

POLITECHNIKA KOSZALIŃSKA

Z E S Z Y T Y  
N A U K O W E  
W Y D Z I A Ł U  
B U D O W N I C T W A  
I I N Ż Y N I E R I I  
Ś R O D O W I S K A

NR

15

INŻYNIERIA ŚRODOWISKA



# Gospodarka wodna gleb intensywnie użytkowanych rolniczo

Czesław Przybyła, Paweł Kozaczyk

Katedra Melioracji i Kształtowania Środowiska

Akademii Rolniczej im. Augusta Cieszkowskiego - Poznań

## 1. Wstęp

Znajomość gospodarki wodnej gleb oraz potrzeb nawodnień stanowi podstawę do opracowania strategii gospodarowania zasobami wodnymi jak również umożliwia optymalne ich wykorzystanie w produkcji rolnej [1,3,12,13]. Ważnym elementem bilansu wodnego jest ewapotranspiracja rzeczywista, która bezpośrednio zależy od przebiegu opadów, zdolności retencyjnych gleb oraz intensywności rolniczego wykorzystania terenu (Feddes R.A. i in. 1994; Łabędzki, Kasperska 1994; Przybyła 1993) [2,4,9]. Zmienne warunki klimatyczne występujące na Pojezierzu Poznańskim oraz zastosowane deszczowania wywierają duży wpływ na gospodarkę wodną gleb oraz plonowanie roślin uprawnych (Dzieżyc, Nowak 1992; Nazaruk, Piekut 1992; Przybyła, Kozaczyk 1994; Przybyła 1994; Spsychalski 1998) [6,7,8,10,11].

W niniejszej pracy podjęto próbę oceny gospodarki wodnej gleb intensywnie użytkowanych rolniczo na tle zastosowanych nawodnień deszczowniczych oraz przebiegu warunków meteorologicznych w okresach wegetacji (IV-IX) zaliczanych do: mokrego (1988), suchego (1989) i średniego (1990).

## 2. Metodyka

Badania terenowe prowadzono w latach 1988÷1990 na obiekcie badawczym Katedry Melioracji i Kształtowania Środowiska w Gospodarstwie Rolniczym Niepruszewo oddalonym od Poznania o 20 km w kierunku zachodnim. Warunki glebowe w miejscach pomiarów wilgotności scharakteryzowano, wykonując odkrywki glebowe dla, których oznaczono podstawowe właściwości fizyko-wodne oraz wykonano krzywe pF. Badania dynamiki wilgotności prowadzono przy zastosowaniu sondy neutronowej, wykonując pomiary co 20 cm do głębokości 1 metra. Na każdym stanowisku pomiarowym określano także stany wód gruntowych. Warunki hydrometeorologiczne w okresie badań opracowano na podstawie danych z własnego posterunku opadowego w Niepruszewie oraz danych meteorologicznych ze stacji IMGW Poznań-Ławica.

Ewapotranspirację potencjalną (ETp) obliczono wzorem Penmana (1948) w modyfikacji francuskiej (Sarnacka i in. 1987) [7,13]. Ewapotranspirację rzeczywistą (Etr) obliczono biorąc pod uwagę współczynnik roślinny zależny od gatunku i fazy rozwoju roślin oraz współczynnik uwzględniający rzeczywiste zapasy wody w warstwie celowego zwilżania gleby (Przybyła 1992). W półroczu zimowym ETr obliczono metodą Konstantinowa (Konstantinov 1963, Miler 1997) [3,5]. Deszczowanie prowadzono tylko na stanowisku 2 (lucerna) i 4 (pastwisko). Wielkość zastosowanych dawek nawodnieniowych mierzone przy zastosowaniu przepływomierza oraz rozstawianych naczynek pomiarowych.

### 3. Charakterystyka warunków glebowo-wodnych

Gleba stanowiska 1 to czarna ziemia właściwa, a stanowiska 2 to czarna ziemia z poziomem argillic znajdujące się w łagodnych zagłębieniach terenowych. Na stanowisku 1 do głębokości 30 cm znajduje się piasek gliniasty lekki, poniżej glina piaszczysta przechodząca w glinę lekką - tabela 1.

**Tabela 1.** Skład granulometryczny analizowanych profili glebowych  
**Table 1.** Soil texture of investigated soil profiles

Stanowisko nr Locality No	Głębokość Depth cm	Textura Texture	Części szkieletowe Skeleton particles %	Fracje, części ziemistych Soil size fraction [%]							
				1+	0,5+	0,25+	0,1+	0,05+0	0,02+	0,006+	<0,002
				0,5	0,25	0,1	0,05	,02	0,006	0,002	
$\phi$ mm											
1	0+30	pgl	1,9	13	24	31	7	10	5	2	8
	31+57	gp	1,8	9	17	32	13	6	4	5	14
	58+70	gp	1,5	8	14	32	16	1	9	8	12
	71+120	gp	1,6	8	13	30	12	9	8	8	12
2	0+38	gl	1,5	13	20	30	7	8	10	5	7
	39+41	gl	2,0	11	16	28	11	10	9	4	11
	42+58	gl	1,9	11	15	29	12	9	8	5	11
	59+80	gl	1,6	12	20	22	12	10	8	2	14
	81+101	gl	1,5	8	15	32	8	9	9	4	15
102+120	gl	1,6	8	15	32	8	9	9	4	15	
3	0+27	ps	4,5	18	36	27	9	3	3	2,5	1,5
	28+60	pl	6,3	31	42	19	2	2	1	1	2
	61+80	ps	7,5	31	26	24	6	2	4	2	4
	81+120	gp	2,6	8	25	20	14	7	9	4	13
4	0+8	ps	7,6	8	35	25	12	10	3	2	5
	9+35	ps	5,2	8	35	25	12	10	3	2	5
	36+46	ps	6,1	4	26	31	17	13	3	2	4
	47+70	pgl	4,5	2	9	41	23	10	13	1	1
	71+76	pgl	4,4	2	10	41	22	10	13	1	1
	77+100	pgm	2,6	8	23	34	12	7	5	1	10
	101+120	gl	1,9	8	17	36	12	6	6	4	11

Tabela 2. Skład masy i właściwości fizyczne badanych gleb  
 Table 2. Soil components and physical properties of investigated soils

Stanowisko Nr Locality No	Poziom genetyczny horizon Genetic horizon	Miąższość Thickness		Textura Texture	Gęstość fazy stałej gleby Soil particles density		Gęstość suchej gleby Bulk density	Porowatość Porosity	Materia organiczna Organic matter	Zawartość wody przy pF: Water content at pF:			Retencja glebowa Soil water retention	
		[cm]	[mm]		[Mg·m <sup>-3</sup> ]	[Mg·m <sup>-3</sup> ]				[mm]	2,0	3,0	4,2	ppw- WTW
1	Alp	30		pgl	2,61	1,68	0,35	2,80	69,0	33,0	10,8	58,2	36,0	
	Btgg	27		gp	2,63	1,69	0,35	1,62	62,1	29,7	9,7	52,4	32,4	
	G1ca	13		gl	2,61	1,72	0,34	1,01	36,4	13,1	2,7	33,7	23,3	
	G2ca	50		gl	2,62	1,79	0,32	0,77	140,0	50,5	10,5	129,5	89,5	
Suma w warstwie, Total in layer: 0+50cm														
2	Alp	38		gl	2,61	1,69	0,35	3,08	101,8	39,5	8,7	93,1	62,3	
	Aagric	3		gl	2,61	1,69	0,35	2,95	8,0	3,1	0,7	7,3	4,9	
	AB	15		gl	2,61	1,73	0,34	1,54	40,2	15,6	3,4	36,8	24,6	
	G1	22		gl	2,61	1,73	0,34	1,09	54,1	32,6	13,2	40,9	21,5	
	G2ca	21		gl	2,60	1,80	0,31	0,86	51,7	31,1	12,6	39,1	20,6	
Suma w warstwie, Total in layer: 0+50cm														
3	Alp	32		ps	2,61	1,64	0,37	1,50	60,5	26,6	9,0	51,5	33,9	
	E1et	28		pl	2,61	1,68	0,35	0,32	41,7	16,8	5,6	36,1	24,9	
	E2et	20		ps	2,6	1,66	0,36	0,37	34,8	14,4	4,6	30,2	20,4	
	B22t	40		gp	2,6	1,80	0,31	1,01	98,4	59,2	24	74,4	39,2	
Suma w warstwie, Total in layer: 0+50cm														
4	Al1d	8		ps	2,61	1,70	0,34	0,37	15,1	6,6	2,2	12,9	8,5	
	Alp	27		ps	2,61	1,70	0,34	0,39	51,0	22,4	7,6	43,4	28,6	
	E1et	11		ps	2,61	1,70	0,34	0,36	20,8	9,1	3,1	17,7	11,7	
	E2et	24		pgl	2,63	1,69	0,33	0,99	45,1	18,5	5,8	39,3	26,6	
	E3et	6		pgl	2,63	1,69	0,34	0,86	11,3	4,6	1,5	9,8	6,7	
	B21t	24		pgm	2,63	1,78	0,32	0,62	59,8	28,6	8,2	51,6	31,2	
Suma w warstwie, Total in layer: 0+50cm														
Suma w warstwie, Total in layer: 0+50cm														
Suma w warstwie, Total in layer: 0+50cm														
Suma w warstwie, Total in layer: 0+50cm														
Suma w warstwie, Total in layer: 0+50cm														

Natomiasz gleby stanowisk 3 i 4 to gleby płowe typowe posiadające w swoich wierzchnich warstwach piasek słabogliniasty przeławicowany piaskiem luźnym (st. 3). Na stanowisku 3 na głębokości 80 cm, a na 4 na głębokości 100 cm znajduje się odpowiednio glina piaszczysta i glina lekka.

W tabeli 2 dla poszczególnych stanowisk w każdym poziomie genetycznym, jak również dla warstwy od 0 do 50 cm obliczono zawartości wody w mm, przy pF: 2.0 (PPW - połowa pojemność wodna), 3.0 (WK - wilgotność krytyczna), 4.2 (WTW - wilgotność trwałego więdnięcia) jak również potencjalną (PPW - WTW) i użyteczną (PPW - WK) rezerwę retencji wody dla warstwy 0÷50 cm. Zawartość wody przy PPW wahała się od 87,3 mm (st. 3) do 134 mm (st. 2), przy pF 30 (WK) najmniej wody znajdowało na st. 3 (37,4 mm) a najwięcej na st. 1 (55 mm). Najmniejszą rezerwą wody użytecznej charakteryzowało się stanowisko 3 (49,9 mm) a największą stanowisko 2 (81,9 mm).

#### 4. Wyniki badań

##### Charakterystyka okresu wegetacyjnego 1988 roku

Półrocze zimowe 1987/88 poprzedzające okres wegetacji należało do mokrych z sumą opadów zmierzonych, przekraczającą średnią z wielolecia 1969/97 o 95 mm. Temperatura tego okresu była wyższa od średniej z wielolecia 1969/97 o 1,5°C. W tabeli 3 przedstawiono ewapotranspirację rzeczywistą oraz opady zmierzone dla kolejnych lat badań: 1988, 1989 i 1990.

**Tabela 3.** Średnia ewapotranspiracja rzeczywista (ETr) obliczona metodą Konstantinowa (III), Penmana (IV, V, VI, VII, VIII, IX) oraz wielkość opadów zmierzonych dla posterunku opadowego Niepruszewo w poszczególnych latach badań

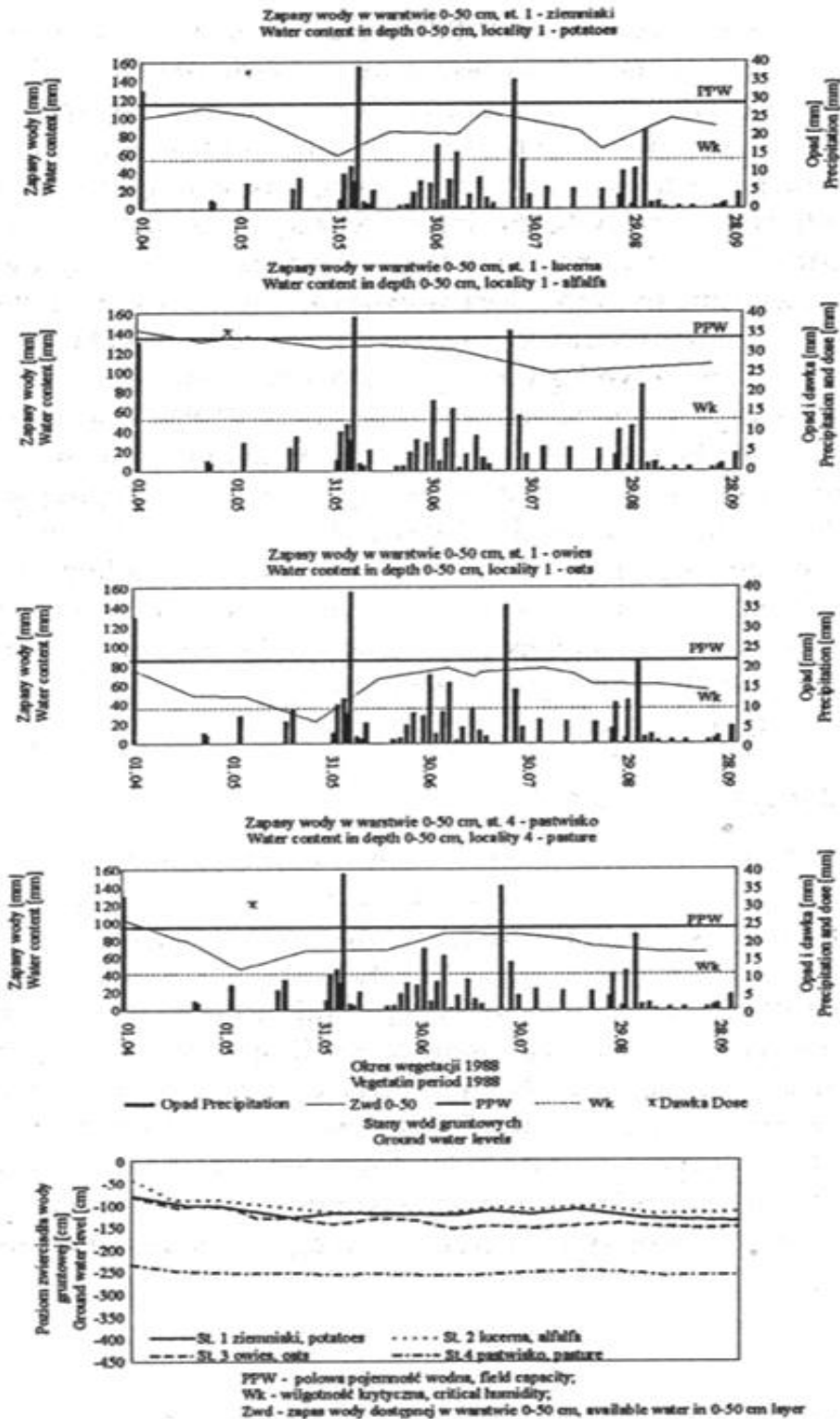
**Table 3.** Mean real evapotranspiration (ETr) calculated according to Konstantinov (III), Penman (IV, V, VI, VII, VIII, IX)) method and precipitation measured at Niepruszewo during investigated years

Miesiące Month	1988		1989		1990	
	ETr	Opad zmierzony Measured precipitation	ETr	Opad zmierzony Measured Precipitation	ETr	Opad zmierzony Measured precipitation
	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]
III	27,0	48,4	60,5	18,0	42,0	16,5
IV	48,0	36,9	39,4	30,7	45,5	37,1
V	75,3	22,0	65,4	8,0	57,2	31,6
VI	93,5	105,5	65,2	34,7	82,0	69,7
VII	84,3	116,6	74,2	39,5	71,3	41,8
VIII	72,0	42,8	58,8	47,7	66,2	48,7
IX	43,9	33,6	31,0	10,2	30,3	59,4

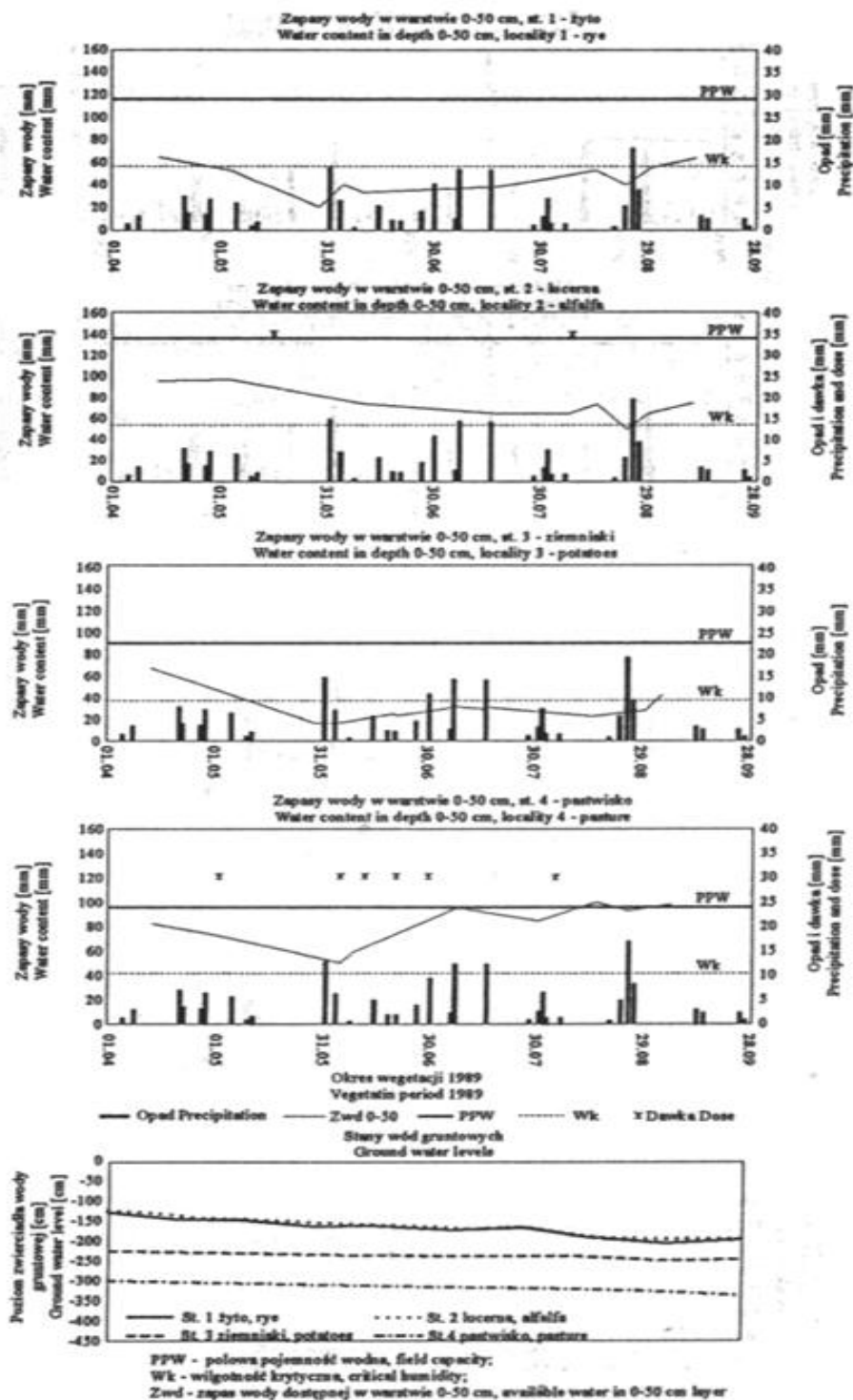
Wynika z niej, że w roku 1988 w miesiącu marcu ETr było mniejsze od opadów o 21 mm. Dlatego też na wszystkich stanowiskach na początku okresu wegetacyjnego zapasy wody w warstwie 0÷50 cm oscylowały w pobliżu połowej pojemności wodnej (rys. 1). Mała ilość opadów w miesiącu maju i duża ewapotranspiracja rzeczywista – tabela 3 – spowodowały, że na stanowisku 1 i 4 zapasy zbliżały się do wilgotności krytycznej a na stanowisku 3 spadły poniżej tej wartości. Jedynie na stanowisku 2 zapas wody oscylował pomiędzy PPW a WK. Związane było to z zastosowanym deszczowaniem w końcu kwietnia jak również z podsiąkiem kapilarnym, który ze względu na budowę tego profilu i wysoki poziom wód gruntowych mógł wystąpić. Po wysokich opadach w miesiącu czerwcu i lipcu zapasy zbliżały się do PPW by w miesiącu sierpniu się obniżyć (ETr wyższe niż opady, tabela 3). W sumie okres wegetacyjny roku 1988 zaliczono do mokrego, dlatego też zapasy wody dostępnej we wszystkich stanowiskach oscylowały pomiędzy PPW a WK (oprócz kilku dni w maju na st. 3), a więc w przedziale optymalnym dla roślin. Przy podobnej budowie profilów glebowych stanowisk 3 i 4 zastosowana w odpowiednim czasie 30 mm dawka wody na st. 4 spowodowała, że zapas wody dostępnej nie spadł poniżej wilgotności krytycznej. Woda gruntowa na wszystkich stanowiskach przez cały okres wegetacyjny obniżyła się o około 50 cm.

#### Okres wegetacyjny roku 1989

Półrocze zimowe poprzedzające analizowany okres było suche z sumą opadów mniejszą od średniej z wielolecia o 48,5 mm i temperaturą większą o 2,3°C. ETr przez wszystkie miesiące było wyższe od opadów zmierzonych (najbardziej w marcu o 42 mm). Na stanowisku pierwszym zapasy wody w warstwie 0÷50 cm przez cały czas znajdowały się poniżej WK a pod koniec maja osiągnęły nawet WTW. Na stanowisku 2 spadają poniżej WK tylko na kilka dni pod koniec sierpnia. Na stanowisku 3 zapasy wody osiągnęły WK również pod koniec sierpnia. Natomiast na stanowisku 4 dzięki zastosowaniu 6 dawek nawodnieniowych zapas wody dostępnej od połowy lipca oscylował w pobliżu PPW nieznacznie je przekraczając pod koniec sierpnia. Wody gruntowe obniżyły się w końcu okresu wegetacyjnego w stosunku do jego początku o około 50 cm.

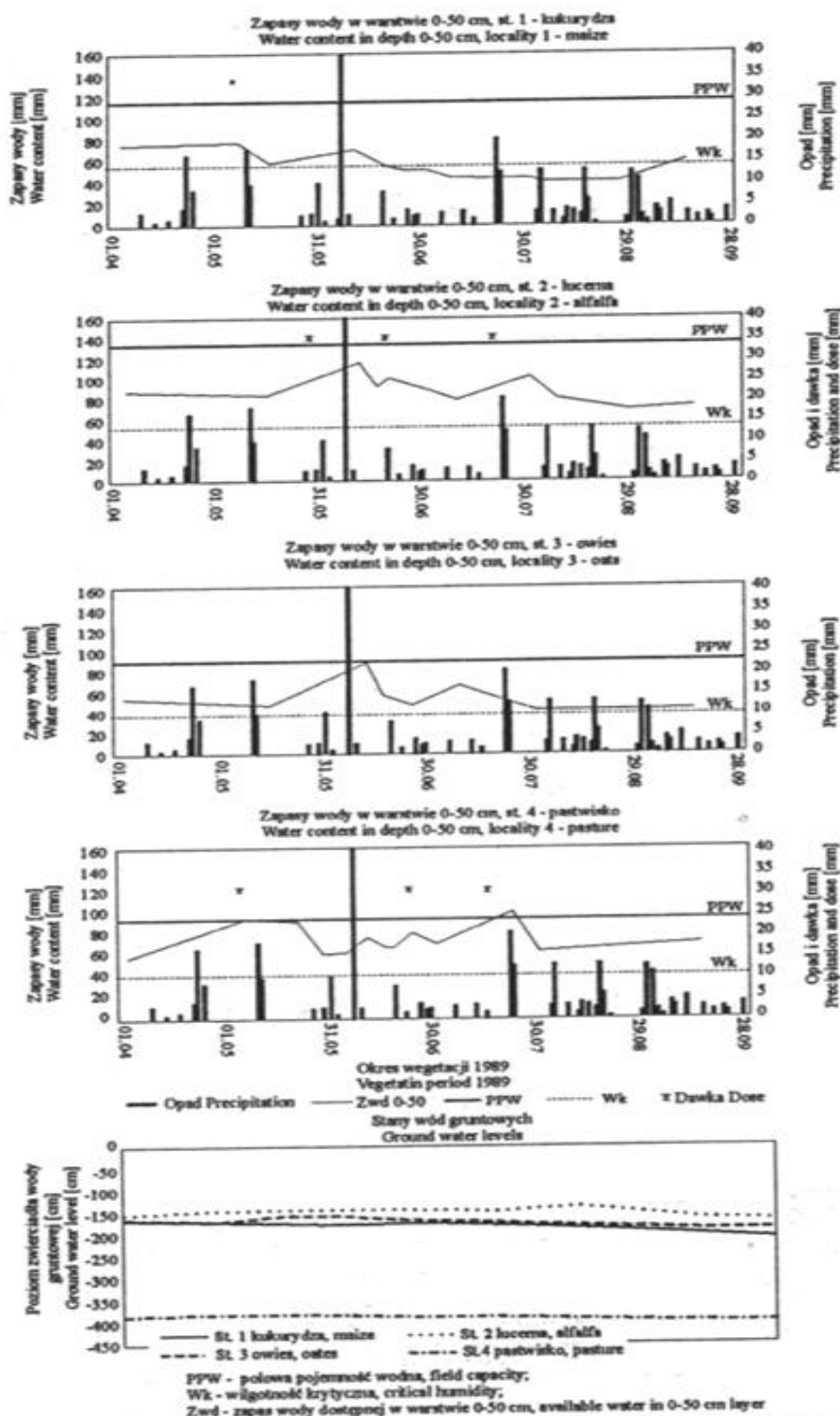


Rys. 1. Przebieg zapasów wody w warstwie 0÷50 cm: stanowisko 1 – ziemniaki, 2 – lucerna, 3 – owies, 4 – pastwisko oraz stany wód gruntowych w okresie wegetacji 1998 roku  
 Fig. 1. Course of water content on depth 0÷50 cm: location 1 – potatoes, 2 alfalfa, 3 – oats, 4 – pasture and ground water levels in vegetation period 1998



Rys. 2. Przebieg zapasów wody w warstwie 0÷50 cm: stanowisko 1 – żyto, 2 – lucerna, 3 – ziemniaki, 4 – pastwisko oraz stany wód gruntowych w okresie wegetacji 1989 roku  
Fig. 2. Course of water content on depth 0÷50 cm: location 1 – rye, 2 alfalfa, 3 – potatoes, 4 – pasture and ground water levels in vegetation period 1989





Rys. 3. Przebieg zapasów wody w warstwie 0÷50 cm: stanowisko 1 – kukurydza, 2 – lucerna, 3 – owies, 4 – pastwisko oraz stany wód gruntowych w okresie wegetacji 1990 r.

Fig. 3. Course of water content on depth 0÷50 cm: location 1 – maize, 2 alfalfa, 3 – oats, 4 – pasture and ground water levels in vegetation period 1990

## Okres wegetacyjny roku 1990

Półrocze zimowe 89/90 zaliczono do średniego, z sumą opadów mniejszą od średniej z wielolecia o 16 mm. Temperatura tego okresu była wyższa o 2,5°C. Na stanowisku 1 zapas wody dostępnej obniżył się do poziomu WK około 20 czerwca i trwał aż do początkowych dni września. W tym okresie występuje u roślin kukurydzy szybki przyrost zielonej masy i zwiększa się transpiracja w związku z tym zwiększa się zapotrzebowanie na wodę. Zastosowane na stanowiskach 2 i 4 nawodnienie spowodowało, że zapas wody dostępnej kształtował się pomiędzy PPW a WK. Na stanowisku 3 wilgotność zbliżyła się do WK przy końcu lipca i taki stan trwał do końca okresu wegetacyjnego.

## 5. Podsumowanie

W okresie prowadzonych badań (1988÷1990) wystąpiły okresy wegetacji, które zaliczono: do mokrego (1988), suchego (1989) i średniego (1990). W okresie mokrym na wszystkich rozpatrywanych stanowiskach zapas wody dostępnej kształtował się pomiędzy połową pojemnością wodną, a wilgotnością krytyczną. W okresie suchym na stanowiskach, na których nie prowadzono nawodnień wilgotność spadała poniżej wilgotności krytycznej, a więc takiej która ogranicza plon roślin. Na stanowiskach, na których stosowano deszczowania, zapas wody dostępnej utrzymywano pomiędzy PPW a WK. W roku średnim można zauważyć wpływ czynnika roślinnego (kukurydza st. 1, owies st. 3) na gospodarkę wodną gleb. Pomimo, że st. 1 to czarna ziemia, a st. 3 to gleba płowa wilgotność w pierwszym przypadku obniżyła się poniżej WK, a w drugim tylko się do niej zbliżyła. Występujące różnicowanie dynamiki uwilgotnienia gleb w czynnej jej warstwie uzależniona była od potrzeb wodnych uprawianych roślin. Potrzeby wodne kukurydzy zdecydowanie przewyższały zapotrzebowanie owsa.

Przez trzyletni okres obserwacji poziomu wód gruntowych, nastąpiło stopniowe jego obniżanie, przy czym największe zaobserwowano na stanowisku 4 (z 250 cm na początku kwietnia 1988 roku do 400 przy końcu września 1990 roku).

## Literatura

1. **Dzieżyc J., Nowak L.:** Wpływ nawadniania deszczownianego na produkcję polową. Roczn. AR Pozn. Melior. 10 s. 5÷16, 1992.
2. **Feddes R.A., Lenselink K.J.:** Evapotranspiration. W: Drainage Principles and Applications. Pr. zbior. pod red. H.P. Ritzema. ILRI Publication no. 16 Wageningen s. 145÷173, 1994.
3. **Konstantinov A.R.:** Испарение в природе. Гидрологическое Издател'ство, Ленинград, 1963, 1968.
4. **Łabędzki L., Kasperska W.:** Ewapotranspiracja i plonowanie użytków zielonych w warunkach suszy atmosferycznej i glebowej. Mater. Konf. XXV Zjazdu Agrometeorologów Olsztyn: Wydaw. ART s. 99÷107, 1994.
5. **Miler A.:** Zastosowanie metody Konstantinowa do obliczania parowania terenowego w zlewniach rzecznych. II Ogólnopolska Konferencja Naukowa nt.: „Przyrodnicze i techniczne problemy ochrony i kształtowania środowiska rolniczego” Poznań, s. 125÷129, 1997.
6. **Nazaruk M., Piekut K.:** Efektywność nawodnień deszczownianych pastwisk. Roczn. AR Pozn. Melior. 10 s. 15÷26, 1992.
7. **Penman H.L.:** Natural evaporation from open water, bare soil and grass. Proc. R. Soc. London, Ser. A. 193, s. 120÷145, 1948.
8. **Przybyła Cz.:** Zapasy wody użytecznej warstwy celowego zwilżania w sterowaniu nawodnieniami deszczownianymi. Mat. Konf. nauk. „Gospodarowanie wodą w krajobrazie rolniczym jako element zróżnicowanego rozwoju”. Warsz. s. 354÷363, 1992.
9. **Przybyła Cz.:** Ewapotranspiracja rzeczywista w sterowaniu nawodnieniami deszczownianymi. Roczn. AR Pozn. nr. 257 s. 255÷262, 1993.
10. **Przybyła Cz., Kozaczyk P.:** Bilanse wodne gleb deszczowanych pastwisk polowych w warunkach zróżnicowanego ukształtowania terenu. AR Poznań cz. I: 157÷165, 1994.
11. **Przybyła Cz.:** Gospodarka wodna i potrzeby nawodnień w warunkach klimatyczno-glebowych Wysoczyzny Poznańskiej. Roczn. AR Pozn. Melior. 15 s. 147÷155, 1994.
12. **Sarnacka S., Roguski W., Drupka S.:** Instrukcja wyznaczania potrzeb i niedoborów wodnych roślin uprawnych - C.P.B.R. - 10.8 Melioracje i Gospodarka wodna w Rolnictwie Falenty, 1987.
13. **Spychalski M.:** Gospodarka wodna wybranych gleb uprawnych Pojezierzy Poznańskiego i Leszczyńskiego. Roczn. AR Pozn. Zesz. 284 ss. 123, 1998.

## Streszczenie

W pracy podjęto próbę oceny gospodarki wodnej gleb na tle zastosowanych nawodnień deszczownianych oraz przebiegu warunków meteorologicznych w okresach wegetacji lat 1988 do 1990. Badania prowadzono w Gospo-

darstwie Rolniczym Niepruszewo oddalonym od Poznania o 20 km w kierunku zachodnim. Warunki glebowe scharakteryzowano wykonując w miejscach pomiaru wilgotności odkrywki glebowe dla których oznaczono podstawowe właściwości fizyko-wodne i wyznaczono krzywe pF. Badanie dynamiki wilgotności gleby prowadzono przy zastosowaniu sondy neutronowej wykonując pomiary co 20 cm do głębokości 1 metra. Prowadzono takie obserwacje stanów wód gruntowych.

Wyniki badań wykazały, że na stanowiskach, na których stosowano zabieg deszczowania zapas wody dostępnej utrzymywał się pomiędzy połową pojemnością wodną a wilgotnością krytyczną. Uzyskane wyniki dowiodły, że występujące zróżnicowanie dynamiki uwilgotnienia gleb w czynnej warstwie uzależnione jest od potrzeb wodnych uprawianych roślin.

Słowa kluczowe: gospodarka wodna gleb, potrzeby wodne roślin.

## **Water balance of soil intensively agriculturally utilized**

### **Abstract**

The paper is an attempt to assess the water balance of soils taking into consideration sprinkling irrigation and the course of meteorological conditions in the vegetation periods in the years 1988÷1990. The studies were carried out in the Agricultural Farm Niepruszewo situated 20 km to the west of Poznan. Soil conditions were characterized by the measurement of moisture in soil for which pF curves were plotted to illustrate the basic physical and water properties. The study of the dynamics of soil moisture was done by a neutron probe carrying out measurements every 20 cm at the depth of one meter. Observations of the underground water levels were made as well. The study results have shown that in the localities where sprinkling irrigation was applied, the resources of available water were maintained between the field water capacity and the critical moisture. The results indicate that the occurring differentiation of the dynamics of soil moisture in the active layer depends on the water needs of the cultivated plants.

Key words: water balance of soils, water needs of plants.