

POZNAN 1997

CZĘŚĆ I

19

MELIORACJE I INŻYNIERIA ŚRODOWISKA



ROZCZNIKI
AKADEMII ROLNICZEJ
W POZNANIU
CCXCIV

ANDRZEJ KOSTURKIEWICZ, CZESŁAW SZAFRAŃSKI, ANTONI MILER,
MICHAŁ FIEDLER

**PROGNOZOWANIE WPŁYWU MELIORACJI
NA OBIEG WODY W TERENACH NIZINNYCH
BOGATO URZEŻBIONYCH¹**

*Z Katedry Melioracji i Kształtowania Środowiska
Akademii Rolniczej w Poznaniu*

ABSTRACT. Simulation model described in the article allowed on proper projecting of land reclamation in areas with rich relief also on areas on which occurred midfield ponds. The model includes all factors which influence on water circulation and water balances of such areas.

Key words: modelling, groundwater, area relief, drainage, midfield pond

Wstęp

Pogodzenie często rozbieżnych wymagań rolnictwa i środowiska przyrodniczego zmusza, przy projektowaniu zabiegów melioracyjnych, do kompleksowego rozpoznania i sparametryzowania środowiska glebowego oraz do dobrej znajomości obiegu wody na meliorowanych obszarach. Dotyczy to zwłaszcza bogato urzeźbionych terenów młodogłacjalnych, charakteryzujących się dużym zróżnicowaniem pokrywy glebowej oraz zmiennością uwilgotnienia związanego ze zróżnicowanym zasilaniem przez spływy powierzchniowe i podpowierzchniowe oraz wody gruntowe (Kosturkiewicz i Szafrąński 1983, 1984, Szafrąński 1993).

¹Praca wykonana w ramach projektu badawczego Nr 5 P06 H 027 09, finansowanego przez KBN.

Tereny objęte zasięgiem ostatniego zlodowacenia obejmują około 30% obszaru kraju. Na tych terenach, zgodnie z „Wytycznymi drenowania gruntów ornych” (1988), w szerszym zakresie powinno być stosowane drenowanie niesystematyczne w powiązaniu z zabiegami agromelioracyjnymi, a nie jak dotychczas systematyczne (Kosturkiewicz i Szafrński 1988a). Takie rozwiązania pozwalają na wyrównanie uwilgotnienia gleb w przekroju od wierzchołka do podnóża stoku, zwiększenie zdolności magazynowania wody w okresie wiosennym i po opadach o dużej wydajności, a także wpływają na ograniczanie erozji wodnej gleb (Kosturkiewicz i Szafrński 1993, Mioduszewski 1991, Szafrński 1992).

Cennym elementem krajobrazu rolniczego terenów bogato urzeźbionych są występujące tam wytopiskowe śródpolne oczka wodne, które wskutek wadliwie przeprowadzonych melioracji często wysychały lub świadomie były odwadniane. Stany wody w tych oczkach wykazują silne powiązanie z wodami gruntowymi przyległych terenów (Kosturkiewicz i Fiedler 1993, 1994, Phillips i Shedlock 1993, Winter 1983). Dotychczasowe wyniki badań wykazały, że przy prawidłowo zaprojektowanej sieci drenarskiej drenowanie nie powoduje wysychania oczek, a odpływy wód z tej sieci mogą być retencjonowane w śródpolnych oczkach wodnych, mających znaczne zdolności retencyjne (Hubbard i Linder 1986, Kosturkiewicz i Szafrński 1988b, Kosturkiewicz i Fiedler 1996, Ludden i in. 1983, Solarski i Nowicki 1990).

Opracowane metody prognozowania wpływu projektowanych melioracji na obieg wody i gospodarkę wodną terenów nizinnych bogato urzeźbionych pozwalają na krytyczną ocenę projektowanych melioracji i weryfikację przyjętych rozwiązań. Zapewnia to wykonywanie nowych inwestycji lub niezbędnych obecnie modernizacji istniejących urządzeń, zgodnie z oczekiwaniami rolnictwa i wymogami ochrony środowiska.

Cel pracy i opis działania modelu

Przedstawiony w niniejszej pracy model stanowi istotną modyfikację oryginalnego modelu opublikowanego przez autorów w pracy „Modelowanie stanów wody gruntowej na terenach bogato urzeźbionych jako podstawa oceny celowości melioracji” (Kosturkiewicz, Szafrński, Miler, Fiedler 1997). W zmodyfikowanym modelu uwzględniono spływy podpowierzchniowe, początkowe uwilgotnienie gleb, a nie jak poprzednio połowę pojemność wodną, oraz powiązanie stanów wód gruntowych ze stanami wody w oczkach wodnych (ryc. 1). Głównym celem zmodyfikowanego modelu jest prognozowanie wpływu planowanych drenowań i zabiegów agromelioracyjnych na stany wody gruntowej pierwszego poziomu wodonośnego oraz na stany wody w śródpolnych oczkach wodnych, jeżeli są na meliorowanym obiekcie. Prace badawcze prowadzono w ramach projektu pt. „Prognozowanie wpływu melioracji gleb na gospodarkę wodną terenów bogato urzeźbionych z wy-

stępującymi oczkami wodnymi", finansowanego przez KBN. Weryfikację opracowanego modelu gospodarki wodnej przeprowadzono na podstawie badań terenowych prowadzonych w Stacji Doświadczalnej Mokronosy Katedry Melioracji i Kształtowania Środowiska, położonej na Pojezierzu Gnieźnieńskim (52°53' N, 17°18' E).

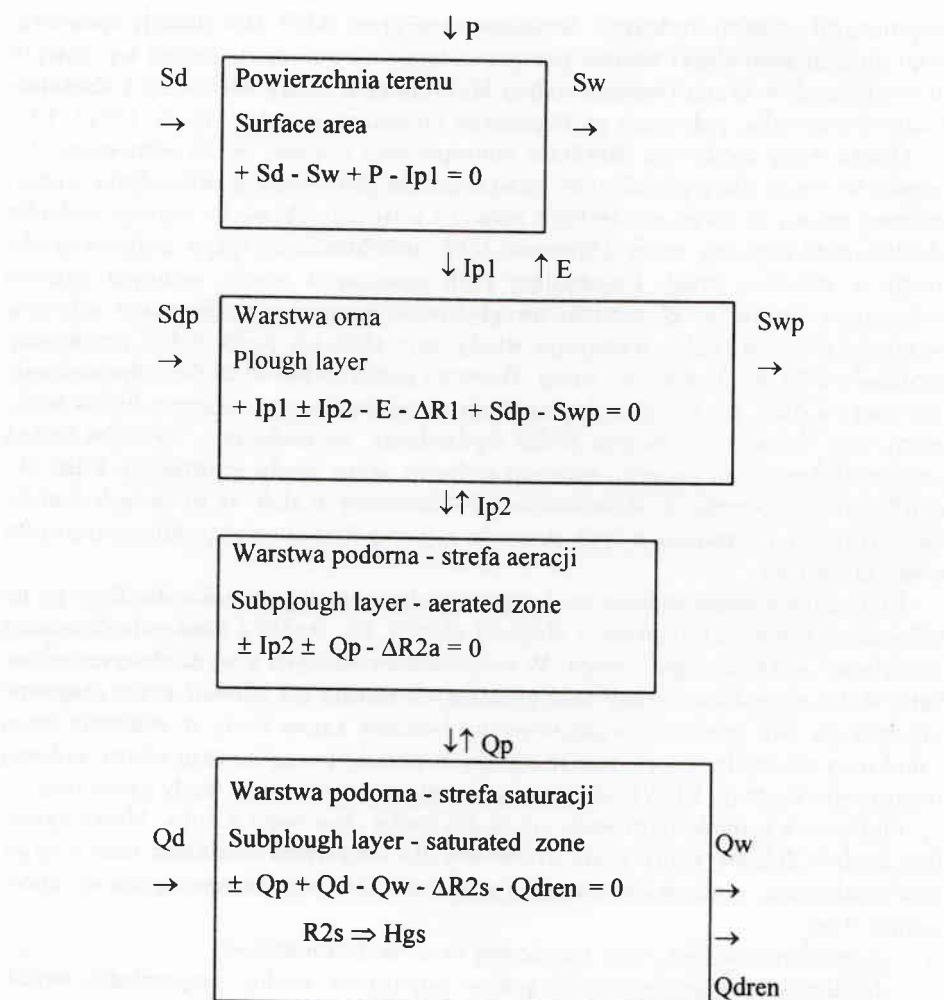
Opracowany model ma charakter konceptualny i opiera się na równaniach bilansów wodnych dla wydzielonych warstw profilu glebowego: powierzchnia terenu, warstwa orna i podorna ze strefami aeracji i saturacji. W strefie aeracji zachodzi głównie ruch pionowy wody. Okresowo także uruchamia się spływ podpowierzchniowy w warstwie ornej. Dominujący ruch poziomy w strefie saturacji opisano równaniem Dupuit'a. W modelu uwzględniono również występowanie spływów powierzchniowych, które występują wtedy, gdy zasilanie powierzchni przekroczy zdolność infiltracji do warstwy ornej. Warstwa podorna jest w modelu dynamicznie dzielona na dwie strefy: aeracji i saturacji w zależności od położenia lustra wody gruntowej. Na rozpatrywanym stoku wydzielamy, na podstawie wyników badań przedmelioracyjnych (spadki, warunki glebowe, stany wody gruntowej), kilka obszarów o zróżnicowanych właściwościach fizykowodnych gleb. W miejscach charakterystycznych, na granicach tych obszarów musimy dysponować pomiarami stanów wody gruntowej.

Przy modelowaniu stanów wód gruntowych w przekroju stoku dzielimy go na kilkanaście równych odcinków o długości równej, np. średniej rozstawie drenowań dla danych warunków glebowych. W miejscach związanych z wydzielonymi odcinkami stoku początkowe stany wód gruntowych można też określić przez stosowne interpolacje. Na granicach wydzielonych obszarów zapas wody w warstwie ornej i podornej w strefie aeracji przyjmuje się w okresie początkowym równy połowie pojemności wodnej (PPW) lub wyższy, w zależności od stanu wody gruntowej.

Obliczenia w modelu prowadzone są dla kroku czasowego 1 doba. Model symuluje średnie dobowe stany wody gruntowej dla wszystkich odcinków oraz spływy powierzchniowe, podpowierzchniowe i gruntowe. Do obliczeń wymagane są następujące dane:

- położenie warstwy ornej i podornej oraz sieci drenarskiej,
- fizykowodne właściwości gleb: połowe pojemności wodne, porowatości, współczynniki filtracji,
- sumy dobowe opadu atmosferycznego,
- dobowe wartości ewapotranspiracji rzeczywistej,
- początkowe stany wód gruntowych i stany wody w oczku,
- początkowe uwilgotnienie strefy aeracji,
- przyjęte dla danych warunków glebowych wskaźniki odpływu z sieci drenarskiej.

Program numeryczny modelu opracowano w języku Pascal w formie konwersacyjnej, m.in. z wizualizacją graficzną wyników obliczeń i oceną jego jakości przy użyciu różnych kryteriów statystycznych. Algorytm obliczeniowy opisano szczegółowo w cytowanej wyżej pracy autorów. Schemat ideowy zmodyfikowanego modelu przedstawiono na rycinie 1. Wprowadzony w obecnej modyfikacji modelu spływ



Ryc. 1. Schemat ideowy modelu symulacyjnego
 Fig. 1. Principle of model simulation

Oznaczenia – Notations:

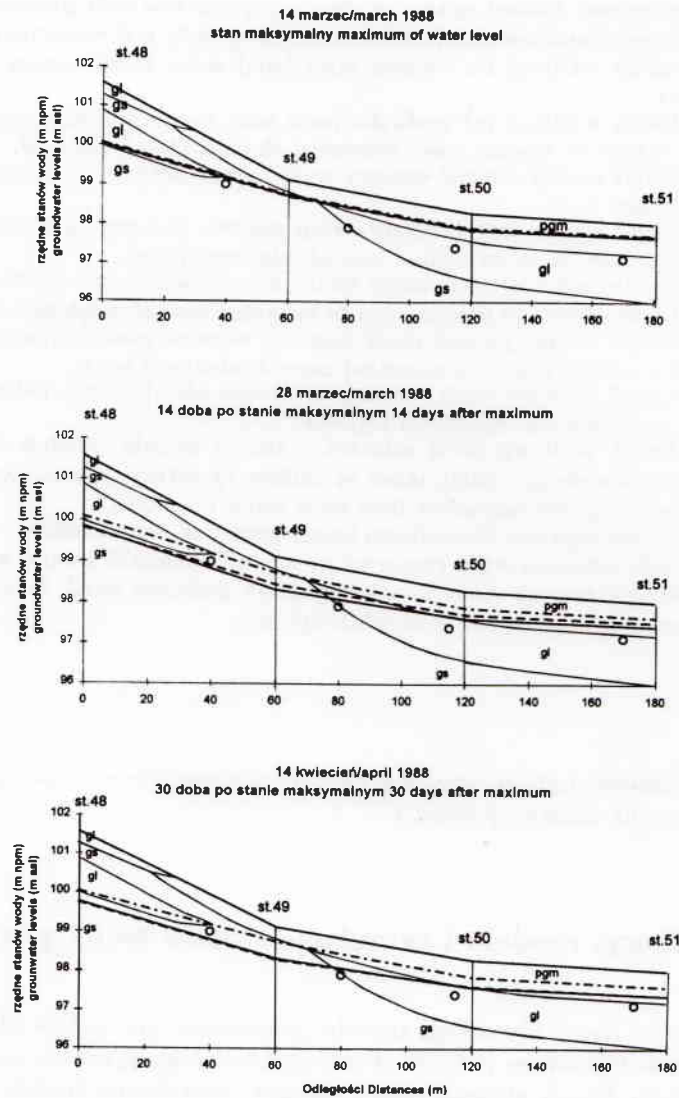
- Sd** – wskaźnik splywu powierzchniowego z odcinka wyżej położonego [mm], index of surface runoff from above situated segment,
Sw – wskaźnik splywu powierzchniowego z danego odcinka [mm], index of surface runoff from current segment,
Sdp – wskaźnik splywu podpowierzchniowego z odcinka wyżej położonego [mm], index of subsurface runoff from above situated segment,
Sdw – wskaźnik splywu podpowierzchniowego z danego odcinka [mm], index of subsurface runoff from current segment,

P	- skorygowany dobowy opad atmosferyczny [mm], real daily precipitation,
E	- dobowa ewapotranspiracja rzeczywista [mm], daily real evapotranspiration,
Ip1	- wskaźnik infiltracji do warstwy ornej [mm], index of infiltration to plough layer,
Ip2	- wskaźnik infiltracji lub podsiąku przez spąg warstwy ornej [mm], index of infiltration or upward water movement through plough layer sill,
ΔR1	- wskaźnik zmiany retencji warstwy ornej [mm], index of water storage change in plough layer,
ΔR2a	- wskaźnik zmiany retencji strefy aeracji warstwy podornej [mm], index of water storage change in aerated zone of subplough layer,
Qp	- wskaźnik dopływu (\pm) ze strefy aeracji do saturacji warstwy podornej [mm], index of inflow (\pm) from aerated to saturated zone of subplough layer,
ΔR2s	- wskaźnik zmiany retencji strefy saturacji warstwy podornej [mm], index of water storage change in saturated zone of subplough layer,
Qd	- wskaźnik dopływu strefą saturacji do danego odcinka [mm], index of inflow by saturated zone to current segment,
Qw	- wskaźnik wypływu strefą saturacji z danego odcinka (dopływ do/odpływ z oczka wodnego) [mm], index of outflow by saturated zone from current segment (inflow to/outflow from small water reservoir),
Qdren	- wskaźnik odpływu drenarskiego [mm], indexes of drain outflow,
Hgs	- symulowany stan wody gruntowej [m n.p.m.], simulated ground water level,
R2s	- wskaźnik retencji strefy saturacji warstwy podornej [mm], index of water storage in saturated zone of subplough layer.

podpowierzchniowy jest uruchamiany, gdy odciek z warstwy ornej przekroczy zdolność infiltracyjną warstwy podornej.

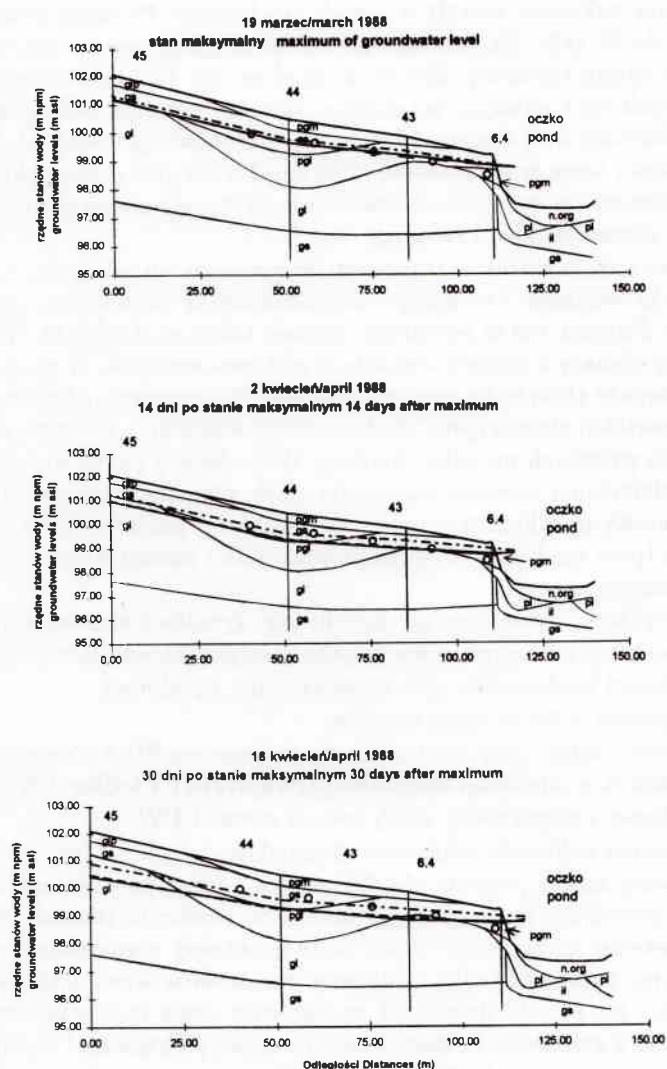
Weryfikacja modelu i symulacje stanów wody gruntowej

Weryfikacja zmodyfikowanego modelu przeprowadzona została dla zimowego półrocza hydrologicznego 1987/88. Półrocze to charakteryzowało się znacznym uwilgotnieniem. Opady atmosferyczne o 93 mm przewyższały średnią z wielolecia (prawdopodobieństwo wystąpienia łącznie z wyższymi 4%), przy wyższej o 1,3°C temperaturze powietrza. Powodowało to, że gleba nie była zamrznięta, brak było także retencji śnieżnej. W związku z tak wysokimi opadami obserwowano duże uwilgotnienie gleb i wysokie stany wód gruntowych, a także odpływy z sieci drenarskiej. Warunki te sprzyjały ocenie potrzeb odwodnienia gruntów ornych. Symulacje przeprowadzono dla marca i kwietnia 1988 roku. W marcu suma opadów wyniosła 38 mm i o 52% przewyższała średnią z wielolecia dla tego miesiąca, z kolei w kwietniu wyniosła 23 mm i była o 20% niższa od średniej. W obu miesiącach temperatury powietrza były nieznacznie niższe od średniej.



Ryc. 2. Przebieg pomierzonych i symulowanych stanów wody gruntowej przy stanie maksymalnym oraz po 14 i 30 dniach od tego stanu w przekroju zbocza od studzienki 48 do 51: pgm – piasek gliniasty mocny, g – glina lekka, gs – glina średnia, ——— stany pomierzone, - - - - stany symulowane z odpływem drenarskim, - · - · - stany symulowane bez odpływu drenarskiego, o – sieć drenarska

Fig. 2. Measured and simulated groundwater level at maximum water level and 14 and 30 days after this day in the section from well 48 to well 51: pgm – heavy loamy sand, g – light loam, gs – medium loam, ——— measured water levels, - - - - water levels simulated with drainage outflows, - · - · - water levels simulated without drainage outflows, o – drainage network



Ryc. 3. Przebieg pomierzonych i symulowanych stanów wody gruntowej przy stanie maksymalnym oraz po 14 i 30 dniach po tym stanie w przekroju zbocza od studzienki 45 do 6.4: pl – piasek luźny, pgl – piasek gliniasty lekki, pgm – piasek gliniasty mocny, gl – glina lekka, glp – glina lekka pylasta, gs – glina średnia, il – il, n.org. – namul organiczny, — stany pomierzone, - - - - stany symulowane z odpływem drenarskim, - · - · - stany symulowane bez odpływu drenarskiego, o – sieć drenarska
 Fig. 3. Measured and simulated groundwater level at maximum water level and 14 and 30 days after this day in the section from well 45 to well 6.4: pl – loose sand, pgl – light loamy sand, pgm – heavy loamy sand, gl – light loam, glp – light silty loam, gs – medium loam, il – clay, n.org. – organic warp, — measured water levels, - - - - water levels simulated with drainage outflows, - · - · - water levels simulated without drainage outflows, o – drainage network

Obliczenia wykonane zostały w dwóch przekrojach. Pierwszy przekrój, od studzienki 48 do 51 (ryc. 2), o długości 180 m znajduje się na zboczu wklęsłym, zasilającym rynną terenową. Zbocze podzielono na 4 równe odcinki o środkach pokrywających się z istniejącymi studzienkami do pomiaru wód gruntowych. Na zboczu wydzielono dwa obszary różniące się warunkami glebowymi. Pierwszy obszar obejmujący teren wokół studzienki 48 zbudowany jest z glin lekkich i średnich, w drugim obszarze w wierzchnich warstwach występują piaski gliniaste mocne zalegające na glinach lekkich i średnich.

Drugie zbocze, o kształcie zbliżonym do prostego, znajduje się w zlewni śródpolnego oczka wodnego i obejmuje studzienki od 45 do 6.4 oraz oczko (ryc. 3). Zbocze to o długości 120 m podzielone zostało także na 4 odcinki. Na zboczu wydzielono trzy obszary o różnych warunkach glebowo-wodnych. W podłożu na całym zboczu występuje glina lekka na glinie średniej. W pierwszym obszarze położonym w górnych partiach zbocza (przy studziencie 45) wierzchnie warstwy zbudowane są z glin lekkich pylastych na glinie średniej. W środkowej partii zbocza (studzienki 44 i 43) w wierzchniej warstwie występują piaski gliniaste mocne na glinie średniej i piasku gliniastym lekkim. Natomiast trzeci obszar, położony w najniższych partiach terenu (przy studziencie 6.4), zbudowany jest z piasku gliniastego lekkiego na piasku gliniastym mocnym.

Przy weryfikacji opracowanego modelu oraz symulacji stanów wody gruntowej w analizowanych przekrojach wykorzystano następujące wyniki badań terenowych:

- właściwości fizykowodne gleb warstwy ornej i podornej,
- skorygowane dobowe sumy opadów,
- wysokości ewapotranspiracji obliczone programem BILANS wykorzystującym wzór Penmana w modyfikacji francuskiej (**Przybyła i Fiedler 1992**),
- początkowe uwilgotnienie strefy aeracji równe PPW,
- pomierzone wskaźniki odpływów drenarskich.

Opracowany model pozwala określić wpływ odpływów drenarskich na kształtowanie się głębokości lustra wody gruntowej w przekroju zbocza. Na rycinach 2 i 3 przedstawiono maksymalne stany wody gruntowej pomierzone i otrzymane z symulacji, przy założeniu braku odpływów drenarskich oraz z odpływami drenarskimi, a także po 14 i 30 dniach od wystąpienia stanu maksymalnego. Pierwszy termin wynika z założenia, że drenowanie powinno przyspieszyć możliwość rozpoczęcia prac polowych o około dwa tygodnie. W pierwszym analizowanym przekroju (ryc. 2) obliczone maksymalne stany wody gruntowej wykazują dużą zbieżność ze stanami pomierzonymi. Po 14 dniach od wystąpienia stanu maksymalnego i przy założeniu braku odpływów z sieci drenarskiej, na przeważającej powierzchni zbocza wklęsłego (około 75%), symulowane stany wody gruntowej wynosiły około 30 cm od powierzchni terenu. Natomiast przy uwzględnieniu odpływów drenarskich obliczona na tej powierzchni głębokość zwierciadła wody gruntowej wynosiła 50 cm. Po 30 dniach od wystąpienia stanu maksymalnego (14 IV), przy braku sieci drenarskiej, symulowane stany wody gruntowej układałyby się nadal wysoko i niemożliwe byłoby wykonywanie zabiegów agrotechnicznych na znacznej części tego zbocza. Z przeprowadzonych obliczeń wynika, że w okresach o dużym uwilgotnieniu

konieczne jest na zboczach drenowanie niesystematyczne lub częściowe, które usunęłoby nadmiar wody z profilu i obniżyło lustro wody do głębokości umożliwiającej wykonywanie zabiegów agrotechnicznych i zapewniającej optymalne uwilgotnienie dla uprawianych roślin.

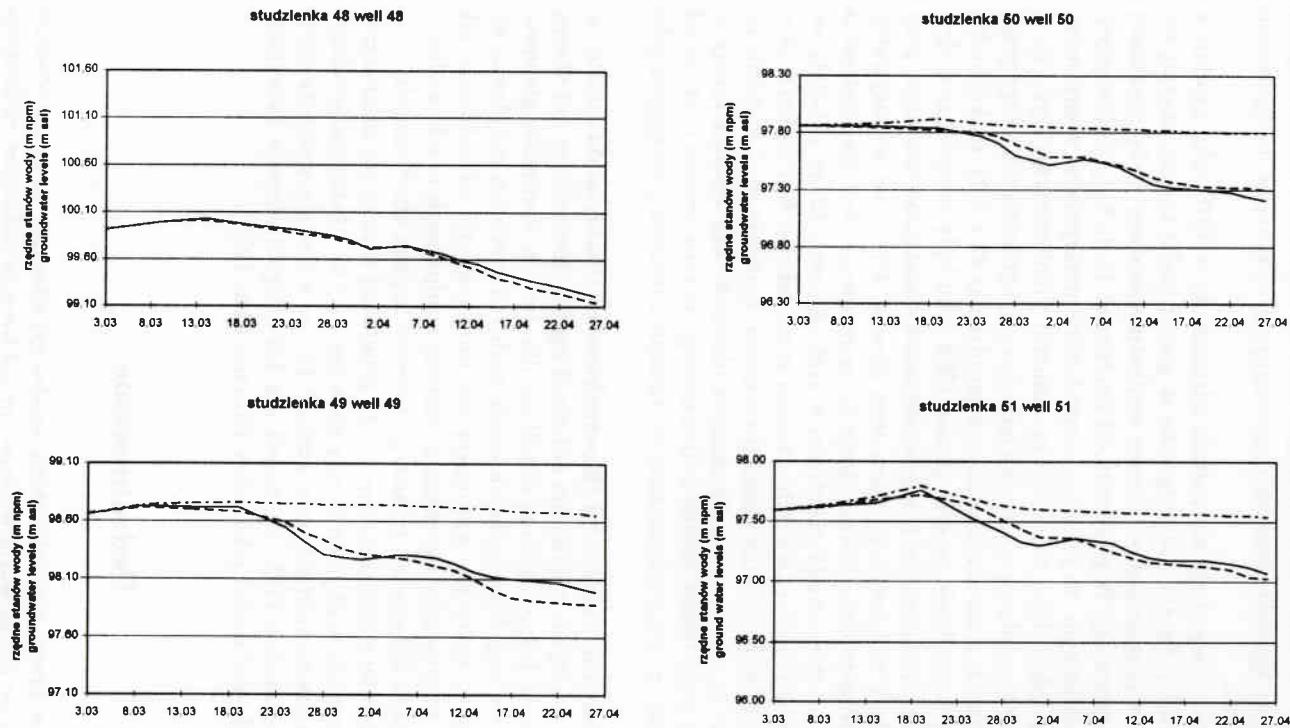
Przedstawione na rycinie 3 zbocze zostało zdrenowane w 1978 roku zgodnie z wytycznymi z 1967 roku. Sączki znajdujące się w górnej części zbocza okazały się zbędne, gdyż nawet w okresie bardzo dużego uwilgotnienia stany wody gruntowej były poniżej sieci drenarskiej. W przekroju od studzienki 45 do 6.4, obejmującym zbocze o kształcie zbliżonym do prostego, symulowane maksymalne stany wody gruntowej wykazują także dużą zbieżność ze stanami pomierzonymi (ryc. 3). Z uwagi na dobre warunki odpływu wód powierzchniowych i gruntowych z tego przekroju, jedynie w dolnych partiach tego zbocza (studzienki 43 i 6.4), maksymalne stany wód gruntowych w okresie mokrej wiosny 1988 roku były powyżej sieci drenarskiej. Także po 14 i 30 dniach od chwili wystąpienia stanu maksymalnego, przy braku sieci drenarskiej w dolnych partiach tego zbocza, teren ten wykazywałby nadal nadmierne uwilgotnienie. Potwierdzają to symulowane, bez uwzględnienia odpływu drenarskiego, stany wody gruntowej w tych okresach, które układały się na głębokości około 50 cm od powierzchni terenu w studzience 43 i 25 cm w studzience 6.4 będącej w bezpośrednim sąsiedztwie oczka. Symulowane i pomierzone stany wody w oczku są zgodne w analizowanych okresach. Jak widać z ryciny 3, stany wody w oczku przy braku odpływu drenarskiego byłyby wyższe o 24 cm od stanów pomierzonych, co uniemożliwiłoby użytkowanie terenów przyległych jako grunty orne.

Zgodnie z wytycznymi z 1988 roku (Kosturkiewicz i Szafranski 1988b), w celu ochrony oczek wodnych, minimalna odległość sączka drenarskiego od skarpy oczka powinna wynosić jedną rozstawę określoną dla danych warunków glebowo-wodnych. Dlatego też wokół śródpolnych oczek wodnych powinien znajdować się pas użytków zielonych, które nie wymagają tak intensywnego odwodnienia jak grunty orne. Takie rozwiązania zapewniają ochronę śródpolnych oczek wodnych jako trwałego elementu krajobrazu rolniczego terenów bogato urzeźbionych.

Otrzymane w wyniku symulacji stany wody gruntowej różniły się nieznacznie od wartości pomierzonych w obydwu przekrojach (ryc. 4 i 5). Maksymalne odchylenia od wartości pomierzonych osiągały wartość 15 cm, a średnio wynosiły około 7 cm. Miary jakości modelu (tab. 1), nawet dla tak długich okresów symulacji, pozwalają zakwalifikować model jako dobry (Sarma i in. 1973).

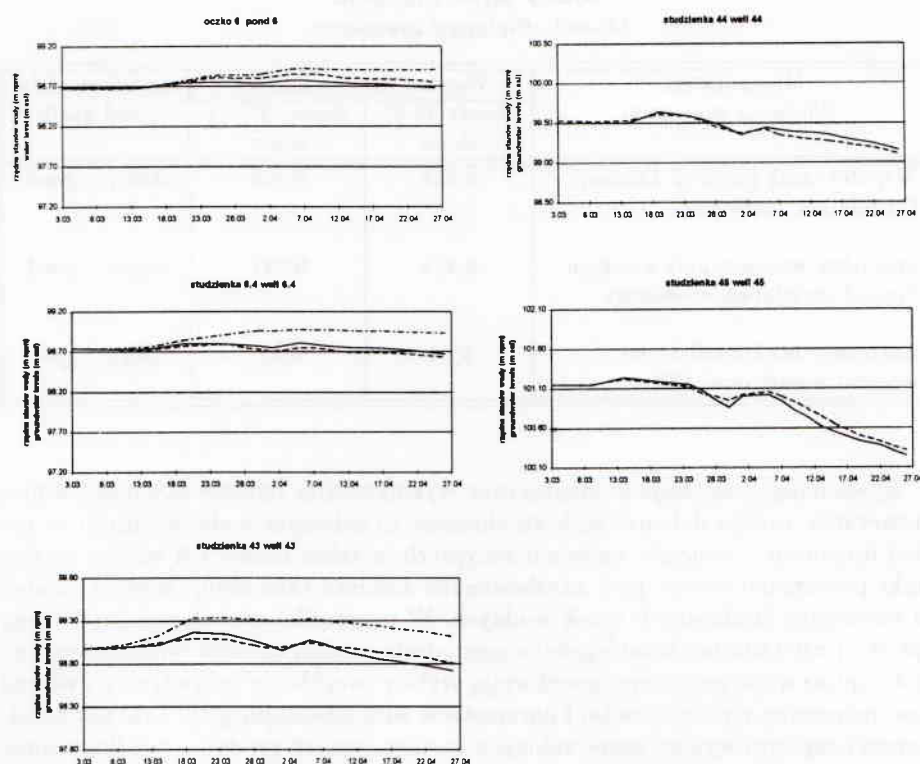
Podsumowanie

Przedstawiony w pracy zmodyfikowany model symulacyjny oraz opracowane programy obliczeniowe umożliwiają właściwe projektowanie zabiegów melioracyjnych. Uwzględniono w nim bowiem wszystkie czynniki wpływające na obieg wody



Ryc. 4. Przebieg pomierzonych i symulowanych stanów wody w studzienkach zlokalizowanych w przekroju od studzienki 48 do 51 w marcu i kwietniu 1988: — stany pomierzone, - - - stany symulowane z odpływem drenarskim, - · - · - stany symulowane bez odpływu drenarskiego

Fig. 4. Measured and simulated groundwater levels in section from well 48 to 51 in March and April 1988: — measured groundwater levels, - - - - water levels simulated with drainage outflows, - · - · - water levels simulated without drainage outflows



Ryc. 5. Przebieg pomierzonych i symulowanych stanów wody w oczku 6 i w studzienkach zlokalizowanych w przekroju od 6.4 do 45 w marcu i kwietniu 1988: — stany pomierzone, - - - stany symulowane z odpływem drenarskim, - · - · - stany symulowane bez odpływu drenarskiego

Fig. 5. Measured and simulated water levels in pond 6 and groundwater levels in section from well 6.4 to 45 in March and April 1988: — measured water levels, - - - water levels simulated with drainage outflows, - · - · - water levels simulated without drainage outflows

i gospodarkę wodną terenów nizinnych bogato urzeźbionych. Do racjonalnego projektowania i wykonywania nowych inwestycji melioracyjnych oraz niezbędnych obecnie modernizacji istniejących na tych terenach urządzeń należy jednak dysponować, poza prawidłowym rozpoznaniem i sparametryzowaniem środowiska glebowego, stanami wód gruntowych i stanami wody w oczkach z okresu wiosennego oraz uwilgotnieniem wierzchnich warstw profilu glebowego.

Tabela 1

Miary jakości modelu
Model efficiency measures

Miary jakości Efficiency measures	Wartość dla – Value for		Jakość modelu Model quality
	zbocze 48-51 slope	zbocze 45-6.4 slope	
Współczynnik korelacji liniowej Correlation coefficient	0,932	0,919	dobry – good
Specjalny współczynnik korelacji Special correlation coefficient	0,954	0,921	dobry – good
Całkowity błąd kwadratowy Integral square error [%]	5,04	6,12	dobry – good

Dysponując powyższymi danymi oraz wykorzystując opracowane metody prognozowania, można dokonać wyboru określonych zabiegów melioracyjnych, w postaci drenowań i zabiegów agromelioracyjnych, a także ocenić ich wpływ na stężenia powietrzno-wodne gleb użytkowanych rolniczo oraz stany wody i zdolności retencyjne śródpolnych oczek wodnych. W przypadku niezadowolającej oceny wpływu projektowanych zabiegów na gospodarkę wodną terenów bogato urzeźbionych, opracowane programy umożliwiają szybką weryfikację przyjętych rozwiązań oraz optymalny wybór sposobu i parametrów sieci odwadniającej. Taki tok postępowania zapewni wykonywanie zabiegów melioracyjnych zgodnie z oczekiwaniami rolnictwa i wymogami ochrony środowiska.

Literatura

- Hubbard D.E., Linder R.L. (1986): Spring runoff retention in prairie pothole wetlands. I Soil Water Conserv. 41: 122-125.
- Kosturkiewicz A., Fiedler M. (1993): Związki stanów wody w śródpolnych oczkach wodnych ze stanami wód gruntowych. W: Geosystem obszarów nizinnych. Ossolineum, Wrocław.
- Kosturkiewicz A., Fiedler M. (1994): Bilans wodny śródpolnego oczka wodnego na terenie zdrenowanym. Zesz. Nauk. AR Wroc. Konf. 3, 2, 246: 135-144.
- Kosturkiewicz A., Fiedler M. (1996): Retencja odpływów drenarskich w bilansie wodnym śródpolnego oczka wodnego i jakość retencjonowanych wód. Zesz. Nauk. AR Wroc. 289, Konf. 11: 83-91.
- Kosturkiewicz A., Szafranski Cz. (1983): Splywy powierzchniowe i podpowierzchniowe w bilansie wodnym gleb. Pr. Kom. Nauk Roln. Kom. Nauk Leśn. PTPN 54: 127-144.

- Kosturkiewicz A., Szafrąński Cz. (1984): The role of surface and subsurface flow in the natural drainage of soil profile. *Int. Comm. Irrigation and Drainage*, 12th Congr.: 827-834.
- Kosturkiewicz A., Szafrąński Cz. (1988a): Stosowanie drenowań niesystematycznych. Zał. 1 do Wytycznych drenowania gruntów ornych, *Mat. instr. 65, Inst. Melior. Użyt. Ziel. Falenty*: 1-10.
- Kosturkiewicz A., Szafrąński Cz. (1988b): Zasady wykorzystania oczek wodnych jako odbiorników wód drenarskich. Zał. 1 do Wytycznych drenowania gruntów ornych, *Mat. instr. 65, Inst. Melior. Użyt. Ziel. Falenty*: 1-8.
- Kosturkiewicz A., Szafrąński Cz. (1993): Agromelioracje w gospodarce wodnej gleb terenów bogato rzeźbionych. *Rocz. AR Pozn.*: 65-77.
- Kosturkiewicz A., Szafrąński Cz., Miler A., Fiedler M. (1997): Modelowanie stanów wody gruntowej na terenach bogato urzeźbionych jako podstawa oceny celowości melioracji. *Rocz. AR Pozn.* (w druku).
- Ludden A.P., Frink D.L., Johnson D.H. (1983): Water storage capacity of natural wetland depressions in the Devils Lake Basin. *J. Soil Water Conserv.* 38: 45-48.
- Mioduszeowski W. (1991): Wpływ melioracji na środowisko przyrodnicze. *Biul. Inf. Melior. Roln.* 2: 6-15.
- Philips P.J., Shedlock R.J. (1993): Hydrology and chemistry of groundwater and seasonal ponds in the Atlantic Coastal Plain in Delaware. *J. Hydr.* 141: 157-178.
- Przybyła Cz., Fiedler M. (1992): Sterowanie nawodnieniami – teoria i praktyka. *Rocz. AR Poznań*, 234: 101-108.
- Sarma P.B.S., Delleur J.W., Rao A.R. (1973): Comparison of rainfall-runoff models for urban areas. *J. Hydrol.* 18: 329-347.
- Solarski H., Nowicki Z. (1990): Możliwości retencyjne oczek wodnych i mokradel na Pojezierzu Mazurskim. *Zesz. Nauk. AR-T Olszt.* 20: 173-183.
- Szafrąński Cz. (1992): Splywy powierzchniowe i erozja wodna gleb na bogato rzeźbionych terenach polodowcowych. *Zesz. Nauk. AR Krak.* 35: 101-109.
- Szafrąński Cz. (1993): Gospodarka wodna gleb terenów bogato rzeźbionych i potrzeby ich melioracji. *Rocz. AR Pozn. Rozpr. Nauk.* 244.
- Winter T.C. (1983): The interaction of lakes with variably saturated porous media. *Water Resour. Res.* 19: 1203-1218.
- Wytyczne drenowania gruntów ornych (1988). *Inst. Melior. Użyt. Ziel. Falenty*.

FORECAST OF LAND RECLAMATION INFLUENCE
ON WATER CIRCULATION IN RICHLY RELIEFED AREAS

S u m m a r y

In the paper has been described methods of forecasting of projected land reclamation influence, assumed as drainage collaborating with agricultural treatments, on water circulation and water management of richly relieved lowland areas. The basis of forecasting are verified model of water management of richly relieved areas on which occurred mid-field ponds. Verification of the model were done using results of multi-year investigations

carried out in Experimental Station Mokronosy, localized on Gniezno Lakeland (52°53' N, 17°18' E).

Presented methods of forecasting allow on critical estimation of projected ameliorative measures and verification of assumed solutions. Such way of proceeding assure that new enterprises and modernization of existing devices in accordance with environmental protection. It is necessary especially in richly relieved areas an which occurred midfield ponds.