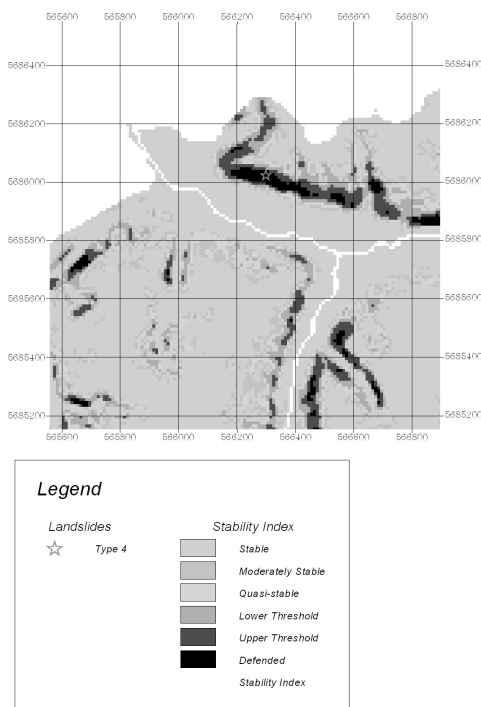
W pracy przedstawiono studium zastosowanie modelu probabilistycznego oceny stabilności terenu SinMap [Pack, Tarboton, 1998, 2001], wykonane w systemie ArcView GIS na obszarze zlewni potoku Grodarz.

#### Wyniki i dyskusja

Zarejestrowana forma osuwiskowa znajduje się w obrębie regionu kalibracyjnego, wydzielonego w północnej części zlewni. Osuwisko to występuje na terenie o spadku około 30°, na południowym stoku doliny Grodarza w bezpośredniej bliskości Góry Trzech Krzyży.

Wyniki modelowania wskazują na znaczne zagrożenie wystąpieniem osuwisk na terenie przyległym do istniejącego osuwiska oraz na krawędziach jednego z wąwozów w górnej części zlewni. W sumie powierzchnia najbardziej zagrożona ( $SI < 0.0$ ) wystąpieniem osuwisk w zlewni Grodarza sięga 2 hektarów, podczas, gdy wysokie ( $0.5 < SI < 1.0$ ) i bardzo wysokie ( $0.0 < SI < 0.5$ ) prawdopodobieństwo wystąpienia osuwisk występuje na łącznie 46 ha powierzchni zlewni. Jako, że większość stromych stoków i wąwozów jest obecnie zalesiona, w praktyce ryzyko wystąpienia osuwisk jest znacznie mniejsze, jednakże wpływ zalesień jest o tyle trudny do oceny, że na terenach lessowych, gdzie często pod lasami występują zjawiska sufozji





Rys. 1. Mapa indeksu stabilności północnej części zlewni Grodarza, gdzie zlokalizowane jest osuwisko

## Literatura

- JÓZEFACIUK A., JÓZEFACIUK CZ., 1995. Erozja agroekosystemów. *Bibl.Monit.Środ.*: 168.
- JÓZEFACIUK CZ., JÓZEFACIUK A., 1996. „Mechanizm i wskazówki metodyczne badania procesów erozji: Biblioteka Monitoringu Środowiska, Warszawa, s: 150.
- PACK R. T., TARBOTON D. G., GOODWIN C. N., 1998b. The SINMAP Approach to Terrain Stability Mapping. 8<sup>th</sup> Congress of the International Association of Engineering Geology, Vancouver, British Columbia, Canada 21-25 September 1998, s: 10.
- PACK R. T., TARBOTON D. G., GOODWIN C. N., 2001. Assessing Terrain Stability in a GIS usin SINMAP. 15<sup>th</sup> annual GIS conference GIS 2001, February 19-22, Vancouver, British Coulmbia, s:8.

---

Rafał Wawer

Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa – Państwowy Instytut Badawczy w Puławach

Rafał Wawer, Jan Jadczyzyn, Eugeniusz Nowocień

## ZASTOSOWANIE MODELU EROSION 3D W SKALI POLA

### APPLICATION OF EROSION 3D MODEL ON A FIELD SCALE

#### Wstęp

Model EROSION 3D, opracowany przez J. Schmidt'a i M. v. Wernera opiera się na podstawowej zależności: impulsywne strumienie wywoływane przez energię uderzających kropli deszczu i spływu powierzchniowego są porównywane z krytyczną wartością strumienia impulsywnego, który jest charakteryzowany wskaźnikiem odporności gleby na erozję  $E$  ( $N/m^2$ ). Wynikiem tego porównania jest wyróżnik, który poprzez równanie korelacji daje wielkość wynoszenia cząstek glebowych poza profil.

Model został zaimplementowany do platformy MS-Windows i jako taki posiada interfejs graficzny z menu i oknami dialogowymi. Ponadto system umożliwi import i export danych w postaci plików ASCII.

Erosion 3D symuluje przemieszczenia materiału glebowego w małych zlewniach, przy czym obszar badań przedstawiany jest w postaci regularnego kwadratowego rastra. W obrębie każdej komórki rastra właściwości gleby i relief traktowane są jako homogeniczne. Model przetestowano dotychczas w skali zlewni [Nowocień, Wawer, 2002; Wawer, 2004], przy czym dokonano tylko jego częściowej walidacji na wskaźniku jakościowym [Nowocień, Wawer, 2002a]. W pracy przeprowadzono modelowanie obszaru pola badawczego o powierzchni około 1 ha, uzbrojonego w przelew oraz urządzenia do ciągłego monitoringu meteorologicznego i przepływu.

#### Wyniki i dyskusja

W mikrozelewni wybranej do prowadzenia badań, położonej w miejscowości Rogalów na Płaskowyżu Nałęczowskim wykonano specjalnej konstrukcji przepust betonowy do prowadzenia ciągłego monitoringu spływu powierzchniowego. W ścianie przepustu zainstalowano przelew otwarty typu Venturi'ego do pomiaru natężenia przepływu. Konstrukcję przepustu połączono z betonowym zbiornikiem wyrównawczym o wymiarach 2 x 1 x 0,7m. Nad zbiornikiem wyrównawczym zainstalowano echosondę do pomiaru lustra wody. Wyniki pomiarów lustra wody transmitowane są do miernika natężenia przepływu (LB-810), który wylicza bieżące natężenie przepływu oraz przepływ skumulowany dobowy. Monitoring opadów atmosferycznych prowadzony jest przy pomocy deszczomierza ARG-100 firmy Enviromental Measurements. Deszczomierz zainstalowany jest w bezpośrednim sąsiedztwie pola doświadczalnego. Na podstawie przestrzennej bazy danych GIS o terenie

obszaru pola badawczego, składającej się z warstw informacji o rzeźbie terenu, właściwościach gleb i użytkowaniu terenu oraz danych meteorologicznych z ciągłego monitoringu przygotowano komplet danych w postaci plików wejściowych ASCII do programu EROSION 3D Preprocessor. Przyjęto dwa najwyższe zaobserwowane zdarzenia opadu z roku 2004 o intensywności 5,8 oraz 3,1 mm/h. W wyniku procesu obróbki w wymienionym programie otrzymano pliki wejściowe do programu EROSION 3D.

W wyniku modelowania otrzymano mapy rastrowe następujących zmiennych: erozji, depozycji, erozji netto, składu unoszonego rumowiska – zarówno dla spływu powierzchniowego, jak i skoncentrowanego.

## **Podsumowanie i wnioski**

Wyniki modelowania, po kalibracji na danych rzeczywistych są bardzo bliskie wartościom odpływu i erozji obserwowanym w przelewie kontrolnym, zlokalizowanym w punkcie wylotowym pola badawczego, które stanowi w całości zlewnię przelewu. Stwierdzona rozbieżność wynosi w granicach 11-17% w przypadku odpływu i odpowiednio 23-39% w przypadku wielkości średniej erozji netto, kształtującego wielkość erozji off-site tj. straty gleby w obrębie badanego pola. Ze względu na względnie niskie intensywności badanych zdarzeń opadu, model będzie sprawdzony również dla opadów o większej intensywności oraz dla roztopów śniegowych.

## **Literatura**

- NOWOCIEŃ E., WAWER R., 2002. Zastosowanie programu EROSION 3D w prognozowaniu nasilenia erozji wodnej na przykładzie zlewni potoku Grodarz. *Fragmenta Agronomica* nr 1/2002, s. 153-170
- NOWOCIEŃ E., WAWER R. 2002a. Porównanie jakościowych metod analitycznych i fizycznego modelowania cyfrowego w badaniach erozji wodnej powierzchniowej. *Zeszyty Problemowe Nauk Rolniczych*, Nr 487: 84-13.
- SCHMIDT J., 1991. A mathematical model to simulate rainfall erosion. Erosion, transport and deposition processes – theory and models. *Catena Suppl* 19:101-109.
- WAWER R., 2004. Cyfrowy Model Zlewni jako podstawa do planowania melioracji przeciwoerozyjnych w zlewniach rolniczych. Międzynarodowa Konferencja Naukowa „Kształtowanie i Ochrona Środowiska Terenów Erodowanych”, Lublin, 16-18 września 2004, AR w Lublinie, p: 83-84

---

Rafał Wawer, Jan Jadczyzyn, Eugeniusz Nowocień  
Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa – Państwowy Instytut Badawczy w Puławach

Rafał Wawer, Eugeniusz Nowocień, Bogusław Podolski,  
Szymon Szewrański, Romuald Żmuda

## **ANALIZA SIECI DRÓG ROLNICZYCH POD KĄTEM OCHRONY PRZED EROZJĄ WODNĄ POWIERZCHNIOWĄ**

### **THE ANALYSES OF RURAL ROADS' NETWORK IN ASPECT OF LIMITING SUPERFICIAL WATER EROSION**

#### **Wstęp**

Zmiana układu dróg rolniczych w rzeźbie terenu oraz utwardzanie ich nawierzchni i budowa urządzeń odwadniania powierzchniowego stanowią istotny element melioracji przeciwoerozyjnych i formowania poprawnego rozłogu gruntów na terenach erodowanych [Józefaciuk et al., 2000, 2002; Wawer 2004].

Właściwie wytyczone i utwardzone oprócz roli typowo gospodarczej dają również efekt ochrony przed erozją, rozpraszając spływ powierzchniowy bądź odprowadzając nadmiar wód opadowych.

Praca stanowi studium aktualnego stanu sieci dróg rolniczych o nawierzchni gruntowej na obszarze zlewni Mielnicy. Analizy wykonano w systemie ArcView GIS v.3.2 w oparciu o cyfrowe dane przestrzenne i autorską metodykę badań, opracowaną w IUNG-PIB.

Podstawę analiz stanowił Cyfrowy Model Zlewni Mielnicy, składający się z kilku grup danych przestrzennych, utworzonych poprzez digitalizację i cyfrowe przetworzenie map analogowych [Wawer, 2004]. Studium opiera się na 2 wskaźnikach, opisujących stan istniejącej sieci dróg rolniczych: wskaźniku IARRR [Wawer, 2004] oraz wskaźniku UHRR [Nowocień, Wawer, 2007].

#### **Wyniki i dyskusja**

Analiza z użyciem wskaźnika IARRR wskazuje na niekorzystną strukturę położenia sieci drogowej w rzeźbie terenu. Łączna długość odcinków wzdłużstokowych przekracza 3km, przy czym stwierdzono łączną długość dróg o idealnie wzdłużstokowym układzie na poziomie 205m. Łączna długość dróg o korzystnym układzie poprzecznostokowym wynosi 1873m, w tym idealnie przeciwstokowych tylko 81m.

Wyniki analizy z wykorzystaniem wskaźnika UHRR wskazują na bardzo duży udział odcinków dróg wymagających pilnych działań ochronnych w formie utwardzania nawierzchni oraz tworzenia bądź umacniania urządzeń odwadniania powierzchniowego. Około 50% dróg rolniczych zlokalizowanych w zlewni Mielnicy wymaga pilnej względnie bardzo pilnej ingerencji.

## Wnioski

Wyniki analizy z użyciem wskaźnika IARRR wskazują na generalnie niekorzystny układ dróg rolniczych w rzeźbie terenu na obszarze zlewni potoku Mielnica. Udział poprawnie zlokalizowanych dróg wynosi zaledwie 15,6%. W przypadku przyszłych scaleń bądź reparcelacji, struktura sieci drogowej na badanym obszarze powinna zostać przebudowana w kierunku likwidacji wzdłużstokowych odcinków dróg rolniczych i zmniejszeniu udziału dróg skośnostokowych. [Nowocień, 1997, 1999].

Podobnie niekorzystny wynik dała analiza z wykorzystaniem wskaźnika UHRR. Około 50% odcinków dróg wymagają pilnej ochrony, przy czym aż 14% dróg wymaga ochrony bardzo pilnej.

Porównując wyniki analiz uzyskane dla obszaru zlewni Mielnicy z wynikami badań przeprowadzonych w 2002 roku w zlewni Grodarza na Wyżynie Lubelskiej [Józefaciuk et al., 2002; Wawer, 2003] dużo bardziej niekorzystny stan wysadzinowości dróg, gdzie w zlewni Grodarza udział klas 1 i 2 wskaźnika UHRR był o około połowę niższy niż w Mielnicy. W przypadku wskaźnika IARRR [Wawer, 2004] sytuacja w obu zlewniach jest analogiczna.

## Literatura

- JÓZEFACIUK CZ., NOWOCIEŃ E., WAWER R., 2000. Sytuowanie dróg w terenach erodowanych. *Folia Univesitatis Agriculturae Stetinensis. Z 217 Agric.* 87, s: 77-80.
- JÓZEFACIUK CZ., JÓZEFACIUK A., NOWOCIEŃ E., WAWER R., 2002. Przeciwerozyjne zagospodarowanie zlewni wyżynnej potoku Grodarz z uwzględnieniem ograniczania powodzi. *MONOGRAFIE I ROZPRAWY NAUKOWE*, Wyd. IUNG, z. 4, s: 69.
- NOWOCIEŃ E., WAWER R., 2007. Analiza przestrzenna sieci dróg rolniczych na przykładzie obszaru zlewni cieku Mielnica. *Roczniki Geomatyki. Tom V, Z. 2:* 65-72.
- STARKEL L., 1980. Erozja gleb a gospodarka wodna w Karpatach. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, 1980, 235: 103-118.
- WAWER R., 2004. An Indicator for Estimating Arrangement of Rural Roads in Terrains Relief and Its Digital Implementation in GIS on the Example of Grodarz Stream Watershed, *Electornic Journal of Polish Agricultural Univeristies. Civil Engineering Series. Vol. 7, Issue 2.*

---

Rafał Wawer, Eugeniusz Nowocień, Bogusław Podolski  
Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa – Państwowy Instytut Badawczy w Puławach;

Szymon Szewrański  
Katedra Planowania i Urządzania Terenów Wiejskich,  
Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu;

Romuald Żmuda  
Instytut Kształtowania i Ochrony Środowiska,  
Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu

Tadeusz Węgorek

## **WZROST MODRZEWIA EUROPEJSKIEGO (*LARIX DECIDUA* MILL.) W ZADRZEWIENIU ŚRÓDPOLNYM NA GLEBACH LESSOWYCH**

### **GROWTH OF EUROPEAN LARCH (*LARIX DECIDUA* MILL.) IN MID-FIELD SHELTERBELT ON LOESS SOILS**

#### **Wstęp**

Przy zakładaniu zadrzewień chroniących przed niekorzystnym oddziaływaniem wiatru pożądaną cechą drzew jest szybki wzrost na wysokość. Gatunkiem zaliczanym do szybko rosnących jest modrzew europejski (*Larix decidua* Mill.).

Celem badań jest ocena rocznych przyrostów oraz wzrostu wysokości i grubości modrzewia europejskiego w 10-letnim zadrzewieniu rzędownym na glebie brunatnej wytworzonej z głębokich lessów.

Zadrzewienie założono na lekkim skłonie wierzchowy o wystawie południowej, wzdłuż drogi polnej (kierunek W-E). Wiosną 1997 r. posadzono w rozstawie 1,5 m 53 szt. 2-letnich sadzonek modrzewia o średniej wysokości 49 cm (tab.1). Wiosną 1998 r. wykonano uzupełnienia wypadów oraz opalikowano wszystkie drzewka w celu ochrony przed sarnami.

#### **Wyniki badań i analiza**

Corocznie (w listopadzie) mierzono wysokości drzewek, a od 2000 r. także pierśnice. Jako pierśnicę drzewka przyjmowano średnią z dwóch prostopadłych pomiarów średnic pnia na wysokości 1,3 m. Przyrosty roczne wysokości i pierśnic obliczano jako różnice odpowiednich wielkości w roku bieżącym i poprzednim. Od 2000 r. pomijano drzewka wyraźnie zagłuszone i złamane (śniegołomy).

Parametry drzewek w poszczególnych latach wzrostu podano w tabeli 1. Średnie bieżące roczne przyrosty wysokości, po przyjęciu się drzewek (w 1997 r. - 18 cm), z reguły były w granicach 50-100 cm. Maksymalne i minimalne wielkości przyrostów wysokości znacznie odbiegały od średnich, osiągając odpowiednio 138-211 i 14-51% wielkości średnich. Wysokości drzewek w poszczególnych latach nie były tak silnie zróżnicowane jak przyrosty wysokości: do 2000 r. minimalne stanowiły około 60, a maksymalne 120-150% wielkości średnich; od 2001 r. odpowiednio około 80 i z reguły nieco ponad 120%.

Wysokość umożliwiającą pomiar pierśnicy (1,3 m) wszystkie drzewka przekroczyły po 4. latach - w 2000 r. pierśnica wynosiła średnio 2,7 cm. W kolejnych latach średnie bieżące roczne przyrosty pierśnicy były w granicach 1,1-2,2 cm, przy czym minimalne

osiągały 36-55, a maksymalne 137-173% średnich. Do 6. roku wzrostu zadrzewienia (2003), zróżnicowanie pierśnic było duże - wielkości skrajne były na poziomie 33-45 i 138-193% średnich. Od 2004 r. obserwuje się wyraźne zmniejszenie zróżnicowania grubości drzewek - odchylenia wartości pierśnic od wielkości średnich wynoszą niecałe 30%.

Po 10. latach wzrostu w zadrzewieniu, modrzew osiągnął średnio wysokość 766 cm, a wysokości drzew najwyższych i najniższych odbiegały od wartości średnich około 20%. Średnia pierśnica osiągnęła 12,1 cm, przy czym skrajne odbiegały o 30% średniej.

**Tabela 1.** Liczba drzew (szt.), wysokości i pierśnice oraz roczne przyrosty wysokości i pierśnic modrzewia (cm)

Parametr	1996 <sup>1*</sup>	1997 <sup>2</sup>	1998 <sup>2</sup>	1999 <sup>2</sup>	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Liczba drzew (szt.)	53	31	51	49	45	42	42	42	41	39	32
Wysokość:											
średnia	49	67	117	196	280	391	486	543	602	699	766
maksymalna	65	80	173	295	365	430	600	680	800	890	940
minimalna	31	44	75	102	160	320	360	400	510	570	620
Przyrost wys.											
średni	-	18	50	79	79	103	98	59	57	94	59
maksymalny	-	38	96	127	125	160	160	120	120	130	110
minimalny	-	6	7	18	15	45	35	25	10	30	30
Pierśnica:											
średnia	-	-	-	-	2,7	4,9	6,7	7,8	9,4	11,0	12,1
maksymalna	-	-	-	-	5,2	8,2	10,0	10,8	12,1	14,0	15,6
minimalna	-	-	-	-	0,9	2,2	3,0	3,4	6,8	7,6	8,7
Przyrost pierś.:											
średni	-	-	-	-	-	2,2	1,8	1,1	1,6	1,6	1,1
maksymalny	-	-	-	-	-	3,6	2,7	1,6	2,7	2,2	1,9
minimalny	-	-	-	-	-	0,9	0,8	0,4	0,8	0,8	0,6

<sup>1</sup> – liczba i wysokości sadzonek; <sup>2</sup> – dane zaczerpnięte z publikacji Orlika i in. [2001]

## Podsumowanie i wnioski

Wyniki analizy rozwoju modrzewia europejskiego w stadium młodocianym wskazują na przydatność tego gatunku do zakładania śródpolnych barier przeciwwietrznych na lesach. Badana populacja osiągnęła większe wysokości i pierśnice w stosunku do porównywalnych wiekowo prewencji modrzewia europejskiego na siedlisku lasu mieszanego badanych przez Kowalczyka i Dobrzyńskiego [1996]. Należy jednak zaznaczyć, że w warunkach badanego zadrzewienia modrzew miał bardzo dobre warunki glebowe zarówno pod względem właściwości fizycznych (głębokie lessy) jak i pokarmowych (sąsiedztwo pól utrzymanych w bardzo dobrej kulturze).

## Literatura

- KOWALCZYK J., DOBRZYŃSKI M., 1996: Długookresowe obserwacje wzrostu i formy modrzewia europejskiego (*Larix decidua* Mill.) na powierzchni doświadczalnej w Rogowie. Sylwan, CXL, 11, 33-44.
- ORLIK T., WĘGOREK T., ZUBALA T., 2001: Udatność i wzrost brzozy brodawkowatej, modrzewia europejskiego i robinii akacjowej w śródpolnych zadrzewieniach pasowych. Folia Univ. Agric. Stetin. 217, Agricultura 87, 167-170.

---

Tadeusz Węgorzek  
Katedra Melioracji i Budownictwa Rolniczego,  
Akademia Rolnicza w Lublinie



Romułd Żmuda

## **SYSTEM FLUWIALNY I JEGO STREFA PRODUKCJI ZWIETRZELINY W LATACH SUCHYCH**

### **THE FLUVIAL SYSTEM AND ITS PRODUCTION ZONE IN THE DRY YEARS**

#### **Wstęp**

Procesy erozyjne powodują przemieszczanie się materii, w tym zwietrzliny w kierunku od linii wododziałowej do koryta cieku. Przeprowadzone analizy funkcjonowania systemów fluwialnych pozwalają wyróżnić w nich szereg wzajemnie powiązanych ze sobą podsystemów (Kostrzewski i in. 1994, Schumm 1977, Steegen i in. 2000, Świąchowicz 2000). W przypadku Wzgórz Trzebnickich podejście systemowe do procesów erozyjnych zostało szczegółowo przedstawione w pracy Żmudy (2006).

#### **Wyniki badań**

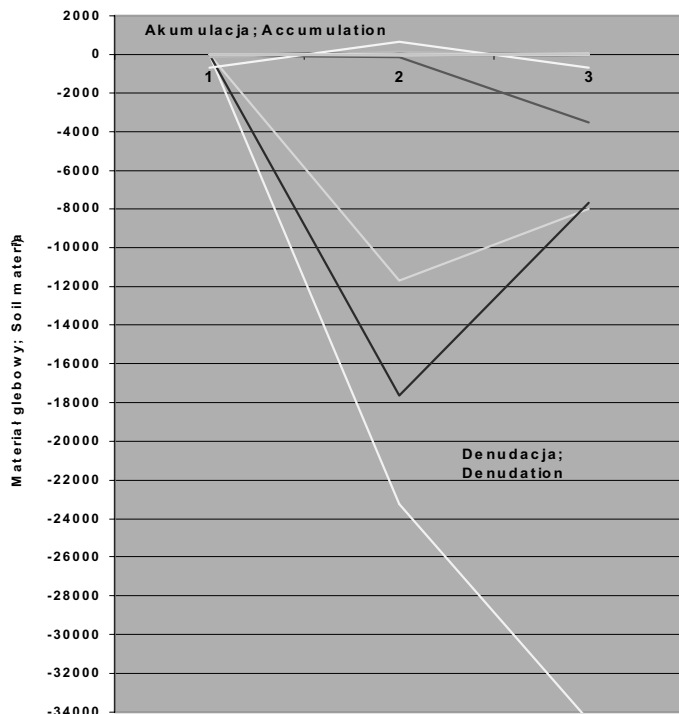
Według Stanleya A. Schumma (1977) w systemie fluwialnym wyróżnia się trzy podstawowe podsystemy: strefę produkcji, transferu i depozycji materii. Pierwsza z tych stref, obejmująca przestrzeń od linii wododziałowej do brzegów koryta cieku, z punktu widzenia procesów erozyjnych zachodzących w zlewniach rolniczych to obszar, na którym erozja wodna stwarza poważne utrudnienia uprawowe a co niektóre, bez zastosowania zabiegów przeciwoerozyjnych, wręcz wyłącza z uprawy.

Szczegółowe rozpoznanie warunków pedologicznych, fizjograficznych, zmierzone wielkości materii przemieszczającej się wraz z odpływającą ze stoku wodą pozwalają wyróżnić w obrębie tej strefy trzy kolejne subsystemy: wierzchowinowy, zboczowy i podnóża stoku. Przebieg pojedynczych zdarzeń przemieszczania zwietrzliny w obrębie stoku w okresach posusznych 2003 i 2004 roku przedstawiono na rysunku 1. Denudacja jednostkowa stanowi tutaj sumę ilości zwietrzliny przemieszczającej się typowym spływem powierzchniowym oraz spływem hipodermicznym w warstwie ornej. Część badaczy te dwa rodzaje odprowadzania wody generalizuje do spływu powierzchniowego. Badania wykazały, że zasadniczą część odpływu wody ze stoku w ww. okresach stanowił odpływ podpowierzchniowy.

#### **Podsumowanie**

Badania przeprowadzone na stoku Wzgórz Trzebnickich pokrytym lessem wykazały, że procesy erozji wodnej gleb zachodzą również w okresach klasyfikowanych jako suche pod względem opadowym. Zasadniczą część odprowadzania wody ze stoku, a wraz z nią zwie-

trzeliny odbywa się wówczas pod powierzchnią terenu sływem śródglebowym (hipodermicznym). Zygzakowaty charakter przemieszczania się zwietrzliny w obrębie poszczególnej strefy stoku wskazuje, że w ww. okresach jej depozycja następuje skokowo ku podnóżu, a strefy akumulacji zmywu występują nawet w miejscu, które powszechnie uznawane jest za najsilniej erodowane – czyli na zboczu.



Rys. 1. Odprowadzanie i depozycja materiału glebowego na stoku w trakcie sływów powierzchniowych w roku 2003 i 2004: 1 – partia przywierzchowinowa; 2 – zbocze; 3 – podnóże stoku [Żmuda 2006]

## Literatura

- KOSTRZEWSKI A., MAZUREK M., ZWOLIŃSKI Z. (1994): *Dynamika transportu fluwialnego górnej Parsęty jako odbicie funkcjonowania systemu zlewni*. Wyd. Stow. Geomorf. Pol., Poznań, ss. 165.
- SCHUMM S.A. (1977): *The fluvial system*. Wyd. John Wiley, New York, ss. 338.
- STEEGEN A., GOVERS G., NACHTERGAELE J., TAKKEN I., BEUSELINCK L., POESEN J. (2000): *Sediment export by water from agricultural catchment in the Loam Belt of central Belgium*. Wyd. Elsevier Science B.V., *Geomorphology* 33, s. 25-36.
- ŚWIĘCHOWICZ J. (2000): *Rola stoków i den dolin w odprowadzaniu zawiesiny ze zlewni podgórskiej*. [w:] Wyd. Inst. Geogr. UJ „Przemiany środowiska na Pogórzu Karpackim”, Kraków, s. 31-49.
- ŻMUDA R. (2006): *Funkcjonowanie systemu transportu fluwialnego w małej zlewni zagrożonej erozją wodną gleb*. Zesz. Nauk. AR Wroc., 544, Rozprawy CCXLIII, Wrocław, ss. 165.

Romuald Żmuda

Instytut Kształtowania i Ochrony Środowiska, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu

Romuald Żmuda, Szymon Szewrański

## WYMYWANIE FOSFORU Z GLEB LESSOWYCH PODDAWANYCH PROCESOWI EROZJI WODNEJ

### PHOSPHORUS LEACHING FROM LOESS SOILS AFFECTED BY WATER EROSION PROCESS

#### Wstęp

Obecność fosforu w wodach powierzchniowych warunkowana jest zawartością tego pierwiastka w skale macierzystej, z której została wytworzona gleba, a także możliwością przedostawania się z pól nawożonych nawozami fosforanowymi oraz wraz z zanieczyszczeniami ściekami komunalnymi i przemysłowymi. Składniki fosforowe warunkują eutrofizację wód słodkich i jej przebieg. Procesy erozyjne, a szczególnie erozji wodnej gleb, uważane są za jedno z podstawowych przyczyn przedostawania się fosforu do wód powierzchniowych (Sapek 2002). Selektywność procesów erozyjnych przyczynia się do wzbogacania wód najdrobniejszymi frakcjami zwietrzeliny. Ich obecność, a zasadniczo cechy fizyczno-chemiczne zawiesiny oraz roztworu wodnego, warunkują procesy sorpcyjne i desorpcyjne oraz kierunki przeobrażeń fosforu w roztworze wodnym (Dojlido 1995, Gacek 2000, Holtman i in. 1988).

#### Wyniki badań

Badania koncentracji fosforu w wodach spływów powierzchniowych, śródglebowych i w korycie cieką prowadzono w zlewni Mielnicy, na południowych stokach Wzgórz Trzebnickich. Obszar ten pokryty glebami lessowymi poddawany jest silnym procesom erozji wodnej, a zasadniczy sposób użytkowania stanowią grunty orne. Szczegółową charakterystykę zlewni przedstawiono w pracy Żmudy (1998). Badania prowadzono od wiosny do jesieni roku 2003 i 2004, które to okresy zaliczono do suchych i średnio suchych.

Zawartość fosforu w glebach wynosiła średnio  $417 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  i była zróżnicowana w ujęciu rzeźby stoku, głębokości poboru próbki jak i pory roku. Przeciętnie warstwa podorna zawierała ok. 69% ilości zawartych w wierzchnich warstwach. W trakcie badań spływy powierzchniowe występowały sporadycznie, a woda zasadniczo odpływała ze stoku spływem śródglebowym. Spływy powierzchniowe na zbocza stoku charakteryzowały się największymi koncentracjami fosforu związanego z cząstkami mineralnymi gleby ( $0,7\text{-}25,5 \text{ mg P} \cdot \text{dm}^{-3}$ ), natomiast najwyższe koncentracje form rozpuszczonych w wodzie wystąpiły w strefie przywierzchowej ( $0,3\text{-}0,9 \text{ mg P} \cdot \text{dm}^{-3}$ ). Wody spływów hipodermicznych

wykazywały wyższe koncentracje od ww. Fosfor odpływający w postaci związanej z cząstkami mineralnymi gleby rozpuszczony w wodzie, najwyższe koncentracje wykazywał u podnóża stoku. Wynosiły one odpowiednio: 3,1-41,4 oraz 0,3-1,6 mg P·dm<sup>-3</sup>. Prowadzone pomiary koncentracji tego składnika w wodach odpływających korytem cieku wykazały, że odprowadzany był on praktycznie prawie w stałym stężeniu ok. 0,4 mg P·dm<sup>-3</sup>, a wzrost koncentracji obserwowano w trakcie przyboru wód.

## Podsumowanie

Badania wykazały, że w okresach charakteryzujących się jako suche pod względem opadowym zasadniczą postacią redepozycji fosforu w zlewni stanowią spływy śródglebowe. Panujące w korycie cieku stany niżówkowe i odpływające małe ilości wody odprowadzają ten biogen w prawie stałej koncentracji. Na drodze między stokiem a ciekim przykorytowe użytki zielone stanowią barierę dla biogenu, natomiast przybory wód powodują resuspensję osadów korytowych.

## Literatura

- DOJLIDO J.R. (1995): *Chemia wód powierzchniowych*. Wyd. Ekonomia i Środowisko, Białystok, 342.
- GACEK T. (2000): *Czynniki dostawy fosforu do wód powierzchniowych na Pogórze Karpackim*. [w:] Wyd. Inst. Geogr. UJ „Przemiany środowiska na Pogórze Karpackim”, Kraków, 65-82.
- HOLTMAN H., KAMP-NIELSON L., STUANES A.O. (1988): *Phosphorus in soil, water and sediment an overview*. *Hydrobiologia* 170, 19-34.
- SAPEK A. (2002): *Rozpraszanie fosforu do środowiska – mechanizmy i skutki*. [w:] Pr. zb. pod red. B. Sapek „Cele i sposoby ograniczania rozproszenia składników nawozowych z gospodarstwa rolnego do środowiska”, Zesz. Eduk. IMUZ „Rolnictwo polskie i ochrona jakości wody”, 7/2002, Falenty.
- ŻMUDA R. (1998): *Natężenie erozji wodnej w małej zlewni rolniczej Wzgórz Trzebnickich na tle wybranych elementów hydrometeorologicznych*. Zesz. Nauk. AR Wroc. 349, Inż. Środ. 10, 233-259.

---

Romuald Żmuda  
Instytut Kształtowania i Ochrony Środowiska,  
Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu

Szymon Szewrański  
Katedra Planowania i Urządzania Terenów Wiejskich,  
Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu

Romuald Żmuda, Szymon Szewrański, Józef Sasik

## KSZTAŁTOWANIE SIĘ WILGOTNOŚCI GLEBY NA ERODOWANYM STOKU WZGÓRZ TRZEBNICKICH

### SOIL MOISTURE CONDITIONS ON ERODED SLOPE LOCATED IN TRZEBNICA HILLS

#### Wstęp

Procesy erozji wodnej gleb nierozzerwalnie zachodzą w powiązaniu środowiska glebowego z oddziaływaniem na nie wody. Jej obecność w glebie obrazuje się w zmiennych w czasie stosunkach powietrzno-wodnych, warunkuje możliwości rozwojowe roślin i jest powiązana z zasilaniem gleb opadami atmosferycznymi (Allen 2000, Klimaszewski 1994). Aktualna ilość wody w glebie, forma i tempo dostawy opadu, przebieg warunków termicznych oraz lokalizacja w rzeźbie terenu decydują o uaktywnianiu się zjawisk erozji wodnej zarówno na powierzchni terenu jak i pod nią (Józefaciuk i in. 1998, Kaczmarczyk 1991, Żmuda 2006).

#### Wyniki badań

Badania wilgotności gleby lessowej prowadzono w zlewni Mielnicy na Wzgórzach Trzebnickich w obrębie stoku o średnim nachyleniu 6,7%. Stosując technikę TDR mierzono wilgotności w strefie przywierzchwinowej, na zboczu i u podnóża stoku na głębokościach 0,25, 0,5 i 0,75 m profilu glebowego. Okresy prowadzenia pomiarów (wiosna-jesień 2003 i 2004 roku) były suche i średnio-suche pod względem opadowym. Zaznaczyć należy również, że wieloletnie orne użytkowanie stoku doprowadziło do wytworzenia się podeszwy płużnej.

Przeciętna wilgotność warstwy ornej w górnej części stoku wyniosła w 2003 r. 17% a w 2004 – 24,4%. Na zboczu wilgotność tej warstwy wyniosła odpowiednio 22,2 i 27,8%, natomiast u podnóża stoku 19,4 oraz 25,2%. W warstwie podornej wilgotności te przedstawiały się następująco: w strefie przywierzchwinowej – 17,5 i 22%, na zboczu – 28 i 31,4% a u podnóża stoku – 29 i 30,5%. Natomiast na głębokości 75 cm stwierdzono przeciętnie: w górnej części zbocza – 26,1 i 27,3%, na zboczu 25,9 i 27,9% oraz u podnóża stoku – 29,5 i 29,9%. W obydwu okresach stwierdzono stopniowe wyczerpywanie się zapasów wilgoci powstałych zimą. Najgwałtowniej proces ten przebiegał w warstwie ornej i podornej górnej partii stoku oraz w warstwie ornej u jego podnóża. Występujące opady atmosferyczne powodowały chwilową odbudowę zapasów wody w glebie. Istnienie w warstwie podornej trudno przepuszczalnej powierzchni ograniczającej możliwość przemiesz-

czania się wody w głąb profilu glebowego, przy dostawie przekraczającej zdolności retencyjne warstwy ornej lub jej możliwości infiltracyjne uaktywniały w różnych częściach stoku sporadyczne spływy powierzchniowe oraz w większości przypadków spływy śródglebowe. Te „szybkie” sposoby przemieszczania się wody na stoku powodowały częstokroć skokową depozycję zwietrzliny w kierunku koryta cieku.

## Podsumowanie

Przeprowadzone badania wykazały, że ilość wody obecnej w glebie, zdolności infiltracyjne gleby oraz intensywność opadu decydowały o zaistnieniu spływu powierzchniowego oraz przemieszczaniu się roztworu glebowego w postaci spływu hipodermicznego. Te formy odpływu wody ze stoku były również środkiem transportu zwietrzliny. Specyfika meteorologiczna okresów badań powodowała, że zasadniczym sposobem odpływu były spływy śródglebowe. Ich rozmiary, przy wysokiej przepuszczalności warstwy ornej, warunkowane były m.in. zawartością wody w tej warstwie. Spływy te jednakże częstokroć uaktywniały się w różnych elementach rzeźby stoku w terminach nie zawsze korespondujących ze sobą. Lokalność cech fizycznych elementów stoku, w tym zróżnicowane uwilgotnienie nabierały decydującego znaczenia w powstawaniu zjawisk podpowierzchniowej erozji wodnej gleb. W okresach suchych, właśnie one najczęściej zachodziły.

## Literatura

- ALLEN P.A. (2000): *Procesy kształtujące powierzchnię Ziemi*. PWN, Warszawa, ss. 475.
- JÓZEFACIUK A., JÓZEFACIUK C., WOCH F. (1998): *Melioracje przeciwerozyjne jako czynnik kształtowania stosunków wodnych*. Przegl. Nauk. Wydz. Melior. i Inż. Środ. 15, SGGW, Warszawa, s. 24-34.
- KACZMARCZYK M. (1991): *Wstępne badania spływu śródpokrywowego pod Szrenicą (Karkonosze Zachodnie)*. Wid. IMUZ 16, 4, s. 58-69.
- KLIMASZEWSKI M. (1994): *Geomorfologia*. PWN, Warszawa, ss. 281.
- ŻMUDA R. (2006): *Spływ powierzchniowy i hipodermiczny na erodowanym stoku*. Roczn. AR Pozn. CCCLXXV, Roln. 65, s. 273-280.

*Praca naukowa finansowana ze środków budżetowych na naukę w latach 2005-2007 jako projekt badawczy*

---

Romuald Żmuda  
Instytut Kształtowania i Ochrony Środowiska,  
Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu

Szymon Szewrański, Józef Sasik  
Katedra Planowania i Urządzania Terenów Wiejskich,  
Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu

# **UNIESZKODLIWIANIE I UTYLIZACJA ŚCIEKÓW I ODPADÓW**





Hanna Bauman-Kaszubska, Mikołaj Sikorski

## **MOŻLIWOŚCI ROLNICZEGO I PRZYRODNICZEGO WYKORZYSTANIA OSADÓW ŚCIEKOWYCH NA PRZYKŁADZIE WYBRANYCH OBIEKTÓW**

### **POSSIBILITIES OF AGRICULTURAL AND NATURAL USE OF SEWAGE SLUDGE FOR EXAMPLE OF CHOSEN OBJECTS**

#### **Wstęp**

Osady ściekowe są ubocznym produktem każdej technologii oczyszczania ścieków. Objętościowo stanowią ok. 2% oczyszczanych ścieków i zawierają ponad połowę całego ładunku zanieczyszczeń w docierających do oczyszczalni ściekach surowych. Różnią się one między sobą pod względem ilości, składu, właściwości fizycznych, chemicznych i biologicznych. Jednak cechą wspólną osadów ściekowych jest wysoki stopień uwodnienia oraz znaczna zdolność do zagniwania.

Jakość powstających osadów ściekowych wpływa decydująco na ich wykorzystanie. Wykorzystanie osadów w rolnictwie może być osiągnięte tylko wtedy, gdy użytkownicy będą przekonani o jego odpowiedniej jakości i niepodważalnych wartościach, które bezpiecznie i korzystnie wpłyną na uprawy roślinne i rekultywację gleb.

W artykule zostanie zaprezentowana charakterystyka ilościowa i jakościowa osadów ściekowych określona na podstawie badań eksploatacyjnych oczyszczalni ścieków. Szczególna uwaga zwrócona będzie na parametry jakościowe obejmujące związki biogenne, metale ciężkie i zanieczyszczenia parazytologiczne. Charakterystyka ta będzie odniesiona do wymagań formalno-prawnych krajowych i Unii Europejskiej w zakresie rolniczego wykorzystania osadów ściekowych. Zostaną również zaprezentowane podstawy metodyczne oceny oddziaływania osadów ściekowych na środowisko glebowe w przewidywaniu przygotowywania tego rodzaju analizy przy opracowywaniu raportu ocen oddziaływania na środowisko.

#### **Omówienie wyników**

Prognozowana na 2015 rok ilość osadów ustabilizowanych, które powstaną w komunalnych oczyszczalniach ścieków, wyniesie ok. 642,4 tys. ton s.m. Zachodzi zatem pilna potrzeba rozwoju prac i uregulowania gospodarki osadowej obejmującej przeróbkę i zagospodarowanie osadów ściekowych.

W ramach przeprowadzonych badań przeanalizowano wybrane oczyszczalnie ścieków pod kątem charakterystyki ilościowej i jakościowej oraz zagospodarowania wytworzonych

osadów ściekowych. Wybrane oczyszczalnie ścieków zlokalizowane są w województwie mazowieckim i świętokrzyskim.

Ciągi technologiczne przeróbki osadów ściekowych w analizowanych oczyszczalniach są bardzo podobne – różnią się tylko niektórymi rozwiązaniami poszczególnych urządzeń. Przeróbka osadów powstających w procesie mechaniczno-biologicznego oczyszczania ścieków w większości dużych oczyszczalni polega na ich wstępnym zagęszczaniu, beztlenowej fermentacji metanowej w komorach zamkniętych z wykorzystaniem biogazu oraz końcowym odwodnieniu mechanicznym i skierowaniem osadu na składowisko.

Wśród dziesięciu analizowanych oczyszczalni ścieków gospodarka osadowa prowadzona w jednej może być uznana za bardzo dobrze rozwiniętą. W ciągu technologicznym przeróbki osadów uwzględniony jest dodatkowo proces suszenia osadów prowadzony w suszarni słonecznej.

## **Wnioski**

W układach przeróbki osadów ściekowych w wielu analizowanych oczyszczalni brakuje ostatniego elementu jakim powinno być racjonalne zagospodarowanie osadów. Biorąc pod uwagę właściwości chemiczne i mikrobiologiczne osadów ściekowych należy rozważyć warianty ich ostatecznego zagospodarowania poprzez kompostowanie, bezpośrednie skierowanie do rolniczego wykorzystania lub wykorzystania do celów rekultywacyjnych.

Preferowanym kierunkiem zagospodarowania osadów, zgodnym z praktyką Unii Europejskiej, powinno być wykorzystanie osadów przyrodnicze lub w rolnictwie. W najbliższym czasie duże szanse na rozwój ma suszenie lub spalanie osadów. Suszenie powinno być procesem przygotowującym osady do składowania bądź spalania, rzadziej do rolniczego wykorzystania. Rozwój metody zagospodarowania osadów poprzez spalanie prawdopodobnie dotyczyć będzie przede wszystkim osadów pochodzących z dużych oczyszczalni lub z kilku obiektów łącznie.

## **Literatura**

- Krajowy Program Oczyszczania Ścieków Komunalnych, 2004, Ministerstwo Środowiska, IMGW, Warszawa.
- BIEŃ J.: 2002, Osady ściekowe. Teoria i praktyka, Wyd. Politechniki Częstochowskiej.
- BERNACKA J., PAWŁOWSKA L., KROBSKI A.: 2001, Wysoko efektywne oczyszczalnie ścieków w Polsce, IOŚ, Warszawa.

---

Hanna Bauman-Kaszubska

Politechnika Warszawska, Wydział Budownictwa Mechaniki i Petrochemii w Płocku

Mikołaj Sikorski

Politechnika Świętokrzyska, Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska w Kielcach

Zdeněk Horský, Jana Kotovicová

## TRENDY W BIOLOGICZNYCH METODACH UNIESZKODLIWIANIA ODPADÓW

### TRENDS OF BIOLOGICAL WAYS OF WASTE DISPOSAL

#### Wstęp

W ciągu ostatnich dwudziestu lat nastąpił rozwój nowych systemów i technologii biologicznego unieszkodliwiania odpadów, które znalazły się w centrum zainteresowania fachowców i wyspecjalizowanych firm. Przewiduje się, że metodami biologicznymi (kompostowanie, fermentacja) będzie można przetwarzać aż 30 % odpadów kuchennych i znaczną część pozostałych odpadów, czyli około 40 % całkowitej produkcji odpadów w Europie.

Problematyką odpadów biodegradowalnych i biologicznymi metodami ich przetwarzania intensywnie zajmują się także kraje na innych kontynentach – USA, Kanada, Australia, Japonia, Indie, Sri Lanka, Tajlandia, Chiny, Nowa Zelandia a nawet tak egzotyczne zakątki jak Malediwy. Szczególnie kraje azjatyckie są bardzo zainteresowane rozwiązaniem problemu odpadów biologicznych, ponieważ stanowią one około 80 % odpadów komunalnych.

Szeroka gama systemów przetwarzania odpadów biologicznych i ciągły rozwój nowych technologii ich wykorzystania sugerują, że istnieje wiele sposobów prowadzących do jednego celu – dochodowego przetwarzania odpadów biologicznych. Jednak na podstawie dotychczasowych doświadczeń możemy odnieść wrażenie, że przeciwnie – najbardziej rozpowszechniony jest system uniwersalny, oparty na ścisłej współpracy z obywatelami i proste systemy i technologie skierowane na określony rodzaj odpadów. Doświadczenia trzech krajów wiodących w zakresie wykorzystywania odpadów biodegradowalnych wskazują kilka słabych punktów systemu, których w przyszłości powinniśmy uniknąć (tabela 1)

Na podstawie znacznych różnic w składzie surowców w poszczególnych „starych” krajach członkowskich EU, specjaliści określają potencjał odpadów organicznych na około 60 milionów ton rocznie. Obecnie rocznie zbiera się około 17 milionów ton odpadów biodegradowalnych, które są wykorzystywane energetycznie lub materiałowo.

#### Trendy rozwoju biologicznych metod przetwarzania odpadów na świecie

Politykę starych krajów członkowskich Unii Europejskiej w zakresie powtórnego przetwarzania odpadów organicznych możemy podzielić na trzy kategorie:

- Austria, Belgia (Flandria), Dania, Niemcy, Luksemburg, Holandia oraz pozaczłonkowska Szwajcaria w swojej polityce traktują zbiórkę i przetwarzanie organicznych odpadów jak codzienną praktykę;

**Tabela 1.** Doświadczenia 3 krajów EU wiodących w przetwarzaniu odpadów biologicznych

Kraj	Działania	Efekty
Austria	Wspieranie rozwoju małych kompostowni (do 1000 t)	Duże koszty eksploatacji na 1 t kompostu, ograniczona skala przetwarzanych odpadów
Niemcy	Przepisy zabraniające umieszczania na składowiskach odpadów o zawartości TOC powyżej 5 %	Masowe wykorzystanie mechaniczno-biologicznej segregacji przy niskiej jakości produktów wstępnych, duże koszty eksploatacji na 1 t materiału
Holandia	Wsparcie obywateli przy segregacji biologicznych odpadów	Znaczne problemy ze zbytem kompostu wysokiej jakości

- do drugiej kategorii możemy zaliczyć Belgię (Walonię – część francuskojęzyczną), Finlandię, Francję, Włochy, Szwecję, Wielką Brytanię a także pozacłonkowską Norwegię. Kraje te albo przygotowują plany polityczne i organizują warunki do wykorzystania odpadów biologicznych lub obecnie je wdrażają;
- do trzeciej kategorii należą takie kraje jak Grecja, Irlandia, Hiszpania i Portugalia, w których polityka powtórnego wykorzystania odpadów, ewentualnie oddzielnej zbiórki odpadów organicznych nie jest szerzej rozpowszechniona ani nie jest planowane ogólnokrajowe jej wprowadzanie.

Warunki polityczne w Europie wykazują ogólny trend oddzielnego zbioru i przetwarzania organicznych części odpadów. W większości krajów znaczącą część polityki odpadowej stanowi kompostowanie przez obywateli.

W krajach, w których kompostowanie jest rozpowszechnione, ilość zebranych odpadów biologicznych waha się w granicach 60–120 kg/mieszkańca/rok. Niektóre kraje kompostują czyste odpady z ogrodnictwa, inne z powodzeniem przetwarzają mieszankę odpadów kuchennych i ogrodniczych.

Bardzo intensywnie rozwijają się w EU technologie beztlenowe. Obecnie działa ponad 60 urządzeń o pojemności ponad 1 miliona ton, które wykorzystują metodę fermentacji anaerobowej do przetwarzania biologicznych odpadów z mieszanych odpadów komunalnych, odpadów z działalności gospodarczej oraz przemysłowych. Powstający w procesie biogaz w większości jest przetwarzany na energię elektryczną.

Sytuację w USA i Kanadzie możemy porównać do drugiej kategorii krajów europejskich. Istnieją już polityczne plany i organizacyjne warunki do wykorzystania odpadów biologicznych lub obecnie są wdrażane. Sytuacja w Kanadzie jest bardzo podobna do EU, ponieważ istnieje tu bliska współpraca z europejskimi firmami np.: z Austrii czy Niemiec.

Bardzo intensywnie zaczęto się interesować problematyką odpadów biodegradowalnych w regionie Australijsko-azjatycko-pacyficznym, gdzie ze względu na warunki życia i rolniczy charakter produkcji ilość odpadów biodegradowalnych osiąga 60-80% całkowitej ilości odpadów. Głównym trendem w badaniach jest przetwarzanie odpadów biodegradowalnych z osadami ściekowymi, wykorzystywanymi w celu podniesienia jakości gleb oraz wielkości plonów.

## **Strategia Republiki Czeskiej w przetwarzaniu odpadów biodegradowalnych**

Strategia Republiki Czeskiej dotycząca zarządzania odpadami biodegradowalnymi jest podstawowym dokumentem koncepcyjnym, dotyczącym tej grupy odpadów, spełniającym wymagania dyrektywy EU dotyczącej składowania odpadów oraz polityki zapobiegania powstawaniu odpadów i ich recyklingu.

Jej celem jest unikanie powstawania odpadów biodegradowalnych, ograniczenie umieszczenia ich na składowiskach a priorytetem jest powtórne wykorzystanie. Cele te Republika Czeska chce osiągnąć poprzez systematyczne wspieranie (legislacyjne, finansowe) zapobiegania powstawania odpadów, recyklingu, kompostowania, produkcji biogazu oraz materiałowego i energetycznego wykorzystania odpadów biodegradowalnych.

## **Literatura**

- STŘÍBRNÁ, E.: Biologický způsob zneškodňování odpadů v Evropě, Umweltschutz, č.11, str.53, MŽP Praha, 2002
- GRODA.B.: Technika zpracování odpadů, MZLU Brno, 1995, ISBN 80-7157-164-4
- GRODA.B.: Technika zpracování odpadů II, MZLU Brno, 1997, ISBN 80-7157-264-0
- JUHASZ.A.L., MAGESAN G., NAIDU R.: Waste management in the Australasia-Pacific region, Science Publisher, Inc, Enfield (USA), Plymouth (UK), 2004
- HŘEBÍČEK J. a kol: Identifikace a posouzení efektivnosti systémů nakládání s BRO v ČR a některých zemích EU, Brno, 2006
- AMLINGER F.: Waste Management World, květen-červen 2006

---

Ing. Zdeněk Horsák, SITA CZ  
Doc. RNDr. Jana Kotovicová, Ph.D., MZLU v Brně  
*Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně,  
Agronomická fakulta, Ústav aplikované a krajinné ekologie*

Krzysztof Józwiakowski, Sławomir Ligęza, Tadeusz Orlik

## ZMIANY WYBRANYCH WŁAŚCIWOŚCI FIZYKOCHEMICZNYCH MATERIAŁU WYPEŁNIAJĄCEGO ZŁOŻE GRUNTOWO- ROŚLINNEJ OCZYSZCZALNI ŚCIEKÓW

### CHANGES OF SELECTED PHYSICO-CHEMICAL PROPERTIES OF GROUND FROM THE BED OF THE GROUND-PLANT SEWAGE TREATMENT PLANT

Celem pracy jest ocena zmian wybranych właściwości fizykochemicznych materiału ziemnego wypełniającego złoża gruntowo-roślinnej oczyszczalni ścieków po 5 i 10 latach działania oraz określenie przydatności złoża do dalszej eksploatacji.

Obiektem wybranym do badań jest przydomowa oczyszczalnia ścieków porośnięta wierzbą wiciową (*Salix viminalis* L.), działająca na zasadzie podpowierzchniowego, poziomego przepływu ścieków. Zlokalizowana jest w miejscowości Jastków w woj. Lubelskim. Funkcjonuje od 1994 roku i jest przeznaczona do unieszkodliwiania ścieków bytowych, pochodzących z 11-osobowego gospodarstwa domowego. Oczyszczalnia składa się z dwukomorowego osadnika wstępnego oraz ze złoża gruntowo-roślinnego o powierzchni 186 m<sup>2</sup>. Dno złoża jest odizolowane od podścielającej gleby geomembraną z PCV, a całkowita miąższość gruntu wypełniającego wynosi około 1 m: 0-20 cm – nadkład próchniczny, 20-100 cm – piasek luźny.

Próbki gruntu do badań pobierano w 1999 i 2004 roku z dwóch odkrywek A i B rozmieszczonych w przeciwległych krańcach złoża: A – w miejscu dopływu ścieków, B – w miejscu odpływu ścieków. W każdej z odkrywek próbki pobierano z trzech, wyróżnionych na podstawie barwy, warstw złoża: I – z nadkładu próchnicznego (utwór pyłowy, poziom próchniczny złoża), II – z suchej warstwy podpróchnicznej (piasek luźny o barwie jasnożółtej, zbliżonej do pierwotnego materiału wypełniającego), III – z warstwy filtracyjnej nasyczonej ściekami (piasek luźny o barwie szarej).

Zmiany parametrów fizykochemicznych materiału wypełniającego analizowano w obrębie wyróżnionych warstw. W pobranych próbkach badano skład granulometryczny, gęstość, porowatość i przepuszczalność wodną oraz niektóre właściwości chemiczne (pH, azot ogólny, fosfor i potas). Analizy i oznaczenia fizykochemiczne wykonywano według powszechnie stosowanych metod.

Przeprowadzone badania wskazują, że podczas 10-letniej pracy gruntowo-roślinnej oczyszczalni ścieków, w materiale zastosowanym do wypełnienia złoża zachodzą istotne zmiany właściwości chemicznych. W ciągu ostatnich 5 lat eksploatacji obiektu zaobserwowano istotne różnice wielkości stężeń wszystkich badanych pierwiastków, natomiast pH było stale na zbliżonym poziomie.

Zawartość azotu ogólnego wykazywała tendencję wzrostową wraz z upływem czasu, we wszystkich badanych warstwach leżących pod nadkładem próchnicznym, zarówno w miejscu doprowadzenia ścieków do złoża, jak i przy ich odpływie. W warstwie próchnicznej, w miejscu wlotu ścieków na złożo odnotowano wzrost koncentracji azotu ogólnego, natomiast w strefie odpływu wystąpił wyraźny spadek jego zawartości.

Po 10 roku eksploatacji obiektu, we wszystkich badanych warstwach złoża, stwierdzono kilkakrotny spadek zawartości fosforu i żelaza, w porównaniu do tego, jaki uzyskano po 5 roku pracy oczyszczalni. Jednocześnie zanotowano spadek skuteczności usuwania fosforu ogólnego ze ścieków z 94% w roku 1999 do 67% w roku 2004. Zmniejszenie efektów eliminacji fosforu jest prawdopodobnie rezultatem wyczerpywania się zdolności sorpcyjnej materiału filtracyjnego złoża [JÓŹWIAKOWSKI 2001]. Pozostałe wskaźniki i składniki zanieczyszczeń usuwane były w oczyszczalni z niezmienną, dość wysoką skutecznością w ciągu całego okresu badań.

**Tabela 1.** Wybrane właściwości chemiczne materiału ze złoża gruntowo-roślinnej oczyszczalni ścieków w latach 1999 i 2004 r.

Odkrywka	Warstwa	pH w KCl		N <sub>og.</sub> mg N·kg <sup>-1</sup>		P mg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ·kg <sup>-1</sup>		K mg K·kg <sup>-1</sup>		Fe mg Fe·kg <sup>-1</sup>	
		1999	2004	1999	2004	1999	2004	1999	2004	1999	2004
A wlot na złożo	I	6,8	6,7	2380	2970	152,9	37,4	79,8	57,4	4980	690
	II	6,6	6,5	280	270	79,5	21,4	9,5	9,2	500	210
	III	6,7	6,6	180	210	212,6	15,1	6,8	10,2	750	110
B wylot ze złoża	I	6,5	6,8	3080	2070	87,2	25,3	20,9	31,0	4240	740
	II	6,6	7,2	140	310	66,9	18,5	6,0	8,7	500	190
	III	6,6	6,7	70	310	200,6	11,4	9,9	11,2	1250	260

Badania właściwości fizyczno-chemicznych materiału ze złóż oczyszczalni gruntowo-roślinnych, przeprowadzane w kilkuletnich odstępach, mogą być pomocne w precyzyjnym określeniu końca czasu pracy złoża [HABERL i in. 1995].

## Literatura

- JÓŹWIAKOWSKI K. 2003. *Zmiany skuteczności usuwania zanieczyszczeń w gruntowo-roślinnej oczyszczalni ścieków w latach 1995-2002*. Inżynieria Rolnicza, 3 (45), tom 1, 93–107.
- HABERL R., PERFLER R., MAYER H. 1995. *Constructed wetlands in Europe*. Wat. Sci. Tech., vol. 32. no. 3, 305-315.

Krzysztof Józwiakowski, Tadeusz Orlik  
Katedra Melioracji i Budownictwa Rolniczego, Akademia Rolnicza w Lublinie

Sławomir Ligęza  
Instytut Gleboznawstwa i Kształtowania Środowiska, Akademia Rolnicza w Lublinie

Stanisław Kalembasa, Agnieszka Godlewska, Beata Kuziemska

## WPŁYW ODPADOWYCH MATERIAŁÓW ORGANICZNYCH NA ZAWARTOŚĆ SIARKI CAŁKOWITEJ I JEJ FRAKCJI W GLEBIE

## THE INFLUENCE SAME ORGANIC MATERIALS ON THE CONTENT TOTAL SULPHUR AND THEIR FRACTIONS IN SOIL

### Wstęp

W ostatnich latach coraz powszechniejsze staje się wykorzystanie odpadowych materiałów organicznych, takich jak osady ściekowe czy kurzeniec do celów rolniczych [Kalembasa, Kuziemska 2003]. Taki sposób ich utylizacji jest zgodny z polityką Unii Europejskiej, która akceptuje ich powrót do środowiska [Gworek 2004] przy czym niezbędna jest wiedza na temat ich pochodzenia i składu chemicznego. Dotychczas mało poznane zostały przemiany związków organicznych wprowadzonych do gleby z materiałem organicznym, w tym również związków siarki. Celem podjętych badań była analiza sekwencyjna organicznych i nieorganicznych związków siarki w glebie nawożonej odpadowymi materiałami organicznymi.

### Omówienie wyników

Materiał do badań stanowiły próbki gleby pobrane po IV pokosie trawy drugiego roku doświadczenia wazonowego dwuczynnikowego założonego w układzie całkowicie losowym, gdzie badano: I – wapnowanie ( bez wapnowania i wapnowanie wg  $1H_h$  gleby); II – nawożenie organiczne ( osady z oczyszczalni ścieków w Łukowie i Siedlcach, kurzeniec pochodzący z fermy niosek i brojlerów). Materiał organiczny zastosowano jednorazowo wprowadzając do gleby po 0,5g siarki na wazon. Rośliną testową była kupkówka pospolita (*Dactylis glomerata* L.), której w sezonie wegetacyjnym zbierano po cztery pokosy. Całkowitą zawartość siarki w glebie oznaczono metodą ICP-AES po mineralizacji „na mokro” w mieszaninie  $HNO_3$  i  $H_2O_2$ . Metodą sekwencyjną oznaczono następujące formy siarki: siarkę w formie  $SO_4^{2-}$  w wyciągu wodnym [Freney 1958], siarkę przyswajalną w wyciągu 0,25M KCl na gorąco w temp.  $40^{\circ}C$  [Blair i in. 1991], siarkę w związkach próchnicznych w wyciągu 0,1M NaOH. W uzyskanych roztworach siarkę oznaczono metodą ICP-AES

Średnia zawartość siarki całkowitej na obiektach nawożonych materiałami organicznymi po 2 latach doświadczenia była wyższa o 7,42% na glebie nie wapnowanej i 7,99% na glebie wapnowanej w odniesieniu do gleby z obiektu kontrolnego. Należy zatem wnioskować, że wapnowanie nie miało istotnego wpływu na pobieranie siarki przez kupkówkę po-



spolity z materiałów organicznych wprowadzonych do gleby. Suma siarczanów ekstrahowanych w  $H_2O$  i  $0,25M$  KCl była zbliżona w glebie dla wszystkich obiektów i wynosiła średnio  $0,021$  g.  $kg^{-1}$ , co stanowi  $1,55\%$  siarki całkowitej i jest zgodne z badaniami innych autorów. Frakcja ekstrahowana  $0,1M$  NaOH to siarka związków próchnicznych. Najniższą wartość tej frakcji oznaczono w glebie z obiektu kontrolnego wapnowanego ( $0,065$  g.  $kg^{-1}$ ), najwyższą w nie wapnowanej glebie nawożonej osadami z Łukowa ( $0,159$  g.  $kg^{-1}$ ).

## Wnioski

1. Stosowane odpadowe materiały organiczne spowodowały istotny wzrost zawartości siarki całkowitej w glebie w stosunku do obiektu kontrolnego.
2. Nawożenie odpadowymi materiałami organicznymi nie miało wpływu na zawartość siarki w formie siarczanowej w glebie, natomiast podwyższyło ilość siarki w związkach organicznych.
3. Wapnowanie nie różnicowało całkowitej zawartości siarki w badanej glebie.

## Literatura

- BLAIR G., CHINOM N., LEFROY R., ANDERSON G., CROCKER G (1991): A soil sulfur test for pastures and crops. *Aus. J. of Soil Res.* 29: 619-626.
- FRENEJ J.R. (1958): Determination of water-soluble sulfate in soils. *Soil Sci. Soc.* 86: 241-244.
- GWOREK B., GIERCUSZKIEWICZ-BAJTLIK M. (2004): Przyrodnicze użytkowanie osadów ściekowych w aspekcie ochrony gleb i wód w aktach prawnych Unii Europejskiej i Polski. *Rocz. Gleb.*; LV/2, 151-161.
- KALEMBASA S., KUZIEMSKA B. (2003): Monografia „Obieg pierwiastków w przyrodzie”. Tom II pod redakcją B. Gworek i J. Misiaka, Warszawa: 321-325.

---

Stanisław Kalembasa, Agnieszka Godlewska, Beata Kuziemska  
Katedra Gleboznawstwa i Chemii Rolniczej, Akademia Podlaska w Siedlcach

Stanisław Kalembasa, Beata Kuziemska, Agnieszka Godlewska

## OSADY ŚCIEKOWE JAKO POTENCJALNE ŹRÓDŁO MAKROELEMENTÓW DLA ROŚLIN

### SEWAGE SLUDGE AS A SOURCE OF MACROELEMENTS FOR PLANTS

#### Wstęp

Osady ściekowe ze względu na skład chemiczny mogą być potencjalnym źródłem substancji organicznej oraz składników pokarmowych dla roślin [Baran i in. 1995, Kalembasa, Kuziemska 2004].

Prawną podstawą wykorzystania osadów ściekowych do celów nawozowych regulują odpowiednie ustawy i rozporządzenia [Rozporządzenie MOŚZNiL 2001, 2002a, 2002b, 2002c], w których określa się warunki jakie muszą być spełnione przy wykorzystaniu osadów ściekowych do celów nieprzemysłowych oraz parametry terenowe i gruntowe, przyrodniczego użytkowania osadów [Wierzbicki 2003].

Celem pracy było zbadanie wpływu nawożenia osadami ściekowymi oraz wapnowania na plon i zawartość wybranych makroelementów w kupkówce pospolitej.

#### Omówienie wyników

Doświadczenie wazonowe przeprowadzono w obiekcie szklarniowym Akademii Podlaskiej w Siedlcach, w układzie całkowicie losowym, w trzech powtórzeniach i badano w nim następujące czynniki: I czynnik – nawożenie organiczne (bez nawożenia organicznego, osad ściekowy pochodzący z oczyszczalni ścieków w Siedlcach w dawce wprowadzającej do gleby 2 g C. kg<sup>-1</sup> gleby), II czynnik – wapnowanie (bez wapnowania i wapnowanie wg 1 Hh gleby w formie CaCO<sub>3</sub>). Rośliną testową była trawa – kupkówka pospolita (*Dactylis glomerata* L.), której w sezonie wegetacyjnym zebrano cztery pokosy. Zawartość fosforu, wapnia, magnezu, potasu i siarki w omawianej roślinie oznaczono metodą ICP-AES po wcześniejszej mineralizacji w piecu muflowym [Szczepaniak 1996].

Uzyskane wyniki opracowano statystycznie metodą analizy wariancji z wykorzystaniem testu F-Fishera-Snedecora wg programu F.R. Anal var 4.1, a wartość NIR<sub>(0,05)</sub> wyliczono wg testu Tukey'a.

Zastosowane w doświadczeniu czynniki w sposób istotny różnicowały plon oraz zawartość badanych makroelementów w roślinie testowej. Nawożenie osadami ściekowymi powodowało wzrost plonu uprawianej rośliny w stosunku do plonu roślin uprawianych na

objektach gdzie nie stosowano nawożenia organicznego oraz istotny wzrost zawartości omawianych pierwiastków w roślinach testowych. Zastosowane wapnowanie w sposób niejednoznaczny różnicowało plon kupkówki pospolitej oraz zebrane z tym plonem ilości fosforu, wapnia, magnezu, potasu, siarki, co wiązać można ze zbyt krótkim czasem przemian nawozu w glebie.

## **Wnioski**

1. Zastosowane nawożenie osadami ściekowymi spowodowało istotny wzrost plonu uprawianej rośliny oraz wzrost ilości zebranych w nim makroelementów.
2. Wapnowanie w sposób niejednoznaczny różnicowało plon kupkówki pospolitej oraz zebrane z tym plonem ilości omawianych pierwiastków.

## **Literatura**

- BARAN S., OLESZCZUK P., ŻUKOWSKA G. (2002): Zasoby i gospodarka odpadami organicznymi w Polsce. *Acta Agrophisica* 73: 17-34.
- KALEMBASA S., KUZIEMSKA B. (2004): Zawartość niklu w roślinach testowych i w glebie w zależności od nawożenia osadami ściekowymi. *Zesz. Probl. Post Nauk Rol.* z 502: 893-902.
- Rozporządzenie MOŚZNiL 2001. Dz.U.62, poz. 628.
- Rozporządzenie MOŚZNiL 2002a. Dz.U.113, poz. 984.
- Rozporządzenie MOŚZNiL 2002b. Dz.U.134, poz. 1140.
- Rozporządzenie MOŚZNiL 2002c. Dz.U.41, poz. 365.
- WIERZBICKI T.L. (2003): Wykorzystanie komunalnych osadów ściekowych do celów rolniczych. II Międzynarodowa i XIII Krajowa Konferencja Nauk-Techn., „Nowe spojrzenie na osady ściekowe – odnawialne źródło energii” 3-5.II Częstochowa, Cz. I: 163-170.
- SZCZEPANIAK W. (1996): *Metody instrumentalne w analizie chemicznej*. PWN Warszawa 44-168.

---

Stanisław Kalembasa, Beata Kuziemska, Agnieszka Godlewska  
Katedra Gleboznawstwa i Chemii Rolniczej, Akademia Podlaska w Siedlcach

Marek Kalenik, Monika Wilkowska

## OCZYSZCZANIE ŚCIEKÓW W ŻWIRZE Z WARSTWĄ WSPOMAGAJĄCĄ

### SEWAGE TREATMENT IN GRAVEL WITH ASSIST LAYER

#### Wstęp

W artykule przedstawiono wyniki przeprowadzonych badań, skuteczności oczyszczania ścieków w złożu gruntowym pod drenażem rozsączającym ścieki. Dotychczas przeprowadzone badania skuteczności oczyszczania ścieków w złożu gruntowym z piasku grubego [KALENIK, GRZYB 2001], piasku pylastego [KALENIK, GRZYB 2003] i żwiru [KALENIK, AMBROZIAK 2005] wskazują, że rodzaj złoża gruntowego ma wpływ na skuteczność oczyszczania ścieków. Rodzaj złoża gruntowego określono według normy PN-B-04481 i PN-B-02480, a współczynnik filtracji według normy PN-B-04492 [KALENIK, AMBROZIAK 2005]. Złoże gruntowe stanowił żwir z warstwą wspomagającą wykonaną z popiołu mineralnego. Zakres badań obejmował dwie warstwy popiołu mineralnego o miąższości 0,10 m i 0,20 m. Badania skuteczności oczyszczania ścieków w złożu gruntowym pod drenażem rozsączającym przeprowadzono na ściekach syntetycznych sporządzonych według normy PN-C-04616/10. Ścieki syntetyczne (ścieki surowe) dawkowano trzy razy na dobę. Przed wprowadzeniem ścieków surowych na złożo gruntowe, jak i po przefiltrowaniu ich przez złożo gruntowe, oznaczano następujące wybrane parametry analityczne ścieków: zawiesiny ogólne, BZT<sub>5</sub>, ChZT, azot amonowy, azot azotanowy, azot azotynowy, azot ogólny, fosfor ogólny, odczyn. Badania zostały przeprowadzone na wybudowanym stanowisku pomiarowym w laboratorium Zakładu Wodociągów i Kanalizacji SGGW.

#### Omówienie wyników

Złoże gruntowe z warstwą wspomagającą o miąższości 0,10 m zaczęło pracować prawidłowo po ośmiu tygodniach, natomiast złożo gruntowe z warstwą wspomagającą o miąższości 0,20 m zaczęło pracować prawidłowo po czterech tygodniach. Temperatura w pomieszczeniu przez cały okres badań była stabilna i wynosiła 14°C. W tabeli 1 podano najważniejsze wyniki badań ścieków surowych i oczyszczonych. Analizując wyniki badań przedstawione w tabeli 1 można stwierdzić, że po przefiltrowaniu ścieków surowych przez złożo gruntowe z warstwą wspomagającą o miąższości 0,10 m i 0,20 m nastąpiło obniżenie zawartości zawiesiny ogólnej, BZT<sub>5</sub> i ChZT w ściekach oczyszczonych. Zawiesina ogólna w ściekach oczyszczonych dla warstwy o miąższości 0,10 m wahała się od 0,0 mg · dm<sup>-3</sup> do

9,0 mg · dm<sup>-3</sup> i średnio wynosiła 4,1 mg · dm<sup>-3</sup>, natomiast dla warstwy o miąższości 0,20 m wahała się od 0,0 mg · dm<sup>-3</sup> do 2,0 mg · dm<sup>-3</sup> i średnio wynosiła 0,6 mg · dm<sup>-3</sup>. Wskaźnik BZT<sub>5</sub> w ściekach oczyszczonych dla warstwy o miąższości 0,10 m wahał się od 0,0 mg O<sub>2</sub> · dm<sup>-3</sup> do 3,5 mg O<sub>2</sub> · dm<sup>-3</sup> i średnio wyniósł 2,2 mg O<sub>2</sub> · dm<sup>-3</sup>, natomiast dla warstwy o miąższości 0,20 m wahał się od 0,0 mg O<sub>2</sub> · dm<sup>-3</sup> do 0,9 mg O<sub>2</sub> · dm<sup>-3</sup> i średnio wyniósł 0,5 mg O<sub>2</sub> · dm<sup>-3</sup>. Wskaźnik ChZT w ściekach oczyszczonych dla warstwy o miąższości 0,10 m wahał się od 33,5 mg O<sub>2</sub> · dm<sup>-3</sup> do 53,0 mg O<sub>2</sub> · dm<sup>-3</sup> i średnio wyniósł 45,4 mg O<sub>2</sub> · dm<sup>-3</sup>, natomiast dla warstwy o miąższości 0,20 m wahał się od 23,0 mg O<sub>2</sub> · dm<sup>-3</sup> do 46,1 mg O<sub>2</sub> · dm<sup>-3</sup> i średnio wyniósł 32,2 mg O<sub>2</sub> · dm<sup>-3</sup>. Zarówno wskaźniki: BZT<sub>5</sub>, ChZT jak i zawiesiny ogólnej, spełniały polskie zalecenia wprowadzania ścieków do gruntu [ROZPORZĄDZENIE... 2006].

**Tabela 1.** Zestawienie wyników badań ścieków surowych i oczyszczonych

**Table 1.** Test results of raw sewage and treated sewage

Wskaźniki Indicators	Ścieki surowe Raw sewage	Ścieki oczyszczone; Treated sewage							
		Warstwa wspomagająca o miąższości; Assist layer about thickness							
		0,10 m				0,20 m			
		9 tydz. week	10 tydz. week	11 tydz. week	12 tydz. week	5 tydz. week	6 tydz. week	7 tydz. week	8 tydz. week
Zawiesiny ogólne Suspended solids [mg · dm <sup>-3</sup> ]	86,2	9,0	2,5	0,0	5,0	0,0	2,0	0,5	0,0
BZT <sub>5</sub> ; BOD <sub>5</sub> [mg O <sub>2</sub> · dm <sup>-3</sup> ]	173,5	0,0	3,2	2,1	3,5	0,3	0,6	0,0	0,9
ChZT; COD [mg O <sub>2</sub> · dm <sup>-3</sup> ]	294,3	53,0	49,3	45,8	33,5	46,1	31,2	23,0	28,3

## Wnioski

1. Skuteczność oczyszczania ścieków w złożu gruntowym z warstwą wspomagającą ocenić można jako bardzo dobrą. W przeprowadzonym eksperymencie uzyskano lepszą skuteczność oczyszczania ścieków dla warstwy popiołu mineralnego o miąższości 0,20 m.
2. Po przefiltrowaniu ścieków przez złożo gruntowe z warstwą wspomagającą o miąższości 0,20 m w stosunku do warstwy o miąższości 0,10 m, skuteczność zmniejszenia w ściekach oczyszczonych zawiesiny ogólnej wzrosła średnio o 3 %, BZT<sub>5</sub> o 1 % a ChZT o 5 %.
3. Bardzo dobra efektywność usuwania zawiesiny ogólnej ze ścieków surowych w złożu gruntowym z warstwą wspomagającą wykonaną z popiołu mineralnego, może być przyczyną szybkiej kolmatacji drenażu rozsączającego. W związku z tym, należy tak zaprojektować osadnik gnilny, aby jak największa ilość zawiesin ze ścieków była usuwana w osadniku gnilnym.

## Literatura

- KALENIK M., GRZYB A. 2001. Eksperymentalne badania skuteczności oczyszczania ścieków w złożu gruntowym pod drenażem rozsączającym. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln., 475, 111-118.
- KALENIK M., GRZYB A. 2003. Skuteczność oczyszczania ścieków w złożu gruntowym pod drenażem rozsączającym ścieki. ACTA Scientiarum Polonorum Formatio Circumiectus nr 2 (1), 15-22.
- KALENIK M., AMBROZIAK R. 2005. Skuteczność oczyszczania ścieków w złożu gruntowym ze żwiru pod drenażem rozsączającym ścieki. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln., 506, 221-226
- ROZPORZĄDZENIE MINISTRA ŚRODOWISKA z dnia 24 lipca 2006 w sprawie warunków, jakie należy spełnić przy wprowadzaniu ścieków do wód lub do ziemi oraz w sprawie substancji szczególnie szkodliwych dla środowiska wodnego. Dz. U. z 2006 r. nr 137, poz. 984.

---

Marek Kalenik, Monika Wilkowska  
Zakład Wodociągów i Kanalizacji,  
Katedra Budownictwa i Geodezji SGGW

Jan Kempirski, Zbigniew Smilgin

## **WPŁYWU FERMENTACJI NA PARAMETRY HYDROTRANSPORTU OSADÓW ŚCIEKOWYCH W INSTALACJACH OCZYSZCZANIA I UTYLIZACJI**

### **THE EFFECT OF FERMENTATION ON THE PARAMETERS OF HYDRAULIC TRANSPORT OF SEWAGE SEDIMENTS IN SEWERAGE AND UTILIZATION SYSTEMS**

Ciągi technologiczne mechaniczno-biologicznych oczyszczalni ścieków wykorzystują transport rurowy jako jedyny optymalny środek transportu oczyszczanego medium do poszczególnych urządzeń projektowanego lub eksploatowanego systemu. Wymaga to znajomości parametrów fizycznych, chemicznych oraz dynamicznych osadów ściekowych, które charakteryzują się dużą różnorodnością, zależną od pochodzenia ścieków, czasu składowania oraz metod użytych do ich przetransportowania. Utrudnia to w znacznym stopniu ich charakterystykę reologiczną, co powoduje problemy techniczne w ciągach technologicznych oczyszczania i utylizacji osadów ściekowych. Dotyczy to głównie wymiarowania pomp i rurociągów, tworzących poszczególne ogniwa szeroko pojętego hydrotransportu osadów ściekowych.

Osady z procesów oczyszczania ścieków składają się głównie z substancji organicznych. Właściwości osadów zależą od składu oczyszczanych ścieków, stosowanych procesów oczyszczania, obciążenia i stanu technicznego oczyszczalni. Osady zawierają zanieczyszczenia bakteriologiczne, chemiczne (przede wszystkim metale ciężkie), co utrudnia ich przeróbkę, składowanie i ogranicza możliwości rolniczego wykorzystania. Lepkość pozorna osadów ściekowych jest znacznie większa od lepkości roztworów złożonych substancji cząstkowych i koloidalnych o tym samym stężeniu. Podlega ona również zmianom w miarę upływającego czasu. Zmiany zachodzące podczas dłuższego spoczynku są spowodowane działaniem obecnego w osadach tlenu, który przyczynia się do destrukcji łańcuchów makrocząstek lub łączenia się ich w twory jeszcze większe.

Drobnoustroje rozwijające się w osadach wywołują procesy które mogą zmieniać m.in. wielkości makrocząstek. Rozkładają one substancje organiczne takie jak: cukry wyższe, celulozę, skrobię, oleje, powodując w stosunkowo krótkim czasie zmianę właściwości fizycznych i reologicznych osadów. Dla zaobserwowania i potwierdzenia tego procesu oraz określenia jego wpływu na podstawowe parametry, przeprowadzono równoległe badania osadów komunalnych surowych i przefermentowanych.

Badane osady ściekowe pochodziły z Warszawskiej Oczyszczalni Ścieków Komunalnych w Pruszkowie. Na podstawie wyników analiz chemicznych helmintologicznych w osadach surowych stwierdzono obecność jaj pasożytów układu pokarmowego człowieka oraz występowanie dużej populacji drożdży, które powodują silne pęcznienie. W celu wyeliminowania wpływu drożdży, surowe osady komunalne poddano procesowi fermentacji przez okres około sześciu miesięcy. Po zakończeniu procesu fermentacji, przefermentowane osady poddano ponownie kompleksowym badaniom fizycznym, chemicznym, helmintologicznym i re-

ologicznym. Badania te wykonano w Instytucie Ochrony Środowiska, Zakład Technologii Ścieków i Biologii Sanitarnej oraz w Instytucie Budownictwa, Mechanizacji i Elektryfikacji Rolnictwa w Warszawie, wykorzystując do badań reologicznych viskozometr rurowy o średnicy  $D = 0,027$  m. Badania reologiczne przeprowadzono przy zachowaniu stałości temperatury osadów surowych i przefermentowanych (temperatura otoczenia), dla różnych koncentracji wagowych  $C_S$ . Dla surowych osadów ściekowych zakres badanych koncentracji wagowych wynosił  $C_S = 5,5-16,1\%$ , natomiast dla osadów przefermentowanych  $C_S = 8,23-15,7\%$ . Do aproksymacji pseudokrzywych płynięcia użyto 3-parametrowy uogólniony model reologiczny Herschela-Bulkley'a, zawierający w sobie modele prostsze 2 i 1-parametrowe. Określono zależności parametrów reologicznych przyjętego modelu  $\tau_0=f(C_S)$ ,  $k_H=f(C_S)$ ,  $n=f(C_S)$ , w funkcji koncentracji wagowej ( $C_S$ ) zarówno dla ścieków surowych jak i przefermentowanych.

Analizując otrzymane zależności  $\tau_0=f(C_S)$ ,  $k_H=f(C_S)$ ,  $n=f(C_S)$ , można stwierdzić, że próg płynięcia  $\tau_0$  i współczynnik sztywności  $k_H$  maleją, natomiast liczba strukturalna  $n$  rośnie dla osadów ściekowych po fermentacji. Zmiany te w przedziale koncentracji wagowych  $C_S=10-15\%$  wynoszą odpowiednio:

- próg płynięcia  $\tau_0$  zmalał odpowiednio o 35-21%,
- współczynnik sztywności  $k_H$  zmalał odpowiednio o 49-42%,
- liczba strukturalna  $n$  wzrosła natomiast odpowiednio o 20-0%.

Widać wyraźnie, że wpływ przefermentowania osadów ściekowych generalnie maleje wraz z koncentracją wagową osadów ściekowych. Wpływ czasu fermentacji na parametry dynamiczne a w szczególności reologiczne dla materiałów organicznych, na przykładzie gnojowicy świńskiej, badali Krüger i Hönl, stwierdzając wyraźną zmienność parametrów reologicznych modelu Herschela Bulkley'a z czasem magazynowania. Podobną problematyką zajmował się również Parzonka i Kempiański, potwierdzając zarówno zmienność parametrów reologicznych jak i lepkości pozornej wraz z koncentracją wagową oraz czasem magazynowania gnojowicy świńskiej. Przeprowadzone badania wskazują na celowość uwzględnienia procesu fermentacji dla optymalnego projektowania i eksploatacji ciągów technologicznych oczyszczania i utylizacji osadów ściekowych.

## Literatura

- BIEŃ J. 2002. *Osady ściekowe. Teoria i praktyka*. Wydawnictwo Politechniki Częstochowskiej, KEMPIŃSKI J. 2000. *Hydrauliczna i reologiczna charakterystyka gnojowicy utylizowanej w rolnictwie*. Zeszyty Naukowe AR Wrocław, Rozprawy CLXIX, Nr 378, Wrocław.
- KEMPIŃSKI J., MALCZEWSKA B. 2004. *Charakterystyka reologiczna osadów ściekowych*. Zeszyty Naukowe AR we Wrocławiu. Monografie XXXV, s.36-46, Wrocław.
- KEMPIŃSKI J. MALCZEWSKA B. 2005. *Określenie modelu reologicznego osadów ściekowych*. Acta Scientiarum Polonorum, Seria Formatio Circumiectus 4 (1) 99-108, Kraków
- SMILGIN Z. 2005. *Kształtowanie reologicznych parametrów osadów ściekowych wykorzystywanych do biologicznego umacniania skarp*. Rozprawa doktorska. Akademia Rolnicza we Wrocławiu, Wydział Inżynierii Kształtowania Środowiska i Geodezji, Wrocław.
- SIUTA J. 1997. *Przyrodnicze wykorzystanie osadów ściekowych*. „Ekoprofit”, nr 11.

---

Jan Kempiański, Zbigniew Smilgin  
Instytut Inżynierii Środowiska, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu



Aleksander Kiryluk

## ZANIECZYSZCZENIA BIOGENNE WÓD GRUNTOWYCH NA TORFOWISKU NISKIM

### THE BIOGENIC POLLUTANTS OF GROUND WATER ON THE LOW PEATLANDS

#### Wstęp

Zmiany warunków wodnych i glebowych w wyniku odwodnienia melioracyjnego mokradłowych ekosystemów bagiennych wpływają na jakość wód gruntowych i powierzchniowych na tych obszarach. Przyczyną zmian jakości wód są procesy chemiczne zachodzące w glebach torfowo-murszowych, oraz zmiany właściwości fizycznych tych gleb. Najważniejszym procesem chemicznym zachodzącym w glebach pobagiennych jest murszenie i mineralizacja torfowej masy organicznej [PAWLUCZUK, 2005]. W wyniku tego procesu następuje rozkład złożonych związków organicznych i uwalnianie się do środowiska glebowo-wodnego mineralnych form azotu (azotyny, azotany) oraz węgla organicznego. W zależności od tempa mineralizacji i stopnia rozkładu torfu w ciągu roku do środowiska z w wyniku mineralizacji może przedostawać się nawet do 300 kg azotu z 1 ha ekosystemu pobagiennego. Zanieczyszczenia związkami biogennymi wód na torfowiskach mogą stanowić potencjalne zagrożenie dla wód w ciekach, stanowiących odpływy z tych obszarów. Sposób użytkowania pobagiennego ekosystemu także wpływa na wielkości przenikających związków, uwalniających się z torfu w procesie jego mineralizacji [KIRYLUK, 200]. Wielkości stężeń biogenów, przedostających się do wód powierzchniowych, do systemu rowów odwadniająco-nawadniających i cieków odprowadzających wodę ze zlewni zależy także od stanu i funkcjonalności tych urządzeń [KOC i in. 2005].

Celem badań było określenie wielkości zanieczyszczeń wód gruntowych związkami biogennymi na torfowisku niskim w warunkach intensywnego i ekstensywnego użytkowania siedlisk pobagiennych oraz wpływu tych zanieczyszczeń na jakość wody w rzece Supraśl.

#### Material i metodyka

Badania wykonano w latach 2005- 2006 na zmeliorowanym torfowisku niskim w dolinie Supraśli Górnej. Aktualnie na ok. 60% powierzchni dużego obiektu łąkowego (ok. 3,5 tys. ha) występuje ekstensywne użytkowanie i nie jest stosowane nawożenie mineralne. Intensywne, łąkowo-pastwiskowe wykorzystanie obiektu występuje tylko w otoczeniu dużych gospodarstw o charakterze ferm bydła mleczno-opasowego. Rowy odwadniająco-na-

wadniające na tym obiekcie są mało funkcjonalne, ze względu na ich wypłylenie oraz brak regularnej konserwacji.

Na różnie użytkowanych łąkach zainstalowano 10 piezometrów w stałych punktach badawczych do badania wód gruntowych. Próbkę wód gruntowych pobierano raz w miesiącu w okresach wegetacyjnych. Oznaczono wielkości stężeń jonów azotanowych ( $\text{NO}_3 \cdot \text{dm}^{-3}$ ) oraz fosforanowych ( $\text{P-PO}_4 \cdot \text{dm}^{-3}$ ).

## Wyniki badań

Stężenie jonów azotanowych w badanych wodach gruntowych wynosiło średnio dla całego obiektu  $3,35 \text{ mg N-NO}_3 \cdot \text{dm}^{-3}$ . Wyższe stężenia wystąpiły w wodach gruntowych pobieranych z łąk intensywnie użytkowanych.. Powodowane to było m.in. także stosowaniem nawozów azotowych i wypasem bydła na tych obiektach. Stężenia fosforanów w wodach gruntowych na badanym obiekcie wynosiło średnio  $0,16 \text{ mg P-PO}_4 \cdot \text{dm}^{-3}$ . Nie wystąpiły wyraźne różnice stężeń fosforanów pomiędzy łąkami intensywnie i ekstensywnie użytkowanymi.

Na łąkach ekstensywnych, uwalniany azot azotanowy mógł być pobierany przez masowo występujące gatunki roślin nitrofilnych, tym głównie przez pokrzywę zwyczajną (*Urtica dioica* L.), dlatego mniej jego przenikało do wód gruntowych.

## Wnioski

1. Sposób użytkowania łąk wpływał na wielkości stężeń azotanów w wodach gruntowych: wyższe stężenia tej formy azotu stwierdzono w wodach pochodzących z łąk intensywnie użytkowanych.
2. Wielkości stężeń azotanów i fosforanów nie pogarszały klasy jakości płytkich wód podziemnych znajdujących się w ekosystemie pobagiennym.

## Literatura

- KIRYLUK A. 2005. Stężenia biogenów i węgla organicznego w wodach pochodzących z różnie użytkowanych torfowisk niskich. Monografie Komitetu Inżynierii Środowiska PAN, vol. 30:973 -979.
- KOC J., SOLARSKI K., ROCHWERGER A. 2005. *Wpływ systemu melioracyjnego na wielkość i sezonowość odpływu azotanów z gleb uprawnych*. J. Elementol. 10( 2):349-358.
- PAWLUCZUK J. 2005. Mineralizacja organicznych połączeń azotu w glebach gytiowo-murszowych. Zesz. Prob. Post. Nauk Roln, 505, 305-313.

---

Aleksander Kiryluk  
Politechnika Białostocka, Katedra Badań Technologicznych

Jana Kotovicová, Magdalena Vaverková

## **MOŻLIWOŚCI ZAPOBIEGANIA POWSTAWANIU ODPADÓW BIODEGRADOWALNYCH W PRZEMYSŁE SPOŻYWCZYM**

### **PREVENTION POSSIBILITES OF DEVELOPMENT OF BIOWASTE IN FOOD PROCESSING INDUSTRY**

#### **1. Wstęp**

##### **Strategia prewencji**

Prewencja w gospodarce odpadami oznacza zapobieganie powstawaniu odpadów – minimalizację lub eliminację – bezpośrednio w miejscu ich powstawania, w procesie produkcyjnym. Systemowe zastosowanie metod prewencyjnych rozpoczęto już w ubiegłym stuleciu w reakcji na ograniczone możliwości i trudności ekonomiczne strategii kontroli i zarządzania. Po raz pierwszy prewencyjne podejście zaczęto programowo wykorzystywać w latach 70 XX wieku w USA. W latach 80 nowe podejście rozszerzyło się na wszystkie kraje przemysłowo rozwinięte, a obecnie posiada już szereg państwowych modyfikacji. Definicja koncepcji czystszej technologii łączy się z szeregiem technologii środowiskowych, znanych pod różnymi nazwami, np.:

- minimalizacja odpadów,
- zapobieganie zanieczyszczeniu,
- czystsza produkcja,
- technologie małoodpadowe.

Wszystkie koncepcje są związane z tym, że dzisiejsze znaczne problemy ochrony środowiska w krajach przemysłowych są przeważnie wynikiem produkcji odpadów i emisji wywołanych działalnością człowieka.

#### **2. Zarządzanie odpadami w przemyśle spożywczym**

Przemysł spożywczy produkuje szeroką gamę odpadów, które wykazują wiele specyficznych właściwości. Wynika to ze stosowanych surowców, zawierających szybko psujące się substancje organiczne. W przypadku przetwórnicy mamy do czynienia z sezonowością, specyfiką produkcji i technologii, szerokim spektrum produktów i ich zmiennością. Co więcej, pewna ilość surowców staje się odpadem jeszcze przed przetworzeniem z powodu niedotrzymania wymogów sanitarno-higienicznych. Jednocześnie dla dużej części substancji lepsze byłoby określenie „produkt uboczny“ lub „surowiec wtórny“ niż „odpad“. Dzięki temu sposób zarządzania tymi materiałami mógłby podlegać innemu systemowi niż pozostałe odpady.

Wszystkie przetwórnice mają wspólne problemy – ścieki zanieczyszczone substancjami organicznymi, odpady stałe pochodzenia biologicznego i straty przy przetwórstwie surowca wstępnego. W wyniku powyższych problemów przetwórnice spożywcze coraz częściej wykorzystują metody prewencyjne, które oznaczają dla przetwórnicy znaczące zyski ekonomiczne wynikające z oszczędności surowca, energii, zmniejszenia podatków oraz kar.

Główną rolę w propagowaniu metodyki czystszej produkcji w przemyśle spożywczym odgrywa Regionalne Centrum Czystszej Produkcji w Brnie współpracujące z Mendelovou Zemědělskou a Lesnickou Univerzitou w Brnie.

### Przemysł piekarniczy

Opisane wcześniej problemy dotyczą także procesów produkcji pieczywa. Chodzi nie tylko o surowce szybko psujące się, jak: jajka, twaróg, mleko, drożdże, ale również takie produkty jak przeterminowane pieczywo, które po utracie świeżości musi być wycofane ze sprzedaży. W ten sposób powstają nieregularnie, ale w niektórych okresach znaczne ilości odpadów, określanych jako pieczywo nieskonsumowane. Najczęściej wykorzystuje się je w rolnictwie do skarmiania zwierząt. Jednak wykorzystanie w wielkich hodowlach takiej karmy podlega dyskusji, ponieważ przy intensywnej hodowli zwierząt gospodarskich ustalane są optymalne dawki żywieniowe, które nie biorą pod uwagę dokarmiania zwierząt pieczywem.

Innymi odbiorcami nieskonsumowanego pieczywa mogą być rolnicy indywidualni lub właściciele małych ferm zwierzęcych. Jednak taka grupa docelowa nie może zapewnić stałego odbioru, szczególnie większych ilości pieczywa. Tak więc w przypadku złej kalkulacji zapotrzebowania rynku na pieczywo i chleb powstają duże ilości niewykorzystanego pieczywa, a jego likwidacja staje się poważnym problemem dla zakładów piekarniczych.

### Regulacje prawne

Z punktu widzenia obowiązujących przepisów (ustawa o odpadach nr 185/2001) opisane zagadnienia dotyczą odpadów, które zgodnie z Katalogiem odpadów (rozporządzenie Ministerstwa Ochrony Środowiska nr 381/2001) należy zaklasyfikować pod następującymi numerami katalogowymi:

- 02 odpady z rolnictwa, ogrodnictwa, rybołówstwa, leśnictwa, myślistwa i produkcji oraz przetwórstwa żywności,
- 02 06 odpady z piekarni i produkcji pieczywa,
- 02 06 01 surowce nienadające się do spożycia lub wykorzystania,
- 02 06 99 odpady bliżej nieokreślone.

### Literatura

- HOLEŠOVSKÁ Z., KOTOVICOVÁ J., 2001: Národní program čistší produkce v zemědělství a potravinářství. In: Sborník referátů z konference s mezinárodní účastí Ochrana zvířat a welfare, Brno: VFU, 2001: 58-61.
- FILIP J. A KOL., 2002: Odpadové hospodářství, MZLU v Brně. ISBN 80-7157-608-5
- KOTOVICOVÁ J. A KOL., 2003: Čistší produkce, MZLU v Brně, ISBN 80-7157-675-1
- RUSKO M., PIATRIK M., KOTOVICOVÁ J.: Environmentálne manažerstvo. Strix n.f. Žilina 2004, ISBN 80-969257-0-9
- ŠLESINGER J. A KOL.: Demonstrační projekt čistší produkce – Pékárna HEPEK, CPC Brno, 2004, 62s. Firemní materiály firmy HEPEK, s.r.o., Brno - Zábřovice

Doc. RNDr. Jana Kotovicová, Ph.D., MZLU v Brně  
 Mgr. Ing. Magdalena Vavrková, MZLU v Brně  
 Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně,  
 Agronomická fakulta, Ústav aplikované a krajinné ekologie

Edyta Krutysz-Hus, Kazimierz Chmura

## WYKORZYSTANIE OSADÓW ŚCIEKOWYCH W UPRAWIE ROŚLIN ENERGETYCZNYCH, OCENA ILOŚCIOWA I JAKOŚCIOWA MATERIAŁU ROŚLINNEGO

### SEWAGE SLUDGE UTILIZATION IN CULTIVATION WILLOW, QUANTITATIVE ANALYSIS AND QUALITATIVE MATERIAL VEGETAL

#### Wstęp

Rolnicze wykorzystanie osadów ściekowych jest coraz powszechniejszym sposobem zagospodarowania zwiększającej się ilości tych odpadów. Wg danych GUS z 2005 r. w Polsce zostało wytworzonych 1124,4 tyś. ton suchej masy osadów. Największą ilość aż 35% pozostawiono na składowiskach, około 29% wytwarzanych osadów stosowanych jest do rekultywacji terenów, natomiast zaledwie 2,6% stosowanych jest do uprawy roślin przeznaczonych do produkcji kompostu.

Duże ilości wytwarzanych osadów skłoniło autorów pracy do podjęcia tej tematyki. Postanowiono zastosować w doświadczeniu dwa osady (nadmierny i mieszany) pozyskane z tej samej oczyszczalni ścieków. W pracy wykorzystano dane dotyczące wartości nawozowej osadów, wielkości i jakości plonów oraz składu chemicznego pozyskanej masy roślinnej.

#### Material i metodyka

Osady ściekowe pochodziły z oczyszczalni ścieków komunalnych w Kacach Wrocławskich. W uzyskanym materiale oznaczono zawartość azotu, fosforu, metali ciężkich oraz przeprowadzono analizy mikrobiologiczne.

Odwodnione osady (nadmierny 17,8 % suchej masy, mieszany 26,2 % suchej masy) wymieszano z wierzchnią warstwą gleby w dawkach 250, 150 i 50 t s. m. na 1ha. Przy zakładaniu doświadczenia kierowano się Rozporządzeniem Ministra Środowiska z dnia 1.08.2002 roku w sprawie komunalnych osadów ściekowych. W tak przygotowane podłoże posadzono zrzesy wierzby krzewiastej (*Salix viminalis* L) *klon 082*. W trakcie sezonu wegetacyjnego prowadzono systematyczne pomiary dynamiki wzrostu wierzby i trzykrotnie (na początku, w środku i na końcu sezonu wegetacyjnego) pobierano odcieki. Dodatkowo na początku listopada, w celu stymulacji wzrostu wierzby w dalszych latach prowadzenia doświadczenia, zebrano materiał roślinny, który również poddano analizom chemicznym.

#### Wyniki i dyskusja

W doświadczeniu zastosowano dwa osady ściekowe – mieszany i nadmierny. Osad nadmierny zawiera większe ilości makroskładników. W odniesieniu do azotu ogólnego warto-

ści te nawet 17-krotnie przekraczają ilość tego składnika w osadzie mieszanym i wynoszą odpowiednio 0,3% s.m. w osadzie mieszanym i 3,6% s.m. w osadzie nadmiernym.

Badanie zawartości metali ciężkich w osadach wykazało, że nie zostały przekroczone normy ustalone w ww. Rozporządzeniu. W osadzie mieszanym wystąpiła większa ilość cynku, miedzi, chromu i rtęci natomiast w osadzie nadmiernym oznaczono większą zawartość niklu, kadmu i ołowiu.

Porównując dynamikę przyrostu roślin posadzonych w podłożu z domieszką różnych dawek osadów ściekowych zauważono, że przy zastosowaniu osadu nadmiernego po kilkunastu dniach następowało obumarcie roślin. Dopiero w połowie okresu wegetacyjnego, po kilkakrotnym przesadzeniu, w podłożu z zastosowaniem najniższej dawki osadu nadmiernego, rośliny przyjęły się. Natomiast po zastosowaniu osadu mieszanego nie zauważono wystąpienia reakcji stresowych. Rośliny rozwijały się bardzo dynamicznie - wielkości przyrostów były proporcjonalne do zastosowanej dawki osadu.

Wyniki badań fizykochemicznych zawartości wybranych metali ciężkich w pędach wierzby krzewiastej rosnącej na podłożu glebowym z udziałem różnych dawek osadów ściekowych (nadmiernego i mieszanego) pozwalają stwierdzić, że przy zastosowaniu osadu mieszanego ilość cynku, niklu, kadmu i miedzi jest wyższa niż w roślinach rosnących na podłożu z domieszką osadu nadmiernego. Nie zaobserwowano wyraźnych zależności między wysokością zastosowanej dawki osadu a zawartością metali w masie roślinnej.

## Wnioski

1. Osad nadmierny zawiera większe ilości makroskładników, jednakże wiązanie wody ze względu na proces fermentacji wywołuje reakcja stresową.
2. Stosowanie osadu nadmiernego wymaga wcześniejszego sezonowania.
3. Stosowaniu osadu mieszanego powoduje bardziej dynamiczny wzrost wierzby i przyczynia się do uzyskania wyższej masy materiału roślinnego już w pierwszym roku uprawy.
4. Materiał roślinny zebrany z podłoża nawożonego osadem mieszanym charakteryzował się wyższą zawartością metali ciężkich niż po zastosowaniu osadu nadmiernego.

## Literatura

- FLIS-BUJAK M., BARAN S., TURSKI R., ŻUKOWSKA G.: Przemiany substancji organicznej w glebie użyźnionej osadem ściekowym. Zesz. Prob. Post. Nauk Roln., 409, 59-65, 1993.
- ŻUKOWSKA G., FLIS-BUJAK M., BARAN S.: Wpływ nawożenia osadem ściekowym na substancje organiczną gleby lekkiej pod uprawa wikliny. Acta Agrophysica, 73, 357-367, 2002.
- MAZUT T.: Rozważania o wartości nawozowej osadów ściekowych. Zesz. Prob.. Post. Nauk Roln., 437, 13-22, 1996.

*Publikacja finansowana z projektu pt. „Drugi program stypendialny dla doktorantów Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu”. Projekt współfinansowany przez Unię Europejską z Europejskiego Funduszu Społecznego (75% wartości projektu) oraz budżet państwa w ramach Zintegrowanego Programu Operacyjnego Rozwoju Regionalnego (25% wartości projektu).*

Edyta Krutysz-Hus, Kazimierz Chmura  
Katedra Rolniczych Podstaw Kształtowania Środowiska,  
Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu

Lech Paczkowski

## **GOSPODARKA WODNO-ŚCIEKOWA W GMINIE POŁOŻONEJ NA TERENIE PARKU KRAJOBRAZOWEGO**

### **WATER AND SEWAGE MANAGEMENT SYSTEM IN A COMMUNE IN THE AREA OF LANDSCAPE PARK**

#### **Wstęp**

Gmina Żmigród posiada szczególne walory przyrodnicze oraz unikalne formy krajobrazowe. Obszary chronione zajmują 66% powierzchni (19184 ha) i są to tereny Parku Krajobrazowego „Dolina Baryczy” (17699 ha) oraz trzy rezerwy przyrody, „Stawy Miliciek”, „Radziądz” i „Olszyny Miliciek” o łącznej powierzchni 1485 ha.

#### **Materiały i metoda badań**

Ponieważ przedstawione opracowanie stanowi studium przypadku i brak odniesień do innych podmiotów, dla osiągnięcia założonych celów zastosowano metodę opisu i analizy badanych zjawisk stanowiącą podstawę wnioskowania.

#### **Wyniki i dyskusja**

##### **Zaopatrzenie w wodę**

Wydajność studni określa się na poziomie  $2400\text{m}^3/\text{d}$ , co umożliwia pozyskanie wody w ciągu roku w ilości  $876000\text{m}^3/\text{r}$ . Istnieją więc rezerwy zasobów wody wynoszące prawie  $180000\text{m}^3\cdot\text{r}^{-1}$ . Zużycie dobowe wody osiąga wielkość  $1910,5\text{m}^3\cdot\text{d}^{-1}$ , z czego na miasto przypada  $745,0\text{m}^3\cdot\text{d}^{-1}$ , a na gminę  $1165,5\text{m}^3\cdot\text{d}^{-1}$ . W przeliczeniu na 1 mieszkańca zużycie dobowe w Żmigrodzie wynosi  $0,113\text{m}^3\cdot\text{d}^{-1}$ , zaś w gminie  $0,137\text{m}^3\cdot\text{d}^{-1}$ . Różnica wynika ze zużycia wody na produkcję rolną (pojenie zwierząt, woda do oprysków). Obliczenia powyższe wykonano wg aktualnego stanu mieszkańców, który wynosi w mieście Żmigród 6,6 tys., a w gminie wiejskiej 8,5 tys. Ogółem gmina Żmigród liczy 15,1 tys. mieszkańców.

##### **Sieć kanalizacyjna**

Ścieki odprowadzane siecią kanalizacyjną wynoszą dziennie  $950\text{m}^3\cdot\text{d}^{-1}$ , odpowiednio w mieście:  $467,7\text{m}^3\cdot\text{d}^{-1}$  i na wsi  $482,3\text{m}^3\cdot\text{d}^{-1}$ . W porównaniu z wydajnością oczyszczalni komunalnej w Żmigrodzie, która zagadnienie z pozwoleniem wodno-prawnym z dnia 08.07.2003 r. wynosi  $2200\text{m}^3\cdot\text{d}^{-1}$ , daje to stopień jej wykorzystania na poziomie 44%. Roczny zrzut ścieków, to  $352225\text{m}^3\cdot\text{r}^{-1}$ , co oznacza, że zrzut ścieków na 1 mieszkańca

wynosi w całej gminie  $0,063 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$ , odpowiednio więcej w mieście  $0,071 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$  i mniej na terenach wiejskich  $0,057 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$ .

### Oczyszczalnia ścieków w Żmigrodzie

Zrzut ścieków zgodnie z decyzją Starosty Trzebnickiego z 08.07.2003 r. obowiązująca do 30.12.2020 r., z oczyszczalni mechaniczno-biologicznej odbywa się po uprzednim oczyszczeniu beztlenowo-tlenowym do rzeki Sąsiecnicy w ilości:  $Q_{sr_d} = 1900 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$ ,  $Q_{max_d} = 2200 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$ ,  $Q_{max_h} = 190 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ .

### Wnioski

Przeprowadzone rozważania dotyczące gospodarki wodno-ściekowej na terenie gminy Żmigród, gminy o szczególnych walorach środowiskowych pozwalają na sformułowanie następujących wniosków:

- 1) Położenie gminy na terenie parku krajobrazowego o dużym znaczeniu gospodarki rybackiej dla rejonu wymusza szczególną ochronę wód powierzchniowych oraz racjonalne gospodarowanie wodą pitną i skuteczną utylizację ścieków.
- 2) Zasoby wód podziemnych pokrywają zapotrzebowanie mieszkańców gminy na ten surowiec. Woda jest dobrej jakości i w 100% dostarczana za pomocą sieci wodociągowej.
- 3) Poważny problem stanowi utylizacja ścieków zwłaszcza na wsi, gdzie sieć kanalizacyjna obejmuje tylko 28% gospodarstw. Zrzuty ścieków wprost do cieków lub rowów stanowią bezpośrednie zagrożenie dla jakości wód powierzchniowych.
- 4) Innym zagrożeniem dla wód powierzchniowych (zlewnia rzek i stawów rybnych) jest intensywne rolnictwo prowadzone na terenie zlewni rzeki Orki (woj. wielkopolskie).
- 5) Poprawa gospodarki ściekowej, to główny warunek proekologicznego kształtowania wizerunku gminy.

### Literatura

- KAJAK A. 2001. *Hydrologia i limnologia. Ekosystemy wód śródlądowych*. PWN Warszawa.
- KUTKOWSKA B. 2004. Grupy docelowe nabywców produktów agroturystycznych na Dolnym Śląsku na przykładzie Parku Krajobrazowego Dolina Baryczy. *Rocz. Nauk. SERiA T. 6, z. 3*: 103-107.
- MARLINGA J. 2004. Plan Gospodarki Odpadami. Miasto i Gmina Żmigród. IME Consulting Wrocław, ss. 64.
- MARLINGA J. 2004a. Program ochrony środowiska dla miasta i gminy Żmigród. Założenia do Uchwały Rady Miejskiej z 2004r. IME Consulting Wrocław, ss. 154.
- MILASZEWSKI R. 2004. Ekonomiczne aspekty zlewniowego zarządzania gospodarką wodną. [w:] *Ekonomiczne aspekty gospodarki przestrzennej*. Wyd. Ekonomia i Środowisko, Białystok: 28-36.
- TURKOWSKI K. 2004. Ekologiczne i ekonomiczne aspekty gospodarowania jeziorami i ich zlewniami [w:] *Ekonomiczne aspekty gospodarki przestrzennej*. Wyd. Ekonomia i Środowisko, Białystok: 171-178.

---

Lech Paczkowski

Katedra Ekonomiki i Organizacji Rolnictwa, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu



Julian Paluch, Krzysztof Pulikowski

## KONCEPCJA UTYLIZACJI OSADÓW ŚCIEKOWYCH

### A CONCEPT OF THE SEWAGE SLUDGES UTILISATION

#### Wstęp

W procesach oczyszczania ścieków powstają lub są wydzielane w różnych ilościach odpady stałe – skratki, piasek, osady wstępne i wtórne. Charakteryzują się one zróżnicowanym uwodnieniem na każdym etapie oczyszczania. Skratki i piasek w oczyszczalni z reguły usuwa się oddzielnie, po odcieknięciu wody, natomiast osady wstępne i wtórne najczęściej są lub mogą być unieszkodliwiane wspólnie. Usuwanie osadów ściekowych dość często odbywa się na lokalne składowiska odpadków stałych. Osady te, po odwodnieniu w wymaganym stopniu, mogą być sortowane, poddawane zabiegom higienizacyjnym, przetwarzane i wykorzystywane do rekultywacji terenów zdegradowanych i/lub nieużytków oraz do różnych celów gospodarczych (spalanie, niwelacja terenu itp.) i przyrodniczych, a niekiedy pewna ich część może być przetwarzana termicznie.

Według Głównego Urzędu Statystycznego (GUS) roczne ilości osadów komunalnych w Polsce w latach 2000–2005 zmieniały się odpowiednio w granicach od 359,8 do 486,1 tys. ton suchej masy (s.m.) w tym: od 203,4 do 274,8 tys. ton s.m. osadów wstępnych i od 156,4 do 211,3 tys. ton s.m. osadów wtórnych. Na Dolnym Śląsku masa sucha osadów komunalnych w 2005 r. wynosiła 41,6 tys. ton. Wielkości te wskazują stały wzrost masy osadów komunalnych, które tylko w niewielkim stopniu są wykorzystywane w rolnictwie, do rekultywacji terenów także na inne cele rolnicze np. do produkcji kompostów. Znacząca ich część jest przekształcana termicznie, składowana na terenach oczyszczalni i/lub na składowiskach odpadów stałych. W końcu roku 2000 na terenach oczyszczalni w Polsce zgromadzono 675,0 tys. ton osadów komunalnych, a w 2005 – było ich już 782,7 tys. ton. Dopiero od 2003 r. GUS wykazuje stosunkowo niewielkie ilości osadów ściekowych odbieranych przez rolnictwo. Z zestawień tych wynika, że masa osadów wtórnych jest tylko nieznacznie mniejsza od ilości osadów wstępnych, a jednocześnie zawiera ona mniej substancji balastowych i niepewnych pod względem sanitarnym, dlatego – naszym zdaniem – można tą drogą zwiększyć stopień wykorzystania osadów. Aktualnie brak jest pełniejszej informacji o chemicznym i biologicznym składzie osadów wtórnych, bowiem najczęściej są one mieszane z osadami wstępnymi w wydzielonej komorze fermentacji (WKF), a następnie poddawane procesom fermentacji, odwadnia, higienizacji itp. Po przeprowadzeniu technologicznych zabiegów i niezbędnych czynności związanych z przeróbką osadów na terenie oczyszczalni, próbki zmieszane masy osadu poddawane są w laboratoriach niezbędnym analizom fizyczno chemicznym i biologicznym. Stosowne zabiegi higienizacyjne spo-

soby przeróbki sadów ściekowych opisuje wielu autorów IMHOFF I IMHOFF 1996, WARDECKA L. 2004 SZEJNIAK B. 2005, SIUTA J. 1995, PRACA ZBIOROWA. 2006. Osady bezpieczne dla środowiska mogą być usuwane z terenu oczyszczalni. Ilość wstępnych i wtórnych osadów komunalnych będzie wzrastała w miarę rozwoju systemów kanalizacyjnych zakończonych przeważnie oczyszczalniami mechaniczno biologicznymi i chemicznymi. W zależności od ilości i jakości osadów można stosować je do odpowiednio dobieranych upraw także roślin energetycznych. Przyrodnicze wykorzystywanie osadów ściekowych wymaga tworzenia odpowiedniej bazy do higienizacji osadów ściekowych do wymagań istniejących już przepisów. Jednym ze sposobów bezpiecznej utylizacji osadów ściekowych może być oddzielne unieszkodliwianie wstępnych i wtórnych ściekowych osadów komunalnych pochodzących także z terenów wiejskich.

## **Wnioski**

1. Osady ściekowe powstające w budowanych oczyszczalniach ścieków stanowią coraz większy problem ich unieszkodliwiania pod względem ilościowym i jakościowym.
2. Z uwagi na zawartość metali ciężkich i organizmów patogennych obniżających właściwości higieniczno sanitarne osadów wstępnych, które powstają w procesach technologicznych oczyszczalni mechaniczno biologicznych, występują ograniczone możliwości przyrodniczego ich zagospodarowania. Udział ich w osadach zmieszanych obniża jakość i właściwości osadów usuwanych z terenu oczyszczalni ścieków.
3. Rozdzielenie osadów wstępnych od wtórnych w oczyszczalniach ścieków komunalnych jest zabiegiem pozwalającym na zwiększenie stopnia bezpiecznej utylizacji substancji organicznej usuwanej na terenie oczyszczalni mechaniczno biologicznej.

## **Literatura**

- IMHOFF K., IMHOFF K.,R. 1996. Kanalizacja miast i oczyszczanie ścieków. Poradnik, OW Przem - EKO Bydgoszcz.
- PRACA ZBIOROWA. 2006. Środowisko Wrocławia, informator 2006 r. IOŚ Oddział Wrocław 212.
- SIUTA J. 1995. Przyrodnicze użytkowanie osadów ściekowych. Ekoinżynieria 2(3), Instytut Ochrony Środowiska (IOŚ) Warszawa, s. 10–14.
- SZEJNIAK B. 2005. Sanitarно-higieniczne aspekty kompostowania odpadów. Rozprawy nr 118, ATR Bydgoszcz.
- WARDECKA L. 2004. Dynamika roztworu glebowego w warunkach naturalnych. Zesz. Nauk. AR Wrocław, Rolnictwo LXXXV, nr 484, 183–209.

---

Julian Paluch, Krzysztof Pulikowski  
Instytut Kształtowania i Ochrony Środowiska, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu

Katarzyna Pawęska, Krzysztof Kuczewski

## **EFEKTY OCZYSZCZANIA ŚCIEKÓW BYTOWO-GOSPODARCZYCH W ŚRODOWISKU NATURALNYM NA PRZYKŁADZIE WIELOLETNIEJ PRACY WYBRANYCH OCZYSZCZALNI ROŚLINNO-GLEBOWYCH**

### **EFFECTS OF DOMESTIC SEWAGE TREATMENT IN THE ENVIRONMENT BASED ON LONG-TERM OPERATING OF PLANT-SOIL TREATMENT PLANTS**

#### **Wstęp**

Oczyszczanie ścieków, które powstają na terenach wiejskich jest procesem trudnym, wiążącym się z rozwiązaniem problemów dotyczących nierównomierności dopływu ścieków surowych oraz znacznych wahań składu ścieków poddawanych oczyszczaniu.

Krajowy Program Oczyszczania Ścieków Komunalnych [1] normuje gospodarkę ściekową na terenach wiejskich. Ścieki bytowe powinny być albo odprowadzane kanalizacją do miejsca, w którym zostaną oczyszczone lub oczyszczone w miejscu ich powstania. Na terenach, na których nie ma możliwości wybudowania kanalizacji, gospodarkę ściekową powinno się regulować za pomocą lokalnych rozwiązań. Ścieki bytowe mogą być oczyszczane w pojedynczych gospodarstwach lub odprowadzane do oczyszczalni roślinno-glebowej.

#### **Wyniki badań i dyskusja**

Oczyszczalnia roślinno-glebowa w Brzeźnie jest nieprzerwanie monitorowana od chwili jej uruchomienia. Obserwacje tego obiektu dotycząca okresu wpracowywania się złoża oraz eksploatacji w różnych warunkach obciążenia ładunkiem zanieczyszczeń [3, 4].

Dzięki stałej kontroli warunków pracy tego obiektu możliwa jest ocena skuteczności pracy oczyszczalni w półroczu letnim i zimowym oraz przy nadmiernym obciążeniu ładunkiem zanieczyszczeń.

Oczyszczalnia roślinno-glebowa w Mroczeniu ciąglej obserwacją objęta została pod koniec 2002 r. Obiekt ten pracuje w bardzo trudnych warunkach dotyczących obciążenia obiektu ściekami surowymi. W badaniach przeprowadzonych na obu obiektach analizie poddano skład ścieków surowych doprowadzanych na oczyszczalnię pod względem stężeń oraz ładunków, jak również charakterystykę ścieków oczyszczonych odpływających z oczyszczalni roślinno-glebowych.

W półroczu zimowym na obu obiektach roślinno-glebowych sprawność oczyszczania dla BZT<sub>5</sub> była wysoka, powyżej 95%. Nieco mniejsza była efektywność oczyszczania dla ChZTcr, która wynosiła 60% w 2005 roku. Również w miesiącach letnich na obiekcie w Brzeźnie i Mroczeniu skuteczność oczyszczania ścieków dla BZT<sub>5</sub> wynosiła średnio 90%. Efekty oczyszczania ścieków dla ChZTcr w okresie letnim były na poziomie nie mniejszym niż 70%. W miesiącach zimowych i letnich sprawność oczyszczania ścieków dla fosforu ogólnego na obiekcie w Brzeźnie utrzymywała się na wysokim poziomie, powyżej 90%.

Powszechnie panująca opinia o spadku skuteczności oczyszczania ścieków przez obiekty roślinno-glebowe w półroczu zimowym [2] nie znalazła potwierdzenia w przypadku badań prowadzonych na obiekcie w Brzeźnie i Mroczeniu [3, 4].

## **Wnioski**

Na podstawie przeprowadzonych badań można sformułować następujące wnioski dotyczące efektów pracy oczyszczalni w Brzeźnie i Mroczeniu:

1. W miesiącach zimowych nie zanotowano spadku efektywności oczyszczania ścieków bytowo-gospodarczych obiektów roślinno-glebowych.
2. Obiekty roślinno-glebowe potrafią pracować z dużą skutecznością w niekorzystnych warunkach obciążenia ładunkiem zanieczyszczeń.
3. Oczyszczalnie roślinno-glebowe mogą stanowić ważny element ochrony wód powierzchniowych przed eutrofizacją.

## **Literatura**

1. Krajowy Program Oczyszczania Ścieków Komunalnych, Ministerstwo Środowiska 2003.
2. MAEHLUM T., JENSSEN P.D., WARNER W.S., "Cold-climate constructed wetlands", *Wat.Sci. Tech.* Vol.32, No.3, 1995.
3. NOWAK I., KUCZEWSKI K., "Oczyszczanie ścieków bytowo-gospodarczych w oczyszczalni roślinno-glebowej", *Zeszyty Naukowe Akademii Rolniczej we Wrocławiu* nr 453, Monografie XXIX, Wrocław 2002 r.
4. PAWĘSKA K., "Ocena skuteczności oczyszczania ścieków bytowo-gospodarczych w oczyszczalniach roślinno-glebowych o różnej eksploatacji", praca doktorska, Wrocław 2006 r.

---

Katarzyna Pawęska, Krzysztof Kuczewski  
Katedra Budownictwa i Infrastruktury, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu

Mikołaj Sikorski, Jarosław Matyja

## WSTĘPNE KOMPOSTOWANIE OSADÓW ŚCIEKOWYCH Z ODPADAMI ROŚLINNYMI

### PRELIMINARY SEWAGE SLUDGE COMPOSTING WITH VEGETAL WASTES

#### Wstęp

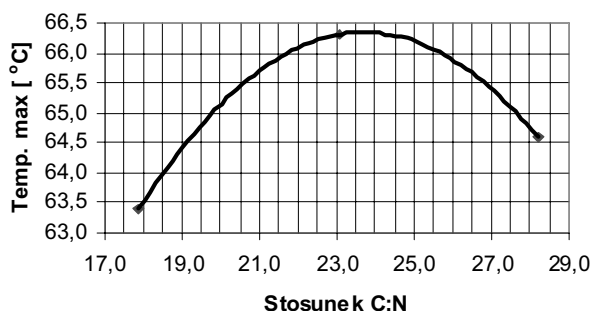
Na oczyszczalniach ścieków niepożądanym produktem ubocznym jest osad ściekowy. Kompostując osad ściekowy z materiałem strukturotwórczym uzyskujemy kompost, który ze względu na zawartość substancji organicznych można zastosować do rolniczego wykorzystania. Musi jedynie spełnić wymagania mikrobiologiczne i parazytologiczne oraz dotyczące zawartości metali ciężkich.

#### Omówienie wyników

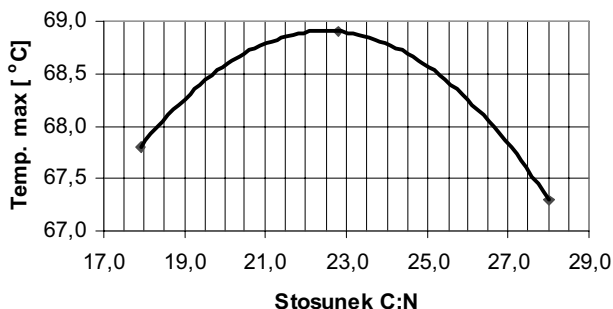
Badaniami objęto analizę substratów, przebieg temperatury w warunkach laboratoryjnych przy wpływie różnych stosunków węgla do azotu.

W warunkach laboratoryjnych przeprowadzono 2 serie kompostowania osadów ściekowych wraz z sianem i słomą oraz z sianem, wiórami drzewnymi i torfem w 3 różnych kompostownikach w zależności od stosunku węgla do azotu. Stosunki C:N wynosiły odpowiednio: 28:1, 23:1, 18:1 dla obu serii.

Podczas procesu dokonywano pomiarów temperatury oraz sprawdzano inne czynniki wpływające na proces kompostowania, a po 120 dniach dokonano analizy produktu finalnego.



Rys 1. Uzyskana maksymalna temperatura dla następujących składników początkowych: osad ściekowy, siano, słoma.



Rys 2. Uzyskana maksymalna temperatura dla następujących składników początkowych: osad ściekowy, siano, trociny, torf.

Poniższe wykresy przedstawiają uzyskaną temperaturę maksymalną wraz z linią trendu w zależności od wyjściowego stosunku węgla do azotu.

Badania substancji biogennej uzyskanego kompostu stwierdziły, że uzyskany kompost można zastosować jako naturalny nawóz na tereny rolnicze.

## Wnioski

Po porównaniu wyników 2 serii badań można stwierdzić, że wszystkie uzyskane komposty spełniają wymagania jeśli chodzi o substancje biogenne. Ze względu na porównanie uzyskanej temperatury maksymalnej można stwierdzić, że najszybciej przebiegał proces w okolicach stosunku C:N 23:1.

## Literatura

- BIEŃ J. B., Osady ściekowe - teoria i praktyka. Politechnika Częstochowska 2002
- JASIŃSKA E., SIKORSKI M., Trójetapowe kompostowanie słomy z gnojowicą. Zeszyty problemowe Postępów Nauk Rolniczych. Zeszyt 494, PAN, Wydział Nauk Rolniczych, Leśnych i Weterynaryjnych; Katedra Chemii Środowiska AR w Szczecinie; Polskie Towarzystwo Inżynierii Ekologicznej Oddział Szczeciński. Warszawa 2003
- MATYJA J., Kompostowanie osadów ściekowych wraz ze słomą i sianem. Wiadomości Melioracyjne i Łąkarskie Nr 2/2006, s. 66-68
- SIUTA J., WASIAK G., Kompostowanie odpadów i użytkowanie kompostu. IOŚ Warszawa 2000
- ŻYGADŁO M., Gospodarka osadami ściekowymi. Politechnika Świętokrzyska 2002

---

Mikołaj Sikorski, Jarosław Matyja  
Politechnika Świętokrzyska w Kielcach

Mariusz Sojka, Sadżide Murat-Błażejewska, Jolanta Kanclerz

## **OCENA CZASOWEJ ZMIENNOŚCI ŁADUNKÓW ZWIĄZKÓW AZOTU I FOSFORU WYMYWANYCH ZE ZLEWNI ROLNICZEJ**

### **EVALUATION OF TEMPORAL VARIABILITY OF NITROGEN AND PHOSPHORUS COMPOUNDS LOAD LEACHING FROM AGRICULTURAL CATCHMENT**

#### **Wstęp**

W ostatnich latach, obserwuje się znaczne zmniejszenie ładunków zanieczyszczeń wprowadzanych do wód z oczyszczalni ścieków i zakładów przemysłowych, przy jednoczesnym wzroście udział zanieczyszczeń pochodzących z działalności rolniczej. Dlatego szczególną uwagę należy zwrócić na zanieczyszczenia związkami azotu i fosforu pochodzącymi z tej działalności. Ładunki tych związków można oszacować przy wykorzystaniu modeli migracji zanieczyszczeń obszarowych, metodą współczynników wymycia związków biogenych [KYL-LMAR i in. 2006] lub szacunkową metodą bilansowania [DOJLIDO i WOYCIECHOWSKA 2006]. Wysokie stężenia związków azotu i fosforu mają bardzo niekorzystny wpływ na środowisko wodne, ponieważ eutrofizacja rzek i jezior przyspiesza wzrost glonów. Może to prowadzić do wtórnego zanieczyszczenia wód produktami metabolizmu i obumierającą biomasa glonów, co ogranicza wykorzystanie wód dla zaopatrzenia ludności, przemysłu i rekreacji.

#### **Omówienie wyników**

Celem pracy była ocena wpływu warunków meteorologicznych i hydrologicznych na czasową zmienność ładunków związków azotu i fosforu wymywanych ze zlewni, w której udział gruntów ornych jest bardzo wysoki. Badania i obserwacje terenowe, stanowiące podstawę niniejszej pracy, prowadzone były w zlewni rzeki Małej Wełny do przekroju Kiszkowo w latach hydrologicznych 2000-2005.

Zlewnia rzeki Małej Wełny zgodnie z systemem kodowania jednostek hydrograficznych stosowanym w Unii Europejskiej otrzymała kod 1866 [Atlas...2005]. Powierzchnia zlewni do przekroju Kiszkowo wynosi 342 km<sup>2</sup>, rzeka przepływa przez osiem jezior o sumarycznej powierzchni 392,8 ha. W zlewni znajduje się 19 jezior i kompleks stawów rybnych o całkowitej powierzchni 780,5 ha, co daje to wskaźnik jeziorności 2,3%. Analizowana zlewnia ma charakter rolniczy; udział użytków rolnych w zlewni jest wysoki 82,7%, z czego 75,2% przypada na grunty orne, 7,2% użytki zielone, a 0,3% na sady. Zlewnia jest słabo zalesiona, lasy pokrywają tylko około 6% jej powierzchni.

Ocena jakości wód rzeki Małej Wełny wykazała, że wody te charakteryzowały się niskimi stężeniami związków azotu - odpowiadały normom I, II i III klasy jakości oraz podwyższonymi stężeniami fosforanów – odpowiadały normom V klasy jakości.

Ładunki związków azotu i fosforu wynoszone ze zlewni rzeki Małej Wełny charakteryzowały się dużą zmiennością. Roczne ładunki azotu azotanowego w okresie badań wahały się od 0,08 N-NO<sub>3</sub> kg·ha<sup>-1</sup>·rok<sup>-1</sup> do 3,53 kg·ha<sup>-1</sup>·rok<sup>-1</sup>. Najmniej z powierzchni zlewni odpływało azotu azotynowego - średnio 0,02 N-NO<sub>2</sub> kg·ha<sup>-1</sup>·rok<sup>-1</sup>, a średnie roczne ładunki azotu amonowego i fosforu reaktywnego w okresie badań były zbliżone i wynosiły średnio około 0,22 N-NH<sub>4</sub> kg·ha<sup>-1</sup>·rok<sup>-1</sup> i 0,20 P-PO<sub>4</sub> kg·ha<sup>-1</sup>·rok<sup>-1</sup>.

Przeprowadzone analizy regresji wpływu warunków hydrometeorologicznych na ładunki wymywane ze zlewni wykazała, że istotne statystycznie zależności (istotne na poziomie Pa=0,05 i Pa=0,10) uzyskano pomiędzy: półrocznymi ładunkami azotu azotanowego a parametrami odpływu, ładunkami azotu amonowego a współczynnikami odpływu i temperaturami powietrza oraz ładunkami fosforu reaktywnego a półrocznymi sumami opadów atmosferycznych.

Analiza regresji wielokrotnej wykazała, że statystycznie istotny związek występował pomiędzy półrocznymi ładunkami azotu azotanowego, a półrocznymi sumami opadów i współczynnikami odpływu.

## Wnioski

Ładunki związków biogenych wymywane ze zlewni rzeki Małej Wełny w latach 2000-2005 charakteryzowały się dużą zmiennością. Najwyższe były ładunki azotu azotanowego średnio 1,01 N-NO<sub>3</sub> kg·ha<sup>-1</sup>·rok<sup>-1</sup>, a najniższe azotu azotynowego 0,02 N-NO<sub>2</sub> kg·ha<sup>-1</sup>·rok<sup>-1</sup>. Przeprowadzone analizy statystyczne wykazały, że istotne statystycznie zależności występowały pomiędzy półrocznymi ładunkami azotu azotanowego a parametrami odpływu, ładunkami azotu amonowego a współczynnikami odpływu i temperaturami powietrza oraz ładunkami fosforu reaktywnego a półrocznymi sumami opadów atmosferycznych.

## Literatura

- Atlas Podziału Hydrograficznego Polski* cz. 1 i 2 pod kier. Czarneckiej H., Warszawa, 2005.
- DOJLIDO J., WOYCIECHOWSKA J. 2006. *Szacunkowa metoda bilansowania ładunków zanieczyszczeń w wodach małych zlewni rzecznych*. Gosp. Wod. nr 7: 282-285.
- KYLLMAR K., CARLSSON C., GUSTAWSON A., ULEN B., JOHNSON H. 2006. *Nutrient discharge from small agricultural catchments in Sweden. Charakterisation and trends*. Agriculture, Ecosystems and Environment 115: 15

---

Mariusz Sojka, Sadzide Murat-Błażejewska, Jolanta Kanclerz  
Katedra Melioracji, Kształtowania Środowiska i Geodezji,  
Akademia Rolnicza im. Augusta Cieszkowskiego w Poznaniu



Marek Soroko

## OCZYSZCZANIE ŚCIEKÓW Z MAŁYCH PRZETWÓRNI OWOCOWO-WARZYWNYCH W ZŁOŻACH GRUNTOWO-ROŚLINNYCH

### TREATMENT OF WASTEWATER FROM SMALL FRUIT AND VEGETABLE PROCESSING PLANT IN THE REED BED SYSTEMS

#### Wstęp

Ścieki z małych przetwórni owocowo-warzywnych charakteryzują się wielokrotnie większą zasobnością w substancję organiczną, a mniejszą w azot i fosfor niż ścieki bytowe. Badania przeprowadzone na gruntowo-roślinnej oczyszczalni przyzakładowej, a także na doświadczalnej oczyszczalni w skali półtechnicznej wykazały, że zastosowanie do ich unieszkodliwiania podtopionych i słabo natleniających się złóż z przepływem podpowierzchniowym poziomym daje efekty dalece niewystarczające w odniesieniu do obniżania ich BZT<sub>5</sub> i ChZT, nawet przy małym obciążeniu złóż ściekami [Soroko 2003]. Uzyskane wyniki stały się inspiracją do podjęcia badań nad skutecznością oczyszczania tych ścieków w złożach z przepływem pionowym, pracujących w warunkach nienasylenia i dzięki temu znacznie lepiej natlenianych. Celem badań było określenie skuteczności tych złóż zależnie od ich obciążenia substancją organiczną zawartą w ściekach oraz od rodzaju materiału użytego do budowy złóż. Testowano też wpływ kalibracji ścieków azotem na efektywność oczyszczania.

#### Omówienie wyników

Badania prowadzono w latach 2005 i 2006 na 4 złożach o jednakowej powierzchni 5 m<sup>2</sup> i głębokości 0,9 m. Trzy z nich były zbudowane z warstwy grubego piasku i 3 warstw żwiru o rosnącej z głębokością granulacji i powstały w 2004 roku. Czwarte złożo, zbudowane z warstw piasku grubego i średniego, powstało w roku 2002. Złoża porastała trzcina pospolita. Ścieki przywożono z małej przetwórni owocowo-warzywniej i magazynowano w zbiorniku, z którego były rozprowadzane równomiernie na powierzchnię złóż, dwa razy na dobę. Obciążenie hydrauliczne złóż ściekami zmieniano się w zakresie od 6 do 16 mm·d<sup>-1</sup>. Zakład, z którego przywożono ścieki, prowadził oszczędną gospodarkę wodną, co powodowało silne na ogół ich zanieczyszczenie substancją organiczną. Wyrażone w BZT<sub>5</sub> i ChZT wynosiło ono odpowiednio 3000–8000 g O<sub>2</sub>·m<sup>-3</sup> oraz 4000–13000 g O<sub>2</sub>·m<sup>-3</sup>. Stężenie Nog

osiągało  $15\text{--}35\text{ g}\cdot\text{m}^{-3}$ , a Pog od  $0,9$  do  $4,5\text{ g}\cdot\text{m}^{-3}$ . Zakres obciążeń złóż substancją organiczną wynosił dla złóż żwirowych od  $20$  do  $80\text{ g O}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{d}^{-1}$  ( $\text{BZT}_5$ ) i  $40\text{--}100\text{ g O}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{d}^{-1}$  (ChZT), a dla złoża piaskowego odpowiednio  $20\text{--}120$  oraz  $40\text{--}140\text{ g O}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{d}^{-1}$ . Próbkę ścieków i odptywów ze złóż pobierano do analiz co  $1\text{--}3$  tygodnie.

Złoże żwirowe wykazało się wystarczającą skutecznością usuwania substancji organicznej ze ścieków, przy obciążeniu go do około  $50\text{ g BZT}_5\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{d}^{-1}$  i  $70\text{ g ChZT}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{d}^{-1}$ . Kalibracja ścieków na innym złożu żwirowym, zmniejszająca stosunek  $\text{BZT}_5\text{:N}$  z paruset do około  $45$ , była korzystna dla rozwoju roślin oraz prawdopodobnie masy bakteryjnej i spowodowała, że dopuszczalne wskaźniki obciążeń wzrosły odpowiednio do około  $70$  i  $90\text{ g O}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{d}^{-1}$ . Lepszy wynik, pomimo niestosowania kalibracji, osiągnięto na złożu piaskowym, wcześniej zbudowanym i w pełni wpracowanym już przed rozpoczęciem badań. Uzyskano na nim zadawalające efekty przy obciążeniu dochodzącym do około  $90\text{ g BZT}_5\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{d}^{-1}$  i  $110\text{ g ChZT}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{d}^{-1}$ . Złoże to wykazało się też, w przeciwieństwie do złóż żwirowych, stabilnym i skutecznym działaniem w okresach dłuższych upałów, przy wysokiej ewapotranspiracji, sprzyjającej wzrostowi stężeń ścieków przepływających przez złoża.

Przedstawione wyniki dotyczą okresów, w których temperatura w złożach nie spadała poniżej około  $5^\circ\text{C}$ . Nieliczne wyniki z okresów niższych temperatur sugerują możliwość znacznego w tych warunkach spadku skuteczności złóż, szczególnie nie w pełni jeszcze wpracowanych złóż żwirowych. Konieczne wydaje się zastosowanie odpowiednio skutecznej osłony izolacyjnej nad powierzchnią złóż oraz instalacją rozprowadzającą ścieki lub nawet wprowadzenie tej instalacji, pod powierzchnię złóż.

## Wnioski

1. Z dotychczasowych badań wynika, że piaskowe złoża gruntowo-roślinne z przepływem pionowym wykazują się w okresie pozimowym dużą skutecznością i stabilnością w usuwaniu substancji organicznej z silnie nią zanieczyszczonych ścieków z małych przetwórnictw owocowo-warzywnych.
2. Można więc na razie rozważać ich zastosowanie szczególnie w tych zakładach, w których w okresie zimowym następuje znaczny spadek produkcji ścieków, a tym bardziej tam, gdzie produkcja obejmuje tylko okres letnio-jesienno, jak np w wytwórniach mrożonek.

## Literatura

SOROKO M., 2003. Oczyszczanie ścieków z małych przetwórnictw owocowo-warzywnych w oczyszczalniach hydrofitowych. Woda – Środowisko – Obszary Wiejskie. Tom 3, z. 2.: 119-128.

---

Marek Soroko

Institut Melioracji i Użytków Zielonych w Falentach, Dolnośląski Ośrodek Badawczy

Bohdan Stejskal

## **MOŻLIWOŚCI WYKORZYSTANIA OSADÓW ŚCIEKOWYCH Z OCZYSZCZALNI ŚCIEKÓW W CELU ZAPOBIEGANIA ZANIECZYSZCZENIU ŚRODOWISKA**

### **POSSIBILITIES OF WASTEWATER SLUDGE TREATMENT IN THE PREVENTIVE PRINCIPLE POINT OF VIEW**

#### **Wstęp**

W przeszłości w Republice Czeskiej wykorzystanie w rolnictwie osadów ściekowych z oczyszczalni ścieków było szeroko rozpowszechnione. Obecnie jako nawóz można stosować tylko takie osady, które spełniają warunki określone obowiązującymi przepisami. Przepisy te są jednak coraz ostrzejsze a wymagania dotyczące wykorzystania osadów w rolnictwie prowadzą do tego, że coraz mniej stosuje się ich do tego celu.

#### **Zagrożenia związane ze stosowaniem osadów ściekowych**

Narastająca chemikalizacja naszego codziennego życia (mydła, środki czystości itd.) powoli zaciera różnice w skali zanieczyszczenia komunalnych i przemysłowych wód odpadowych. Osady z miejskich oczyszczalni mogą być równie niebezpieczne jak osady z oczyszczalni ścieków przemysłowych. Osady ściekowe stanowią co prawda jedynie 2-3 % objętości oczyszczanych wód odpadowych, jednakże jest w nich skoncentrowane 80% zanieczyszczeń pierwotnie obecnych w ściekach.

Obecnie istnieje możliwość przetwarzania osadów ściekowych kilkoma różnymi sposobami technologicznymi. Ich wyszczególnienie i główne wady przedstawiono w tabeli 1.

Szwajcaria z pozycji kraju o najbardziej rozwiniętej gospodarce odpadowej w Europie, wykorzystuje sposoby przetwarzania osadów ściekowych z oczyszczalni wód odpadowych z minimalnym ryzykiem środowiskowym—osady ściekowe nie mogą być wykorzystywane do nawożenia w żadnej postaci i na żadnych użytkach. Najlepszą formą ich wykorzystania jest termiczne unieszkodliwianie.

Jakie są powody zakazu wykorzystania osadów ściekowych jako nawozów? Nawet jeżeli spełniają warunki określone obowiązującymi przepisami, istnieje szereg problemów, które są trudne do rozwiązania:

- transport metali ciężkich zawartych w osadach do ziemi ornej;
- osady są potencjalnym nośnikiem „mikrozanieczyszczeń“:
  - resztek lekarstw,
  - domieszek środków piorących i kosmetyków,
  - zanieczyszczenie wód powierzchniowych (komunikacja),
- wartość nawozowa osadów ściekowych jest relatywnie mała;

**Tabela 1.** Możliwości unieszkodliwiania osadów ściekowych z oczyszczalni ścieków.

Sposób unieszkodliwiania osadów	Negatywne okoliczności
Stabilizacja	konieczność zbadania odpowiedniej metody technologicznej wzrost masy i objętości niepewność długotrwałej stabilności
Spalanie	wysokie koszty inwestycyjne i eksploatacji powstawanie CO <sub>2</sub> i NO <sub>x</sub> emisja szeregu zanieczyszczeń (PCDD/F, PAH) powstawanie popiołu i popiołów lotnych
Składowanie	potencjalne infekcje potencjalna toksyczność emisja metanu
Biotechnologiczne przetwarzanie	większe koszty inwestycyjne relatywnie długi okres przetwarzania duża objętość anaerobowego osadu

- aprobaty nawożenia osadami ściekowymi stale maleje (strategia rolnictwa - „zerowe ryzyko“);
- zagrożenie przy wykorzystaniu osadów w rolnictwie ze względu na priony BSE;
- przy nawożeniu osadami ściekowymi zawsze istnieje pewne ryzyko (zasada zapobiegania i zasada ostrożności).

## Podsumowanie

Błędem byłoby odgórne zarządzanie o wyłącznie termicznym unieszkodliwianiu osadów ściekowych. Wyjątek mogłyby stanowić wiejskie „mini oczyszczalnie ścieków“ i szamba bezodpływowe. Takim samym błędem byłaby ocena poszczególnych technologii tylko z ekonomicznego punktu widzenia.

## Literatura

- DOBŠÁKOVÁ M., SPONAR J., 2003: Legislativní možnosti nakládání s kaly z čistíren odpadních vod. Odpady, ročník 13, číslo 2, s. 26. ISSN 1210-4922
- HYŽÍK J., 2006: Možná řešení kalového hospodářství. Effektivní Energetik, Galtür. ISBN 80-248-1063-8
- NESVADBA J., 1994: Tepelné zpracování čistírenských kalů, Inkoteka, Praha
- WERTHER J., OGADA, T., 1999: Sewage sludge combustion, Progress in Energy and Combustion Science, vol. 25, pp. 55-116.
- ZIMOVÁ M., MATĚJŮ L., 2002: Kaly z ČOV. Odpadové fórum, číslo 1. SZÚ Praha.

Ing. Bohdan Stejskal, Ph.D.  
Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně,  
Agronomická fakulta, Ústav aplikované a krajinné ekologie.

Maria Strzelczyk, Grzegorz Pęczkowski

## WARTOŚCI NIEKTÓRYCH WSKAŹNIKÓW JAKOŚCI WÓD GRUNTOWYCH NA OBIEKCIE ROLNICZEGO WYKORZYSTANIA GNOJOWICY

### THE VALUE OF SOME INDEXES OF GRAUNDWATER'S QUALITY ON THE AREA OF AGRICULTURAL SLURRY'S UTILIZATION

#### Wstęp

Gnojowica jest wartościowym nawozem organicznym o wysokiej zawartości składników pokarmowych w formach łatwo przyswajalnych dla roślin [1, 3]

Rolnicze wykorzystanie gnojowicy jest najbardziej uzasadnionym ekonomicznie i poprawnym z punktu widzenia ochrony środowiska sposobem jej zagospodarowania [2]. W wypadku nieprzestrzegania zasad, nieracjonalnej gospodarki, wykorzystaniu takiemu może towarzyszyć przenikanie składników gnojowicy do wód gruntowych i ich zanieczyszczenie, oraz pogorszenie właściwości fizycznych, chemicznych i biologicznych gleby [1, 4].

#### Materialy i metody

Badaniami objęto 16 ha gruntów ornych położonych na terenie gminy Lubsza (woj. Opolskie). Gleby obiektu w większości należą do piasków słabogliniastych zalegających na glinach lekkich i średnich. Rośliną uprawianą w roku 2006 była kukurydza. Wodę do badań pobierano w cyklu jednomiesięcznym, z piezometrów o średnicy 100 mm zainstalowanych na terenie obiektu. Równolegle w celu uzyskania tła dla uzyskanych wyników badań pobierano próbki wody z piezometru znajdującego się poza obszarem objętym nawożeniem. W próbach wody oznaczano stężenia mineralnych form azotu ( $\text{N-NH}_4$  i  $\text{N-NO}_3$ ), fosforu ogólnego (Pog), potasu ( $\text{K}^+$ ), oraz wskaźniki zanieczyszczeń organicznych (BZT<sub>5</sub> i ChZT), określano odczyn wody. Badania chemiczne wykonano wg powszechnie stosowanych metod w laboratorium wodno-ściekowym w IMUZ-DOB. Uzyskane wyniki badań chemicznych były analizowane i porównywane z wielkościami stężeń dopuszczalnych zawartych w przepisach prawnych.

#### Wyniki badań

Gnojowica użyta do nawożenia pod koniec roku 2005 w dawce  $33 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$  (3,3 mm) zawierała 5% suchej masy,  $4,85 \text{ g} \cdot \text{dm}^{-3}$  azotu ogólnego (w tym 66% azotu amonowego);  $2,37 \text{ g} \cdot \text{dm}^{-3}$  potasu i  $2,09 \text{ g} \cdot \text{dm}^{-3}$  fosforu. Głębokość zalegania wody gruntowej w okresie

badania wahała się w szerokich granicach: od 0,62 m do ok. 2,5 m. Wskaźniki zanieczyszczenia wody gruntowej na badanym obszarze były zróżnicowane. Wartości BZT<sub>5</sub> wynosiły od 0,3 do 10 mgO<sub>2</sub>·dm<sup>-3</sup>, a ChZT osiągało wartości od kilku do ok 75 mgO<sub>2</sub>·dm<sup>-3</sup>. Woda gruntowa na obiekcie charakteryzowała się znacznymi stężeniami azotu azotanowego, najczęściej odpowiadającymi IV klasie jakości wód podziemnych (2,8 do 46 mgN-NO<sub>3</sub>·dm<sup>-3</sup>), znacznie wyższymi od tych, które występowały w studziencie kontrolnej. Kolejną mineralną formą azotu badaną na obiekcie, był azot amonowy (N-NH<sub>4</sub>). Maksymalne stężenia tego związku na poziomie 4,0 i 3,0 mgN-NH<sub>4</sub>·dm<sup>-3</sup> znacznie przekroczyły dopuszczalne stężenie dla IV klasy. W pozostałym okresie były znacznie niższe i odpowiadały wartościom granicznym dla II-IV klasy czystości. Kolejnym biogennym składnikiem badanym na obiekcie w wodach gruntowych był fosfor Pog. Jego stężenia w okresie badawczym były niewysokie we wszystkich piezometrach. Stężenia potasu K<sup>+</sup> z reguły odpowiadały I i II klasie jakości wód podziemnych [5].

## Wnioski

1. W okresie badań woda gruntowa na obiekcie była zanieczyszczona związkami azotu N-NO<sub>3</sub> i N-NH<sub>4</sub> (do 46 mgN-NO<sub>3</sub>·dm<sup>-3</sup> i 4,0 mgN-NH<sub>4</sub>·dm<sup>-3</sup>).
2. Dawki fosforu dostarczone na pole okazały się bezpieczne dla wód gruntowych, pobierane przez rośliny i zatrzymywane w glebie nie spowodowały ponadnormatywnych stężeń tego wskaźnika i odpowiadały I i II klasie jakości wód podziemnych [5].

## Literatura

1. KUTERA J., 1994. Gospodarka gnojowicą. AR Wrocław.
2. KUTERA J. 1990, Rolnicze wykorzystanie gnojowicy- wytyczne. Materiały instruktażowe, 76, IMUZ, Falenty 1990
3. MAZUR T., MAĆKOWIAK CZ., 1978., Nawożenie gnojowicą. PWRiL Warszawa
4. PALUCH J., PARUCH A., PULIKOWSKI K., Przyrodnicze wykorzystanie ścieków i osadów. AR Wrocław.
5. Rozporządzenie Ministra Środowiska z 11 lutego 2004 r w sprawie klasyfikacji dla prezentowania stanu wód powierzchniowych i podziemnych, sposobu prowadzenia monitoringu oraz sposobu interpretacji wyników i prezentacji stanu tych wód.

---

Maria Strzelczyk  
Instytut Melioracji i Użytków Zielonych w Falentach - Dolnośląski Ośrodek Badawczy  
we Wrocławiu

Grzegorz Pęczkowski  
Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, Instytut Kształtowania i Ochrony środowiska

Zbigniew Wasąg

## OPTIMALIZACJA PROCESU OCZYSZCZANIA ŚCIEKÓW W OCZYSZCZALNI TYPU SBR

### OPTIMALIZATION OF PROCESS FOR SEWAGE TREATMENT IN TREATMENT PLANT SBR TYPE

#### Wstęp

Współczesne kierunki działań w zakresie oczyszczania wód i ścieków polegają na zwiększeniu stopnia usuwania zanieczyszczeń, zmniejszeniu zużycia energii oraz zwiększeniu niezawodności działania [WASAĞ 2001].

Optymalizacja procesu oczyszczania polegała w badanej oczyszczalni ścieków głównie na ustawieniu czasu faz. Ilość cykli oczyszczania w ciągu doby, ale przede wszystkim czas napowietrzania ma duże znaczenie ze względów technologicznych oraz ekonomicznych i dlatego bardzo ważną sprawą jest głównie zbadanie tej zależności.

W zastosowanej technologii oczyszczania ścieków bardzo ważnym czynnikiem jest również recyrkulacja wewnętrzna osadu czynnego. Pozwala ona dostarczyć odpowiednią ilość azotanów niezbędnych dla zachodzących procesów oczyszczania, jednak pod warunkiem nie przekroczenia w komorze rozdzielczej zawartości tlenu rozpuszczonego (ponad  $0,5 \text{ mgO}_2 \cdot \text{dm}^{-3}$ ), podawanego z osadem [STEC 2000].

#### Omówienie wyników

Badania wykonano w mechaniczno-biologicznej oczyszczalni ścieków, typu SBR (Sekwencyjny Biologiczny Reaktor) pracującej na zasadzie osadu czynnego w technologii  $A_2O$  o przepustowości  $365 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$ .

Dla cyklu I, w którym fazy wynosiły: napowietrzanie – 360 min, sedymentacja – 30 min, spust – 25 min, odnotowano dużą zawartość tlenu rozpuszczonego w komorze beztleniowej reaktora wielofunkcyjnego –  $9,2 \text{ mgO}_2 \cdot \text{dm}^{-3}$ . Dla cyklu II, w którym poszczególne fazy oczyszczania trwały: napowietrzanie – 150 min, sedymentacja – 250 min, spust – 10 min, zawartość tlenu rozpuszczonego wyniosła  $2,6 \text{ mgO}_2 \cdot \text{dm}^{-3}$ . W cyklu I, azot ogólny w ściekach po oczyszczalni został przekroczony o  $0,6 \text{ mgN}_{\text{og}} \cdot \text{dm}^{-3}$  ponad wartość dopuszczalną [ROZPORZĄDZENIE MOŚZNiL 1991], a po cyklu II jego zawartość wyniosła  $11,0 \text{ mgN}_{\text{og}} \cdot \text{dm}^{-3}$ . Długa faza sedymentacji – 250 min, może powodować, że w masie osadu czynnego wewnątrz kłaczka panują warunki beztlenowe i stąd przy stężeniu tlenu w cieczy rzędu  $1 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ , denitryfikacja zachodzi „symultanicznie”, czyli równolegle do nityfikacji [DY-

MACZEWSKI i in. 1997]. Okazało się, że długi okres napowietrzania wynoszący 360 min nie gwarantuje wysokich efektów oczyszczania. Długie napowietrzanie w cyklu, powyżej 60 % długości cyklu, było szkodliwe dla procesu denitryfikacji, co potwierdza DYMACZEWSKI i in. [1997]. Dużą różnicę odnotowano w zużyciu energii elektrycznej, która wyniosła  $53,2 \text{ kWh} \cdot \text{d}^{-1}$  (cykl I –  $127,4 \text{ kWh} \cdot \text{d}^{-1}$ , cykl II –  $74,2 \text{ kWh} \cdot \text{d}^{-1}$ ).

Przy badaniu wpływu ilości osadu recykulowanego na skuteczność oczyszczania ścieków stwierdzono, że średnia zawartość tlenu rozpuszczonego w komorze rozdzielczej reaktora wyniosła po 20 % recyrkulacji  $0,1 \text{ mgO}_2 \cdot \text{dm}^{-3}$ , natomiast po 40 % -  $0,4 \text{ mgO}_2 \cdot \text{dm}^{-3}$ . Średnia zawartość tlenu rozpuszczonego w komorze bezciśnieniowej reaktora wyniosła po 20 % recyrkulacji  $8,5 \text{ mgO}_2 \cdot \text{dm}^{-3}$  i była zbyt wysoka [DYMACZEWSKI i in. 1997], a po 40 % -  $4,1 \text{ mgO}_2 \cdot \text{dm}^{-3}$ . Zawartość azotu azotanowego, w ściekach po oczyszczalni, przy 20 i 40 % recyrkulacji, wyniosła odpowiednio 14,5 i 4,9  $\text{mgNO}_3 \cdot \text{dm}^{-3}$ . Odnotowano dla azotu amonowego i ogólnego niższe stężenie w ściekach po oczyszczalni przy 40 % recyrkulacji osadu czynnego.

## Wnioski

1. Optymalnym rozwiązaniem, gdzie również następuje znaczące zmniejszenie zużycia energii elektrycznej, jest cykl oczyszczania, w którym poszczególne fazy wynoszą: napowietrzanie – 150 min, sedymentacja – 250 min i spust – 10 min.
2. Otrzymane wyniki badań wskazują, że zwiększenie stopnia recyrkulacji osadu czynnego z 20 do 40 % poprawia skuteczność oczyszczania, ale dalszy wzrost recyrkulacji (powyżej 40 %) nie przyczyni się do zwiększenia efektu.

## Literatura

- DYMACZEWSKI Z., OLESZKIEWICZ J., SOZAŃSKI M. 1997. Poradnik eksploatatora oczyszczalni ścieków. Wyd. Polskie Stowarzyszenie Inżynierów i Techników Sanitarnych, Oddział w Poznaniu: 643 ss.
- ROZPORZĄDZENIE MOŚNiL 1991. *Rozporządzenie Ministra Ochrony Środowiska, Zasobów Naturalnych i Leśnictwa z dnia 5 listopada 1991 r. w sprawie klasyfikacji wód oraz warunków, jakim powinny odpowiadać ścieki odprowadzane do wód i ziemi.* Dz. U. Nr 116 poz. 503.
- STEC K. 2000. *Sprawozdanie z rozruchu oczyszczalni ścieków w Tereszpolu.* UG Tereszpol.
- WASĄG Z. 2001. *Wybrane problemy wiejskich oczyszczalni ścieków na przykładzie obiektu w Tereszpolu.* Zesz. Prob. Post. Nauk Rol. 475: 173-178.

---

Zbigniew Wasąg  
Agencja Restrukturyzacji i Modernizacji Rolnictwa



Zbigniew Wasąg

## CHEMICZNE USUWANIE FOSFORU W MECHANICZNO-BIOLOGICZNEJ OCZYSZCZALNI ŚCIEKÓW

### A CHEMICAL PHOSPHORUS REMOVAL IN MECHANICAL-BIOLOGICAL SEWAGE TREATMENT PLANT

#### Wstęp

W badanej mechaniczno-biologicznej oczyszczalni ścieków, typu SBR (Sekwencyjny Biologiczny Reaktor) pracującej na zasadzie osadu czynnego w technologii  $A_2O$  o przepustowości  $365 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$ , dodatkowo zastosowano trzeci stopień oczyszczania - chemiczne strącanie fosforu polegające na dodawaniu do ścieków preparatu PIX (41 % roztworu siarczanu żelazowego). Oczyszczanie ścieków konwencjonalnymi metodami osadu czynnego pozwala na usunięcie z układu średnio około 30 % związków fosforu [BARBUSIŃSKI, KOŚCIELNIAK 1995; HARTMANN 1996]. Dalszą intensyfikację można uzyskać stosując wysoko efektywne metody biologiczne lub chemiczne.

#### Omówienie wyników

W celu bardziej precyzyjnego zbadania wpływu siarczanu żelazowego na skuteczność oczyszczania, przeprowadzono także badania ścieków po oczyszczeniu biologicznym (po reaktorze). Analizy wykonano dla dwóch przypadków, w których stosowane dawki PIX wynosiły  $100 \text{ ml} \cdot \text{m}^{-3}$  oraz zwiększona  $150 \text{ ml} \cdot \text{m}^{-3}$ . Średnia zawartość fosforu ogólnego w ściekach po oczyszczeniu biologicznym w pierwszym przypadku wyniosła  $4,5 \text{ mgP}_{\text{og}} \cdot \text{dm}^{-3}$ , a w drugim  $5,3 \text{ mgP}_{\text{og}} \cdot \text{dm}^{-3}$ . Natomiast w ściekach po oczyszczalni, przy dawce  $100 \text{ ml} \cdot \text{m}^{-3}$  stężenie fosforu wyniosło  $3,4 \text{ mgP}_{\text{og}} \cdot \text{dm}^{-3}$ , a przy dawce  $150 \text{ ml} \cdot \text{m}^{-3}$  –  $2,3 \text{ mgP}_{\text{og}} \cdot \text{dm}^{-3}$ . Zapotrzebowanie na tlen ( $BZT_5$ ) w ściekach po oczyszczalni przy dawkach PIX równych  $100$  i  $150 \text{ ml} \cdot \text{m}^{-3}$ , kształtowało się odpowiednio na poziomie  $11,7$  i  $6,8 \text{ mgO}_2 \cdot \text{dm}^{-3}$  oraz dla  $ChZT_{Cr}$  –  $62,2$  i  $44,0 \text{ mgO}_2 \cdot \text{dm}^{-3}$ . Przy dawce PIX –  $100 \text{ ml} \cdot \text{m}^{-3}$ , odnotowano przekroczenie dopuszczalnej wartości [ROZPORZĄDZENIE MOŚZNiL 1991] stężenia azotu amonowego o  $4,2 \text{ mgN-NH}_4 \cdot \text{dm}^{-3}$ .

Stężenia poszczególnych wskaźników i składników zanieczyszczeń w ściekach po oczyszczalni, przy zwiększonej dawce PIX ( $150 \text{ ml} \cdot \text{m}^{-3}$ ), były niższe z wyjątkiem zawiesiny ogólnej. Na podstawie uzyskanych wyników badań należy stwierdzić, że przepływ mniejszej ilości ścieków od projektowanej, nie pozwala na pominięcie trzeciego stopnia oczysz-

czania. Dawka PIX 150 ml·m<sup>-3</sup>, niekorzystnie wpłynęła na stężenie zawiesin ogólnych w ściekach po oczyszczalni, które wzrosły z 11,5 na 18,2 mg·dm<sup>-3</sup>. Powodem tego mogło być uaktywnianie się zawiesiny, w zbiorniku ścieków po oczyszczalni, spowodowane dużą turbulencją cieczy ze stacji filtrów pośpiesznych, co stwierdzono w wyniku obserwacji. Z tego powodu należy okresowo oczyszczać z osadów, zbiornik ścieków po oczyszczalni, czego wcześniej nie przewidywano. Należy podkreślić, że po dawce PIX 100 ml·m<sup>-3</sup>, we wszystkich uzyskanych wynikach stwierdzono skuteczne usuwanie fosforu, natomiast po zwiększonej dawce 150 ml·m<sup>-3</sup> w dwóch analizach ścieków po oczyszczalni zawartość tego wskaźnika wzrasta z: 2,6 do 4,2 mg P<sub>og</sub>·dm<sup>-3</sup> i z 1,3 do 1,4 mg P<sub>og</sub>·dm<sup>-3</sup>. Dowodzi to, że nie zawsze zwiększona dawka środka chemicznego gwarantuje końcowy efekt zmniejszania zawartości fosforu. Należy zwrócić baczniejszą uwagę na procesy zachodzące podczas eksploatacji oczyszczalni, gdyż prawdopodobnie przyczyną tego było wtórne uwalnianie się fosforu w zbiorniku koagulacji spowodowane niekontrolowanym okresem zalegania osadu. Drugą przyczyną mogło być niedokładne płukanie filtrów pośpiesznych, przez co fosfor (podczas przepływu) ponownie uwalniał się do ścieków.

## Wnioski

1. Badania fizykochemiczne ścieków po oczyszczaniu biologicznym wykazały, że występują w nich duże stężenia związków biogenych. Należy sądzić, że przyczyną tego jest niewielka ilość doptywających ścieków z kanalizacji i dlatego trzeci stopień oczyszczania (chemiczne strącanie fosforu i filtry pośpieszne) powinien być stosowany.
2. Zastosowanie filtrów ze złożem żwirowym i piasku kwarcowego (jako trzeci stopień oczyszczania ścieków), przyczyniło się (poprzez turbulencję przepływu cieczy) do wzrostu zawartości tlenu rozpuszczonego w ściekach po oczyszczalni.
3. Okazało się, że istotnym elementem procesu oczyszczania, przy zastosowanej technologii, jest dokładne płukanie filtrów pośpiesznych, co zapobiegnie wtórnemu uwalnianiu się fosforu ogólnego do ścieków przepływających przez złoża.

## Literatura

- BARBUSIŃSKI K., KOŚCIELNIAK H. 1995. Strącanie fosforu ze ścieków miejskich koagulantem PIX. *GWiTS* 5: 167-171.
- HARTMANN L. 1996. *Biologiczne oczyszczanie ścieków*. Wyd. Instalator Polski, Warszawa: 207-227.
- ROZPORZĄDZENIE MOŚZNIŁ 1991. *Rozporządzenie Ministra Ochrony Środowiska, Zasobów Naturalnych i Leśnictwa z dnia 5 listopada 1991 r. w sprawie klasyfikacji wód oraz warunków, jakim powinny odpowiadać ścieki odprowadzane do wód i ziemi*. Dz. U. Nr 116 poz. 503.

**GOSPODARKA WODNA  
W ZLEWNI ROLNICZEJ I EKSPLOATACJA  
SYSTEMÓW MELIORACYJNYCH**



Mariusz Adynkiewicz-Piragas, Alicja Krzemińska

## **ZMIENNOŚĆ ODPLYWU W ZLEWNI ROLNICZEJ ANTROPOGENICZNIE PRZEKSZTAŁCONEJ**

### **RUNOFF VARIABILITY AT AGRICULTURE BASIN WITH ANTROPOGENIC IMPACT**

#### **Wstęp**

W badaniach zlewni rzecznych istotnym zagadnieniem wymagającym poznania jest odpływ. Badania odpływu są ważnym krokiem do poznania prawidłowości rządzących procesem obiegu wody w zlewniach rzecznych. Antropogeniczne oddziaływania szczególnie regulacja cieków i zabudowa hydrotechniczna wpływają znacząco na zmienność odpływu. Budowle hydrotechniczne piętrzą wody powierzchniowe przyczyniając się tym samym do poprawy stosunków powietrzno-wodnych terenów przyległych oraz zwiększenia możliwości retencyjnych rzeki i doliny [ADYNKIEWICZ-PIRAGAS 2002, BAJKOWSKI 1998]. Na skutek piętrzenia zwiększa się powierzchnia i głębokość wody w cieku oraz czas trwania przepływu, natomiast zmniejszeniu ulega przepływ i wahania zwierciadła wody a tym samym odpływ rzeczny.

Celem pracy jest ocena zmienności odpływu rzecznej w zlewni rolniczej na przykładzie rzeki Smortawy. Rzeka Smortawa jest rzeką, w której warunki naturalnego przepływu zostały zaburzone przez regulację koryta oraz następnie intensywną zabudowę hydrotechniczną dolnego odcinka rzeki.

Rzeka Smortawa jest przykładem rzeki nizinnej, w której przeważają grunty orne.. Smortawa jest prawobrzeżny dopływem Odry o długości 39 km. Zlewnia rzeki o powierzchni 445 km<sup>2</sup> charakteryzuje się małymi spadkami, średnio 1,31 ‰. Na dolnym odcinku Smortawy zlokalizowano szereg inwestycji hydrotechnicznych: jaz Hanna w km 5+050, stopień drewniany w km 8+030, stopień betonowy w km 9+058 i jaz stały betonowo-kamienny w km 9+676 [ADYNKIEWICZ-PIRAGAS, DRABIŃSKI 2001].

#### **Omówienie wyników**

Do oceny zmienności odpływu rzeki Smortawy wytypowano roku suchy (2003), przeciętny (2005) i wilgotny (2006). Przekrój pomiarowy zlokalizowany jest w km 7+105 i znajduje się pod okresowym piętrzeniem jazu Hanna w km 5+050. Roczny odpływ w przekroju pomiarowym w roku suchym wyniósł 27,56 mln m<sup>3</sup>, w roku normalnym 53,89 mln m<sup>3</sup>, a w roku wilgotnym 106,57 mln m<sup>3</sup>. W roku suchym miesięczne wartości odpływu wahały się od 0,24 mln m<sup>3</sup> w marcu do 8,02 mln m<sup>3</sup> w listopadzie, w roku normalnym od

1,54 mln m<sup>3</sup> w październiku do 8,21 mln m<sup>3</sup> w czerwcu. Natomiast w roku wilgotnym odpływy były znacznie większe i wahały się od 1,07 mln m<sup>3</sup> w listopadzie do 25,07 mln m<sup>3</sup> w czerwcu. W celu zobrazowania i oceny odpływu i zasobów wodnych obliczono również surowe bilanse wodne dla roku suchego, normalnego i wilgotnego. Odpływ powierzchniowy (H) wyrażony w mm w roku suchym wynosił 56 mm w roku normalnym 109 mm a w roku wilgotnym 214 mm. Minimalne odpływy występowały w marcu 2003 i październiku 2005, 2006, a maksymalne w listopadzie 2002 i 2004 oraz w styczniu 2006. Roczne wartości deficytu odpływu (P-H) wynosiły odpowiednio 386 mm w roku suchym, 405 mm w roku normalnym i 410 mm w roku wilgotnym.

## Wnioski

Roczny odpływ ze zlewni w przekroju km 7+105 Janików ( $A=404 \text{ km}^2$ ) w roku suchym 2003 był niższy aż o 50 % od roku normalnego, natomiast w roku wilgotnym 2006 o 100 % wyższy. Tak duże różnice wynikają głównie z sumy opadów w tych latach w roku 2003 opad wynosił 442 mm a w roku wilgotnym 624 mm. Z analizy miesięcznych wartości ze zlewni Smortawy w badanym przekroju wynika, że w okresach z maksymalnym piętrzeniem (127-126,5 m n.p.m.) maleje odpływ ze zlewni. Największe redukcje odpływu wystąpiły szczególnie w roku mokrym w lutym, kwietniu, lipcu i wrześniu 2006 r oraz w roku normalnym 2005 w lutym i lipcu oraz w lipcu 2003 r.

Rozkład czasowy składowych bilansu wodnego zmienia się dość znacznie. Najmniejsze sumy miesięczne opadu przypadają na miesiące zimowo-wiosenne (styczeń-marzec) oraz jesienne (wrzesień-październik), a największe na miesiące letnie (lipiec-sierpień). Odpływ natomiast, odwrotnie niż opad największy jest w listopadzie lub styczniu a najmniejszy jest w miesiącach letnio-jesiennych. Nieco inaczej jest w roku suchym 2003, kiedy to minimalny odpływ wystąpił w marcu.

## Literatura

- ADYNKIEWICZ-PIRAGAS M. 2002. Wpływ zmiennego piętrzenia na kształtowanie się odpływu ze zlewni Smortawy. Wiadomości IMGW, Tom XXV, z.4, 51-62.
- ADYNKIEWICZ-PIRAGAS M., DRABIŃSKI A. 2001 Wpływ inwestycji hydrotechnicznych na ekosystem rzeki Smortawy..Zeszyty Naukowe AR we Wrocławiu, Melioracja Nr 417, s. 9-29.
- BAJKOWSKI S. 1998. Wpływ budowli wodnych na warunki tlenowe w rzece. Przyrodnicze i techniczne problemy gospodarowania wodą dla zrównoważonego rozwoju obszarów wiejskich. Przegląd Naukowy SGGW, Warszawa, s. 145-152.

---

Mariusz Adynkiewicz-Piragas

Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej, oddział we Wrocławiu, Zakład Badań Regionalnych

Alicja Krzemińska

Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, Instytut Architektury Krajobrazu

Elżbieta Bondar-Nowakowska

## **WYKORZYSTANIE METODY DRZEWA ZDARZEŃ DO PODEJMOWANIA DECYZJI W WYKONAWSTWIE ROBÓT KONSERWACYJNYCH NA CIEKACH**

### **UTYLIZATION OF THE EVENT TREE TO TAKE A DECISION FOR EXECUTION OF MAINTENANCE WORK ON WATER COURSES**

#### **Wstęp**

Roboty konserwacyjne na ciekach tj. koszenie skarp i stref przybrzeżnych oraz odmulenie dna wraz z usunięciem roślinności dennej mogą być przyczyną niekorzystnych zmian ekologicznych w korycie cieku. Zmiany te objawiają się czasowym lub trwałym zmniejszeniem bioróżnorodności. Ryzyko wystąpienia tych zmian można ograniczyć, podejmując działania o charakterze przyrodniczym, technologicznym i organizacyjnym. Należą do nich:

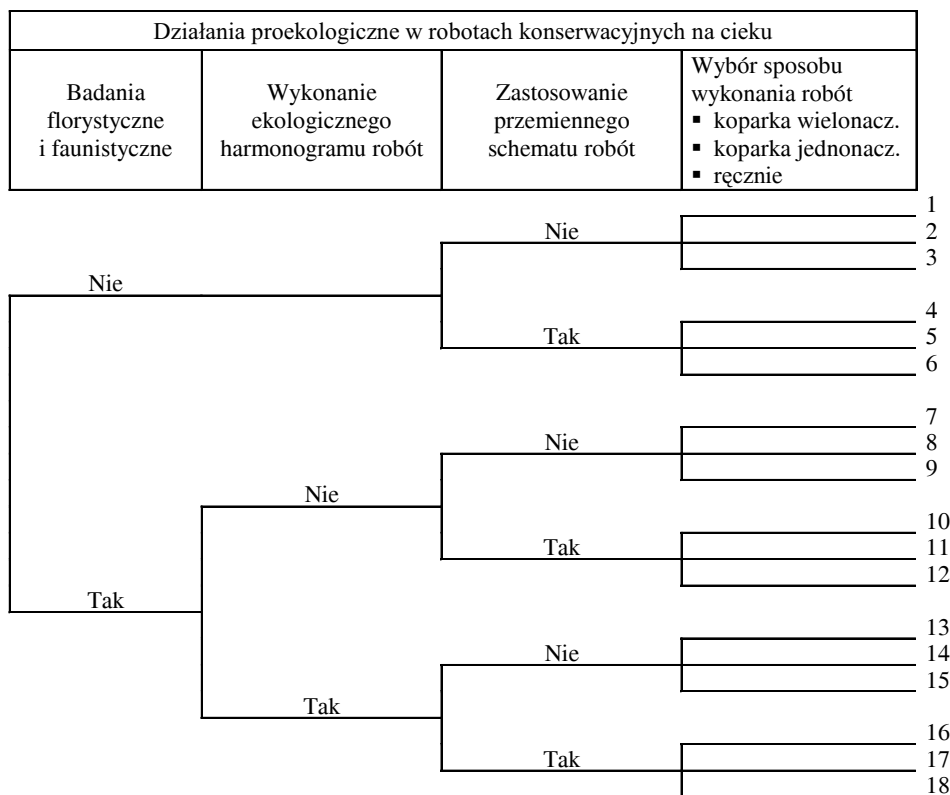
1. badania florystyczne i faunistyczne w korycie cieku,
2. sporządzenie ekologicznych harmonogramów robót, uwzględniających okresy ochronne organizmów występujących w korycie cieku,
3. zastosowanie schematów technologicznych zakładających przemienność robót,
4. przyjęcie odpowiedniej technologii robót.

Działania te, mogą wpłynąć na ograniczenie negatywnych skutków robót konserwacyjnych, ale też spowodować wzrost kosztów oraz wydłużenie czasu trwania. Czynniki te powinny być uwzględniane przy podejmowaniu decyzji o wykonaniu robót.

Celem pracy jest wykorzystanie metody drzewa zdarzeń jako narzędzia wspomagającego podejmowanie decyzji dotyczących wykonawstwa robót konserwacyjnych. Metoda ta pozwala na przedstawienie i ocenę wielu wariantów wykonania robót z uwzględnieniem różnych działań proekologicznych.

#### **Opis metody i wyników badań**

Konstrukcję drzewa uwzględniającego cztery wymienione działania, przedstawiono na rysunku 1. Jako pierwsze działanie, ograniczające negatywne skutki robót konserwacyjnych, przyjęto wykonanie badań florystycznych i faunistycznych. Wykonanie takich badań ma na celu dostarczenie informacji o składzie jakościowo-ilościowym zbiorowisk roślinnych i zwierzęcych, występujących w korycie cieku po to, aby móc zastosować skuteczne sposoby ochrony gatunków cennych i rzadkich. Badania te są również podstawą do następ-



**Rys. 1.** Konstrukcja drzewa uwzględniającego działania ograniczające negatywne skutki robót konserwacyjnych

nego kroku, a mianowicie sporządzenia harmonogramu robót z uwzględnieniem okresów ochronnych gatunków roślin i zwierząt, znajdujących się w korycie cieku.

Trzecie z kolei działanie wymaga podjęcia decyzji dotyczącej zastosowania schematu technologicznego. Może on zakładać konserwację cieku pełną jednorazowo na całej długości lub przemienną w cyklu wieloletnim.

Działanie czwarte wymaga wyboru sposobu wykonania robót. Występują tu 3 możliwości – sposób ręczny, mechaniczny z zastosowaniem koparko-odmularki jednonacyniowej o pracy cyklicznej oraz mechaniczny z zastosowaniem koparko-odmularki wielonacyniowej o działaniu ciągłym. Najkorzystniejszy, z punktu widzenia ekologicznego, jest sposób ręczny. Jednak nie w każdych warunkach jego zastosowanie jest technicznie i ekonomicznie uzasadnione. W przypadku robót konserwacyjnych, wykonywanych mechanicznie, bardziej przyjazne dla środowiska przyrodniczego koryta cieku jest zastosowanie maszyny o pracy cyklicznej.

Przeprowadzenie analizy z uwzględnieniem kolejnych działań, pozwala na określenie 18 zdarzeń wyjściowych, charakteryzujących stan koryta cieku, po wykonaniu robót kon-



serwacyjnych. Pierwsze zdarzenie wyjściowe przedstawia sytuację, w której wykonano roboty konserwacyjne z pominięciem badań florystycznych i faunistycznych oraz okresów ochronnych na całej powierzchni i długości koryta ciekę, z zastosowaniem maszyny o pracy ciągłej. Zdarzenie osiemnaste obrazuje sytuację przeciwną, gdy podjęto wszystkie kroki mające na celu ochronę środowiska przyrodniczego w korycie ciekę. Zdarzenia pośrednie reprezentują sytuacje, w których wykonano 1, 2, lub 3 działania chroniące przyrodę. W wyniku przeprowadzonych analiz określono hierarchię wszystkich pozostałych zdarzeń wyjściowych, uwzględniającą obok warunków ekologicznych również koszty i czas wykonania robót.

## **Literatura**

- BONDAR-NOWAKOWSKA E.: Oddziaływanie robót konserwacyjnych na florę i faunę koryt wybranych cieków nizinnych. Zeszyty Naukowe AR Wrocław 391. 2000 r.
- RAK J., TCHÓRZEWSKA –CIEŚLAK B.: Standaryzacja ilościowa w metodzie drzewa zdarzeń. Gaz, Woda i Technika sanitarna. Czerwiec 2006, 16-19.

---

Elżbieta Bondar-Nowakowska  
Instytut Kształtowania i Ochrony Środowiska,  
Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu

Elżbieta Bondar-Nowakowska

## **SYSTEMOWE ZARZĄDZANIE OCHRONĄ ŚRODOWISKA W ROBOTACH KONSERWACYJNYCH NA CIEKACH**

### **MANAGEMENT BY SYSTEM PROCEDURE IN MAINTENANCE WORK ON WATER COURSES**

#### **Wstęp**

Ochrona środowiska przyrodniczego w ciekach poddanych działaniom antropogenicznym wymaga podejścia systemowego. Wynika to zarówno z dużej liczby jak i złożoności zagadnień, między którymi istnieją liczne powiązania o zróżnicowanej sile oddziaływania. Każde badanie zjawisk zachodzących w tym systemie napotyka na trudności związane z ich złożonością. Dlatego też występujące tu problemy powinny być rozwiązywane kompleksowo we wzajemnym powiązaniu i współdziałaniu.

W literaturze naukowej i technicznej przedstawiane są różne definicje systemu. Najczęściej system określany jest „jako zbiór elementów i sprzężeń występujących między nimi, które razem określają właściwości rozpatrywanej całości”. Podejście systemowe ma na celu dostarczyć uczestnikom procesu pracy informacji o elementach systemu, które są potrzebne do rozwiązywania zadań występujących na poszczególnych etapach tego procesu. Aby je uzyskać należy dopasować do postawionego celu pojedyncze elementy analizowanego systemu, określić zależności między nimi i zapewnić ich współdziałanie. Zrozumienie działania takiego obiektu wymaga znalezienia oddziaływań dominujących w danym miejscu i czasie, przy równoczesnym pominięciu elementów i oddziaływań mało istotnych.

#### **Cel**

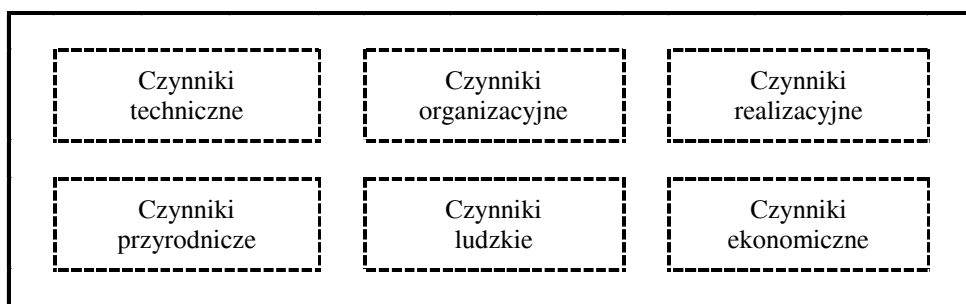
Celem pracy jest wyodrębnienie i usystematyzowanie elementów stanowiących system ochrony środowiska przyrodniczego w ciekach poddawanych robotom konserwacyjnym. Zastosowanie podejścia systemowego w tym przypadku daje możliwość przeprowadzenia oceny metod, sposobów organizowania oraz doskonalenia proekologicznych działań związanych z wykonawstwem robót.

#### **Metoda badań i wyniki**

Na rysunku 1 przedstawiono opracowany system ochrony środowiska w konserwowanych ciekach melioracyjnych. Składa się on z 6 podsystemów. W podsystemie obejmują-

cym czynniki realizacyjne dodatkowo wyodrębniono 4 podsystemy niższego rzędu. Uwzględniają one morfologię cieków, zagospodarowanie strefy przybrzeżnej, zakres robót konserwacyjnych oraz warunki wykonawstwa. Poszczególne podsystemy zawierają od 1 do 8 elementów o zróżnicowanym znaczeniu dla ochrony fauny i flory koryta cieków podczas wykonawstwa robót. Do oceny tego związku opracowano binarne macierze oddziaływań. Na ich podstawie sporządzono grafy sieciowe, które po uporządkowaniu pozwoliły na określenie rang poszczególnych podsystemów i ich elementów w analizowanym systemie.

Przedstawiona analiza pozwoliła stwierdzić, że ochrona środowiska w ciekach jest systemem złożonym i skomplikowanym, a największe znaczenie w tym systemie mają czynniki techniczne i ekonomiczne. Planując roboty konserwacyjne na ciekach w jednakowym stopniu zakresem analizy należy objąć etap przygotowanie prac, jednostki produkcyjne jak i okresy pomiędzy kolejnymi terminami wykonania robót.



Rys. 1. System kształtowania ochrony środowiska w robotach konserwacyjnych na ciekach

## Wniosek

Konsekwentne i metodyczne stosowanie podejścia systemowego pozwala na określenie istoty analizowanego problemu i wypracowanie właściwych rozwiązań - mimo dużej złożoności danego systemu.

## Literatura

- JAWORSKI K.M.(1999): Metodologia projektowania realizacji budowy. PWN Warszawa: 75-77.  
 BAGIŃSKI J. NOSOWSKI W. (2000): Model zintegrowanego systemu zarządzania jakością, środowiskiem, bezpieczeństwem pracy. Menedżer jakości. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej.  
 BONDAR-NOWAKOWSKA E. (2000): Oddziaływanie robót konserwacyjnych na florę i faunę koryt wybranych cieków nizinnych. Zeszyty Naukowe AR Wrocław 391.

Tadeusz Durkowski, Piotr Wesółowski

## **KSZTAŁTOWANIE SIĘ ODPLYWU WODY I ZANIECZYSZCZEŃ Z MAŁYCH ZLEWNI ROLNICZYCH**

### **FORMATION OF WATER AND SAVAGE FROM SMALL AGRICULTURAL CATCHMENTS**

#### **Wstęp**

Ocena stanu zanieczyszczenia wód powierzchniowych i ładunków składników chemicznych wynoszonych z małych zlewni rolniczych jest utrudniona z powodu ograniczenia pomiarów (stężeń i przepływów) przez instytucje monitorujące. W kształtowaniu składu chemicznego wód coraz większe znaczenie mają zanieczyszczenia punktowe, ścieki bytowo-gospodarcze szczególnie w rzekach o małych przepływach. Najwyższe stężenia składników biogennych obserwuje się w wodach małych rzek i cieków w zlewniach typowo rolniczych. Zmiana systemu gospodarki rolnej w latach dziewięćdziesiątych XX wieku tylko w minimalnym stopniu poprawiła złą sytuację na obszarach wiejskich z lat poprzednich. Obecnie pojawia się coraz większa ilość gospodarstw z intensywną produkcją roślinną oraz zwierzęcą. Należy, więc spodziewać się dalszych negatywnych skutków dla środowiska wodnego.

Celem badań była ocena zmian stężeń składników nawozowych w wodach dwóch małych nizinnych rzekach na tle zróżnicowanych odpływów w latach 2002-2005, w latach wzrostu produkcji rolniczej w rejonie Niziny Pyrzyckiej.

#### **Obiekt i metody badań**

Badania prowadzono w latach 1994-2005 w zlewni jeziora Miedwie m.in. na rzece Kanał Młyński (Sicina) i Gowienicy. Kanał Młyński jest lewobrzeżnym dopływem rzeki Płoni, posiada zlewnię o pow. około 88,3 km<sup>2</sup>. Średni przepływ (SSQ) wynosi 0,28 m<sup>3</sup>·s<sup>-1</sup>, w tym za okres zimowy 0,38 m<sup>3</sup>·s<sup>-1</sup> a za letni tylko 0,18 m<sup>3</sup>·s<sup>-1</sup>. W zlewni dominują użytki rolne (87%), z czego ponad 74% to grunty orne o wysokich klasach bonitacyjnych a tylko 13% to użytki zielone. Rzeka Gowienica to bezpośredni dopływ jeziora Miedwie, posiada zlewnię o pow. 63,65 km<sup>2</sup>. Średni przepływ (SSQ) wynosi 0,08 m<sup>3</sup>·s<sup>-1</sup>, w okresie zimowym 0,10 m<sup>3</sup>·s<sup>-1</sup> a w okresie letnim tylko 0,05 m<sup>3</sup>·s<sup>-1</sup>. W zlewni dominują gleby bardzo dobre i dobre (czarne ziemie pyrzyckie) stanowiące blisko 96% użytków rolnych, z czego na grunty orne przypada 86%, a na łąki i pastwiska tylko 10%.

## Omówienie wyników

Warunki klimatyczne a szczególnie niskie sumy opadów decydowały o odpływie wód powierzchniowych. W warunkach dominacji gleb ciężkich i średnich w badanych zlewniach dynamika odpływu w małym stopniu związana była z warunkami opadowymi szczególnie w okresie wegetacji. W wodach badanych rzek zaobserwowano duże zróżnicowanie stężeń badanych składników chemicznych. Okresowo notowane były wysokie stężenia szczególnie azotanów i fosforanów. W wodach Kanału Młyńskiego notowano wyższe stężenia potasu, azotu amonowego i fosforanów a w Gowienicy azotanów. Pomimo małych przepływów z wodami badanych rzek do Miedwia wprowadzane były znaczne ładunki składników nawozowych np. z wodami Gowienicy wpływało średnio rocznie 15,5 T azotanów, a z Kanału Młyńskiego około 64,4 T. Ładunek fosforanów wynoszony z wodami Gowienicy to 0,57 T a K. Młyńskiego 1,72 T.

## Wnioski

Wieloletnie badania w zlewniach małych rzek wykazały dużą zmienność przestrzenną i czasową przepływów oraz stężeń substancji nawozowych w wodach badanych rzek.

Z wodami rzek do Miedwia rocznie wprowadzane były znaczne ładunki składników nawozowych; 15,2 T azotanów z Gowienicy i 64,4 T z Kanału Młyńskiego. Ładunki fosforanów wahały się w granicach od 0,12 do 1,3 T dla Gowienicy i od 0,82 do 3,3 T dla Kanału Młyńskiego.

## Literatura

- DURKOWSKI T., WORONIECKI T. 2001. Jakość wód powierzchniowych obszarów wiejskich Pomorza Zachodniego. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 476, 365-371.
- DURKOWSKI T. 2004. Zmiany jakości wód głównych dopływów jeziora Miedwie. [W:] V Konferencja naukowo-techniczna Ochrona i rekultywacja jezior. Grudziądz, 15-24.
- KOC J. 1998. Wpływ intensywności użytkowania terenu na wielkość odpływu biogenów z obszarów rolniczych. Roczn. AR Poznań 307, Rol.52, 101-106.
- KOC J., SIDORUK M., 2005. Wpływ użytkowania zlewni na ładunek fosforu dopływający do jezior z wodami powierzchniowymi. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 505, 159-167

---

Tadeusz Durkowski  
Instytut Melioracji i Użytków Zielonych w Falentach,  
Zachodniopomorski Ośrodek Badawczy w Szczecinie  
Akademia Rolnicza w Szczecinie, Wydział Kształtowania Środowiska i Rolnictwa.

Piotr Wesołowski  
Instytut Melioracji i Użytków Zielonych w Falentach,  
Zachodniopomorski Ośrodek Badawczy w Szczecinie

Renata Gamrat, Róża Kochanowska, Urszula Arciuszkiewicz

## **RÓŻNORODNOŚĆ FLORY ROWÓW MELIORACYJNYCH W DOLINIE INY**

### **PLANT DIVERSITY OF THE DRAINAGE DITCHES IN THE INA RIVER VALLEY**

#### **Wstęp**

W latach 60. i 70. ubiegłego wieku był możliwy intensywny rozwój gospodarki łąkowej na skutek renowacji istniejących urządzeń wodno-melioracyjnych, bogatej sieci kanałów i rowów położonych w dolinach rzecznych m.in. i rzeki Iny. Używanie ciężkiego sprzętu mechanicznego przy pielęgnacji i zbiorze zielonej masy roślinnej z łąk, wymagało szybko odprowadzających wodę rowów melioracyjnych. Podstawowym warunkiem tego była bieżąca ich konserwacja, która nie stwarzała warunków do wytworzenia się jednolitych zbiorowisk roślinnych. Zaniechanie gospodarki łąkowej i brak konserwacji rowów w końcu XIX w., wpłynęły na wzrost różnorodności florystycznej rowów i przyległych obszarów. Po raz ostatni czyszczono jedynie niewielki odcinek kanału w 1997 roku. Celem badań było określenie aktualnego stanu flory i jej zróżnicowanie na terenie kanału Sowno oraz czterech rowów melioracyjnych.

#### **Omówienie wyników**

W latach 2000-2002 przeprowadzono badania florystyczne w dolinie rzeki Iny nad kanałem Sowno oraz odchodzących od niego czterech lewobrzeżnych rowach (między Stargardem Szczecińskim, a Goleniowem - woj. zachodniopomorskie). Analizą florystyczną objęto roślinność zielną i krzewiastą w następujących strefach: na dnie, skarpach i poboczach rowów. Cały obszar, o łącznej długości 1 450 m, podzielono na sześć odcinków: dwa na kanale (o wodzie płynącej oraz stagnującej), trzy na rowach o wodzie płytkiej i jeden bezwodny.

Na badanym obszarze stwierdzono występowanie 145 gatunków roślin naczyniowych, w tym pięciu drzew i ośmiu krzewów. Pod względem liczebności najbogatszy był obszar kanału (89 gatunków), w rowach melioracyjnych liczba gatunków była o połowę mniejsza (48). Najuboższy skład gatunkowy stwierdzono na terenie rowu bezwodnego (57 gatunków), najbogatszy w kanale o wodzie płynącej (79 gatunków). Biorąc pod uwagę poszczególne strefy najwięcej gatunków stwierdzono na poboczach (54 gatunki). Zróżnicowanie ilościowe gatunków na poszczególnych odcinkach przedstawia tabela 1.

**Tabela 1.** Liczebność gatunków na poszczególnych odcinkach badanego obiektu

Liczba odcinków	Liczba gatunków
6	27
5	5
4	16
3	22
2	37
1	33

Szate roślinną charakteryzowała znaczna mozaikowatość (27 zbiorowisk, w tym dziewięć nitrofilnych, osiem szuwarowych, siedem łąkowych, dwa wodne i jeden zaroślowy). Największą liczbę zbiorowisk stwierdzono na obszarze kanału (18 fitocenoz), najmniej w bezwodnym rowie (pięć). Na podstawie gatunków charakterystycznych można poszczególne zbiorowiska zaliczyć do siedmiu klas fitosocjologicznych: *Artemisietea*, *Epilobietea*, *Lemnetea*, *Molinio-Arrhenatheretea*, *Phragmitetea*, *Potametea* i *Salicetea*. W obrębie tych klas najczęściej występowały fitocenozy: z *Glyceria maxima*, *Lysimachia vulgaris-Filipendula ulmaria*, *Urtica dioica-Cirsium arvense*. Rzadziej spotykano m.in. z: *Calystegia sepium-Epilobium hirsutum*, *Phragmites australis*, *Urtica dioica*. Sporadyczne występowały fitocenozy np. z dominacją *Bryonia dioica*, *Deschampsia caespitosa* czy *Elodeum canadensis*.

## Wnioski

Zaniechanie gospodarki na łąkach oraz brak konserwacji rowów melioracyjnych spowodowały nieoczekiwane skutki. Niespodziewano się, że w tak nieustabilizowanych warunkach nastąpi wzrost różnorodności florystycznej. Na stosunkowo niewielkim obszarze stwierdzono 145 gatunków roślin naczyniowych. Morfologia kanału (strefa dna, skarp, poboczy) wpłynęła na dużą mozaikowatość zbiorowisk strefowo ułożonej roślinności. Dominowały zbiorowiska nitrofile oraz łąkowe charakterystyczne dla siedlisk wydeptywanych (10 fitocenoz), a nie wodne i szuwarowe jak należałoby przypuszczać.

## Literatura

- ZAŁUSKI T., KAMIŃSKA A. 1999. Rola rowów melioracyjnych jako refugium flory torfowiskowej na przykładzie kompleksu łąk w Koszelewkach. *Fol. Univ. Agricul. Stettin.* 197 *Agricult.* 75: 373–376.
- KIRYLUK A. 2005. Różnorodność gatunków i chemizm roślin w rowach melioracyjnych. *melioracyjnych. J. Elementol.* 10(2): 333-340.

Ireneusz Kajewski

## OCENA SKŁADNIKÓW BILANSU WODNEGO W SKALI REGIONALNEJ PRZY POMOCY MODELU WETSPASS<sup>1</sup>

### ASSESSMENT OF REGIONAL WATER BALANCE COMPONENTS WITH WETSPASS MODEL

#### Wstęp

Model WetSpass (Water and Energy Transfer between Soil, Plants and Atmosphere under quasi-Steady State), stworzony na Wydziale Hydrologii i Hydrauliki, Uniwersytetu w Brukseli (Batelaan, De Smedt, 2001) jest rozszerzeniem (extension) do programu ArcView GIS i stanowi nowoczesne, oparte o GIS narzędzie do oceny elementów bilansu wodnego w skali regionalnej (np. zlewni). Model wyznacza przestrzenny rozkład spływu powierzchniowego, ewapotranspiracji rzeczywistej oraz zasilania strefy saturacji (infiltracji efektywnej) dla półrocza letniego, zimowego oraz roku.

Dane wyjściowe do obliczeń stanowi 8 map numerycznych (rastrowych), przedstawiających: użytkowanie terenu, rodzaje gleb, głębokość położenia zwierciadła wód podziemnych, sumy opadów atmosferycznych, parowania wskaźnikowego, prędkości wiatru, temperatury oraz spadków powierzchni terenu.

#### Ocena składników bilansu wodnego dla zlewni Ciesielskiej Wody

Badania symulacyjne oceny elementów bilansu wodnego przeprowadzono dla danych dotyczących zlewni rzeki Ciesielska Woda k/ Oleśnicy, położonej w obrębie zlewni Wida-wy. W rezultacie przeprowadzonych obliczeń przy pomocy modelu WetSpass w środowisku ArcView uzyskano rastrowe mapy przestrzennej zmienności spływu powierzchniowego, parowania terenowego oraz natężenia infiltracji efektywnej (zasilania strefy aeracji) na terenie tej zlewni. Syntezę uzyskanych wyników, w postaci wartości średnich dla całej zlewni zestawiono w tabeli poniżej.

Korespondujące z podanymi wyżej wartościami infiltracji efektywnej wartości wskaźników infiltracji dla poszczególnych okresów (obliczone na podstawie wartości właściwych sum opadów z tabeli 1) są równe: półrocze zimowe – 34,4%, półrocze letnie – 12,4%. Średni roczny wskaźnik infiltracji efektywnej dla całej powierzchni zlewni jest równy 20,1%.

Według analiz Czamary (1998), przeprowadzonych w oparciu o uproszczoną metodę stosowaną w hydrogeologii całkowity średni odpływ ze zlewni wynosi  $141 \text{ mm} \cdot \text{rok}^{-1}$  przy czym odpływ powierzchniowy i podpowierzchniowy jest równy  $40 \text{ mm} \cdot \text{rok}^{-1}$ , natomiast odpływ podziemny wynosi  $101 \text{ mm} \cdot \text{rok}^{-1}$ .



**Tabela 1.** Średnia wartość składników bilansu wodnego dla zlewni Ciesielskiej Wody wyznaczona przy pomocy modelu WetSpass [mm].

	Półrocze zimowe	Półrocze letnie	Rok
Parowanie terenowe	117,8	283,6	401,4
Spływ powierzchniowy	2,2	13,5	15,7
Infiltracja efektywna	63	41,9	104,9
Opad	183	339	522

Porównując wyniki symulacji uzyskane z badań modelowych, z wynikami otrzymanymi na podstawie analizy pomiarów natężenia przepływu Czamara (1998) należy stwierdzić, że w zakresie zasilania infiltracyjnego uzyskano bardzo wysoką zgodność wartości obliczonej ( $104.9 \text{ mm} \cdot \text{rok}^{-1}$ ) z otrzymaną na podstawie pomiarów ( $101 \text{ mm} \cdot \text{rok}^{-1}$ ).

## Wnioski

Model WetSpass stanowi efektywne i wygodne w stosowaniu narzędzie do modelowania elementów bilansu wodnego w skali regionalnej. Model stanowi interesującą alternatywę dla tradycyjnych metod wyznaczania efektywnej infiltracji, opartych o tzw. wskaźniki infiltracji, uwzględniające przede wszystkim rodzaj gleby (Kowalski, 1998). Dzięki uwzględnieniu w modelu sposobu użytkowania terenu, czynników meteorologicznych oraz warunków wodno-gruntowych należy się spodziewać, że wartości natężenia infiltracji efektywnej (a także innych składników bilansu wodnego) zostaną oszacowane bardziej wiarygodnie.

Weryfikacja wyników obliczeń dla danych z terenu zlewni Ciesielskiej Wody przyniosła dobrą zgodność wyników symulacji przy pomocy modelu WetSpass z rezultatami analiz natężenia przepływu wody w korycie Ciesielskiej Wody, przeprowadzonymi przez Czamarę (1998).

## Literatura

- BATELAAN O., DE SMEDT, F., 2001. WetSpass: a flexible, GIS based, distributed recharge methodology for regional groundwater modelling. Gehrels, H., Peters, J., Hoehn, E., Jensen, K., Leibundgut, C., Griffioen, J., Webb, B. and Zaadnoordijk, W.-J. (Eds.). *Impact of Human Activity on Groundwater Dynamics*, IAHS Publ. No. 269, 2001, pp. 11-17.
- CZAMARA A., 1998. Oddziaływanie wybranych systemów melioracyjnych na zasoby wód gruntowych. *Zesz Nauk AR Wroc.* Nr 340.
- KOWALSKI J., 1998. *Hydrogeologia z podstawami geologii*. Wydawnictwo AR we Wrocławiu.

*Praca naukowa finansowana ze środków budżetowych na naukę w latach 2005 – 2006, projekt badawczy 2P06S 04228*

Jolanta Kanclerz, Sadżide Murat-Błażejewska, Mariusz Sojka

## ZMIENNOŚĆ PRZEPŁYWÓW MAŁEJ RZEKI NIZINNEJ W LATACH 1965-2005

### DISCHARGE VARIABILITY OF THE SMALL LOWLAND RIVER IN THE YEARS 1965-2005

#### Wstęp

Dla każdej części wód prowadzona jest identyfikacja jej stanu na podstawie baz danych monitoringowych o ilości i jakości zasobów wodnych. Czynniki mające wpływ na hydro-morfologiczny stan wód powierzchniowych można przedstawić w dwóch kategoriach [NACHLIK 2004]. W pierwszej kategorii związanej z przekształceniem reżimu hydrologicznego należałoby ustalić wielkość bezzwrotnych poborów wody, powodujących obniżenie natężenia przepływu, a także określić istotne zmiany w reżimie przepływu związane z regulacją przepływu. Natomiast w drugiej kategorii określić sztuczne zmiany w morfologii, wywołane przez użytkowanie obiektów hydrotechnicznych, regulację biegu rzeki i przez zabudowę i gospodarcze wykorzystanie terenów przybrzeżnych.

#### Omówienie wyników

W pracy przedstawiono zmienność przepływów małej rzeki nizinnej w latach 1965–2005. Badania prowadzone były w zlewni rzeki Małej Wełny do przekroju Kiszkowo położonej w środkowej części Niziny Wielkopolsko – Kujawskiej [KONDRACKI 2000]. Rzeka od źródeł do przekroju zamykającego badany obszar pokonuje 45,3 km, a średni spadek podłużny cieków wynosi 0,58‰. Dolina rzeki ma charakter rynny polodowcowej, gdzie spadki poprzeczne w górnej części są znaczne i wynoszą średnio około 25‰ przy czym lokalnie dochodzą do 80‰. Pozostały obszar to płaska lub falista wysoczyzna morenowa o spadkach od 5–30‰. Rzeka przepływa przez 8 jezior o sumarycznej powierzchni 392,8 ha, zaś całkowita powierzchnia wód stojących na badanym obszarze liczy 799,6 ha. W zlewni znajduje się kompleks stawów rybnych o powierzchni użytkowej wynoszącej 112 ha, zasilany wodami rzeki Małej Wełny.

W latach hydrologicznych 1965–1983 średnie roczne przepływy wynosiły od  $0,307 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  do  $2,297 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ , a średni przepływ z wielolecia  $SSQ = 0,853 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ . W półroczu zimowym średni przepływ z wielolecia wyniósł  $1,232 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  a w półroczu letnim  $0,509 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ .

Co ciekawe najwyższy i najniższy przepływ roczny wystąpił w latach suchych. Najniższy dobowy przepływ zaobserwowano w roku 1974 (przeciętnym pod względem ilości opa-

dów) wyniósł  $NNQ = 0,034 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ . Porównując okresy 1965–1983 i 2000–2005 stwierdzono, że średni roczny przepływ w przekroju Kiszkowo w ostatnim wieloleciu był o połowę niższy od poprzedniego i wyniósł  $0,454 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ . Najniższy przepływ Małej Wełny w przekroju Kiszkowo w latach 2000–2005 był 1,5 – krotnie niższy od niskiego z wielolecia 1965–1983 i wyniósł  $NNQ = 0,022 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  (2004), a najwyższy  $WWQ = 3,183 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  (2002) był sześciokrotnie niższy. Uzupełniający wskaźnik zaburzenia hydrologicznego wynikający z istotnych zmian w zagospodarowaniu zlewni części wód obliczono wg Nachlik (2004) wzorem  $|1 - (SSQ_{2000-05} / SSQ_{1965-83})|$  i wyniósł 46,7%.

W obydwu wieloleciach nie wykryto zależności pomiędzy rocznymi sumami opadów a średnimi przepływami. Na wielkość i rozkład natężenia przepływów duży wpływ miały jeziora, przez które przepływa rzeka. Analizy statystyczne wykazały, że w wieloleciu 1965–1983 obserwowano statystycznie istotny trend rosnący (istotny na poziomie  $\alpha = 0,05$ ) średnich rocznych przepływów. Pomiedzy roczną amplitudą natężenia przepływów a średnim rocznym przepływem istnieje zależność korelacyjna istotna na poziomie  $\alpha = 0,05$  i wraz ze wzrostem średniego rocznego przepływu wzrasta amplituda rocznych przepływów.

## Podsumowanie

Porównanie zasobów wodnych małej rzeki nizinnej wykazało, że średni roczny przepływ w wieloleciu 2000–2005 był dwukrotnie niższy od średniego rocznego przepływu w wieloleciu 1965–1983, a uzupełniający wskaźnik zaburzenia hydrologicznego wynikający z istotnych zmian w zagospodarowaniu zlewni części wód wyniósł 46,7%. Podobną zmienność przepływów obserwowano w zimowych i letnich półroczach hydrologicznych. Analiza statystyczna wykazała, że w wieloleciu 1965–1983 obserwowano statystycznie istotny trend rosnący średnich rocznych przepływów, a pomiędzy roczną amplitudą natężenia przepływów a średnim rocznym przepływem istnieje zależność korelacyjna i wraz ze wzrostem średniego rocznego przepływu wzrasta amplituda rocznych przepływów.

## Literatura

- KONDRACKI J. 2000. *Geografia regionalna Polski*. PWN, Warszawa.
- NACHLIK E. 2004. *Identyfikacja i ocena oddziaływań antropogenicznych na zasoby wodne dla wskazania części wód zagrożonych nieosiągnięciem celów środowiskowych*. Monografia, PK, Kraków.

---

Jolanta Kanclerz, Sadżide Murat-Błażejewska, Mariusz Sojka  
Katedra Melioracji, Kształtowania Środowiska i Geodezji,  
Akademia Rolnicza im. A. Cieszkowskiego w Poznaniu

Tomasz Kowalik, Włodzimierz Kanownik

## **ODPŁYWY WÓD Z ROLNICZYCH MIKROZLEWNI KARPAT ZACHODNICH**

### **WATERS OUTFLOW FROM AGRICULTURAL MICROCATCHMENTS IN KARPATY WEST**

#### **Wstęp**

Od szeregu lat w dorzeczach wielu rzek prowadzi się obserwacje nad przebiegiem zjawisk hydrologicznych. Materiał ten umożliwia dość dokładną analizę odpływów i ustalenie reguł ich występowania i zmienności. Bardzo mało danych posiadamy o odpływie wód z małych zlewni (mikrozlewni), gdzie wartości te są bardziej związane z bezpośrednimi elementami środowiska przyrodniczego oraz prowadzoną tam gospodarką. Poznanie reżimu odpływu wody z tych zlewni, położonych w różnych warunkach klimatycznych oraz glebowych, podlegających oddziaływaniom antropogennym, ma praktyczne znaczenie gospodarcze i ekologiczne.

Gromadzenie i gospodarowanie zasobami wodnymi u źródeł ich formowania się, jest również jednym z warunków podtrzymywania biotopów wodnych i zachowania różnorodności biologicznej na terenach wiejskich, a przez to podnoszenia ich walorów krajobrazowych, estetycznych i rekreacyjnych [MIODUSZEWSKI, 1996; MOSIEJ, SOMOROWSKI, 2001; RAJDA, KOWALIK, OSTROWSKI, 2001; KOWALIK, 2002].

Celem niniejszej publikacji jest analiza ustroju hydrologicznego i określenie wielkości odpływu wody z 6 mikrozlewni rolniczych w położonych w prowincjach Zewnętrznych i Centralnych Karpat Zachodnich różniących się niektórymi czynnikami fizjograficznymi.

#### **Omówienie wyników**

Obserwacje hydrologiczne prowadzono przez szereg lat w zlewniach: Gaj A i D (1991-1997) - położone we wschodniej części Pogorza Wielickiego, Rzyki B i G (1991-1998) we wschodniej części Beskidu Małego oraz Trybsz B i C (1992-1998) na Pogórze Spisko-Gubałowskim.

Warunki pluwiotermiczne okresu badawczego analizowano na tle wartości średnich z wielolecia 1951-70. Obliczenia prawdopodobieństwa występowania opadów rocznych i okresowych, przeprowadzone metodą decyli Dębskiego [BYCZKOWSKI 1972] wykazały, że lata kształtowały się od suchych do mokrych, natomiast cały okres badawczy zarówno na obiekcie Rzyki, jak i Trybsz miał charakter normalny, w Gaju średnio-suchy.

Wpływ opadów na wielkość odpływów jest oczywisty i bardzo wyraźny. W latach o wysokich sumach opadów rejestrowano zdecydowanie większe odpływy. Przykładem mogą tu być lata 1995/96 (opad 958 mm - odpływ 596 mm z mikrozwlewni B i 419 mm z G oraz opad 781 mm - odpływ 314 mm z mikrozwlewni A i 553 mm z D) i 1996/97 (opad 955 mm - odpływ 599 mm z B i 484 mm z G oraz opad 775 mm - odpływ 300 mm z A i 495 mm z D) na obiektach Rzyki i Gaj oraz 1995/96 (opad 992 mm - odpływ 558 mm z mikrozwlewni B i 512 mm z C) na obiekcie Trybsz. Ta reguła nie zawsze się potwierdza, gdyż niekiedy przy wysokich opadach obserwowano umiarkowane odpływy, jak na przykład w roku 1993/94 (Gaj A, D – opad 818 mm, odpływ odpowiednio 97 mm i 130 mm, Rzyki G – opad 984, odpływ 345 mm). Rozkład opadów w ciągu roku oraz wpływ innych czynników meteorologicznych oraz różne właściwości retencyjne tych mikrozwlewni mają wpływ na przebieg odpływu.

## Wnioski

Wyniki przeprowadzonych badań i obserwacji nad układem wodnym małych zwlewni, prowadzą do stwierdzenia, że kierowanie reżimem wodnym mikrozwlewni winno opierać się na właściwym stosowaniu zabiegów agro- i fitomelioracyjnych. Do skutecznych działań należałoby kontrolowanie przepływu poprzez wykorzystanie naturalnych lub sztucznych zbiorników w celu przechwytywania nadmiernego odpływu wody. Bardzo ważne znaczenie dla poprawienia bilansu wodnego mikrozwlewni posiada także zwiększenie retencyjności gleb co spowoduje przechwycenie znacznej części opadu i zmniejszenie odpływu powierzchniowego.

## Literatura

- BYCZKOWSKI A. 1972. *Hydrologiczne podstawy projektowania budowy wodno-melioracyjnych. Przepływy ekstremalne*. PWRiL, Warszawa.
- KOWALIK T. 2002. *Wskaźniki i współczynniki odpływu w dwu mikrozwlewniach rolniczych na terenie Beskidu Małego*. Acta Scientiarum Polonorum – Formatio Circumietus 1-2 (1-2): 85-94.
- MIODUSZEWSKI W. 1996. *Mała retencja a ochrona zasobów wodnych*. [W:] Mała retencja w kształtowaniu środowiska. Zesz. Nauk. AR we Wrocławiu, 289, Konferencje XI Wydział Melioracji i Inżynierii Środowiska: 127-134.
- MOSIEJ J., SOMOROWSKI CZ. 2001. *Aktualne problemy gospodarowania wodą w rolnictwie dla zrównoważonego i wielofunkcyjnego rozwoju obszarów wiejskich*. Wiad. Mel. I Łąk. 1: 2-7.
- RAJDA W., KOWALIK T., OSTROWSKI K. 2001. *Wskaźniki i współczynniki odpływu w dwu mikrozwlewniach rolniczych na Pogórzu Wielickim*. Zesz. Nauk. AR w Krakowie. 390, Inż. Środ., 22: 47–56.

Maria Mikołajczyk

## **WYBRANE ASPEKTY TECHNICZNO-EKSPLOATACYJNE PODSYSTEMU DYSTRYBUCJI WODY W PŁOŃSKU (WOJ. MAZOWIECKIE)**

### **SELECTED TECHNICAL-EXPLOITATION ASPECTS OF WATER DISTRIBUTION SUBSYSTEM IN PŁOŃSK, MAZOVIA**

Bardzo ważnym elementem analizy funkcjonowania systemu zaopatrzenia w wodę są badania awaryjności podsystemu dystrybucji wody. Zagadnienia te mają zasadnicze znaczenie z punktu widzenia prawidłowej eksploatacji całego systemu, pozwalają na wnioskowanie o stanie technicznym przewodów i uzbrojenia, a także umożliwiają planowanie remontów głównych sieci wodociągowej.

W pracy przedstawiono analizę awaryjności podsystemu dystrybucji wody w Płońsku (woj. mazowieckie) w latach 2003-2005.

Na koniec 2005 roku długość sieci wodociągowej wynosiła 76,05 km, z czego przewody magistralne – 2,65 km, przewody rozdzielcze – 44,0 km, a połączenia wodociągowe – 29,4 km. Na koniec 2005 roku wiek przewodów wodociągowych kształtował się następująco: przewody w wieku do 5 lat – 8 %, przewody w wieku od 6 do 10 lat – 15 %, przewody w wieku od 11 do 17 lat – 46 %, przewody w wieku od 18 do 24 lat – 26 %, przewody w wieku od 25 do 32 lat – 5 %.

Struktura materiałowa przewodów była w rozpatrywanym okresie następująca: przewody żeliwne – 41,6 %, przewody PVC – 25,4 %, przewody PE – 16,8 %, przewody stalowe – 15,9 %, przewody azbestocementowe – 0,3 %.

Podstawowym zadaniem dobrze funkcjonującej sieci wodociągowej jest zapewnienie niezawodnej dostawy wody do odbiorców. Każda awaria powoduje konsekwencje natury ekonomicznej, technicznej i społecznej. Analizę awaryjności podsystemu dystrybucji wody miasta Płońska w latach 2003-2005 przeprowadzono na podstawie dzienników awarii Miejskiego Przedsiębiorstwa Wodociągów i Kanalizacji. Badaniami objęto wyłącznie uszkodzenia przewodów wodociągowych. W rozpatrywanym okresie odnotowano ogółem 458 uszkodzeń przewodów, z czego w roku 2003 – 164 uszkodzenia, w roku 2004 – 150 uszkodzeń, a w roku 2005 – 144 uszkodzenia. Na podstawie informacji uzyskanych od eksploatatora sieci, przy analizie brano pod uwagę: przyczynę awarii, materiał przewodów, wiek przewodów oraz porę roku, w której wystąpiła awaria.

Najczęstszą przyczyną awarii wodociągowych były uszkodzenia mechaniczne – 168 uszkodzeń, uszkodzeń korozyjnych było 161, a uszkodzeń na złączach przewodów było 129. Najwięcej uszkodzeń w całym rozpatrywanym okresie wystąpiło na przewodach żeliwnych – było to 165 uszkodzeń, następnie na przewodach stalowych – 162 uszkodzenia.

Duża ilość awarii wystąpiła także na przewodach wykonanych z PE – 107 uszkodzeń. Najmniej awaryjne były przewody z PVC i azbestocementu. Po analizie dzienników awarii można stwierdzić, że ilość uszkodzeń w poszczególnych porach roku jest zbliżona i trudno jest ustalić wpływ warunków atmosferycznych na awaryjność przewodów w rozpatrywanej sieci. Rozpatrując uszkodzenia przewodów w poszczególnych przedziałach wiekowych, stwierdzono, że najbardziej awaryjne były przewody 18-24 letnie (150 uszkodzeń) i przewody 25-32 letnie (116 uszkodzeń). Najmniej uszkodzeń wystąpiło na przewodach najmłodszych (?5 lat) – 49 uszkodzeń w okresie 2003-2005.

Wskaźnikiem odpowiednim do oceny stanu technicznego przewodów wodociągowych jest wskaźnik jednostkowej częstości uszkodzeń  $C_L$  [ $a^{-1} \cdot km^{-1}$ ] [2]. Dla rozpatrywanej sieci jednostkowa częstość uszkodzeń przedstawiono w tabeli 1.

**Tabela 1.** Jednostkowa częstość uszkodzeń przewodów sieci wodociągowej m. Płońska w latach 2003-2005

Rodzaj przewodów	2003	2004	2005
Przewody magistralne	2,22	1,90	1,13
Przewody rozdzielcze	1,51	1,55	1,48
Połączenia wodociągowe	4,61	3,35	2,59
Ogółem	2,78	2,27	1,73

## Podsumowanie i wnioski

Rozpatrując dane o awariach wodociągowych w podsystemie dystrybucji wody miasta Płońska można stwierdzić, że wskaźniki jednostkowej częstości uszkodzeń znacznie przekraczają wartości zalecane w literaturze, czyli  $0,5$  [ $a^{-1} \cdot km^{-1}$ ] [1]. Świadczy to o złym stanie technicznym analizowanej sieci. Zauważyć jednakże należy, że wartość tego wskaźnika stopniowo ulega zmniejszeniu, co wskazuje na podejmowanie czynności naprawczych, racjonalne planowanie remontów i sprawniejsze zarządzanie siecią.

## Literatura

1. BŁASZCZYK P.: Eksploatacja wodociągów i kanalizacji [W]: Wodociągi i kanalizacja, Poradnik, Arkady, Warszawa, 1993
2. KWIETNIEWSKI M., ROMAN M., KŁOSS-TRĘBAKIEWICZ H.: Niezawodność wodociągów i kanalizacji, Arkady, Warszawa, 1993

---

Maria Mikołajczyk

Politechnika Warszawska, Wydział Budownictwa, Mechaniki i Petrochemii w Płocku

Krzysztof Nyc, Ryszard Pokładek

## SKUTECZNOŚĆ DZIAŁANIA REGULOWANEGO ODPIYU W OKRESACH SUSZY

### CONTROLLED RUNOFF EFFECTIVENESS IN PERIODS OF DRY WEATHER

Cechą klimatu polskiego jest m. in. zmienność warunków zasilania opadem atmosferycznym. Różne występują okresy pojawiania się suszy i różny bywa czas ich trwania. Problem też mogą stwarzać okresowe nadmiary opadów, a przy tym możliwości występowania powodzi.

Badania wpływu zjawisk hydrologicznych (również ekstremalnych) na gospodarkę wodną dolin małych zlewni rzecznych [1], prowadzone są od 1990r. w okolicach Wrocławia, w dolinie Odry i jej lewobrzeżnego dopływu rz. Bystrzycy na obiektach Miękinia i Samotwór. Eksperymentalne systemy melioracyjne gospodarowania wodą przez regulowanie odpływu, w Miękinii na powierzchni 720ha a w Samotworze 100ha, posiadają podobne warunki hydrogeologiczne. Wysokość opadów zasilających w/w obiekty charakteryzuje stacja IMGW Wrocław - Strachowice, a jego wartości średnie z okresu 50 lat (1950- 1999) przyjęto jako opad normalny, do którego odnoszone są wartości analizowanych lat 2000-2006 (tab. 1).

Na uwagę zasługują opady okresu wegetatywnego. Stanowią one przeciętnie 91% wartości opadu normalnego. Okres wegetacyjny 2000-2006 (za wyjątkiem umiarkowanie mokrego 2001 r.) można uznać za suchy i średnio suchy. W każdym z analizowanych 6 lat przynajmniej przez 3-4 miesiące (w 2004 r. 6 m-cy) opady okresu wegetacyjnego stanowiły mniej niż 50% (suchy) lub mniej niż 75% (średni suchy) opadu normalnego. Występowały też krótko terminowe okresy wysokich opadów (ok. 150-300% opadu normalnego). Wynosiły one: w 2000 r. 179% - w maju; w 2001 r. 208% - w lipcu i 196% - we wrześniu; w 2002 r. 159% - w sierpniu, w 2003 r. 183% - w maju; w 2005 r. 179% - w maju oraz w 2006 r. 337% - w sierpniu.

**Tabela 1.** Średnie wartości opadów na obiektach Samotwór i Miękinia

Okres	Jedn.	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X-III	IV-IX	I-XII
1950-1999	mm	38	58	73	88	68	47	190	372	562
2000-2006	mm	25	64	41	91	79	39	193	339	532
	%	66	110	56	103	116	83	102	91	95
2000	mm	11	104	22	124	35	31	215	327	533
2001	mm	32	45	56	183	58	92	158	466	638
2002	mm	27	28	40	63	108	50	155	316	504
2003	mm	15	106	22	72	25	31	160	270	417
2004	mm	21	39	44	66	33	26	221	229	475
2005	mm	26	104	32	105	66	22	203	355	563
2006	mm	46	21	68	23	229	21	210	408	622



Pomimo niekorzystnego rozkładu wysokości opadu, na systemie melioracyjnym z możliwością regulowania odpływu, udało się znacznie zwiększyć małą retencje wodną obiektu i znacząco zredukować niedobory wodne gleb w warunkach małych zmian poziomu wody gruntowej (w zasięgu oddziaływania piętrzeń). Obiekt Miękinia zasilany jest ze zlewni cieką podstawowego Zdrojek o ogólnej powierzchni 27 km<sup>2</sup>. Bilans wodny Zdrojka kontrolowany jest w dwóch przekrojach: górnym o pow. zlewni 22 km<sup>2</sup> i odległym o 3 km dolnym – o powierzchni zlewni 26 km<sup>2</sup>. Na obszarze 400 ha przyrostu powierzchni zlewni Zdrojka, 160 ha jest pod bezpośrednim wpływem oddziaływania urządzeń piętrzących.

Znacznie mniejszy obiekt Samowtór zasilany jest wyłącznie z zasobów retencji własnej. Odpływ nadmiaru wody występuje tu bardzo rzadko i przeważnie wczesną wiosną.

Do roku 1997 obiekty były eksploatowane w sposób zadawalający, a od 2003 r. ograniczono je wyłącznie do ważniejszych budowli melioracji podstawowych [2]. Pomiarzy przepływów w Zdrojku z lat 2003–2005 wskazują, że po zaprzestaniu jego konserwacji w 2003 r. przepustowość koryta cieką radykalnie uległa zmniejszeniu nawet do ok. 30% [tab. 2].

**Tabela 2.** Przepustowość cieką Zdrojek Q (l·sek<sup>-1</sup>) przy napełnieniu jego koryta h (cm)

Napełnienie h [cm]	Przepustowość koryta Q [l·sek <sup>-1</sup> ] w latach		
	2003	2004	2005
20	26	8	7
30	90	30	23
33	110 (Q max)	37	26
40	brak	85	52

## Wnioski

Badania prowadzone na obiektach z systemem gospodarowania wodą przez regulowanie odpływu, zlokalizowanych w dolinie Odry k. Wrocławia wykazały że:

1. Występowanie w okresie wegetacyjnym znacznej zmienności opadów powodowało niekorzystne skutki hydrologiczne objawiające się zróżnicowaniem przepływów w ciekach oraz wahaniami poziomu wód gruntowych i uwilgotnienia gleb.
2. Na obszarze objętym działaniem systemu regulowania odpływu znacząco zwiększyły się zretencjonowane w glebie zasoby wody dyspozycyjnej dla środowiska.

## Literatura

1. CIEPIEŁOWSKI A. (red.), 1995: Metodyka zagospodarowania zasobów wodnych w małych zlewniach rzecznych. Wydawnictwo SGGW Warszawa, ss 152.
2. NYC K. POKŁADEK R. ZACHARA M., 2003: wpływ eksploatacji obiektu Miękinia na jakość wód, Wiadomości Melioracyjne i Łąkarskie nr 2; 2003r. s 70-74.

Beata Olszewska

**ZAPASY WODY W MADACH ŚREDNICH  
W OKRESIE IV–IX 2006 R. W DOLINIE ODRY  
W REJONIE BRZEGU DOLNEGO**

**WATER RESERVES IN THE MEDIUM ALLUVIAL SOILS  
IN PERIOD IV-IX 2006 IN THE ODRA VALLEY  
IN THE BRZEG DOLNY REGION**

Dolina Odry, po wybudowaniu w 1958 r. stopnia wodnego w Brzegu Dolnym, została podzielona na dwie strefy o odmiennym oddziaływaniu stanów wody w rzece na warunki wodne w terenie przyległym. Powyżej budowli piętrzącej tereny doliny zasilane są wodami przesiąkowymi ze zbiornika, a poniżej stopnia dolina zostaje pod wpływem drenującego działania rzeki. Celem niniejszej pracy była ocena i porównanie gospodarki wodnej w 2006 roku w madach średnich zlokalizowanych w dolinie Odry poniżej i powyżej budowli w Brzegu Dolnym. Tak sformułowany cel obejmował ocenę kształtowania się wód gruntowych, stanów wody w Odrze, warunków meteorologicznych oraz zapasów wody w wybranych profilach glebowych przy różnych warunkach zasilania czynnej warstwy gleby.

Na analizowanym fragmencie doliny Odry wybrano dwa profile, oddalone od siebie o około 5 km, gdzie w comiesięcznych terminach okresu IV–IX 2006 r. prowadzono pomiary uwilgotnienia gleb metodą suszarkowo-wagową oraz obliczano sumy zapasów wody w warstwach 0-50, 0-100 i 0-150 cm. Wybrane profile zbudowane są w wierzchniej warstwie z utworów trudno przepuszczalnych do głębokości około 1,0 m (gliny średnie), podścielonych utworami przepuszczalnymi (piaski luźne i piaski słabogliniaste). Gęstość właściwa analizowanych gleb przyjmuje wartości od 2,51 do 2,66 g·cm<sup>-3</sup>, porowatość od 30,6 do 46,9 %. Obie odkrywki położone są na obszarach użytkowanych jako grunty orne – w okresie prowadzenia pomiarów uprawiano tam kukurydzę. Czynnikiem, który różnicował analizowane profile była głębokość zalegania wody gruntowej. W dolinie Odry, gdzie wody rzeki są spiętrzone, panują warunki naporowe i zwierciadło wody gruntowej jest stabilne. W trakcie prowadzenia pomiarów zwierciadło wód gruntowych znajdowało się tu na głębokości średnio w poszczególnych miesiącach od 0,5 do 1,2 m od powierzchni terenu. Wahania wód były niewielkie i zależały od stanów wody w Odrze. Można zatem tu mówić o złożonym sposobie zasilania wierzchnich warstw gleby - opady atmosferyczne i podsiąk z wód gruntowych. Natomiast w strefie poniżej budowli w Brzegu Dolnym zwierciadło wody gruntowej znajdowało się poniżej 1,5 m od powierzchni terenu. Rok hydrologiczny 2006 z sumą opadów 652 mm (dla posterunku w Brzegu Dolnym) został oceniony jako normalny. Opady półrocza letniego 396,1 mm stanowiły 61 % rocznej sumy opadów, okres

ten również uznano za normalny. W analizowanym okresie obserwowano niekorzystny rozkład opadów, w lipcu i we wrześniu zanotowano bardzo niskie sumy opadów 12,7 mm i 14,0 mm, natomiast w sierpniu miesięczna suma opadów wynosiła aż 210 mm.

W poszczególnych terminach okresu IV–IX 2006 r., dla odkrywki zlokalizowanej poniżej budowli piętrzącej, obliczone sumy zapasów wody, wykazywały znaczne zróżnicowanie. Wynosiły one dla warstwy 0-50 cm od 73 do 161 mm, Sumy zapasów dla warstw 0-100 i 0-150 cm charakteryzował jeszcze większy przedział zmienności. W metrowej warstwie zapasy wody wynosiły od 130 do 360 mm, a w półtorametrowej warstwie od 177 do 512 mm. Uwilgotnienie profilu odpowiadało wartościom wody łatwo dostępnej dla roślin oraz wody wolnej, a w lipcu i sierpniu wody trudno dostępnej dla roślin.

Profil glebowy, z doliny powyżej budowli piętrzącej, położony jest w pasie pomiędzy rowem przywałowym i kanałem odwadniającym. Dla tego profilu w okresie IV–IX 2006 r. obliczone sumy zapasów wody we wszystkich analizowanych warstwach charakteryzowały się niewielką zmiennością. W warstwie 0-50 cm obliczone zapasy wody znajdowały się w przedziale od 149 do 178 mm, w warstwie 0-100 cm od 308 do 350 mm, a w warstwie 0-150 cm od 468 do 510 mm. Uwilgotnienie profilu przez cały okres badawczy odpowiadało wartościom wody wolnej a często pełnej pojemności wodnej.

## **Podsumowanie i wnioski**

Gospodarka wodna mał średnich z doliny Odry poniżej stopnia wodnego w Brzegu Dolnym oparta jest głównie na retencjonowaniu wód opadowych i uzależniona od ilości i rozkładu opadów atmosferycznych. Gospodarka wodna gleb z doliny powyżej budowli piętrzącej zależy od zasilania opadami atmosferycznymi oraz wodami podsiąkowymi z wód gruntowych. Różnice wielkości zapasów wody w analizowanych glebach były głównie wynikiem dodatkowego zasilania gleby podsiąkiem z wód gruntowych.

## **Literatura**

- OLSZEWSKA B. (1998): Wpływ budowli piętrzącej na warunki wodne oraz wybrane elementy środowiska przyrodniczego w dolinie na przykładzie Odry w rejonie Brzegu Dolnego. Zesz. Nauk. AR we Wrocławiu, Inżynieria Środowiska X Nr 349, Wrocław.
- PŁYWACZYK L. (1997): Oddziaływanie spiętrzenia rzeki na dolinę na przykładzie Brzegu Dolnego. Zesz. Nauk. AR Wrocław Nr 311, Monografie XI, Wrocław.
- ŁYCZKO W., OLSZEWSKA B., PŁYWACZYK L. (2002): Dynamika uwilgotnienia mał w dolinie rzecznej w latach 1998-2000. Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie, t. 2, z. 2, IMUZ Falenty.

---

Beata Olszewska

Instytut Kształtowania i Ochrony Środowiska, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu

Beata Olszewska, Alicja Krzemińska

## JAKOŚĆ WÓD RZEKI JEZIORKI W LATACH 1995-2003

### THE JEZIORKA STREAM WATER QUALITY IN YEARS 1995-2003

#### Wstęp

Jeziorka jest ciekim utworzonym poprzez połączenie, w końcu XIX wieku, wszystkich zagłębień i opuszczonych przez Odrę korycisk. Tworzy ciąg doskonale zachowanych starorzeczy Odry o długości 36 km i powierzchni zlewni 101 km<sup>2</sup>. Jest prawostronnym dopływem Średzkiej Wody, która to uchodzi do Odry w rejonie Malczyc. Górna część zlewni Jeziorki (do przekroju Głoska) znajduje się w zasięgu oddziaływania wód Odry, spiętrzonych budowlą w Brzegu Dolnym. Dolna część (pomiędzy przekrojami Głoska i Brodno 1) przylega do Odry, w której stany kształtują się w warunkach naturalnych. Granicę topograficzną zlewni pomiędzy Jeziorką a Odrą wyznacza wał odrzański. Trasa Jeziorki biegnie równoległe do koryta Odry w odległości około 0,2–2,0 km. Swoim kształtem zlewnia przypomina wydłużony pas o długości 33 km i średniej szerokości 3,0 km. Tereny zlewni pod względem ukształtowania powierzchni są mało zróżnicowane. Zlewnia Jeziorki na całej długości położona jest w dolinie Odry. Przy wysokich stanach wód w rzece występuje infiltracja wód z Odry na tereny przyległe, a przy niskich stanach ruch wody jest odwrotny – z terenów doliny do Odry [Pływaczyk, 1997]. W niniejszej pracy przedstawiono wyniki badań składu chemicznego, jak i jakość wód rzeki Jeziorki w latach 1995-2003 (z uwzględnieniem powodzi z lipca 1997 roku), w dwóch przekrojach, które znajdują się pod różnym oddziaływaniem rzeki Odry – drenującym (Brodno 1) i infiltrującym (przekrój Głoska).

#### Wyniki badań

Chemiczne analizy laboratoryjne wody wykonane zostały w Laboratorium Wód i Ścieków IKiOŚ Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu i prowadzone były w oparciu o metody standardowe oraz Polskie Normy. Obejmowały następujące wskaźniki: temperaturę wody, odczyn, przewodnictwo elektrolityczne właściwe, tlen rozpuszczony, azot ogólny, amoniak, azotany, fosfor ogólny, magnez, mangan, wapń, żelazo ogólne, chlorki, siarczany. Podstawą do oceny jakości wód były ustalenia zawarte w Rozporządzeniu Ministra Środowiska z dnia 11 lutego 2004 r. [Rozporządzenie...2004], a oceny dokonano ze względu na wartość średnią roczną. Analizę statystyczną wykonano w oparciu o program Statistica 7. W tabeli 1 podano wybrane charakterystyczne wartości składu chemicznego wód Jeziorki w obu analizowanych przekrojach.

Badania jakości wód rzeki Jeziorki, prowadzone w latach 1995-2003, wykazały, że ze względu na zawartość manganu i żelaza ogólnego wody te zaliczono w całym okresie badawczym do wód złej jakości (V klasa). Zanieczyszczenie tych wód związkami żelaza i manganu spowodowane jest głównie specyficznymi warunkami hydrogeochemicznymi tego obszaru, jak również nadmiernym wymywaniem obu metali z gruntu, które są zainicjowane obniżeniem się zwierciadła wód gruntowych w wyniku obniżenia się dna koryta Odry. Po powodzi z 1997 roku zauważono wzrost stężeń tych metali w wodach Jeziorki. Istotnym wydaje się też fakt, że wyższe stężenia obu składników notowano w przekroju Brodno 1, który znajduje się w strefie drenującej Odry. Zawartości związków biogennych w obu przekrojach hydrochemicznych były porównywalne, przy czym po powodzi z 1997 roku stężenia azotu ogólnego, amoniaku, azotanów istotnie wzrosły w przekroju Brodno 1. Można to wiązać z pogorszeniem się możliwości samooczyszczania się wód Jeziorki poprzez obniżenie zawartości tlenu rozpuszczonego. Ze względu na wskaźniki zasolenia wody te zaklasyfikowano do klasy II – chlorki, klasy III - siarczany, klasy II - wapń i II klasy – przewodnictwo elektrolityczne właściwe. Ze względu na odczyn wody te zaklasyfikowano jako wody bardzo dobrej jakości.

**Tabela 1.** Charakterystyczne wartości składu chemicznego wód Jeziorki w przekrojach Głoska (G) i Brodno 1 (B)

Wskaźnik	Przekrój	Średnia	Mediana	Minimum	Maksimum	Odchylenie standardowe
pH	G	7,31	7,40	6,60	7,80	0,28
	B	6,84	6,90	5,80	7,80	0,56
Tlen rozpuszczony	G	6,81	6,80	3,00	12,10	2,45
	B	5,39	4,85	0,00	11,73	3,33
Azot ogólny	G	6,55	5,57	1,79	16,35	4,09
	B	9,03	8,30	2,01	16,35	3,92
Fosfor	G	0,31	0,20	0,05	2,50	0,48
	B	0,35	0,23	0,07	2,50	0,46
Żelazo	G	0,78	0,60	0,20	3,00	0,65
	B	7,72	2,40	0,15	97,20	18,27
Siarczany	G	121,23	123,45	83,10	188,80	26,87
	B	161,32	157,30	83,20	241,10	40,20

## Wnioski

Jakość wód rzeki Jeziorki determinowana jest warunkami geologiczno-glebowymi, użytkowaniem i sposobem zagospodarowania zlewni, lokalnych warunków zasilania powierzchniowego i gruntowego, jak również lokalizacją względem Odry (charakter Odry drenującej lub infiltrującej dolinę).

## Literatura

- PŁYWACZYK L. (1997): Oddziaływanie spiętrzenia rzeki na dolinę na przykładzie Brzegu Dolnego. Wyd. AR we Wrocławiu, Wrocław.
- Pr. zbiorowa (1997): Wpływ wieloletniej eksploatacji hydrotechnicznej budowli piętrzącej na ilościowe i jakościowe zmiany zasobów wód oraz wybrane elementy środowiska przyrodniczego w dolinie rzecznej. Raport końcowy projektu badawczego KBN nr – 5 P06H 004 08 maszynopis.
- Pr. zbiorowa (2004) : Oddziaływanie stanów wody w rzece na warunki wodne w przyległej dolinie. Raport końcowy projektu badawczego KBN nr 6 P06S 025 21 – maszynopis.
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 11 lutego 2004 r. w sprawie klasyfikacji dla prezentowania stanu wód powierzchniowych i podziemnych, sposobu prowadzenia monitoringu oraz sposobu interpretacji wyników i prezentacji stanu tych wód, Dz. U. Nr 32, poz. 284.

---

Beata Olszewska  
*Instytut Kształtowania i Ochrony Środowiska,  
Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu*

Alicja Krzemińska  
Instytut Architektury Krajobrazu,  
Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu

Wojciech Orzepowski, Grzegorz Pęczkowski,  
Anna Pływaczyk, Tomasz Kowalczyk

## ZMIENNOŚĆ ZAPASÓW WILGOCI GLEBOWEJ W PROFILACH CZARNYCH ZIEM

### CHANGEABILITY OF WATER RESERVES IN THE BLACK EARTH SOIL PROFILES

#### Wstęp

Woda retencjonowana w porach glebowych jest cennym zasobem z punktu widzenia potrzeb rolnictwa. W warunkach klimatycznych Polski opady atmosferyczne występujące latem, zazwyczaj nie wystarczają na pokrycie zapotrzebowania roślin uprawnych, a część wody wykorzystywanej przez nie pochodzi z zasobów zgromadzonych w profilu glebowym po okresie zimowym. Gromadzenie wody w małych zbiornikach i rowach zwiększa jej zasoby nie tylko w ich obrębie, ale również w terenach przyległych poprzez oddziaływanie na wody gruntowe [MIODUSZEWSKI, 1999, BYKOWSKI i in. 2004].

#### Omówienie wyników

W pracy przedstawiono elementy badań prowadzonych w latach hydrologicznych 2000/2001-2002/2003 na użytkach rolnych przylegających do małego zbiornika wodnego w Zybiszowie koło Wrocławia. Gleby występujące tutaj to żyzne czarne ziemie wytworzone z pyłów i glin pylastych, lokalnie podścielone utworami piaszczystymi. Na podstawie prawdopodobieństwa wystąpienia opadów rok hydrologiczny (XI-X) 2000/2001 scharakteryzowano jako mokry (644 mm), rok 2001/2002 jako normalny (577 mm), rok 2002/2003 jako suchy (488 mm), a okresy wegetacyjne (IV-IX) tych lat odpowiednio jako średnio mokry (466 mm), normalny (363 mm) i średnio suchy (295 mm).

Na podstawie cotygodniowych pomiarów uwilgotnienia, prowadzonych w okresach wegetacyjnych lat 2001-2003 przeanalizowano kształtowanie się zapasów wody zgromadzonych w 1-metrowej warstwie gleby w trzech profilach glebowych odległych od zbiornika o około 50 m (P1), o 130 m (P2) oraz o 310 m (P3). Profile te charakteryzowały się zróżnicowaną głębokością zalegania zwierciadła wody gruntowej, a w dolnych warstwach profilu P3 występowały utwory piaszczyste, wpływające na jego zdolności retencyjne. Średnie głębokości zalegania zwierciadła wody gruntowej w okresach wegetacyjnych zwiększały się w miarę oddalania się od zbiornika i wynosiły w odległości 50 m od 86 cm do 98 cm (profil P1), w odległości 130 m - 203-216 cm (profil P2), a w profilu oddalonym o 310 m

(P3) - 344-373 cm. Amplitudy wahań lustra wody w tym czasie nie były duże i wynosiły nie więcej niż 30-40 cm

Zapasy wody w jednometrowej warstwie gleby, gromadzone profilach P1 i P2 w okresach wiosennych dochodziły około 280 mm do 310 mm i były zwłaszcza w bliskim sąsiedztwie zbiornika (profil P1) zbliżone do zapasów odpowiadających połowej pojemności wodnej (PPW). W profilu P3 w odległości 310 m od zbiornika zapasy te z uwagi na właściwości gleby i głębokie położenie zwierciadła wody gruntowej były dużo niższe i wynosiły od 155 do 201 mm (co stanowiło 71-93 % zapasów przy PPW). W podczas średnio mokrego okresu wegetacyjnego w 2001 roku i normalnego w 2002 zapasy wody w profilu P1 utrzymywały się na podobnym zbliżonym do okresu wiosennego poziomie. W profilach P2 i P3 w początkowych miesiącach okresu wegetacyjnego następowało zmniejszanie się zapasów, wody, natomiast w drugiej jego części, wyczerpane zasoby zostały uzupełnione w efekcie intensywnych opadów jakie zanotowano w lecie 2001 i 2002. W średnio suchym okresie wegetacyjnym w 2003 roku zapasy wilgoci glebowej w kolejnych miesiącach sukcesywnie malały i we wrześniu w profilach P1 i P2 wynosiły 207 mm i 225 mm (74% i 71 % zapasów odpowiadających PPW), a w profilu P3 105 mm (49% PPW)

## Podsumowanie

Wielkość oraz zmienność zasobów retencji glebowej gromadzonej w badanych profilach glebowych podczas okresów wegetacyjnych lat 2001-2003 kształtowała się pod wpływem opadów atmosferycznych i ich rozkładu w poszczególnych miesiącach, położenia lustra wody gruntowej oraz warunków glebowych. Podczas średnio mokrego oraz normalnego okresu wegetacyjnego rośliny uprawne miały zapewnione korzystne warunki wilgotnościowe w glebie, niezbędne dla prawidłowego rozwoju i uzyskania dobrego plonowania. Pomimo znacznego wyczerpywania się zasobów retencji glebowej, obserwowanego w drugiej części średnio suchego okresu wegetacyjnego, zwłaszcza w profilach położonych w większej odległości od zbiornika, w glebie pozostały rezerwy wilgoci większe od absolutnych minimów i nie obserwowano trwałego wędnięcia roślin.

## Literatura

- MIODUSZEWSKI W., 1999. Ochrona i kształtowanie zasobów wodnych w krajobrazie rolniczym. Wyd. IMUZ, Falenty: 76-85.
- BYKOWSKI J., SZAFRAŃSKI CZ., FIEDLER M., 2004. Dynamika uwilgotnienia czarnych ziem w warunkach piętrzenia wody w rowie melioracyjnym. Roczn. AR w Poznaniu 357, Melior. i Inż. Środ. 25: 29-34.

---

Wojciech Orzepowski, Grzegorz Pęczkowski, Anna Pływaczyk,  
Tomasz Kowalczyk  
Instytut Kształtowania i Ochrony Środowiska, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu



Krzysztof Ostrowski, Agnieszka Policht,  
Włodzimierz Rajda, Andrzej Bogdał

## **ZMIANY PRZEWODNOŚCI ELEKTROLITYCZNEJ I STĘŻEŃ BIOGENÓW W WODZIE Z BIEGIEM CIEKU ODWADNIAJĄCEGO MAŁĄ ZLEWNIĘ ROLNICZĄ**

### **CHANGES OF ELECTROLYTIC CONDUCTANCE AND BIOGENIC ELEMENT CONCENTRATIONS IN WATER ALONG THE WATERCOURSE DRAINING A SMALL AGRICULTURAL CATCHMENT**

#### **Wstęp**

Gospodarka hodowlana, zwłaszcza przy dużej koncentracji, stanowi znaczne obciążenie środowiska. Odchody zwierząt, zależnie od technologii chowu (ściółkowe lub bezściółkowe) mają różne właściwości fizyko-chemiczne i biologiczne. Stosowane jako nawozy działają niejednakowo na środowisko wodne [TRYBAŁA 1996]. Skażenie wód powierzchniowych odchodami zwierząt powoduje zakłócenie równowagi biologicznej, przejawiającej się rozwojem biomasy. W wodach tych oprócz deficytu tlenu może wystąpić również toksyczne działanie amoniaku, który ulatniając się wraca z opadem na powierzchnię ziemi i zanieczyszcza wody oraz zakwasza ekosystemy [KUKUREND 1984, SAPEK 1998].

Woda posiada naturalną zdolność samooczyszczania, tj. rozkładania zanieczyszczeń w niej występujących. Sprawność tego procesu zależy od wielu czynników, z których najważniejszymi są ilość dostępnego tlenu oraz rodzaj i stężenie zanieczyszczeń [BAJKIEWICZ-GRABOWSKA, MIKULSKI 1996]. Samooczyszczanie dotyczy głównie rzek, z uwagi na intensywną wymianę wody oraz lepsze jej natlenienie. Proces ten przebiega najlepiej w ciekach o szybkim ruchu wody zapewniającym jej natlenianie [ALLAN 1998].

Celem pracy jest ocena zmian przewodności elektrolitycznej i stężeń biogenów w wodzie cieków małej zlewni o rolniczo-hodowlanym i osadniczym użytkowaniu w zależności od oddalenia względem źródła jej zanieczyszczenia.

#### **Omówienie wyników**

Badania wykonano w cieku odwadniającym małą zlewnię rolniczą „Wronowiec”, należącą do zlewni rzeki Wieprzówki, lewobrzeżnego dopływu Skawy. Oznaczenia zawartości wybranych cech fizyko-chemicznych wykonano w próbkach wody pobranych w 10 terminach w okresie 2 lat z 10 punktów, rozmieszczonych wzdłuż cieków na długości około 1,5

km. Punkty poboru wody usytuowano w miejscach prawdopodobnych źródeł zanieczyszczeń, jak również na odcinku około 1,0 km wzdłuż biegu cieką poniżej miejsc zanieczyszczenia. W terenie oznaczono przewodność elektrolityczną, a w laboratorium zawartości składników biogennych:  $K^+$ ,  $PO_4^{3-}$ ,  $NH_4^+$ ,  $NO_3^-$ ,  $NO_2^-$ . Oznaczenia laboratoryjne wykonano metodami standardowymi. Wyniki badań wykazały, że fosforany i amoniak najsilniej wpływały na pogorszenie jakości wody, a stężenia azotanów we wszystkich terminach badań, nie pozwalały zaliczyć wody do pierwszej, a nawet drugiej klasy czystości. Natomiast wartości przewodności elektrolitycznej i stężenia azotanów w zdecydowanej większości przypadków kwalifikowały wodę do II klasy czystości.

## Wnioski

1. Zawartości badanych cech fizyko-chemicznych w wodzie cieką zlewni Wronowiec wskazują, że jest on silnie zanieczyszczony. Wszystkie składniki pogarszały jakość wody, jednakże najbardziej niekorzystny wpływ wywierały stężenia fosforanów i amoniaku.
2. Dopływy czystszych wód z cieków bocznych, poprzez rozcieńczenie stężeń badanych składników, znacznie poprawiają jakość wody w cieką głównym.
3. Rozkład wartości badanych cech pozwala wydzielić w górnym biegu cieką zlewni Wronowiec strefę silniejszego zanieczyszczenia, powstałą na skutek wycieku gnojowicy z fermę bydła, a w dolnej jego części strefę stopniowego oczyszczania się wody.
4. Różnica stężeń badanych składników pomiędzy górnym odcinkiem cieką, a jego odcinkiem końcowym świadczy o zachodzącym procesie samooczyszczania i wskazuje, że woda posiada naturalną zdolność samooczyszczania w małych ciekach o stosunkowo łagodnym przepływie.

## Literatura

- ALLAN J. D. 1998. Ekologia wód płynących, PWN, W-wa.  
BAJKIEWICZ-GRABOWSKA E., MIKULSKI Z. 1996. Hydrologia ogólna. PWN, W-wa.  
KUKUREND H. 1984. Skład chemiczny wód glebowych, gruntowych i powierzchniowych w warunkach intensywnej produkcji rolniczej. IMUZ, Sympozjum naukowe, Falenty-Puławy.  
SAPEK B. 1998. Rolnictwo Polskie i Ochrona jakości wody. Zesz. eduk. IMUZ, Falenty.  
TRYBAŁA M. 1996. Gospodarka wodna w rolnictwie. PWRiL, W-wa.

---

Krzysztof Ostrowski, Agnieszka Policht, Włodzimierz Rajda, Andrzej Bogdał  
Katedra Melioracji i Kształtowania Środowiska, Akademia Rolnicza w Krakowie

Grzegorz Pęczkowski, Wojciech Orzepowski, Tomasz Kowalczyk

## **STRUKTURA ZLEWNI EKSPERYMENTALNEJ DLA POTRZEB MODELOWANIA ZASOBÓW WODNYCH**

### **THE STRUCTURE OF AN EXPERIMENTAL RIVER BASIN FOR WATER RESOURCES MODELLING NEEDS**

#### **Wstęp**

Modelowanie matematyczne stosowane do opisu zjawisk zachodzących w zlewni wymaga do ich właściwego opracowania zaprojektowania wyposażenia obiektu badań we właściwą aparaturę pomiarową. Projekt wyposażenia zlewni w urządzenia pomiarowe powinien poprzedzać koncepcję budowy modelu. Jednym z najistotniejszych jest jego identyfikacja i parametryzacja jako oszacowanie parametrów funkcji operatorów (funkcji wejściowej), odbywa się ono w głównej mierze na podstawie pomiarów zmierzonych czynników środowiskowych oraz na znajomości stałych charakterystyk. Zarówno dokładność pomiarów zmiennych – jako czynników hydrometeorologicznych jak i pomiar w czasie rzeczywistym ma znaczący wpływ na jakość modelu. Celem pracy była charakterystyka zagadnień monitoringu w zlewni górskiej położonej w Sudetach Środkowych, oraz omówienie kluczowych elementów warunkujących parametryzację obiektu.

#### **Material i metody badań**

Rejon obiektu badań położony jest na pograniczu Pogórza Bolkowski-Wałbrzyskiego i Gór Wałbrzyskich [KONDRACKI 1994] Obiekt badawczy stanowią grunty orne w Starzych Bogaczowicach położone na wysokości 430-470 m n.p.m. Gleby obiektu leżą na zboczu o spadkach od 5,0 do 9,2%. Całkowita powierzchnia zlewni eksperymentalnej to około 20 ha, na które składa się 10 działów drenarskich z drenowaniem systematycznym. Na obiekcie występują gleby biellicowe [KUŹNICKI 1989], najczęściej o składzie granulometrycznym glin ciężkich i średnich. W ramach projektu badawczego PO6S06326 – nt Modelowanie zasobów wodnych w zlewni górskiej obiekt doświadczalny wyposażono w aparaturę pomiarowo-rejestrującą zdarzenia hydrometeorologiczne. Pomiary prowadzone są pod kątem budowy modelu bilansowania zasobów w omawianej zlewni. W bliskim sąsiedztwie obiektu zainstalowano autonomiczną stację wyposażoną w urządzenia do pomiaru zdarzeń meteorologicznych. System wyposażono w niezależne źródło zasilania, obejmuje on m.in. pomiar opadu, temperatury i wilgotności powietrza z dokładnością odpowiednio 0,1<sup>0</sup>C i 1%, oraz ciśnienia, prędkości i kierunku wiatru, o progno zadziałania wiatromierza 0,3 m×s<sup>-1</sup>.

Dodatkowo stacja wyposażona jest w czujnik promieniowania słonecznego Kipp & Zonen SP LITE, do pomiarów promieniowania w zakresie  $0-2000 \text{ W} \times \text{m}^{-2}$  i czułości  $100 \text{ mV} \times \text{W} \times \text{m}^{-2}$ .

Bezpośrednio na obiekcie zainstalowano aparaturę kontrolno pomiarową a w szczególności w działach drenarskich studzienki piezometryczne do kontroli poziomu wody gruntowej, w kilku z nich zainstalowano sondy hydrostatyczne do ciągłego pomiaru poziomu, metoda ta oparta jest o pomiar ciśnienia wywieranego przez słup cieczy na membranę przetwornika. Na wylotach drenarskich zainstalowano urządzenia do pomiaru ciągłego. Elementem pomiarowym jest korytko wywrotne, z którego impuls przekazywany jest na urządzenie rejestrujące – rejestrator firmy HOBO U11-001. Pomiaru uwilgotnienia profilu glebowego w działach drenarskich prowadzono przy pomocy urządzenia TDR. Sondy pomiarowe umieszczono na stałe na kilku poziomach. W badaniach eksperymentalnych mających na celu szczegółowe poznanie opisu poszczególnych procesów hydrologicznych należy zwrócić uwagę na parametry występujące w opisie fizyczno-matematycznym i ich właściwe rozpoznanie (cechy fizjograficzne zlewni, geometria profilu glebowego) oraz dokładność pomiarów czynników hydrometeorologicznych. Dla opisu modelu określono składowe tych elementów, w szczególności profil glebowy - skład granulometryczny, parametry retencyjności i przewodności oraz górny i dolny warunek brzegowy. W badaniach modelowych do rozwiązania podstawowego równania różniczkowego przepływu – Richards'a (1) wykorzystano analityczny opis krzywej desorpcji (2) [KOWALIK 2001].

$$C(h) \frac{\partial h}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left( K_1(h) \frac{\partial h}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left( K_2(h) \frac{\partial h}{\partial z} + K_2(h) \right) - Q(x, z, h) \quad (1)$$

$$\Theta(h_s) = \Theta_s \exp\{-\mu [\ln(-hs)]^2\} \quad (2)$$

## Wnioski

1. Opisany program badawczy dla zlewni Stare Bogaczowice w którym zastosowano aparaturę pomiarową, był podstawą do podjęcia tematów zgodnych z obecnymi trendami
2. Prowadzone badania w zlewni doświadczalnej Stare Bogaczowice mogą być wykorzystane do analizy danych środowiskowych i poznania procesów zachodzących na terenie zlewni.

## Literatura

- KONDRACKI J., 1994. Geografia Polski - Mezoregiony fizyko-geograficzne. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.
- KOWALIK P., 2001. Ochrona środowiska glebowego. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.
- KUĘNICKI F., 1989. Red. Systematyka gleb Polski. Roczniki Gleboznawcze t. XL nr 1, PWN, Warszawa.

---

Grzegorz Pęczkowski, Wojciech Orzepowski, Tomasz Kowalczyk  
Instytut Kształtowania i Ochrony Środowiska, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu

Grzegorz Pęczkowski, Maria Strzelczyk, Krzysztof Pulikowski

## **CZAS PRACY SYSTEMÓW DRENARSKICH W WARUNKACH SUDETÓW ŚRODKOWYCH**

### **OPERATING TIME OF PIPE DRAINAGE SYSTEMS IN THE MIDDLE SUDETY CONDITIONS**

#### **Wstęp**

Badania przeprowadzone przez licznych autorów [KOSTRZEWA 1992, KUREK 1991] dotyczące odpływów drenarskich w zróżnicowanych warunkach terenowych, glebowych i fizjograficznych, potwierdzają szczególnie wpływ tych czynników na czas pracy systemów drenarskich oraz wielkość odpływu jednostkowego. Na podstawie badań przeprowadzonych na obiekcie położonym w Sudetach Środkowych dokonano analizy wpływu niektórych czynników takich jak: wielkość i rozkład opadów atmosferycznych, rozstawy drenowania, położenia działu na stoku na czas trwania i terminy występowania odpływów z sieci drenarskiej oraz częstość przekraczania normy odpływu jednostkowego.

#### **Omówienie wyników**

Rejon obiektu badawczego zlokalizowany jest w Sudetach Środkowych na wysokości 430-470 m n.p.m. Obszar obiektu Stare Bogaczowice obejmują grunty orne, na glebach biellicowych [Kuźnicki 1989], najczęściej o składzie granulometrycznym glin średnich i ciężkich rozwinięte na podłożu wietrzliny skał magmowych, metamorficznych i zwartych skał osadowych, obiekt ten można zakwalifikować do regionu wilgotnego, chłodnego i pochmurnego [Atlas klimatyczny 1990]. Działy drenarskie poddane analizie podzielono na grupy biorąc pod uwagę kilka kryteriów, m.in. ze względu na parametry techniczne drenowania oraz ze względu na możliwość zasilania wodami obcymi. Okresy występowania i czasy trwania odpływów z sieci drenarskiej były uzależnione głównie od wielkości i rozkładu opadów atmosferycznych, temperatur powietrza oraz warunków lokalnych. Liczba dni z odpływem w poszczególnych miesiącach znacznie się różni a ich rozkład w okresie badań wykazuje podobne tendencje. Najczęściej sieć drenarska pracuje w półroczu zimowym od IX do IV. W konsekwencji jesiennych opadów atmosferycznych oraz niskiej w tym okresie transpiracji, następuje wzrost poziomu zalegania wody gruntowej powyżej głębokości drenowania i w konsekwencji odpływ z sieci drenarskiej (z reguły w połowie listopada lub na początku grudnia). Najwyższą średnią liczbę dni z odpływem w półroczu zimowym na badanym obiekcie odnotowano w działach zasilanych wodami obcymi, najkrócej

sięc drenarska pracowała w działach o rozstawie zwiększonej, nie zasilanych wodami obcymi. Łączny średni czas pracy systemów drenarskich w półroczach zimowych w grupie działów bez zasilania wodami obcymi wynosił: 592-712 przy rozstawie 11 m i 440-520 przy rozstawie 22 m. Ocenę wpływu rozstawy drenowania, spadku i ukształtowania terenu warunkującego sposób zasilania działu dokonano na podstawie wykonanych testów nieparametrycznych Kruskala-Wallisa. Testowano następujące hipotezy:  $H_0$  – wybrany czynnik jako zmienna niezależna nie ma wpływu na odpływ średni w badanym okresie (gdy  $\alpha_{obl} > 0,05$ );  $H_1$  – w wyniku przeprowadzonego testu stwierdzamy, że odpływ średni zależy od zmiennej niezależnej (gdy  $\alpha_{obl} < 0,05$ ). Przyjęto poziom istotności  $\alpha=0,05$ . Wybór testu Kruskala-Wallisa był podyktowany tym, że rozkład odpływów jednostkowych z systemu nie był rozkładem normalnym (testowano testem Shapiro Wilka). Ocena wykazała istotną zależność jedynie rodzaju zasilania na jednostkowy odpływ drenarski. Różnice były istotne szczególnie w latach 2001/02 i 2002/03. Analiza wpływu rozstawy drenowania i spadku terenu nie wykazała wpływu na jednostkowy odpływ drenarski.

## Wnioski

1. Analiza przeprowadzonych badań jednostkowych odpływów drenarskich w Sudetach Środkowych wykazała dużą ich zmienność w poszczególnych latach i działach drenarskich.
2. W warunkach badanego obiektu występują dwa wyraźne okresy wzmożonej pracy systemu drenarskiego w których częstość występowania odpływów jednostkowych przewyższających odpływ normatywny jest większa niż w czasie pozostałym: okres roztopowy (II-IV) i lato po intensywnych opadach deszczu
3. Analiza czynników składowych (rozstawa, spadek i rodzaj zasilania) wykazała znaczący wpływ sposobu zasilania na wielkości odpływu jednostkowego oraz czasookresy występowania odpływów z sieci drenarskiej. Wpływ pozostałych czynników jest nieznaczny (lub statystycznie nieistotny).

## Literatura

- Atlas klimatyczny Polski. 1990 WKŁ Warszawa
- KOSTRZEWA S. 1992: Wpływ rzeźby terenu na poziomy wód gruntowych użytków rolnych w Sudetach. Zesz. Nauk AR we Wrocławiu, nr 214, Rolnictwo, LVI.
- KUREK S., 1991: Ocena wpływu drenowania użytków rolnych na stosunki hydrologiczne zlewni karpaccich na przykładzie pięciu zlewni. Rozprawy, IMUZ, Falenty
- KUĘNICKI F. Red. 1989: Systematyka gleb Polski. Roczniki Gleboznawcze t. XL Nr I, PWN, Warszawa.

---

Grzegorz Pęczkowski, Krzysztof Pulikowski  
Instytut Kształtowania i Ochrony Środowiska, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu

Maria Strzelczyk  
Instytut Melioracji i Użytków Zielonych w Falentach, Dolnośląski Ośrodek Badawczy we Wrocławiu

Grzegorz Pęczkowski, Andrzej Żyromski, Stanisław Kostrzewa

## **ZASTOSOWANIE METODY TDR (TIME DOMAIN REFLECTOMETRY) DO POMIARU UWILGOTNIENIA GLIN Z DUŻĄ ZAWARTOŚCIĄ SZKIELETU**

### **APPLIANCE OF TDR METHOD (TIME DOMAIN REFLECTOMETRY) FOR MEASUREMENT OF HUMIDITY OF CLAYS WITH HIGH CONTENT OF SKELETON**

#### **Wstęp**

Kryteria, którym powinna odpowiadać zastosowana aparatura zależą od specyfiki badań. Obserwacje dynamiki wilgotności gleb są zwykle elementem badań służących określaniu celowi. Największe wymagania stawia się w badaniach prowadzonych na potrzeby parametryzacji ośrodka glebowego. Obecnie znanych jest wiele metod, które ogólnie można podzielić na bezpośrednie i pośrednie, innym istotnym podziałem z punktu widzenia ingerencji w profil glebowy są metody destruktywne (bezpośrednie) i niestruktywne. Z pośród metod pośrednich najczęściej spotykane na świecie to metody oparte na pomiarach właściwości elektrycznych ośrodka glebowego. W dalszej części szczegółowo omówione będą badania wykonane w Instytucie Kształtowania i Ochrony Środowiska przy użyciu metody TDR (polegającej na pomiarze prędkości rozchodzenia się fali elektromagnetycznej w ośrodku). Celem pracy było porównanie wyników pomiarów przeprowadzonych metodą TDR i metodą grawimetryczną suszarkowo-wagową. W opracowaniu skupiono się na glebach terenów górskich o dużej zawartości części szkieletowych.

#### **Material i metody badań**

Obiekt badawczy położony jest w rejonie Sudetów Środkowych obejmujących środkową – sudecką nieckę tektoniczną z szeregiem pasm górskich zróżnicowanych budową geologiczną i urzeźbieniem. Podstawą dla szczegółowej charakterystyki gleb obiektu Stare Bogaczowice oraz analizy ich właściwości były badania wykonane w 5 reprezentatywnych profilach glebowych wytypowanych na podstawie składu granulometrycznego i zawartości frakcji szkieletowej. Wskaźnikiem stanu zagęszczenia utworów glebowych najczęściej przyjmowanym jest ich gęstość objętościowa, która w glebach mineralnych może wynosić  $0,75 - 1,90 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$  niekiedy więcej. Określenie gęstości gleb górskich jest trudne do wykonania ze względu na dużą ilość części szkieletowych i kamieni. Mimo pewnych przybliżeń można stwierdzić że na obiekcie Stare Bogaczowice najluźniejsze są warstwy wierzchnie, orne a ich gęstość objętościowa wynosi od  $1,37 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$  do  $1,45 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ . Wartości gęsto-

ści objętościowej rosną wraz z głębokością profilu. Porowatość badanych gleb w wierzchnich warstwach wynosi 45,1% - 48,1% i maleje wraz z głębokością zalegania warstw. Analizie poddano gleby o zróżnicowanej grupie mechanicznej i zawartość frakcji szkieletowej >1mm (tab. 1).

Wyniki pomiarów uwilgotnienia z wybranych profili pomierzonych za pomocą dwóch metod, suszarkowo-wagowej (grawimetrycznej) oraz TDR (reflektometri domenowo-czasowej) wykorzystano przy ustaleniu zależności korelacyjnych. Punkty pochodzące z pomiarów wyrównano przy zastosowaniu metody najmniejszych kwadratów. Jednocześnie ustalono współczynnik  $R^2$  i R. Badania innych autorów na glebach o zróżnicowanym składzie pokazały podobne rezultaty [ŁYCZKO i inni 2000, OLESZCZUK i inni 1998].

**Tabela 1.** Grupa mechaniczna z zawartością frakcji szkieletowej.

Nr profilu	Grupa wg PTG	Zawartość części >1 mm [%]
1	gl	21,4
2	glp	22,8
3	gs	29,9
11	gsp	38,7
12	gc	17,4

## Podsumowanie i wnioski

We wszystkich analizowanych przypadkach stwierdzono występowanie zgodności uzyskanych wyników pomiarów dwoma metodami. Najniższą wartość współczynnika korelacji uzyskano w przypadku pomiarów dla gliny ciężkiej o zawartości 35% części szkieletu.

1. Analiza i porównanie uzyskanych wyników oraz osiągnięcie współczynnika determinacji  $R^2$  na wysokim poziomie wskazują na występowanie związku bardzo mocnego.
2. Z uwagi na niedestruktywny pomiar przy użyciu metody TDR oraz dokładność i szybkość pomiaru, metoda ta w utworach o zbliżonych właściwościach może znaleźć zastosowanie.

## Literatura

- ŁYCZKO W., OLSZEWSKA B., PŁYWACZYK L., 2000: Porównanie metody TDR oraz metody suszarkowo wagowej do określania uwilgotnienia różnych typów gleb w Dolinie Odry. Zesz. nauk AR we Wroc. Zesz NR 385, Inż. Środ. XI.
- OLESZCZUK R., BRANDYK T., SZATYŁOWICZ J., 1998: Analiza możliwości zastosowania metody TDR do pomiaru uwilgotnienia w glebie torfowo-murszowej. Zesz.Probl.Post. N.Roln.,z.458; s.263-274, Warszawa.

---

Grzegorz Pęczkowski, Andrzej Żyromski, Stanisław Kostrzewa  
Instytut Kształtowania i Ochrony Środowiska, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu



Krzysztof Pulikowski, Tomasz Hus, Stanisław Kostrzewa,  
Julian Paluch, Grzegorz Pęczkowski

## ZAWARTOŚĆ AZOTU I FOSFORU W WODACH ODPŁYWAJĄCYCH Z MAŁYCH ZLEWNI UŻYTKOWANYCH ROLNICZO

### CONCENTRATION NITROGEN AND PHOSPHORUS IN EFFLUENT WATERS FROM LITTLE AGRICULTURAL CATCHMENTS

#### Wstęp

Uprawa gleby i jej nawożenie w wielu przypadkach powoduje okresowe pogorszenie jakości zasobów wodnych. Rolnictwo jest nieco innym źródłem zanieczyszczeń antropogenicznych, np. w porównaniu z gospodarką komunalną lub przemysłem, zagrożenia związane z nim występują okresowo [PULIKOWSKI 2004; PULIKOWSKI I IN. 2005].

#### Material i metody badań

Badania składu i natężenia odpływu przeprowadzono w latach hydrologicznych 1999/2000 – 2001/2002 w terenie Dolnego Śląska. Jedna ze zlewni B-II jest położona w miejscowości Bogaczowice w rejonie Sudetów Środkowych, a 2 pozostałe (S-II i S-III) w Szewcach na Nizinie Śląskiej na północny-zachód od Wrocławia.

Badaniami objęto zlewnię rowu o łącznej powierzchni  $F_{II} = 29$  ha ograniczoną przekrojem B-II. Spadki terenu są bardzo duże i wynoszą od 52 do 84‰. Około 50% powierzchni tej zlewni zajmują pola orne odwadniane za pomocą drenowania.

Obiekt Szewce jest położony w zlewni na wysokości 114–132 m n.p.m. Spadki terenu wynoszą od 2,5 do 4‰. Badaniami objęto dwie zlewnie: zlewnię S-II o powierzchni  $F_{S-II} = 100,7$  ha ograniczoną przekrojem S-II, są to grunty orne, z których prawie 40% jest odwadniane za pomocą drenowania oraz zlewnię S-III (ograniczoną przekrojem S-III) o powierzchni  $F_{S-III} = 65,3$  ha, obejmującej grunty orne odwadniane za pomocą rowów.

Badania polegały na ciągłym pomiarze stanów wody (limnigrafy), oznaczaniu składu wody odpływającej rowami – 1-2 razy w miesiącu.

#### Wyniki i dyskusja

Średnie stężenie azotanów w wodach odpływających z poszczególnych zlewni różniło się istotnie, wyższe stwierdzono w zlewni podgórskiej i wynosiło ono  $64,5 \text{ mg NO}_3 \cdot \text{dm}^{-3}$ .

Ogólna zawartość azotu także różniła się istotnie ponieważ główną składową stanowiła forma azotanowa. Średnie stężenie fosforanów różniły się istotnie, wyższe stwierdzono w zlewni odwadniającej tylko za pomocą rowów. Dla tej zlewni średnie stężenie wynosiło  $0,31 \text{ mg P} \cdot \text{dm}^{-3}$  i było prawie identyczne z podawanymi w literaturze [PALUCH 1994; ŻMUDA, SASIK, SZEWRĄŃSKI 2001]. W przypadku stężenia fosforu ogólnego różnice stężenia są nieistotne, wynika to z mniejszego zróżnicowania wartości średnich jak również dużego przedziału ufności.

W zlewniach położonych w Szewcach wyraźnie widać związek wielkości ładunku z sumą opadów w kolejnych latach, która bezpośrednio przekłada się na ilość wody odpływającej ze zlewni, jednocześnie różnice pomiędzy zlewniami nie są zbyt znaczące. Analizując krzywą sumową na przestrzeni roku hydrologicznego można stwierdzić, że od połowy lutego do końca marca odpływa znacząca część ładunku rocznego. Wynika to z tego, że w tym czasie maksymalne wartości przyjmują zarówno odpływ jak i stężenia [PULIKOWSKI I IN. 2005]. W tym okresie średnio odpływa ze zlewni od 28 do 50% ładunku rocznego. Roczne ładunki fosforu są zdecydowanie mniejsze na obiekcie Szewce i również o ilości odpływającego fosforu z okresie całego roku decyduje ten sam okres jak w przypadku azotu. W tym czasie odpływa średnio z badanych zlewni od 27 do 44% fosforu.

## Wnioski

1. W okresie od połowy lutego do końca marca ze zlewni użytkowanych rolniczo odpływa do 28 do 50 % rocznego ładunku azotu i od 27 do 44% rocznego ładunku fosforu.
2. Odpływające wody ze zlewni użytkowanych rolniczo charakteryzują się znacznie większym wzrostem ładunku fosforu niż azotu w porównaniu z odpływami ze zlewni zalesionych.

## Literatura

- PALUCH J. 1994. *Porównanie jakości wód odpływających z sąsiadujących ze sobą zlewni rolniczej i zalesionej w Kotlinie Marciszowskiej w latach 1987-1989*. Instytut Badawczy Leśnictwa, Prace IBL nr 21/1, seria B (numer specjalny): 129-143.
- PULIKOWSKI K. 2004. *Zanieczyszczenia obszarowe w małych zlewniach rolniczych*. Zesz. Nauk. AR we Wrocławiu, ser. Rozprawy CCXI, 479:137.
- PULIKOWSKI K., PALUCH J., PARUCH A., KOSTRZEWA S. 2005. *Okres pojawiania się maksymalnych stężeń azotanów w wodach powierzchniowych*. Zesz. Probl. PNR Warszawa 505: 339-346.
- ŻMUDA R., SASIK J., SZEWRĄŃSKI SZ. 2001. *Odpływ wybranych składników materii ze zlewni rolniczej Wzgórz Trzebnickich*. Zesz. Nauk. AR w Krakowie, z. 21, 382: 41-47.

---

Krzysztof Pulikowski, Tomasz Hus, Stanisław Kostrzewa, Julian Paluch,  
Grzegorz Pęczkowski  
Instytut Kształtowania i Ochrony Środowiska, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu

Włodzimierz Rajda, Włodzimierz Kanownik, Ewa Goryl

## STĘŻENIE NIEKTÓRYCH SKŁADNIKÓW BIOGENNYCH W WODZIE POTOKU PSYCHOWICKIEGO

## CONCENTRATION ON SOME NUTRIENTS OF THE PSYCHOWICKI STREAM

### Wstęp

Z badań wynika, że stężenia składników biogenych w wodach powierzchniowych małych cieków zależą od zagospodarowania i użytkowania zlewni. Jako główne źródło zanieczyszczenia wód na terenach wiejskich wymienia się szeroko rozumianą działalność rolniczą i osadnictwo wiejskie [BAUMANN 1989, KANOWNIK, PIJANOWSKI 2002, RAJDA, NATKANIEC 2001, RAJDA i in. 2002], a na terenach miejskich czynniki związane z urbanizacją [RAJDA, KANOWNIK 2005], przemysłem i transportem. Problem czystości wód niewielkich cieków wodnych staje się ważny nie tylko ze względu na obowiązkową Dyrektywę 2000/60/WE Unii Europejskiej, ale także z powodu rozpoczętej w naszym kraju realizacji programu „małej retencji”, w ramach którego na niewielkich ciekach, na których nie prowadzi się badań monitoringowych, planowana jest budowa licznych zbiorników wodnych. Do przedsięwzięć w ramach tego programu należy między innymi planowana budowa zbiornika przeciwpowodziowego w zlewni potoku Psychowickiego na terenie miasta Krakowa. Przedstawione wyniki badań mogą być użyteczne w decyzjach lokalizacyjnych dotyczących zbiornika oraz w decyzjach administracyjnych związanych z planowaniem gospodarki wodno-ściekowej na terenie jego zlewni.

### Material i metody

Potok Psychowicki o powierzchni zlewni 5,44 km<sup>2</sup> znajduje się w dzielnicy Dębniki w południowo-zachodniej części Krakowa; jest on prawobrzeżnym dopływem Wisły. Górna i dolna część zlewni charakteryzuje się użytkowaniem osadniczym, natomiast część środkową zajmują użytki zielone, głównie podmokłe i nie użytkowane łąki oraz łąki użytkowane ekstensywnie. Celem badań było rozpoznanie zagrożenia eutrofizacją wody przyszłego zbiornika.

Próbki wody do badań pobrano w pięciu terminach w okresie od lipca do listopada 2005 r. z pięciu punktów pomiarowo-kontrolnych zlokalizowanych wzdłuż biegu cieku. W wodzie oznaczono standardowymi metodami stężenia amonowej formy azotu (NH<sub>4</sub>), azotanów (NO<sub>3</sub>), azotynów (NO<sub>2</sub>) oraz fosforanów (PO<sub>4</sub>). Oznaczenia wykonano na analizatorze przepływowym FIAstar 5000.

### Wyniki

Nie stwierdzono wyraźnego związku pomiędzy stężeniem badanych składników a losowo wybranymi terminami oznaczeń; nie było bowiem nieustannie działających czynników, które mogłyby spowodować wystąpienie takich zależności. Wyraźne zależności odnotowano natomiast między stężeniami w poszczególnych punktach (tab. 1), gdzie kształtowały je czynniki antropogeniczne dominujące w sąsiednich fragmentach zlewni.

W wyniku badań stwierdzono, że w górnym biegu potoku w osadniczej części jego zlewni (punkt 1), a także w położonym niżej, w odległości około 1 km punkcie nr 2 pomimo braku na tym odcinku oddziaływań antropogenicznych woda w potoku pod względem stężeń większości badanych składników, oceniona metodą bezpośrednią, kwalifikowała się do V. i IV. klasy jakości. Po przepłynięciu kolejnego 1,3- kilometrowego odcinka przez nie użytkowaną część doliny, w której planowany jest zbiornik (punkt nr 3), a następnie kilkuset metrów przez ekstensywne użytki zielone (punkt nr 4), wskaźniki te, za wyjątkiem  $\text{NH}_4$  (kl. I.), kwalifikowały ją do klasy II. (tab.1). W dolnym biegu, na terenie zabudowanym domami jednorodinnymi (punkt nr 5) nastąpiło ponownie obniżenie jakości wody (klasa III).

**Tabela 1.** Średnie stężenia badanych składników oraz klasy czystości wody w poszczególnych punktach badawczych

Nr punktu	Stężenie w $\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$				Klasy czystości wody w zależności od terminu oznaczenia
	$\text{PO}_4$	$\text{NH}_4$	$\text{NO}_2$	$\text{NO}_3$	
1	1,39	3,11	0,72	13	V lub IV
2	1,47	0,10	0,11	16	V lub IV
3	0,25	0,17	0,05	6	II
4	0,26	0,03	0,05	7	II
5	0,40	0,25	0,11	6	III lub II

## Wnioski

Wyraźne obniżenie średniego stężenia badanych składników i poprawa klasy czystości wody między punktami położonymi w górnej, osadniczej części zlewni (punkty 1 i 2), a punktami 3 i 4 znajdującymi się poniżej nie użytkowanej części doliny o silnym poroście roślinnym i ekstensywnie użytkowanych łąkach mogły być skutkiem ich biologicznej akumulacji. Uzyskane wyniki wskazują, że przy obecnym stanie gospodarki wodno-ściekowej w miejscowości Skotniki położonej powyżej planowanego zbiornika, zbiornik ten byłby zagrożony dopływem wody o dużym stężeniu składników biogenych.

## Literatura

- BAUMANN H. 1989. *Studie zur Belastung eines kleinen Wasserlaufes in landwirtschaftlich genutzter Landschaft*. Zeitschr. f. Kulturtechnik und Landentwicklung, 30 Berlin u. Hamburg: 21-27.
- KANOWNIK W., PIJANOWSKI Z. 2002. *Jakość wód powierzchniowych w górskich mikro-zlewniach rolniczo-leśnych*. Acta Sci. Pol., Form. Circ. 1-2 (1-2): 61-70.
- RAJDA W., KANOWNIK W. 2005. *Wpływ czynników antropogenicznych na jakość wody potoku na terenie podmiejskim i zurbanizowanym*. Wiad. Mel. i Łąk., nr 4 (407): 176-180.
- RAJDA W., NATKANIEC J. 2001. *The impact of select forms of antropopresion on quality of surface waters*. Ann. Warsaw Agricult. Univ. – SGGW, Land Reclam. 31: 65-74.
- RAJDA W., NATKANIEC J., BOGDAŁ A. 2002. *Jakość wody odpływającej ze zurbanizowanej mikro-zlewni podmiejskiej o zróżnicowanym użytkowaniu*. Acta Sci. Pol., ser. Form. Circ., 1-2 (1-2): 49-60.

Włodzimierz Rajda, Włodzimierz Kanownik, Ewa Goryl  
Katedra Melioracji i Kształtowania Środowiska AR w Krakowie

Tadeusz Reinhard, Andrzej Reinhard, Krzysztof Nyc

## MODEL UWILGOTNIENIA GLEBY NAWADNIANEJ SYSTEMEM KROPOLOWYM

Racjonalizacja zużycia wody i energii przy nawodnieniach kropelowych wymaga doskonalenia sposobu podawania wody. Ma to szczególne uzasadnienie na uprawach sadowniczych, gdzie system korzeniowy drzew może kształtować obieg wody w profilu glebowym. Pojawia się problem nie tylko wysokości optymalnej dawki polewowej, lecz również ilości i rozmieszczenia stanowisk zwilżania [1]. Do rozwiązania tego zagadnienia, niezależnie od badań empirycznych, wykorzystano matematyczne modele procesu nawadniania systemem kropelowym.

Zastosowany w pracy model matematyczny umożliwia symulację ruchu wody, który wywołany jest działaniem emitera kropel. W modelu uwzględniono możliwość wprowadzenia różnych rodzajów gleb, opadów atmosferycznych, poboru wody przez korzenie rośliny oraz różnych warunków panujących w badanej przestrzeni gleby i na jej brzegach.

Model matematyczny opisujący nawodnienia kropelowe, został opracowany na podstawie równania Richardsa, które można zapisać następująco [2]:

$$C(h) \cdot \frac{\partial \phi}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} [K(h) \cdot \frac{\partial \phi}{\partial x}] + \frac{\partial}{\partial y} [K(h) \cdot \frac{\partial \phi}{\partial y}] + \frac{\partial}{\partial z} [K(h) \cdot \frac{\partial \phi}{\partial z}]$$

Gdzie :  $K$  – przewodność hydrauliczna ( $cm\ d^{-1}$ ),

$h$  – wysokość ciśnienia (ciśnienie ssące wody glebowej) ( $cm$ )  $H_2O$ ,

$\phi = h+z$  – całkowita wysokość ciśnienia ( $cm$ )  $H_2O$ ,

$z$  – wysokość położenia ( $cm$ )  $H_2O$ ,

$t$  – czas ( $d$ ),

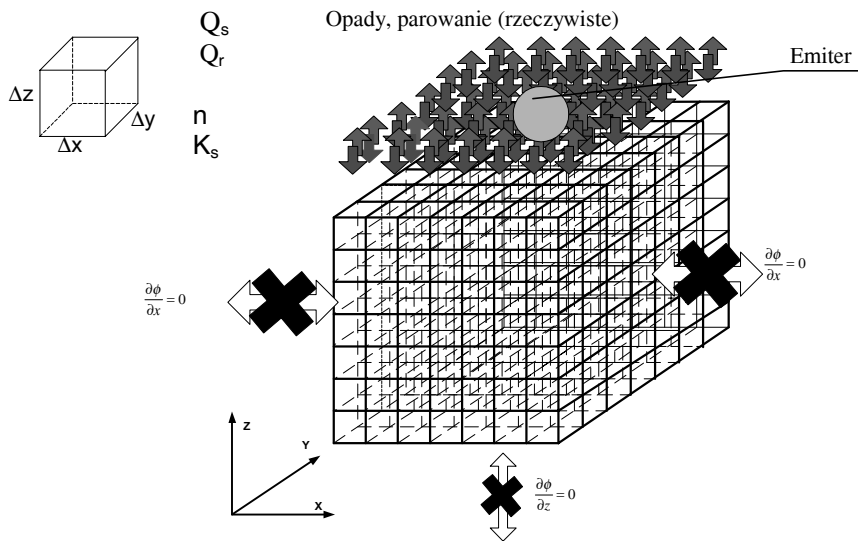
$C(h) = \frac{d\theta}{dh}$  – różniczkowalna pojemność wodna ( $C = 0$  dla  $h \geq 0$ ) ( $cm^{-1}$ ),

$\theta$  – zawartość wody w glebie (wilgotność) ( $cm^3\ cm^{-3}$ ),

W przedstawionym modelu wykorzystano do opisu krzywej przewodności hydraulicznej i krzywej retencyjności wodnej zależności podane przez van Genuchtena.

Dla wyznaczenia rozkładu ciśnień ssących wody glebowej i wilgotności w badanym przekroju glebowym, wykorzystano metodę różnic skończonych, dyskretyzując przestrzeń badanego obszaru rys. 1

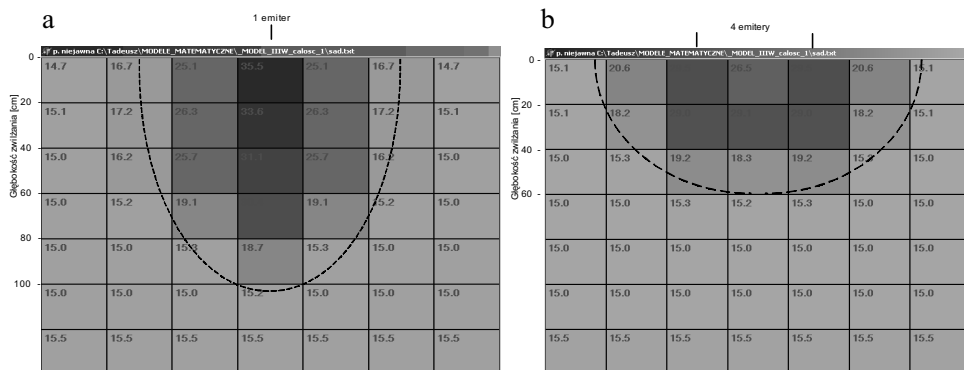
Opracowany, na podstawie zbudowanego modelu matematycznego, program komputerowy w języku DELPHI, umożliwia symulację uwilgotnienia badanej przestrzeni stosując różne sposoby oraz czasy podawania wody (np. wprowadzenie kilku emiterów kropelujących).



Rys. 1. Dyskretyzacja badanej przestrzeni

Możliwe jest także śledzenie skutków wprowadzenia automatycznego sterowania pracą emiterów nawadniających w zależności od aktualnych ciśnień ssących wody glebowej.

Przy nawodnieniu kropłowym drzew zastosowanym na glebach dość przepuszczalnych mogą wystąpić znaczne straty wody wynikające z grawitacyjnego jej odpływu w głąb profilu glebowego. Aby zwiększyć efektywność wykorzystania wody można zastosować w miejsce jednego np. cztery emiterzy kropłujące wokół rośliny. Na rysunku 2a przedstawiono rozkład wilgotności gleby w przestrzeni nawadnianej jednym emiterem umieszczonym w środku obszaru, a na rysunku 2b alternatywnie stosując cztery emiterzy podające tę samą łączną pojedynczą dawkę nawodnieniową 24 l. Założono, że wymiary elementów (ilość elementów  $7 \times 7 \times 7 = 343$ ) badanej przestrzeni wynoszą  $20 \times 20 \times 20$  cm (rys. 2a i 2b), która wypełniona jest glebą przepuszczalną o początkowej wilgotności wynoszącej 15% obj.



Rys. 2. Rozkład wilgotności gleby zwiłzanej przez: a- 1. emiter, b- 4. emiterzy [%obj.]

## **Wnioski**

1. Zwiększenie ilości emiterów z jednego do czterech powoduje poszerzenie frontu uwilgotnienia o 20% w kierunku poziomym i spłylenie jego zasięgu o 40%.
2. Przy zastosowaniu jednakowej dawki nawodnieniowej 24 l. na roślinę z wariantem czterech emiterów uzyskano znacznie lepszy efekt zwilżania gleby w stosunku do zwilżania jednym emiterem (z wydatkiem 4. krotnie większym)

## **Literatura**

1. JEZNACH J.:(1996) Analiza funkcjonowania nawodnień kroplowych w różnych warunkach środowiskowych. Rozprawy Naukowe i Monografie. Wydawnictwo SGGW Warszawa ss.127
2. FEDDES R.A., KOWALIK P., ZARADNY H.: (1978) Simulation of field water use and crop yield. Simulation Monograph 17.PUDOC Wageningen oraz J. Wiley & Sons New York, Toronto

---

Tadeusz Reinhard, Andrzej Reinhard, Krzysztof Nyc  
Instytut Kształtowania i Ochrony Środowiska, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu





**EKOLOGICZNE UWARUNKOWANIA  
STOSOWANIA ODWODNIEŃ I NAWODNIEŃ  
W ŚRODOWISKU**



Małgorzata Biniak, Anna Machowczyk,  
Wiesław Szulczewski, Andrzej Żyromski

**IDENTYFIKACJA PARAMETRÓW PRZEPŁYWU WODY  
GLEBOWEJ NA PODSTAWIE BADAŃ TERENOWYCH  
W OBSERWATORIUM AGRO- I HYDROMETEOROLOGICZNYM  
WROCŁAW-SWOJEC**

**IDENTIFICATION OF SOIL WATER FLOW PARAMETERS  
ON THE BASIS OF FIELD INVESTIGATIONS IN THE AREA  
OF AGRO- AND HYDROMETEOROLOGICAL OBSERVATORY  
IN WROCŁAW-SWOJEC**

## **Wstęp**

Zasoby wody w glebie oraz warunki termiczne i opadowe w istotny sposób wpływają na plonowanie roślin [ASLYNG, HANSEN 1982, BAC, ŻYROMSKI 1990, ŻYROMSKI 1989]. Szczególnego znaczenia nabiera nie sam fakt występowania wody w glebie, ale jej ilość, dostępność oraz możliwość korzystania z niej przez rośliny w ciągu całego okresu wegetacji. Zasadność ograniczenia przy uprawie ziemniaków badań do warstwy 60 cm potwierdzają publikowane wyniki badań. W przypadku zbóż warstwa orna dostarcza roślinom około 60-75% całkowitej ilości zużytej wody, a o wysokości plonu decyduje głównie wilgotność gleby w warstwie 0-30 cm. Jednak ze względu na dynamikę przyrostu masy korzeniowej oraz hydrologicznego punktu widzenia należy analizować w miarę możliwości warstwę gleby w zakresie 0-1,0 m.

Istnieje silna współzależność, jaka zachodzi między sumą, a rozkładem opadów atmosferycznych, oraz zawartością wilgoci w glebie i plonowaniem wielu roślin uprawnych [JASIŃSKA, KOTECKI i in. 2003]. Aslyng i Hansen [1982] oraz Koźmiński, Michalska i Nidzgórska-Lencewicz [2003] wskazują na istotne znaczenie opadów oraz zasobów wodnych gleby w uzyskiwaniu wysokich plonów. Uzyskiwane wyniki badań wskazują na potrzebę ich weryfikacji w odmiennych warunkach klimatycznych i glebowych.

Przy badaniach wpływu oddziaływania różnego rodzaju czynników na plonowanie roślin nieodzowne są szczegółowe badania środowiska glebowego, w jakim posadzone są rośliny [KOWALIK 2001, LIPIEC 1983, SŁAWIŃSKI 2003, USOWICZ 2000, WALCZAK 1984].

W cytowanej literaturze, brak jest oceny wzajemnych relacji, przy jednoczesnym uwzględnieniu: opadów atmosferycznych, parowania terenowego, wilgotności gleby oraz stanów wód gruntowych w krótkich okresach czasu, jakim jest doba. Niniejsza praca jest taką próbą wykonaną dla standardowej nieporośniętej powierzchni gleby, na której jako punkcie odniesienia prowadzi się obserwacje agrometeorologiczne.

## Omówienie wyników

W pracy przeprowadzono ocenę poprawności stosowania metod modelowania matematycznego w warunkach polowych dla określenia zmian wilgotności w profilu glebowym na podstawie wyników pomiarów opadów atmosferycznych, uwilgotnienia gleby oraz stanów wód gruntowych pomierzonych na terenie Obserwatorium Agro- i Hydrometeorologicznego Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu.

Analizy przeprowadzono w oparciu o serię obserwacyjną opadów atmosferycznych z okresu od 1 lipca do 30 września 2006 roku pochodzącą z terenu Obserwatorium Agro- i Hydrometeorologicznego Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu. Dla uzyskania założonego celu wykorzystano pomiary wilgotności gleby wykonywane metodą TDR pod powierzchnią nieporośniętą na głębokościach 5, 20, 40, 60, 80 i 100 cm. Wykonywano je codziennie do początku lipca do końca września. Ze względu na brak parametrów funkcyjnych charakteryzujących typ gleby (krzywa pF i przewodności hydraulicznej), cały okres poddany badaniom podzielono na dwie części. Pierwszy z nich, od 1 lipca do 15 sierpnia, posłużył do ustalenia parametrów odpowiedzialnych za typ gleby, natomiast drugi, do końca września, do weryfikacji otrzymanych rezultatów.

Szczegółowy opis warunków glebowych i hydrogeologicznych na obiekcie badań zawarty jest w ekspertyzie hydrogeologicznej i gleboznawczej [MAZIJ i in. 1965]. Do opisu procesu przepływu wody w badanym profilu glebowym wykorzystano równanie dyfuzji (Fokkera-Plancka) [ZARADNY 1990, SZULCZEWSKI 1986, 1990]. Dla uzyskania jednoznacznego rozwiązania powyższego równania jako warunki początkowe przyjęto wilgotność gleby oraz zwierciadło wody zmierzone w pierwszym dniu badań. Warunki brzegowe determinujące proces przepływu wody na powierzchni terenu zostały określone na podstawie pomiarów opadu mierzonych deszczomierzem Hellmanna, a parowanie ewaparymetrem Wilda skorygowane współczynnikami empirycznymi dla powierzchni nieporośniętej.

Przybliżone rozwiązanie równania Fokkera-Plancka otrzymano metodą schematów różnicowych. Zostały one tak skonstruowane, aby aproksymacja była stabilna niezależnie od kierunku przepływu. Szczegóły dotyczące konstrukcji schematu zostały zamieszczone w pracy Szulczewskiego [2003].

Na pierwszym etapie badań przeprowadzono dwiema metodami identyfikację parametrów fizycznych gleby. Pierwsza z nich polegała na jednoczesnej aproksymacji funkcji przewodności hydraulicznej oraz krzywej pF. Dla każdej z tych funkcji poszukiwano takich wartości w 10 punktach bazowych, aby zminimalizować odległość rozwiązania teoretycznego od wilgotności pomierzonej, na ustalonych głębokościach w czasie trwania procesu identyfikacji. Dla krzywej pF dwa punkty brzegowe, odpowiadające  $pF = -\infty$  i  $pF = 4,2$ , zostały przyjęte jako stałe dla odpowiednio wilgotności pełnego nasycenia  $\theta_s = 0,2920$  oraz wilgotności oznaczającej punkt trwałego wędnięcia roślin,  $\theta_r = 0,0160$ . W przypadku przewodności hydraulicznej przyjęto, że dla wilgotności na poziomie trwałego wędnięcia roślin jest ona równa 0, natomiast pozostałe wartości poddano procesowi aproksymacji. Dla określenia wartości poszukiwanych funkcji w całym zakresie zmienności wilgotności użyto algorytmu dopasowania bazującego na szybkiej transformacie Furiera (FFT).

W drugiej metodzie aproksymacji parametrów wykorzystano ekspertyzę hydrogeologiczną i gleboznawczą wykonaną na terenie Obserwatorium Wrocław-Swojec [MAZIJ i in.

1965], gdzie określono krzywe pF na głębokościach 10, 20, 40, 60, 80 i 100 cm. W tej metodzie wykorzystano te wyniki poddając procesowi aproksymacji tylko funkcję przewodności hydraulicznej. Krzywe pF z ekspertyzy oraz aproksymowaną funkcję przewodności hydraulicznej przedstawiono w pracy w formie graficznej.

Przyjęto dwie miary charakteryzujące błąd przybliżenia: współczynnik korelacji  $r$  oraz względny błąd odchyień  $B_w$ . W obu przypadkach współczynniki korelacji wyniosły ponad 0,85, a względny błąd odchyień wahał się od 9,5 % do około 12,3 %. Świadczy to o dobrej liniowej zależności między badanymi cechami.

Aproksymacja parametrów funkcyjnych determinujących przepływ wody umożliwiła weryfikację otrzymanych wyników tzn. krzywych PF i przewodności hydraulicznej oraz adekwatności modelu, na danych niezależnych z okresu od 15 sierpnia do 30 września. Do oceny poprawności dopasowania zastosowano także współczynnik korelacji  $r$  oraz względny błąd odchyień  $B_w$ . Dla obydwu zastosowanych metod wyniki są poprawne. Otrzymano współczynniki korelacji są bliskie 1 (dla pierwszego modelu 0,981, dla drugiego 0,94), natomiast względny błąd odchyień w obu przypadkach nie przekraczał 12 %.

## Wyniki i dyskusja

W prezentowanym materiale badawczym pochodzącym z okresu od 1 lipca do 30 września 2006 roku poddano porównaniu wyniki wilgotności mierzone i teoretyczne z modelu dla 46 dni i 6 głębokości, z których pochodziły pomiary wilgotności gleby.

Do opisu przepływu wody w ośrodku porowatym zastosowano w pracy model dyfuzyjny (Fokkera-Plancka). Pomimo dobrej zgodności otrzymanych wartości wilgotności z modelem i mierzonych metodą TDR wydaje się ważne kontynuowanie badań w tym kierunku i porównanie otrzymanych już rezultatów z modelem, którego podstawą będzie uogólnione równanie Richardsa uwzględniające zarówno strefę aeracji i saturacji. Analiza otrzymanych rezultatów pozwala nawet przypuszczać, że model bazujący na równaniu Richardsa da lepsze rezultaty, gdyż łatwo zaobserwować, że stosunkowo słabe dopasowanie uzyskano w pracy na większych głębokościach (powyżej 80 cm). Przyczyną takich rezultatów może być także przepływ horyzontalny, który w rozpatrywanym modelu został pominięty.

W pracy do opisu parametrów funkcyjnych determinujących przepływ wody w ośrodku porowatym zastosowano metodę, która nie miała przyjmowanych *a priori* żadnych szczególnych ograniczeń. W literaturze przedmiotu znanych jest wiele, kilku parametrycznych typów funkcji, które często są używane do definiowania krzywej PF czy przewodności hydraulicznej. Wystarczy tu, oczywiście nie wyczerpując tematu, wspomnieć o modelach Rijtemy czy Van Genuchtena [KOWALIK 2001, SZULCZEWSKI 2003]. Wydaje się, że warto kontynuować badania także w tym aspekcie, aby dobrać nie tylko najlepszy rodzaj modelu matematycznego, ale i opis funkcyjny parametrów fizycznych gleby, które będą najbardziej sprzyjały adekwatności modelu i procesowi rzeczywistego.

Uzyskane wyniki badań w oparciu o doświadczenia polowe oraz przeprowadzoną symulację pozwalającą wyznaczyć wartości teoretyczne w znacznym stopniu są zadowalające, ponieważ potwierdziły możliwość oceny wilgotności gleby i weryfikacji wartości pomierzonych. Biorąc jednak pod uwagę całokształt informacji uzyskanych z przeprowadzo-

nych badań można stwierdzić, że kolejnym krokiem analizy powinno być uwzględnienie różnorodnej pokrywy roślinnej. Przeprowadzenie badań wpływu na zmiany uwilgotnienia gleby w zależności od rodzaju i stopnia rozwoju roślinności byłoby wstępem do badań modelowych pogoda-plon.

## Literatura

- ASLYNG H.C., HANSEN S. 1982. Water balance and crop production, simulation. Hydrotechnical Laboratory The Royal Veterinary and Agricultural University. Copenhagen.
- BAC S., ŻYROMSKI A. 1990. Ewapotranspiracja rzeczywista i polowe zużycie wody przez pszenicę jarą w zróżnicowanych warunkach wilgotności gleby. Zesz. Prob. Post. Nauk Rol. z. 390, 49÷58.
- KOWALIK P. 2001. Ochrona Środowiska glebowego. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa: 248 ss.
- KOŹMIŃSKI CZ., MICHALSKA B., NIDZGÓRSKA – LENCEWICZ J. 2003. Warunki meteorologiczne kształtujące uwilgotnienie gleby pod ziemniakami w stacji Agrometeorologicznej w Lipkach w latach 1998 i 1999. Acta Agrophysica, 84, 75÷93.
- MAZIJ S., KOWALSKI J., WOŹNY F., SZPIKOWSKI A., KRĘŻEL J. 1965. Ekspertyza hydrogeologiczna i gleboznawcza pól ustalonych na Swojcu k. Wrocławia – Warunki hydrogeologiczne i glebowo-wodne pól ustalonych Instytutu Gospodarki Wodnej – położonych na terenie RZD, w Swojcu k. Wrocławia, (maszynopis), Instytut Kształtowania i Ochrony Środowiska AR, Wrocław. 112 ss.
- LIPIEC J., 1983: Możliwości oceny przewodnictwa wodnego gleb na podstawie ich niektórych właściwości. Problemy Agrofizyki. 40, 5-75.
- Praca zbiorowa pod redakcją Jasińskiej Z. i Koteckiego A. 2003. Szczegółowa uprawa roślin. Wydawnictwo AR Wrocław. 120÷132.
- SAMARSKI A., NIKOŁAJEW J. 1988. Metody rozwiązywania równań siatkowych. PWN Warszawa: 592 ss.
- SŁAWIŃSKI C., 2003. Wpływ fizycznych parametrów gleby na wartości współczynnika przewodnictwa wodnego. Acta Agrophysica, 90, 3-75.
- SZULCZEWSKI W. 1986. Sterowanie stopniem wilgotności gleby w obszarze ukorzenia roślin (w oparciu o równanie dyfuzji). Zeszyty Naukowe Akademii Rolniczej we Wrocławiu Melioracja 30. nr 174: 109-127.
- SZULCZEWSKI W. 1990. Modelowanie zmian uwilgotnienia gleby w strefie niepełnego nasycenia. Zeszyty Naukowe Akademii Rolniczej we Wrocławiu Melioracja 36. nr 192: 87-98.
- SZULCZEWSKI W. 2003. Modelowanie migracji zanieczyszczeń w nienasyconych gruntach i glebach. Zeszyty Naukowe Akademii Rolniczej we Wrocławiu, nr 466: 112 ss.
- USOWICZ B., 2000. Statystyczno-fizyczne modele przepływu masy i energii w ośrodku porowatym. Acta Agrophysica, 29, 3-112.
- WALCZAK R., 1984. Modelowe badania zależności retencji wodnej od parametrów fazy stałej. Problemy Agrofizyki, 41, 5-69.
- ZARADNY H. 1990. Matematyczne metody opisu i rozwiązań przepływu wody w nienasyconych i nasyconych gruntach i glebach. Prace Instytutu Budownictwa Wodnego PAN nr 23: 367 ss.
- ŻYROMSKI A. 1989. Próba oceny związków między plonami i zasobami wodnymi gleby pod pszenicą jarą przy zróżnicowaniu faz fenologicznych oraz warstw bilansowania na tle wybranych czynników meteorologicznych. Roczniki Akademii Rolniczej w Poznaniu, CCI, 101÷113.

Małgorzata Biniak, Andrzej Żyromski

Instytut Kształtowania i Ochrony Środowiska, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu

Anna Machowczyk, Wiesław Szulczewski

Katedra Matematyki, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu

Andrzej Bogdał, Krzysztof Ostrowski

## **HYDROCHEMICZNE UWARUNKOWANIA LOKALIZACJI ZBIORNIKA WODNEGO MAŁEJ RETENCJI „UNISZOWA”**

### **HYDROCHEMICAL CONDITIONS OF LOCALIZATION OF “UNISZOWA” SMALL WATER RETENTION RESERVOIR**

#### **Wstęp**

W celu zwiększenia rezerw zasobów wodnych zachodzi potrzeba retencjonowania wody w glebie przede wszystkim na potrzeby roślin i drzewostanów, oraz magazynowania wody w sztucznych zbiornikach retencyjnych [TRYBAŁA 1996].

Wdrażając program małej retencji wodnej należy mieć na uwadze nie tylko ilość gromadzonej wody ale również jej czystość. W wielu przypadkach to właśnie zła jakość wody wprowadza znaczne ograniczenia w społeczno-gospodarczym, rekreacyjnym czy ekologicznym wykorzystaniu jej zasobów. Nieodpowiednia jakość wody może również powodować utrudnienia w eksploatacji zbiorników małej retencji. Duże stężenia substancji biogennych mogą wywołać w zbiornikach zjawisko eutrofizacji, natomiast zanieczyszczenie wód substancjami organicznymi może doprowadzić do wystąpienia deficytu tlenowego. Zanieczyszczenia mogą pochodzić ze źródeł naturalnych lub/oraz antropogenicznych – które mają związek z działalnością człowieka w środowisku [RAJDA I IN. 2001].

W pracy oceniono jakość i walory użytkowe wody odpływającej ze zlewni potoku Uniszowski w celu określenia możliwości jej retencjonowania w planowanym zbiorniku małej retencji. Badania terenowe i laboratoryjne cech jakościowych wody przeprowadzono w 2005.

#### **Omówienie wyników**

Zlewnia potoku Uniszowski znajduje się na terenie wsi Bistuszowa i Uniszowa należących do gminy Ryglice, położonej w powiecie tarnowskim. Badana zlewnia, o powierzchni 5,068 km<sup>2</sup>, usytuowana jest w przedziale hipsometrycznym 233–533 m n.p.m. Użytkowanie terenu zlewni ma charakter leśno-rolniczy, ponad 54% jej powierzchni pokrywają lasy i zadrzewienia, grunty orne wraz z użytkami zielonymi zajmują 33%, a około 9% stanowią nieużytki. Tereny zabudowane zajmują ponad 2% powierzchni zlewni.

Systematycznie raz w miesiącu pobierano do badań próby wody odpływającej potokiem. Bezpośrednio w terenie oraz w laboratorium oznaczano: temperaturę, pH, stężenie tlenu rozpuszczonego i stopień nasycenia tlenem, przewodność elektrolityczną, zawiesinę

ogólną, fosforany, amoniak, azotyny, azotany, substancje rozpuszczone, siarczany, chlorki, wapń, magnez, sól, potas, żelazo ogólne i mangan oraz jednorazowo: BZT<sub>5</sub>, liczbę bakterii grupy coli i liczbę bakterii grupy coli typu kałowego.

Analiza wyników wykazała, że połowa spośród badanych składników, we wszystkich terminach oznaczeń, kwalifikowała wodę potoku Uniszowski do I klasy czystości. Warunku tego nie spełniały: zawiesina ogólna, tlen rozpuszczony, NO<sub>2</sub>, NO<sub>3</sub>, EC<sub>20</sub>, Ca<sup>2+</sup>, Fe<sup>2+/3+</sup> i Mn<sup>2+</sup>. Stężenia zawiesiny ogólnej, Fe<sup>2+/3+</sup> i Mn<sup>2+</sup> najsilniej wpływały na pogorszenie jakości wody, kwalifikując ją z dużą częstotliwością do II, a nawet III klasy czystości. Ocena ogólna wykonana przy założonym percentylu 90% wykazała, że wody odpływające potokiem Uniszowski kwalifikowały się do III klasy czystości, a więc do wód o zadowalającej jakości.

## Wnioski

1. Wartości większości badanych wskaźników w żadnym z terminów badań nie przekroczyły kryteriów wody do picia. Tylko stężenia zawiesiny ogólnej, stopień nasycenia tlenem, liczba bakterii grupy coli i coli typu kałowego, z powodu których wymagane jest fizyczne oraz typowe i wysokosprawne uzdatnianie chemiczne wody.
2. Ze względu na temperaturę wody, pH, zawiesinę ogólną, BZT<sub>5</sub>, stężenia fosforanów oraz azotu amonowego, wody potoku Uniszowskiego gwarantują sprzyjające warunki dla bytowania ryb łososiowatych i karpowatych. Natomiast stężenia tlenu rozpuszczonego i azotynów mogą wywierać niekorzystny wpływ na rozwój ryb.
3. Spośród badanych wskaźników tylko stężenia zawiesiny ogólnej oraz stopień nasycenia wody tlenem sporadycznie nie spełniają kryteriów wody do kąpieli.

## Literatura

- RAJDA W., OSTROWSKI K., BOGDAŁ A. 2001. Zawartość wybranych składników fizykochemicznych w wodzie opadowej i odpływającej z mikrozelewni leśnej. Zesz. Nauk. AR Kraków, ser. Inżynieria Środowiska, 21, 21–31.
- TRYBAŁA M. 1996. Gospodarka wodna w rolnictwie. Wyd. PWRiL W-wa.

---

Andrzej Bogdał, Krzysztof Ostrowski  
Katedra Melioracji i Kształtowania Środowiska, Akademia Rolnicza w Krakowie



Mieczysław Chalfen, Tomasz Kowalczyk

## **MODELOWANIE SPŁYWU WÓD PODZIEMNYCH W REJONIE ARBORETUM W PAWŁOWICACH**

### **GROUNDWATER FLOW MODELING IN THE ARBORETUM IN PAWŁOWICE**

#### **Wstęp**

Badania modelowe dają szerokie możliwości analizy i oceny stosunków wodnych terenów rolniczych i leśnych. W tym przypadku modelowanie matematyczne zostało wykorzystane do określenia głębokości zalegania i kierunków spływu wody gruntowej w rejonie Arboretum Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu. Obiekt badawczy położony jest na północno-wschodnim krańcu Wrocławia, w rejonie osiedla Pawłowice i wsi Ramiszów. Arboretum zajmuje około 80 ha powierzchni leśnych i zalesionych, parkowych, a także obszary łąk, pól uprawnych. Arboretum posiada rozbudowany system wodno-melioracyjny w skład którego wchodzi: staw parkowy, kilka małych oczek wodnych oraz bogata sieć rowów melioracyjnych.

#### **Omówienie wyników**

W badaniach dynamiki wód podziemnych w rejonie Arboretum wykorzystano model matematyczny dla jednowarstwowego przekroju płaskiego w planie. Podstawą modelu jest dwuwymiarowe, w układzie X-Y, równanie Boussinesq'a w wersji niestacjonarnej, pozwalające obliczyć wysokości piezometryczne i kierunki spływu wód gruntowych przy zmieniających się w czasie i przestrzeni warunkach brzegowych. Do rozwiązania powyższego równania zastosowano metodę elementów skończonych [Zienkiewicz i inni 2005] z podziałem obszaru filtracji na elementy trójkątne. Obliczenia wykonano z wykorzystaniem autorskiego programu FIZ [Chalfen 2003]. W pracy przyjęto na brzegu wschodnim (rys. 1) warunek cieklu niedogłębionego przyjmując wysokości piezometryczne zgodnie ze stanami rzeki Dobra. Brzeg północny i zachodni opisano warunkiem brzegowym typu Neumana, zadając wielkość dopływu gruntowego oszacowaną na podstawie. Uwzględniono niejednorodność warstwy wodonośnej zgodnie mapami współczynnika filtracji [Chodak i inni 2005]. Zasilanie poziome wodonośnego ze strefy aeracji (dodatnie w okresach infiltracji lub ujemne w okresach parowania) określono na drodze tarowania modelu z wykorzystaniem pomiarów piezometrycznych. Obraz uzyskany z modelu jest zgodny z obserwowanym w terenie układem hydroizohips, zarówno w okresie wiosennym przy wysokich stanach wód gruntowych i powierzchniowych, jak i w okresie późnojesiennym. Wody dopływające do rozważanego obszaru przez brzeg północny i wschodni oraz wody infiltrujące z górnego i środkowego odcinka rzeki Dobra przemieszczają się do centralnej części doliny, a następnie spływają w kierunku południowym zasilając ciek Dobra (rys. 1).



Rys. 1. Obliczone hydrozohipsy i kierunki spływu wód gruntowych na koniec listopada 2004 r.

## Wnioski

Badania modelowe wykazały, że spływ wód podziemnych w rejonie Arboretum występuje w kierunku do centrum obiektu, gdzie niegdyś prawdopodobnie przebiegało pierwotne koryto rzeki Dobrej. Ciek ten stanowi odbiornik wód powierzchniowych i gruntowych, które spływają przez teren Arboretum w kierunku południowym, jak również stanowi główne źródło zasilania w rejonie północno-wschodnich granic obiektu. Po wytarowaniu, zbudowany model może być wykorzystany do analizy wpływu wybranych elementów hydrologicznych na wahania wód gruntowych, zmiany kierunków przepływu, zmiany retencji gruntowej, itp.

## Literatura

- CHALFEN M. 2003, Opis programu FIZ – Filtracja i Zanieczyszczenia, XXXIII Seminarium Zastosowań Matematyki, Kobyła Góra, s.: 37-40.
- CHODAK T., KABAŁA C., BOGACZ A., KARCZEWSKA A., JEZERSKI P., GAŁKA B., 2005. Glebowo-wilgotnościowe uwarunkowania różnorodności przyrodniczej w dolinie Dobrej w Pawłowicach na obszarach projektowanego Arboretum Akademii Rolniczej we Wrocławiu, Sprawozdanie za 2003-2004 r, Wrocław.
- ZIENKIEWICZ O. C., TAYLOR R. L., NITHIARASU P. 2005. Finite Element Method for Fluid Dynamics, Elsevier, ss. 400.

*Praca naukowa finansowana ze środków budżetowych na naukę w latach 2005-2008 jako projekt badawczy*

Mieczysław Chalfen

Katedra Matematyki, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu

Tomasz Kowalczyk

Instytut Kształtowania i Ochrony Środowiska, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu

Robert Kasperek, Mirosław Wiatkowski

## ROLA MELIORACJI W KSZTAŁTOWANIU STOSUNKÓW WODNYCH NA TERENACH ROLNICZYCH

### ROLE OF THE MELIORATION IN FORMING OF WATER RELATIONS ON ARABLE LAND

#### Wstęp

Współczesne melioracje powinny zapewniać gruntowne ulepszenie ekosystemów użytków rolnych, leśnych i wód powierzchniowych, z utrzymaniem równowagi przyrodniczej, a także ograniczać wpływ ekstremalnych zjawisk naturalnych (powódzie, erozja, susze) na gospodarkę. Potrzeba melioracji wynika z niesprzyjających naszemu rolnictwu warunków klimatycznych, a zwłaszcza niekorzystnego rozkładu opadów w ciągu roku, występowania lat suchych i mokrych [MARCILONEK I INNI 1995]. Celem pracy jest ocena wpływu i zakresu oddziaływania urządzeń melioracji szczegółowych będących w administrowaniu spółki wodnej w Prószkowie na zdolność produkcyjną gleb w obrębie wybranych działek (rys. 1).



Rys. 1.

#### Omówienie wyników

Autorzy przeprowadzili inwentaryzację działek i urządzeń wodno-melioracyjnych oraz przeprowadzili stosowne obliczenia i analizy. Autorzy dokonali analizy i obliczeń spływu powierzchniowego wód z opadów dla badanego obszaru. Odpływ wody do rowów w okresie wezbrań obliczono ze wzoru  $Q = 0,278\alpha IF = BF$  ( $m^3 s^{-1}$ ) [LAMBOR 1971], gdzie: 0,278-współczynnik przeliczeniowy jednostki,  $\alpha$ -współczynnik odpływu z opadów deszczowych, I-natężenie deszczu w  $mmh^{-1}$ , F-powierzchnia zlewni w  $km^2$ . Natężenie deszczu nawalnego obliczono ze wzoru Lambora  $I = [(38-12\log(p))H^{0,28}](t+o)^n$  ( $mmh^{-1}$ ) [LAMBOR 1971], gdzie: p-prawdopodobieństwo przekroczenia opadu w %; H-wysokość średniego rocznego opadu w m; t-czas trwania deszczu w h; o i n-parametry wzoru, będące funkcjami wysokości opadu H. Z obliczeń wynika, że odpływ wody wynosi 3 l/s, natomiast z całej

powierzchni obszaru objętego oddziaływaniem rowu R-F2 jest rzędu  $0,2 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ . Autorzy w celu sprawdzenia i wykazania czy rów R-F2 funkcjonuje skutecznie oraz czy spełnia swoje podstawowe zadanie tj. przechwytuje nadmiar wód oraz korzystnie oddziałuje na tereny obejmujące m.in. badane działki przeanalizowali zasięg depresji tych rowów. Woda do rowów jako poziomych ujęć wód gruntowych dopływa poprzez jego ściany. Powstaje wówczas obustronna depresja, której równanie wyprowadzone jest z prawa Darcy'ego  $z(H_R)^2 - H_0^2 = 2qx/k$  [PAZDRO 1977]. Z obliczeń wynika, że w zakresie głębokości wody w rowie od 0,2 m do 1,0 m zasięg krzywej depresji jest rzędu 550-555 m i pokrywa się on z granicą obszaru oddziaływania rowu R-F2 wyznaczoną z map badanego terenu.

Autorzy zwracają uwagę na fakt, że melioracje szczegółowe nie są jedynym sposobem m.in. zapobiegania niszczeniu gleb i upraw polowych. Opieranie się w tym przypadku tylko na samych melioracjach jest błędem. Dlatego też przy ocenie zdolności produkcyjnej gleb ważne jest również prawidłowe gospodarowanie i dbanie o należyty stan użytków.

## Wnioski

Na podstawie przeprowadzonych badań autorzy stwierdzili, że:

- badane działki podlegają bezpośredniemu oddziaływaniu rowu R-F2, przez co poprawia się zdolność produkcyjna gleby i łagodzone są negatywne skutki zjawisk hydrologicznych,
- rów R-F2 przejmuje w całości opad i spływ badanego terenu,
- zasięg krzywej depresji tj. skutecznego i korzystnego oddziaływania rowu R-F2 wynosi ok. 550-555 m i obejmuje ten sam obszar, który został wyznaczony w oparciu o pomiaru terenowe i kierunki spływu wód. Tym samym rów ten wywiera korzystny wpływ na grunty i uprawy na tych działkach. Należy również zaznaczyć, że rów R-F1, do którego są odprowadzane wody z rowu R-F2 odgrywa też bardzo ważną rolę, gdyż jest odbiornikiem wód, przekazując je dalej do Olszynki jako ciekui podstawowego.

## Literatura

- KASPEREK R., WIATKOWSKI M. 2006b. *Obliczenia hydrologiczno-meteorologiczne, hydrogeologiczne i hydrauliczne działek oraz urządzeń melioracyjnych we wsi Chrzęszczyce, gmina Prószków*. Maszynopis, Wrocław-Opole.
- KASPEREK R., WIATKOWSKI M. 2006c. *Wykonanie odwiertów hydrogeologicznych na wybranych działkach we wsi Chrzęszczyce, gmina Prószków oraz ich analiza*. Maszynopis, Wrocław-Opole.
- LAMBOR J., 1971. *Hydrologia inżynierska*. Arkady, Warszawa.
- MARCILONEK S., KOSTRZEWA S., NYC K., DRABIŃSKI A. 1995. *Cele i zadania współczesnych melioracji wodnych*. W: *Ekologiczne aspekty melioracji wodnych*. L. Tomiałojć (red.). Wyd. Instytutu Ochrony Przyrody PAN, Kraków, 71-84.
- PAZDRO Z. 1977. *Hydrogeologia ogólna*. Wydawnictwa Geologiczne, Warszawa.
- PRAWO WODNE. *Ustawa z dnia 3 czerwca 2005 r.*

Robert Kasperek

Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, Instytut Inżynierii Środowiska

Mirosław Wiatkowski

Uniwersytet Opolski, Katedra Ochrony Powierzchni Ziemi

Józef Koc, Kamil Solarski, Justyna Koc-Jurczyk

## WPŁYW WARUNKÓW ATMOSFERYCZNYCH NA ODPIYW ZWIĄZKÓW AZOTU ZE ZLEWNI DRENARSKIEJ

### EFFECT OF ATMOSPHERIC CONDITIONS ON THE OUTFLOW OF NITROGEN COMPOUNDS FROM A DRAINAGE CATCHMENT

Warunki atmosferyczne należą do najważniejszych czynników wpływających na wymywanie składników a szczególnie azotu z obszarów rolniczych. Ulega on łatwo przemianom między formami organicznymi i mineralnymi [MESSENBURG i in. 2004]. Wysoka produktywność azotu sprzyja stosowaniu azotu w dawkach przekraczających optymalne zaopatrzenie roślin [SAPEK 1996]. Stąd jednym z pierwszych objawów zanieczyszczenia środowiska przez rolnictwo było pojawienie się znaczących, często niebezpiecznych ilości azotanów w wodach gruntowych i powierzchniowych. Niewykorzystane przez rośliny azotany nie podlegają innym rodzajom sorpcji i łatwo przemieszczają się w glebie. Badania prowadzone w zlewni rolniczej wykazały, że 44,1% azotu uległo denitryfikacji, 38,4% zostało wykorzystane przez rośliny 17,4% - uległo przemianom w tlenki azotu. Pozostała część azotu stanowił spływ powierzchniowy (0,12%) i podziemny (0,03%). Ładunek azotu odprowadzanego ze spływem powierzchniowym zależał także od zagospodarowania zlewni [YAN W., YIN C., ZHANG S. 1999]. Celem badań było określenie dynamiki odpływu azotanów w powiązaniu z warunkami atmosferycznymi, w zlewni rolniczej (grunty orne zajmują 96% areалу) o średnim nawożeniu NPK w okresie badawczym wynosiło 180 kg/ha i zmianowaniu zbożowym.

**Tabela 1.** Średnie wartości stężeń i rocznych ładunków N-NH<sub>4</sub> i N-NO<sub>3</sub> odpływających drenem w latach 1992-1999

**Table 1.** Average concentrations and annual loads of N-NH<sub>4</sub> and N-NO<sub>3</sub> flowing out of a little-drain in the period of 1992-1999

Oznaczenie Parameter	Jednostka Unit	Średnia Average	Zakres wartości Range
Stężenie Concentration N-NH <sub>4</sub>	mg N/dm <sup>3</sup>	0,61	0,01 – 7,36
Stężenie Concentration N-NO <sub>3</sub>	mg N/dm <sup>3</sup>	6,50	0,31 – 16,40
Ładunek Load N-NH <sub>4</sub>	kg N/ha	0,81	0,57 – 1,10
Ładunek Load N-NO <sub>3</sub>	kg N/ha	12,41	3,62 – 31,31

Średnie stężenie azotu mineralnego w wodach odpływających drenem wyniosło 7,11 mg N/dm<sup>3</sup> z czego 90% stanowiły azotany a 10% N-NH<sub>4</sub> (0,61 mg N/dm<sup>3</sup>). Również odpływający ładunek N-NO<sub>3</sub> był wyższy od ładunku N-NH<sub>4</sub> (15. krotnie). Średni roczny odpływ azotanów był silnie zróżnicowany (9. krotnie) co wskazuje, że zależał on głównie od zmienności czynników środowiska, głównie warunków meteorologicznych

Wykonano analizę statystyczną poszukując związków przyczynowo-skutkowych pomiędzy czynnikami środowiska - temperaturą, opadami atmosferycznymi, spływami oraz stężeniem i ładunkiem N-NH<sub>4</sub> i N-NO<sub>3</sub> w badanym okresie (średnie miesięczne) zastosowano analizę korelacji. Współczynnik korelacji prostej testowano na poziomie istotności p=0,05. Pomiedzy stężeniami i ładunkami dla N-NH<sub>4</sub> i N-NO<sub>3</sub> dla badanej zlewni drenarskiej w latach 1992-1999 a temperaturą powietrza i spływem stwierdzono istotne dodatnie związki (tab. 2).

**Tabela 2.** Korelacja stężeń i ładunków N-NH<sub>4</sub> i N-NO<sub>3</sub> odpływających drenem a temperaturą powietrza, opadami i spływami wód

**Table 2.** Correlation between concentrations and loads of N-NH<sub>4</sub> and N-NO<sub>3</sub> outflowing from a litedrain and air temperature, precipitation and overland flow

Oznaczenie Parameter	Temperatura Temperature	Opad Precipitation	Spływ Overland flow	Stężenie Concentration N-NH <sub>4</sub>	Stężenie Concentration N-NO <sub>3</sub>	Ładunek Load N-NH <sub>4</sub>
Stężenie Concentration N-NH <sub>4</sub>	0,81	0,18	0,92	–	0,94	1,00
Stężenie Concentration N-NO <sub>3</sub>	0,70	0,18	0,92	0,94	–	0,94
Ładunek Load N-NH <sub>4</sub>	0,81	0,18	0,92	1,00	0,94	–
Ładunek Load N-NO <sub>3</sub>	0,79	0,20	0,95	0,99	0,96	0,99

Przeprowadzone obliczenia wykazały szczególnie wysoki związek stężeń i ładunków mineralnych form azotu.

## Wnioski

1. Stężenie azotanów w odpływach drenarskich jest dziesięciokrotnie większe, a roczny ładunek 14 krotnie większy niż azotu amonowego.
2. Stężenia i ładunki obu form azotu są dodatkowo skorelowane z temperaturą powietrza i wielkością odpływu wody. Warunki meteorologiczne powodowały zróżnicowanie rocznego ładunku N-NO<sub>3</sub> w granicach 3,62 do 31,31 kg z ha i ładunku N-NH<sub>4</sub> 0,57 – 1,10 kg/ha.

## Literatura

- MEESENBURG H., MERINO A., MEIWES K.J., BEESE F.O. 2004. Effects of long-term application of ammonium sulphate on nitrogen fluxes in a beech ecosystem at solling, Germany. *Water, Air and Soil Pollution* 4; 415-426.
- SAPEK A. 1996. Udział rolnictwa w zanieczyszczeniu wody składnikami nawozowymi. *Zesz. Eduk. IMUZ* 96; 9-34.
- YAN W., YIN C., ZHANG S. 1999. Nutrient budgets and biogeochemistry in an experimental agricultural watershed in Southeastern China. *Biogeochemistry* 45; 1-19.

---

Józef Koc, Kamil SolarSKI, Justyna Koc-Jurczyk  
Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie,  
Katedra Melioracji i Kształtowania Środowiska

Tomasz Kowalczyk, Anna Pływaczyk,  
Wojciech Orzepowski, Grzegorz Pęczkowski

## **KONCEPCJA REWALORYZACJI SYSTEMU WODNO-MELIORACYJNEGO NA TERENIE ARBORETUM W PAWŁOWICACH**

### **CONCEPTION OF THE WATER SYSTEM RECLAMATION IN THE ARBORETUM IN PAWLOWICE**

#### **Wstęp**

Celem pracy jest określenie zarysu koncepcji rewaloryzacji systemu wodno-melioracyjnego znajdującego się na terenie Arboretum Uniwersytetu Przyrodniczego w Pawłowicach pod Wrocławiem przy uwzględnieniu wyników badań panujących na tym obiekcie stosunków wodnych. Ośrodek Badań Dendrologicznych Arboretum położony jest na północno-wschodnim krańcu Wrocławia, w rejonie osiedla Pawłowice i wsi Ramiszów. W skład Arboretum wchodzi około 80 ha powierzchni leśnych i zalesionych, parkowych, a także obszary łąk, pól uprawnych oraz staw parkowy i kilka małych oczek wodnych wraz z siecią rowów melioracyjnych [Kostrzewa i inni 2004]. Urządzenia melioracyjne są zaniedbane i wymagają remontu lub odbudowy w celu usprawnienia przepływu wody oraz stworzenia warunków do jej retencjonowania poprzez regulację odpływu z terenu zalesionej nizinnej doliny rzecznej stanowiącej teren Arboretum [Ciepielowski 2000].

#### **Omówienie wyników**

Badania wykazały, że system wodno-melioracyjny pełni znaczącą rolę w regulacji stosunków wodnych Arboretum. Należy więc przywrócić mu pełną sprawność techniczną, uwzględniając potrzebę wybudowania nowych zastawek umożliwiających regulowanie odpływu wody z obiektu. Zasadniczą częścią opracowanej koncepcji jest przywrócenie trwałego przepływu wody przez rów przebiegający przez najniższej położoną, centralną część Arboretum, gdzie niegdyś płynęła rzeka Dobra. Ponowne uruchomienie przepływu wody przez środek Arboretum wymaga pobierania wody z rzeki Dobrej, a ze wstępnych ustaleń wynika, że dla uzyskania grawitacyjnego przepływu konieczne będzie niewielkie spiętrzenie wody w rzece. Badania wykazały, że rozpatrywany obszar pokrywają siedliska świeże i wilgotne z wodą gruntową zalegającą na głębokości około 0,5-2,0 m. Przywrócenie przepływu przez centralny obszar części leśnej Arboretum zmodyfikuje istniejące stosunki



wodne poprzez podniesienie poziomu wody gruntowej na terenie przyległym do trasy rowu. Dodatkowo wzbogacenie zasobów wodnych Arboretum będzie można uzyskać poprzez wykorzystanie wód przejmowanych przez system odwadniający projektowanej obwodnicy autostradowej Wrocławia, która będzie stanowić północną granicę obiektu. W analizie stosunków wodnych rozpatrywanego obszaru należy uwzględnić wpływ budowy drogi na przepływ wód powierzchniowych i podziemnych w rejonie Arboretum. Wykonanie silnie zagęszczonego nasypu w poprzek doliny rzeki Dobrej może w znaczący sposób wpłynąć na stosunki wodne w Arboretum, gdyż z dotychczasowych badań wynika, że woda gruntuwa przemieszcza się w warstwie wodonośnej z północy na południe, wzdłuż koryta rzeki Dobrej.

## **Wnioski**

Wykonanie remontu systemu wodno-melioracyjnego Arboretum zgodnie z powyższymi założeniami pozwoli w znaczący sposób wzbogacić zasoby wodne obiektu. Istotne jest uzyskanie kontroli nad odpływem wody z terenu Arboretum poprzez budowę zastawek. Zmiany stosunków wodnych nie mogą w negatywny sposób odbić się na istniejącym drzewostanie, a system wodno melioracyjny ma zapewnić możliwość prowadzenia dwukierunkowej gospodarki wodnej bazującej na bezpiecznym retencjonowaniu wody w okresach jej nadmiaru oraz uzupełnienia niedoborów w okresach posusznych [Nyc i Pokładek 2003].

## **Literatura**

- CIEPIEŁOWSKI A. 2000. Kształtowanie retencji wodnej w lasach. Mat. konf. „Rola lasów w gospodarce wodnej kraju i gospodarka wodą w lasach”, SiiTLiD, Janów Lubelski.
- KOSTRZEWA S., PŁYWACZYK A., KOWALCZYK, T. 2004. Ocena stosunków wodnych na terenie Arboretum. Mat. seminar. „Stan obecny i kierunki rozwoju Arboretum Akademii Rolniczej we Wrocławiu”, s. 14.
- NYCK., POKŁADEK R. 2003. Efekty regulowania odpływu ze zmeliorowanych obiektów w małych zlewniach rolniczych. Acta Scientiarum Polonorum, Formatio Circumiectus 2. Kraków, s. 3-12.

*Praca naukowa finansowana ze środków budżetowych na naukę w latach 2005-2008 jako projekt badawczy*

---

Tomasz Kowalczyk, Anna Pływaczyk,  
Wojciech Orzepowski, Grzegorz Pęczkowski  
Instytut Kształtowania i Ochrony Środowiska,  
Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu

Tomasz Kowalczyk, Anna Pływaczyk,  
Grzegorz Pęczkowski, Wojciech Orzepowski

## **OCENA STOSUNKÓW WODNYCH ARBORETUM W PAWŁOWICACH<sup>2</sup>**

### **ASSESSMENT OF THE WATER CONDITIONS IN THE ARBORETUM IN PAWLOWICE**

#### **Wstęp**

Celem badań prowadzonych od sierpnia 2003 r. do listopada 2006 r. była ocena stosunków wodnych na terenie Ośrodka Badań Dendrologicznych „Arboretum” Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu. Rozpoznanie wpływu czynnika wodnego na warunki siedliskowe jest podstawowym zagadnieniem kształtowania terenów zieleni wysokiej [Pływaczyk i inni 2001]. Ośrodek Badań Dendrologicznych Arboretum położony jest na północno-wschodnim krańcu Wrocławia, w rejonie osiedla Pawłowice i wsi Ramiszów. Arboretum zajmuje około 80 ha powierzchni leśnych i zalesionych, parkowych, a także obszary łąk, pól uprawnych. Arboretum posiada rozbudowany system wodno-melioracyjny w skład którego wchodzi: staw parkowy, kilka małych oczek wodnych oraz bogata sieć rowów melioracyjnych [Kostrzewa i inni 2004]. W ramach prowadzonych badań analizie poddano głębokość zalegania zwierciadła wody gruntowej na tle opadów atmosferycznych i temperatury powietrza, warunki hydrogeologiczne oraz stan i funkcjonowanie systemu wodno-melioracyjnego. Pomiaru położenia zwierciadła wody gruntowej i wód powierzchniowych były wykonywane przeciętnie jeden raz w tygodniu w 21 studzienkach piezometrycznych oraz 5 punktach pomiaru rzędnych wód powierzchniowych.

#### **Omówienie wyników**

Badania wykazały, że na terenie arboretum występują siedliska świeże i wilgotne z wodą gruntową zalegającą na głębokości od 0,5 do 2,0 m. Istnieją też niewielkie enklawy o stałym nadmiernym uwilgotnieniu z wodą gruntową na głębokości od 0,0 do 0,5 m. Są to z reguły lokalne obniżenia terenowe, w których nie należy zmieniać warunków wilgotnościowych z uwagi na znaczącą rolę przyrodniczą terenów podmokłych. Niekiedy jednak nadmierne uwilgotnienie wiąże się też z wadliwym funkcjonowaniem urządzeń melioracyjnych. Stwierdzono, że system wodno-melioracyjny jest zaniedbany, wymaga renowacji, a także budowy urządzeń piętrzących pozwalających na dwukierunkowe regulowanie stosunków wodnych obiektu i poprawę stanu retencji. Zasoby wodne obiektu nie są wystar-

czające do utrzymania wymaganego poziomu wody w istniejących na terenie arboretum oczkach wodnych. Amplituda wahań lustra przekracza w skali roku 1,0 m, a brak wymiany wody powoduje, że ulega ona silnemu samozanieczyszczeniu poprzez intensywny rozwój roślinności, zakwity wody itp.

Analiza głębokości zalegania zwierciadła wody gruntowej na terenie Arboretum wykazała, że spływają one w kierunku do środka obiektu, a nie do rzeki Dobrej, która stanowi wschodnią granicę Arboretum i jest odbiornikiem wody z systemu wodno-melioracyjnego. Sugeruje to, że niegdyś rzeka ta mogła przepływać przez teren arboretum, a obecny bieg zawdzięcza działalności człowieka. Potwierdzają to również wyniki badań gleboznawczych, na podstawie których w centrum Arboretum stwierdzono powszechne występowanie mad [Chodak i inni 2005].

## **Wnioski**

Stwierdzono, że na obszarze arboretum przeważają siedliska świeże i wilgotne z wodą gruntową zalegającą na głębokości 0,5-2,0 m. Istnieją również obszary stale nadmiernie uwilgotnione, co niekiedy wiąże się ze złym stanem urządzeń melioracyjnych. Zaniedbany system wodno-melioracyjny wymaga remontu przywracającego sprawność techniczną i umożliwiającego prowadzenie dwukierunkowej regulacji stosunków wodnych.

## **Literatura**

- CHODAK T., KABAŁA C., BOGACZ A., KARCZEWSKA A., JEZIERSKI P., GAŁKA B. 2005. Glebowo-wilgotnościowe uwarunkowania różnorodności przyrodniczej w dolinie Dobrej w Pawłowicach na obszarach projektowanego Arboretum Akademii Rolniczej we Wrocławiu, Sprawozdanie za 2003-2004 r, Wrocław.
- KOSTRZEWA S., PŁYWACZYK A., KOWALCZYK, T. 2004. Ocena stosunków wodnych na terenie Arboretum. Mat. seminar. „Stan obecny i kierunki rozwoju Arboretum Akademii Rolniczej we Wrocławiu”, s. 14.
- PŁYWACZYK A., ORZEPOWSKI W., KOWALCZYK T. 2001. Kształtowanie się stosunków wodnych we wrocławskim Parku Południowym. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln., nr 477, PAN, Warszawa s. 135-142.

---

Tomasz Kowalczyk, Anna Pływaczyk,  
Grzegorz Pęczkowski, Wojciech Orzepowski  
Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu,  
Instytut Kształtowania i Ochrony Środowiska

Anna Krysztofiak, Sylwester Grajewski

## POTENCJALNA ZDOLNOŚĆ RETENCYJNA OBSZARÓW LEŚNYCH NADLEŚNICTWA DOŚWIADCZALNEGO SIEMIANICE

### THE POTENTIAL RETENTION CAPABILITY FOREST'S AREAS INDEX OF THE FOREST EXPERIMENTAL DISTRICT "SIEMIANICE"

#### Wstęp

Wykorzystanie technologii cyfrowych w badaniach naukowych stwarza nowe możliwości dla prowadzenia różnorodnych analiz. Coraz większą popularnością cieszą się programy typu GIS – *Geographical Information System*, których możliwości wykorzystania są ogromne, jednak ściśle zależne od dostępności, wielkości oraz „jakości” baz danych. To zakres i „jakość” informacji zawartych w bazach danych decyduje o możliwościach, precyzji, a także o szczegółowości prowadzonych analiz. W niniejszej pracy zaproponowano, aby do szacowania wartości znanego z literatury *miernika (wskaźnika) zdolności retencyjnej obszarów leśnych* wykorzystać, jako powierzchnię elementarną, *pododdział* – najmniejszą jednostkę podziału przestrzennego stosowanego w lasach. Jednocześnie przyjęte metody badań pozwoliły na zastosowanie w obliczeniach danych zaczerpniętych z baz zawierających informacje drzewostanowe i siedliskowe gromadzone w trakcie prac urzędniowych prowadzonych na rzecz gospodarstw leśnych. Pierwszy etap prac stanowiły badania przeprowadzone na terenie Leśnictwa Doświadczalnego Marianka będącego częścią Nadleśnictwa Doświadczalnego Siemianice Akademii Rolniczej w Poznaniu. Na podstawie wykonania analiz składały się: Operat urzędnika gospodarstwa leśnego [Operat... 2004], materiały kartograficzne oraz bazy danych dołączone do mapy cyfrowej Nadleśnictwa Doświadczalnego Siemianice. Pomysł obliczania miary zdolności retencyjnej dla zlewni rzecznych prezentowany był w literaturze przedmiotu już wcześniej [Miler 1984, 1994, 1998; Miler i in. 2001]. Istota szacowania wartości *miernika potencjalnej zdolności retencyjnej dla obszarów zalesionych* sprowadza się do przypisania każdej elementarnej powierzchni (jednorodnej lub quasi-jednorodnej ze względu na wydzielone charakterystyki fizjograficzne) jednego parametru uwzględniającego sumaryczne oddziaływanie najbardziej istotnych w danym regionie parametrów fizjograficznych na potencjalne zdolności retencyjne. Na tej podstawie każdemu z pododdziałów przyporządkowano charakterystyki, które uznano jako opisujące jego potencjalną zdolność retencyjną. W następnym etapie podzielono zakresy zmian wartości każdego z parametrów w całym badanym obszarze na 3 klasy odpowiadające *małej, średniej oraz dużej* potencjalnej zdolności retencyjnej. Klasy te otrzymały odpowiednio kody „1”, „2” i „3”. Kolejny krok to zsumowanie kodów wszystkich

parametrów przypisanych każdemu pododdziałowi w wyniku czego otrzymano dla każdego z nich nową wartość odzwierciedlającą jego zdolność retencyjną. Ostatnim etapem było wygenerowanie mapy przedstawiającej zmienność przestrzenną obliczonego miernika.

## Omówienie wyników i podsumowanie

Analiza rozkładu miernika potencjalnej zdolności retencyjnej dla Leśnictwa Doświadczalnego wykazała, że charakteryzuje się on znaczną zmiennością przestrzenną. Generalnie obszary o dużej potencjalnej zdolności retencyjnej zidentyfikowane zostały na terenach o siedliskach żyznych, pokrytych drzewostanami dojrzałymi, natomiast o małej zdolności retencyjnej na siedliskach ubogich z młodymi drzewostanami sosnowymi.

Przy szacowaniu *miernika potencjalnej zdolności retencyjnej obszarów zalesionych* w oparciu o *pododdział* uzyskuje się zbliżone wyniki do metod wykorzystujących jako powierzchnię elementarną *raster*. Jednak w pierwszym przypadku w znacznym stopniu rozszerzyć można zakres zastosowanych charakterystyk jak i ułatwić prowadzenie obliczeń poprzez bezpośrednie korzystanie z informacji zawartych w bazach danych interesującego nas obiektu leśnego. W wyraźny sposób może to przyspieszyć tok prowadzonych obliczeń oraz zwiększyć precyzję szacowania nie tylko w ujęciu ilościowym, ale także lokalizacji przestrzennej. Przedstawiona w pracy koncepcja obliczania wartości *miernika potencjalnej zdolności retencyjnych*, stanowiącego statyczną charakterystykę retencji, umożliwiać może obiektywną ocenę zdolności retencyjnej określonego terenu, stwarzać możliwości do porównywania pomiędzy sobą interesujących nas obszarów oraz dawać podstawy do ewentualnego przenoszenia informacji hydrologicznych z obiektów monitorowanych na nieobjęte kontrolą hydrometryczną.

## Literatura

- MILER A. (1984): Problem określania charakterystyk fizjograficznych zlewni jako podstawa oceny warunków retencyjnych. Pol. Tow. Geofiz., Wrocław. Semin. „Problematyka hydrologiczna i meteorologiczna małych zlewni rzecznych”.
- MILER A. (1994): Modelowanie matematyczne zdolności retencyjnych małych zlewni nizinnych. Roczniki AR w Poznaniu. Rozprawy naukowe, z. 258.
- MILER A. (1998): Modelowanie obszarowych zmienności różnych miar retencji. Wyd. AR Poznań.
- MILER A.T., GRAJEWSKI S., OKOŃSKI B. (2001): Stosunki wodne w wybranych ekosystemach Puszczy Zielonka. Monografia. Wyd. AR Poznań.
- Operat urzędnika gospodarstwa leśnego dla Nadleśnictwa Doświadczalnego Siemianice (2005). LZD Siemianice. Maszynopis.

Daniel Liberacki, Czesław Szafranski, Rafał Stasik, Mariusz Korytowski

## BILANS WODNY MAŁEJ ZLEWNI LEŚNEJ

### WATER BALANCE IN SMALL FOREST CATCHMENT

#### Wstęp

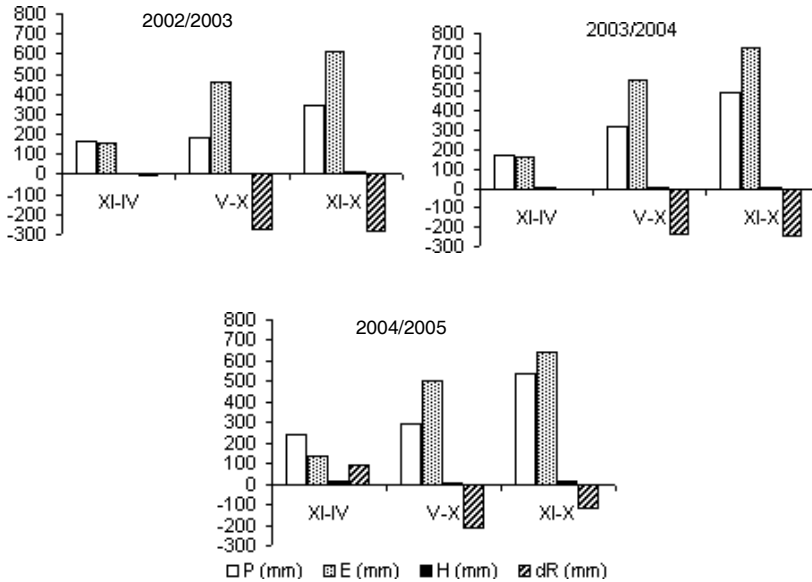
Największe deficyty wody, które dodatkowo ulegają stopniowemu pogłębieniu odnotowuje się w Wielkopolsce [KOWALCZAK 2001]. W środkowej części dorzecza Warty zasoby wodne są małe, nawet w latach przeciętnych i mokrych [PRZYBYŁA 1994]. W celu ograniczenia odpływów ze zlewni rzecznych konieczne jest tworzenie systemów umożliwiających zamykanie obiegu wody w zlewni. Potwierdzają to liczne badania [KOSTURKIEWICZ i in. 2002] dotyczące odpływów, które wskazują na korzystny wpływ lasu na kształtowanie się gospodarki wodnej zlewni. Las posiada bowiem duże zdolności retencyjne, będąc naturalnym zbiornikiem zgromadzonej w nim wody, która może być następnie wykorzystywana w okresie suszy.

#### Omówienie wyników

W pracy dokonano oceny zmian podstawowych składników bilansu wodnego małej zlewni leśnej, na tle przebiegu warunków meteorologicznych w latach hydrologicznych 2002/2003-2004/2005. Przedmiotem badań była mikrozwlewnia ciek Hutka do przekroju Huta Pusta. Zlewnia położona jest w centralnej części Wielkopolski, około 20 km na północny-wschód od Poznania w Puszczy Zielonka. Przebieg warunków meteorologicznych w badanych latach przeanalizowano, na podstawie opadów atmosferycznych pomierzonych we własnym posterunku opadowym, zlokalizowanym na terenie omawianej zlewni, na tle średniej z wielolecia 1969/1970 – 2004/2005. Standardowe pomiary hydrometeorologiczne obejmowały ciągłą obserwację stanów wody w ciek Hutka na trójkątnym przelewie pomiarowym Thomsona. W celu ilościowej oceny zasobów wodnych w badanej zlewni określono półroczne i roczne składniki bilansu wodnego (rys. 1). Otrzymane wyniki wskazują, że pomimo różnych sum rocznych opadów w latach 2002/2003-2004/2005, odpływy roczne ze zlewni były niewielkie i wynosiły około 10 mm. Bardzo wyrównane średnie półroczne i roczne wartości odpływów w badanych latach, świadczą o dużych zdolnościach retencyjnych omawianej zlewni leśnej. Duże wartości parowania terenowego w badanych latach sprawiły, że w analizowanej zlewni wystąpił spadek zasobów wodnych w każdym z omawianych lat.

## Wnioski

1. Badania przeprowadzone w zlewni ciek Hutka do przekroju Huta Pusta w latach hydrologicznych 2002/2003-2004/2005 potwierdziły, że podstawowym czynnikiem decydującym o zmianach retencji jest przede wszystkim przebieg warunków meteorologicznych.
2. Bardzo wyrównane wielkości średnich półrocznych i rocznych odpływów w badanych latach, świadczą o dużych zdolnościach retencyjnych omawianej zlewni leśnej.



Rys. 1. Półroczne oraz roczne wartości składników bilansu wodnego w latach 2002/2003-2004/2005

## Literatura

- KOSTURKIEWICZ A., CZOPOR S., KORYTOWSKI M., STASIK R., SZAFRAŃSKI CZ. 2002. Odpływy i retencja siedlisk leśnych w małych zlewniach. Roczniki AR w Poznaniu, seria Melioracje i Inżynieria Środowiska, t. 342, z. 23, s. 217-227
- KOWALCZAK P. 2001. Hierarchia potrzeb obszarowych małej retencji w dorzeczu Warty. Wyd. Nauk. IMGW. Warszawa.
- PRZYBYŁA Cz. 1994: Gospodarka wodna i potrzeby nawodnień w warunkach klimatyczno-glebowych Wysoczyzny Poznańskiej. Roczn. AR Pozn. 271, Melior. Inż. Środ. 15 cz. 1: 147-155.

*Praca finansowana ze środków budżetowych na naukę w latach 2005-2007 jako projekt badawczy*

Daniel Liberacki, Czesław Szafrąński, Rafał Stasik, Mariusz Korytowski  
Katedra Melioracji Kształtowania Środowiska i Geodezji, Akademia Rolnicza im. Augusta Cieszkowskiego w Poznaniu

Zdzisław Małecki

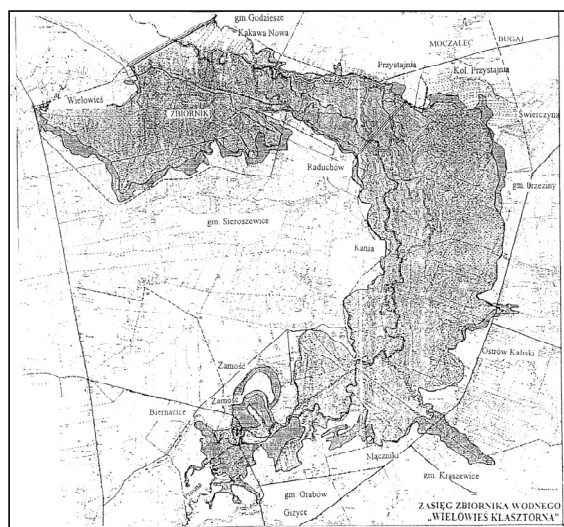
## PROGNOZY ZMIAN WARUNKÓW WODNYCH W REJONIE PLANOWANEGO ZBIORNIKA RETENCYJNEGO WIELOWIEŚ KLASZTORNA

### PROGNOSIS OF THE CHANGES OF THE WATER CONDITIONS IN THE PLANNED WIELOWIEŚ KLASZTORNA RETENTION RESERVOIR

#### Wprowadzenie

Region Wielkopolski należy do regionów o najmniejszych zasobach wody w kraju i Europie charakteryzujący się najniższymi opadami w kraju wynoszącymi rocznie średnio ok. 450 do 650 mm, w latach suchych nawet poniżej 350 mm.

Teren zbiornika (pow. zbiornika 1704, 0 ha, pojemność max 48,8 mln m<sup>3</sup>, długość 11,2 km, śr. głębokość 2,86 m, pow. zlewni 2350 km<sup>2</sup>) będzie znajdował się w obrębie doliny rzeki Prosny na Nizinie Południowo – Wielkopolskiej w obrębie mozoregionu Kotliny Grabowskiej. Teren zbiornika wodnego (rys. 1) posiada rzeźbę związaną ze zlodowaczeniem środkowopolskim. Aktualnie w ramach realizowanego kontraktu są kontynuowane prace przygotowawcze polegające na eksploatacji torfowisk niskich znajdujących się na prawobrzeżnej terasie rz. Prosny we wsi Świerczyzna.



Rys. 1. Zasięg zbiornika wodnego Wielowieś Klasztorna



## **Prognozy zmian warunków hydrogeologicznych w obrębie planowanego zbiornika retencyjnego**

Najdalszego zasięgu zmian stanu wód podziemnych należy spodziewać się po zachodniej stronie zbiornika. Prognozuje się, że podwyższenie stanów może sięgać do rejonu wsi Modlin, a więc na odległość około 3 km od granicy zbiornika. Po wschodniej stronie zbiornika oddziaływanie na poziom wód gruntowych wiązać się będzie przede wszystkim ze strefą doliny Proсны przyległą bezpośrednio do granicy spiętrzonyj wody powierzchniowej oraz z dolinami ujściowych odcinków dopływów Proсны a mianowicie: Żurawki, Łużyicy i Strugi Kraszewickiej.

## **Prognozy uregulowania stosunków wodno-glebowych powyżej i poniżej zbiornika**

### **Prognozy melioracyjne na terenach podtopionych o na obrzeżu zbiornika**

Obszary te, na których po spiętrzeniu zbiornika prognozuje się podtopienia, będą tematem szczegółowych projektów melioracyjnych (odwadnianie). Mogą mieć miejsca dodatkowe podtopienia niemożliwe do określenia w odniesieniu do posiadanej obecnie wiedzy. Mogą również wystąpić lokalne podtopienia piwnic w istniejących zabudowaniach.

W drzewostanach pozostawionych w suchej strefie zbiornika co kilka lub kilkadziesiąt lat będzie dochodziło do okresowego stagnowania wody na powierzchni gleby.

Potrzeby wodne rolnictwa zostały przedstawione w Koncepcji Programowo-Przestrzennej zbiornika Wielowieś Klasztorna (Hydroprojekt Poznań sp. z o.o. 2001) w ramach opracowania „Analiza potrzeb wodnych zbiornika”. W stosunku do wartości potrzeb określonych w „Planach perspektywicznych...” tj. dla nawodnień podsiąkowych – 13,7 mln m<sup>3</sup> na powierzchni 5010 ha oraz nawodnień deszczowianych – 24,9 mln m<sup>3</sup> na powierzchni 14450 ha, aktualne potrzeby są mniejsze gdyż odnoszą się jedynie do tych obszarów, dla których możliwe będzie doprowadzenie wody bezpośrednio ze zbiornika lub z rzeki Proсны poniżej zbiornika.

## **Wnioski**

1. Zbiornik spowoduje zmianę reżimu hydrogeologicznego w obrębie zbiornika i rzeki Proсны oraz zmiany ekologiczne, wpłynie na klimat terenów przyległych, wzbogaci ich-tiofaunę i awifaunę.
2. Na obszarach, na których po spiętrzeniu zbiornika prognozuje się podtopienia, należy wykonać melioracje odwadniające.
3. Prognozuje się nawadnianie użytków rolnych systemem podsiąkowym i deszczownianym wodami doprowadzonymi bezpośrednio ze zbiornika lub z rzeki Proсны poniżej zbiornika

## Literatura

MAŁECKI Z., „Zbiorniki retencyjne w powiecie kaliskim – Murowaniec k/Koźminka, Wielowieś Kłasztorna k/Brzezin”, Wydawnictwo Naukowe Gabriel Borowski, Lublin 2005.

PRZYBYŁEK J., THEUSS T., „Warunki hydrogeologiczne w rejonie projektowanego zbiornika retencyjnego Wielowieś Kłasztorna na rzece Prośnie”. Uniwersytet im. A. Mickiewicza, Instytut Geologii, Poznań 2001.

---

Zdzisław Małecki  
Prezes Oddziału Ziemi Kaliskiej PTIE

Antoni T. Miler

## **STAN AKTUALNY ORAZ PROGNOZA ZMIAN STOSUNKÓW WODNYCH NA OBSZARACH MOKRADŁOWYCH LEŚNEGO KOMPLEKSU PROMOCYJNEGO LASY RYCHTALSKIE**

### **THE PRESENT CONDITIONS AND FORECAST OF WATER CONDITION CHANGE IN MARSHLANDS AREAS ON THE PROMOTION FOREST COMPLEX RYCHTALSKIE FOREST**

#### **Wstęp**

Leśne Kompleksy Promocyjne (LKP) tworzone są w celu promocji trwale zrównoważonej gospodarki leśnej oraz zasobów przyrody w lasach. W skład LKP Lasy Rychtałskie (powołanego w 1996 roku) wchodzi lasy dwóch nadleśnictw RDLP w Poznaniu: Antonin (~20 tys. ha) i Syców (~22 tys. ha) oraz lasy LZD w Siemianicach (~6 tys. ha). Według regionalizacji przyrodniczo-leśnej teren ten położony jest w Krainie III Wielkopolsko-Pomorskiej, Dzielnicy 9 Kotliny Żmigrodzko-Grabowskiej oraz w Krainie V Śląskiej, Dzielnicy 2 Wrocławskiej. Siedliska wilgotne (Bb, BMb, LMb, Ol, OlJ, Lł) LKP Lasy Rychtałskie znajdujące się pod bezpośrednim wpływem wody gruntowej zajmują odpowiednio: Antonin 1,2% tj. 239ha, Syców 1,0% tj. 221ha, oraz Siemianice 6,3% tj. 375ha powierzchni leśnej.

Do badań szczegółowych wybrano trzy powierzchnie doświadczalne, mikrozelewnie, które są usytuowane tak, iż leżą prawie w całości na leśnych terenach mokradłowych. W 2004 roku rozpoczęto systematyczne badania terenowe obejmujące m.in. pomiary stanów wód gruntowych (51 studzienek) i pomiary stanów wód w ciekach (3 przelewy Thomsona) oraz okresowe badania jakości wód. Do analiz przyjęto rok hydrologiczny 2004/2005, który w ocenie sum rocznych opadów atmosferycznych (514,5mm) i średnich rocznych temperatur powietrza (8,6°C) można zaliczyć do przeciętnych, ponieważ odchylenia powyższych wartości nie przekraczają 10% stosownych wartości średnich (1975-2006, stacja Siemianice).

#### **Omówienie wyników**

W tabeli 1 zestawiono wartości miesięczne i roczne składników zrównoważonego bilansu wodnego obszarów mokradłowych LKP Lasy Rychtałskie, obliczonego poprzez uśrednienie wyników z trzech powierzchni doświadczalnych, dla roku hydrologicznego 2004/2005. Odpływ roczny z badanych terenów mokradłowych jest stosunkowo niewielki ok. 4% sumy opadów rocznych. Bazując na danych z Siemianic, obliczono trendy czasowe – zmiany roczne dla sum opadów atmosferycznych i średnich temperatur powietrza odpowiednio dla poszczególnych miesięcy i całego roku (tab. 2).

Przyjęto, że ewapotranspiracja (uwarunkowana od wielu czynników) nie będzie ulegać istotnym zmianom pomimo dodatniego trendu zmian temperatury. Odpływ jest tak niewiel-

**Tabela 1.** Zrównoważony bilans wodny mokradel LKP Lasy Rychtalskie w roku 2004/2005

Składnik [mm]	Miesiące												Rok
	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	
Opad	78	23	43	52	24	28	93	34	58	62	32	8	535
Parowanie	11	11	14	14	18	46	79	81	90	73	47	26	509
Odplyw	0,5	0,5	1,2	2,2	13,3	1,9	0,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	20,5
Zm. retencji	+127	+104	+51	+26	+6	-15	-55	-119	-72	-36	-26	+15	+5

**Tabela 2.** Zmiany roczne sum opadów atmosferycznych i średnich temperatur powietrza

Zm. roczna	Miesiące												Rok
	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	
Opadu [mm]	-0,06	+0,05	-0,66	+0,82	+0,07	-0,04	+0,40	-0,57	+0,08	-0,30	-0,75	-0,60	-1,57
Temp. [°C]	+0,01	-0,01	+0,02	+0,09	-0,01	+0,08	+0,05	+0,07	+0,07	+0,10	+0,02	+0,01	+0,04

ki, iż można jego zmiany pominąć w prognozach. Zatem, prognozę zmian stosunków wodnych na badanych terenach mokradłowych LKP Lasy Rychtalskie, wyrażającą się zmianami stanów wód gruntowych, oparto na ujemnym rocznym trendzie opadów atmosferycznych.

Jeżeli przyjąć założenie, że istotne zmiany w ekosystemach mokradłowych będą zachodzić, gdy średni poziom wód gruntowych spadnie o ok. 50cm (50% obecnego średniego stanu wód gruntowych – 97,5 cm p.p.t.), na skutek malejących sum rocznych opadów atmosferycznych, to można szacować, że nastąpi to po około 100 latach. Przy przyjętych założeniach jak wyżej oraz porowatości gleb w warstwie wodonośnej 34%, po 100 latach malejące opady spowodują obniżenie stanów wód gruntowych średnio o 46,3cm.

## Wnioski

Szczególnie cenne dla bioróżnorodności ekosystemy mokradłowe w LKP Lasy Rychtalskie są zagrożone w stosunkowo nieodległej przyszłości deficytem wody. Działając pragmatycznie należałoby dążyć do całkowitego zatrzymania odpływającej z tych terenów wody. Jednak zabieg ten tylko przejściowo poprawi niekorzystny bilans wodny.

## Literatura

MILER A.T., KAMIŃSKI B., KRYSZTOFIK A., SOBALAK M. (2005): Inwentaryzacja obszarów mokradłowych na terenie Leśnego Kompleksu Promocyjnego Lasy Rychtalskie oraz wstępne wyniki badań hydrologicznych. Infrastruktura i Ekologia Obszarów Wiejskich, PAN Komisja Technicznej Infrastruktury Wsi, Nr 4, 85-98.

Antoni T. Miler

Katedra Inżynierii Leśnej Akademii Rolniczej im. A. Cieszkowskiego w Poznaniu

Stanisław Pałys, Tomasz Zubala

## PRZYRODNICZO-GOSPODARCZE WARUNKI KSZTAŁTOWANIA RETENCJI WODNEJ SUCHEJ DOLINY LESSOWEJ

### NATURAL AND ECONOMIC CONDITIONS OF SHAPING OF WATER RETENTION IN DRY LOESS VALLEY

Brak sprawnego systemu zarządzania i eksploatacji zasobów wodnych w obrębie zlewni rolniczych skutkuje odwodnieniem znacznych obszarów i wystąpieniem niekorzystnych zmian środowiska przyrodniczego. Objawia się to m. in. zmniejszeniem przepływów w ciekach, obniżeniem poziomu wód gruntowych, nasileniem procesów erozji gleb, zubożeniem krajobrazu [Mioduszewski 1996, Mikulski 1998]. Aktualne działania, mające na celu ochronę zasobów wodnych, sprowadzają się przede wszystkim do zabiegów technicznych w obrębie dużych zlewni rzecznych (np. budowa zbiorników zaporowych na ciekach podstawowych dorzecza). Niestety, często pomijane są kwestie związane z możliwością poprawy stosunków wodnych na poziomie zlewni cząstkowych metodami „nieinwestycyjnymi”, na przykład przez przekształcenia krajobrazu lub poprawę eksploatacji systemów melioracyjnych.

Badania przeprowadzone w latach hydrologicznych 2001/02-2002/03 miały na celu rewaloryzację agrosystemu mikrozwlewni lessowej w kierunku poprawy ilościowej zasobów wodnych. Szczególną uwagę zwrócono na możliwości zastosowania rozwiązań z zakresu małej retencji [Mioduszewski 1996, Radczuk i in. 1997]. Badany obiekt (ok. 4,5 km<sup>2</sup>) znajduje się w zlewni rzeki Ciemięgi w północno-wschodniej części Płaskowyżu Nałęczowskiego. Rejon ten charakteryzuje rosnący deficyt wodny. W obiegu wody zaznacza się oddziaływanie leja depresyjnego, powstałego w wyniku eksploatacji studni wierconych w aglomeracji lubelskiej [Michalczyk 1995].

Realizacja celu badawczego polegała m. in. na określeniu podstawowych parametrów fizycznych zlewni (geometria, gleby, zagospodarowanie, itp.) oraz rozpoznaniu warunków hydrologicznych (m. in. ocena wielkości jałowego odpływu powierzchniowego). W okresie badań prowadzono również obserwacje meteorologiczne. Wykorzystując wyniki kartowania terenowego, podkłady mapowe oraz dane z zestawień ewidencyjnych określono ważniejsze czynniki, stanowiące o wielkości zasobów wodnych w obszarze badanej mikrozwlewni. Jednocześnie przedstawiono rozwiązania, mające na celu poprawę stosunków wodnych – głównie poprzez ograniczenie odpływu powierzchniowego (zbiornik okresowy, zadrzewienia i zadarnienia na gruntach o małej przydatności dla rolnictwa, zabiegi przeciwerozyjne).

Aktualny udział lasów w obrębie omawianej zlewni wynosi zaledwie 0,2 %. W celu efektywnego zwiększenia retencji krajobrazowej należałoby zadrzewić jak największe powierzchnie – w pierwszej kolejności o spadkach powyżej 15 %. Jednak ze względu na

rolniczy charakter omawianego terenu oraz obecność bardzo dobrych gleb, wprowadzenie tego typu zabiegów nie może drastycznie ograniczyć przestrzeni produkcyjnej rolnictwa. Stąd też zaproponowano koncepcję „rozwiązań konserwatorskich” [Orlik, Węgorek 1995]. Należy również objąć ochroną cenne przyrodniczo elementy wnętrza krajobrazowych, np. enklawy zadarnień, zakrzaceń w dolinkach bocznych i na skarpach śródpolnych. Jako podstawowe elementy obudowy biologicznej zaleca się stosować:

- zadarnienia dna doliny oraz linii okresowego spływu (13 ha),
- zadrzewienia w obrębie stromych zboczy oraz wzdłuż dróg gruntowych (powierzchniowe – 3 ha, pasowe i rzędowe – 14 km).

Planując rozmieszczenie tego typu użytków należy również pamiętać o potrzebie stworzenia systemu barier biogeochemicznych, ograniczających migrację zanieczyszczeń w kierunku doliny głównej (rowu melioracyjnego). Rozbudowa retencji powierzchniowej możliwa jest dzięki stworzeniu okresowego zbiornika wodnego (rozlewisko o powierzchni ok. 1 ha) na podmokłym dnie doliny w pobliżu jej ujścia (obecne użytki zielone, nieużytki). Wykonanie piętrzenia około 1 m dałoby szansę retencjonowania w zlewni dodatkowych 6000 m<sup>3</sup> wody (jałowy odpływ powierzchniowy wyniósł w okresie badań ponad 361 000 m<sup>3</sup>).

Zastosowanie wymienionych rozwiązań przyczyniłoby się jednocześnie do poprawy walorów krajobrazowych, a więc tego, co stanowi o niepowtarzalności doliny rzeki Ciemięgi i powinno być na omawianym terenie objęte szczególną ochroną.

## Literatura

- MICHALCZYK Z. 1995: Stosunki wodne dorzecza Ciemięgi. Mat. konf. „Proekologiczne zagospodarowanie zlewni rzeki Ciemięgi”, Wyd. AR Lublin, s. 25-35.
- MIKULSKI Z. 1998: Gospodarka wodna. PWN, Warszawa, 204 ss.
- MIODUSZEWSKI W. 1996: Kształtowanie retencji wodnej w krajobrazie rolniczym. Mat. sem., nr 37, Wyd. IMUZ, Falenty, s. 7-11.
- ORLIK T., WĘGOREK T. 1995: Zagrożenie erozyjne w zlewni rzeki Ciemięgi i koncepcja przeciwdziałania. Mat. konf. „Proekologiczne zagospodarowanie zlewni rzeki Ciemięgi”, Wyd. AR Lublin, s. 51-63.
- RADCZUK L., SZCZEGIELNIAK C., OLEARCZYK D. 1997: Propozycja jednolitego schematu inwentaryzacji małej retencji. Gosp. Wod., nr 3, s. 74-77.

---

Stanisław Pałys, Tomasz Zubala  
Katedra Melioracji i Budownictwa Rolniczego, Akademia Rolnicza w Lublinie

Czesław Przybyła, Sylwia Rapczyńska

## **WPŁYW DESZCZOWANIA NA PLONOWANIE REPLANTOWANEGO SADU JABŁONIEWEGO W WARUNKACH KLIMATYCZNYCH I GLEBOWYCH RÓWNINY SZAMOTULSKIEJ**

### **THE INFLUENTS OF IRRIGATION ON YIELD IN REPLANTED APPLE ORCHARD IN THE CLIMATIC AND SOIL CONDITIONS OF THE SZAMOTUŁY PLAIN**

#### **Wstęp**

Ocena wpływu nawodnień deszczownianych w warunkach sadów replantowanych, w aspekcie zmęczenia gleby, ma bardzo istotne znaczenie przyrodnicze, techniczne i ekonomiczne. Zmienne warunki klimatyczne występujące w Wielkopolsce wywierają duży wpływ na gospodarkę wodną gleb oraz plonowanie roślin uprawnych i tym samym zwiększają ryzyko gospodarowania oraz niepewność uzyskania wysokich plonów, szczególnie w replantowanych sadach.

Celem pracy była ocena wpływu nawodnień deszczownianych na gospodarkę wodną gleb i plonowanie sadu jabłoniowego po replantacji warunkach klimatycznych i glebowych Wielkopolski.

#### **Omówienie wyników**

W pracy przedstawiono wyniki dziewięcioletnich badań terenowych nad wpływem nawodnień deszczownianych na plonowanie i efektywność produkcyjną sadu jabłoniowego znajdującego się w położonej na Równinie Szamotulskiej miejscowości Przybroda. Badania prowadzono w doświadczalnym sadzie jabłoniowym Katedry Sadownictwa, Akademii Rolniczej im. A. Cieszkowskiego w Poznaniu w latach 1997-2005.

W doświadczeniu przez wszystkie lata prowadzenia replantowanego sadu porównywano trzy warianty nawodnieniowe:

- wariant W0 – kontrolny (w warunkach opadów naturalnych),
- wariant W1 – w którym prowadzone były nawodnienia w celu utrzymania wilgotności gleby na poziomie – 0,03 MPa potencjału wodnego, co odpowiada około 60 % połowej pojemności wodnej (umiarkowane nawadnianie), oraz
- wariant W2 – w którym prowadzone były nawodnienia w celu utrzymania wilgotności gleby na poziomie – 0,01 MPa potencjału wodnego, co odpowiada około 90 % połowej pojemności wodnej (intensywne nawadnianie).

Po wykarczowaniu jesienią 1993 roku starych drzew jabłoni, które rosły na tym samym polu przez 17 lat, wiosną 1994 roku, zachowując poprzedni układ kombinacji nawodnieniowych oraz nawożeniowych, posadzono nowe drzewa odmiany Sampion na podkładce P 60, zachowując rozstaw 3,5 m x 1,5 m, czyli 1900 sztuk drzew na 1 hektarze. Do nawodnień użyto wody z Jeziora Pamiątkowskiego o III klasie czystości wód, z którego przepompowywano wodę do zbiornika wyrównawczego zlokalizowanego na terenie objętym doświadczeniami sadowniczymi. Nawodnienia wykonano deszczownią typu stałego, ze zraszaczami typu Rinka o średnicy dysz 4 i 6 mm.

Wyniki wieloletnich badań terenowych z lat 1997-2005 oceniono w następujących aspektach: występowania niedoborów opadów, potrzeb stosowania nawodnień oraz wpływu zastosowanych nawodnień na wielkość uzyskanych plonów. Określono także efektywność produkcyjną zastosowanych dawek polewowych.

Najwyższe wynoszące -111 mm odchylenia opadów wystąpiły w roku 2003, -97 mm w roku 2002 i -82 mm w 2004. z kolei w latach 1997, 1998, 2001 i 2005 opady w okresie wegetacji zbliżone były do średniej z wielolecia. Sumy opadów (W0) oraz opadów wraz z nawodnieniami (W1, W2) w kolejnych latach badań w replanowanym sadzie wahały się w poszczególnych wariantach nawodnieniowych od 184 (W0) do 534 mm (W2).

W latach 1997-2005 różnice w wysokości plonów pomiędzy wariantem bez nawodnień a wariantami z nawodnieniem były bardzo duże. W roku 2004, zaliczonym do wilgotnych, w wariacie bez deszczowania (W0) uzyskano  $45 \text{ t ha}^{-1}$ , w wariacie z umiarkowanym deszczowaniem (W1)  $24,1 \text{ t ha}^{-1}$ , a w wariacie intensywnego deszczowania (W2)  $29,6 \text{ t ha}^{-1}$ . Natomiast w suchym roku 2005 plony były zdecydowanie niższe i wyniosły odpowiednio: W0 18,4 t, W1 11,7 i W2 11,2 tony jabłek z hektara. Największe plony uzyskiwano jednak w warunkach bez stosowania nawodnień, czyli przy opadach atmosferycznych, co wyraźnie wskazuje na zmęczenie i skutki choroby replantacyjnej.

## Wnioski

Wyniki badań gospodarki wodnej i ocena efektywności produkcyjnej deszczowania replantowanego sadu jabłoniowego w warunkach klimatycznych i glebowych Równiny Szamotulskiej wykazały, że uzyskiwane w kolejnych latach plony jabłek były zróżnicowane. Wnioskować można, że przyczyniły się do tego zmienne warunki klimatyczne. Natomiast zastosowane dawki nawodnieniowe nie zmniejszyły skutków zmęczenia gleby. Obliczone średnie z lat 1997-2005 zużycie wody w okresie wegetacji w  $\text{m}^3$  na 1 hektar powierzchni sadu wyniosło odpowiednio w wariantach W0 2770  $\text{m}^3$ , W1 3450  $\text{m}^3$  i W2 4070  $\text{m}^3$ . Natomiast uzyskane średnie plony wyniosły odpowiednio: 21 ton z ha w wariacie W0, 12,4 w W1 oraz 13,7 w wariacie W2. Tak więc efektywność produkcyjna wody obliczona w litrach na 1 kg uzyskanego plonu była w poszczególnych wariantach następująca: W0 129, W1 278 i W2 297, co potwierdza konieczność zastosowania zabiegów likwidujących negatywne skutki zmęczenia gleby w sadach replantowanych.



## Literatura

- KOZACZYK P., PRZYBYŁA CZ., PACHOLAK E. 2002. *Dynamika retencji wody glebowej w replantowanym sadzie jabłoniowym*. Woda Środowisko Obszary wiejskie 2, 1:169-178.
- PACHOLAK E., PRZYBYŁA CZ. 1997. Przyrodnicze i techniczne aspekty nawadniania i nawożenia w replantowanym sadzie jabłoniowym. II Ogólnopolska Konf. Nauk. „Przyrodnicze i techniczne problemy ochrony i kształtowania środowiska rolniczego”. Poznań, 269-280.
- PRZYBYŁA CZ. 1994. *Gospodarka wodna i potrzeby nawodnień w warunkach klimatyczno-glebowych Wysoczyzny Poznańskiej*. Roczniki AR Poznań CCLXVIII, 143-155.
- PRZYBYŁA CZ., PACHOLAK E. 2000. *Wpływ wieloletniego nawożenia i nawadniania na bilanse wodne deszczowanej gleby w sadzie jabłoniowym replantowanym*. PTPN, PR. KOM. NAUK Roln. i Kom. Nauk Leśn. 89: 165-174.
- PRZYBYŁA CZ., PACHOLAK E., ZYDLIK Z. 2004. *Wpływ deszczowań na gospodarkę wodną gleb i plonowanie raplantowanego sadu jabłoniowego*. Roczniki AR w Poznaniu, CCCLVII Melioracje Inżynieria Środowiska 25: 387-494.

---

Czesław Przybyła, Sylwia Rapczyńska  
Katedra Melioracji, Kształtowania Środowiska i Geodezji,  
Akademia Rolnicza im. A. Cieszkowskiego w Poznaniu

Włodzimierz Rajda, Sylwia Grzywnowicz, Wojciech Mierzwa

## WPŁYW NAWADNIANIA KROPOWEGO I CZASU UŻYTKOWANIA NA NIEKTÓRE CECHY SUBSTRATU TORFOWEGO W UPRAWIE SZKLARNIOWEJ

### INFLUENCE OF DROPLET IRRIGATION AND EXPLOITATION TIME ON SOME FEATURES OF PEATY SUBSTRATUM IN GREENHOUSE CULTIVATION

#### Wstęp

Dla intensywnych upraw szklarniowych ciągle poszukuje się podłoża, które wykazywałoby własności fizyko-chemiczne odpowiednie dla wzrostu i rozwoju roślin. Badano różne materiały: naturalne, sztuczne i ich kompozyty [Turski i in. 1980], ale już w latach sześćdziesiątych XX w. Maksimow [1965] stwierdził, że bardzo dobrym podłożem jest torf wysoki. Jest on materiałem prawie jednorodnym i ma odpowiednią strukturę zapewniającą dużą pojemność wodną, a równocześnie dobre właściwości powietrzne [Turski i in. 1980]. Słabo rozłożony, silnie kwaśny i ubogi we własne makro- i mikroskładniki, torf wysoki po neutralizacji odczynu oraz wzbogaceniu w potrzebne składniki nosi nazwę *substratu torfowego* lub *torfu ogrodniczego* [Ilnicki 2002].

Podłoża, w tym szczególnie z torfu wysokiego, podlegając działaniu różnych czynników zmieniają w okresie użytkowania własności fizyko-chemiczne [Wawer 1998]. Jest zrozumiałe, że zmiany te są tym większe im substrat jest dłużej użytkowany. W niniejszej pracy przedstawiono wyniki badania ilościowych zmian zachodzących w czasie użytkowania substratu torfowego w warunkach nawadniania kropkowego.

#### Material i metody

Badano substrat torfu wysokiego z dodatkiem keramzytu, na którym przez 12 i 24 miesiące (warianty badawcze) uprawiano gerbery stosując nawadnianie kropkowe cztery razy w ciągu doby po 30 cm<sup>3</sup> pożywki w jednym cyklu na jedną donicę z rośliną. Pożywka zawierała 20 kg saletry wapniowej, 10 kg saletry amonowej, 2 kg żelaza, 75 g nutlifolu zielonego, 40 g siarczanu miedzi i 30 dm<sup>3</sup> kwasu azotowego na każde 1000 dm<sup>3</sup> wody.

Do laboratoryjnych oznaczeń ze szklarni znajdującej się w Brzeziu koło Krakowa z każdego wariantu wybrano losowo po 5 donic z roślinami. Z każdej donicy pobrano po trzy próbki z warstwy wierzchniej substratu co w każdym wariantcie daje po 15 powtórzeń. Metodami standardowymi oznaczono gęstość objętościową i właściwą, porowatość, konduktancję, pH, pojemność sorpcyjną i stopień wysycenia kompleksu sorpcyjnego oraz zawartość materii organicznej, azotu i fosforu ogólnego, potasu, magnezu, wapnia i sodu.

## Wyniki

Stwierdzono (tabela 1), że z upływem czasu wskutek nawadniania i nawożenia wzrosła znacząco gęstość objętościowa i właściwa, mniej wyraźnie wzrosła konduktancja, a zmniejszyła się zawartość substancji organicznej i porowatość substratu. Silnie wzrosła zasobność substratu w wapń, azot i magnez, a w mniejszym stopniu w fosfor, potas i sód. Wskutek nawadniania i nawożenia zmalało stężenie jonów wodorowych a wzrosło stężenie zasadowych. Zatem zmienił się odczyn pH z lekko kwaśnego na obojętny, wzrósł stopień wysycenia kompleksu sorpcyjnego, a zmalała jego pojemność. Zmiany w większości okazały się istotne na poziomie  $\alpha = 0,05$ .

**Tabela 1.** Średnie wartości badanych cech substratu

Cecha	Wariant (czas użytkowania)	
	12 miesięcy	24 miesiące
Gęstość ( $\text{g cm}^{-3}$ )		
- objętościowa	0,27	0,72
- właściwa	1,10	1,27
Porowatość (%)	75,6	43,7
Konduktancja ( $\text{mS cm}^{-1}$ )	1,71	1,99
Odczyn pH		
- w 1 n KCl	6,19	7,03
- w $\text{H}_2\text{O}$	6,46	7,14
Stężenie kationów (mmol 0,1 n NaOH w 100 g)		
- zasadowych S	138,4	171,4
- kwsowych H	172,8	78,3
Pojemność sorpcyjna T (mmol NaOH w 100 g)	311,2	255,7
Stopień nasycenia kompleksu sorpcyjnego zasadami (%)	44,9	69,4
Zawartość:		
- substancji organicznych (% wag.)	87,46	69,82
- P (g w 100 g)	0,30	0,56
- Ca g w 100 g	3,11	4,71
- N (g w 100 g)	2,68	4,93
- Na (mg w 100 g)	117,6	153,5
- Mg (mg w 100 g)	269,7	440,2
- K (mg w 100 g)	93,0	96,7

## Wnioski

Czas wykorzystywania oraz stosowane nawadnianie kropkowe i nawożenie wpłynęły istotnie na badane własności fizyczne i chemiczne substratu. Stwierdzone zmiany nie wykluczają jednak jego użycia w uprawie roślin w warunkach połowych lub pod osłonami jako domieszki do mało zasobnych i słabo próchnicznych gleb, jak również do wzbogacania

gruntów na skarpach wykopów lub nasypów przy obsiewaniu nasionami traw, lub do tworzenia kompozytów o z góry założonych własnościach fizyko-chemicznych. Uzyskane wyniki mogą służyć do określania dawki substratu w danym kompozycie lub do powyższych celów.

## Literatura

ILNICKI P. 2002. *Torfowiska i torf*. Wyd. AR w Poznaniu.

MAKSIMOW A. 1965. *Torf i jego użytkowanie w rolnictwie*. PWRiL, Warszawa.

TURSKI R., HETMAN J., SŁOWIŃSKA-JURKIEWICZ A. 1980. *Podłoża stosowane w ogrodnictwie szklarniowym*. Roczn. Nauk Rol., ser. D Monografie, 180.

WAWER M. 1998. *Wpływ rodzaju oraz proporcji objętościowych komponentów na kurczliwość podłoży ogrodniczych*. Probl. Inż. Rol. R.6 nr 2(20), 13-20.

---

Włodzimierz Rajda, Sylwia Grzywnowicz, Wojciech Mierzwa  
Katedra Melioracji i Kształtowania Środowiska AR w Krakowie

Stanisław Rolbiecki, Roman Rolbiecki, Andrzej Klimek

**WPŁYW MIKRONAWODNIEN I NAWOŻENIA ORGANICZNEGO  
NA PRODUKCJĘ DWULETNIH SADZONEK BRZOZY  
BRODAWKOWATEJ (*Betula verrucosa* Ehrh.)  
Z UDZIAŁEM ZABIEGU ZOOMELIORACJI**

**EFFECT OF MICROIRRIGATION AND ORGANIC FERTILIZATION  
ON THE TWO-YEAR OLD SEEDLING PRODUCTION  
OF VERRUCOSE BIRCH (*BETULA VERRUCOSA* EHRH)  
WITH THE USE OF ZOO-MELIORATION**

### **Wstęp**

Brzoza brodawkowata (*Betula verrucosa* Ehrh.) odgrywa ważną rolę w zalesieniach, co wynika z jej właściwości ekologicznych i niewielkich wymagań siedliskowych (Gorzalak 1999). W szkółkach produkuje się przeważnie sadzonki jednoroczne tego gatunku. Niekiedy jednak uzasadniona jest również produkcja starszych, dobrze wyrośniętych sadzonek. Ma to miejsce zwłaszcza w sytuacji, gdy mają one być przeznaczone - jako materiał sadzeniowy - w szczególnie trudnych warunkach np. na silnie zachwaszczających się glebach porolnych (Kłoskowska 1992). Celem badań było określenie wpływu mikronawodnień (mikrozraszania i nawadniania kropłowego) oraz nawożenia organicznego na cechy siły wzrostu dwuletnich sadzonek brzozy brodawkowatej oraz na występowanie roztoczy (Acari) glebowych.

### **Material i metody**

Ścisłe dwuletnie (2004–2005) badania polowe przeprowadzono w szkółce leśnej Nadleśnictwa Bydgoszcz w Białych Błotach, na glebie rdzawej właściwej wytworzonej z piasku luźnego. Doświadczenie założono metodą losowanych podbloków w dwuczynnikowym układzie zależnym „split-plot”, w czterech replikacjach (Bruchwald 1997). Pojedyncze poletko o powierzchni 4 m<sup>2</sup> obejmowało 4 rzędy roślin o długości 4 m. Łączna liczba poletek w doświadczeniu wynosiła 24 (3x2x4). Czynnikiem pierwszego rzędu było nawadnianie zastosowane w trzech następujących wariantach wodnych: O – bez nawadniania (kontrola), K – nawadnianie kropłowe, M – mikrozraszanie. Czynnikiem drugiego rzędu stanowiło nawożenie, zastosowane w dwóch wariantach: N<sub>1</sub> – nawożenie mineralne (standard stosowany w szkółkach leśnych), N<sub>2</sub> – nawożenie organiczne (kompost). Do nawodnień kropłowych używano linii kroplującej „T-Tape” z emiterami kropel rozmieszczonymi co 20 cm.

Do mikrozaszrania stosowano mikrozaszacze „Hadar”. Terminy wykonywania nawodnień ustalano na podstawie „Wytycznych nawadniania szkółek leśnych na powierzchniach otwartych” (2002). Nawóz organiczny wyprodukowany na bazie osadów ściekowych (80%) i torfu wysokiego (20%), rozrzucono wczesną wiosną i przemieszano z wierzchnią warstwą gleby do głębokości 10 cm, przed założeniem ścisłych eksperymentów polowych. Zabieg zoomielioracji polegał na zmieszaniu wierzchniej warstwy gleby (2 cm) z materią organiczną pozyskaną z boru świeżego. Pomiary biometryczne (cechy siły wzrostu) siewek brzozy obejmowały wysokość siewek [cm] i średnicę pędu [mm]. Wycinki gleby do badań akarologicznych pobierano dwa razy w roku (w maju i październiku) z każdego poletka z 17 cm<sup>2</sup> x 3 cm głębokości w 3 powtórzeniach. Roztocze wypłaszano metodą Tullgrena, a następnie konserwowano i preparowano. Do gatunku lub rodzaju oznaczono saprofagiczne mechowce (Oribatida), łącznie ze stadiami młodocianymi. Pozostałe roztocze oznaczono do rzędów. Otrzymane wyniki opracowano statystycznie, odpowiednio dla układu doświadczenia, stosując test Tukey’a dla porównania otrzymanych różnic (Bruchwald 1997). Średnia temperatura powietrza w okresie wegetacji (IV-IX) kształtowała się w latach 2004-2005 poniżej normy wieloletniej i wyniosła 13,8°C, natomiast suma opadów była niższa o 66 mm od normy. Sezonowe dawki nawodnieniowe kształtowały się zależnie od ilości i przebiegu opadów, wynosząc średnio 65 mm w nawadnianiu kropłowym, 87 mm w mikrozaszraniu.

## Wnioski

Badane systemy nawodnieniowe istotnie zwiększyły wysokość i średnicę siewek brzozy. Zastosowanie kompostu przyczyniło się do istotnego wzrostu wysokości i średnicy siewek. Zaistniała istotna interakcja nawadniania i nawożenia kompostem. Nawadniane siewki brzozy nawożone kompostem były wyższe i cechowały się większą średnicą pędu. Zastosowane zabiegi oddziaływały na zagęszczenie roztoczy glebowych.

## Literatura

- BRUCHWALD, A. 1997. Statystyka matematyczna dla leśników. Wyd. SGGW, Warszawa, 1-255.
- GORZELAK A. (red). 1999. Zalesianie terenów polnych. Instytut Badawczy Leśnictwa, Warszawa, 1-174.
- KŁOSKOWSKA A. 1992. Produkcja sadzonek na powierzchni otwartej. W: Szkółkarstwo leśne (pr. zbior. pod red. R. Sobczaka), Wyd. Świat, Rozdz. IV: 51-89.
- Wytyczne nawadniania szkółek leśnych na powierzchniach otwartych. Dyrekcja Generalna Lasów Państwowych, Warszawa, 2002. 1-63.

---

Stanisław Rolbieck, Roman Rolbiecki  
Katedra Melioracji i Agrometeorologii, Wydział Rolniczy

Andrzej Klimek  
Zakład Agroturystyki i Kształtowania Krajobrazu, Wydział Hodowli i Biologii Zwierząt  
Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy im. J. J. Śniadeckich w Bydgoszczy

Stanisław Rolbiecki, Roman Rolbiecki,  
Czesław Rzekanowski, Bogdan Grzelak

## **WPŁYW DESZCZOWANIA I ZRÓŻNICOWANEGO NAWOŻENIA AZOTEM NA PŁONOWANIE GRYKI ODMIANY 'PANDA' NA GLEBIE BARDZO LEKKIEJ**

### **INFLUENCE OF SPRINKLER IRRIGATION AND DIFFERENTIATED NITROGEN FERTILIZATION ON YIELDS OF BUCKWHEAT CV. 'PANDA' ON A VERY LIGHT SOIL**

#### **Wstęp**

Gryka charakteryzuje się stosunkowo dużymi potrzebami wodnymi, szczególnie w okresie kwitnienia i napełniania ziarna. Współczynnik transpiracji waha się od 500 do 600 (Songin 1985). Jej zapotrzebowanie na opady atmosferyczne zmienia się w czasie wegetacji następująco: od zasiewu do początku kwitnienia oraz w okresie kwitnienia – 70 mm, a podczas dojrzewania nasion – 15 mm (Songin 2003). Pomimo tego, że w latach 2002-2005, w stosunku do 2000-2001, areal zasiewów wszystkich zbóż w Polsce uległ zmniejszeniu (głównie uprawy żyta ozimego i pszenicy jarej), to jednak wystąpił zauważalny wzrost zasiewów gryki (Żarski, w druku). W ostatnich latach zwraca się jednocześnie uwagę na znaczenie gryki w gospodarce proekologicznej (Songin 2003), co wynika z tego, że:

- jest ona w niewielkim stopniu porażana przez choroby i nawiedzana przez szkodniki oraz dobrze zagłusza chwasty, dzięki czemu intensywne zabiegi chemiczne i mechaniczne są zbędne podczas jej uprawy;
- nie wymaga intensywnego nawożenia mineralnego, gdyż dobrze wykorzystuje składniki pokarmowe z naturalnych zasobów gleby;
- wykazuje właściwości fitosanitarne i zastawia dobre stanowisko dla innych roślin, w szczególności w zmianowaniach zbożowych, m.in. przeciwdziała występowaniu w glebie niektórych nicieni;
- kasza i inne produkty z gryki są zaliczane do tzw. bezpiecznej żywności;
- jest jedną z lepszych roślin miododajnych (50-60 kg miodu o dużych walorach smakowych i leczniczych z 1 ha).

Gryka w porównaniu z innymi roślinami zbożowymi cechuje się jednak dużą zmiennością plonowania w poszczególnych latach (Songin 2003). Celem przeprowadzonych badań było określenie wpływu nawadniania deszczownianego i zróżnicowanego nawożenia azotem na kształtowanie się plonów gryki odmiany 'Panda' uprawianej na glebie kompleksu żyniego słabego, w rejonie o obniżonych opadach atmosferycznych w okresie wegetacji.

## Material i metody

Ścisłe doświadczenie polowe przeprowadzono w latach 2005-2006 w Kruszynie Krajeńskim koło Bydgoszczy na glebie zaliczanej do V klasy bonitacyjnej (kompleks przydatności rolniczej żytni słaby). Doświadczenie założono jako dwuczynnikowe w układzie zależnym split-plot, w trzech powtórzeniach. Czynnikiem pierwszego rzędu było deszczowanie zastosowane w dwóch wariantach:  $W_0$  – bez nawadniania (kontrola),  $W_1$  – deszczowanie na podstawie wskazań tensjometrów (nie dopuszczano do spadku potencjału wody w glebie poniżej  $-0,03$  MPa). Czynnikiem drugiego rzędu stanowiło zróżnicowane nawożenie azotowe:  $N_0 = 0$  kg N ha<sup>-1</sup>,  $N_1 = 40$  kg N ha<sup>-1</sup>,  $N_2 = 80$  kg N ha<sup>-1</sup>,  $N_3 = 120$  kg N ha<sup>-1</sup>. Otrzymane wyniki opracowano statystycznie, odpowiednio dla układu doświadczenia. Obliczenia statystyczne wykonano komputerowo bazując na pakiecie ANW i ANS, wykorzystując test Fishera-Snedecora w celu stwierdzenia istotności działania czynników doświadczenia oraz test Tukey'a dla porównania otrzymanych różnic (Rudnicki 1992). Sezonowe normy nawodnieniowe kształtowały się zależnie od ilości i przebiegu opadów atmosferycznych w okresie wegetacji, wynosząc przeciętnie 122 mm. Większe ilości wody (150 mm) rozdeszczowano w roku 2005.

## Wnioski

W przeprowadzonym doświadczeniu polowym gryka plonowała, niezależnie od warunków wodnych, na niskim (średnio poniżej  $0,5$  t ha<sup>-1</sup>) poziomie. Nawadnianie deszczowniane zwiększyło plony w porównaniu do uzyskanych z poletek kontrolnych. Plon orzeszków gryki otrzymany z poletek nawadnianych cechował się, średnio dla wszystkich poziomów nawożenia azotem, obniżoną zawartością suchej masy, białka surowego, tłuszczu surowego oraz włókna surowego.

## Literatura

- RUDNICKI F (red). 1992. Doświadczalnictwo rolnicze. Wyd. ATR Bydgoszcz, 1-210.
- SONGIN H. 1985. Gryka. W: Uprawa roślin rolniczych, pr. zbior. pod red. Z. Hryniewiczza, PWRiL, Warszawa, 110-114.
- SONGIN H. 2003. Gryka. W: Szczegółowa uprawa roślin, pr. zbior. pod red. Z. Jasińskiej i A. Koteckiego, AR Wrocław, wyd. II, Tom I, Rozdz. 10: 299-305.
- ŻARSKI J. Potrzeby i efekty nawadniania zbóż. W: Nawadnianie roślin. Pr. zbior. pod red. St. Karczmarczyka i L. Nowaka, PWRiL Warszawa, Rozdz. 5: 341-361 (w druku).

---

Stanisław Rolbiecki, Roman Rolbiecki, Czesław Rzekanowski, Bogdan Grzelak  
Katedra Melioracji i Agrometeorologii, Wydział Rolniczy, Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy w Bydgoszczy



Stanisław Rolbiecki, Roman Rolbiecki,  
Czesław Rzekanowski, Bogdan Grzelak

## WPŁYW DESZCZOWANIA I ZRÓŻNICOWANEGO NAWOŻENIA AZOTEM NA PŁONOWANIE PROSA ODMIANY 'JAGNA' NA GLEBIE BARDZO LEKKIEJ

### INFLUENCE OF SPRINKLER IRRIGATION AND DIFFERENTIATED NITROGEN FERTILIZATION ON YIELDS OF TRUE MILLET CV. 'JAGNA' ON A VERY LIGHT SOIL

#### Wstęp

Powierzchnia zasiewów prosa w świecie w latach 2001-2004 wynosiła 35,8 mln ha, co stanowiło 5,3 % powierzchni zasiewów zbóż i 2,5 % powierzchni gruntów ornych (Żarski, w druku). W Polsce powierzchnia zasiewów prosa i gryki, wynosiła w tym samym czasie zaledwie 53 tys. ha (0,6 % powierzchni zasiewów zbóż, a 0,4 % powierzchni gruntów ornych). Aczkolwiek spośród roślin zbożowych proso wyróżnia się oszczędną gospodarką wodną – jego współczynnik transpiracji wynosi tylko 200-250, to jednak warunkiem właściwego plonowania jest dobre zaopatrzenie w wodę w okresie strzelania w źdźbło i wyrzucania wiech (Songin 2003). Celem przeprowadzonych badań było określenie wpływu nawadniania deszczownianego i zróżnicowanego nawożenia azotem na kształtowanie się plonów prosa odmiany 'Jagna' uprawianego na glebie kompleksu żytniego słabego, w rejonie o obniżonych opadach atmosferycznych w okresie wegetacji.

#### Material i metody

Ścisłe doświadczenie polowe przeprowadzono w latach 2005-2006 w Kruszyńskim koło Bydgoszczy na glebie zaliczanej do V klasy bonitacyjnej (kompleks przydatności rolniczej żytni słaby). Połowa pojemność wodna gleby w warstwie 0-50 cm wynosiła 57 mm, retencja użyteczna 43 mm, zaś efektywna retencja użyteczna zaledwie 30 mm. Doświadczenie założono jako dwuczynnikowe w układzie zależnym split-plot, w trzech powtórzeniach. Czynnikiem pierwszego rzędu było deszczowanie zastosowane w dwóch wariantach:  $W_0$  – bez nawadniania (kontrola),  $W_1$  – deszczowanie na podstawie wskazań tensjometrów (nie dopuszczano do spadku potencjału wody w glebie poniżej  $-0,03$  MPa). Czynnikiem drugiego rzędu było zróżnicowane nawożenie azotowe:  $N_0 = 0$  kg N ha<sup>-1</sup>,  $N_1 = 40$  kg N ha<sup>-1</sup>,  $N_2 = 80$  kg N ha<sup>-1</sup>,  $N_3 = 120$  kg N ha<sup>-1</sup>. Nawożenie fosforowo-potasowe było jednolite na wszystkich poletkach. Otrzymane wyniki opracowano statystycznie, odpowied-

**Tabela 1.** Warunki meteorologiczne i dawki wody w sezonie wegetacyjnym (IV–IX)

Lata badań	Temperatura (C <sup>0</sup> )	Opady (mm)	Dawki wody (mm)
2005	14,8	203	155
2006	15,2	317	95
2005–2006	15,0	260	125

nio dla układu doświadczenia. Obliczenia statystyczne wykonano komputerowo bazując na pakiecie ANW i ANS, wykorzystując test Fishera-Snedecora w celu stwierdzenia istotności działania czynników doświadczenia oraz test Tukey'a dla porównania otrzymanych różnic (Rudnicki 1992). Średnia temperatura powietrza w okresie wegetacji (IV-IX) w latach 2005-2006 wyniosła 14,8°C, natomiast suma opadów 260 mm (tab. 1). Sezonowe dawki nawodnieniowe kształtowały się zależnie od ilości i przebiegu opadów, wynosząc średnio 125 mm. Większe ilości wody (155 mm) rozdeszczowano w pierwszym roku badań, który cechował się niższymi opadami, mniejsze natomiast w bardziej wilgotnym roku 2006 (95 mm). Średnie w dwuletnim okresie badań potrzeby wodne prosa (od 1 maja do 31 siernia) policzone według Klatta (Ostromięcki 1973) oraz Pressa (Press 1963), wyniosły odpowiednio 277 i 293 mm.

## Wnioski

Deszczowanie istotnie zwiększyło plony ziarna prosa z 1,95 t ha<sup>-1</sup> do 3,85 t ha<sup>-1</sup>. Wystąpiła również istotna interakcja nawadniania deszczownianego z nawożeniem azotowym w kształtowaniu plonów ziarna prosa. Zastosowane w warunkach nawadniania wzrastające nawożenie azotowe zwiększało plony z 3,01 t ha<sup>-1</sup> (dawka N<sub>0</sub> = 0 kg N ha<sup>-1</sup>) do 4,53 t ha<sup>-1</sup> (dawka N<sub>3</sub> = 120 kg N ha<sup>-1</sup>).

## Literatura

- OSTROMEŃCKI J. 1973. Podstawy melioracji nawadniających. PWN, Warszawa, 1-450.  
 PRESS H. 1963. Praktyka selskochozajstvennych melioracij. Selchozizdat, Moskwa, (przekład z j. niemieckiego), 1- 408.  
 RUDNICKI F (red). 1992. Doświadczalnictwo rolnicze. Wyd. ATR Bydgoszcz, 1-210.  
 SONGIN H. 2003. Proso. W: Szczegółowa uprawa roślin, pr. zbior. pod red. Z. Jasińskiej i A. Kocetkiego, AR Wrocław, wyd. II, Tom I, Rozdz. 9: 293-298.  
 ŻARSKI J. Potrzeby i efekty nawadniania zbóż. W: Nawadnianie roślin. Pr. zbior. pod red. St. Karczmarczyka i L. Nowaka, PWRiL Warszawa, Rozdz. 5: 341-361 (w druku).

---

Stanisław Rolbiecki, Roman Rolbiecki, Czesław Rzekanowski, Bogdan Grzelak  
 Katedra Melioracji i Agrometeorologii, Wydział Rolniczy,  
 Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy im. J. J. Śniadeckich w Bydgoszczy

Rafał Stasik, Czesław Szafrąński, Mariusz Korytowski, Daniel Liberacki

## **PRÓBA OCENY MOŻLIWOŚCI ZWIĘKSZENIA RETENCJI WODY W GLEBACH WYBRANYCH SIEDLISK LEŚNYCH**

### **EVALUATION TRIAL OF WATER RETENTION POSSIBILITY AT THE SOILS OF CHOSEN FOREST SITE TYPES ACCORDING TO THE RELATIONSHIPS OF GROUNDWATER LEVEL WITH WATER LEVEL IN THE WATER COURSE**

#### **Wstęp**

Według dokumentu „Zasady planowania i realizacji małej retencji w Lasach Państwowych” (1997) jednym z celów małej retencji w lasach jest poprawa uwilgotnienia siedlisk poprzez podniesienie lustra wody gruntowej na terenach bezpośrednio przyległych do zbiornika lub urządzenia piętrzącego. Do małej retencji zalicza się w lasach, poza budową zbiorników wodnych, także podpiętrzanie wód w kanałach i rowach.

W pracy podjęto próbę oceny możliwości zwiększenia retencji wody w glebach wybranych siedlisk leśnych poprzez piętrzenie wody w rowie. Badania prowadzono na terenie Leśnictwa Marianka, należącego do Leśnego Zakładu Doświadczalnego Siemianice. Praca naukowa finansowana ze środków budżetowych na naukę w latach 2005-2007 jako projekt badawczy nr 2P06507928.

#### **Wyniki**

Dla realizacji tak postawionego celu określono związki stanów wód gruntowych w studzienkach ze stanami wody w rowie G, w poszczególnych przekrojach badawczych, na podstawie wyników pomiarów z lat hydrologicznych 2000-2004. Spośród znajdujących się w trzech przekrojach badawczych 23 studzienek, położonych w siedliskach bagiennych i wilgotnych tylko w jednej związku stanów wody gruntowej ze stanami wody w cieku nie były istotne na poziomie  $P^*=0,05$ . Dla tych siedlisk na podstawie Instrukcji Urządzania Lasu (1994) przyjęto docelową głębokość utrzymania zwierciadła wody gruntowej w okresie wiosny:

- w siedliskach bagiennych 0,0m (stopień uwilgotnienia g1, wariant uwilgotnienia – siedlisko bardzo mokre)
- w siedliskach wilgotnych 0,5m (stopień uwilgotnienia g3, wariant uwilgotnienia – siedlisko silnie wilgotne)

Obliczone związki stanów wód gruntowych ze stanami wody w rowie G pozwoliły na określenie wielkości piętrzenia w poszczególnych przekrojach rowu. Wstępne wyniki badań wskazują, że istnieje możliwość zwiększenia retencji w glebach siedlisk bagiennych i wilgotnych badanej zlewni. Przykładowo szacowany poziom piętrzenia wody w rowie G w przekroju G2 dla utrzymania maksymalnego poziomu zwierciadła wody gruntowej w siedliskach bagiennych (stopień uwilgotnienia g1) powinien wynosić od 35 cm do 52 cm, zaś średnio 42 cm. Dla utrzymania zwierciadła wody gruntowej w okresie wiosny w siedliskach wilgotnych (stopień uwilgotnienia g3) poziom piętrzenia wody w rowie G w przekroju G2 powinien wynosić średnio 22 cm.

## **Wnioski**

1. Analiza statystyczna wykazała, że spośród 23 studzienek położonych w siedliskach wilgotnych i bagiennych w przekrojach zlewni rowu G jedynie w jednej związku stanów wody gruntowej ze stanami wody w cieku nie były istotne na poziomie  $P''=0,05$ .
2. Wstępne wyniki badań pozwalają stwierdzić, że podpiętrzenie wody w trzech badanych przekrojach rowu G umożliwia zwiększenie retencji w glebach siedlisk bagiennych i wilgotnych na obszarze jego zlewni. Jednak konkretne zalecenia dotyczące poziomu piętrzenia będą wymagały dalszych szczegółowych badań i analiz, w celu uwzględnienia wpływu piętrzenia wody także na inne siedliska znajdujące się w zlewni rowu G.

## **Literatura**

Zasady planowania (1997): Zasady planowania i realizacji małej retencji w Lasach Państwowych. Dyrekcja Generalna Lasów Państwowych Biuro Studiów i Projektów Leśnictwa.  
Instrukcja urządzania lasu (1994): Dyrekcja Generalna Lasów Państwowych, Sekcja Wydawnictw IBL Warszawa.

---

Rafał Stasik, Czesław Szafranski, Mariusz Korytowski, Daniel Liberacki  
Katedra Melioracji, Kształtowania Środowiska i Geodezji,  
Akademia Rolnicza im. Augusta Cieszkowskiego w Poznaniu

Agata Szymańska-Pulikowska

## ZASTOSOWANIE SIECI NEURONOWYCH W BADANIACH ŚRODOWISKA

## APPLICATION OF NEURAL NETWORKS IN ENVIRONMENTAL STUDIES

### Wstęp

Prowadzenie badań stanu środowiska naturalnego pozwala na identyfikację źródeł zanieczyszczeń, występujących w różnych miejscach globu. Monitoring wód, gleb i powietrza, prowadzony w pobliżu źródeł emisji pozwala na określenie skali i zasięgu zanieczyszczeń. Często jednak ilość informacji jest niewystarczająca dla zobrazowania pełnej skali zjawiska, wykazania istniejących zależności lub przewidzenia kierunku zmian w środowisku. Dlatego coraz większą popularnością cieszą się metody pozwalające na względnie proste modelowanie złożonych zjawisk, których przykładem są sztuczne sieci neuronowe.

### Możliwości sieci neuronowych

Działanie sieci neuronowych polega na odwzorowaniu podstawowej istoty działania biologicznego systemu nerwowego. Ich niewątpliwą zaletą jest możliwość swobodnego tworzenia modeli nieliniowych, uwzględniających wielowymiarowość badanego zagadnienia, trudnego do opisanego przy pomocy funkcji nieliniowych z dużą liczbą zmiennych.

Za stosowaniem sieci neuronowych przemawia także łatwość ich użycia. Na podstawie danych zgromadzonych przez użytkownika sieci odbywa się jej uczenie, a po utworzeniu w pamięci sieci struktury danych można eksploatować utworzony model [Tadeusiewicz 1993].

Podstawowe rodzaje sieci neuronowych:

- liniowe – zbudowane z neuronów liniowych, elementy sieci składają się z wielu wejść i jednego wyjścia [Tadeusiewicz 1993],
- nieliniowe – zbudowane z neuronów nieliniowych o strukturze warstwowej, wśród których najczęściej wyróżniamy:
  - jednokierunkowe (feedforward): sygnał przepływa od warstwy wejściowej poprzez kolejne ukryte do wyjściowej,
  - rekurencyjne: z wbudowanymi sprzężeniami zwrotnymi; ich szczególnym przykładem są sieci Hopfielda, w których wszystkie połączenia mają charakter sprzężeń zwrotnych [Kosiński 2002, Tadeusiewicz 2000].

Sieci neuronowe mogą być stosowane w realizacji następujących zadań:

- predykcja: przewidywanie danych wyjściowych na podstawie pewnych danych wejściowych bez konieczności stawiania hipotez o związku pomiędzy danymi,
- klasyfikacja: identyfikacja danych wejściowych dzięki znajdowaniu ich istotnych cech,
- kojarzenie danych: wnioskowanie na podstawie zgromadzonych danych dzięki możliwości uczenia i uogólniania doświadczeń,
- analiza danych: znajdowanie związków w zbiorze danych wejściowych,
- filtracja sygnałów: obróbka danych z eliminacją zakłóceń losowych i błędów systemowych,
- optymalizacja zagadnień, często trudnych obliczeniowo [Tadeusiewicz 2000; Tadeusiewicz, Lula 2000].

Poza szerokim zastosowaniem w naukach technicznych, ekonomicznych i medycznych metoda sieci neuronowych może być wykorzystywana w badaniach stanu środowiska, prognozowaniu zmian jego jakości oraz rozprzestrzeniania się zanieczyszczeń spowodowanych działalnością człowieka.

Transport zanieczyszczeń, ich przemiany fizyczne, chemiczne i biologiczne, jednoczesne oddziaływanie wielu różnych czynników szkodliwych oraz złożoność organizmu, jakim jest środowisko przyrodnicze powodują problemy w określeniu związku pomiędzy poszczególnymi składowymi objętymi badaniami [Łozowicka – Stupnicka, Talarczyk 2005].

Przykładem zastosowania sieci neuronowych w badaniach środowiska może być ocena i prognozowanie jakości powietrza [Łozowicka – Stupnicka, Talarczyk 2005]. Wykorzystanie tej metody pozwoliło na uwzględnienie łącznego oddziaływania zanieczyszczeń i konkretnych warunków meteorologicznych, a także wyeliminowanie tych czynników, które miały mały wpływ na zmienną wyjściową. Sporządzone na podstawie modelu prognozy wykazywały dobrą zgodność z rzeczywistymi obserwacjami.

Innym przykładem zjawiska o charakterze nieliniowym, trudnym do wyrażenia tradycyjnymi metodami analitycznymi, jest rozprzestrzenianie się zanieczyszczeń (np. metalami ciężkimi) w glebie. Modelowanie rozkładu koncentracji chromu w otoczeniu zakładów chemicznych w Alwerni [Gruszczyński, Urbański 2005] pozwoliło na wykazanie dużej zmienności przestrzennej w rejonie badań, zależnej nie tylko od położenia punktu w stosunku do źródła emisji.

## Podsumowanie

Przytoczone wybrane wyniki badań pozwalają przypuszczać, że sztuczne sieci neuronowe mogą być metodą przydatną także do interpretacji wyników badań monitoringu innych elementów środowiska pozostających pod wpływem różnego rodzaju zanieczyszczeń, dzięki czemu można będzie dokonać pełniejszej oceny stanu istniejącego oraz określić przewidywane kierunki jego zmian, nawet w przypadku złożonych zjawisk, w których trudno jest jednoznacznie określić czynniki wywierające wpływ na ich przebieg, zarówno w czasie jak i w przestrzeni.

## Literatura

- GRUSZCZYŃSKI S., URBAŃSKI K. 2005. *Zastosowanie algorytmów interpolacji i sztucznych sieci neuronowych do wyznaczania charakterystyki zawartości chromu w glebach*. Zesz. Nauk. AGH, tom 10, zesz. 1. Kraków: 15-44
- KOSIŃSKI R. A. 2002. *Sztuczne sieci neuronowe. Dynamika nieliniowa i chaos*. Wydawnictwa Naukowo – Techniczne. Warszawa: 195 ss.
- ŁOZOWICKA - STUPNICKA T., TALARCZYK M. 2005. *Zastosowanie modeli sieci neuronowych w ocenie i prognozowaniu jakości powietrza*. Zesz. Nauk. AGH, tom 10, zesz. 1. Kraków: 121-134.
- TADEUSIEWICZ R. 1993. *Sieci neuronowe*. Akademicka Oficyna Wydawnicza RM. Warszawa: 195 ss.
- TADEUSIEWICZ R. 2000. *Wstęp do sieci neuronowych*. W. Biocybernetyka i inżynieria biomedyczna 2000. Tom 6: Sieci neuronowe. Red: Duch W., Korbicz J., Rutkowski L., Tadeusiewicz R. Akademicka Oficyna Wydawnicza EXIT. Warszawa: 3-28.
- TADEUSIEWICZ R., LULA P. 2000. *Neuronowe metody analizy szeregów czasowych i możliwości ich zastosowania w zagadnieniach biomedycznych*. W. Biocybernetyka i inżynieria biomedyczna 2000. Tom 6: Sieci neuronowe. Red: Duch W., Korbicz J., Rutkowski L., Tadeusiewicz R. Akademicka Oficyna Wydawnicza EXIT. Warszawa: 521-568.

---

Agata Szymańska-Pulikowska  
Katedra Rolniczych Podstaw Kształtowania Środowiska,  
Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu

Krzysztof Tarnawski, Alicja Krzemińska

## **HYDROMORFOLOGICZNA WALORYZACJA RZEKI SMORTAWY NA ODCINKU OD KM 9+676 DO KM 14+925**

## **HYDROMORPHOLOGICAL VALORIZATION OF THE SMORTAWA RIVER FROM KM 9+676 TO KM 14+925**

### **Wstęp**

Zgodnie z dyrektywą 2000/60/EC waloryzacja hydromorfologiczna, wspomagana przez ocenę parametrów biologicznych i fizyczno-chemicznych, jest niezbędnym wyznacznikiem jakości wód w krajach Unii Europejskiej. W Polsce trwają prace nad utworzeniem wspólnej metodyki służącej ocenie stopnia naturalności cieków ze względu na aspekt hydromorfologiczny [ADYNKIEWICZ-PIRAGAS 2005, KRZEMIŃSKA 2006]. Niniejszy artykuł prezentuje wyniki waloryzacji rzeki nizinnej Smortawy, położonej w pradolinie Odry. Celem pracy jest ocena stopnia naturalności wybranego odcinka rzeki. Do opracowania tematu wykorzystano metodykę ekomorfofologicznej waloryzacji dolin rzecznych Ilnickiego i Lewandowskiego [ILNICKI, LEWANDOWSKI 1995], koncentrując się na części hydromorfologicznej.

### **Omówienie wyników i wnioski**

Badany odcinek rzeki od km 9+676 do km 14+925 jest zróżnicowany hydromorfologicznie i częściowo uregulowany, dlatego w pracy wyróżniono dwie jego części: uregulowaną i nieuregulowaną. Został ponadto podzielony na 21 odcinków 250-metrowych, na których dokonano inwentaryzacji bazując na wizjach lokalnych i mapach topograficznych. Ocenie poddano: morfologię koryta, hydrologię, jakość wody, zadrzewienie, roślinność wodną i skarp, strefę przybrzeżną oraz użytkowanie doliny. Jak wynika z przeprowadzonych analiz w sumie 5 odcinków zalicza się do najwyższej kategorii naturalności, co stanowiło łącznie 24% badanego fragmentu rzeki. Wśród wyróżnionych grup odcinków na uwagę zasługują również 4 odcinki drugiej kategorii naturalności, zajmujące 19% badanego fragmentu. Największy 48% udział stanowi dziesięć odcinków zaliczonych do trzeciej kategorii naturalności.

Żaden odcinek nie został zaklasyfikowany do najniższej piątej kategorii naturalności, natomiast dwa stanowiące 10% całości zaliczono do niskiej czwartej kategorii.

Opisywany odcinek Smortawy charakteryzował się znacznym zróżnicowaniem ze względu na badane parametry. Rzeka płynie głównie pośród nieużytków oraz lasów i prowadzi



wody dobrej jakości. Dolna część omawianego odcinka tworzy szerokie rozlewisko, natomiast górna jest sztucznie wyprostowana. Fakt znacznego uregulowania 10 z 21 odcinków wpłynął na niższą kategorię naturalności części uregulowanej. Wykonane badania uwidoczniły różnice pomiędzy częściami rzeki: przyrodniczo cenniejszą, nie poddawaną od dawna działalności antropogenicznej (km od 9+676 do 12+426) oraz drugą, o zdegradowanej wartości na skutek przeprowadzonej tam regulacji (km od 12+426 do 14+925). Po uśrednieniu wyników zaklasyfikowano cały obiekt badawczy do II kategorii naturalności. Podpiętrzenie wód za pomocą jazów na początku obiektu badawczego w km 9+676 i utworzenie rozlewiska Leśna Woda, wpłynęło na podwyższenie kategorii naturalności obiektu. Nieuregulowany odcinek Smortawy od km 9+926 do km 12+176 przedstawia bardzo dużą wartość ekologiczną i krajobrazową, jest w niewielkim stopniu przekształcony antropogenicznie i cechuje się dużą naturalnością, co może przyczynić się do działań renaturyzacyjnych i ochronnych dla tego obszaru.

## Literatura

DIRECTIVE 2000/60/EC. European Parliament and the Council of 23 Oct. 2000.

ILNICKI P., LEWANDOWSKI P. 1997. Ekomorfologiczna waloryzacja dróg wodnych Wielkopolski. Bogucki Wydawnictwo Naukowe, Poznań: 19-30.

ADYNKIEWICZ-PIRAGAS M., KRZEMIŃSKA A., TARNAWSKI K., WRÓBLEWSKI T. Charakterystyka i zróżnicowanie parametrów hydromorfologicznych w rzece nizinnej na przykładzie Smortawy, IV Ogólnopolska Konferencja Naukowa „Bliskie naturze kształtowanie dolin rzecznych”, Kraków 5-7 czerwca 2006.

*Praca finansowana ze środków grantu KBN Nr 2P06500429*

---

Krzysztof Tarnawski  
Instytut Inżynierii Środowiska, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu

Alicja Krzemińska  
Instytut Architektury Krajobrazu, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu

Michał Wróbel

## **WPŁYW ODWODNIENIA NA PRZYROST DRZEWOSTANU NA OBIEKCIE WILCZE BAGNO W PUSZCZY AUGUSTOWSKIEJ**

### **INFLUENCE OF DRAINAGE ON GROWTH TREES ON OBJECT WILCZE BAGNO IN PUSZCZA AUGUSTOWSKA**

#### **Wstęp**

Do lat 80 - tych ubiegłego wieku priorytetem w gospodarce leśnej było maksymalne uprodukcyjnienie siedlisk leśnych i zagospodarowanie leśne bagien i mokradeł. Wskutek tego powstawało wiele urządzeń melioracyjnych w lasach. Największe nasilenie prac przy- padało na początek lat siedemdziesiątych XX wieku.

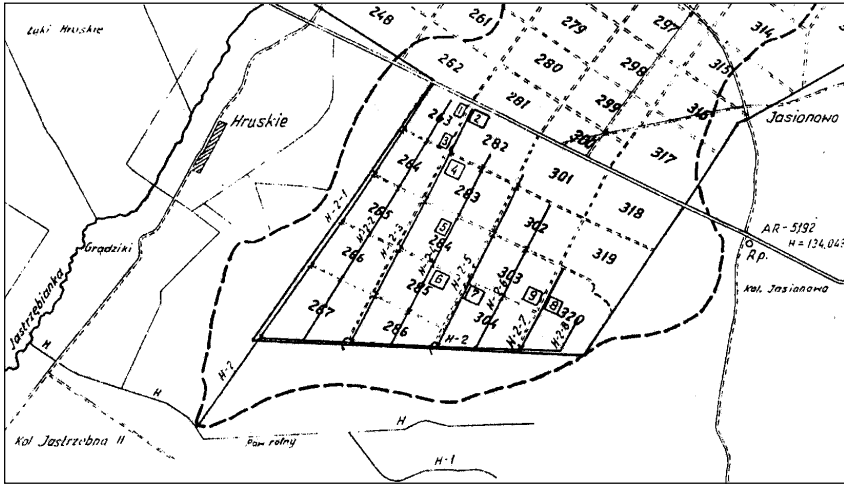
W 1972 roku obiekt Wilcze Bagno zmeliorowano, wykonując systematyczną sieć rowów odwadniających oraz dwa przepusty z zastawkami na rowie głównym. Projektem melioracji objęto powierzchnię 270 ha użytków leśnych. Na obszarze tym wykonano systematyczną sieć rowów o rozstawie około 280 m i łącznej długości 14,5 km.

Na obiekcie Wilcze Bagno wyznaczono (Krajewski 1984) dziewięć obiektów cząstkowych (rys. 1) o łącznej powierzchni 6.7 ha. Każdy obiekt obejmuje trzy powierzchnie doświadczalne oddalone od rowu melioracyjnego o 20 m, 50 m, 80-90 m lub 130-150 m. Powierzchnie te mają kształt prostokąta 100-25 m. W niniejszej pracy podjęto próbę określenia wpływu odwodnienia terenu na przyrosty drzew.

#### **Omówienie wyników**

Badania na obiekcie przeprowadzono w roku 2001. Wyniki badań mimo, iż otrzymane kilka lat temu pozwalają na ocenę wpływu sieci melioracyjnej powstałej prawie 30 lat od momentu badań przyrostowych. Do pomiarów przyrostowych wybrano drzewa znajdujące się na polach badawczych (2, 4, 8, 9) i pobrano z nich za pomocą świdra Preslera 57 wywiertek. Głównym kryterium wyboru pól badawczych był rodzaj siedliska. Wybrane drzewa znajdowały się na dwóch siedliskach: lasu mieszanego bagiennego i olsu.

Z przeprowadzonych badań wynika, że przyrost sosny po melioracji zmalał w stosunku do przyrostu sprzed jej wykonania. Na większości powierzchni zanotowano spadek przyrostu. Największe spadki zanotowano na powierzchni 4. Wahają się one od 2,16 mm w odległości 20 metrów od rowu do 1,08 mm w odległości 130 metrów od rowu. Generalnie większe spadki notowano na drzewach rosnących blisko przy rowie lub w odległości 20 metrów od rowu. W analizie danych dotyczących świerka widać odwrotną sytuację niż przy sosnie. Urządzenia melioracyjne wpłynęły bardzo korzystnie na rozwój i przyrost tego ga-



Rys. 1. Rozmieszczenie powierzchni badawczych na obiekcie Wilcze Bagno

tunku. Na niektórych powierzchniach doświadczalnych dynamika przyrostu drzewa wzrosła dwukrotnie. Na jednej powierzchni doświadczalnej (numer 9, 50 m od rowu) stwierdzono spadek przyrostu, jednak mogło to być spowodowane lokalnymi zmianami siedliskowymi.

## Wnioski

Generalnie można stwierdzić, iż system odwadniający przyczynił się do istotnych zmian przyrostowych w drzewostanie występującym na obiekcie. Odnotowano spadki przyrostu sosny zwyczajnej. W różnych odległościach od rowów spadki te mają różne wartości, a największe odnotowano w odległości około 20 m. Świerk zaś zachowywał się odmiennie od sosny, gdyż po odwodnieniu jego przyrosty zwiększyły się, a ich dynamika największa była w odległości do 20 m od rowów w siedlisku LMB.

## Literatura

- CHOJNACKI T.: Zmiany roślinności na zmeliorowanym torfowisku leśnym Wilcze Bagno w Puszczy Augustowskiej w latach 1972-1999 – 2003/4 (962): 31-54.
- KRAJEWSKI T.: Wpływ regulacji stosunków wodnych na obiekcie Wilcze Bagno na warunki siedliskowe i wzrost drzewostanów. 1984, IBL, Warszawa, Maszynopis.
- Rozpoznanie przedmelioracyjne do projektu melioracji gruntów P.G.L. Nadleśnictwo Bałinka, zlewnia rzeki Lebedzianka i Jastrzębianka. Biuro urządzania lasów i projektów leśnictwa 1971.



**MAŁA RETENCJA ORAZ PROBLEMY  
GOSPODARKI WODNEJ JEZIOR, STAWÓW,  
ZBIORNIKÓW I POLDERÓW**



Adam Cegiela, Edyta Lubacz

## **MAŁA RETENCJA WODNA W WOJEWÓDZTWIE DOLNOŚLĄSKIM**

### **SMALL WATER RETENTION IN LOWER SILESIA PROVINCE**

Województwo dolnośląskie jest jednym z najuboższych w zasoby wodne regionów kraju dlatego też niezwykle ważną jest realizacja przedsięwzięć mających wpływ na poprawę struktury bilansu wodnego. Jednym ze sposobów prowadzących do spowolnienia lub powstrzymania odpływu wody przy jednoczesnym odtwarzaniu naturalnego krajobrazu jest rozwój małej retencji wodnej.

Podstawą podjęcia kompleksowych działań ukierunkowanych na zwiększenie, ochronę oraz poprawę stanu zasobów wodnych stało się Porozumienie z dnia 21.12.1995r. zawarte między: Wiceprezesem Rady Ministrów, Ministrem Rolnictwa i Gospodarki Żywnościowej a Ministrem Ochrony Środowiska, Zasobów Naturalnych i Leśnictwa dotyczące współpracy w zakresie programu małej retencji. Zgodnie z zadaniami statutowymi oraz w myśl cytowanego wyżej „Porozumienia...” opracowanie programów małej retencji dla poszczególnych województw powierzono Wojewódzkim Zarządom Melioracji i Urzędów Wodnych. W Programach skoncentrowano się głównie na działaniach inwestycyjnych tj. zaproponowano lokalizacje nowych zbiorników wodnych oraz budowlę piętrzących na ciekach. Analiza efektów realizacji w/w programów małej retencji wykazała, iż ograniczony przyrost pojemności retencyjnej w stosunku do zamierzeń programowych wynikał głównie z ograniczonych możliwości finansowych jednostek i podmiotów prowadzących działalność związaną z korzystaniem z wód.

W 2005r. przystąpiono do opracowania zaktualizowanego i scalonego „Programu małej retencji wodnej w województwie dolnośląskim”. Program został opracowany przez Akademię Rolniczą we Wrocławiu na zlecenie Dolnośląskiego Zarządu Melioracji i Urzędów Wodnych we Wrocławiu i został zatwierdzony Uchwałą Nr LIX/896/2006 Sejmiku Województwa Dolnośląskiego z dnia 12 października 2006 roku.

Dostosowanie istniejących programów małej retencji wodnej do obecnych potrzeb wynikało z konieczności uwzględnienia m.in.: „Porozumienia z dnia 11 kwietnia 2002r w sprawie współpracy na rzecz zwiększania rozwoju małej retencji wodnej oraz upowszechnienia i wdrażania proekologicznych metod retencionowania wody”, zmian ustawodawstwa w zakresie ochrony środowiska i gospodarki wodnej, reformy administracyjnej kraju i zmiany strukturalnych w gospodarce, reorganizacji służb wodno-melioracyjnych na terenie woj. dolnośląskiego oraz doświadczeń i efektów realizacji uprzednich programów małej retencji wodnej w byłych województwach tworzących obecnie województwo dolnośląskie.

Celem programu małej retencji wodnej w województwie dolnośląskim na lata 2005–2015: jest określenie zasad gospodarowania wodą oraz tworzenia dyspozycyjnych zasobów wodnych.

Plany w zakresie małej retencji - zamierzenia inwestycyjne różnych podmiotów określone w „Programie...” obejmują m.in.:

- a) Dolnośląski Zarząd Melioracji i Urządzeń Wodnych we Wrocławiu - 21 zbiorników o łącznej pojemności 38,022 mln m<sup>3</sup>,
- b) Samorządy gminne: - 96 zbiorników o łącznej pojemności 17,147 mln m<sup>3</sup>,
- c) Regionalny Zarząd Gospodarki Wodnej we Wrocławiu - 25 suchych zbiorników o łącznej pojemności 67,02 mln m<sup>3</sup>,
- d) Lasy Państwowe - 53 zbiorniki o łącznej pojemności 2,035 mln m<sup>3</sup>.

Realizacja ww. zamierzeń uzależniona będzie od środków finansowych, jakimi dysponować będą poszczególne jednostki.

## **Wnioski**

1. Na terenie Dolnego Śląska istnieją zarówno duże potrzeby jak i możliwości rozwoju małej retencji wodnej.
2. „Program małej retencji wodnej w województwie dolnośląskim” ma służyć intensyfikacji działań na rzecz poprawy stanu, odbudowy oraz powiększenia zasobów wodnych naszego regionu.
3. Realizacja „Programu małej retencji wodnej w województwie dolnośląskim” wymagać będzie znacznych nakładów finansowych (szacowanych na ok. 780 mln) - konieczne jest zwiększenie w stosunku do dotychczas otrzymywanych środków finansowych na ten cel z różnych źródeł.
4. Rozwój małej retencji wodnej powinien odpowiadać wymogom zintegrowanej gospodarki wodnej.

## **Literatura**

1. Akademia Rolnicza we Wrocławiu: Program małej retencji wodnej w województwie dolnośląskim, 2006.
2. W. Mioduszewski, Z. Kowalski: Programy rozwoju małej retencji – wpływ na stan środowiska naturalnego i zasobów wodnych, Wiadomości Melioracyjne i Łąkarskie 4/2001.

---

Adam Cegiela, Edyta Lubacz  
Dolnośląski Zarząd Melioracji i Urządzeń Wodnych we Wrocławiu



Mieczysław Chalphen, Krystian Krzywiecki, Tadeusz Molski

## **WPŁYW ZAKOLMATOWANIA DNA ZBIORNIKA ZAPOROWEGO NA JAKOŚĆ WÓD PODZIEMNYCH NA TERENACH PRZYLEGŁYCH**

### **THE INFLUENCE OF SILTING-UP RESERVOIR BOTTOM ON GROUNDWATER QUALITY ON SURROUNDING AREAS**

Lokalizacje infiltracyjnych ujęć wód podziemnych w dolinach rzecznych często ukierunkowane są na możliwość dodatkowego wzbogacania zasobów poprzez sztuczną infiltrację wód powierzchniowych. Taki charakter ma ujęcie wody podziemnej w postaci dwóch studni głębinowych usytuowanych w dolinie rzeki Meresznicza, poniżej zapory ziemnej (ok. 50 m.) zbiornika wodnego w Kobylej Górze.

Warstwę wodonośną stanowią utwory czwartorzędowe w postaci piasków średnich, zalegających do głębokości (w osi doliny) ok. 20 m ppt. Zapora ziemna wyposażona w urządzenia odwadniające (drenaż i rów opaskowy), wykonana została z miejscowego równoziarnistego piasku średniego z ekranem betonowym na skarpie odwodnej. Dodatkowo uszczelnienie zbiornika o powierzchni ok. 18 ha. i średniej głębokości 3,5 m. (max. 7 m.) przy NPP stanowi 100 m. szerokości pas folii ułożony wzdłuż zapory w dnie czaszy zbiornika (rys. 1). W rzece Meresznicza poniżej zbiornika zapewniony jest przepływ biologiczny, który częściowo pokrywany jest odpływem z urządzeń odwadniających zapory. Około 20-letni okres eksploatacji wykazuje postępujący proces samuszczelniania się zbiornika poprzez kolmatację. Omawiane ujęcie wód podziemnych (2 studnie) jest w kontakcie hydraulicznym ze zbiornikiem o różnym stopniu zakolmatowania. Stąd istotna jest analiza wpływu zbiornika na jakość ujmowanej wody.

Do badania wpływu samuszczelniania się dna zbiornika na jakość wód w strefie pełnego nasycenia zastosowano model matematyczny dla przekroju płaskiego w planie. Podstawą modelu jest równanie Boussinesq'a pozwalające wyznaczyć układ hydroizohips i określić kierunki przepływu wód gruntowych oraz niestacjonarne równanie dyspersji hydrodynamicznej opisujące zmiany w czasie i przestrzeni koncentracji zanieczyszczeń [1]. Do rozwiązania obu równań zastosowano metodę elementów skończonych [5], a obliczenia zrealizowano z wykorzystaniem autorskiego modelu FIZ [2].

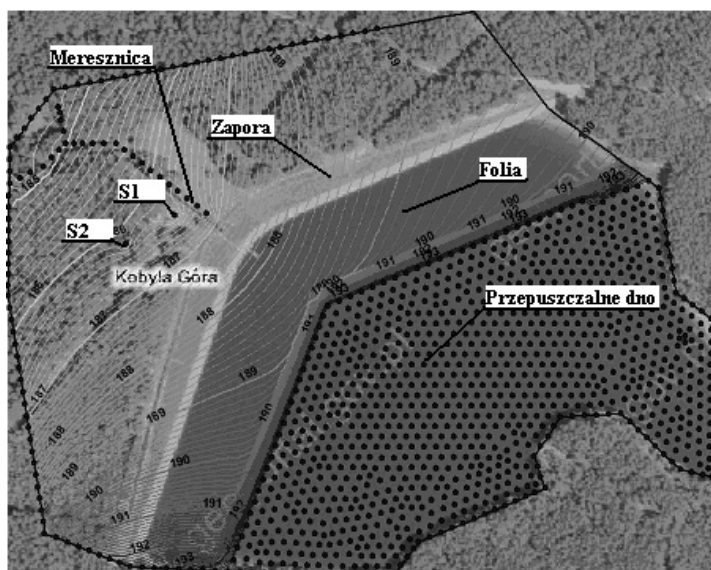
Obszar badań obejmuje powierzchnię zbiornika i najbliższy rejon poniżej zapory ziemnej obejmując dwie studnie w punktach S1 i S2 (rys. 1.) Założono, że wody ze zbiornika infiltrują w głąb warstwy wodonośnej na całym fragmencie powierzchni zbiornika nie przykrytym folią nieprzepuszczalną. Na pozostałym brzegu obszaru założono warunek brzegowy Dirichleta z wysokością piezometryczną obserwowaną w terenie [3, 4]. Ciek Meresznicza poniżej zapory zamodelowano jako ciek niedogłębiony, a dwie studnie S1 i S2

opisano wewnętrznym warunkiem brzegowym typu Dirichleta z zadaną wysokością wody. Obliczenia przepływu wody gruntowej przeprowadzono w dwóch wariantach:

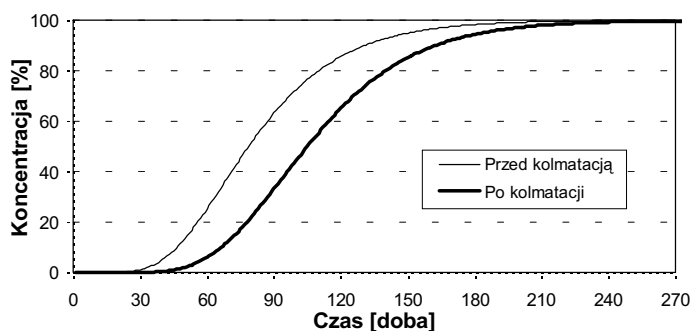
- bez uwzględnienia kolmatacji dna zbiornika
- z uwzględnienia kolmatacji dna zbiornika, jaką obserwuje się w trakcie jego wieloletniej eksploatacji [3] (rys.1)

Stopień zakolmatowania przepuszczalnego fragmentu dna zbiornika określono na drodze tarowania modelu wykorzystując wieloletnie pomiary piezometryczne w korpusie zapory ziemnej [3].

W dalszej części pracy zbadano wpływ ewentualnego zanieczyszczenia wód w zbiorniku na jakość wody ujmowanej w studniach S1 i S2. Obliczenia wykonano dla dwóch wariantów: przed i po kolmatacji dna. Symulacje komputerowe pokazują, że samouszczelnienie dna zbiornika wydłuża czas dojścia skażonych wód w rejon studni (rys. 2).



Rys. 1. Obliczony układ hydroizohips po zakolmatowaniu dna zbiornika



Rys. 2. Koncentracja zanieczyszczeń w studni S1.

Znacznie wolniejszy, w stosunku do przypadku przed kolmatacją, przyrost stężeń w wodach ujmowanych ze studni obserwuje się pomiędzy 30 a 180 dniem od skażenia wód w zbiorniku. Natomiast przy długotrwałym (ponad 9 miesięcy) skażeniu wód w zbiorniku, stężenia zanieczyszczeń wody w studniach w obu przypadkach wzrastają do tej samej wartości jak koncentracja zanieczyszczeń wód powierzchniowych w zbiorniku.

## **Bibliografia**

1. J. BEAR, A. VERRUIJT, Modeling Groundwater Flow and Pollution, Reidel Publishing Company, 1990
2. M. CHALFEN, Opis programu FIZ – Filtracja i Zanieczyszczenia, XXXIII Seminarium Zastosowań Matematyki, Kobyla Góra, 2003 r, str: 37-40.
3. J. KOWALSKI, T. MOLSKI, S. SERAFIN, Bezpieczeństwo eksploatacji małych zbiorników wodnych na przykładzie zbiornika w Kobylej Górze, Monografia p.t. Ochrona od powodzi cz. II, Współczesne problemy Inżynierii Środowiska, Wrocław 2004, str.105-114
4. K. KRZYWIECKI, Ilość i jakość wód na ujęciu usytuowanym poniżej zapory ziemnej zbiornika wodnego Kobyla Góra, praca magisterska, WIKSiG, Wrocław, 2004.
5. O.C. ZIENKIEWICZ, R.L. TAYLOR, P. NITHIARASU, Finite Element Method for Fluid Dynamics, Elsevier, 2005

---

Mieczysław Chalfen

Katedra Matematyki, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu

Krzystian Krzywiecki, Tadeusz Molski

Instytut Inżynierii Środowiska, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu

Alicja Czamara, Lidia Grzešków

## OCENA SKUTECZNOŚCI DZIAŁANIA ZBIORNIKA WSTĘPNEGO W MŚCIWOJOWIE

### THE ASSESSMENT OF THE PREDAM RESERVOIR EFFICIENCY IN MSCIWOWOW

#### Wstęp

Zbiornik retencyjny w Mściwojowie (obiekt klasy II), zlokalizowany na terenie Dolnego Śląska, na rzece Wierzbak, w km. 35 + 375 km jej biegu, oddany został do eksploatacji w roku 2000. Jest obiektem przeznaczonym do celów rolniczych, pełni również funkcję przeciwpowodziową i przeciwożarową, w ograniczonym zakresie umożliwia hodowlę ryb oraz rekreację.

Powierzchnia zlewni cieków zasilających, do przekroju zbiornika, wynosi 47,0 km<sup>2</sup> (w tym powierzchnia Wierzbiaka - 32,7 km<sup>2</sup>, Kałużnika - 14,3 km<sup>2</sup>). Obszar ten zagospodarowany jest rolniczo, z przewagą gruntów ornych. Spływy powierzchniowe z tych terenów powodują zanieczyszczenie wód powierzchniowych m.in. związkami azotu i fosforu, prowadząc do eutrofizacji wód w zbiorniku. Czynnikiem zwiększającym zanieczyszczenie wody jest brak kanalizacji sanitarnej w części zlewni Wierzbiaka. Ścieki bytowe odprowadzane do cieków, przyczyniają się do pogorszenia jakości ich wód a w konsekwencji jakości wody doprowadzanej do zbiornika.

By zmniejszyć zamulenie i poprawić jakość wody doprowadzanej do zbiornika retencyjnego, pracownicy Instytutu Inżynierii Środowiska U P we Wrocławiu zaprojektowali i zrealizowali prototypowy obiekt - zbiornik wstępny (o powierzchni  $F = 140\ 000\ \text{m}^2$ ; objętości  $V = 0,175\ \text{mln}\ \text{m}^3$ ; średniej głębokości  $h_{sr} = 1.3\ \text{m}$ ), zlokalizowany powyżej zbiornika głównego ( $F = 345\ 900\ \text{m}^2$ ;  $V = 0,735\ \text{mln}\ \text{m}^3$ ;  $h_{sr} = 2.0\ \text{m}$ ).

Zbiornik wstępny przechwytuje zanieczyszczenia dopływające ze zlewni. Znajdują się w nim: trójkomorowy osadnik oraz trzy przegrody biologiczne. Zadaniem osadnika jest zatrzymanie unosin i wleczyn; zadaniem przegród - ukierunkowanie przyływu wody oraz wymuszenie stosunkowo długiej drogi przepływu, jak również kontaktu z roślinnością wodną. Rośliny pobierając do swojego rozwoju substancje biogenne zawarte w wodzie, przyczyniają się do poprawy jej jakości [1].

#### Omówienie wyników

Po oddaniu zbiornika w Mściwojowie do eksploatacji prowadzone są okresowe badania skuteczności działania zbiornika wstępnego. Wykonywane są oznaczenia składu fizycz-

no - chemicznego i bakteriologicznego retencjonowanej wody. Próbkę wody pobierane są na dopływie do zbiornika (cieki: Wierzbak i Kałużnik), w zbiorniku wstępnym oraz w zbiorniku głównym. W artykule zamieszczono wyniki badań wskaźników biogennych: azotu azotynowego, azotynów, azotanów i fosforanów, wykonanych w okresie od 12 lipca 2005 r. do 24 lipca 2006 r. Analizowano również opady atmosferyczne i temperaturę powietrza panujące w tym okresie.

Na podstawie otrzymanych wyników stwierdzono:

- redukcję stężenia azotynów, azotanów i fosforanów w wodzie dopływającej do zbiornika głównego odpowiednio o: od 40 do 95%; od 35 do 90%, od 25 do 55% w porównaniu do stężeń tych wskaźników na doprowadzalnikach.
- największą redukcję azotynów i azotanów zaobserwowano w okresie wzrostu makrofitów (maj – lipiec), natomiast najmniejszą - po roztopach wiosennych.
- po roztopach, wskutek spływów powierzchniowych, zanotowano największe stężenia  $\text{NH}_4$ , pochodzące z nawozów, jak również ze ścieków bytowych z okolicznych zabudowań wiejskich [2].

## Wnioski

Otrzymane wyniki badań wskazują, że zbiornik wstępny przyczynia się do poprawy jakości wody dopływającej do zbiornika głównego, do redukcji stężeń azotynów, azotanów i fosforanów. Skuteczność jego działania zależy m.in. od:

- stopnia zanieczyszczenia dopływającej wody,
- fazy rozwoju roślinności budującej przegrody biologiczne w zbiorniku wstępnym,
- właściwej eksploatacji zbiornika wstępnego, polegającej m.in. na koszeniu roślinności oraz usuwania osadów dennych,
- warunków atmosferycznych panujących na terenie zlewni.

## Literatura

1. Projekt zbiornika „Mściwojów”. Maszynopis Inst. Inż. Środ. AR we Wrocławiu. 1996.
2. LIDIA GRZEŚKÓW. Analiza jakości wód powierzchniowych w zbiorniku w Mściwojowie. Praca magisterska wykonana pod kierunkiem Alicji Czamary. AR we Wrocławiu, 2006.

---

Alicja Czamara, Lidia Grzešków  
Instytut Inżynierii Środowiska, Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu

Bartosz Jawecki

## DOBOWE EKSTREMA TLENOWE W STAWIE RYBNYM

### DAY AND NIGHT EXTREMES OF DISSOLVED OXYGEN CONCENTRATION IN CARP POND

Badania terenowe przeprowadzono na stawie „Staś Górny” zlokalizowanym w środkowej części kompleksu stawowego Stawno wchodzącego w skład Państwowego Zakładu Budżetowego „Stawy Milickie”. „Staś Górny” jest niskointensywnym stawem narybkowo-kroczkowym o powierzchni 13,41 ha i średniej głębokości 0,9 m [Sasik 1992; Jawecki, Drabiński 2003]. Pomiary przeprowadzono w punkcie T zlokalizowanym w centralnej części stawu [Jawecki 2005] o średniej głębokości, odzwierciedlającym procesy termiczne i parowanie całego zbiornika.

Badania, których celem było określenie terminów wystąpienia w okresie lata dobowych minimów i maksimów tlenowych w stawie karpowym, przy różnych warunkach pogodowych, przeprowadzono latem (lipiec i sierpień) w latach 2002, 2004 i 2006. Obejmowały pomiar w odstępach 2. godzinnych przez jedną dobę stężenia tlenu rozpuszczonego w wodzie. Eksperyment przeprowadzono w 3. wariantach (tabela 1).

Analizie poddano wartości średnie z profilu pionowego natlenienia wody oraz wartości ekstremalne odnotowane w profilu pionowym: maksima – występujące w warstwie przypowierzchniowej (0,01 -0,20 m); minima – występujące w strefie przydennej.

W 2002 roku przeciętnie średnie z profilu pionowego dobowe stężenie tlenu rozpuszczonego w wodzie wynosiło  $11,42 \text{ mgO}_2 \cdot \text{dm}^{-3}$ , przy maksimum równym  $16,88 \text{ mgO}_2 \cdot \text{dm}^{-3}$  i minimum  $7,92 \text{ mgO}_2 \cdot \text{dm}^{-3}$ . W 2004 średnie w profilu pionowym natlenienie

**Tabela 1.** Charakterystyka wariantów badawczych

Wariant	Termin pomiarów			Poziom wody w stawie [m]	Temperatura powietrza w okresie badawczym			Opad [mm]	Wiatr	Średnie zachmurzenie [%]
	Data	Godzina			średnia [°C]	max [°C]	min [°C]			
		początek	koniec							
1	8–9.07. 2002	20 <sup>00</sup>	8 <sup>00</sup>	0,81	22,4	31,0	13,0	0	cisza; b. słaby; słaby	5
2	15–16.07 2004	8 <sup>00</sup>	20 <sup>00</sup>	0,71	14,7	22,5	13,4	5,4	b. słaby; słaby	85
3	21–22.08. 2006	14 <sup>00</sup>	12 <sup>00</sup>	0,61	17,6	22,5	13,4	0	b. słaby; słaby	60

kształtowało się w granicach od  $6,10 \text{ mgO}_2 \cdot \text{dm}^{-3}$  do  $11,10 \text{ mgO}_2 \cdot \text{dm}^{-3}$  (przeciętnie  $8,63 \text{ mgO}_2 \cdot \text{dm}^{-3}$ ). Natomiast w 2006 roku średnie stężenie tlenu w wodzie wahało się w granicach  $4,55 - 15,03 \text{ mgO}_2 \cdot \text{dm}^{-3}$  (przeciętnie  $9,45$ ).

W strefie przypowierzchniowej ( $0,01-0,20 \text{ m}$ ) w wariancie 2 i 3 eksperymentu stwierdzono natlenienie wody kształtujące się przeciętnie na poziomie odpowiednio 47% i 50% warunków tlenowych odnotowanych w wariancie 1. W strefie środkowej ( $0,3-0,5 \text{ m}$ ) zaobserwowano poprawę warunków tlenowych odnotowanych w wariancie 2 i 3 eksperymentu w stosunku do wariantu 1 wynoszące odpowiednio 70% i 71%. Natomiast w strefie przydennej ( $0,6 \text{ m}$  do dna) odnotowano wyraźnie lepsze warunki tlenowe w wariancie 2 i 3 wynoszące odpowiednio przeciętnie 213% i 129% warunków tlenowych odnotowanych w wariancie 1. Różnice te wynikają z wpływu czynników meteorologicznych na warunki tlenowe w stawie karpowym [Jawecki 2005].

W przeprowadzonych badaniach minimum tlenowe odnotowano w godzinach  $6^{00} - 8^{00}$ , czyli około 1,5-2 godzin po wschodzie słońca, a maksimum tlenowe odnotowano między  $18^{00}$  a  $20^{00}$ . Zawartość tlenu, mniejszą od wartości optymalnych, a nawet śmiertelnych, odnotowano przez cały okres badawczy w strefie przydennej, w dzień słoneczny i ciepły (wariant 1). Natomiast w dzień pochmurny i chłodny natlenienie wody niższe od stężenia tlenu optymalnego dla chowu karpów odnotowano w wariancie 3. między godziną  $5^{00}$  a  $7^{00}$ , przy czym spadek ten nie przekraczał  $0,5 \text{ mgO}_2 \cdot \text{dm}^{-3}$ .

Obserwowane w „Stasiu Górnym” w godzinach popołudniowo-wieczornych maksymalne wartości natlenienia wody ( $11,10; 15,03; 16,88 \text{ mgO}_2 \cdot \text{dm}^{-3}$ ) mieściły się w zakresie spotykanym w literaturze [Danielewski 1970; Szumiec M. i in. 1995; Costa-Pierce 1998; Tadesse i in. 2004]. Występujące w godzinach rannych minima tlenowe ( $4,55; 6,10; 7,92 \text{ mgO}_2 \cdot \text{dm}^{-3}$ ) odnotowane w badaniach wykazywały dużą zmienność, ale również nie odbiegały od wartości spotykanych w literaturze [Danielewski 1970; Wojda, Cieśla 1988; Szumiec M. i in. 1995; Tadesse i in. 2004]. Różnice w natlenieniu wody obserwowane przy odmiennych warunkach pogodowych, wynikają z wpływu czynników meteorologicznych (temperatura powietrza, usłonecznienie, prędkość wiatru) na warunki tlenowe [Jawecki 2005].

Analizując termin rozpoczęcia badań ( $8^{00}, 14^{00}, 20^{00}$ ) można stwierdzić, że przy braku automatycznej aparatury pomiarowej, w celu dokładnego określenia wystąpienia dobowego maksimum i minimum natlenienia wody 24. godzinne pomiary terenowe należy rozpocząć około południa.

## Literatura

- DANIELEWSKI S. 1970: Wpływ intensyfikacji produkcji ryb na warunki tlenowe w stawach karpowych. Roczniki Nauk Rolniczych Tom 91-H-4, s. 451-466.
- JAWECKI B. 2005: Wpływ wybranych czynników meteorologicznych i zabiegów gospodarczych na kształtowanie się warunków tlenowych w stawie karpowym. Rozprawa doktorska. Maszynopis 145 stron.
- JAWECKI B., DRABIŃSKI A. 2003: Kształtowanie się warunków tlenowych w stawie karpowym, w lipcu 2002 r. Zeszyty Naukowe AR w Krakowie, seria Inżynieria Środowiska nr 24, Kraków 2003, s. 39-46.

- SASIK J. 1992: Parowanie ze stawu rybnego. Zeszyty Naukowe AR we Wrocławiu, Rozprawy nr 107. Wyd. AR we Wrocławiu.
- SZUMIEC A.M., AUGUSTYN D., JAKUBAS M., KOLASA-JAMIŃSKA B., URBANIEC-BRÓZDA W. 1995: Diel, seasonal and spatial variability in the carp pond ecosystem. *Acta Hydrobiologica* 37, suppl. 1, s. 165-172.
- TADESSE I., GREEN F.B., PUHAKKA J.A. 2004: Seasonal and diurnal variations of temperature, pH, and dissolved oxygen in advanced integrated wastewater pond system treating tannery effluent. *Water Research* 38. S. 645-654.
- TURKER H., EVERSOLE A.G., BRUNE D.E., 2003: Comparative Nile tilapia and silver carp filtration rates of Partitioned Aquaculture System phytoplankton. *Aquaculture* 220, s. 449-457.
- WOJDA R., CIEŚLA M. 1988: Zmiany zawartości tlenu w wodzie podczas odłowów karpia towarowych w stawach odrostowych. *Gospodarka Rybna* 12/1988, s. 12-15.

---

Bartosz Jawecki  
Instytut Architektury Krajobrazu, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu



Bartosz Jawecki, Alicja Krzemińska

## WPŁYW TEMPERATURY WODY NA NATLENIE STREFY EUFOTYCZNEJ STAWU KARPIOWEGO

### A INFLUENCE OF WATER TEMPERATURE ON OXYGEN CONDITION IN EUPHOTIC ZONE OF CARP POND

Badania terenowe prowadzono latem w latach 2002-2005, w rezerwacie przyrody „Stawy Milickie”. Obiektem badawczym był narybkowo-kroczkowy staw „Stań Górny” (kompleks Stawno), przeznaczony do niskointensywnego wychowu karpia. Powierzchnia zalewu wynosi 13,41 ha, średnia głębokość 0,9 m, dopuszczalna rzędna piętrzenia wynosi 108,30 m. Pomiary przeprowadzono w punkcie T [Jawecki, Drabiński 2003] zlokalizowanym w centralnej części stawu o średniej głębokości, odzwierciedlającym procesy termiczne i parowanie całego zbiornika. W okresie badawczym woda stawowa wykazywała eutroficzny i hipertroficzny charakter, przy przezroczystości średnio 0,2 m. Zasięg strefy eufotycznej ustalono na 0,4 m, jako dwukrotność średniej widzialności krążka Secchiego [Chojnacki 1998]. Pomiar warunków tlenowych i termicznych w wodzie wykonano w połowie strefy eufotycznej na głębokości 0,2 m. Obserwacje wykonywano 3 razy na dobę o godzinach 8<sup>00</sup>, 14<sup>00</sup>, 20<sup>00</sup> (czas letni).

W trakcie obserwacji o godzinie 8, temperatura wody średnio wynosiła 21,3 °C, o godzinie 14 - 23,8 °C, a o 20 - 24,0 °C. Odnotowane warunki termiczne były odpowiednie dla żerowania karpia. Temperaturę powyżej 30 °C ograniczającą żerowanie ryb, stwierdzono raz w trakcie pomiarów o 14. Natomiast częściej obserwowano temperatury poniżej 20 °C również ograniczające żerowanie, o godzinie 8 - 78, o 14 - 27 razy i 1 raz, a o 20-31 razy.

Stężenie tlenu rozpuszczonego w wodzie odnotowane o godzinie 8 kształtowało się w przedziale 2,34 - 13,34 mg O<sub>2</sub>·dm<sup>-3</sup> (średnio 7,12 mg O<sub>2</sub>·dm<sup>-3</sup>), o godzinie 14 (rys. 1) mieściło się w zakresie 4,74-25,5 mg O<sub>2</sub>·dm<sup>-3</sup> (średnio 13,04 mg O<sub>2</sub>·dm<sup>-3</sup>) a o 20 średnio wynosiło 13,61 (zakres 3,72 - 25,8 mg O<sub>2</sub>·dm<sup>-3</sup>). Natlenienie wody poniżej dolnej granicy optimum tlenowego (5 mg O<sub>2</sub>·dm<sup>-3</sup>) w większości przypadków obserwowano w trakcie pomiarów o godzinie 8, przy czym stężenie ani razu nie spadło poniżej wartości krytycznej (1,5 mg O<sub>2</sub>·dm<sup>-3</sup>) powodującej śmierć ryb.

Analiza zależności między zawartością tlenu w wodzie a temperaturą wody, dla danych z godziny 20, wykazała istotny statystycznie, ale bardzo słaby związek ( $r = 0,345$ ). Podobną sytuację odnotowano o godzinie 14, jednakże tutaj wartość współczynnika korelacji była wyższa ( $r = 0,432$ ). Zarówno o 14 jak i o 20 obserwowano wzrost natlenienia wody wraz z wzrostem jej temperatury. Analizując zależności między stężeniem tlenu w wodzie a jej temperaturą o godzinie 8 nie stwierdzono związku między natlenieniem a temperaturą wody.

Wzrostu zawartości tlenu w wodzie ze wzrostem jej temperatury wody należy upatrywać w zwiększeniu aktywności metabolicznej i biochemicznej fitoplanktonu produkującego tlen. Wartość współczynnika korelacji sugeruje, że związek ten jest bardzo słaby, a na natlenienie wody mogą mieć wpływ także inne czynniki, np.: temperatura powietrza, usłonecznienie, przezroczystość wody, prędkość wiatru, biomasa fitoplanktonu [Chojnacki 1998; Bieniarz, Kownacki, Epler 2000; Jawecki 2005]. Odnotowana o godzinie 14 największa wartość współczynnika korelacji może świadczyć o znacznym wpływie promieniowania słonecznego na warunki termiczno-tlenowe. Promieniowanie dostarczając energii do fotosyntezy i przyczynia się do wzrostu temperatury wody. Należy dodać, że ze względu na mniejszy kąt padania promieni słonecznych o godzinie 8 i 20 niż o godzinie 14, ilość energii docierającej w głąb profilu wodnego jest mniejsza, co może tłumaczyć zaobserwowane różnice.

## Literatura

- BIENIARZ K., KOWNACKI A., EPLER P. 2000: Biologia stawów rybnych. Część 1. Wydawnictwo IRS, Olsztyn 2000.
- CHOJNACKI J. 1998: Podstawy ekologii wód. Wydawnictwo AR w Szczecinie, Szczecin 1998.
- JAWECKI B. 2005: Wpływ wybranych czynników meteorologicznych i zabiegów gospodarczych na kształtowanie się warunków tlenowych w stawie karpowym. Rozprawa doktorska. Maszynopis 145 stron.
- JAWECKI B., DRABIŃSKI A. 2003: Kształtowanie się warunków tlenowych w stawie karpowym, w lipcu 2002 r. Zeszyty Naukowe AR w Krakowie, seria Inżynieria Środowiska nr 24, Kraków 2003, s. 39-46.

*Praca finansowana ze środków grantu KBN 2P06500429*

---

Bartosz Jawecki, Alicja Krzemińska  
Instytut Architektury Krajobrazu, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu

Ryszard Konieczny

## AERACJA PULWERYZACYJNA JEZIORA ZAMKOWEGO

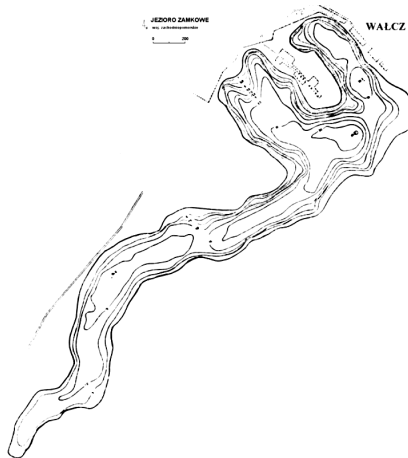
### Wstęp

Niedostatek tlenu jest przyczyną i skutkiem degradacji wody zmagazynowanej w naturalnych i sztucznych powierzchniowych otwartych zbiornikach. Zabiegi oparte na napowietrzaniu zdegradowanych ekosystemów wodnych są więc konieczne [Siuta 2006]. Mając na uwadze poprawę stanu tlenowego wielu jezior, a także nadmierną eutrofizację ich wód i wielorakie funkcje jakie spełniają jeziora [Kubiak, Tórz 2005], za cel niniejszej pracy przyjęto określenie zmian stanu tlenowego Jeziora Zamkowego spowodowane mechanicznym napowietrzaniem wód stref naddennych w nowej metodzie rekultywacji jezior [Podsiadłowski 2001], tzw. technologii aeracji pulweryzacyjnej. Badania realizował ZOB IMUZ w Szczecinie w latach 2004-2005 na mocy porozumienia z AR w Poznaniu i pod merytorycznym nadzorem WFOŚ i GW w Szczecinie.

### Charakterystyka obiektu badawczego

Jezioro Zamkowe (rys. 1) usytuowane jest na terenie miasta i gminy Wałcz na Pojezierzu Wałęckim w dorzeczu Piławka-Dobrzyca-Piława-Gwda-Noteć-Warta-Odra.

Stanowi ono bezodpływowy zbiornik rynnowy o powierzchni zwierciadła wody 1,33km<sup>2</sup>, długości linii brzegowej 10,05km, głębokości maksymalnej 36,5m i średniej 13m. W misie zbiornika znajdują się trzy głęboczki. Dwa większe (36,5 30m) są rozdzielone półwyspem w północno-wschodniej części jeziora, natomiast mniejszy (18m) stanowi zagłębienie w południowo-zachodniej misie zbiornika.



Rys. 1. Jezioro Zamkowe

## Metodyka badań

Badania wpływu technologii aeracji pulweryzacyjnej na stan tlenowy wód Jeziora Zamkowego realizowano w okresie wegetacyjnym (III dekada kwiecień-październik) w latach 2004-2005. Prace z zastosowaniem tlenomierza przenośnego Oxi 197i i sondy tlenowej CelloX 325 obejmowały raz w miesiącu pomiary zawartości tlenu rozpuszczonego w wodzie i temperatury. Pomiary prowadzono co dwa metry od powierzchni lustra do dna zbiornika w pionowych profilach trzech głębokości: 36,5; 30; 18m oraz w pionowym profilu pozycji pracy systemu aeratora pulweryzacyjnego (głębokość 34m). Lokalizacji miejsc pomiaru dokonano aparaturą kontrolno-pomiarową do nawigacji satelitarnej GPS GARMIN eTrex i echosondy rybackiej GARMIN Fishfinder 120.

## Wyniki badań i dyskusja

Podczas letniej stagnacji we wszystkich pionowych profilach pomiarowych zaobserwowano pełną stratyfikację wód jeziornych, z epilimnionem sięgającym do 2-4m i stabilnym hypolimnionem, występującym poniżej 8-10m głębokości. Tlen w hypolimnionie w okresie lipca i sierpnia został całkowicie wyczerpany osiągając już w dolnej strefie termokliny wartości bliskie zera. Był to efekt obumierania silnego zakwitnięcia fitoplanktonu utworzonego w lipcu. Obszar strefy bezpośredniego wpływu pracy systemu aeratora pulweryzacyjnego na stan jakości wód naddennych charakteryzowały warunki tlenowe. Analiza zmian zawartości tlenu rozpuszczonego w hypolimnionie wykazała w profilu pracy aeratora zróżnicowanie w natlenieniu wody. W 2004 roku w zakresie głębokości 30-34m stężenia tlenu kształtowała zawartość około  $0,1\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$ , a w 2005 roku  $0,1-1,2\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$ .

## Wnioski

1. Zawartości tlenu rozpuszczonego w wodzie i temperatury w badanych profilach Jeziora Zamkowego były zróżnicowane;
2. Dane pomiarowe za lata 2004-2005 wykazują w okresie wegetacyjnym na wzrost stanu nasycenia tlenem atmosferycznym wód Jeziora Zamkowego przez system aeratora pulweryzacyjnego.

## Literatura

- KUBIAK J., TÓRZ A., 2005. Zmienność poziomu trofii bradymiktycznego Jeziora Morzycko w latach 1974-2002. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 505: 199-209.
- PODSIADŁOWSKI S. 2001. Wykorzystanie energii wietrznej w rekultywacji jezior. Czysta energia 4: 14-15.
- SIUTA J., 2006. Natlenianie w ochronie i użytkowaniu środowiska -panorama zagadnień. Inżynieria Ekologiczna 14: 7-11.

---

Ryszard Konieczny  
Instytut Melioracji i Użytków Zielonych w Falentach,  
Zachodniopomorski Ośrodek Badawczy w Szczecinie

Piotr Kowalik

## **PROGRAM REWITALIZACJI GOSPODARCZEJ OBSZARU DELTY WISŁY I ZALEWU WIŚLANEGO**

### **PROGRAMME OF REVITALIZATION OF THE AREA OF THE DELTA OF RIVER VISTULA AND VISTULA LAGOON**

#### **Wstęp**

Opracowanie dotyczące rewitalizacji obszaru delty Wisły i Zalewu Wiślanego powstało w okresie jednego roku (2005-2006) w wyniku intensywnej pracy zespołu autorskiego powołanego z pracowników Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego, Uniwersytetu Gdańskiego, Uniwersytetu Emanuela Kanta w Kaliningradzie, Politechniki Gdańskiej, Państwowej Wyższej Szkoły Zawodowej w Elblągu, Państwowego Ośrodka Doradztwa Rolniczego w Starym Polu, pracowników organów samorządowych z województwa pomorskiego i województwa warmińsko-mazurskiego, Departamentu Gospodarki Wodnej Ministerstwa Środowiska, Regionalnego Zarządu Gospodarki Wodnej w Gdańsku, Zarządu Melioracji i Urządzeń Wodnych w Gdańsku i w Elblągu oraz samodzielnych ekspertów. Koordynatorem i redaktorem raportu końcowego był prof. Piotr Kowalik.

#### **Omówienie wyników**

Opracowanie składa się z dwóch części: część pierwsza nazwana może być częścią diagnostyczną, część druga to wspomaganie przyszłych decyzji. Nie należy zapominać, że przyszłe decyzje będą w mniejszym czy większym stopniu dofinansowywane z różnych środków Unii Europejskiej, a ekspertyza powstała w wyniku wsparcia finansowego Unii w dziedzinie współpracy transgranicznej polsko-rosyjskiej, dotyczącej współpracy obwodu kaliningradzkiego, województwa pomorskiego i województwa warmińsko-mazurskiego.

W pierwszej części opracowania można znaleźć dane o dotychczasowych dokumentach planistyczno - przestrzennych dotyczących delty Wisły i Zalewu Wiślanego. Pojawia się też rozdział p.t. „Diagnoza”, gdzie omawia się zabezpieczenie przeciwpowodziowe, rolnictwo, przemysł, usługi oraz budżet. Przedstawiono też analizę SWAT omawiającą słabe i silne strony regionu. Poddano też analizie bariery rozwojowe w sferze gospodarczej, społecznej, ochrony środowiska naturalnego, ładu przestrzennego oraz w sferze prawnej.

W drugiej części omawia się potencjalne decyzje i ich konsekwencje. Rozpoczyna się od omówienia krajowych i unijnych programów wsparcia rozwoju społeczno-gospodarczego, jak też formułuje się cele i priorytety działań w oparciu o analizę ekspertową. Pod-

je się zestawienie projektowanych zadań (tzw. fisze zadań), które mogą stanowić wykaz proponowanych priorytetów i mogą być dużą pomocą przy ubieganiu się o nowe środki pomocowe z Unii Europejskiej, zgodnie z proponowanymi priorytetami.

## **Wnioski**

Obszar delty Wisły i Zalewu Wiślanego ma przed sobą dwie drogi rozwojowe:

- a) wzorować się na Holandii z niezwykle intensywnym rolnictwem;
- b) albo wzorować się na przedwojennym Polesiu z bardzo ekstensywną gospodarką, ale z licznymi obszarami pokrytymi wodą i naturalną dziką roślinnością szuwarowo-błotną.

Trzeba będzie połączyć te dwa modele – brzegi zbiorników wodnych, rzek i kanałów przeznaczyć na turystykę i rekreację, a wewnątrz polderów nadal wykorzystywać do najlepszej w Polsce produkcji roślinnej i zwierzęcej. Należy przede wszystkim zapoznać się z preferencjami zgłaszanymi przez społeczności lokalne i popierać ich aspiracje i ambicje rozwojowe.

## **Literatura**

KOWALIK P. (Red.), DRWAŁ J., KOC J., MARKS M., NOWICKI J., PIAŚCIK H., TWOR-KOWSKLI J., KORNEEVETS V., JOUKOVSKIJ I., LIZIŃSKI T., PANKAU F., ZAUCHA J., BOCHEŃSKI J., HAJDACZUK AQ., KASPRZYKOWSKI W., KIERSZ Z., OLECH S., PTAK Z., RONŻEWSKI B., SAMUŁOWSKI W., SZYMAŃSKA E. 2006. *Program rewitalizacji gospodarczej obszaru delty Wisły i Zalewu Wiślanego*. Urząd Marszałkowski Województwa Pomorskiego (Gdańsk) i Urząd Marszałkowski Województwa Warmińsko-Mazurskiego (Olsztyn), 1-222.

---

Piotr Kowalik

Katedra Inżynierii Sanitarnej, Wydział Inż. Lądowej i Środowiska,  
Politechnika Gdańska

Alicja Krzemińska

## **MONITORING WÓD PODZIEMNYCH NA TERENIE LEŚNYM ODRZAŃSKIEGO POLDERU LIPKI-OŁAWA**

### **GROUNDWATER MONITORING IN THE SYLVAN AREA OF THE LIPKI-OŁAWA POLDER IN THE ODRÁ RIVER BASIN**

#### **Wstęp**

Las regulują obieg wody, a przez to retencję, wyrównują odpływ i przedłużają czas zasilania podłoża i cieków. Wpływają w znacznym stopniu na bilans wodny zlewni. Na terenach polderowych, których czasie porastają siedliska leśne, wahania zwierciadła wód gruntowych mogą być dość znaczne, a przez to gospodarka wodna utrudniona, szczególnie w okresie wegetacyjnym. Gospodarka wodna na terenach zalewowych jest bardzo trudna i często stwarza konflikty. Tereny leśne, położone na terenach polderowych, które nie są cyklicznie zalewane ubożają. Obniża się poziom zwierciadła wód gruntowych, co w konsekwencji powoduje powolne, ale dość znaczne różnicowanie się tych siedlisk wzdłuż koryta rzek.

#### **Omówienie wyników i wnioski**

Badania prowadzono na obszarze odrzańskiego polderu Lipki-Oława położonego między rzeką Odrą (w km od 205+700 do 223+000), a rzeką Smortawą. Pojemność maksymalna polderu wynosi 38,0 mln m<sup>3</sup> wody, a całkowita powierzchnia zalewu blisko 3000 ha. Jest to typowy polder przepływowy. Teren ten jest cenny przyrodniczo, wchodzi w skład obszarów wyznaczonych do objęcia ochroną w ramach projektowanego Parku Krajobrazowego „Dolina Odry II”, będąc jednym z elementów korytarza ekologicznego Odry szczególnie cennego dla herpeto- i ornitofauny [Krzemińska 2002]. Większa część polderu pokryta jest lasami o najwyższych walorach ekologicznych, z widoczną strefowością występowania siedlisk wilgotnych. Problem zwiększenia retencji na tym obszarze wydaje się być problemem zasadniczym w celu odtworzenia odpowiednich warunków siedliskowych. Dlatego też w latach 1997-2000 wykonano analizę zmian zwierciadła wód gruntowych na obszarze leśnym polderu. Jak wykazały badania, średni stan zwierciadła wody na omawianym terenie w całym okresie badawczym wahał się od 45 cm p.p.t. (P4) w roku hydrologicznym 98/99, do 246 cm p.p.t. (P9) w roku hydrologicznym 97/98. Największe wahania zwierciadła wód gruntowych zanotowano w studzienkach piezometrycznych, które usytuowane były najbliżej koryta Odry, natomiast najmniejsze w studziencie nr 10, która jest najbardziej oddalona od koryta Odry. Zauważono również, że w dwa lata po powodzi, obserwowano na

tym terenie największe amplitudy wahania zwierciadła wody, szczególnie w piezometrach położonych najbliżej koryta Odry, co jest najprawdopodobniej związane z tym, że Odra przybiera tu charakter drenujący [Adynkiewicz-Piragas, Krzemińska 2003]. W trzy lata po powodzi, obserwowano wyraźne zmniejszenie się amplitud zwierciadła wód gruntowych w stosunku do lat ubiegłych. Na taki układ zwierciadła wody, miała również wpływ wycinka drzewostanów, która nasiliła się w roku hydrologicznym 98/99. Monitoring wód podziemnych w rejonie polderu Lipki-Oława obejmuje swym zasięgiem obszar NATURA 2000, stanowiąc ważny składnik gospodarki wodnej na terenach cennych ekologicznie. Z trzyletnich obserwacji wynika, że w większości piezometrów (60%), zwierciadło wody gruntowej wg skali Obmińskiego [1960], zalegało na tym obszarze w strefie stanów dość niskich – mało korzystnych dla siedlisk wilgotnych, 20% w strefie stanów bardzo niskich [Krzemińska i in. 2003], co uwidacznia skalę problemu na tym obszarze. Poza tym, w wyniku wieloletniej suszy hydrologicznej poziom wód gruntowych na obszarze nadodrzańskich lasów obniżył się średnio o 80 cm [Krzemińska 2002], zachodzi więc potrzeba monitorowania dynamiki zmian zasobów wodnych w pradolinie Odry.

## Literatura

- ADYNKIEWICZ-PIRAGAS M., KRZEMIŃSKA A., (2003): Monitoring zasobów wodnych w pradolinie Odry na odcinku od Lipiek do Oławy Mat. Konf., Problemy Ochrony Zasobów Wodnych w Dorzeczu Odry, IX Międzynarodowa Konferencja Naukowo-Techniczna, Duszniki Zdrój 25-28 maja 2003 r., s. 229-237.
- KRZEMIŃSKA A., (2002): Wpływ czynnika wodnego na warunki siedliskowe terenów leśnych odrzańskiego polderu Lipki-Oława, rozprawa doktorska, Akademia Rolnicza we Wrocławiu, m.szynopsis.
- OBMIŃSKI Z., (1960): Badania nad wahaniami poziomu wód gruntowych, w niektórych biotopach Białowieskiego Parku Narodowego, Prace IBL, nr 201.

*Praca finansowana ze środków grantu KBN Nr 2P06500429*

---

Alicja Krzemińska  
Instytut Architektury Krajobrazu,  
Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu



Alicja Krzemińska

## **ZMIANY ODCZYNU WÓD POWIERZCHNIOWYCH I PODZIEMNYCH W LEŚNYCH ZLEWNIACH BADAWCZYCH POŁOŻONYCH NA TERENIE ODRZAŃSKIEGO POLDERU LIPKI-OŁAWA**

### **SURFACE AND GROUNDWATER WATER REACTION CHANGES IN SILVAN CATCHMENTS SITUATED WITHIN THE LIPKI-OŁAWA POLDER IN THE ODRÁ RIVER BASIN**

#### **Wstęp**

Powódź, która dotknęła Polskę w lipcu 1997 roku, była przyczyną różnorodnych przeobrażeń w środowisku leśnym, dotyczącym nie tylko drzewostanów i gleb, ale również jakości wód powierzchniowych, jak i podziemnych. Wody powodziowe, przechodzące przez tereny zalewowe mają różny odczyn – najczęściej są kwaśne, przez co stanowią mogą źródło skażenia wód powierzchniowych i podziemnych. Obniżenie odczynu wód, może pośrednio wpływać na zdolność przyswajania makro- i mikroelementów przez korzenie drzew, a przez to w perspektywie czasu, może być przyczyną zamian w siedliskach leśnych [Krzemińska 2002]. Po powodzi z 1997 roku w wodach podziemnych i powierzchniowych na terenie zlewni leśnych przepływowego polderu Lipki-Oława, obserwowano duże amplitudy wahań odczynu wody, dlatego w niniejszym artykule prześledzony zostanie ten problem w trzech kolejnych latach po powodzi z lipca 1997 roku. Obszar badań stanowią dwie zlewnie położone na obszarze odrzańskiego polderu Lipki-Oława, który położony jest w województwie dolnośląskim pomiędzy rzeką Odrą (w km od 205+700 do 223+000), a rzeką Smortawą.

#### **Omówienie wyników i wnioski**

Z przeprowadzonych badań wynika, że największe wahania pH w wodach zlewni polderowych, tj.: Lichawy (przekrój Stary Górnik) i Otocznicy (przekrój Janików) notowano w trzy lata po powodzi, natomiast w wodach rzeki Odry (przekrój Oława most) w roku hydrologicznym 1998/99. We wszystkich rzekach zaobserwowano obniżanie się odczynu wody w ciągu trzech lat po powodzi. Najniższe pH, równe 4,8 notowano w Lichawie w roku hydrologicznym 1999/00, a najwyższe 8,2 w Otocznicy i Odrze w roku hydrologicznym 1997/98. W okresie wegetacyjnym amplitudy odczynu wód w ciekach polderowych były mniejsze, natomiast w Odrze nie ulegały zmianie w stosunku do roku hydrologicznego. Różnice pomiędzy wartościami pH w okresach wegetacyjnych, a całym rokiem hydrologicznym w

Lichawie i Otocznicy, są związane z siedliskami leśnymi, roślinnością leśną i drzewostanami, które porastają obie zlewnie polderowe i „buforują” ilość zanieczyszczeń w zlewni. Jakość wód w zlewniach polderowych i Odrze, wahała się od I do IV klasy jakości. W pierwszym roku badań, odczyn wód podziemnych na terenie obu zlewni był niższy niż w wyżej omawianych ciekach i wahał się od 3,2 do 6,3, na co miała wpływ długotrwała stagnacja wód powodziowych na tym obszarze. W roku hydrologicznym 1998/99, podobnie jak w przypadku cieków, obserwowano znaczne amplitudy pH od 3,7 do 8,7, które wiązać można z wysokimi stanami wód podziemnych spowodowanymi nie tylko mokrym rokiem, ale również problemami w gospodarce wodnej na polderze i znaczną wycinką drzewostanów, a przez to dużymi zmianami w warunkach oksydacyjno-redukcyjnych. W roku hydrologicznym 1999/00, amplituda wahań odczynu wody zmniejszyła się, a pH mieściło się w przedziale od 3,6 do 7,3. Obie zlewnie, tj: Lichawa i Otocznica są zlewniami leśnymi, które w 1997 roku zostały całkowicie zalane wodami powodziowymi i na których terenie, wody te stagnowały do 3 tygodni. Odzwierciedliło się to, nie tylko w dużej wycince drzewostanów w roku hydrologicznym 1998/99 [Krzemińska i Drabiński 2003], ale również w znacznych zmianach jakości wód w tym szczególnie zmian dotyczących odczynu wody. Jak wynika z badań, największe amplitudy odczynu wód powierzchniowych i podziemnych, zanotowano w drugim roku badań w obu zlewniach, co można powiązać z problemami związanymi z gospodarką wodną na tym terenie i wymywaniem zanieczyszczeń docierających do profilu glebowego po powodzi.

## Literatura

- KRZEMIŃSKA A., (2002): Wpływ czynnika wodnego na warunki siedliskowe terenów leśnych odzkańskiego polderu Lipki-Oława, rozprawa doktorska, Akademia Rolnicza we Wrocławiu, maszynopis.
- KRZEMIŃSKA A., DRABINSKI A., (2003): Influence of flooding on the forest stand viability within the polder are based on the example of Lipki-Oława polder, International Conference, Towards natural flood reduction strategies, Warsaw, 6-13 September 2003, [levis.sggw.waw.pl/ecoflood/contents/articles/S4/html/4\\_9L.pdf](http://levis.sggw.waw.pl/ecoflood/contents/articles/S4/html/4_9L.pdf)

---

Alicja Krzemińska  
Instytut Architektury Krajobrazu,  
Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu

Krzysztof Maślanka, Agnieszka Policht

## **OCENA ODDZIAŁYWANIA ZBIORNIKA WODNEGO DOMANIÓW NA POŁOŻENIE ZWIERCIADŁA WODY GRUNTOWEJ W TERENACH PRZYLEGLYCH**

### **ASSESSMENT OF THE IMPACT OF THE RESERVOIR DOMANIÓW ON GROUNDWATER LEVELS IN ADJACENT AREAS**

#### **Wstęp**

Określanie wpływu zbiornika na położenie zwierciadła wody gruntowej i zmian warunków wodno-gruntowych na terenach przyległych jest zasadniczym elementem oceny oddziaływania na środowisko (OOS). Oddziaływanie zbiornika wodnego polegające na powiązaniu wód powierzchniowych z wodami gruntowymi jest uzależnione od warunków geologicznych, a szczególnie hydrogeologicznych. W budowie geologicznej rozpatrywanego obszaru biorą udział utwory jurajskie i czwartorzędowe (Kondracki 1998). Skały jurajskie wykształcone są w postaci margli ilastych i iłowców z przewarstwieniami wapieni skalistych i oolicznych. Utwory czwartorzędowe zalegają bezpośrednio na powierzchni utworów jurajskich są to osady rzecznołodowcowe, lodowcowe i aluwialne. Warunki hydrogeologiczne umożliwiają wzmózoną infiltrację wód powodującą wysokie stany wód podziemnych.

Zbiornik wodny Domaniów na rzece Radomce – drugi co do wielkości po Zalewie Zegrzyńskim na Mazowszu został wybudowany w latach 1996–2001. Powierzchnia zalewu zbiornika Domaniów przy maksymalnym poziomie piętrzenia – 158,50 m n.p.m. wynosi około 500 ha, a pojemność 13 mln m<sup>3</sup>.

Podstawowym obiektem zbiornika jest zapora czołowa wyposażona w budowlę upustowo-przelewową a towarzyszące obiekty to zapora boczna w Konarach i Brudnowie.

W trakcie budowy zapory czołowej po szczegółowym rozpoznaniu warunków hydrogeologicznych w celu zabezpieczenia przed podtapianiem terenów przyległych wykonano uszczelnienie geomembraną, części czaszy zbiornika o powierzchni 19,67 ha.

W celu określenia wpływu zbiornika na położenie zwierciadła wody gruntowej na terenach przyległych wykonywano pomiary w studniach gospodarskich w miejscowościach sąsiadujących ze zbiornikiem. Pomiary prowadzono od 2001 do 2005 roku, średnio 2 razy w miesiącu – łącznie w 104 terminach wybieranych losowo. Pomiary te wykonywane były z ponad 4.- letnim wyprzedzeniem przed napełnieniem zbiornika, od grudnia 1996 roku i są nadal kontynuowane. Wybrano wówczas i rejestrowano poziomy wody w 73 studniach gospodarskich. Po napełnieniu zbiornika jak również aktualnie zredukowano liczbę studni do 51, ponieważ część została zlikwidowana. W większości studnie te są rozmieszczone prostopadle do osi zbiornika za wyjątkiem wsi Brudnów, gdzie usytuowane są równolegle i prostopadle oraz wsi Mniszek przy cofce zbiornika.

## Wyniki i omówienie wyników

Wyniki analizy przeprowadzonych badań z okresu 2001–2005 r. pozwoliły na określenie wpływu zbiornika na poziom zwierciadła wody gruntowej na terenach przyległych. Dla porównania poziomów wody w zbiorniku i w studniach wybrano 22 reprezentatywne studnie gospodarskie usytuowane w miejscowościach: Wólka Domaniowska – 3, Brudnów – 3, Młódnice – 3, Konary – 3, Kaleń – 3, Rogowa – 2, Mniszek – 3 i Głogów – 2. Studnie reprezentatywne usytuowane są w bliskiej, średniej i największej odległości od brzegów zbiornika oraz w wysokości bezwzględnej najniższej, średnio i najwyższej w każdej z wymienionych miejscowości. Statystyczną istotność różnic określono za pomocą testu t-Studenta, porównując obliczoną wartość „t” z wartościami krytycznymi podanymi przez Elandt (1964) i w przypadku, gdy przy danym poziomie istotności i stopniu swobody  $t_{\text{obl.}} \geq t_{0,05}$ , wpływ jest statystycznie istotny na przyjętym poziomie prawdopodobieństwa  $\alpha = 0,05$ . Na tej podstawie stwierdzono brak istotności tylko w dwóch analizowanych studniach gospodarskich, w pozostałych studniach były istotne. Brak wpływu zbiornika na położenie zwierciadła wody gruntowej stwierdzono w miejscowości Brudnów i Konary. Jest to spowodowane wybudowanymi zaporami bocznymi i funkcjonującymi przepompowniami wody.

Współczynniki korelacji pomiędzy rzędnymi piętrzenia wody w zbiorniku Domaniów a rzędnymi zwierciadła wody w poszczególnych studniach obliczone na poziomie istotności  $\alpha = 0,05$ , wahały się od 0,12 do 0,89. Jednak zależność jest tylko istotna statystycznie dla studni najwyższej położonej w Brudnowie.

## Podsumowanie

Na podstawie dotychczas przeprowadzonych badań można ogólnie stwierdzić, że nie występuje szkodliwe oddziaływanie zbiornika wodnego Domaniów na warunki gruntowo-wodne terenów przyległych. Wyraźną reakcją na najwyższe położenie zwierciadła wody w zbiorniku stwierdzono tylko w Wólce Domaniowskiej konkretnie w lipcu i sierpniu 2001 roku kiedy podwyższone poziomy wody gruntowej przekroczyły ponad 50% głębokości studni.

## Literatura

- ELANDT R. 1964. Statystyka matematyczna w zastosowaniu do doświadczalnictwa rolniczego. PWN, Warszawa, ss.595.  
KONDRACKI J. 1998. Geografia regionalna Polski. PWN, Warszawa, ss. 441.

---

Krzysztof Maślanka, Agnieszka Policht  
Katedra Melioracji i Kształtowania Środowiska,  
Akademia Rolnicza w Krakowie

Bernard Okoński, Sylwester Grajewski, Krzysztof Moliński

## **DYNAMIKA POZIOMU WODY GRUNTOWEJ W ŚWIEŻYCH SIEDLISKACH LEŚNYCH WIELKOPOLSKI NA PRZYKŁADZIE PUSZCZY ZIELONKA**

### **GROUNDWATER LEVEL DYNAMICS OF FOREST FRESH SITES IN WIELKOPOLSKA REGION ON EXAMPLE OF PUSZCZA ZIELONKA**

Obszar Wielkopolski należy do regionów Polski o szczególnie niekorzystnych warunkach ze względu na kształtowanie się zasobów wodnych. Stan ten determinowany jest głównie przez cechy klimatu regionu. Cechy te to relatywnie niskie opady i wysokie parowanie terenowe oraz niekorzystny ich rozkład w ciągu roku (m.in. Kędziora 1993, Szwed 2002).

W przeważającej części regionu dominują mięszce, przepuszczalne grunty o niskiej pojemności wodnej i wysokiej podatności na parowanie bezpośrednio z gruntu (utwory wodnolodowcowe, dennomorenowe oraz eolityczne). Lasy stanowią obecnie ponad 25% powierzchni regionu. Obszary leśne położone są na ogół luźnych utworach piaszczysto-żwirowych o niskiej przydatności rolniczej.

Ekosystemy leśne wpływają w sposób znaczący na bilans wodny stymulując rozchodowanie wody, szczególnie w odniesieniu do ewapotranspiracji oraz szczyptywania wody gruntowej w zasięgu oddziaływania korzeni roślinności leśnej. W ujęciu przyrodniczo-leśnym dla potrzeb badań hydrologicznych las opisywany jest jako zbiór wzajemnie powiązanych cech o zmiennej dynamice oraz rozkładzie przestrzennym (Suliński 1995).

W niniejszej pracy podjęto próbę oceny dynamiki poziomów wody gruntowej dla leśnych siedlisk świeżych. Wybrano obszar o cechach typowych dla Niziny Wielkopolskiej. Badania prowadzono w kompleksie leśnym Puszcza Zielonka położonym w środkowej części regionu o powierzchni blisko 15 tys. ha. Siedliska świeże przeważają w rozważanym obszarze zajmując blisko 95% powierzchni. Dominującym pokryciem gruntowym w Puszczy Zielonka są piaski i żwiry, które łącznie stanowią ponad 90%. Rozpatrywano zależności między wybranymi leśnymi cechami siedliskowo-drzewostanowymi, cechami fizyczno-geograficznymi oraz elementami meteorologicznymi a dynamiką poziomu wody gruntowej. Okres badań obejmował lata 2001-2005. Poziom wody określono na podstawie odczytów stanów wody gruntowej prowadzonych w studzienkach pomiarowych z tygodniowym krokiem czasowym.

Dokonano kategoryzacji cech na podstawie przesłanek zaczerpniętych z literatury i badań własnych (Miler i in. 2001, Okoński 2004). Wartości cech były uzyskane z pomiarów własnych a także danych zawartych w operatach urządzeńowych lasu. Dla cech drzewostano-siedliskowych wyróżniono kategorie uwzględniając wiek drzewostanów, skład

gatunkowy, zasobność drzewostanów, pokrycie runa i zwarcie drzewostanów, siedliskowy typ lasu, gatunek i rodzaj gleby. Dla nieleśnych cech fizyczno-geograficznych kategorie zostały wyróżnione na podstawie zróżnicowania ukształtowania terenu oraz głębokości zalęgania zwierciadła wody gruntowej pod poziomem terenu. Uwzględniono zmienność warunków meteorologicznych. Analizę prowadzono dla różnych okresów roku.

## Literatura

- KĘDZIORA A., 1993, Klimat a stosunki wodne w środowisku przyrodniczym Wielkopolski, Kronika Wielkopolski: 46-54.
- MILER A.T., GRAJEWSKI S., OKOŃSKI B., 2001, Stosunki wodne w wybranych ekosystemach Puszczy Zielonka, Wyd. AR, Poznań.
- OKOŃSKI B., 2004, Stosunki wodne w Puszczy Zielonka i kierunki przewidywanych zmian. AR Poznan. Maszyn. KIL.
- SULIŃSKI J., 1995, Czynniki różnicujące wartości składowych bilansu wodnego drzewostanów zagospodarowanych zrębowo, Sylwan, nr 11: 49-65.
- SZWED M., 2002, Zmienność czasowa susz w Wielkopolsce. W: Detekcja zmian klimatu i procesów hydrologicznych Red. Z.W. Kundzewicz, M. Radziejewski. Wyd. Sorus, Poznań: 73-97.

---

Bernard Okoński, Sylwester Grajewski, Krzysztof Moliński  
Akademia Rolnicza im. Augusta Cieszkowskiego w Poznaniu

Wojciech Orzepowski, Grzegorz Pęczkowski,  
Tomasz Kowalczyk, Anna Pływaczyk

## **ODDZIAŁYWANIE MAŁYCH ZBIORNIKÓW WODNYCH NA STOSUNKI WODNE TERENÓW PRZYLEGLYCH**

### **THE INFLUENCE OF SMALL WATER RESERVOIRS ON WATER RELATIONS OF SOILS OF ADHERENT ARABLE LAND**

#### **Wstęp**

W następstwie podniesienia poziomu wody w czaszy zbiornika następuje przyrost objętości gromadzonej w niej wody, a w terenach przyległych obserwuje się przyrost retencji wód podziemnych oraz zasobów retencji glebowej. Oddziaływanie pojedynczego małego zbiornika na zasoby wodne zlewni jest zazwyczaj niewielkie, jednak przy większej liczebności oczek wodnych, stawów i innych drobnych akwenów na danym terenie, nie można pominąć ich znaczenia dla kształtowania się bilansu wodnego [KOC, CYMES, 2004, MIODUSZEWSKI, 1999].

#### **Omówienie wyników**

W pracy przedstawiono wybrane elementy badań prowadzonych w latach hydrologicznych 2000/2001-2002/2003 na użytkach rolnych przylegających do 6 niewielkich zbiorników wodnych zlokalizowanych na terenie gminy Kąty Wrocławskie w województwie dolnośląskim. Grunty orne w sąsiedztwie zbiorników, charakteryzują się niewielkimi nachyleniami i należą do żyznych czarnych ziem wytworzonych z pyłów lub glin średnich i lekkich pylastych, niekiedy lokalnie podścielonych lżejszy mi utworami. Największą powierzchnię zajmuje zbiornik w Smolcu (około 2,2 ha), znacznie mniejsze są zbiorniki w Rybnicy (około 0,25 ha), w Zybiszowie (około 0,06 ha) i w Bliżu (od 0,05 do 0,12 ha).

Roczne sumy opadów w kolejnych latach okresu badań wynosiły 644 mm, 577 mm i 488 mm. Na podstawie prawdopodobieństwa wystąpienia opadów pierwszy rok badań scharakteryzowano jako mokry, a kolejne odpowiednio jako normalny i suchy.

Stwierdzono, że zakres wahań lustra wody w analizowanych zbiornikach w poszczególnych latach nie był duży i wynosił od kilku, kilkunastu centymetrów w Bliżu do najwyżej 40 centymetrów w zbiorniku w Smolcu. Największe ilości wody gromadzone były w zbiornikach przeważnie w okresie kwiecień- maj, lub po obfitych opadach letnich.

Większą zmiennością położenia zwierciadła wody charakteryzowały się zbiorniki pozbawione odpływu (Smolec Zybiszów), natomiast w zbiornikach w których możliwe było

odprowadzenie nadmiaru wody (Rybnica, Bliż) napełnienie było wyraźnie bardziej stabilne. Zakresy wahań poziomów wody pomiędzy stanem minimalnym i maksymalnym w zbiorniku w Smolcu w kolejnych latach okresu badawczego wynosiły 31 cm, 33 cm i 40 cm, co odpowiadało zmianom objętości gromadzonej wody o ok. 6800 m<sup>3</sup> do 8800 m<sup>3</sup>, w Zybiszowie wynosiły one 34 cm, 32 cm oraz 36 cm (odpowiednio ok. 190-215 m<sup>3</sup>), natomiast w Rybnicy 24 cm, 14 cm, 30 cm (odpowiednio ok. 350-750 m<sup>3</sup>)

W Bliżu gdzie ilość wody dopływającej do zbiorników równoważona swobodnym odpływem, stany wody utrzymywały się przez prawie cały okres badawczy na podobnym poziomie.

Na przylegających do zbiorników użytkach rolnych przeciętne roczne głębokości zalegania zwierciadła wody gruntowej rejestrowane w odległości od kilkunastu do kilkudziesięciu metrów od brzegów wynosiły 134-147 cm w Smolcu, 82-93 cm w Zybiszowie, 103-120 cm w Rybnicy i 108-153 w Bliżu. Amplitudy wahań poziomów wód gruntowych w mokrym roku 2000/2001 wynosiły od 34-57 cm natomiast w roku suchym były wyraźnie większe i wynosiły 40-113 cm. W piezometrach położonych dalej od zbiorników wahania lustra wody gruntowej we wszystkich latach badawczych były wyraźnie większe.

## **Wnioski**

1. Małe zbiorniki, pozbawione dopływu i zasilane wyłącznie wodami opadowymi i gruntowymi charakteryzowały się niedużą zmiennością poziomów lustra wody wynoszącą w poszczególnych latach okresu badawczego od kilku do najwyżej 40 centymetrów.
2. Oceniono, że zasięg oddziaływania zbiorników na przyległy teren wynoszący do kilkudziesięciu metrów od brzegów uzależniony był od ukształtowania terenu, parametrów zbiornika i jego napełnienia, oraz warunków opadowych, a roczne amplitudy wahań poziomów wód gruntowych wynosiły 34-113 cm i zwiększały się wraz ze wzrostem odległości od zbiornika.

## **Literatura**

- MIODUSZEWSKI W., 1999. Ochrona i kształtowanie zasobów wodnych w krajobrazie rolniczym. Wyd. IMUZ, Falenty: 76-85.
- KOC J., CYMES I. 2004. Retencyjna rola małych zbiorników wodnych włączonych do sieci drenarskiej w warunkach Równiny Sępolskiej. Roczn. AR w Poznaniu 357, Melior. i Inż. Środ. 25: 239-246.

---

Wojciech Orzepowski, Grzegorz Pęczkowski, Tomasz Kowalczyk,  
Anna Pływaczyk  
Instytut Kształtowania i Ochrony Środowiska, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu



Anna Pływaczyk, Wojciech Orzepowski, Tomasz Kowalczyk

## **KSZTAŁTOWANIE SIĘ ZASOBÓW RETENCJI GLEBOWEJ NA TERENACH ZIELENI W OBRĘBIE AGLOMERACJI MIEJSKICH**

### **FORMATION OF SOIL RETENTION RESOURCES IN GREEN AREAS IN URBAN AGGLOMERATIONS**

Na terenach nizinnych Dolnego Śląska w obrębie większych aglomeracji miejskich pomimo sprzyjających warunków agroklimatycznych umożliwiających uprawianie roślin, występuje wiele czynników wpływających negatywnie na zieleń miejską. Możemy do nich zaliczyć, między innymi, zmniejszenie wilgotności gleby i obniżenie zwierciadła wody gruntowej związane z postępującą urbanizacją. Badania wykonane w latach 2000/01-2003/04 na terenie parku Południowego we Wrocławiu, których celem było ustalenie zasobów retencji glebowej wierzchniej 1 m warstwy gleby w latach o zróżnicowanych opadach, obejmowały charakterystykę i ocenę warunków meteorologicznych, glebowych, hydrogeologicznych, stanu roślinności, pomiary i analizę zmian zwierciadła wody gruntowej, wilgotności oraz zapasów wody w glebie. Park Południowy o powierzchni około 25 ha położony w centralnej części Wrocławia, posiada bogatą szatę roślinną, a usypana ponad 100 lat temu podczas zakładania parku wierzchnia 100 cm warstwa gleby, którą stanowią przeważnie piaski gliniaste i gliny średnie, ma bardzo dobre właściwości fizyczne i wodne.

W rozpatrywanych latach hydrologicznych roczne sumy opadów kształtowały się w przedziale 677-440 mm, przy średnich wieloletnich wynoszących 565 mm. Analizując prawdopodobieństwo występowania opadów atmosferycznych ( $p$ ) wraz z wyższymi, określone metodą Dębskiego, zaliczając lata o prawdopodobieństwie występowania opadów atmosferycznych mniejszym od 20% do mokrych, 20-39% do średnio mokrych, 40-59% do normalnych, 60-79% do średnio suchych i równym lub większym od 80% do suchych [Marcilonek i inni, 1980] stwierdzono, że w okresie badawczym występowała duża zmienność opadów od lat mokrych ( $p = 18\%$ ) do suchych ( $p = 90\%$ ). Średnie roczne temperatury powietrza kształtowały się w przedziale od  $8,8^{\circ}\text{C}$  do  $10,1^{\circ}\text{C}$  i były zbliżone lub wyższe od średniej wieloletniej ( $8,5^{\circ}\text{C}$ ).

Badania wilgotności gleby wykonywano w okresie wegetacyjnym w dwóch punktach co około trzy tygodnie. Obliczone aktualne zapasy wody do głębokości 1 m porównano z zapasami przy połowej pojemności wodnej i minimalnymi dopuszczalnymi zapasami wody odpowiadającymi współczynnikowi wędnięcia. Stwierdzono, że w mokrych okresach wegetacyjnych wiosną i po nawalnych opadach letnich zapasy retencji glebowej przekraczały połowę pojemności wodną i dochodziły do maksymalnych dopuszczalnych. W latach suchych jedynie wczesną wiosną zbliżone były do połowej pojemności wodnej, a potem

znacznie obniżały się i pod koniec okresu wegetacyjnego były mniejsze od absolutnie najmniejszych dopuszczalnych.

Wody gruntowe mierzono raz w tygodniu w piezometrach usytuowanych obok punktów pomiaru wilgotności. W mokrym okresie wegetacyjnym średnie miesięczne głębokości wód gruntowych były w przedziale 44-170 cm, a w suchym kształtowały się od 70-250 cm. Na podstawie badań własnych i innych autorów [Marcilonek 1989, Pływaczyk A. 2002, Orzepowski 2001] ustalono minimalne, optymalne i maksymalne normy zalegania zwierciadła wody gruntowej w okresie wegetacyjnym dla warunków klimatycznych i glebowych parku Południowego we Wrocławiu. Przyjęte zakresy głębokości zalegania zwierciadła wody gruntowej w okresie wegetacyjnym oceniono jako:

- 0 ÷ 60 cm – zbyt płytkie zwierciadło wody gruntowej,
- 60 ÷ 120 cm – optymalne głębokości zwierciadła wody gruntowej,
- 120 ÷ 180 cm – zbyt głębokie zwierciadło wody gruntowej,
- poniżej 180 cm – zwierciadło wody gruntowej nie ma wpływu na stosunki wodne wierzchniej, czynnej warstwy gleby.

Stwierdzono, że w mokrym okresie wegetacyjnym na wiosnę i po nawalnych opadach letnich występowały długie okresy zbyt płytkiego zalegania zwierciadła wody gruntowej, natomiast w suchych okresach wegetacyjnych jedynie wczesną wiosną notowano optymalne głębokości, a potem zwierciadło wody gruntowej obniżało się do 250 cm i nie miało wpływu na stosunki wodne wierzchniej, czynnej warstwy gleby. Nadmierne uwilgotnienie gleby w latach mokrych spowodowało lokalne okresowe podtopienie polan parkowych, wypadanie krzewów i niektórych gatunków drzew, natomiast w latach suchych w dłuższych okresach bezopadowych wysychanie murawy trawników.

## Wnioski

1. Analizowany okres 2000/01-2003/04 może być reprezentatywny dla oceny zmian zasobów retencji gleb średnio-zwięzłych w latach o zróżnicowanym zasilaniu opadem.
2. Stwierdzono, że w latach mokrych wiosną i po nawalnych opadach letnich zasoby retencji glebowej w wierzchniej 1 m warstwie gleby zbliżały się do maksymalnych dopuszczalnych, występowały dłuższe okresy zbyt płytkiego zalegania zwierciadła wody gruntowej, co powodowało straty w roślinności parkowej.
3. W suchych okresach wegetacyjnych jedynie wczesną wiosną wilgotność gleby zbliżona była do optymalnej, a potem zwierciadło wody gruntowej obniżało się do głębokości około 250 cm, nie miało istotnego wpływu na stosunki wierzchniej warstwy gleby, a w dłuższych okresach bezopadowych obserwowano lokalnie znaczne przesychnianie murawy trawników.
4. W celu zapewnienia właściwych stosunków powietrznych i wodnych gleby w parkach aglomeracji miejskich o podobnych warunkach glebowych i hydrometeorologicznych na terenach nizinnych Dolnego Śląska należałoby wykonać dwustronne systemy melioracyjne umożliwiające odprowadzenie nadmiaru wody z gleby w latach mokrych oraz systemy nawadniające uzupełniające niedobory wody w suchych okresach wegetacyjnych.

## Literatura

- MARCILONEK S., KOSTRZEWA S., PŁYWACZYK A. 1980: Oddziaływanie drenowania na stosunki wodne gleb ornych średnio zwięzłych w latach 1970-1978. Zesz. Nauk. AR we Wrocławiu, Melioracja XXIII, Nr 128: 81-84.
- ORZEPOWSKI W. 2001: Oddziaływanie urządzeń wodno-melioracyjnych na stosunki wodne gleb ciężkich. Zesz. Nauk. AR we Wrocławiu, Melioracja XLIII, Nr 417: 54-79.
- PŁYWACZYK A. 2002: Wpływ urządzeń drenarskich na stosunki wodne gruntów ornych na terenach nizinnych Dolnego Śląska. Zesz. Nauk. AR we Wrocławiu, Nr 449, Monografie XXVIII: 42.
- MARCILONEK S. 1989: Potrzeby wodne roślin uprawnych. PWN, Warszawa. Praca zbior. pod red. Dzieżyca: 251-296.

---

Anna Pływaczyk, Wojciech Orzepowski, Tomasz Kowalczyk  
Instytut Kształtowania i Ochrony Środowiska, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu

Stanisław Podsiadłowski

## **WSTĘPNE BADANIA AERATORA PULWERYZACYJNEGO, WYPOSAŻONEGO W SYSTEM INAKTYWACJI FOSFORU**

### **PRELIMINARY STUDY OF A PULVERIZING AERATOR EQUIPPED WITH A PHOSPHORUS INACTIVATION SYSTEM**

The principal threat to lakes of the temperate zone is posed by factors accelerating their eutrophication and causing marked deoxygenation of the deeper layers of water, mainly the hypo- and metalimnion. Among their effects are frequent phytoplankton blooms, including those of blue-green algae, and general deterioration of water quality also affecting the abundance and health status of fish. The chief concern is a disturbed proportion between the amount of complex chemical compounds, especially organic, and the oxygen content of lake waters. Natural processes of water oxygenation are not too intensive, because they are practically limited to the epilimnion layer, connected as they are with the activity of aquatic plants of the littoral and sublittoral zone (which tends to disappear in contaminated lakes) and wind energy (the effect of waving). In summer conditions, with a relatively great chemical activity of bottom deposits, the intensity of those processes is usually inadequate [KLAPPER 2003; LOSSOW et al 1998].

Hence, in 1995 a research was launched in the Institute of Agricultural Engineering of the Agricultural University in Poznań on an integrated lake restoration technology whose core was a self-powered aerator capable of oxygenating also the bottom layers of water (the hypolimnion) of deep lakes. The aerator uses energy obtained from a Savonius rotor mainly to diffuse gases: to release hydrogen sulphide, which usually saturates the hypolimnion water completely, and then to saturate this water with oxygen [PODSIADŁOWSKI et al. 2005]. Even early studies showed the constructed device to be highly efficient in improving oxygen conditions in the bottom zone. They also made it clear that it should be equipped with an autonomous system designed to inactivate phosphorus, one of the principal factors determining the rate of lake degradation. In 2003 the first wind-driven pulverising aerator equipped with such a system was installed in Town Lake in Chodzież. The aim of this work is to present the principles of operation of a wind-driven pulverising aerator with a phosphorus inactivation system, as well as its general technical characteristics and preliminary results of a study of its performance.

The obtained data show that the efficiency of pulverising aeration rises markedly with an increase in wind velocity, the steepest rise being recorded in a wind-speed interval of 4.2-5.2 m/s. The rise results from the so-called self-sealing of the pulveriser rotor at higher water-flow velocities [KONIECZNY 2004]. In turn, wind speeds in excess of 5.2 m/s

were observed to dampen aeration efficiency owing to a limited water discharge in the suction hoses, built to accommodate wind velocities of high frequency (3-5 m/s).

The phosphorus inactivation system in the pulverising aerator has been designed to correlate the dispensing of a preparation (a coagulator - ferric sulphate) with aeration efficiency. The idea was to feed the preparation to oxygen-saturated water while disabling the action when there was no pulverisation and no water flow. Another consideration was a relative simplicity of design in order to ensure the system operational reliability in lake conditions. There was a clear correlation, within the research scope, between the efficiency of preparation feeding and average wind velocity. Winds of average speed (3-4 m/s) triggered the dispensing of about 100 g of the preparation per hour of work of the pulverising aerator. As our research showed, this amount was sufficient to precipitate phosphates in the aeration zone of Town Lake in Chodzież.

## Conclusions

The efficiency of coagulator feeding clearly depends on wind velocity (from about 20 g to 230 g · h<sup>-1</sup>), which makes it possible to start work on a forecasting model of the phosphorus inactivation process.

## References

- KLAPPER H.(2003): Technologies for lake restoration. *J. Limnol.*, 62/1: 73-90.
- KONIECZNY R. (2004): Aeracja pulweryzacyjna w warunkach Jeziora Barlinieckiego. *Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie* t. 4 z 2b: 291-301.
- LOSSOW K., GAWROŃSKA H., JASZCZUŁT R. (1998): Attempts to use wind energy for artificial destratification of Lake Starodworskie. *Polish J. Environ. Studies.* 7/4:221-227.
- S. PODSIADŁOWSKI, J. DZIUDZIEL (2005): Belüftung der Seen gemassigter Zone. *Konf. Nauk Politechniki Poznańskiej: Intuicja i architektura.* Wyd. Politechn. Pozn.: 571-580.

---

Stanisław Podsiadłowski  
August Cieszkowski Agricultural University in Poznań, Institute of Agricultural Engineering

Czesław Przybyła, Karol Mroziak

## **REALIZACJA INWESTYCJI MAŁEJ RETENCJI W WOJEWÓDZTWIE WIELKOPOLSKIM W LATACH 1998–2005**

### **REALIZATION OF INVESTMENTS ON SMALL WATER RETENTION IN VOIVODESHIP WIELKOPOLSKIE IN YEARS 1998–2005**

#### **Wstęp**

Wdrażanie Narodowego Programu Rozwoju na lata 2007-2013 umożliwia w swoich szerokich ramach także dalszą realizację inwestycji z zakresu małej retencji wodnej. Skłoniło to autorów do przeanalizowania dotychczasowych efektów wykonywania tego typu inwestycji w Wielkopolsce. W artykule wykorzystano materiały statystyczne GUS oraz WZMiUW w Poznaniu obejmujące lata 1998-2005.

#### **Omówienie wyników**

Województwo wielkopolskie zaliczane jest do najbardziej deficytowych w wodę regionów Polski. Potwierdza to m.in. opracowana przez IMGW w Warszawie w 1997 r. Hierarchia potrzeb obszarowych małej retencji. Wielkość dyspozycyjnych zasobów wody w roku średnim w analizowanym województwie wynosi 3753,71 mln m<sup>3</sup>, z czego w okresie letnim (wegetacyjnym) 1493,93 mln m<sup>3</sup>, a w okresie zimowym 2259,78 mln m<sup>3</sup>. W roku średnio suchym natomiast, tj. w roku miarodajnym dla określenia wielkości zapotrzebowania wody dla celów rolniczych ogólne zasoby wody wynoszą 1814,59 mln m<sup>3</sup> i są o ponad 50 % mniejsze od zasobów w roku średnim. Dla potrzeb rolnictwa istotne są zasoby wody w półroczu letnim, które wynoszą zaledwie 663,0 mln m<sup>3</sup> i stanowią około 46 % zasobów roku średniego. W aktualizacji programu małej retencji wodnej do realizacji w latach 2005-2015 na terenie województwa wielkopolskiego potwierdzono możliwość wykonania:

- 48 spiętrzeń jezior o łącznej pojemności 33,008 mln m<sup>3</sup>,
- 62 zbiorników dolinowych o łącznej pojemności 81,228 mln m<sup>3</sup>,
- 230 budowli piętrzących i uzyskanie przez to retencji korytovej o wielkości 8,988 mln m<sup>3</sup>,
- 282 stawów wiejskich o łącznej pojemności 12,132 mln m<sup>3</sup>.

Wykonanie do 2015 roku planowanych obiektów małej retencji zwiększyłoby ilość retencjonowanej wody o 135,356 mln m<sup>3</sup>. Łącznie z już istniejącymi obiektami, za pomocą których możliwe jest retencjonowanie 251,582 mln m<sup>3</sup> wody, wielkość retencji na terenie województwa wzrosłaby do 386,938 mln m<sup>3</sup>. Objętość ta stanowiłaby około 10,31 %

zasobów wody roku średniego i około 21,33 % zasobów wody roku suchego. Zrealizowanie dodatkowo do 2015 na terenie lasów 197 zbiorników śródleśnych i 534 budowli piętrzących na ciekach pozwoliłoby na zmagazynowanie dodatkowo na obszarze Wielkopolski 3,828 mln m<sup>3</sup> wody powierzchniowej. O kolejne 0,342 mln m<sup>3</sup> wielkość retencji zwiększyłaby odbudowa 90 zbiorników. Łącznie z terenami rolnymi oznaczałoby to przyrost zasobów wody o 139 mln m<sup>3</sup>, czyli o około 55 % w stosunku do stanu na I kwartał 2005 roku.

W analizowanym okresie 1998-2005 w województwie wielkopolskim zrealizowano ogółem 478 obiektów małej retencji, co umożliwiło retencjonowanie 30,9 mln m<sup>3</sup> wody, czyli 3,87 mln m<sup>3</sup> rocznie. Realizacja programu małej retencji na lata 2005-2015 zakłada średnioroczny przyrost retencjonowanej wody na poziomie 13,9 mln m<sup>3</sup>. Planowane wartości są ponad 3-krotnie wyższe od efektów osiągniętych w latach 1998-2005. Jeśli by uwzględnić tylko trzy ostatnie lata (2003-2005) jeszcze bardziej uwidacznia się skala problemu związanego z realizacją programu małej retencji. Przyrosty roczne w wysokości 1,6 mln m<sup>3</sup> są bowiem prawie 9-krotnie niższe od planowanych na lata 2005-2015.

O przyroście retencji w latach 1998-2005 w największym stopniu decydowały sztuczne zbiorniki wodne (61,2 %) oraz piętrzenie jezior (26,1 %). Podobne proporcje przewidyje aktualny program małej retencji dla analizowanego regionu. Warto jednak zauważyć, że ostatnie piętrzenie jezior w województwie wielkopolskim zostało wykonane w 2001 roku, co wskazuje na trudności związane z wykonywaniem największych inwestycji wśród małej retencji. Średnio bowiem każde piętrzenie jezior w Wielkopolsce zwiększało ilość retencjonowanej wody o 1 mln m<sup>3</sup> (prawie 2,5-krotnie więcej niż średnio w skali kraju).

Realizacja 1 sztucznego zbiornika wodnego powodowała z kolei przyrost retencji o 0,14 mln m<sup>3</sup>, czyli o 0,6 mln m<sup>3</sup> więcej niż w przypadku Polski ogółem. Natomiast stawy rybne wykonywane w województwie wielkopolskim zwiększały retencję wodną średnio o 13,8 tys. m<sup>3</sup> na obiekt, czyli o 20 % mniej niż w przypadku średniej dla całego kraju. W tych kategoriach inwestycji nie zauważono jednak takiego przestoju jak w przypadku piętrzeń jezior.

W latach 1998-2005 na realizację obiektów małej retencji wydano ponad 91 mln zł. Ponad ¾ tej sumy przeznaczono na sztuczne zbiorniki. Kwota ta jest niższa niż średnioroczne oczekiwane wydatki na realizację programu małej retencji w latach 2005-2015 (97 mln zł). Uzyskanie 1 m<sup>3</sup> wody w wyniku realizacji inwestycji małej retencji w Wielkopolsce w latach 1998-2005 kosztowało średnio 2,94 zł, czyli o ponad 1 zł mniej niż w Polsce (3,76 zł). Zdecydowanie najtaniej pozyskuje się wodę na skutek podpiętrzania jezior (0,25 zł/m<sup>3</sup>).

## Wnioski

Analiza efektów realizacji inwestycji z zakresu małej retencji w Wielkopolsce w latach 1998-2005 wskazuje, jak trudno będzie uzyskać zakładany w *Aktualizacji...* przyrost pojemności retencjonowanej wody. Zakładane do realizacji inwestycje wymagają średniorocznych nakładów w wysokości 97 mln zł, czyli ponad ośmiokrotnie wyższych niż ponoszone w analizowanym okresie rzeczywiste nakłady średnioroczne.

Szansę na poprawę sytuacji stwarzają zapisy w Sektorowym Programie Operacyjnym Infrastruktura i Środowisko. Budowa obiektów małej retencji została uwzględniona w osi priorytetowej „Zarządzanie zasobami i przeciwdziałanie zagrożeniom środowiska”, na którego wykonanie przewiduje się kwotę 545 mln euro pochodzącą z Funduszu Spójności.

## Literatura

Aktualizacja programu małej retencji wodnej do realizacji w latach 2005-2015 na terenie województwa wielkopolskiego. 2005. Biuro Projektów Wodnych Melioracji i Inżynierii Środowiska BIPROWODMEL Sp. z o. o w Poznaniu.

Ochrona Środowiska. 1998-2006. Informacje i opracowania statystyczne. GUS. Warszawa.

RRW-13. Sprawozdanie z Wykonania obiektów małej retencji. 1999-2005. WZMiUW w Poznaniu.

KOWALEWSKI Z. 2004. Realizacja programów rozwoju małej retencji w Polsce w latach 1997-2003. Zeszyty Naukowe AR we Wrocławiu. Inżynieria Środowiska XIII. Nr 502: 195-210.

---

Czesław Przybyła, Karol Mroziak  
Katedra Melioracji, Kształtowania Środowiska i Geodezji,  
Akademia Rolnicza im. A. Cieszkowskiego w Poznaniu



Henryk Solarski, Kamil Solarski, Jowita Solarska

## **EKOLOGICZNE PODSTAWY GOSPODAROWANIA WODĄ W ROLNICTWIE I LEŚNICTWIE**

### **ECOLOGICAL BASIS FOR WATER MANAGEMENT IN AGRICULTURE AND FORESTRY**

Pojezierze Mazurskie posiada duże zasoby wodne, które stanowią nieocenione bogactwo tej krainy. Utrzymujący się od wielu lat trend zanieczyszczenia rzek i jezior przez wody komunalne, przemysł, rolnictwo i turystykę, winien być zatrzymany i ograniczony. Dalszy proces zanieczyszczenia wód zniweczy piękno Pojezierza i przyczyni się do ogromnych strat w różnych działach gospodarki narodowej. Ostatnio po przystąpieniu Polski do Unii Europejskiej nastąpił widoczny postęp w zakresie ochrony środowiska.

Fizjografia i klimat Pojezierza Mazurskiego powoduje występowanie ostrzejszych warunków termicznych; skrócony jest okres wegetacyjny, zwiększony wewnętrzny mikrobieg wód. Wynikają stąd duże możliwości retencyjne wód w urozmaiconej rzeźbie terenu. Przy obserwowanej tendencji stepowienia kraju, istotne są wieloletnie badania naukowe dotyczące racjonalnego gospodarowania wodą w rolnictwie i leśnictwie w aspekcie ekologicznym.

Na Pojezierzu Mazurskim z tego zakresu prace są prowadzone od ponad 50 lat w Katedrze Melioracji i Kształtowania Środowiska Uniwersytetu Warmińsko Mazurskiego w Olsztynie (dawniej Zakład Melioracji Rolnych Wyższej Szkoły Rolniczej i Akademii Rolniczo-Technicznej).

Badania były podjęte w 1955 r. oraz kierowane 40 lat przez prof. dr hab. Henryka Solarskiego i są nadal kontynuowane przez prof. dr hab. Józefa Koca obecnego kierownika Katedry Melioracji i Kształtowania Środowiska Uniwersytetu Warmińsko Mazurskiego.

Opracowanie niniejsze dotyczy lat 1956–1994 i obejmuje szereg problemów, przy czym ekologiczne podstawy gospodarowania wodą w rolnictwie to temat wiodący obejmujący:

1. Stosunki wodne niewielkich zlewni w powiązaniu z różnymi czynnikami środowiska naturalnego: polami uprawnymi, obszarami zalesionymi i wodami otwartymi. W szeregu wieloletnich prac określono wpływ lasów, jezior, rzeźby terenu na kształtowanie się stosunków wodnych w małych dorzeczach.
2. Specyfikę hydrologiczną małych zlewni, charakterystyczną dla krainy pojeziernej, której odrębność formuje się pod wpływem – roślinności wysokiej, rzeźby terenu, jezior, nadto struktury użytkowania ziemi. Okazuje się jednakże największy wpływ wywiera tu lesistość, ze swoją wysoką sprawnością retencyjną, spowalniającą cyrkulację wody w zlewni. Jeziora również korzystnie regulują jej obieg, natomiast obszary bezleśne cechują największe amplitudy przepływów wtórnie przyspieszają bezużyteczny odpływ wód.

3. Proces wymywania i przemieszczania składników pokarmowych ze zlewni jest od 1956 r. podmiotem systematycznych wieloletnich badań na Pojezierzu Mazurskim. Uwzględniono lokalizację i nasilenie zjawisk erozyjnych na tym obszarze, określono również natężenie wymywania składników pokarmowych z wodami rzek Łyny i Pasłęki oraz stopień zanieczyszczenia ich ściekami komunalno - przemysłowymi.

Poddano również analizie badawczej wymywanie składników mineralnych z pól uprawnych za pośrednictwem sieci drenarskiej. Badania te podjęto już w 1956 r., był to jeden z pierwszych tematów badawczych w kraju, który jest nadal systematycznie tu kontynuowany.

Proces migracji składników pokarmowych w zlewniach rolniczych i leśnych jest funkcją sezonowych oscylacji klimatycznych, charakteru struktury użytkowania ziemi, podatności składnika na wytrącanie z kompleksu sorpcyjnego, intensywności urzeźbienia terenu, odporności pokrywy glebowej na zmyw, specyfiki struktury zasiewów i wreszcie - naturalnych zasobów NPKCa, wzbogacanych nawożeniem organiczno-mineralnym, występuje tu wieloczynnikowa współzależność. Z wieloletnich badań wynika, że w zlewniach zalesionych, bądź zagospodarowanych pastwiskowo, straty NPK są nieporównywalnie mniejsze w stosunku do pól ornych.

Od 1969 do 1996 roku prowadzone były badania nad sprawnością i skutecznością drenowania niesystematycznego na terenie Pojezierza Mazurskiego. Obszar ten posiada bardzo urozmaiconą rzeźbę oraz charakteryzuje się znaczną zmiennością glebową. Dlatego też warunki fizjograficzne obszarów pojeziernych wskazują na uzasadnienie stosowania tego typu drenowania, które w zupełności spełnia swoją rolę przy znacznie niższych nakładach finansowych i materialnych na tego rodzaju melioracje.

Badania prowadzono w zakresie ochrony środowiska przyrodniczego w zlewniach rolniczych i leśnych oraz doświadczeniach polowych w wielu obiektach eksperymentalnych.

Na zakończenie warto podkreślić, że realizacja badań naukowych w zakresie melioracji na przestrzeni 50. lat miała charakter ekologiczny uwzględniający również potrzeby praktyki rolnej i ochrony zasobów przyrodniczych środowiska naturalnego Warmii i Mazur.

---

Henryk Solarski, Kamil Solarski, Jowita Solarska  
Katedra Melioracji i Kształtowania Środowiska  
Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie

Andrzej Witkowski, Paweł Paszkowski, Jan Kotusz

## WPŁYW HODOWLI STAWOWEJ I WYLĘGARNI NA ICHTIOFAUNĘ MAŁEJ NIZINNEJ RZEKI

### IMPACT OF FISH PONDS AND HATCHERY ON THE ICHTHYOFAUNA OF A SMALL LOWLAND RIVER

#### Wstęp

Ośrodki hodowlane są źródłami, z których do wód otwartych (rzeki, jeziora) może przenikać wiele gatunków ryb, często niepożądanych lub obcych dla danego akwenu lub obszaru zoogeograficznego (Holčík 1991). Gatunki te mogą negatywnie wpływać na rodzimą ichtiofaunę prowadząc do niekorzystnych zmian w jej składzie gatunkowym i strukturze populacji (Witkowski 1989, 2002). Również w istotny sposób mogą zmieniać parametry fizyko-chemiczne wody oraz zespoły innych hydrobiontów (Sterlingova i in. 2001).

Celem pracy była ocena wpływu produkcji rybackiej (stawy, wylęgarnia) na ichtiofaunę małej rzeki i jej zmiany w cyklu rocznym.

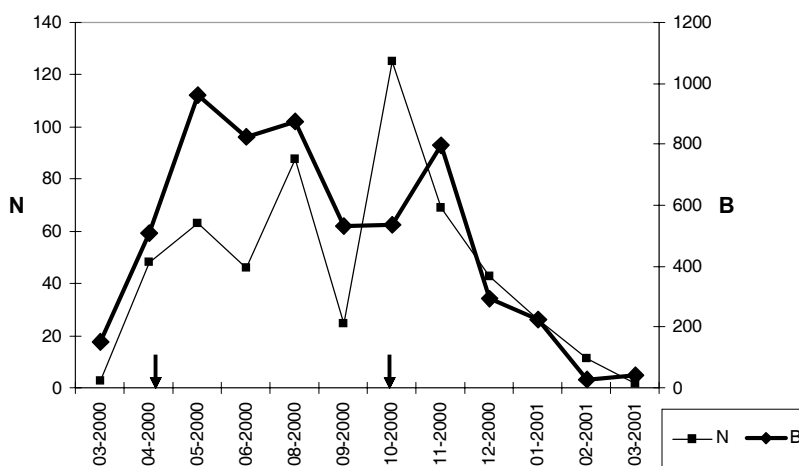
Badania przeprowadzono w rzece Dobra (dopływ Widawy, środkowe dorzecze Odry) poniżej zrzutów wody z Ośrodka Zarybieniowego PZW „Szczodre” k./Wrocławia. Rzeka zasila stawy hodowlane (ok. 70 ha powierzchni) oraz wylęgarnię ryb. Ośrodek w cyklu rocznym produkuje materiał zarybieniowy i starsze asortymenty ok. 28 gatunków ryb (nizinnych i łososiowatych), a największe nasilenie zabiegów hodowlanych (tarła, zarybianie, spuszczenie stawów) ma miejsce od wiosny do jesieni. Ichtyofauna rzeki poddana została całorocznemu monitoringowi (Przybylski 1997). Każdego miesiąca na wybranym odcinku rzeki (150 m) prowadzono odłowy przy pomocy połowowego zestawu prądotwórczego. Złowione ryby były identyfikowane do gatunku, liczone i ważone. Uzyskane dane posłużyły do określenia podstawowych parametrów populacyjnych takich jak: stałość występowania ( $C_p$ ), zagęszczenie ( $N$ ) i biomasa ( $B$ ) ryb oraz ich zmian w cyklu rocznym.

#### Omówienie wyników

Przeprowadzone badania wykazały, że:

- Najwięcej gatunków ryb (12-15) na badanym odcinku rzeki Dobra występuje w okresie od maja do listopada, a najmniej (6-9) od późnej jesieni do wczesnej wiosny. Związane jest to z prowadzonym w tym okresie rozrodem ryb i innymi pracami hodowlanymi w gospodarstwie rybackim.

- W okresie od maja do sierpnia odnotowuje się najwyższe wartości zagęszczenia ( $N$ ) i biomasy ( $B$ ) ryb, odpowiednio: 48.9-87.8 ryb/100m<sup>2</sup> i 509.8-876.6 g/100m<sup>2</sup>, a drugi szczyt ma miejsce w listopadzie, gdzie  $N=124.9$  ryb/100m<sup>2</sup> i  $B=797.3$  g/100m<sup>2</sup> (rys. 1.).
- Uciekinierami są najczęściej gatunki z limnofilnej i stagnofilnej grupy, co koresponduje z charakterem hodowli prowadzonych w stawach.
- W nietypowych dla nich warunkach środowiskowych małej rzeki przedstawiciele tych grup pozostają krótko: sandacz (*S. lucioperca*), świnka (*Ch. nasus*), brzana (*B. barbatus*), karp (*C. carpio*) i kraś (*C. carassius*) przebywały w badanym odcinku rzeki przez okres od 1 do 2 miesięcy ( $C_i = 8.3-16.6$ ); wzdręga (*S. erythrophthalmus*), słonecznica (*L. delineatus*) i jazgarz (*G. cernuus*) do 4 miesięcy ( $C_i = 41.6$ ), a najdłużej leszcz (*A. brama*) i lin (*T. tinca*) - do 8 miesięcy ( $C_i = 66.6$ ).



**Rys. 1.** Zmiany zagęszczenia ( $N$  - ryb / 100m<sup>2</sup>) i biomasy ( $B$  - g / 100m<sup>2</sup>) w cyklu rocznym w rzece Dobra poniżej gospodarstwa rybackiego „Szczydrowe”. Strzałki wskazują okresy spuszczenia stawów.

## Wnioski

1. Sąsiedztwo ośrodków hodowlanych, nawet przy najsprawniejszych zabezpieczeniach hydrotechnicznych może stanowić źródła, z których do wód otwartych przenika wiele gatunków ryb - często niepożądanych.
2. Największe bogactwo gatunkowe ichtiofauny w rzece odnotowuje się poniżej kompleksów hodowlanych w okresie prowadzonych tam prac związanych z tarłem, obsadą i odłowami stawów.
3. Uciekinierzy z hodowli, nietypowe dla fizjograficznego charakteru rzeki gatunki ryb, zasiedlają sąsiadujące z kompleksami hodowlanymi partie cieków tylko przez krótki okres czasu.

## Literatura

- HOLČIK J., 1991: Fish introduction in Europe with particular reference to its central and eastern part. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 48: 13-23.
- PRZYBYLSKI M., 1997: Monitoring ichtiofauny rzek. *Mat. Konf. Nauk. „Wędkarstwo w ochronie wód i rybostanów”*, Łódź 26-27.05.1997, Wyd. PZW, Warszawa, 29-40.
- WITKOWSKI A., 1989: Introdukowane ryby w polskich wodach i ich wpływ na środowisko. *Przegl. Zool.*, 33: 384-389.
- WITKOWSKI A., 1996: Changes in the ichthyofauna of Polish rivers: native and introduced species. *Zool. Pol.*, 41 (suppl.): 29-40.
- WITKOWSKI A., 2002: Introduction of fishes into Poland: benefaction or plague? *Nature Conservation*, 59: 41-52.
- STERLINGOVA O. P., KOMULAINEN S. F., PAVLOVSKY S. A., SHCHUROV I. L., ILMAST N. V., KUCHKO Y. A., 2001: Effect of the trout farm on the lake-river ecosystem of the salmon river Lizhma. *Ecohydr. & Hydrobiol.*, 1: 219-228.

---

Andrzej Witkowski, Paweł Paszkowski, Jan Kotusz  
Uniwersytet Wrocławski

