

OGRANICZENIA W WYKORZYSTANIU ZASOBÓW ENERGII SŁONECZNEJ  
I CIEPLNEJ PRZEZ NIEDOBORY WODNE NA OBSZARZE POLSKI

Stanisław Bac

Instytut Rolniczych Podstaw Melioracji, AR Wrocław

WSTĘP

Ocena przestrzennego rozkładu wielkości niedoborów wodnych w Polsce, skutków posuch oraz aspektów ekonomicznych melioracji nawadniających jest nierozłącznie związana ze szczegółową charakterystyką agroklimatycznych warunków produktywności środowiska. Liczne próby wyodrębnienia regionów rolniczo-klimatycznych [5, 6, 9, 14, 15] lub klimatycznych [7-10, 13] są przykładem cennych opracowań. Nie obejmowały one jednak oceny aspektu energetycznego promieniowania słonecznego, zaś ze względu na poważne zróżnicowanie wymagań klimatycznych roślin uprawianych w Polsce [12] nie mogły zapewnić ich pełnego wykorzystania do wspomnianych ocen.

Sposoby wykorzystywania danych meteorologicznych są często powierzchowne lub błędne. Sumy opadów mierzonych w stacjach i posterunkach nie odpowiadają rzeczywistym przychodom wody na powierzchnię gleby, zwłaszcza w przypadku zwartego łaanu. Temperatura powietrza mierzona na wysokości 2 m w klatce nie odpowiada ani temperaturze powietrza w łaanie, ani temperaturze tkanek roślinnych. Podobnie w przypadku wilgotności powietrza. Usłonecznienie informuje o długości cza-

---

W artykule wykorzystano fragmenty tematu IUNG: Potrzeby wodne roślin uprawnych oraz prognozowania stopnia ich zaspokojenia w kategoriach danych meteorologicznych (RB - 403.02) oraz PAN: Postęp techniczny w rolnictwie a zasoby wodne gleby i efektywność wodnych melioracji.

su trwania bezpośredniego promieniowania słonecznego, ale nie o wielkości przychodu energii itd. Kolejne oddalenie od rzeczywistego fitoklimatu powoduje uśrednianie mierzonych wartości dla okresów dobowych lub dłuższych.

Dane meteorologiczne stanowią obiektywne i wartościowe parametry wejściowe do konkretnych modeli procesów fizycznych i biologicznych, pod warunkiem ich odpowiedniego przetwarzania w zależności od założonych celów. Należy zawsze pamiętać, że mamy do czynienia ze wskaźnikami, których interpretacja ilościowa wymaga znacznej ostrożności.

Całokształt warunków agroklimatycznych (A) możemy przedstawić w następującej postaci blokowej:

$$A = f(W, S, C, K)$$

gdzie:

W - czynnik wilgotności agroklimatu,

S - czynnik energetyczny promieniowania słonecznego,

C - czynnik cieplny (termiczny),

K - zjawiska losowe, działające ujemnie albo niszcząco na procesy biologiczne lub organizację produkcji.

Dla każdego bloku możemy przedstawić równanie w celu cząstkowej oceny warunków agroklimatycznych (y).

$$y = f(x_1 \dots x_n)$$

## METODYKA BADAŃ

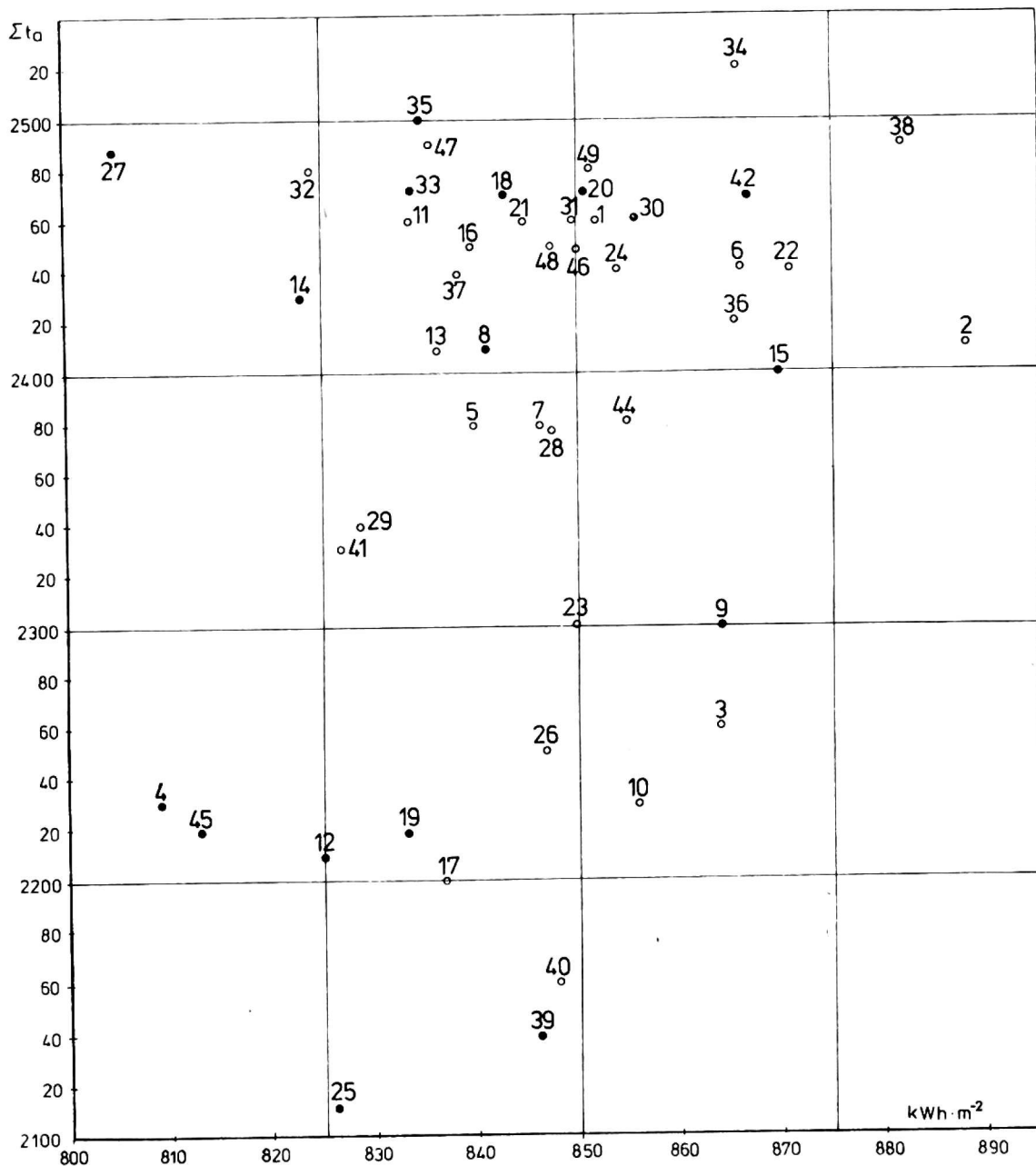
Wskaźnik wilgotności agroklimatu (W) przedstawiono w postaci klimatycznego bilansu wodnego, stanowiącego różnicę pomiędzy sumami opadów mierzonych deszczomierzami w sieci stacji i sumami parowania wskaźnikowego, obliczonego według kombinacji średnich miesięcznych niedosytów wilgotności, prędkości wiatru i promieniowania całkowitego [1, 2].

Wskaźnik energetyczny (S) obejmuje przychód energii promieniowania całkowitego, pochłanianej przez czarną powierzchnię metra kwadratowego w płaszczyźnie poziomej, obliczonego wzorem d'Angota w modyfikacji M. Rojka, według wielkości geofizycznych i usłonecznienia względnego (stosunek usłonecznienia rzeczywistego do możliwego).

Wskaźnik termiczny (C) przedstawiono w postaci sum aktywnych temperatur, liczonych dla okresu pomiędzy datami, wyznaczonymi przejściem

krzywej wykresu rocznego przebiegu średnich miesięcznych temperatur przez  $10^{\circ}\text{C}$ .

Materiał podstawowy zebrano z okresu 1951-1970 w postaci średnich wieloletnich. Dla klimatycznego bilansu wodnego ze 130 stacji (w tym 14 górskich i podgórskich oraz 6 nadbałtyckich), promieniowania całkowitego z 72 stacji, sum temperatur z 156 stacji (w tym 33 górskich i podgórskich oraz 11 nadbałtyckich). Na podstawie danych liczbowych opracowano mapy w podziałce 1:2 000 000. Przebieg izolinii interpretowano z punktu widzenia regionalnych tendencji klimatycznych. Z tego powodu o zamknięciu obszaru decydowały wielkości co najmniej dwu sąsiednich stacji, zaś nieliczne dane pojedynczych punktów, odbiegające



Rys. 1. Zależności pomiędzy sumami temperatur okresu aktywnej wegetacji i sumami promieniowania całkowitego w półroczu letnim według średnich z okresu 1951-1970

od ogólnej tendencji, zostały pominięte. Wyniki interpolacji graficznej były nieznacznie korygowane przez porównanie z mapami (Narodowy Atlas Polski), wysokości względnych, regionów fizyczno-geograficznych oraz większych masywów leśnych (rys. 1). Ze względu na potrzeby i postać informacji regionalnych zostały splanimetrowane powierzchnie obszarów pomiędzy izoliniami dla granic województw oraz granic Polski. Uzyskano przeciętne cechy, charakteryzujące konkretne województwa w postaci jednej liczby, zaś oryginalna mapa zapewnia opis powierzchni cząstkowych. Przyjęto zasadniczy podział czasowy na okres V-VI, szczególnie ważny dla roślin zbożowych, VII-VIII dla roślin okopowych, IX-X dla ozimin i buraków cukrowych oraz warunków sprzętu okopowych IV-IX dla roślin o długim okresie wegetacji, trwałych użytków zielonych, sadów itp., zaś w przypadku klimatycznych bilansów wodnych również okres półrocza zimowego, jako ilustrację regionalnych możliwości retencjonowania wody. Planimetrowanie map zapewniło również informacje o przeciętnych wielkościach dla całego obszaru Polski. Na tej podstawie można ocenić o ile różnią się dane dla poszczególnych województw od średniej krajowej i wyodrębnić „cieplejsze” lub „chłodniejsze”, „suchsze” czy „bardziej wilgotne” na podstawie obiektywnej wielkości odniesienia. Ze względu na tematykę artykułu wybrano 31 województw, dla których należy rozważyć aspekty niedoborów wodnych i posuch.

## OPIS WARUNKÓW AGROKLIMATYCZNYCH

### Ocena klimatycznych warunków wodnych

W tabeli 1 zestawiono dane województw, w których sumy opadów półrocza letniego IV-IX są niższe od średniej krajowej. Zostały uszeregowane w klasach co 10 mm od 322 do 379, a więc w zakresie 57 mm. Wielkości parowania tego okresu różnią się o 55 mm. Stosunki opadów do parowania wahają się od 0,70 do 0,92. Z tego powodu wielkości klimatycznego bilansu wodnego obejmują zakres 104 mm. Sumy opadów województwa warszawskiego i leszczyńskiego różnią się o 6 mm, zaś klimatycznego bilansu wodnego o 20 mm itd. Z tego powodu w dalszych ocenach wykorzystano różnice pomiędzy sumami opadów i parowania wskaźnikowego, jako znacznie dokładniejszą informację. Niezależnie od tego parowanie wskaźnikowe stanowi wartościową podstawę dla dalszego przetwarzania

T a b e l a 1

Cechy charakterystyczne klimatycznych warunków wodnych.

Oznaczenia: P - suma opadów,  $E_0$  - parowanie wskaźnikowe,

$P - E_0$  - klimatyczny bilans wodny

Województwo	IV-IX				V-VI	VII-VIII	IX-X	XI-III	
	P	$E_0$	$P/E_0$	$P-E_0$	$P-E_0$	$P-E_0$	$P-E_0$	P	$P-E_0$
Warszawskie	322	458	0,70	-136	-56	-47	-20	191	+53
Poznańskie	322	457	0,70	-135	-67	-27	-10	171	+75
Płockie	322	450	0,71	-128	-56	-17	-12	216	+91
Leszczyńskie	328	444	0,74	-116	-50	-26	-10	198	+72
Konińskie	330	438	0,75	-108	-69	-10	-10	194	+90
Włocławskie	332	450	0,74	-118	-60	-10	-10	190	+97
Kaliskie	333	424	0,78	-91	-46	-11	-10	218	+96
Ciechanowskie	334	443	0,75	-109	-67	-25	-10	208	+82
Ostrołęckie	339	434	0,78	-95	-55	-22	-4	219	+103
Siedleckie	341	445	0,77	-104	-47	-29	-10	207	+89
Skierniewickie	344	463	0,74	-119	-50	-30	-23	190	+57
Łódzkie	345	460	0,75	-115	-50	-25	-10	208	+80
Bydgoskie	348	432	0,80	-84	-67	+2	0	191	+86
Gorzowskie	349	438	0,80	-89	-56	-5	+11	202	+92
Zielonogórskie	349	439	0,79	-90	-44	-10	+5	238	+116
Białkopodlaskie	351	451	0,77	-100	-50	-30	-10	212	+91
Sieradzkie	354	439	0,80	-85	-45	-10	-10	210	+93
Łomżyńskie	356	438	0,81	-82	-50	-27	+5	202	+95
Suwałskie	356	440	0,81	-84	-57	-18	+27	222	+114
Białostockie	357	447	0,80	-90	-46	-30	+10	233	+124
Toruńskie	358	443	0,80	-85	-62	-1	-6	181	+79
Chełmskie	359	446	0,80	-87	-36	-26	-10	206	+87
Lubelskie	363	437	0,83	-74	-33	-15	-10	227	+108
Szczecińskie	366	423	0,83	-57	-58	-4	+22	199	+90
Wrocławskie	366	426	0,86	-60	-38	+2	-9	200	+69
Radomskie	368	449	0,82	-81	-31	-15	-14	206	+90
Gdańskie	369	423	0,87	-54	-67	+17	+28	228	+103
Olsztyńskie	375	429	0,87	-54	-60	+9	+23	231	+120
Pilskie	375	425	0,88	-50	-58	+3	+11	198	+98
Koszalińskie	376	408	0,92	-32	-55	+27	+43	291	+184
Zamojskie	379	432	0,88	-53	-18	-10	-5	217	+94
POLSKA	381	431	0,88	-50	-32	+1	+2	221	+104

w celu oceny wielkości rzeczywistych potrzeb wodnych roślin uprawnych [3, 4]. Wielkości klimatycznych bilansów wodnych na obszarach wspomnianych województw podczas okresu V-VI obejmują zakres 49 mm (poznańskie, gdańskie i zamojskie), okresu VII-VIII zakres 74 mm (warszaw-

skie i koszalińskie), okresu IX-X zakres 66 mm (skierniewickie i koszalińskie). Na szczególną uwagę zasługuje okres zimowy. Na przykład sumy opadów województwa pilskiego i skierniewickiego różnią się o 8 mm, zaś klimatycznego bilansu wodnego o 41 mm. W województwie koszalińskim istnieje ponad trzykrotnie większa szansa napełnienia retencji glebowej niż w województwie warszawskim lub skierniewickim, czy ponad dwukrotnie większa niż w 11 z omawianych województw. Z tego powodu warunki kształtowania zasobów wodnych na początek okresu wegetacji wykazują w Polsce istotne różnice. Wybierając dane poszczególnych stacji można wykazać oczywiście znacznie większe kontrasty dla każdego z omawianych okresów.

### Ocena warunków przychodu energii słonecznej

W tabeli 2 zamieszczono informacje o sumach promieniowania całkowitego. Podczas półrocza letniego zróżnicowanie obejmuje w przypadku omawianych województw  $63,6 \text{ kWh} \cdot \text{m}^{-2}$ . Gdy przyjmiemy moc źródeł światła w szklarniach na  $0,4 \text{ kWh} \cdot \text{m}^{-2}$ , to w województwie białkopodlaskim występuje około 16 dziesięciogodzinnych dni o optymalnych warunkach świetlnych więcej niż w województwie poznańskim. Podczas okresu V-VI różnice pomiędzy województwem gdańskim i zamojskim wynoszą  $36,8 \text{ kWh} \cdot \text{m}^{-2}$  (ponad 9 wspomnianych dni), zaś okresu VII-VIII pomiędzy województwem białkopodlaskim i pilskim  $41,6 \text{ kWh} \cdot \text{m}^{-2}$  (ponad 10 dni). Tak duże zróżnicowanie czynnika energetycznego, stanowiącego podstawowy parametr wejściowy do modelu bilansu cieplnego rośliny czy modelu kształtowania warunków mikroklimatycznych, zasługuje niewątpliwie na uwagę. W rozważaniach pominięto okres IX-X ze względu na małe zróżnicowanie przychodu energii.

### Ocena warunków cieplnych

Tabela 2 obejmuje sumy aktywnych temperatur. Ze względu na różne terminy rozpoczęcia okresu (średnia data w woj. wrocławskim 26 IV, zaś w gdańskim i koszalińskim 12 V) oraz zakończenia (w zielonogórskim 9 X, zaś w suwalskim i białostockim 28 IX) uzyskujemy szczegółowe informacje na temat sprzyjających warunków wzrostu i rozwoju roślin, które nie są synchroniczne z poprzednio omawianymi okresami.

T a b e l a 2

Cechy charakterystyczne przychodu energii i warunków cieplnych.

Oznaczenia: p - początek okresu, k - koniec okresu

Województwo	Sumy promieniowania całkowitego w kWh · m <sup>-2</sup>			Sumy aktywnych temperatur powietrza > 10°C			
	IV-IX	V-VI	VII-VIII	p-k	p-VI	VII-VIII	IX-k
Warszawskie	852,2	321,3	314,9	2460	930	1080	450
Poznańskie	824,2	320,7	297,0	2480	910	1090	480
Płockie	849,7	324,2	312,3	2460	910	1090	460
Leszczyńskie	844,7	326,8	304,2	2460	890	1080	490
Konińskie	839,6	323,2	302,7	2450	890	1090	470
Włocławskie	850,1	326,8	309,4	2460	890	1100	460
Kaliskie	837,1	320,1	303,2	2410	870	1070	470
Ciechanowskie	847,3	323,3	309,5	2380	890	1090	400
Ostrołęckie	847,3	325,3	311,5	2380	890	1090	400
Siedleckie	866,1	330,6	318,8	2420	900	1090	430
Skierniewickie	882,5	340,1	316,9	2490	920	1100	470
Łódzkie	853,6	327,2	307,9	2440	880	1090	470
Bydgoskie	839,0	332,8	300,2	2380	850	1090	440
Gorzowskie	834,2	329,1	293,7	2460	870	1080	510
Zielonogórskie	852,8	328,4	304,3	2480	890	1080	510
Białkopodlaskie	887,8	336,6	331,9	2410	900	1100	410
Sieradzkie	837,9	322,6	304,2	2440	880	1080	480
Łomżyńskie	849,6	330,1	309,7	2300	860	1080	360
Suwalskie	848,2	336,2	307,5	2160	780	1040	340
Białostockie	864,2	336,5	316,8	2260	850	1070	340
Toruńskie	854,9	335,6	307,2	2380	860	1090	430
Chełmskie	865,9	322,1	313,6	2440	930	1080	430
Lubelskie	866,1	328,1	316,1	2440	920	1090	430
Szczecińskie	827,4	332,4	290,2	2330	790	1040	500
Wrocławskie	836,0	320,2	299,0	2490	900	1080	510
Radomskie	866,3	330,8	316,8	2520	920	1120	480
Gdańskie	855,8	346,2	302,5	2230	710	1070	450
Olsztyńskie	846,7	332,7	305,6	2250	790	1040	420
Pilskie	829,3	326,9	290,3	2340	860	1040	440
Koszalińskie	836,7	335,6	292,9	2200	720	1030	450
Zamojskie	848,0	309,4	310,2	2450	920	1100	430
POLSKA	845,5	324,4	306,4	2380	860	1070	450

Należy jednak uwzględnić umowną granicę 10°, która w przypadku różnych roślin ma ograniczone zastosowanie. Podczas okresu z temperaturami aktywnymi występuje zróżnicowanie 360° pomiędzy województwem radomskim i suwalskim. Stanowi to odpowiednik różnicy, np. 18 dni o średniej dobowej 20°C. Podczas okresu od początku do końca czerwca

różnice sum temperatur wynoszą 220°C pomiędzy województwem warszawskim i chełmskim a gdańskim, w okresie VII-VIII tylko 90°C pomiędzy radomskim i koszalińskim, natomiast od początku września do końca okresu osiągają 170°C pomiędzy województwami wrocławskim, gorzowskim i zielonogórskim a suwalskim i białostockim.

Regionalne warunki bilansu cieplnego, spowodowane ukształtowaniem i pokryciem powierzchni, zasięgiem adwekcji mas atmosferycznych, zjawiska fenowe itp. powodują konieczność wyodrębnienia cech diagnostycznych w przypadku promieniowania słonecznego i sum aktywnych temperatur. Rysunek 1 udowadnia brak prostych zależności - np. woj. suwalskie (40) i płockie (31) lub gdańskie (10) i łódzkie (24).

### KOMPLEKSOWA OCENA WYBRANYCH CECH AGROKLIMATÓW

W celu ułatwienia ocen przyjęto skalę bonitacyjną według następujących zasad: przeciętna wartość krajowa znajduje się w środkowym przedziale wielkości, którą oznaczono jako 0, zaś wyższe i niższe wartości są objęte trzema przedziałami. Granice dobierano według rozkładu wielkości w ten sposób, aby w klasach +3 i -3 znalazł się co najmniej jeden przypadek. Na przykład dla klimatycznego bilansu wodnego półrocza letniego średnia wartość -50 mm znajduje się w zakresie od -40 do -59. Powierzchnia pomiędzy tymi izoliniami obejmuje 16,6% obszaru kraju. Wielkości poniżej -99 mm (-3) zajmują 24,0% powierzchni, powyżej +1 mm (+3) 13,9%. W tabeli 3 przedstawiono skalę punktową.

T a b e l a 3

Skala bonitacji stosunków wodnych na podstawie klimatycznego bilansu wodnego w mm

Punkty	IV-IX		V-VI		VII-VIII		IX-X		XI-III		I-XII	
	od	do	od	do	od	do	od	do	od	do	od	do
+3	>	+1	>	-9	+30	>	+30	>	+160	>	+160	>
+2	0	-19	-10	-19	+20	+29	+20	+29	+140	+159	+120	+159
+1	-20	-39	-20	-29	+10	+19	+10	+19	+120	+139	+80	+119
0	-40	-59	-30	-39	0	+9	0	+9	+100	+119	+40	+79
-1	-60	-79	-40	-49	0	-9	0	-9	+80	+99	0	+39
-2	-80	-99	-50	-59	-10	-19	-10	-19	+60	+79	-40	-1
-3	-100	<	-60	<	-20	<	-20	<	<	+59	<	-41



(cd.) T a b e l a 3

Skala bonitacji przychodu energii słonecznej w kWh · m<sup>-2</sup>

Punkty	IV-IX		V-VI		VII-VIII	
	od	do	od	do	od	do
+3	870	>	339	>	321	>
+2	860	869	333	338	315	320
+1	850	859	327	332	309	314
0	840	849	321	326	303	308
-1	830	839	315	320	297	302
-2	820	829	309	314	291	296
-3	<	819	<	308	<	290

Skala bonitacji warunków cieplnych w sumach temperatur powyżej 10<sup>0</sup>C

Punkty	p-k <sup>*</sup>		p-VI		VII-VIII		IX-k	
	od	do	od	do	od	do	od	do
+3	2500	>	910	>	1120	>	500	>
+2	2450	2499	890	909	1100	1119	480	499
+1	2400	2449	870	889	1080	1099	460	479
0	2350	2399	850	869	1060	1079	440	459
-1	2300	2349	830	849	1040	1059	420	439
-2	2250	2299	810	829	1020	1039	400	419
-3	<	2249	<	809		1019	<	399

\*Oznaczenia jak w tabeli 2.

Na tej podstawie przeprowadzono ocenę omawianych cech, których wielkości obejmują tabele 1 i 2. Województwa zostały, jak poprzednio, uszeregowane na podstawie kryterium sum opadów półrocza letniego. Według tabeli 4, w której podano numerację wg Rocznika Statystycznego, mamy możliwość wyboru zespołów analogicznych cech dla poszczególnych obszarów w sposób dość szczegółowy, porównawczej oceny natężenia procesów kształtowania stosunków wodnych, energetycznych i cieplnych.

Wybór granic przedziałów jest dyskusyjny. Dla wykazania istotności zróżnicowania cech zebrano wielkości klasy +1, 0 i -1 w jeden zakres,

Bonitacja podstawowych wskaźników agroklimatycznych  
według skali 7-stopniowej.

Oznaczenia: W - wskaźnik wilgotności, S - wskaźnik energetyczny,  
C - wskaźnik termiczny

Nr	Województwo	XI-III		V-VI			VII-VIII			IX-X		IV-IX		
		W	W	S	C	W	S	C	W	C	W	S	C	
1	Warszawskie	-3	-2	0	+3	-3	+2	+1	-3	0	-3	+1	+2	
32	Poznańskie	-2	-3	0	+3	-3	-1	+1	-2	+2	-3	-2	+2	
31	Płockie	-1	-2	0	+3	-2	+1	+1	-2	+1	-3	+1	+2	
21	Łeszczyńskie	-2	-2	0	+2	-3	0	+1	-2	+2	-3	0	+2	
16	Konińskie	-1	-3	0	+2	-2	0	+1	-2	+1	-3	0	+2	
46	Włocławskie	-1	-3	+1	+2	-2	+1	+2	-2	+1	-3	+1	+2	
13	Kaliskie	-1	-1	0	+1	-2	0	0	-2	+1	-2	-1	+1	
7	Ciechanowskie	-1	-3	0	+2	-3	+1	+1	-2	-2	-3	0	0	
28	Ostrołęckie	0	-2	0	+2	-3	+1	+1	-1	-2	-2	0	0	
36	Siedleckie	-1	-1	+1	+2	-3	+2	+1	-2	-1	-3	+2	+1	
38	Skierniewickie	-3	-2	+3	+3	-3	+2	+2	-3	+1	-3	+3	+2	
24	Łódzkie	-1	-2	+1	+1	-3	0	+1	-2	+1	-3	+1	+1	
5	Bydgoskie	-1	-3	+2	0	0	-1	+1	0	0	-2	-1	0	
11	Gorzowskie	-1	-2	+1	+1	-1	-2	+1	+1	+3	-2	-1	+2	
49	Zielonogórskie	0	-1	+1	+2	-2	0	+1	0	+3	-2	+1	+2	
2	Białkopodlaskie	-1	-2	+2	+2	-3	+3	+2	-2	-2	-3	+3	+1	
37	Sieradzkie	-1	-1	0	+1	-2	0	+1	-2	+2	-2	-1	+1	
23	Łomżyńskie	-1	-2	+1	0	-3	+1	+1	0	-3	-2	+1	-1	
40	Suwalskie	0	-2	+2	-3	-2	0	-1	+2	-3	-2	0	-3	
3	Białostockie	0	-1	+2	0	-3	+2	0	+1	-3	-2	+2	-2	
44	Toruńskie	+1	-3	+2	0	-1	0	+1	-1	-1	-2	+1	0	
6	Chełmskie	-1	0	0	+3	-3	+1	+1	-2	-1	-2	+2	+1	
22	Lubelskie	0	0	+1	+3	-2	+2	+1	-2	-1	-1	+2	+1	
41	Szczecińskie	-1	-2	+1	-3	-1	-2	-1	+2	+3	0	-2	-1	
47	Wrocławskie	-2	0	0	+2	0	-1	+1	-2	+3	-1	-1	+2	
34	Radomskie	-1	0	+1	+3	-2	+2	+3	-2	+2	-2	+2	+3	
10	Gdańskie	0	-3	+3	-3	+1	0	0	+2	0	0	+1	-3	
26	Olsztyńskie	+1	-3	+2	-3	0	0	-1	+2	-1	0	0	-2	
29	Pilskie	-1	-2	+1	0	0	-2	-1	+1	0	0	-2	-1	
17	Koszalińskie	+3	-2	+2	-3	+2	-2	-2	+3	0	+1	-1	-3	
48	Zamojskie	-1	+2	-2	+3	-2	+1	+2	-1	-1	0	0	+2	

obejmujący przeciętne wielkości. W przypadku np. klimatycznych bilansów wodnych półrocza letniego wartości przeciętne mieszczą się w przedziale od -20 do -79 mm (39,7% obszaru Polski), jako suche uznano przypadki od -80 mm do niższych (40,6%), jako wilgotne poniżej -20 mm. W taki sam sposób postępowano na podstawie danych tabeli 3 dla pozos-

## Bonitacja opisowa podstawowych wskaźników agroklimatycznych

Oznaczenia: przec. - przeciętny, such. - suchy, wilg. - wilgotny, słon. - słoneczny, pochm. - pochmurny, ciepł. - ciepły, chłod. - chłodny, pozostałe jak w tab. 4

Nr	Województwo	Zima				Późna wiosna				Lato				Jesień				Okres aktywnej wegetacji							
		W		S		C		W		S		C		W		C		W		S		C			
		W	S	W	S	W	S	W	S	W	S	W	S	W	S	W	S	W	S	W	S	W	S	C	
1	Warszawskie	such.	such.	przec.	ciepł.	such.	przec.	ciepł.	such.	słon.	przec.	such.	przec.	such.	przec.	such.	przec.	such.	przec.	such.	przec.	ciepł.	przec.	ciepł.	
32	Poznańskie	such.	such.	przec.	ciepł.	such.	przec.	ciepł.	such.	przec.	przec.	such.	przec.	such.	przec.	such.	przec.	such.	przec.	such.	przec.	pochm.	ciepł.	przec.	ciepł.
31	Płockie	przec.	such.	przec.	ciepł.	such.	przec.	ciepł.	such.	przec.	przec.	such.	przec.	such.	przec.	such.	przec.	such.	przec.	such.	przec.	przec.	przec.	przec.	ciepł.
21	Leszczyńskie	such.	such.	przec.	ciepł.	such.	przec.	ciepł.	such.	przec.	przec.	such.	przec.	such.	przec.	such.	przec.	such.	przec.	such.	przec.	przec.	przec.	przec.	ciepł.
16	Konińskie	przec.	such.	przec.	ciepł.	such.	przec.	ciepł.	such.	przec.	przec.	such.	przec.	such.	przec.	such.	przec.	such.	przec.	such.	przec.	przec.	przec.	przec.	ciepł.
46	Włocławskie	przec.	such.	przec.	ciepł.	such.	przec.	ciepł.	such.	przec.	przec.	such.	przec.	such.	przec.	such.	przec.	such.	przec.	such.	przec.	przec.	przec.	przec.	ciepł.
13	Kaliskie	przec.	przec.	przec.	przec.	such.	przec.	przec.	such.	przec.	przec.	such.	przec.	such.	przec.	such.	przec.	such.	przec.	such.	przec.	przec.	przec.	przec.	przec.
7	Ciechanowskie	przec.	such.	przec.	ciepł.	such.	przec.	ciepł.	such.	przec.	przec.	such.	przec.	such.	przec.	such.	przec.	such.	przec.	such.	przec.	przec.	przec.	przec.	przec.
28	Ostrołęckie	przec.	such.	przec.	ciepł.	such.	przec.	ciepł.	such.	przec.	przec.	such.	przec.	such.	przec.	such.	przec.	such.	przec.	such.	przec.	przec.	przec.	przec.	przec.
36	Siedleckie	przec.	przec.	przec.	ciepł.	such.	przec.	ciepł.	such.	słon.	przec.	such.	przec.	such.	przec.	such.	przec.	such.	przec.	such.	słon.	przec.	przec.	przec.	przec.
38	Skierniewickie	such.	such.	such.	ciepł.	such.	słon.	ciepł.	such.	słon.	przec.	such.	przec.	such.	przec.	such.	przec.	such.	przec.	such.	słon.	przec.	przec.	przec.	przec.
24	Łódzkie	przec.	such.	przec.	przec.	such.	przec.	przec.	such.	przec.	przec.	such.	przec.	such.	przec.	such.	przec.	such.	przec.	such.	przec.	przec.	przec.	przec.	przec.
5	Bydgoskie	przec.	such.	przec.	przec.	such.	słon.	przec.	such.	przec.	przec.	such.	przec.	such.	przec.	such.	przec.	such.	przec.	such.	przec.	przec.	przec.	przec.	przec.
11	Gorzowskie	przec.	such.	przec.	przec.	such.	przec.	przec.	such.	pochm.	przec.	such.	przec.	such.	przec.	such.	przec.	such.	przec.	such.	przec.	przec.	przec.	przec.	przec.
49	Zielonogórskie	przec.	przec.	przec.	ciepł.	such.	przec.	ciepł.	such.	przec.	przec.	such.	przec.	such.	przec.	such.	przec.	such.	przec.	such.	przec.	przec.	przec.	przec.	przec.
2	Białskopodlaskie	przec.	such.	such.	ciepł.	such.	słon.	ciepł.	such.	słon.	przec.	such.	przec.	such.	przec.	such.	przec.	such.	przec.	such.	słon.	przec.	przec.	przec.	przec.
37	Sieradzkie	przec.	przec.	przec.	przec.	such.	przec.	przec.	such.	przec.	przec.	such.	przec.	such.	przec.	such.	przec.	such.	przec.	such.	słon.	przec.	przec.	przec.	przec.
23	Łomżyńskie	przec.	such.	przec.	przec.	such.	przec.	przec.	such.	przec.	przec.	such.	przec.	such.	przec.	such.	przec.	such.	przec.	such.	przec.	przec.	przec.	przec.	przec.
40	Suwałskie	przec.	such.	przec.	chłod.	such.	słon.	chłod.	such.	przec.	przec.	such.	przec.	such.	przec.	such.	przec.	such.	przec.	such.	przec.	przec.	przec.	przec.	chłod.
3	Białostockie	przec.	przec.	przec.	przec.	such.	słon.	przec.	such.	słon.	przec.	such.	przec.	such.	przec.	such.	przec.	such.	przec.	such.	słon.	przec.	przec.	przec.	chłod.
44	Toruńskie	przec.	such.	przec.	przec.	such.	słon.	przec.	such.	przec.	przec.	such.	przec.	such.	przec.	such.	przec.	such.	przec.	such.	przec.	przec.	przec.	przec.	przec.
6	Chełmskie	przec.	przec.	przec.	ciepł.	such.	przec.	ciepł.	such.	przec.	przec.	such.	przec.	such.	przec.	such.	przec.	such.	przec.	such.	słon.	przec.	przec.	przec.	przec.
22	Lubelskie	przec.	przec.	przec.	ciepł.	such.	słon.	przec.	such.	słon.	przec.	such.	przec.	such.	przec.	such.	przec.	such.	przec.	such.	słon.	przec.	przec.	przec.	przec.
41	Szczecińskie	przec.	such.	przec.	chłod.	such.	przec.	chłod.	such.	pochm.	przec.	such.	przec.	such.	przec.	such.	przec.	such.	przec.	such.	słon.	przec.	pochm.	przec.	przec.
47	Wrocławskie	such.	przec.	przec.	ciepł.	such.	przec.	przec.	such.	przec.	przec.	such.	przec.	such.	przec.	such.	przec.	such.	przec.	such.	przec.	przec.	przec.	przec.	przec.
34	Radomskie	przec.	przec.	przec.	ciepł.	such.	słon.	przec.	such.	słon.	przec.	such.	przec.	such.	przec.	such.	przec.	such.	przec.	such.	słon.	przec.	słon.	przec.	przec.
10	Gdańskie	przec.	such.	przec.	chłod.	such.	słon.	przec.	such.	przec.	przec.	such.	przec.	such.	przec.	such.	przec.	such.	przec.	such.	przec.	przec.	przec.	przec.	chłod.
26	Olsztyńskie	przec.	such.	such.	chłod.	such.	słon.	chłod.	such.	przec.	przec.	such.	przec.	such.	przec.	such.	przec.	such.	przec.	such.	przec.	przec.	przec.	przec.	chłod.
29	Piłskie	przec.	such.	przec.	przec.	such.	przec.	przec.	such.	pochm.	przec.	such.	przec.	such.	przec.	such.	przec.	such.	przec.	such.	przec.	przec.	pochm.	przec.	przec.
17	Koszalińskie	wilg.	such.	such.	chłod.	such.	słon.	chłod.	wilg.	pochm.	chłod.	wilg.	przec.	przec.	przec.	przec.	przec.	przec.	przec.	przec.	przec.	przec.	przec.	przec.	chłod.
48	Zamojskie	przec.	wilg.	przec.	ciepł.	such.	pochm.	ciepł.	such.	przec.	przec.	such.	przec.	such.	przec.	such.	przec.	such.	przec.	such.	przec.	przec.	przec.	przec.	przec.

\*Oznaczenia jak w tabeli 4.

tałych okresów. W przypadku promieniowania całkowitego jako słoneczne określano obszary o bonitacji +2 i +3, jako pochmurne -2 i -3, zaś analogicznie według sum aktywnych temperatur jako ciepłe i chłodne. Tabela 5 obejmuje opisową charakterystykę podstawowych elementów agrometeorologicznych dla województw o przeciętnych sumach opadów półrocza letniego niższych od średniej krajowej. Uwzględnienie stosunków wodnych półrocza zimowego oraz podział półrocza letniego na trzy okresy udowadnia istotne zróżnicowanie agroklimatyczne.

### WYNIKI BADAŃ

Przedstawione poprzednio tabele stanowią podstawę porównawczych ocen poszczególnych obszarów. Obejmują one według metod klimatologicznych odniesienia do średnich wielkości z całego obszaru kraju. Wykorzystanie tak uporządkowanych informacji wejściowych do modeli agroklimatycznych może być zróżnicowane w zależności od posiadanych i konkretnych kryteriów. Na przykład liczbowych wielkości sum temperatur optymalnych lub minimalnych dla poszczególnych upraw, wymagań świetlnych, szczegółowo określonych potrzeb wodnych itp.

W związku z założoną problematyką należy rozważyć, na jakich obszarach Polski, w przypadku gleb o małej retencyjności, będą miały miejsce największe straty spowodowane posuchami. W przypadku wystąpienia dłuższych okresów bez opadów lub o opadach znacznie niższych od przeciętnych i jednoczesnych wysokich wartościach parowania znacznie wyraźniej zaznaczają się straty i zniszczenia na obszarach, gdzie istniały mniejsze szanse retencjonowania wody podczas poprzedzającego okresu. Możemy z tabeli 4 wybrać grupy bonitacyjne dla wcześniejszego okresu -3 oraz opisywanego -3 i -2 (zagrożenie największe), grupy -2 oraz -3 i -2 (zagrożenie bardzo duże), grupy -1 oraz -3 (zagrożenie duże). Uzyskujemy w ten sposób gradację potencjalnych możliwości skutków posuch. Zestawiona w taki sposób tabela 6 wskazuje na istotne zagrożenie posuchami, np. wiosennymi, województw: warszawskiego, skierniewickiego, leszczyńskiego, poznańskiego i następnie bydgoskiego, ciechanowskiego, elbląskiego, gdańskiego i wrocławskiego. Posuchy wiosenne zagrażają więc obszarom co najmniej 10 województw, letnie - 15 i jesienne - 17.

Tabela 5 pozwala wnioskować o obszarach, na których nawodnienia spowodują skuteczne polepszenie wykorzystania istniejących, korzystnych warunków cieplnych i świetlnych. W przypadku całego okresu

T a b e l a 6

## Zagrożenie produkcji rolniczej skutkami posuch

Nr	Województwo	Posucha wiosenna			Posucha letnia			Posucha jesienna		
		naj- więk- sze	bar- dzo duże	duże	naj- więk- sze	bar- dzo duże	duże	naj- więk- sze	bar- dzo duże	duże
1	Warszawskie	+				+			+	
2	Białkopodlaskie					+			+	
3	Białostockie							+		
5	Bydgoskie			+						
6	Chełmskie								+	
7	Ciechanowskie			+	+				+	
9	Elbląskie			+						
10	Gdańskie			+						
13	Kaliskie									+
16	Konińskie			+	+					+
21	Leszczyńskie		+			+		+		
22	Lubelskie									+
23	Łomżyńskie					+				
24	Łódzkie					+		+		
28	Ostrołęckie					+				
31	Płockie					+				+
32	Poznańskie		+		+			+		
34	Radomskie									+
36	Siedleckie						+	+		
37	Sieradzkie									+
38	Skierniewickie	+				+		+		
40	Suwalskie					+				
43	Toruńskie									+
46	Włocławskie			+	+				+	

aktywnej wegetacji należałoby przyznać priorytet inwestycjom nawadniającym w województwach: skierniewickim i radomskim, gdzie jednocześnie występują naturalne cechy agroklimatyczne. W następnej kolejności według kryterium przeciętnych wielkości czynnika energetycznego i wyższych od przeciętnej czynnika cieplnego należy wymienić województwa: warszawskie, płockie, leszczyńskie, konińskie, włocławskie,

gorzowskie, zielonogórskie i zamojskie, zaś województwa: siedleckie, białkopodlaskie, chełmskie i lubelskie reprezentują grupę o warunkach słonecznych przy przeciętnych wartościach czynnika cieplnego. Nawodnienia w okresie V-VI powinny zapewnić największe efekty na obszarach jednocześnie ciepłych i słonecznych, jak skierniewickie i białkopodlaskie oraz słonecznych i przeciętnych, jak: bydgoskie, białostockie, toruńskie. Należy zwrócić również uwagę na korzystne w tym okresie warunki energetyczne na obszarach województwa suwalskiego, gdańskiego, elbląskiego, koszalińskiego i olsztyńskiego, pomimo niższych od przeciętnych sum temperatur aktywnych. Dla okresu VII-VIII należałoby oczekiwać najwyższych efektów nawodnień w województwie skierniewickim i białkopodlaskim, a następnie warszawskim, siedleckim, białostockim, lubelskim i radomskim ze względu na warunki energetyczne i cieplne. Pod koniec okresu aktywnej wegetacji nawodnienia byłyby najlepiej wykorzystane w województwach: poznańskim, gorzowskim, zielonogórskim, sieradzkim, wrocławskim i radomskim.

#### WSKAŹNIK WYKORZYSTANIA ENERGII SŁONECZNEJ

Dla wykorzystania do celów wdrożeniowych istnieje konieczność uwzględnienia wielkości parowania w postaci parametru wejściowego do modelu kształtowania stosunków wodnych obszaru. Możemy założyć, że w przypadku równości sum opadów i parowania mamy do czynienia z sytuacją braku ograniczenia w wykorzystywaniu energii promieniowania słonecznego przez czynnik wodny siedliska. Natomiast niedobory lub nadmiary opadów powodują ujemne skutki. Ze względu na zróżnicowane poglądy w zakresie wielkości potrzeb wodnych roślin, parowania terenowego itp. wykorzystano do analizy wartości klimatologiczne w postaci parowania wskaźnikowego.

Przyjęte założenie możemy przedstawić:

$$T_k = T (P/E_0 - 1)$$

gdzie:

- $T_k$  - wskaźnik niewykorzystanej energii w  $\text{kWh} \cdot \text{m}^{-2}$ ,
- $T$  - suma miesięczna promieniowania całkowitego w  $\text{kWh} \cdot \text{m}^{-2}$ ,
- $P$  - suma miesięczna opadów w mm,
- $E_0$  - suma miesięczna parowania wskaźnikowego w mm.

Im większe nadmiary lub niedobory opadów w stosunku do parowania wskaźnikowego, tym większe odchylenia od stanu równowagi. Jeżeli na

T a b e l a 7

Sumy promieniowania całkowitego (T) w kWh·m<sup>-2</sup>, klimatycznego bilansu wodnego (P-E<sub>o</sub>) w mm oraz wielkości niewykorzystanej energii promieniowania (T<sub>k</sub>), spowodowanych niedoborem („-“) lub nadmiarem opadów („+“) w kWh · m<sup>-2</sup>. Średnie wieloletnie z okresu 1951-1970 oraz wielkości miesięczne w latach, gdy wystąpiły absolutne minima klimatycznego bilansu wodnego

Stacja		V	VI	VII	VIII	IX		
Prabuty (woj. elbląskie)	1951- -1970	T	156	190	166	142	100	
		P-E <sub>o</sub>	-19	-38	+10	+14	+8	
		T <sub>k</sub>	(-)40	(-)76	(+)20	(+)28	(+)16	
	rok	1959	1951	1963	1973	1951		
	minima	T	208	181	196	154	113	
		P-E <sub>o</sub>	-81	-86	-71	-70	-47	
		T <sub>k</sub>	(-)169	(-)154	(-)122	(-)108	(-)86	
	Poznań	1951- -1970	T	149	168	157	137	92
			P-E <sub>o</sub>	-25	-40	-18	-21	-11
T <sub>k</sub>			(-)46	(-)69	(-)31	(-)37	(-)19	
rok		1956	1970	1963	1973	1969		
minima		T	172	198	170	186	108	
		P-E <sub>o</sub>	-85	-115	-114	-100	-67	
		T <sub>k</sub>	(-)157	(-)185	(-)160	(-)164	(-)99	
Skierniewice		1951- -1970	T	163	190	173	148	104
			P-E <sub>o</sub>	-24	-33	0	-22	-16
	T <sub>k</sub>		(-)48	(-)64	0	(-)40	(-)28	
	rok	1964	1954	1971	1973	1951		
	minima	T	199	194	219	202	118	
		P-E <sub>o</sub>	-73	-76	-105	-74	-70	
		T <sub>k</sub>	(-)149	(-)144	(-)188	(-)154	(-)118	
	Jelenia Góra	1951- -1970	T	148	157	155	134	94
			P-E <sub>o</sub>	+21	+8	+30	+33	-3
T <sub>k</sub>			(+)45	(+)17	(+)63	(+)71	(-)6	
rok		1953	1970	1963	1954	1959		
minima		T	200	207	194	171	141	
		P-E <sub>o</sub>	-52	-55	-65	-41	-61	
		T <sub>k</sub>	(-)114	(-)124	(-)148	(-)82	(-)134	

przykład  $P-E_0$  wynosi 0,75, to ograniczenie odpowiada 25% sumy energii, spowodowanej niedoborem (wartość ujemna wskaźnika). Jeżeli 1,25 to również ograniczenie 25%, zaś wielkość dodatnia informuje o przyczynie w postaci nadmiaru opadów.

W tabeli 7 zestawiono dane dla wybranych stacji. Średnie wieloletnie informują, że np. w Prabutach podczas maja ujemne wielkości klimatycznego bilansu wodnego powodują przeciętnie niewykorzystanie  $40 \text{ kWh} \cdot \text{m}^{-2}$ , zaś w lipcu nadmiar opadów ogranicza o  $20 \text{ kWh} \cdot \text{m}^{-2}$ . Natomiast w Skierniewicach podczas lipca, gdy opady dokładnie równoważą parowanie, występują optymalne warunki. Na tle przeciętnych wielkości można ocenić skrajnie niekorzystne wartości klimatycznego bilansu wodnego. Wyjątkowe posuchy towarzyszą z reguły wyższemu od przeciętnych przychodom energii promieniowania, czynnikowi szczególnie cennemu w naszym klimacie dla produktywności siedliska rolniczego. Przyjęte kryterium nie uwzględnia istniejących w glebie zasobów wodnych, lecz wyłącznie wpływy klimatyczne. Jednakże w przypadku poprzedzających niedoborów oraz małej retencyjności gleb założenie nie odbiega w sposób istotny od warunków rzeczywistych. Brak wody uniemożliwia wykorzystanie zasobów energetycznych. Na przykład dla Skierniewic (przeciętnie optymalne warunki w lipcu) podczas tego miesiąca w roku 1971 suma opadów wynosiła 17 mm, parowanie wskaźnikowe 122 mm, a więc klimatyczny bilans wodny  $-105 \text{ mm}$ . Według przyjętego założenia z występującej wówczas sumy promieniowania  $219 \text{ kWh} \cdot \text{m}^{-2}$ , wyższej od przeciętnej o 46 kWh, wykorzystane zostało tylko 31 kWh, zaś w przeciętnych warunkach aż 173 kWh. Również dla obszarów, na których przeciętne wielkości dodatnie klimatycznego bilansu wodnego stanowią okresowe ograniczenia wykorzystania energii, np. w Prabutach, wystąpienie posuchy lipcowej w 1963 roku zmniejszyło dwukrotnie potencjalne możliwości wykorzystania energii. Należy przypuszczać, że znaczne wartości ujemne klimatycznego bilansu wodnego - przy jednoczesnych wysokich przychodach energii - mogą w przypadku trwałych użytków zielonych, sadów, lasów itp. spowodować znacznie większe szkody na obszarach, gdzie rośliny są „przyzwyczajone” do przeciętnych warunków klimatycznych, oznaczanych jako pochmurne lub wilgotne.

#### PODSUMOWANIE

Nawodnienia deszczowniane mają istotne znaczenie dla zwiększenia produktywności siedliska rolniczego na większości obszarów Polski.



Ze względu na aspekt ekonomiczny należy zastanowić się nad regionami, w których rentowność inwestycji nawadniających będzie największa z punktu widzenia warunków przyrodniczych. Istotne znaczenie dla oceny zgodności pomiędzy wymaganiami roślin i warunkami środowiska posiadają czynniki klimatyczne. Dla rzetelnej i efektywnej rejonizacji konieczny jest wybór odpowiednich cech diagnostycznych oraz kryteria ocen. Przedstawiony w pracy blok agrometeorologiczny do modelu czynnika środowiska rolniczego i jego produktywności stanowi również fragment wejścia do modelu np. szerokoobszarowej gospodarki wodnej lub konkretnej zlewni, potrzeb i możliwości melioracji mikroklimatycznych, oceny efektywności przedsięwzięć melioracyjnych itd. w fazie projektowania i częściowo w okresie eksploatacji. Zdając sobie sprawę z ogromnej ilości cennych informacji meteorologicznych i klimatologicznych, które są łatwo dostępne lecz nie wykorzystywane, wybrano niektóre z nich i opracowano w postaci średnich dla obszarów województw.

Blok wilgotności agroklimatu (W) - klimatyczny bilans wodny:

- $x_1$  - półrocze zimowe,
- $x_2$  - półrocze letnie,
- $x_3$  - okres V-VI,
- $x_4$  - okres VII-VIII,
- $x_5$  - okres IX-X.

Blok energetyczny (S) - sumy przychodu energii:

- $x_1$  - półrocze letnie,
- $x_2$  - okres V-VI,
- $x_3$  - okres VII-VIII.

Blok cieplny (C) - sumy aktywnych temperatur:

- $x_1$  - od początku okresu do końca działania aktywnych temperatur,
- $x_2$  - okres od początku do końca czerwca,
- $x_3$  - okres VII-VIII,
- $x_4$  - okres od początku IX do końca działania aktywnych temperatur.

W artykule podano przykłady wykorzystania danych. Jako kryterium ocen porównawczych przyjęto średnie wielkości dla poszczególnych czynników i okresów, wynikające z planimetrowania izolinii map całego obszaru Polski.

Nie istnieje i nie może istnieć rejonizacja uniwersalna. Wymagania w stosunku do siedliska atmosferycznego poszczególnych upraw, a nawet odmian, są bardzo zróżnicowane ze względu na granice oporu środowiskowego oraz optymalne wielkości. Należy również łączyć istniejące potrzeby wodne, świetlne i cieplne z zamierzeniami oraz możliwościami

ciami optymalizacji warunków siedliska za pomocą techniki. Nawet w modelu „czarnej skrzynki”, w którym wyjściem jest plon, wprowadzenie na wejściu jednego czynnika, np. temperatury powietrza, może dać pozytywny wynik tylko dla wypadku stabilności pozostałych czynników agroklimatycznych w czasie i przestrzeni. Niezależnie od zaspokojenia potrzeb roślin w stosunku do przeciętnych warunków klimatycznych istnieją pozostałe aspekty zagadnienia. Warunki pogodowe w określonych układach są czynnikiem usposabiającym do aktywnej działalności chorób i szkodników. Od przebiegu pogody zależy możliwość całkowitego lub częściowego zbioru plonu, jak również jego ilość i jakość technologiczna. Jednym z koniecznych zadań jest selekcja i wybór informacji o warunkach pogodowych, wpływających na znaczne ograniczenie wegetacji lub całkowite zniszczenie danej uprawy oraz utrudnienie lub uniemożliwienie prawidłowego wykonania zabiegów agrotechnicznych i melioracyjnych. Podstawowe znaczenie dla oceny powodzenia lub niepowodzenia systemu eksploatacji urządzeń nawadniających, zmian struktury zasiewów, wprowadzenia poplonów i międzyplonów do tradycyjnego płodozmianu, wprowadzania nowych odmian itp. posiada ocena prawdopodobieństwa występowania poszczególnych czynników meteorologicznych i ich zespołów. W odróżnieniu od licznych opracowań na podstawie przeciętnych wielkości mamy znikomo małą ilość wyników badań na ten temat. Są one konieczne dla określania ryzyka skutków decyzji w wielu dziedzinach rolnictwa i melioracji. Całkowite powodzenie z zakresu optymalnego wykorzystania środowiska przyrodniczego oraz pełnej efektywności stosowania środków technicznych może zapewnić tylko szeroka i wnikliwa współpraca nauki i praktyki rolniczej, melioracyjnej i in. nad wyprowadzeniem cyfrowo oznaczonych parametrów, oceniających reakcje żywych organizmów na działanie poszczególnych czynników pogodowych i klimatycznych.

#### LITERATURA

1. Bac S.: Badania nad współzależnością parowania z wolnej powierzchni wodnej, parowania terenowego i ewapotranspiracji potencjalnej. Prace i Stud. Komit. Gosp. Wodn. PAN, t. X, PWN Warszawa 1970.
2. Bac S.: Kryteria klimatyczne lokalizacji nawodnień w Polsce. Zesz. probl. Post. Nauk roln. z. 181, 1976.
3. Bac S.: Warunki agrometeorologiczne Dolnego Śląska jako podstawa gospodarki wodnej. PWN Komisja Nauk o Ziemi, Wrocław 1977.

4. Bac S., Rojek M.: Metodyka oceny stosunków wodnych obszarów rolniczych na podstawie danych klimatycznych. Zesz. nauk. ART w Olsztynie, z. 21, 1977.
5. Chomicz K.: Materiały do poznania agroklimatu Polski. PWN, Warszawa 1977.
6. Górski T.: Bonitacja agroklimatyczna Polski. IUNG 1976.
7. Okołowicz W.: Regiony klimatyczne. Narodowy Atlas Polski. PAN - Inst. Geogr., Ossolineum Wrocław 1973-1978.
8. Romer E.: Regiony klimatyczne Polski. Prace Wrocł. Tow. Nauk. Wrocław 1949.
9. Romer E.: Okresy gospodarcze w Polsce. Prace Wrocł. Tow. Nauk. Wrocław 1949.
10. Schmuck A.: Regiony pluwiotermiczne w Polsce. Czas. geograf. z. 3, 1965.
11. Stopa-Boryczka M., Boryczka J.: Atlas współzależności parametrów meteorologicznych i geograficznych w Polsce. Inst. Geografii, Warszawa 1976.
12. Thran P., Broekhuizen S.: Agroclimatological Atlas of Europe. Elsev. Publ. Co. Wageningen 1965.
13. Wiszniewski W., Chełchowski W.: Charakterystyka klimatu i regionalizacja klimatologiczna Polski. Wyd. Kom. i Łączn. Warszawa 1975.
14. Witek T. (red.): Rolnicza przestrzeń produkcyjna w liczbach. IUNG 1974.
15. Witek T., Górski T.: Przyrodnicza bonitacja rolniczej przestrzeni produkcyjnej w Polsce. IUNG 1974.

С. Бац

## ОГРАНИЧЕНИЯ В ИСПОЛЬЗОВАНИИ РЕСУРСОВ СОЛНЕЧНОЙ И ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ ИЗ-ЗА ВОДНОГО ДЕФИЦИТА В ПОЛЬШЕ

### Р е з ю м е

Водный дефицит делает невозможным использование существующих условий прихода солнечной энергии и тепла. По данным 1951-1970 гг., касающихся суммы осадков, испарения, климатического водного баланса, солнечного излучения и суммы активных температур, составлены карты в масштабе 1:2 000 000. При помощи планиметрирования поверхности между изаритмами получена подробная информация о силе этих явлений во временно-пространственной системе на территории отдельных воеводств и всей страны. Работа содержит анализ материалов для воеводств, в которых сумма осадков летнего полугодия ниже средней

всей страны. Показана существенная пригодность климатических водных балансов как критерий местной оценки дефицита. Проведена бонитировка поверхности воеводств для периодов IV-IX, V-VI, VII-VIII, IX-X и зимнего полугодия в пределах климатических водных балансов, а также суммы полного излучения и активных температур аналогичных отрезков времени летнего полугодия. Показаны территории, на которых орошения имеют существенное значение для повышения продуктивности сельскохозяйственной среды. Для синтетического подхода разработан показатель использования энергии солнечного излучения. На основании этого показаны величины неиспользованных ресурсов солнечной энергии в крайне засушливые годы и месяцы.

S. Bac

RESTRICTIONS IN UTILITATION OF SOLAR AND THERMAL ENERGY  
RECOURCES BY WATER DEFICIENCY IN POLAND

S u m m a r y

Water deficiency unable utilitation of existing conditions of total solar and thermal energy. According to the data from the period 1951-1970 referring to the sums of precipitations, evaporation, climatic water balances, solar radiation and sums of active temperatures there were made maps in scale 1: 2 000 000.

Using planimetring of the surface between izarytms it was allowed for the detailed information about the intensity of these phenomena in time and space for different regions and the whole country.

The work consists of the analysis of the material for particular regions on which the precipitation sums in warm half-year are lower than the country average. It was pointed for the essential usability of climatic water balances as a regional criterion for the evaluation in water deficiency. There was carried out the bonitation of the regional surfaces for the periods IV-IX, V-VI, VII-VIII, IX-X and cold half year in the range of climatic water balances as well as total radiation and active temperatures for similar time periods in warm half year. There were specified the regions on which the

---

irrigation plays a significant role for the extension of agriculture environment productivity. In order to treat the problem synthetically there was precised an indicator for utilization of solar-energy radiation. On this basis the quontity of unused solar-energy in years and months extremely dry was pointed.