

Gospodarowanie wodą w systemach wodnagogospodarczych

**Tomasz BRANDYK, Jan SZATYŁOWICZ, Piotr HEWELKE,
Ryszard OLESZCZUK**

Modelowanie stosunków wodnych w dolinowych siedliskach gleb torfowo-murszowych

Abstract

Modelling of soil water conditions in fen peat-moorsh soil profiles. The paper outlines soil water management problems for three different peat-moorsh soil profiles. One of them is located within Upper Noteć Region and two of them located in Middle Biebrza Basin. Computer simulation model SWACROP was applied to simulate soil moisture regime of the soil profiles. The comparison of field measurements of pressure heads with model results for the profile located in Upper Noteć Region is presented. The results of simulation showed that the water management fulfil plant water requirements in all three soil profiles. However, for peat-moorsh soils protection against mineralization the higher values of soil moisture content and groundwater levels are recommended.

Key words: peat soils, modelling, water balance, drainage-subirrigation.

Wstęp

Gleby hydrogeniczne położone w siedliskach terenów dolinowych ulegają przeobrażeniom w zależności od natężenia zmian czynnika wodnego. Przemiany zachodzące w glebach wytworzonych z torfów niskich pod wpływem ich odwodnienia zostały obszernie przedsta-

wione w pracy Okruszki (1993). Praca zawiera m.in. syntezę wyników badań przeprowadzonych w Polsce i krajach przyległych. Autor oparł się na ponad 400 publikacjach z tego zakresu.

Przykładem przeobrażonych gleb torfowych na skutek ich odwodnienia są gleby w rejonie Górnej Noteci oraz w dolinie rzeki Biebrzy. W dolinach tych jednokierunkowa działalność inżynierska, uwzględniająca jedynie potrzeby produkcji, spowodowała bardzo poważne naruszenie równowagi ekologicznej i uszczuplenie zasobów naturalnych. Obecnie obszary takie, jako charakteryzujące się szczególnie cennymi walorami naturalnymi, podlegają różnym formom ochrony. Rozważa się zatem możliwość odtworzenia pierwotnych stosunków wodnych z przywróceniem procesu bagiennego włącznie (Okruszko 1990; Pfadenhauer 1994) lub conajmniej wprowadzenie takich zasad gospodarowania, które pozwolą na zahamowanie procesu degradacji. Natomiast na terenach o uboższych zasobach wodnych, minimalnymi wymaganiami ze względu na ochronę środowiska natural-

nego jest unikanie użytkowania gleb torfowo-murszowych jako gruntów ornych oraz zaniechanie stosowania środków ochrony roślin. Postuluje się zmianę użytkowania zmeliorowanych gleb torfowo-murszowych z intensywnego na ekstensywne łąkowe oraz utrzymywanie wyższego uwilgotnienia w wierzchnich warstwach profilu glebowego w celu ograniczenia procesu murszenia.

Celem niniejszego artykułu jest analiza stosunków wodnych w trzech profilach gleb torfowo-murszowych, z których jeden pochodzi z obszaru zlewni Górnej Noteci, a dwa z obszaru Środkowego Basenu rzeki Biebrzy. Dwa profile położone są w obrębie odwadniająco-nawadniających systemów melioracyjnych na intensywnych i ekstensywnych użytkach zielonych, a jeden na terenach porośniętych naturalną roślinnością bagieną będących pod pośrednim wpływem tylko głównych kanałów odwadniających.

Fizyczne właściwości profili glebowych

Właściwości fizyczne pomierzone były w trzech profilach glebowych, z których profil A zlokalizowany był na obszarze obiektu melioracyjnego Rzywno w dolinie Górnej Noteci, profil B zlokalizowany był na obszarze systemu melioracyjnego Kuwasy, a profil C położony był w centralnej części środkowego Basenu rzeki Biebrzy, na terenie niezmeliorowanym w odległości 1250 m na wschód od Kanału Woznawiejskiego.

Na podstawie analizy właściwości fizycznych gleby przeprowadzono sche-

matyzację warunków glebowych, która pozwoliła na wyodrębnienie w profilu A następujących warstw: mursz o średnim stopniu mineralizacji (0–30 cm), torf o średnim stopniu rozkładu (30–80 cm), warstwa torfu z piaskiem (80–100 cm) i piasek poniżej 100 cm. W profilach B i C wyróżnić można następujące charakterystyczne warstwy gleby: mursz (0–20 cm), torf silnie rozłożony (20–80 cm) oraz torf średnio rozłożony (poniżej 80 cm).

Dla charakterystycznych warstw pomierzono współczynnik filtracji i krzywe retencyjności wodnej gleby. Krzywe retencyjności wyrównano wzorem van Genuchtena (1980) w postaci:

$$\Theta = \Theta_r + \frac{\Theta_s - \Theta_r}{\left[1 + |\alpha h^n|\right]^m} \quad (1)$$

$$(\Theta_r \leq \Theta \leq \Theta_s)$$

gdzie:

- Θ – objętościowa wilgotność gleby [–],
- Θ_r – praktyczne minimum uwilgotnienia [–],
- Θ_s – maksymalne uwilgotnienie gleby odpowiadające stanowi pełnego nasycenia [–],
- h – ciśnienie ssące wody glebowej [cm],
- α, n, m – parametry opisujące kształt krzywej retencyjności wodnej, przy czym:

$$\alpha [1/\text{cm}], m = 1 - 1/n, n \text{ i } m [–].$$

Uśrednione wartości parametrów występujących we wzorze (1) oraz uśrednione wartości współczynnika filtracji pionowej przedstawiono w tabeli 1. Krzywe pF dla poszczególnych warstw w profilach A, B i C przedstawiono na rysunku 1.

Wartości tych parametrów były następnie wykorzystane do opisu funkcji nie-

TABELA 1. Wartości współczynnika filtracji i parametrów do wzoru van Genuchtena opisującego kształt krzywej pF dla charakterystycznych warstw w profilach glebowych A, B i C

Głębokość [cm]	Współczynnik filtracji [m·d ⁻¹]	Parametry				Współczynnik determinacji <i>r</i> ²
		Θ _s [-]	Θ _r [-]	α [-]	<i>n</i> [-]	
Profil A						
0–30	0,14	0,886	0,000	0,006	1,195	0,974
30–80	0,26	0,896	0,141	0,010	1,274	0,965
80–100	2,30	0,477	0,000	0,019	1,656	0,954
Profil B						
0–20	0,40	0,841	0,155	0,023	1,209	0,994
20–50	0,40	0,886	0,027	0,018	1,183	0,976
50–80	0,80	0,886	0,000	0,032	1,156	0,988
> 80	0,80	0,914	0,000	0,037	1,197	0,984
Profil C						
0–20	1,00	0,890	0,000	0,038	1,194	0,974
20–50	1,00	0,902	0,000	0,008	1,255	0,978
50–80	0,70	0,906	0,000	0,007	1,296	0,975
> 80	0,70	0,913	0,000	0,007	1,296	0,966

nasyconej przewodności wodnej zgodnie ze wzorem van Genuchtena-Mualem (van Genuchten 1980). Wzór ten można zapisać jako:

$$K(h) = K_s \frac{\left[\left(1 + \alpha h l^n \right)^m - \alpha h l^{n-1} \right]^2}{\left(1 + \alpha h l^n \right)^{m(l+2)}} \quad (2)$$

gdzie:

K_s – współczynnik filtracji [cm·d⁻¹],

l – parametr glebowy, przyjmujący średnią wartość 0,5 (Mualem 1978),

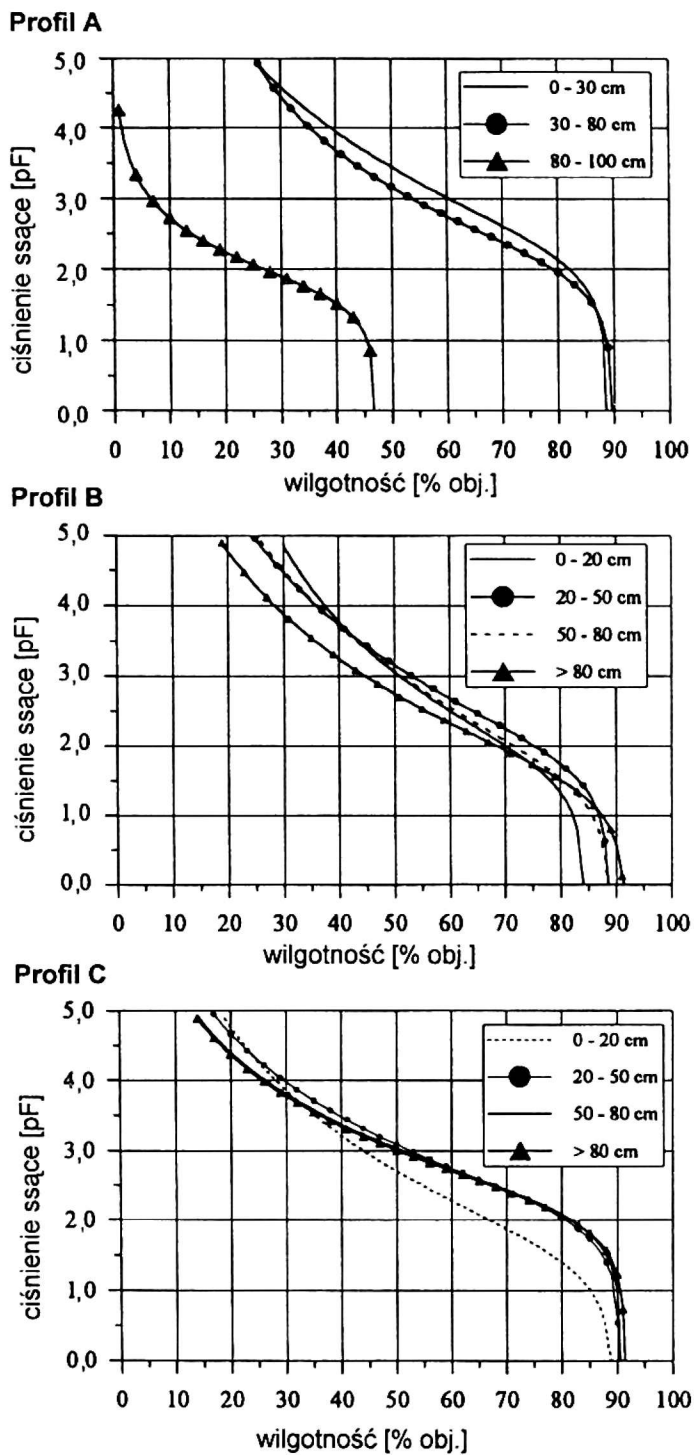
α, n, m, h – jak w równaniu (1).

Modelowanie stosunków wodnych w profilach glebowych

Do symulacji zmian zapasów wody w rozpatrywanych profilach glebowych wykorzystano hydrologiczną część modelu SWACROP (Wesseling i in. 1989).

Model ten wykorzystuje równanie ciągłości i prawo Darcy'ego umożliwiając jednowymiarową symulację ruchu wody z pominięciem zjawiska histerezy oraz zmiany geometrii gleby w procesach pęcznienia i kurczenia się. Pobór wody przez korzenie roślin uwzględnia się przez dodanie członu źródłowego do podstawowych równań przepływu. Bardziej szczegółowy opis modelu oraz zastosowanych w nim procedur numerycznych znaleźć można w pracach Feddesa i in. (1978), Belmansa i in. (1983) oraz Kabata i wsp. (1992).

W profilu A, w okresach wegetacyjnych lat 1987–1990, prowadzono codzienne pomiary zwierciadła wody gruntowej, poziomów wody w rowach oraz pomiary ciśnienia wody glebowej na głębokościach 10, 20 i 30 cm. Wyniki tych pomiarów wraz z danymi meteorologicznymi ze stacji Frydrychowo oraz warto-



RYSUNEK 1. Krzywe retencji wodnej dla charakterystycznych warstw gleby w profilach A, B i C

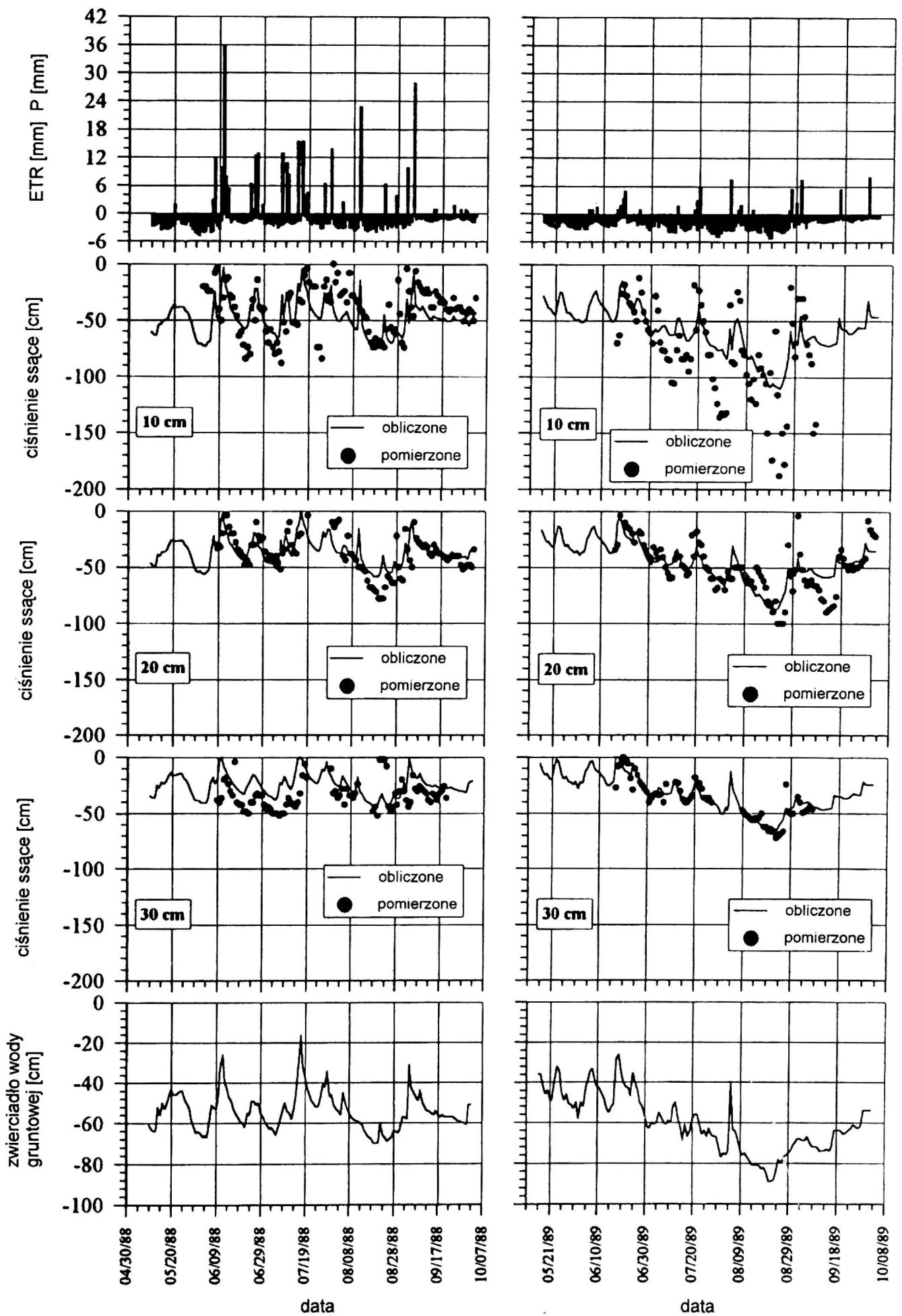
ściami parametrów glebowych (tab. 1) pozwoliły na przeprowadzenie obliczeń symulacyjnych w celu weryfikacji modelu SWACROP. Symulacje przebiegów zmian uwilgotnienia przeprowadzono w sezonach wegetacyjnych lat 1987–1990. Wyniki symulacji dla lat z najwię-

kszą (1988) i najmniejszą sumą opadów (1989) przedstawiono na rysunku 2.

Porównanie pomierzonych i obliczonych wartości ciśnienia ssącego wody glebowej na różnych głębokościach wykazuje dobrą ich zgodność. Świadczy to o możliwości zastosowania modelu SWACROP do opisu zmian uwilgotnienia w rozpatrywanym profilu glebowym. Jednocześnie przedstawione wyniki świadczą o wysokim uwilgotnieniu profilu glebowego, gdyż nawet w roku bardzo suchym (1989) ciśnienia ssące wody glebowej nie przekraczały w wierzchniej warstwie gleby 200 cm ($pF = 2,3$).

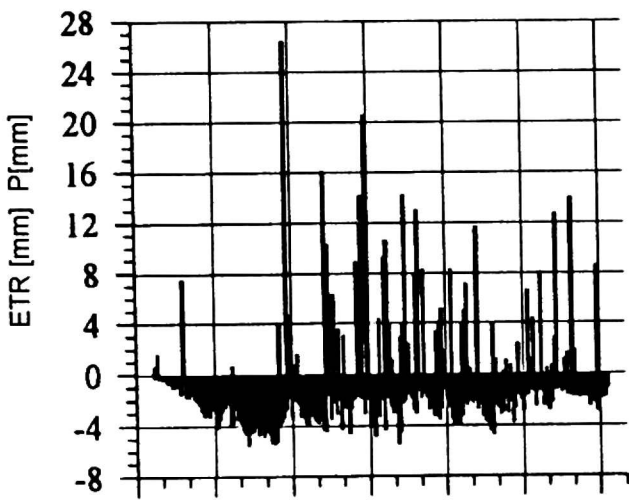
Z porównania wielkości ewapotranspiracji rzeczywistej (*ETR*) i potencjalnej (*ETP*) wynika, że na rozpatrywanym obiekcie nawet w latach bardzo suchych (1989) potrzeby wodne roślin zostały zaspokojone. Świadczą o tym również przebiegi ciśnień ssących przedstawione na rysunku 2 i wielkość uzyskiwanych plonów siana – ok. 9 t/ha. Dobre pokrycie potrzeb wodnych roślin możliwe było dzięki intensywnemu zasilaniu profilu A w wodę w wyniku prowadzonych nawodnień podsiąkowych. Dostarczana w ten sposób woda pokrywała średnio w ciągu 4 lat 42% potrzeb wodnych roślin, a w bardzo suchym roku 1989 nawet 79%.

Obliczenia symulacyjne w profilach B i C przeprowadzono dla okresu wegetacji w 1993 r. wykorzystując parametry glebowe (tab. 1), dane meteorologiczne dla stacji Biebrza, współczynniki roślinne dla ekstensywnie użytkowanych łąk (profil B) oraz naturalnej roślinności bagiennej (profil C). Wykorzystano również pomierzone stany wody gruntowej w profilach B i C, które w obliczeniach stanowiły dolny warunek brzegowy. Wyniki symu-

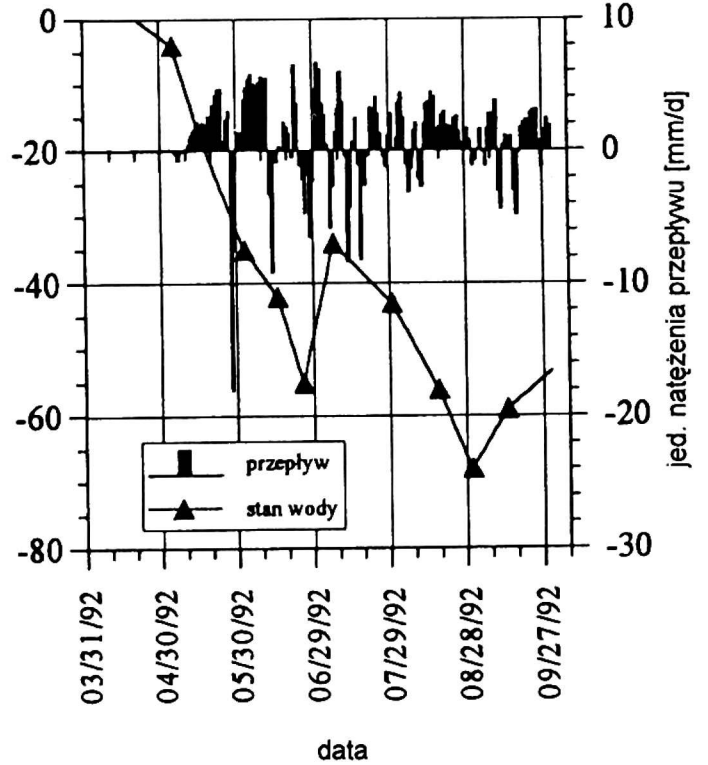
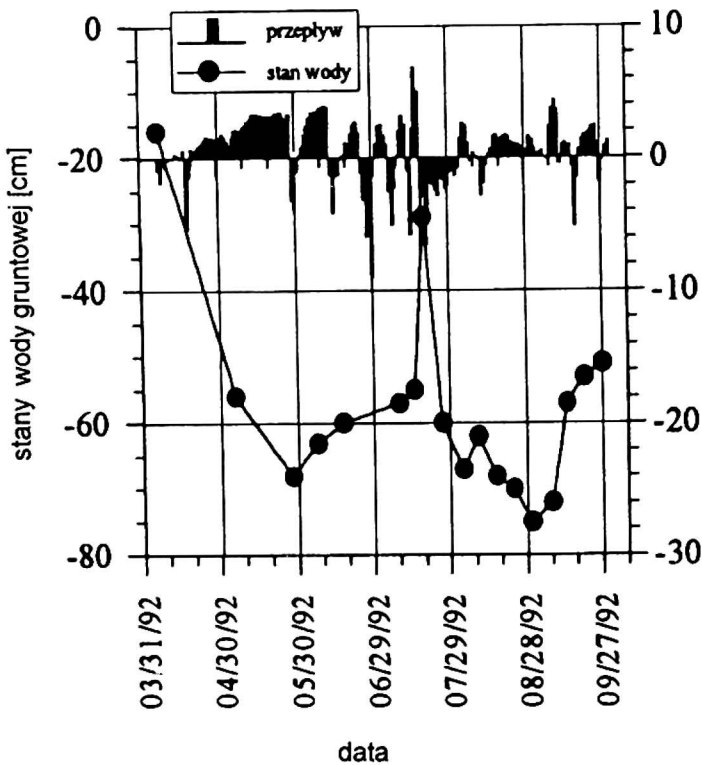
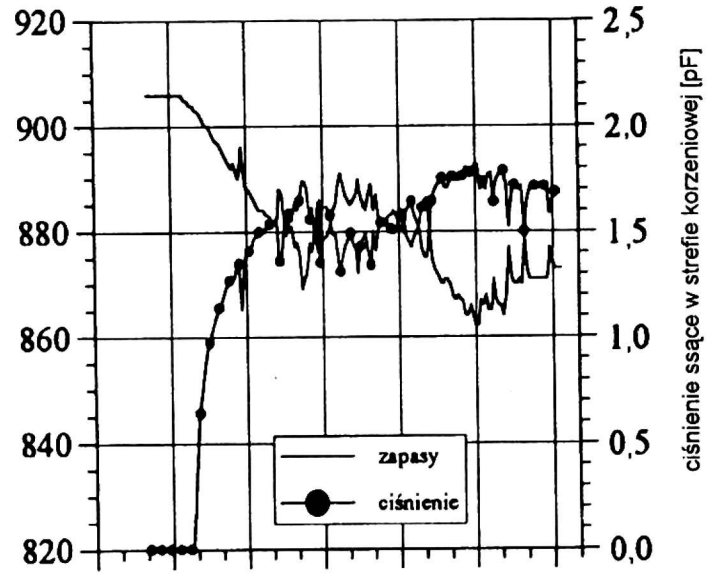
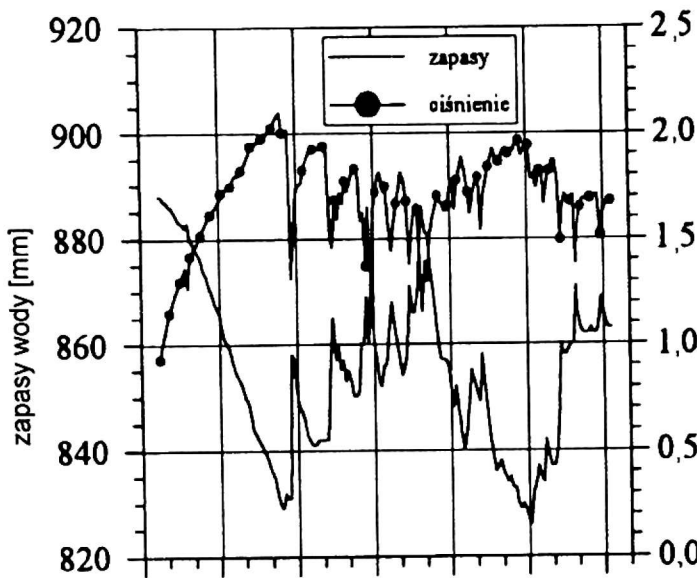
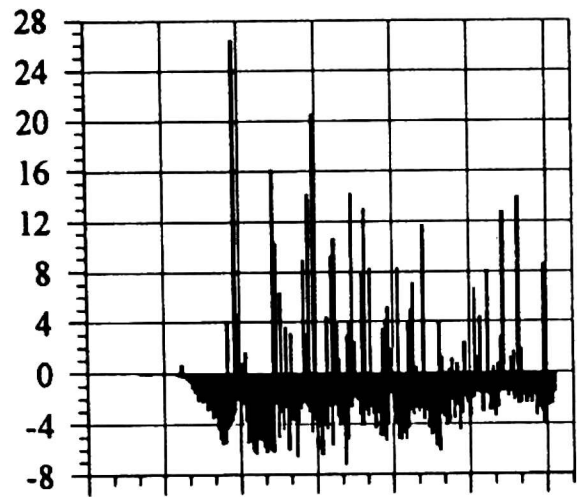


RYSUNEK 2. Porównanie pomierzonych i obliczonych wartości ciśnień ssących wody glebowej na głębokości 10, 20 i 30 cm na tle warunków brzegowych dla profilu A

Profil B



Profil C



RYSUNEK 3. Wyniki symulacji elementów bilansu wodnego w profilach B i C

lacji przebiegu zmian zapasów w 1 m warstwy profilu glebowego, zmian ciśnienia ssącego w strefie korzeniowej roślin oraz jednostkowego natężenia przepływu przez zwierciadło wody gruntowej w profilu B i C przedstawiono na rysunku 3.

Opierając się na danych meteorologicznych za lata 1960–1993 i wykorzystując jako kryterium niedobór opadów, okres wegetacji w roku 1993 zaliczyć można do średniosuchych.

Analizując wyniki obliczeń symulacyjnych dla profilu B (rys. 3) stwierdzić można, że ciśnienie ssące w strefie korzeniowej roślin układało się poniżej wartości $pF = 2,0$, co świadczy o tym, że potrzeby wodne roślin ekstensywnych użytków zielonych były zaspokojone w ciągu całego okresu wegetacji. Natomiast maksymalne zmiany zapasu wody w 1 m warstwy profilu B wynosiły około 50 mm. Tak mała zmiana w wielkości zapasu była wynikiem realizacji nawodnień podsiąkowych w okresie największego zapotrzebowania roślin na wodę. Wyniki symulacji zmian zapasów wody w profilu C (rys. 3) wykazują mniejsze wahania niż w profilu B, przy czym całkowita zmiana zapasu wody była podobna i wynosiła również około 50 mm. Pobór wody przez korzenie naturalnej roślinności bagiennej z profilu C był wyższy niż pobór wody przez roślinność ekstensywnych użytków zielonych w profilu B.

Podsumowanie i wnioski

W pracy przedstawiono wyniki obliczeń modelowych dla trzech różnych profili gleb torfowo-murszowych, które ule-

gły przeobrazeniu na skutek wykonywanych zabiegów melioracyjnych. Porównanie wyników pomiarów terenowych i obliczeń numerycznych ciśnienia ssącego gleby w profilu A, położonym na obiekcie Rzywno w dolinie Górnej Noteci, świadczy o możliwości zastosowania modelu matematycznego SWACROP do opisu przebiegu zmian uwilgotnienia i zapasów wody dla profili gleb torfowo-murszowych. Przedstawione wyniki świadczą o utrzymywaniu się wysokiego uwilgotnienia wierzchnich warstw gleby w tym profilu, nawet w roku bardzo suchym (1989). Ciśnienie ssące wody glebowej nie przekraczało ani razu wielkości 200 cm ($pF = 2,3$). Zapewniało to wysoki stopień zaspokojenia potrzeb wodnych roślin, który wyrażony stosunkiem sum ewapotranspiracji rzeczywistej do potencjalnej wynosił od 89 do 95%. Było to możliwe dzięki intensywnemu zasilaniu profilu A przez nawodnienie podsiąkowe. Zasilanie to wynosiło od 17 do 79 % ilości wody zużytej na ewapotranspirację w ciągu sezonu wegetacyjnego. Tak prowadzona gospodarka wodna umożliwiała otrzymywanie plonów siana z łąk dwukośnych w wysokości ok. 9 t/ha i jednocześnie pozwalała na ograniczenie procesu mineralizacji wierzchnich warstw gleby. Na podstawie przedstawionych wyników można stwierdzić, że gospodarka wodna profilu glebowego A z obiektu Rzywno w znacznym stopniu zaspokajała zarówno potrzeby produkcyjne, jak i ochrony środowiska. Jednakże do jej prowadzenia konieczne było bardzo intensywne zasilanie obiektu w wodę wynoszące od 75 do 285 mm w ciągu sezonu wegetacyjnego.

Analiza stosunków wodnych w rozpatrywanych profilach B i C zlokalizowanych w Środkowym Basenie rzeki Biebrzy wykazała, że potrzeby wodne roślin uprawnych były całkowicie zaspokojone, chociaż uwilgotnienie i położenie zwierciadła wody było za niskie dla pełnej ochrony gleb torfowo-murszowych przed mineralizacją. Dla zatrzymania lub zminimalizowania procesu degradacji gleb torfowo-murszowych przez mineralizację, na obszarach wyposażonych w urządzenia melioracyjne, niezbędne jest intensywniejsze prowadzenie nawodnień podsiąkowych. Natomiast na obszarach nie wyposażonych w urządzenia melioracyjne, należy prowadzić racjonalną gospodarkę zasobami wodnymi zlewni optymalizując ich wykorzystanie. Przy renaturyzacji obszarów gleb torfowo-murszowych należy się liczyć z dużo większą ewapotranspiracją naturalnej roślinności bagiennej w porównaniu z ewapotranspiracją ekstensywnych użytków zielonych.

Literatura

- BELMANS C, WESSELING J.G, FEDDES R.A.1983: *Simulation model of the water balance of a cropped soil: SWATRE*. J. of Hydrology 63; 271–286.
- FEDDES R.A., KOWALIK P.J., ZARADNY H.1978: *Simulation of field water use and crop yield*. PUDOC, Wageningen, The Netherlands, 189.
- KABAT P., VAN DEN BROEK B.J., FEDDES R. A. 1992: *SWACROP: A water Management and crop production simulation model*. ICID Bulletin 41; 2; 61–84.
- MUALEM Y.1978: *Hydraulic conductivity of soils: unified approach to the statistical models*. Soil Sci. Soc. Am. J., 42, 3, 392–395.
- OKRUSZKO H. 1990: *Wetlands of the Biebrza Valley their value and future management*. Polish Academy of Sciences, 107.
- OKRUSZKO H. 1993: *Transformation of fen-peat soils under the impact of draining*. Zesz. Probl. Post. Nauk. Rol., 160, 3–73.
- PFADENHAUER J.1994: *Restorations of fens in southern Germany, principles and concepts*. Proceedings: Management and management of fens. Warsaw-Biebrza, 239–254.
- VAN GENUCHTEN M.TH. 1980: *A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils*. Soil Sci. Soc. Am. J. 44; 892–898.
- WESSELING J.G., KABAT P., VAN DEN BROEK B.J., FEDDES R.A.1989: *SWACROP: Simulating the dynamics of the unsaturated zone and water limited crop production. Model input instructions*. The Winand Staring Centre, SC-DLO, Wageningen, The Netherlands.

Adres autorów

T. Brandyk, J. Szatyłowicz, P. Hewelke, R. Oleszczuk
Katedra Melioracji Rolnych i Leśnych SGGW
02-787 Warszawa, ul. Nowoursynowska 166