

KLIMATYCZNE I GLEBOWO-WODNE WSKAŹNIKI ŚRODOWISKA  
ODWODNIONYCH EKOSYSTEMÓW TORFOWISKOWYCH  
W ASPEKCIE ZRÓWNOWAŻONEGO ROZWOJU

*Jan Szajda<sup>1</sup>, Wenanty Olszta<sup>2</sup>, Dariusz Kowalski<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> Instytut Melioracji i Użytków Zielonych, ul. Głęboka 29, 20-012 Lublin

<sup>2</sup> Politechnika Lubelska, ul. Nadbystrzycka 40, 20-618 Lublin

**S t r e s z c z e n i e.** Na podstawie badań przeprowadzonych na pobagiennych glebach torfowo-murszowych, reprezentujących ekosystemy torfowiskowe słabo (gleba Mtlba) i silnie (gleba Mtlcc) przeobrażone, użytkowane jako łąki wysoko nawożone, stwierdzono, że w warunkach gdy podsiąk kapilarny ze strefy nasyconej w całości równoważy straty wody na parowanie, wilgotność gleby w warstwie korzeniowej przyjmuje wartość stałą, niezależnie od wielkości ewapotranspiracji, natomiast jej wysokość różnicuje się w zależności od poziomu wody gruntowej i rodzaju gleby. Podane w pracy zależności wykorzystano do określenia dla tych gleb optymalnej głębokości odwodnienia. Głębokość ta różnicuje się w zależności od wielkości ewapotranspiracji i rodzaju gleby. Przedstawione w pracy zależności mogą być wykorzystane do sterowania nawadnianiem odwodnionych ekosystemów torfowiskowych słabo i silnie przeobrażonych w celu zapewnienia warunków zrównoważonego rozwoju oraz jako materiał empiryczny do kalibracji modeli matematycznych, symulujących udział podsiąku w pokrywaniu rozchodów wody na ewapotranspirację dla ustalonych warunków przepływu.

**S ł o w a k l u c z o w e:** torfowiska, wskaźniki środowiska, zrównoważony rozwój

WSTĘP

W okresie powojennym w Polsce duże powierzchnie ekosystemów torfowiskowych poddane zostały zabiegom melioracyjnym. Celem tych zabiegów było uzyskanie wysokich plonów siana i zielonki oraz maksymalizacja produkcji mięsa i mleka. Zabiegi te wywarły znaczące piętno na bogatych w materię organiczną glebach torfowych. Dowodem tego są zmiany warunków hydraulicznych gleb na skutek odwodnienia, uwidocznione w budowie morfologicznej gleb torfowo-murszowych, stanie ich zagęszczenia, popielności oraz przewodności hydraulicznej [1, 3, 5, 7].

Wyniki badań lizymetrycznych przeprowadzonych na średnio przeobrażonej glebie torfowo-murszowej MtlIbb dowodzą [9–11], że podstawą zrównoważonego rozwoju odwodnionych ekosystemów torfowiskowych jest optymalna głębokość odwodnienia, zapewniająca wilgotność odpowiadającą potencjałowi wody glebowej przy pF 1,7 w drugim, pF 1,9 w pierwszym, pF 2,1 w trzecim pokosie, skutecznie chroniącą gleby przed niekorzystnymi przemianami po odwodnieniu oraz powodującą maksymalizację plonów bez nadmiernego z punktu widzenia ekonomicznego zużycia wody. Optymalna głębokość odwodnienia waha się 25–40, 35–65 i 55–85 cm, w zależności od rodzajów gleb i wielkości ewapotranspiracji [1, 2, 6, 7, 12].

Celem niniejszej pracy jest określenie dla gleb torfowo-murszowych MtlIba i MtlIcc, reprezentujących ekosystemy torfowiskowe słabo (gleba MtlIba) i silnie (gleba MtlIcc) przeobrażone, optymalnej głębokości odwodnienia, zapewniającej w pokosach wilgotności odpowiadające pF 1,7; pF 1,9; pF 2,1 w zależności od warunków klimatycznych.

#### METODYKA BADAŃ

Źródłem zasilania roślin w wodę są opady, retencja gruntowa oraz podsiąk wody gruntowej przez nienasyconą strefę profilu glebowego. Zjawisko podsiąku oraz pobór wody przez rośliny zależą od właściwości hydraulicznych gleby, wielkości ewapotranspiracji oraz średniego w okresie wegetacji stanu wody gruntowej w środku łanu. Przepływ wody w strefie o niepełnym nasyceniu  $q$  jest opisany równaniem Darcy'ego:

$$q = -k(\psi) \frac{\sigma\psi + Z}{\sigma z} \quad (1)$$

gdzie:  $\psi$  – potencjał wody glebowej (cm),  $k(\psi)$  – przewodnictwo hydrauliczne jako funkcja potencjału wody glebowej ( $\text{cm} \cdot \text{s}^{-1}$ ),  $\sigma\psi$  – różnica ciśnienia ssącego (potencjał ciśnieniowy) (cm),  $Z$  – odległość zaopatrywanej warstwy gleby od zwierciadła wody gruntowej (cm),  $\sigma z$  – grubość warstwy (cm).

Zakładając ciągłość przepływu wody  $q$  w systemie gleba-roślina-atmosfera i uwzględniając pobieranie wody przez korzenie, można przyjąć [4], że wielkość tego przepływu jest równa transpiracji  $T$ . Z uwagi na całkowite pokrycie gleby roślinnością trawiastą wielkość transpiracji  $T$  przyjęto jako równą ewapotranspiracji  $ET$  mierzonej w lizymetrach.

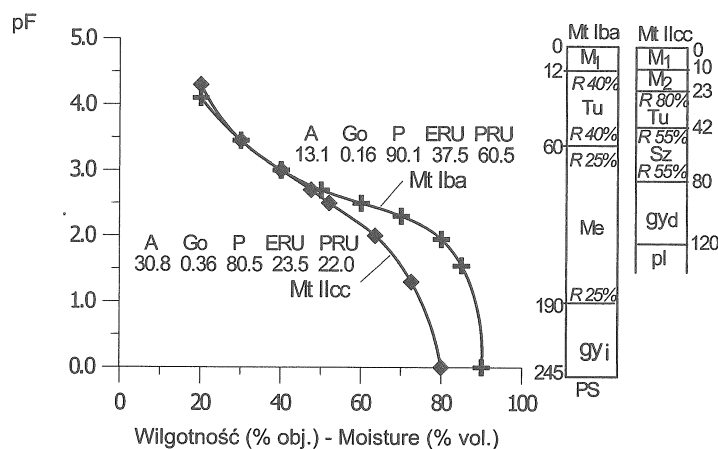
Charakterystyki i rozpoznania gleb dokonano wg zasad opracowanych przez Okruszkę [5] Właściwości fizyczne gleb określono metodami ogólnie stosowanymi

w IMUZ, natomiast właściwości wodne wykorzystując krzywe pF, wyznaczone metodą opracowaną przez Zawadzkiego [13]. Metodykę badań dynamiki głębokości poziomu wody gruntowej, wilgotności gleb oraz ewapotranspiracji maksymalnej i rzeczywistej podano w innych pracach [8, 9].

### OMÓWIENIE WYNIKÓW

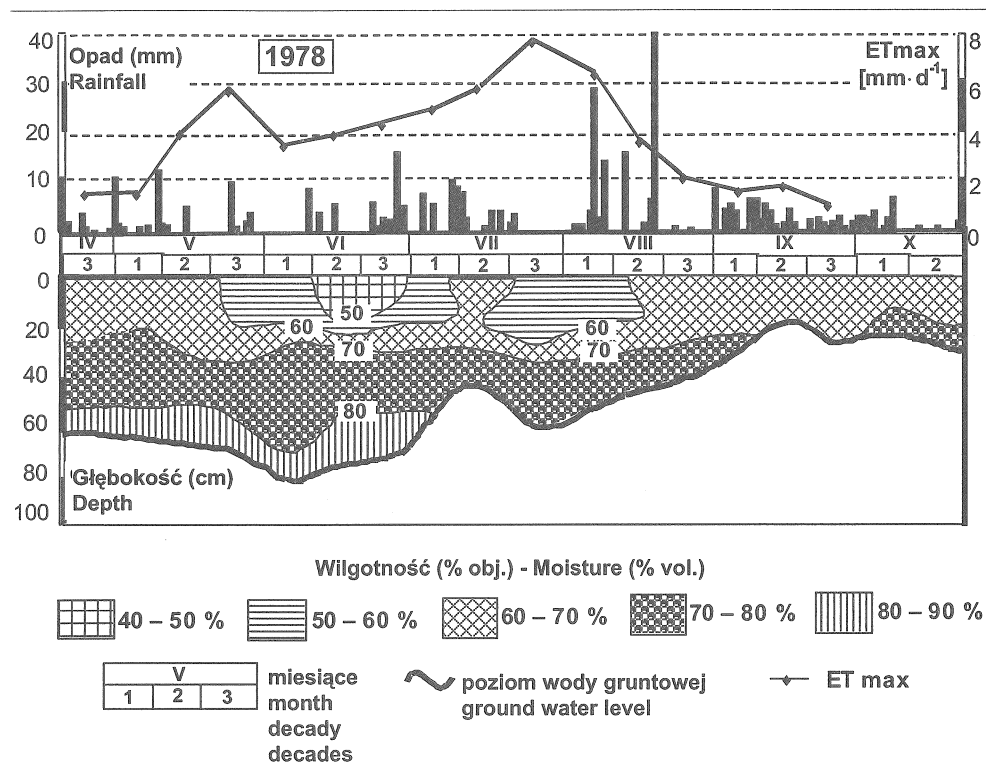
Podstawę rozwiązania równania stanowiły wyniki badań krzywych pF (Rys. 1), pomiary dynamiki głębokości poziomu wody gruntowej i wilgotności w profilach gleb MtIba, MtIIcc oraz pomiary lizymetryczne ewapotranspiracji maksymalnej i rzeczywistej w latach 1976–1981 [8, 9], uzyskane w dekadach bez opadów, w których na ogół nie występuje odpływ gruntowy a rozchody wilgoci na ewapotranspirację są równoważone przez podsiąk kapilarny ze strefy nasyconej [11]. Uwzględniono w ten sposób warunki zrównoważonego bilansu wodnego gleby [4].

Dynamikę wilgotności gleb w zależności od czasu i wielkości ewapotranspiracji przedstawiono przykładowo dla 1978 roku (Rys. 2). Wskazuje ona, że w każdej z badanych gleb istnieje optymalny poziom wody, przy którym nawet w okresach bezopadowych i wysokiej ewapotranspiracji (jak w 3 dekadzie lipca) podsiąk



**Rys. 1.** Krzywe pF warstwy 10–20 cm oraz budowa stratygraficzna profilu gleby Mt Iba i Mt IIcc: popielność *A* (%), gęstość objętościowa *Go* ( $\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$ ), porowatość *P* (% vol.), efektywna retencja użyteczna *ERU* (% vol.), potencjalna retencja użyteczna *PRU* (% vol.), *M* – mursz, *Tu* – torf turzycowiskowy, *Sz* – torf szuwarowy, *Me* – torf mechowiskowy, *gy* – gytia, *pl* – piasek luźny.

**Fig. 1.** pF curves layer 10–20 cm and the stratigraphic structure of the Mt Iba and Mt IIcc soil profile: ashes content *A* (%), bulk density *Go* ( $\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$ ), porosity *P* (% vol.), effective useful retention *ERU* (% vol.) potential useful retention *PRU* (% vol.), *M* – moorsh, *Tu* – sedge peat, *Sz* – reed peat, *Me* sedge-moss peat, *gy* – detritus-algal gytia, *pl* – loose sand.



Rys. 2. Dynamika ewapotranspiracji maksymalnej ( $ET_{max}$ ), opadów, poziomu wody gruntowej i wilgotności gleb MtlIba oraz MtlIcc w 1978 roku

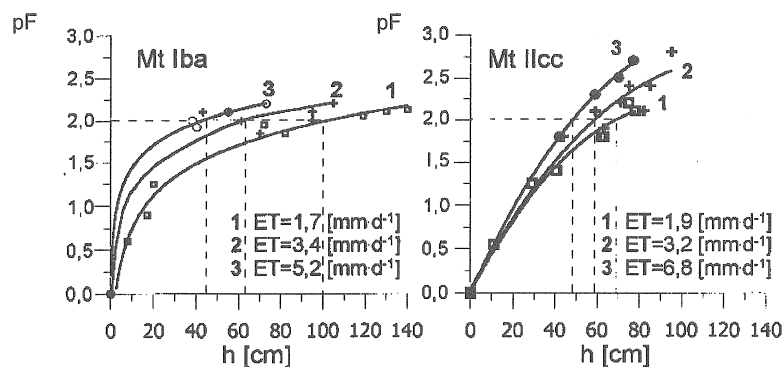
Fig. 2. The dynamic of maximal evapotranspiration ( $ET_{max}$ ), rainfall, depth of groundwater table and moisture of soil MtlIba and MtlIcc in 1978 year

kapilarny zapewnia utrzymanie w warstwie korzeniowej stałej wilgotności gleby a wysokość tej wilgotności różnicuje się w zależności od głębokości tego poziomu i rodzaju gleby. Poziom ten w odniesieniu do gleby MtlIba oscyluje w granicach 70–80 cm, a w odniesieniu do gleby MtlIcc w granicach 40–50 cm.

Zależności potencjału wody glebowej, wyrażonego w jednostkach pF, badanych gleb w warstwie korzeniowej od głębokości wody gruntowej, przy różnej wielkości ewapotranspiracji w wybranych z lat 1976–1981 dekadach bez opadów obrazują krzywe 1, 2, 3 (Rys. 3). Wskazują one, że wysokość podsiąku zapewniająca utrzymanie w warstwie korzeniowej gleby MtlIba wilgotności odpowiadającej pF 2,0 w przypadku  $ET = 1,7 \text{ mm} \cdot \text{d}^{-1}$  wynosi ok. 100 cm; w przypadku  $ET = 3,4 \text{ mm} \cdot \text{d}^{-1}$  – 62 cm; przy  $ET = 5,2 \text{ mm} \cdot \text{d}^{-1}$  – 45 cm. Wysokość podsiąku zapewniająca utrzymanie w warstwie korzeniowej gleby MtlIcc wilgotności odpowiadającej pF 2,0 w przypadku  $ET = 1,9 \text{ mm} \cdot \text{d}^{-1}$  wynosi 69 cm; w przypadku  $ET = 3,2 \text{ mm} \cdot \text{d}^{-1}$  – 58 cm; przy  $ET = 6,8 \text{ mm} \cdot \text{d}^{-1}$  – 47 cm. Wynika stąd, że uwilgotnienie strefy korzeniowej jest funkcją

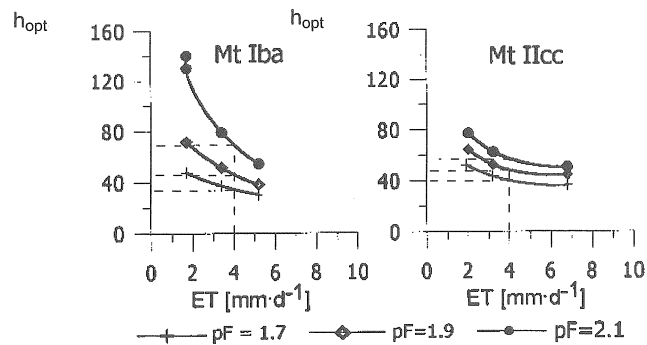
głębokości wody gruntowej, wielkości rozchodów na ewapotranspirację oraz rodzaju gleby co potwierdza wyniki badań modelowych [1, 2, 6, 7, 12] i polowych [11].

Optymalna głębokość odwodnienia gleb MtIba oraz MtIIcc, użytkowanych jako łąki, zapewniająca wilgotność w warstwie korzeniowej (0–30 cm) odpowiadającą pF 1,7 w drugim, pF 1,9 w pierwszym i pF 2,1 w trzecim pokosie różnicuje się w zależności od ewapotranspiracji i rodzaju gleby (Rys. 4). Przy średniej ewapotranspiracji, np.  $4,0 \text{ mm}\cdot\text{d}^{-1}$ , głębokość zwierciadła wody gruntowej zapewniająca w warstwie korzeniowej wilgotność odpowiadającą pF 1,7; pF 1,9 i pF 2,1 wynosi



Rys. 3. Zależność potencjału wody glebowej w jednostkach pF gleb MtIba i MtIIcc w warstwie 0–30 cm w wartościach pF od poziomu wody gruntowej  $h$  przy różnej wielkości ewapotranspiracji ET (linie 1,2,3)

Fig. 3. Dependence of soil water potential in pF units, for MtIba and MtIIcc soil in 0–30 cm layer, in pF values, from groundwater table depth  $h$ , in various evapotranspiration ET conditions (line 1, 2, 3)



Rys. 4. Zależność optymalnej głębokości odwodnienia ( $h_{opt}$ ) gleb MtIba i MtIIcc od ewapotranspiracji rzeczywistej (ET), w pierwszym (pF 1,9), drugim (pF 1,7) i trzecim (pF 2,1) pokosie

Fig. 4. Relation between optimal dehydration depth ( $h_{opt}$ ) of MtIba and MtIIcc soil, and real evapotranspiration (ET), in first (pF 1.9), second (pF 1.7) and third (pF 2.1) harvest

odpowiednio: 27, 43, 70 cm na glebie Mtlba, 40, 48, 57 cm na glebie MtIIcc, poniżej powierzchni terenu. Zróżnicowanie to potwierdza wyniki badań modelowych [1, 6, 7].

#### WNIOSKI

Na podstawie badań przeprowadzonych na pobagiennych glebach torfowomurszowych, reprezentujących ekosystemy torfowiskowe słabo (gleba Mtlba) i silnie (gleba MtIIcc) przeobrażone, użytkowane jako łąki wysoko nawożone, stwierdzono, że:

1. W warunkach gdy podsiak kapilarny ze strefy nasyconej w całości równoważy straty wody na parowanie, wilgotność gleby w warstwie korzeniowej przyjmuje wartość stałą, niezależnie od wielkości ewapotranspiracji, natomiast jej wysokość różnicuje się w zależności od poziomu wody gruntowej i rodzaju gleby. Podane w pracy zależności tego typu przy różnej średniej dziennej ewapotranspiracji są podstawą określenia dla tych gleb optymalnej głębokości odwodnienia.

2. Optymalna głębokość odwodnienia, zapewniająca wilgotność odpowiadającą pF 1,7 w drugim, pF 1,9 w pierwszym, pF 2,1 w trzecim pokosie, skutecznie chroniącą gleby przed niekorzystnymi przemianami po odwodnieniu, oraz powodującą uzyskanie maksymalnych plonów bez nadmiernego, z ekonomicznego punktu widzenia, zużycia wody, różnicuje się w zależności od rodzaju gleby i wielkości ewapotranspiracji. Wynosi ona odpowiednio: 25–43, 40–70, 58–130 cm dla gleby Mtlba; oraz 35–50, 45–65, 55–75 cm dla gleby MtIIcc. Głębokość ta maleje, gdy wzrasta wielkość ewapotranspiracji.

3. Przedstawione w pracy zależności dotyczą słabo (gleba Mtlba) i silnie (gleba MtIIcc) przeobrażonych gleb torfowomurszowych. Mogą być one wykorzystane do sterowania nawadnianiem odwodnionych ekosystemów torfowiskowych słabo i silnie przeobrażonych w celu zapewnienia warunków zrównoważonego rozwoju oraz jako materiał empiryczny do kalibracji modeli matematycznych, symulujących udział podsiaku w pokrywaniu rozchodów wody na ewapotranspirację dla ustalonych, warunków przepływu.

#### PIŚMIENNICTWO

1. **Brandyk T.:** Podstawy regulowania uwilgotnienia gleb dolinowych. Rozpr. Habil. Wydaw. SGGW-AR Warszawa, 1990.
2. **Feddes R. A.:** Water, heat and crop growth. Wyd. H. Veenmon and Zonen N.V., Wageningen Rozpr. Habil., 1971.
3. **Gawlik J., Szajda J.:** Evaluation of changes in soil conditions on peatlands of the Lublin Polesye due to drainage. Acta Agrophysica, 67, 2002.

4. Kowalik P., Zaradny H.: Simulation model of the soil water dynamics for layered soil profile with fluctuating water table and water uptake by roots. *J. Hydrol. Sci.*, 1978.
5. Okruszko H.: Zasady podziału gleb hydrogenicznych na rodzaje i łączenia rodzajów w kompleksy wilgotnościowo-glebowe. *Rocz. Glebozn.*, 39, 127–152, 1988.
6. Olszta W.: Badania nad wpływem zwierciadła wody gruntowej i transpiracji na układ wilgotności w profilu gleby torfowo-murszowej metodą modelowania symulacyjnego. *Rocz. Glebozn.*, 31, 3/4, 1980.
7. Olszta W.: Badania dynamiki uwilgotnienia gleb, wzrostu traw i prognozowania nawodnień metodą modelowania matematycznego. *Falenty: IMUZ, Rozpr. Habil.*
8. Szajda J.: Opracowanie metody prognozowania nawodnień w warunkach płytkiego zalegania poziomu wody gruntowej. Sprawozdanie końcowe z tematu PR7.06.02.02.06. Maszynopis, IMUZ Falenty, 1980.
9. Szajda J.: Roślinne i glebowo-wodne wskaźniki ewapotranspiracji łąki na glebie torfowo-murszowej. *Falenty: IMUZ, Rozpr. Habil.*, 1997.
10. Szajda J.: Wpływ minimalnej głębokości odwodnienia na ciśnienie ssące gleby torfowo-murszowej w strefie korzeniowej. [W:] *Problemy ochrony i użytkowania obszarów wiejskich o dużych walorach przyrodniczych. Materiały Ogólnopolskiej Konferencji. Janów Lubelski, 20–21 października. Wydaw. UMCS Lublin, 2000.*
11. Szajda J., Olszta W.: Wykorzystanie poziomu wody gruntowej jako wskaźnika uwilgotnienia gleby torfowo-murszowej w warunkach różnej ewapotranspiracji. *Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie, Wyd. IMUZ, 2, 2(5), 33–45, 2002.*
12. Viesser W.C.: Soil moisture content and evapotranspiration. *JCW Tech. Bull.*, 31, 1963.
13. Zawadzki S.: Laboratoryjne oznaczanie zdolności retencyjnych utworów glebowych. *Wiad. IMUZ, 11, 2, 11–31, 1973.*

#### CLIMATIC AND SOIL-WATER ENVIRONMENT INDICATORS OF DEHYDRATED PEAT SOILS ECOSYSTEMS IN ASPECTS OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT

*Jan Szajda<sup>1</sup>, Wenanty Olszta<sup>2</sup>, Dariusz Kowalski<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Institute of Land Reclamation and Grass Farming, Głęboka str. 29, 20-012 Lublin

<sup>2</sup>Lublin Technical University, Nadbystrzycka str. 40, 20-618 Lublin

**S u m m a r y.** The article base on research realised on post-wetland's peat – moorsh soils, which represent peat ecosystems of low (soil Mt Iba) and high (Mt IIcc) transformed, used as high fertilised meadows. Authors discovered, that in conditions when capillary rising from saturated layer equals water looses for evaporation, the soil moisture in root layer has constant value, independent from evapotranspiration height. That constant value can be different as a result of groundwater table depth and soil type. Presented in paper relations had been used to estimation of optimal dehydration depth. This value is diversified in dependence of evapotranspiration height and soil type. The presented relations can be also used for irrigation management of dehydrated peat ecosystems, high and low transformed, in the aspect of their sustainable development. Material included in paper can be also used as a data for calibration of mathematical models which simulate capillary rise rate as a supply factor of evapotranspiration demands, for steady state flow conditions.

**K e y w o r d s:** peat soils, indicators of environment, sustainable development

