

ROCZNIKI
AKADEMII ROLNICZEJ
W POZNANIU
CCLVII



MELIORACJE
I INŻYNIERIA
ŚRODOWISKA

POZNAŃ 1994

13

CZESŁAW PRZYBYŁA

EWAPOTRANSPIRACJA RZECZYWISTA W STEROWANIU NAWODNIENIAMI DESZCZOWNIANYMI

*Z Katedry Melioracji Rolnych i Leśnych
Akademii Rolniczej w Poznaniu*

Wstęp

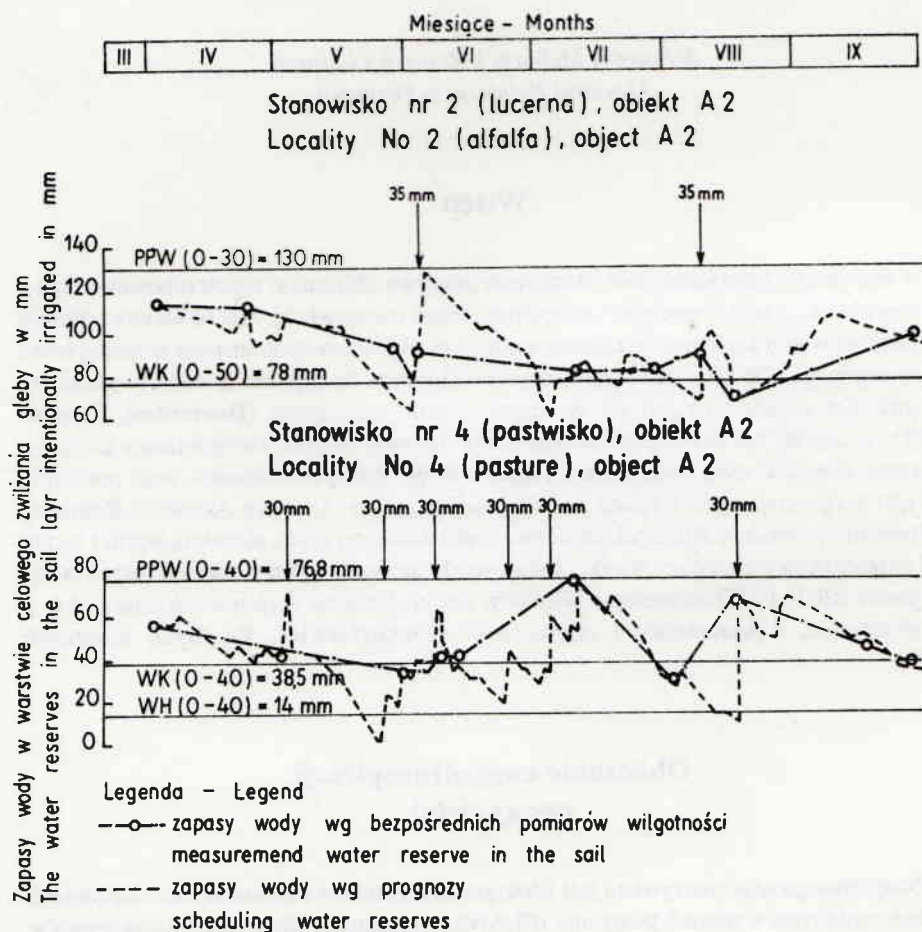
W sterowaniu nawodnieniami istotną rolę odgrywa obliczanie zapotrzebowania wody do nawodnień, a w tym wielkość ewapotranspiracji rzeczywistej. Jest to istotny problem w prognozowaniu i sterowaniu nawodnieniami, ponieważ ewapotranspiracja rzeczywista związana jest ściśle z fazami rozwojowymi roślin oraz dostępnością wody w glebie. O ile pierwsze zagadnienie jest już w dużym stopniu rozwiązane (**Doorenbos, Kassam** 1979), to istotną trudność sprawia określenie wpływu stopnia uwilgotnienia gleby na aktualną wielkość ewapotranspiracji (**Baier** 1969). Próbę rozwiązania tego problemu podjęto w opracowanym w Katedrze Melioracji Rolnych i Leśnych Akademii Rolniczej w Poznaniu programie BILANS. Podstawę przedstawionej pracy stanowią wyniki badań nad eksploatacją deszczowni wielkoobszarowych, prowadzonych w ramach resortowego programu RR-II-19 "Doskonalenie systemów wodno-melioracyjnych w zakresie podstaw projektowania, wykonawstwa i eksploatacji" (**Kosturkiewicz, Przybyła, Kozaczyk** 1990).

Obliczanie ewapotranspiracji rzeczywistej

Ewapotranspiracja rzeczywista jest istotnym elementem w sterowaniu nawodnieniami deszczownianymi w ramach programu BILANS. Program ten służy do obliczeń zapasów wody w warstwie celowego zwilżania w nawodnieniach deszczownianych. Przy spadku zapasów wody poniżej założonego minimalnego zapasu wody, odpowiadającego wilgotności krytycznej, program sygnalizuje potrzebę nawodnień. Wykonywane systematyczne pomiary wilgotności gleby w siedmiu charakterystycznych stanowiskach pomiarowych, metodą neutronową, umożliwiły weryfikację opracowanego programu BILANS. Zapasy wody w warstwie celowego zwilżania gleby określone są poprzez obliczenia dobowego

zużycia wody na podstawie francuskiej modyfikacji wzoru Penmana (Roguski, Sarna-cka, Drukpa 1988). Po obliczeniu ewapotranspiracji potencjalnej (ETp) obliczana jest ewapotranspiracja rzeczywista (ETr), z uwzględnieniem współczynników redukcyjnych: (K₁) - zależnego od gatunku i fazy rozwojowej roślin oraz (K₂) - uzależnionego od dostępności wody znajdującej się w warstwie celowego zwilżania gleby.

Ewapotranspiracja rzeczywista (ETr) w warunkach optymalnych zapasów wody w strefie korzenienia się roślin, czyli pomiędzy zapasem wody przy połowej pojemności wodnej (PPW) i zapasem wody przy wilgotności krytycznej (WK), odpowiadającej 0.5 do 0.7 PPW (Wesseling, Broek van der B. 1987), obliczana jest z zależności:



Ryc. 1. Przebieg symulowanych zapasów wody na podstawie programu prognozowania nawodnień BILANS na tle zmierzonych zapasów wody w warstwie celowego zwilżania, w okresie wegetacji 1989 roku

Fig. 1. The course of the simulated water reserves basing on the BILANS program of irrigation prognoses against the background of the measured water reserves in the intentionally irrigated soil layer, in vegetation period 1989

$$E_{Tr} = E_{Tp} * K_1 \quad [\text{mm} * \text{d}^{-1}]$$

W warunkach prawidłowej eksploatacji deszczowni współczynnik K_2 można pominąć, gdyż gospodaruje się tylko wodą łatwo dostępną w strefie korzenia się roślin.

Ewapotranspiracja (E_{Tr}) w warunkach ograniczonego pokrycia niedoborów wody, gdy zapasy wody w warstwie korzenia się roślin są mniejsze od zapasów wody przy wilgotności krytycznej (WK), obliczana jest z zależności:

$$E_{Tr} = E_{Tp} * K_1 * K_2 \quad [\text{mm} * \text{d}^{-1}]$$

Współczynnik K_2 , zależny od rzeczywistego zapasu wody w warstwie celowego zwilżania gleby, obliczany był w pierwotnej wersji programu BILANS według formuły:

$$K_2 = \frac{ZAPAS - WH}{WK - WH}$$

gdzie:

ZAPAS - aktualny zapas wody w warstwie celowego zwilżania w mm,

WK - zapas wody odpowiadający wilgotności krytycznej w warstwie celowego zwilżania w mm,

WH - zapas wody odpowiadający wilgotności wędnięcia roślin równy podwójnej maksymalnej higroskopijności w mm.

W eksploatacji deszczowni wielkoobszarowych obserwowane były jednak okresy wyczerpania wody w strefie celowego zwilżania gleby poniżej wilgotności krytycznej (WK), następstwem czego obserwowana była drastyczna redukcja ewapotranspiracji rzeczywistej (E_{Tr}).

Na podstawie wyników okresowych pomiarów wilgotności gleby wprowadzono do obliczeń współczynnika K_2 zmodyfikowaną jego formułę:

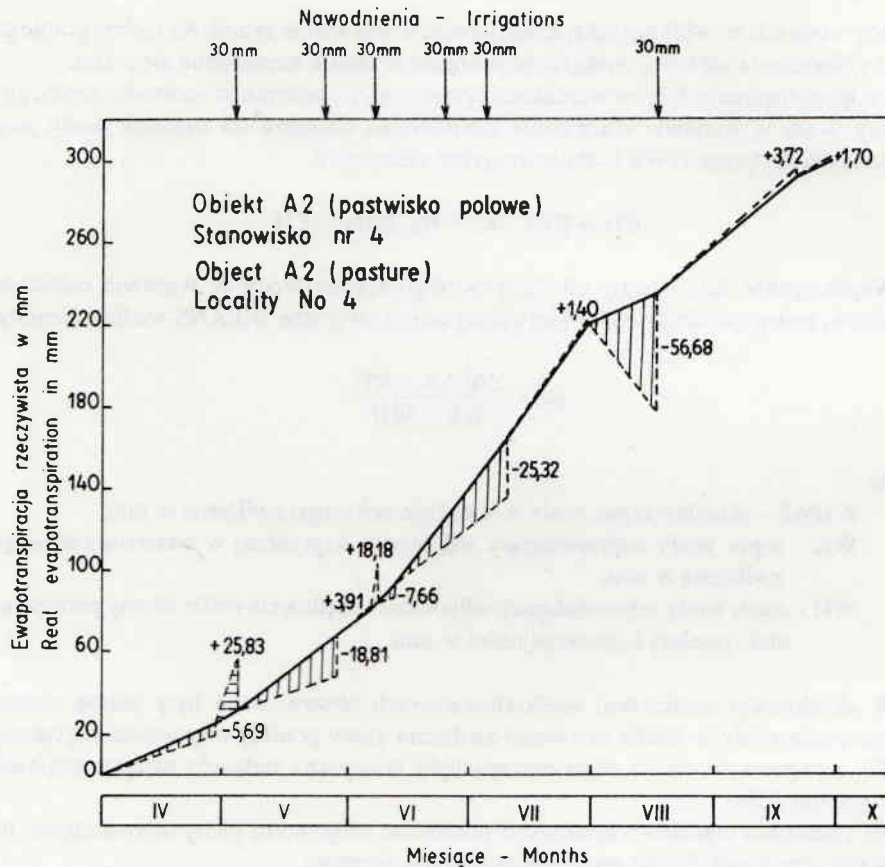
$$K_2 = \left| \frac{ZAPAS - WH}{WK - WH} \right|^n$$

gdzie:

ZAPAS < WK,

n - współczynnik wykładniczy kształtu krzywej, wynoszący od 1,5 do 2,0 w zależności od typu gleby i jej właściwości.

Na rysunku 1 pokazano przebieg symulowanych zapasów wody wyznaczony za pomocą programu prognozowania nawodnień BILANS na tle pomierzonych zapasów wody w warstwie celowego zwilżania dla dwóch wybranych stanowisk badawczych nr: 4 i 6. Jak widać z rysunku 1, przebieg aktualnych zapasów wody w górnych granicach uwilgotnienia nie przekraczał polowej pojemności wodnej. Natomiast symulowane uwilgotnienie w okresach suszy i braku nawodnień spadało poniżej maksymalnej wilgotności

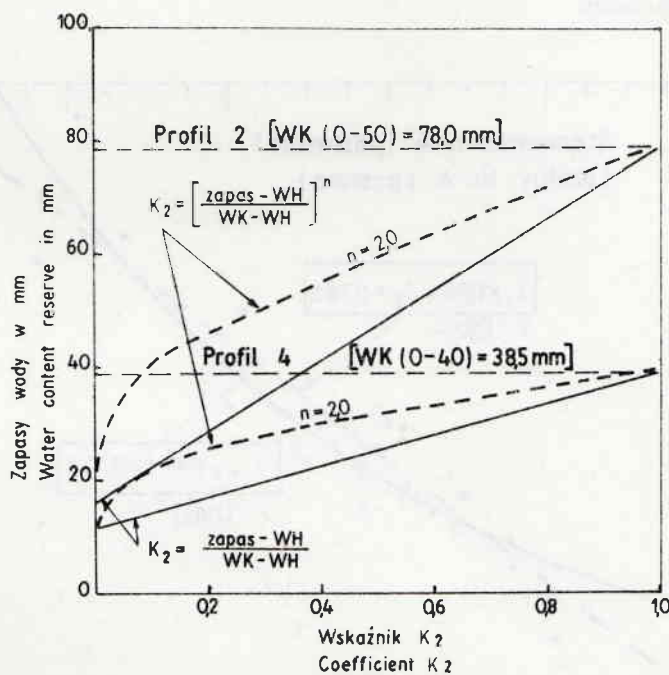


Ryc. 2. Krzywa sumowania ewapotranspiracji rzeczywistej ETr obliczonej z bilansu wodnego warstwy celowego zwilżania na podstawie zmierzonych zapasów wody w tej warstwie w okresach bilansowych wraz z naniesionymi odchyłkami między zmierzonymi i prognozowanymi zapasami wody w oparciu o program BILANS

Fig. 2. A curve of the sum of real evapotranspiration ETr calculated from the water balance of the intentionally irrigation soil layer, basing on the intended increments of water reserves in this layer and deviations between the intended and the prognosed water reserves basing on the program BILANS

higroskopowej, co naturalnie nie może mieć miejsca. Okresy takie dla stanowiska 2 zlokalizowanego na polu lucerny w glebie zwięzłej, charakteryzującej się dużymi zdolnościami retencyjnymi, nie występowały. Natomiast na lżejszej glebie pastwiska polowego okresy z symulowanymi zapasami wody poniżej wilgotności wędnięcia wystąpiły w drugiej połowie maja i w pierwszej połowie sierpnia.

Przytoczone dane wskazują na to, że wielkości współczynników K_2 przyjmowanych w obliczeniu ewapotranspiracji rzeczywistej (ETr) są zbyt duże. Potwierdzenie tego stwierdzenia znajdujemy również na rysunku 2. Na wykresie tym naniesiono krzywą

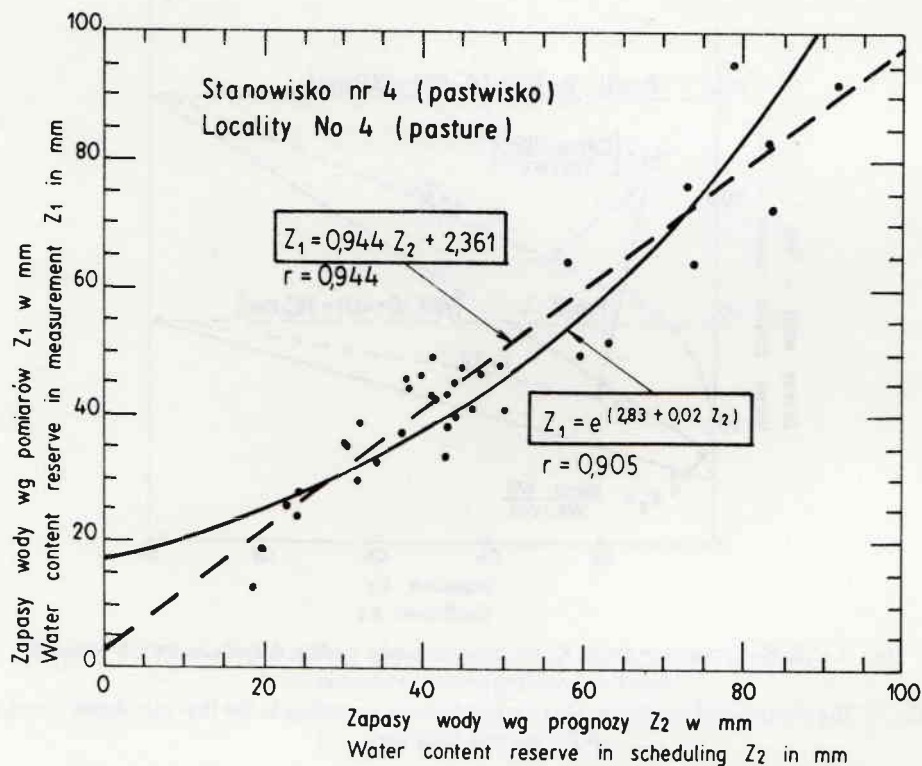


Ryc. 3. Zależność współczynnika K_2 od zapasów wody według dotychczasowych obliczeń (—) oraz według nowego równania (- - -)

Fig. 3. The dependes of coefficient K_2 of water reserves according to the first calculation (—), and to the new equation (- - -)

sumowania ewapotranspiracji rzeczywistej (ETr) obliczonej z bilansu wodnego warstwy celowego zwilżania dla stanowiska 4, na podstawie zmierzonych przyrostów zapasów wody w tej warstwie. Na krzywą sumowania ewapotranspiracji rzeczywistej (ETr) naniesiono odchyłki między zmierzonymi i prognozowanymi zapasami wody. Jak widać z powyższego rysunku, wyraźnie dominują ujemne wartości odchyłek. Obliczone średnie wartości odchyłek dla wszystkich siedmiu badanych profili były ujemne i wynosiły od -1,47 mm do -21,47 mm, co oznacza, że zapasy wody w warstwie celowego zwilżania gleby wynikające z prognoz były mniejsze od zmierzonych zapasów. Na rycinie 3 przedstawiono zależności pomiędzy współczynnikiem K_2 obliczonym według pierwotnej formuły (—) oraz zmodyfikowanej (- - -) dla profilu 2 i 4, przyjmując wielkość współczynnika wykładniczej krzywej (n) równą 2,0. Jak widać z tego rysunku, przy

obliczaniu współczynnika K_2 według nowej formuły, redukcja ewapotranspiracji potencjalnej (ETp) będzie wyraźnie zwiększona przy niższych wartościach zapasów wody, co przybliży do rzeczywistych wielkości dobowe wartości ewapotranspiracji rzeczywistej (ETr). Dobór odpowiedniej wartości współczynnika potęgowego (n) uzależniony jest od typu gleby oraz jej właściwości fizyko-wodnych i waha się od 1,5 do 2,0. Wprowadzenie do prognozowania nawodnień programem BILANS nowej formuły obliczania współczynnika K_2 znacznie poprawiło współzależność pomiędzy prognozowanymi i mierzonymi zapasami wody.



Ryc. 4. Porównanie pomierzonych zapasów wody Z_1 i obliczonych w prognozie Z_2
Fig. 4. Comparison between measured water content reserve Z_1 and computed water content in scheduling Z_2 .

Na rysunku 4 przedstawiono dla nawadnianego pastwiska polowego (profil 4) zależności pomiędzy zapasami wody według prognoz oraz według pomiarów. Jak to widać na powyższym rysunku, obliczony współczynnik korelacji jest bardzo wysoki dla regresji prostoliniowej ($r=0.94$) i nieznacznie zmienia się wraz z wprowadzeniem nieliniowości (regresji nieliniowych).

Wnioski

Przeprowadzone badania nad wpływem uwilgotnienia gleby na aktualną wielkość ewapotranspiracji rzeczywistej, będącej podstawą sterowania nawodnieniami deszczownicami, pozwoliły na sformułowanie następujących wniosków:

- dynamika uwilgotnienia gleby związana była z opadami i zastosowanymi deszczownicami, zużyciem wody przez rośliny, budową profilu glebowego oraz ukształtowaniem terenu,
- wyniki okresowych pomiarów wilgotności gleby pozwoliły na określenie zmodyfikowanej formuły współczynnika K_2 , uwzględniającego zdolności retencyjne gleby,
- wprowadzenie do prognozowania nowej formuły obliczenia współczynnika K_2 znacznie poprawiło współzależność pomiędzy prognozowanymi i pomierzonymi zapasami wody.

Literatura

- Baier W.** (1969): Concepts of soil moisture availability and their effect on soil moisture estimates from a meteorological budget. *Agric. Meteorol.*
- Doorenbos J., Kassam A.** (1979): Yield response to water. *FAO Irrigation and Drainage Paper*, 33.
- Kosturkiewicz A., Przybyła Cz., Kozaczyk P.** (1990): Eksploatacja deszczowni wielkoobszarowych. *Zesz. nauk. AR Krak.*
- Roguski W., Sarnacka St., Drupka St.** (1989): Instrukcja wyznaczania potrzeb i niedoborów wodnych roślin uprawnych i użytków zielonych. *IMUZ mater. instrukt.* 66.
- Wesseling J., Broek van der B.** (1977): Prediction of irrigation scheduling the numerical model SWATCROP. *Proc. Symp. Agrohdyr., Wageningen, The Netherlands.*

REAL EVAPOTRANSPIRATION IN THE SCHEDULING OF SPRINKLING IRRIGATION SYSTEMS

Summary

In the scheduling of sprinkling an essential part is played by the calculation of water required for irrigation, including the magnitude of real evapotranspiration. It is an essential problem in the control of irrigation since the real evapotranspiration is closely connected with the growth phases of plants and the availability of water in the soil. The real evapotranspiration is an essential element in the control of sprinkling irrigation

systems basing on the BALANCE program. The coefficient K_2 , depending on the real water reserve in the intentionally irrigated soil layer was calculated in the program according to the new formula.