

BADANIA MODELOWE NAD SKUTKAMI POSUCH I EFEKTÓW
NAWODNIEŃ NA UŻYTKACH ZIELONYCH

Wenanty Olszta

Pracownia Fizyki Gleb Meliorowanych, Oddział IMUZ w Lublinie

WSTĘP

Źródłem zasilania roślin w wodę jest retencja, opady oraz podsiąk z głębszych warstw profilu, bądź ze strefy nasyconej. W naturze problem polega na tym, że wielkość rozchodów na ewapotranspirację jest większa od zasilania (podsiąku) z poziomu wody gruntowej, co powoduje przesychanie gleby.

Realizacja intensywnych form zarządzania i sterowania gospodarką wodną w systemach melioracyjnych, zwłaszcza dla wielkich obszarów, polegać będzie na szybkim uzyskiwaniu parametrów niezbędnych do sterowania i optymalizacji produkcji, co w przypadku długotrwałych posuch ma szczególne znaczenie. Duże korzyści może tu wnieść metoda modelowania matematycznego, mająca istotne znaczenie praktyczne, głównie w systemie gleba-roślina-atmosfera, gdzie zmienność i różnorodność procesów zachodzących podczas wzrostu roślin stwarza poważne kłopoty w kontrolowaniu przebiegu tych procesów, jak również w określeniu złożonych problemów badawczych w postaci funkcyjnych zależności, umożliwiających praktyczne wnioskowanie.

PRZEDMIOT BADAŃ

Przedmiotem badań była symulacja jednowymiarowego ruchu wody w strefie nienasyconej profilu glebowego, wzrost roślinności łąkowej

oraz prognozowanie nawodnień podsiąkowych w okresie długotrwałej posuchy. W tym celu wykorzystano model matematyczny (nazwany UGWTPN), umożliwiający kontrolowanie bądź prognozowanie następujących parametrów: transpirację, dynamikę głębokości wody gruntowej i wilgotności lub potencjał wilgotności, infiltrację wody opadowej, podejmowanie decyzji o terminie nawodnień oraz przyrosty dobowe suchej masy siana.

Dane wyjściowe niezbędne do symulacji obejmują: opad dobowy, temperaturę powietrza min i max, promieniowanie słoneczne, krzywe pF, przewodnictwo kapilarne gleby jako funkcja potencjału wilgotności, wartość fotosyntezy netto, wilgotności krytyczne ograniczające wzrost roślin oraz maksymalne głębokości lustra wody występujące na obiekcie. Program UGWTPN opracowano w Fortranie IV na maszyny ODRA 1305 w oparciu o program GRAGRO, którego szczegółowy opis wraz z charakterystyką glebową i schematami blokowymi programu podano w poprzedniej pracy [4].

PROGNOZA POTRZEB WODNYCH

Ocena potrzeb wodnych oraz zużycie wody przez rośliny wymaga szczegółowej analizy procesu ewapotranspiracji, dostępności wody glebowej oraz zasilania z poziomu wody gruntowej.

Ewapotranspiracja

Wielkość ewapotranspiracji jest sumą strat na parowanie z powierzchni gleby oraz z powierzchni liści. Bezpośrednie pomiary tych strat wykonać można przy pomocy ważonych lizymetrów. Z uwagi na uciążliwość tych pomiarów dąży się do opracowania metod oceny wielkości ewapotranspiracji, opartej na pomiarach danych meteorologicznych. Najczęściej spotykana w literaturze [3] jest koncepcja Penmana-Schofielda oparta na pomiarze bilansu cieplno-termicznego. Ilość ciepła odsorbowanego przez glebę i rośliny zamieniona jest na określoną ilość wyparowanej wody E.

$$E = Q_E/L = \frac{S}{S + 0,49} \cdot [R_{net} + H (T_a - T_d)] \quad (1)$$

gdzie

- L - ciepło parowania = $59 \text{ cal cm}^{-2} \cdot \text{min}^{-1}$,
 Td - temperatura punktu rosy (uzyskiwana z wilgotności względnej powietrza),
 Ta - temperatura powietrza (z pomiaru),
 R_{net} - radiacja netto (z pomiarów lub obliczeń z uwzględnieniem zachmurzenia),
 H - współczynnik szybkości wiatru,
 S - nachylenie krzywej ciśnienia pary nasyconej.

Łatwo dostępne dane meteorologiczne są więc zupełnie wystarczające do obliczenia parowania. Wzór (1) nie uwzględnia możliwości ograniczonego przepływu wody z gleby do roślin. Tymczasem w warunkach intensywnego parowania proces dopływu wody z gleby do korzeni jest utrudniony i staje się czynnikiem ograniczającym transpirację, jak również wzrost roślin. Wartość E we wzorze (1) nazywana jest zatem ewapotranspiracją potencjalną.

Van Vijk i de Vries [9] proponują obliczać wielkość ewapotranspiracji rzeczywistej roślin E_{re} według wzoru:

$$E_{re} = A \cdot E \quad (2)$$

gdzie

- E - parowanie potencjalne,
 A - współczynnik redukcji zależny od rodzaju rośliny i potencjału wody w strefie korzeniowej.

Brak jest jednak bliższych danych wartości A w niniejszej pracy. Wielkość A przyjęto jako stosunek wilgotności aktualnej (WC) w warstwie korzeniowej do wilgotności odpowiadającej połowej pojemności (FC). Zatem $A = WC/FC$, jeśli $WC \geq FC$ to $A = 1$, dla $WC < FC$ wsp. $A < 1$.

Ewapotranspiracja rzeczywista będzie równa potencjalnej, jeśli podczas wzrostu wilgotność gleby będzie równa lub większa od połowej pojemności wodnej.

Dostępność wody glebowej

Dla roślin zależy od siły, z jaką jest ona wiązana przez glebę, czyli od siły ssącej gleby S_m . Wilgotność przy ssaniu $S_m = 15 \text{ bar}$ (pF 4,2) uważana jest za tzw. punkt trwałego wędnięcia [11], czyli

woda nie jest dostępna roślinom. Woda związana przez glebę pomiędzy pF 1,7 (tzw. dolna granica dostępności [1]) a pF 4,2 jest ilością wody, która teoretycznie może być magazynowana i wykorzystana przez rośliny (tzw. potencjalna retencja użyteczna PRU). W warunkach naturalnych nie powinno się dopuszczać do wystąpienia tych skrajnych wartości. Najczęściej przyjmuje się, że optymalna wilgotność gleby, zapewniająca właściwy rozwój roślin, mieści się między połową pojemnością wodną (pF 2) a tzw. wilgotnością początku hamowania wzrostu roślin, przyjmowana w granicach od pF 2,5 do pF 3,0.

Równanie przepływu oraz optymalny poziom wody gruntowej

Przepływ wody w glebie nienasyconej (q) jest opisany równaniem Darcy:

$$q = -K(\theta) \frac{\partial P^x}{\partial x} \quad (3)$$

Wprowadzając równanie ciągłości przepływu

$$\frac{\partial \theta}{\partial t} = \frac{\partial q}{\partial x} - S(\theta)$$

otrzymamy

$$\frac{\partial \theta}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left[K(\theta) \frac{\partial P^x(\theta)}{\partial x} \right] - S(\theta) \quad (4)$$

gdzie

- θ - wilgotność gleby,
- $K(\theta)$ - przewodnictwo kapilarne,
- P^x - równoważnik potencjału wody glebowej,
- $S(\theta)$ - konsumpcja wody przez korzenie roślin.

Jest to równanie różniczkowe drugiego rzędu typu parabolicznego, umożliwiające obliczenie wartości funkcji $\theta(x,t)$, tj. wilgotności θ w czasie t w punkcie oddalonym o x od powierzchni gleby. Ważnym parametrem decydującym o przebiegu funkcji $\theta(x,t)$ jest poziom wody gruntowej, który z uwagi na łatwość pomiaru dość często przyjmowany jest jako wskaźnik uwilgotnienia górnej warstwy profilu gleby. Otóż przyjęcie zwierciadła wody gruntowej jako wskaźnika stanu uwilgotnienia

gleby w okresie wegetacji jest bardzo ogólne i można go wiązać z tzw. optymalnym położeniem zwierciadła wody gruntowej, przy którym rozchody na ewapotranspiracje uzupełniane są w całości przez efektywny podsiąk. Określenie takiego poziomu wody doświadczalnie stwarza wiele kłopotów, sposób obliczania optymalnego poziomu wody metodą modelowania podano w pracy [6].

PROGNOZA PLONU

Produkcja roślinna jest to produkcja biomasy roślinnej w wyniku procesu fotosyntezy. Już od dawna próbowano opracować teorię procesu wzrostu roślin, tworząc odpowiednie modele matematyczne. Istotny postęp tych prac obserwuje się w ostatnim dziesięcioleciu [2, 3, 8, 10]. Jedną ze znanych koncepcji funkcji wzrostu jest model opracowany przez Vissera, który zakłada, że przyrost masy roślinnej q jest proporcjonalny do zespołu czynników glebowych i ekologicznych. Gdy przyjmiemy z kompleksu czynników wzrostu przykładowo tylko czynnik wodny i temperatury, to dla optymalnych warunków wodnych (połowa pojemność - FC) plon q odpowiada wartości fotosyntezy netto P_{net} , możemy więc napisać:

$$P_{net} \geq P_w \quad \text{lub} \quad P_w = C \cdot P_{net}$$

P_w - plon ograniczony czynnikiem wodnym,

C - współczynnik ograniczający wzrost równy stosunkowi wilgotności aktualnej WC do połowej pojemności wodnej FC .

$$0 \leq C \leq 1$$

Podobnie możemy zapisać wpływ temperatury na produkcję biomasy. Przyjmując P_{net} jako fotosyntezę netto nie ograniczoną wpływem niskiej temperatury, a P_T - fotosyntezą ograniczoną temperaturą, to otrzymamy:

$$P_{net} \geq P_T \quad \text{oraz} \quad a = \frac{P_T}{P_{net}}, \quad \text{gdzie} \quad 0 \leq a \leq 1.$$

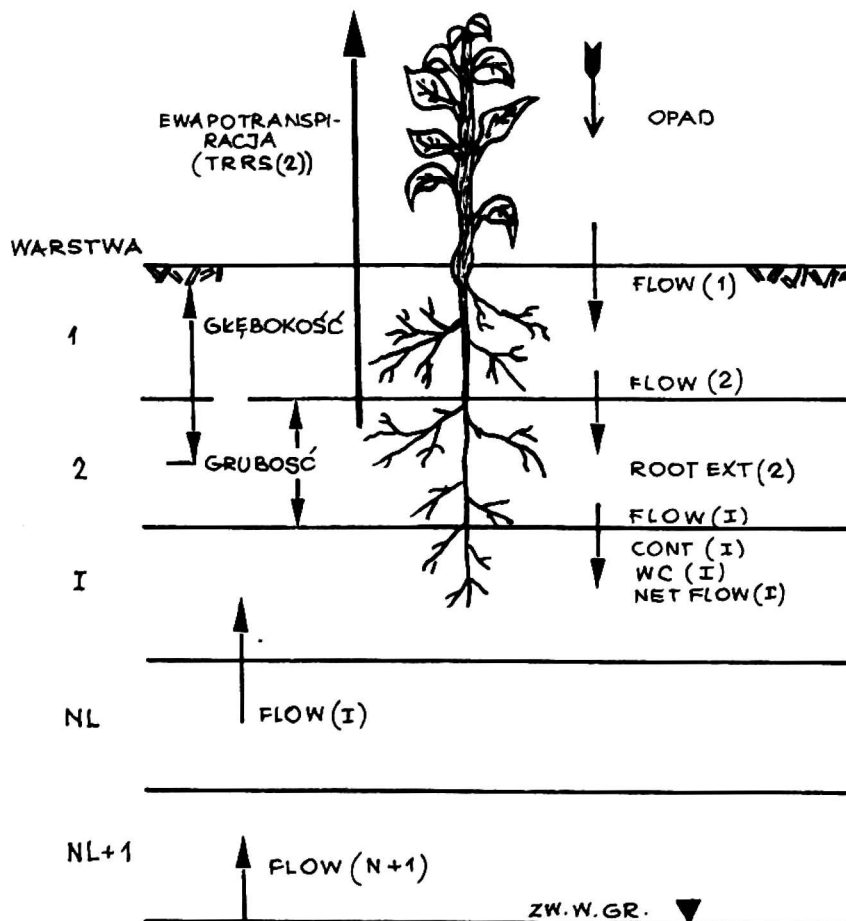
ROZWIĄZANIA NUMERYCZNE

Ewapotranspiracja

Wielkość ewapotranspiracji obliczono w oparciu o koncepcje Penmana, wykorzystując model Ritchie [7].

Równanie przepływu wody

Na rysunku 1 pokazano fizyczny schemat modelu. Profil glebowy podzielono na NL warstw o grubości (TICK) 5 cm. Dla wyjściowej wilgotności (WC) obliczono z krzywych pF potencjał wilgoci (TENP). Wielkość przewodnictwa kapilarnego (K) obliczono w oparciu o zależność $K = f(TENP)$ uzyskaną z pomiarów laboratoryjnych [5]. Całkowity potencjał hydrauliczny (HYDP) dla określonej warstwy jest sumą potencjału grawitacyjnego (czyli głębokości DEPTH) oraz potencjału wilgotności (TENP)



Rys. 1. Schemat fizyczny modelu

$$\text{HYDP}_i = -\text{DEPTH}_i - \text{TENP}_i \quad (5)$$

Wielkość przepływu między dwoma warstwami w czasie $t + dt$ oblicza się z prawa Darcy, przyjmując właściwości hydrauliczne gleby dla czasu t :

$$\text{FLOW}_i = \frac{\text{HYDP}_{i-1} - \text{HYDP}_i}{\text{TICK}} \cdot \text{AVCOND}$$

gdzie

AVCOND - średnia arytmetyczna wartość przewodnictwa dwu przyległych warstw.

Przepływ dla warstwy pierwszej przyjęto równy zero, natomiast równanie przepływu z poziomu wody gruntowej FLOW (NL + 1) ma postać:

$$\text{FLOW (NL + 1)} = \text{HYDP (NL)} + \text{DEPT (NL)} + 2,5 \cdot D / \text{TICK}$$

gdzie $D = \text{COND(NL)} + \text{COND/NL} + 1 / 2$

Przepływ netto (NF) dla poszczególnych warstw oblicza się na zasadzie zachowania masy:

$$\text{NF}_i = \text{FLOW}_i - \text{FLOW}_{i+1} - \text{TRRS}_i$$

gdzie

TRRS - ilość wody pobierana przez korzenie roślin równa wielkości ewapotranspiracji.

Przewidywaną wilgotność gleby oblicza się jako sumę wilgotności początkowej w czasie t (WC_t) oraz dopływu netto do danej warstwy, pomnożonego przez przyrost czasu (dt) oraz podzielonego przez grubość warstwy:

$$\text{WC}_i = \text{WC}_t + \text{NF}_i \cdot dt / \text{TICK},$$

Wielkość przyrostu czasu dt przyjęto 10 min, zaś grubość warstwy $\text{TICK} = 5$ cm.

Prognoza wzrostu roślinności łąkowej

Wielkość dobowego przyrostu suchej masy siana obliczono w oparciu o dane Saugiera i Ripley [8]:

$$NF = 29,45 + 0,95 \cdot LV - 0,001 \cdot LV^2$$

gdzie

NF - wartość fotosyntezy netto dla temperatury powietrza 20°C (kg/ha/dobę),

LV - promieniowanie widzialne (cal/cm²/dobę).

Wartość promieniowania widzialnego LV równa się 50% wielkości promieniowania słonecznego RI przy bezchmurnym niebie. Wartość LV dla nieba pochmurnego (CL) oblicza się w skali 1-10, zależnie od stopnia zachmurzenia.

Według badań Saugiera 65% fotosyntezy jest gromadzona w części naziemnej roślin łąkowych, pozostała część 35% w korzeniach, zatem wielkość plonu suchej masy PG wyniesie:

$$PG = 0,65 \cdot NF.$$

W przypadku wystąpienia niskich bądź wysokich temperatur produkcja biomasy jest niższa. Wartość współczynnika a , wskazującego na ograniczający wpływ temperatury powietrza na wzrost roślin, podano w zestawieniu:

T°C	0	2	5	10	15	20	30	35
0	0,0	0,0	0,50	0,75	0,95	1,0	0,95	0,8

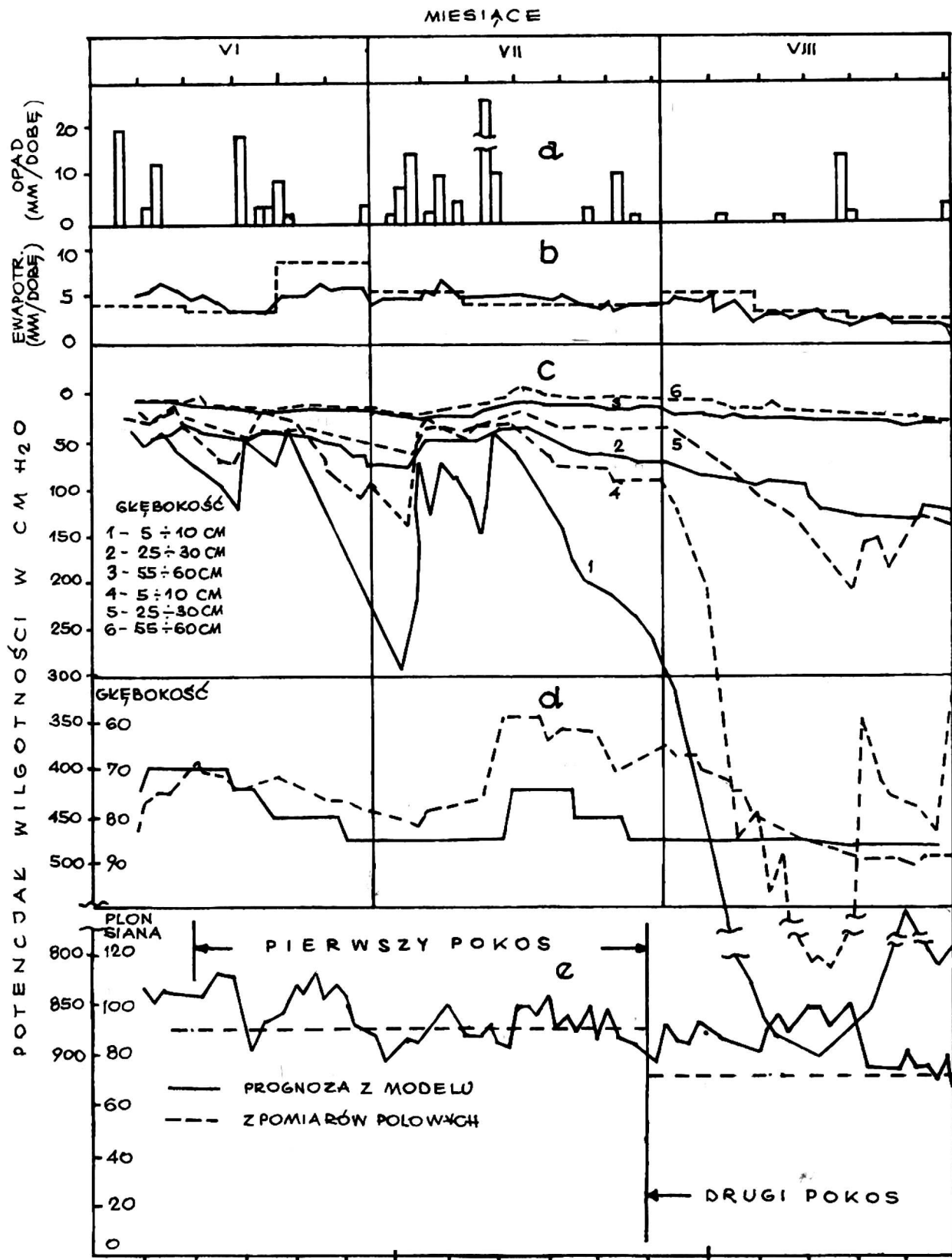
Proces fotosyntezy uzależniony jest również od czynnika wodnego (C), zatem wielkość przyrostu suchej masy siana będzie:

$$APG = a \cdot c \cdot PG$$

WYNIKI OBLICZEŃ NUMERYCZNYCH

Symulacja dynamiki potencjału wilgotności, głębokości wody gruntowej i wzrostu traw

Wyniki obliczeń uzyskane na obiekcie badawczym IMUZ w Sosnowicy dla okresu 5 VI-30 VIII 1973 r. przedstawia rysunek 2. Na rysunku 2 zestawiono dane z obliczeń numerycznych oraz z pomiarów polowych:



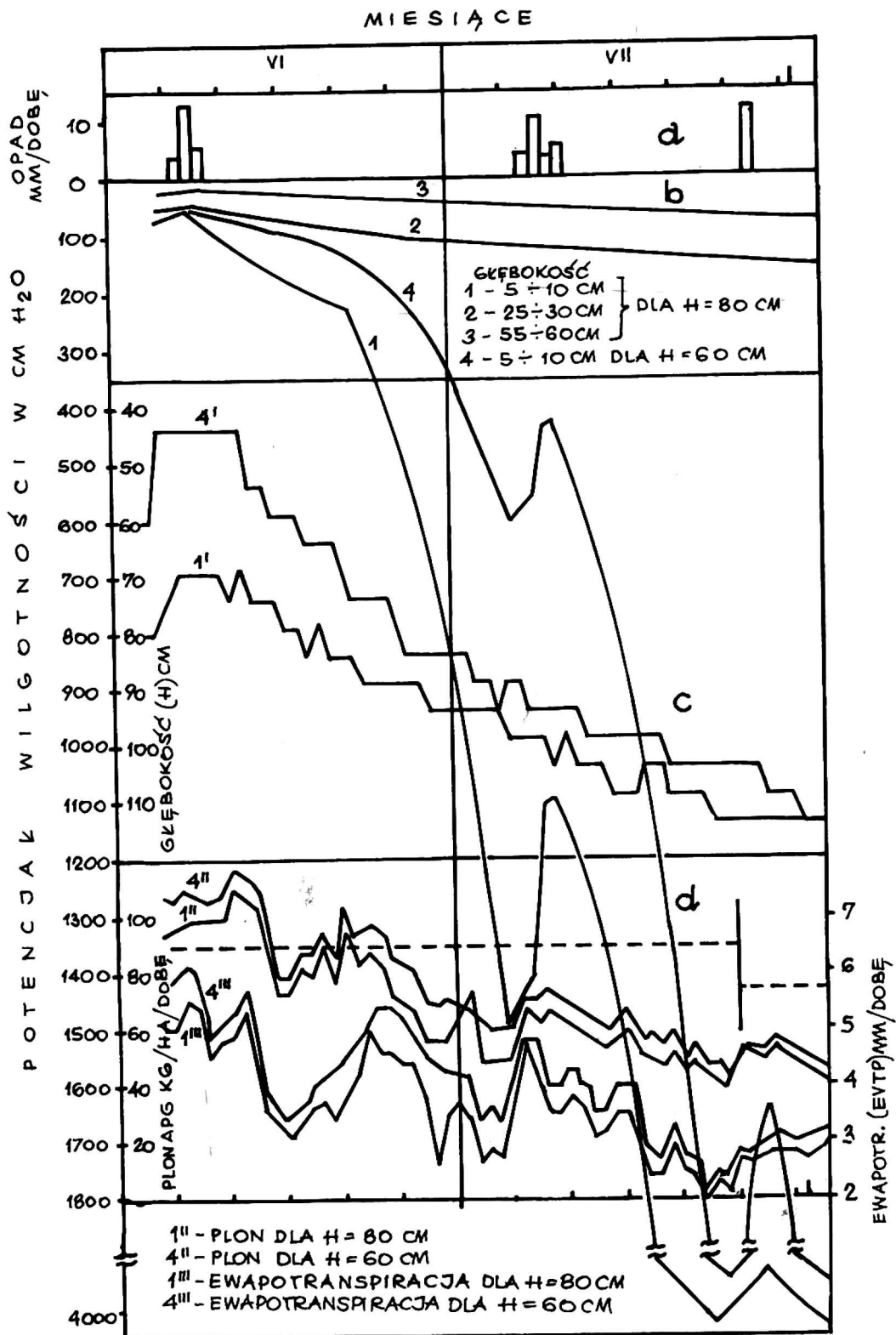
Rys. 2. Dynamika właściwości wodnych, prognozowanych i pomierzonych podczas wzrostu traw dla gleby torfowo-murszowej na obiekcie IMUZ w Sosnowicy

a - opad, b - ewapotranspiracja, c - potencjał wilgotności i d - głębokość wody gruntowej. Z porównania danych (rys. 2c i d) widać, że wyniki modelowe są zbliżone do danych polowych, z wyjątkiem okresu 15 VI-15 VIII, kiedy to poziom wody gruntowej był znacznie wyższy od głębokości uzyskanej z modelu. Fakt ten należy tłumaczyć wystąpieniem w pierwszej połowie lipca intensywnych opadów, co spowodowało

wezbranie wody w przyległej do obiektu rzece oraz w rowach. Na skutek wysokich stanów wody w rowach i rzece wystąpiło zasilanie grunto-
we, którego nie uwzględnia model, stąd też poziom wody, jaki zaobser-
wowano na obiekcie, był wyższy od stanów uzyskanych z obliczeń. Na
rysunku 2e zestawiono również dla badanego okresu wartości dobowego
przyrostu suchej masy siana z obliczeń - linia ciągła oraz średnią
wartość przyrostów uzyskanych z pomiarów za I i II okres - linia
przerywana. Przedstawiona wyżej empiryczna weryfikacja danych modelo-
wych z polowymi wskazuje na ich dużą zgodność, co może świadczyć o
przydatności metody modelowania w programowaniu i sterowaniu gospo-
darką wodną w profilu gleby dla dowolnych warunków klimatycznych.

W rozważanym przypadku oprócz szeregu danych wyjściowych, przy-
jętych dla poprzedniego rozwiązania, przyjęto w obliczeniach (oprócz
pogody bezopadowej) dwie wyjściowe głębokości wody gruntowej (H) 60
i 80 cm, dla których oddzielnie przeprowadzono symulacje. Układ po-
czątkowej pojemności wodnej w profilu dla w.w. głębokości obliczono
w oparciu o krzywe pF. Na rysunku 3 zestawiono: a - rozkład opadów,
b - dynamikę potencjału wilgotności na głębokościach 5-10, 25-30,
55-60 cm dla wyjściowego (początkowego) stanu wody gruntowej - 80 cm
(linie 1, 2 i 3) oraz potencjał wilgotności na głębokości 5-10 cm
dla początkowej głębokości lustra wody 60 cm (linia 4). Uzyskane wy-
niki wskazują na istotne różnice między potencjałem wilgoci warstwy
górnej (5-10 cm) a poziomem glebowym (25-60 cm). Widać tu, że podsiąk
kapilarny nie jest w stanie zapobiec gwałtownym wysychaniom strefy
korzeniowej, stąd też 5 VII po 27 dniach bezdeszczowych potencjał
wilgotności w 5-10 cm w warstwie osiągnął wartość 600 cm dla wyjścio-
wej głębokości H = 60 cm, zaś dla H = 80 cm potencjał wilgotności
w tym samym dniu wynosił 1500 cm słupa wody. Różnica ciśnienia, wyno-
sząca około 1000 cm, utrzymywała się do końca okresu symulacyjnego.

Różnica wyjściowych stanów wody gruntowej (rys. 3c) na początku
okresu 20 cm zmniejszyła się pod koniec symulacji do zera. Można więc
wnioskować, że istnieje pewien poziom wody, którego przekroczenie po-
woduje utrudniony przepływ wilgoci z poziomu wody gruntowej do stre-
fy korzeniowej. Średnia wartość dobowego przyrostu suchej masy siana
obniżyła się w tym okresie z około 100 kg/ha/dobę na początku, do 40
kg/ha/dobę pod koniec okresu obliczeniowego dla stanu wyjściowego
H = 80 cm krzywe 1'' (rys. 3d) oraz nieco wyższy plon APG dla H = 60
cm - linia 4''. Proporcjonalnie do wysokości plonów siana kształtowa-
ła się wartość transpiracji EVTP - linie 1''' i 4'''.

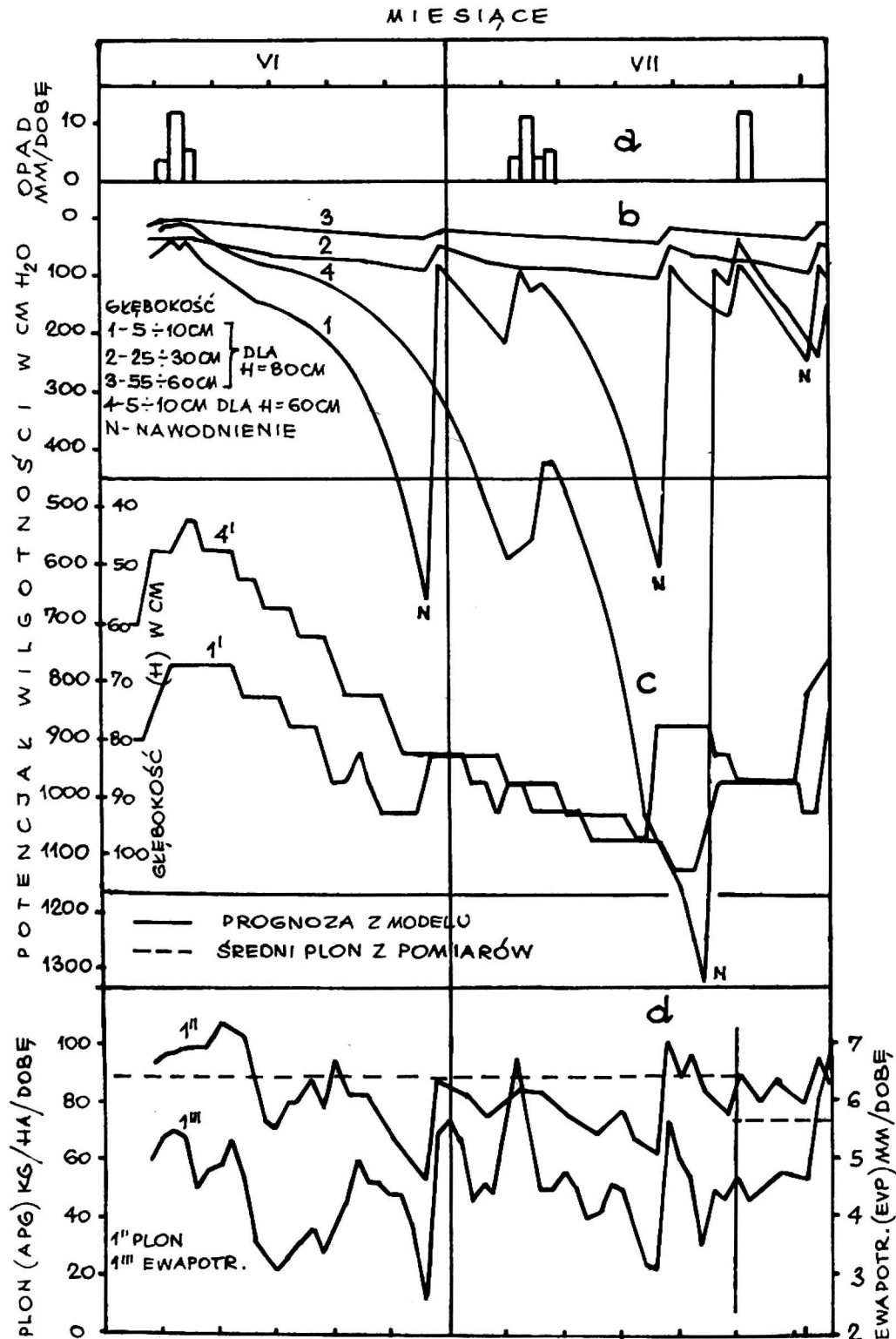


Rys. 3. Dynamika właściwości wodnych (prognozowanych) podczas wzrostu traw dla gleby torfowo-murszowej w okresie długotrwałej posuchy

Przedstawione wyniki badań wskazują, że metoda modelowania matematycznego umożliwia dla określonego typu pogody przewidywać stosunki wodne w glebie oraz ich wpływ na plonowanie roślin, co pozwala na trafne i ekonomiczne rozwiązanie wielu ważnych zagadnień praktycznych, związanych z nawodnieniami.

Symulacja efektu nawodnień podsiąkowych
w okresie długotrwałej posuchy

Uwilgotnienie gleby opisywane wcześniej jako funkcja $\theta(x, t)$ może się zmieniać w zakresie od pełnego nasycenia gleby θ_p , poprzez wilgotność optymalną θ_o , aż do wilgotności krytycznej θ_k . W momencie



Rys. 4. Dynamika potencjału wilgotności (b), stanów wody gruntowej (c) i przyrostu plonów siana podczas nawodnień (N)

wystąpienia wilgotności krytycznej θ_k następuje ograniczenie wzrostu roślin, dlatego też punkt ten przyjęto jako główne kryterium podejmowania decyzji o przeprowadzaniu nawodnienia. Drugim warunkiem mającym wpływ na wykonanie nawodnienia była ocena ekonomiczna, polegająca na obliczaniu stosunku strat w plonach wywołanych osuszaniem gleby do kosztów nawodnienia.

Uzyskane wyniki z symulacji nawodnień podsiąkowych dla dwóch przypadków wyjściowego stanu wody gruntowej (60 i 80 cm) przedstawiono na rysunku 4a - opad, b - dynamika potencjału wilgotności, c - poziom wody gruntowej i d - dobowe przyrosty suchej masy siana oraz wielkość transpiracji. Z przedstawionej na rysunku 4b dynamiki potencjału wilgotności (warstwy 5-10) wynika, że dla wyjściowego stanu wody gruntowej $H = 80$ cm w okresie symulacji wykonano 3 nawodnienia - 28 VI, 18 VII i 31 VII (linia 1), zaś dla początkowego $H = 60$ cm dwa nawodnienia 22 VII i 1 VIII (linia 4). Wartości dobowych przyrostów suchej masy siana przy zastosowaniu nawodnień są zbliżone (rys. 4d - linia 1") do średniej wartości plonu uzyskanego z I i II pokosu dla warunków pogodowych, jakie wystąpiły w 1973 r. na obiekcie doświadczalnym IMUZ w Sosnowicy.

WNIOSKI

1. Uwilgotnienie profilu glebowego jest, jak dotychczas, najważniejszym wskaźnikiem, charakteryzującym stosunki wodne w profilu glebowym. Również plonowanie roślin dotychczas było jedynie rejestrowane w obserwacjach polowych. Przedstawione w niniejszej pracy wyniki badań wskazują na możliwość obliczania wartości funkcji $\theta(x, t)$ oraz przyrostów suchej masy roślinności łąkowej APG metodą modelowania matematycznego - w oparciu o warunki klimatyczne.

2. Uzyskane wyniki badań modelowych dotyczą okresu długotrwałej posuchy. Z uwagi na brak danych doświadczalnych - nie podano weryfikacji wyników.

3. Empiryczna weryfikacja danych uzyskanych dla warunków o normalnym rozkładzie opadów (rys. 2) wskazuje na praktyczną przydatność modelu UGWTPN przy ocenie złożonych procesów ruchu wody glebowej, wzrostu roślinności oraz prognozowaniu nawodnień.

LITERATURA

1. Kowalik P.: Zarys fizyki gruntów. Skrypt Politechniki Gdańskiej, 1973.
2. Kowalik P.: Mathematical model of water management in plant production. Instituut Voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding, Wageningen 1973.
3. Kowalik P.: Podstawy teoretyczne agrohydrologii Żuław. GTN. Acta Technica Gedanensia Nr 11. Gdańsk 1976.
4. Olszta W.: Simulation of grass growth water movement and soil temperature over high water table. Agr. Eng. Research Series No 19. Dep. of Agr. Engineering, Clemson University, USA 1975.
5. Olszta W.: Laboratoryjne badania przewodnictwa kapilarnego gleb. (oddano do druku w 1976 r.) Maszynopis IMUZ w Lublinie.
6. Olszta W.: Simulation of dynamic soil moisture under conditions of constant evapotranspiration and constant water table depth. Zesz. probl. Post. Nauk roln. z. 197, 1977.
7. Ritchie, Joe T.: A model for predicting evapotranspiration from a row crop with incomplete cover. Water Resources Research 8, 1972, 1204-1213.
8. Saugier B., i E.A. Ripley: A model of growth and water use for a natural grassland. In: Proceedings of the 1975 Summer Computer Simulation Conference, San Francisco 1975.
9. Van Wijk W.R., De Vries D.A.: Evapotranspiration. Neth. J. Agric. Sci., z. 1954 ss. 105-119.
10. Visser W.C.: Mathematical models in soil productivity studies exemplified by response to nitrogen. Plant a. Soil Nr 2. 1969 s. 161-182.
11. Zawadzki S.: Laboratoryjne oznaczanie zdolności retencyjnych utworów glebowych. Wiadomości IMUZ T. XI, z. 2, 1973.

В. Ольшта

МОДЕЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПОСЛЕДСТВИЙ ЗАСУХИ И ЭФФЕКТОВ
ОРОШЕНИЙ НА ЗЕЛЕННЫХ УГОДЬЯХ

Р е з ю м е

Растительная продукция зависит от климатических и почвенно-водных условий. Проблема состоит в том, что величина расходов на эвапотранспирацию является большей, чем подача из уровня грунтовой воды, что вызывает высыхание почвы.

Предметом исследований была симуляция движения воды в ненасыщенной зоне почвенного профиля, рост луговой растительности, а также прогнозирование орошений в период долговременной засухи. Исследования были проведены методом математического моделирования, используя для этой цели разработанную раньше модель, которая позволила контролировать величину суточной транспирации, динамику глубины грунтовой воды, инфильтрацию осадков, влажность или потенциал влажности, а также суточные приросты сухой массы сена. Данные, необходимые для симуляции охватывают: суточные осадки, температуру воздуха - минимальную и максимальную, солнечную радиацию, кривые pF , капиллярную проводимость почвы, величину фотосинтеза нетто, критическую влажность, ограничивающую рост растений. Верификация модельных данных для нормального распределения осадков показывает, что метод математического моделирования позволяет для определенного типа погоды прогнозировать водные условия в почве, а также их влияние на урожайность растений, что дает возможность решить многие важные практические задания, связанные с орошением.

W. Olszta

SIMULATION OF GRASS GROWTH AS A RESULT
OF DROUGHT AND IRRIGATION

S u m m a r y

Crop production is influenced to a large by the moisture and soil conditions and by environmental factors. The problem is compounded by the fact that water is evaporated from the soil and plant surface, usually at a rate greater than that which the water can be supplied from beneath by unsaturated flow. The objective of this study was to simulate the vertical flow in an unsaturated homogeneous soil, growth of grass and irrigation scheduling in drought weather. Input for the model includes: daily cumulative rain fall, daily max. and min. temperature of air, solar radiation, soil moisture-tension relationship, unsaturated hydraulic conductivity, root density, field capa-

city of soil, net photosynthesis and availability of moisture. The operation of the model involves the following continuous determination of: daily evapotranspiration, water table movement, soil moisture tension and daily matter production of grass. The model was compared to field data for the treatments with the water held at a level 40 cm depth. The lack agreement between the simulated and measured data goes to show that modeling method can be used for predicting the soil water transport processes.