

Waldemar Treder, Katarzyna Wójcik, Krzysztof Klankowski, Anna Tryngiel-Gac

**OCENA PRZESTRZENNEJ ZMIENNOŚCI
WYSTĘPOWANIA OPADÓW W POLSCE CENTRALNEJ
W SEZONIE WEGETACYJNYM ROKU 2010**

***ASSESSMENT OF SPATIAL AND TEMPORAL
VARIABILITY OF RAINFALL IN CENTRAL POLAND
DURING THE VEGETATIVE SEASON OF 2010***

Streszczenie

W warunkach klimatycznych Polski opady atmosferyczne są podstawowym źródłem wody dla roślin. Od ich ilości, intensywności i rozkładu zależy wilgotność gleby, która ma wpływ na prawidłowy wzrost i rozwój roślin. Charakterystyczna dla naszego klimatu jest duża zmienność i kontrastowość występowania opadów. Celem podjętych badań była szczegółowa analiza przestrzennej zmienności opadów atmosferycznych w Centralnej Polsce. Podstawę opracowania stanowiły pomiary opadów prowadzone w okresie wegetacji IV – X 2010 roku w 34 automatycznych stacjach meteorologicznych rozmieszczonych w gospodarstwach sadowniczych na obszarze Polski Centralnej pomiędzy Skierniewicami a Górą Kalwarią. Analiza wyników potwierdza opinię o bardzo dużej przestrzennej zmienności sum opadów, ich maksymalnych wysokości i intensywności oraz długości ciągów dni z opadami i bez opadów. Wysokie różnice wykazano nawet dla stacji położonych bardzo blisko siebie – kilka do kilkunastu kilometrów. Aby wiarygodnie wyznaczyć np. klimatyczny bilans wodny opady powinny być mierzone bezpośrednio na obiekcie dla którego szacowany jest bilans.

Słowa kluczowe: opady, zmienność przestrzenna, pomiar automatyczny, sterowanie nawadnianiem

Summary

In climatic conditions of Poland rainfall constitutes the main source of water for vegetation. Total amount of rainfall, its intensity and distribution influence soil moisture which has a major impact on plants' growth and development. Great

variability and contrasts of rainfall are one of the main characteristics of Polish climate. The aim of the following investigations was to precisely analyze the spatial changeability of rainfall in Central Poland. Data concerning rainfall were collected during the vegetative season of April - October 2010 in 34 meteorological stations scattered in orchards all over Central Poland (the area between Skierniewice and Góra Kalwaria), and were the basis for the evaluation. Analysis of the data confirms the observation which states that there is a great spatial variability of sum of precipitation, its maximum amount and intensity as well as the longitude of dry and rain spells. Significant differences were observed between the stations located very close to each other – a few kilometers apart. In order to work out e.g. a reliable climatic water balance the rainfall must be measured directly on the investigated object.

Key words: rainfall, variability

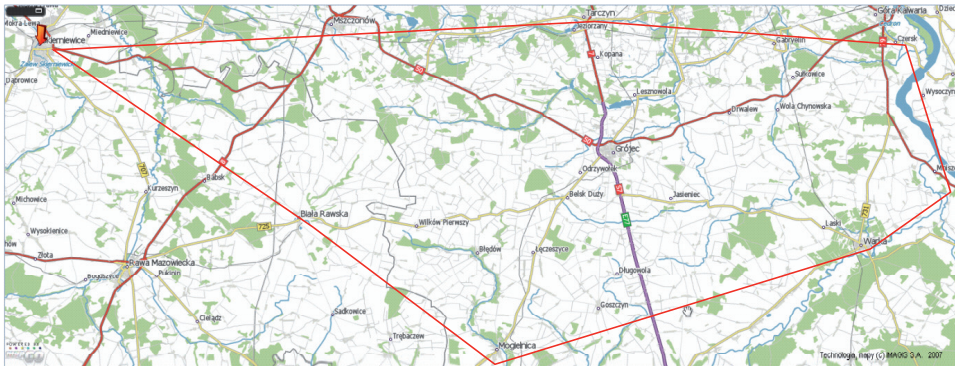
WPROWADZENIE

W warunkach klimatycznych Polski opady atmosferyczne są podstawowym źródłem wody dla roślin. Od ich ilości, intensywności i rozkładu zależy wilgotność gleby, która ma wpływ na prawidłowy wzrost i rozwój roślin. Bac i in. [1998] określają klimat Polski jako przejściowy, zmienny i kontrastowy. Zmienność klimatu określają odchylenia wartości meteorologicznych zmierzonych w konkretnych latach do wartości średnich. Charakterystyczna dla naszego klimatu jest przede wszystkim duża zmienność ilości opadów pomiędzy poszczególnymi latami [Kaczorowska 1962]. Kontrastowość klimatu występuje wtedy, gdy na niewielkiej odległości występują znaczne różnice wartości elementów meteorologicznych. W Polsce bardzo często obserwujemy duże różnice pomiędzy wysokością opadów występujących nawet na stosunkowo małym obszarze [Banaszkiewicz i in. 2004; Kalbarczyk, Kalbarczyk 2010]. Zmienny jest także rozkład opadów w czasie sezonu wegetacyjnego, w tej samej porze roku mogą występować wielodniowe okresy bezopadowe lub długotrwałe nadmierne opady [Dzieżyc 1989]. Poszczególne opady charakteryzują się także bardzo różną wielkością i intensywnością [Treder, Konopacki 1998]. Od wielkości i intensywności opadów zależy ich efektywność. Mała jest efektywność opadów niskich (poniżej wysokości dziennej ewapotranspiracji) oraz opadów burzowych [Drupka 1976; Treder, Konopacki 1999]. Przebieg pogody jest głównym parametrem określającym potrzeby wodne roślin [Doorenbos, Pruitt 1977; Xing i in. 2008]. Klimatyczny wskaźnik potrzeb wodnych roślin wyznaczany jest na podstawie bilansu rozchodów (ewapotranspiracja) oraz przychodów (opady) [Rzekanowski, 2009]. Tak więc od jakości pomiaru parametrów klimatycznych, na podstawie których wyznaczana jest ewapotranspiracja oraz dokładności pomiaru opadu zależna jest prawidłowość szacowania lokalnych potrzeb wodnych roślin uprawnych.

Celem podjętych badań była szczegółowa analiza przestrzennej zmienności opadów atmosferycznych w głównym rejonie uprawy roślin sadowniczych w Polsce.

MATERIAŁ I METODY

Podstawę opracowania stanowiły pomiary opadów prowadzone w centralnej części Polski, w największym krajowym rejonie upraw sadowniczych. Na obszarze obejmującym około 1400 km², leżącym pomiędzy miejscowościami Skierniewice, Biała Rawska, Mogielnica, Warka, Czersk i Tarczyn na terenie sadów produkcyjnych (lub doświadczalnych) umiejscowione są 34 automatyczne stacje meteorologiczne iMetos (Pessl Instruments, Austria). Deszczomierz o powierzchni zbierającej 250 cm² opadu był umieszczony na wysokości 2 m (rys. 1, tabela 1). Opady rejestrowano z częstotliwością co 60 minut przy minimalnej rozdzielczości pomiaru 0,2 mm. Analizowane dane pomiarowe obejmują okres od IV do X 2010 roku. Charakterystyki opadów dokonano oddzielnie dla poszczególnych punktów pomiarowych oraz łącznie dla całego analizowanego obszaru jako średnią arytmetyczną. Przebieg zmienności sum oraz intensywności opadów opisano za pomocą określenia maksimum, minimum, rozstępu oraz współczynnika zmienności analizowanych parametrów.



Rysunek 1. Obszar na którym rozmieszczono stacje meteorologiczne
Figure 1. Area with the meteorological stations

Tabela 1. Położenie stacji meteorologicznych uwzględnionych w badaniach
Table 1. Location of meteorological stations considered in the research

Miejscowość, Place	Φ, N	□, E
Belsk Duży	51°49'	20°48'
Biała Rawska	51°48'	20°28'
Błędów	51°46'	20°41'
Broniszew	51°44'	20°54'
Chodnów	51°46'	20°33'
Chrząszczew	51°49'	20°26'
Chynów	51°54'	21°05'

Miejscowość, Place	Φ , N	\square , E
Ciechlin	51°52'	20°40'
Czersk	51°57'	21°14'
Dalboszek	51°44'	20°44'
Goliany	51°47'	20°45'
Grzegorzewice	51°58'	20°37'
Grzymkowice	51°51'	20°31'
Huta Błędowska	51°44'	20°38'
Ignaców	51°45'	20°38'
Jeziora	51°53'	20°45'
Konary	51°52'	21°13'
Lubania	51°41'	20°35'
Nowy Dwór	51°51'	20°17'
Olkowice	51°43'	20°58'
Olszew	51°46'	20°49'
Pęcław	51°55'	21°11'
Podole	52°04'	21°03'
Popowice	51°43'	20°41'
Prusy	51°49'	21°10'
Skierniewice-Sabediany	51°57'	20°08'
Skierniewice-Sad	51°57'	20°09'
Stara Warka	51°48'	21°13'
Szwejki Małe	51°45'	20°29'
Tarczyn	51°58'	20°50'
Wężowiec	51°40'	20°39'
Wilków	51°48'	20°37'
Wodziczna	51°43'	20°44'
Wysoczyn	51°55'	20°50'

WYNIKI I DYSKUSJA

Sezon wegetacyjny roku 2010 charakteryzował się stosunkowo wysokimi opadami. Średnia suma opadów dla wszystkich stacji w okresie IV - X wyniosła 577 mm. Szacowana średnia wieloletnia (lata 1951-1990) suma opadów dla tego obszaru w okresie IV - X wynosi około 375 mm (szacunku dokonano na podstawie Atlasu uwilgotnienia gleb w Polsce - Koźmiński i Michalska 1995). Sumaryczne miesięczne opady dla poszczególnych stacji meteorologicznych przedstawiono w tabeli 2. Najwyższą sumę opadów w okresie IV -X 2010 r. odnotowano dla stacji umieszczonej w Belsku (800,6 mm), a najniższą w miejscowości Wodziczna (328,4 mm). Szacunkowa odległość między stacjami pomiarowymi wynosi zaledwie ok. 12 km (Google Earth). Rozstęp pomiędzy

sumami opadów dla tych stacji wyniósł aż 472,2 mm (tabela 2), co jest wartością wyższą od średniej dla całego analizowanego obszaru. Tak duża różnica niesie wręcz podejrzenie popełnienia błędu podczas pomiarów. Właściciel sadu potwierdził jednak wyjątkowo niską ilość opadów w miejscu, w którym usytuowana jest stacja meteorologiczna. Odnotowano tu najniższe sumy opadów dla kwietnia i czerwca (tabela 2). Statystyczna analiza rozproszenia zmierzonych dla poszczególnych stacji wartości miesięcznych sum opadów wykazała stosunkowo wysokie wartości rozstępu, odchylenia standardowego (S) oraz współczynnika zmienności (V), (tabela 2). W miesiącach IV, V, VII, VIII i IX rozstępy pomiędzy odnotowanymi maksymalnymi i minimalnymi sumami opadów wynosiły ponad 100 mm. Dla wszystkich miesięcy za wyjątkiem maja rozstępy były wyższe od średnich sum opadów dla wszystkich stacji, co potwierdza wyjątkową zmienność przebiegu opadów w Polsce środkowej w roku 2010. Potwierdzają to także wyznaczone dla poszczególnych miesięcy współczynniki zmienności sum opadów (tabela 2). Współczynnik zmienności sum opadów za cały okres wegetacji na analizowanym obszarze wyniósł 17,24%. Odpowiada to danym uzyskanym przez Kaczorowską (1962), która szacuje zmienność rocznych sum opadów dla Polski środkowej na poziomie 13%. Autorka podaje, że wiosną te współczynniki mogą wahać się w zakresie 20% - 34% a jesienią 29% - 45%. W badaniach własnych szczególnie wysoką zmienność opadów stwierdzono w kwietniu, w którym poziom współczynnika zmienności osiągnął wartość aż 74,75%. W pozostałych miesiącach wartość współczynnika wahała się od 22,15% (V) do 36,6 % (X).

Tabela 2. Miesięczne sumy opadów atmosferycznych oraz podstawowe statystyki dla 34 stacji meteorologicznych umiejscowionych w Polsce środkowej – sezon wegetacyjny 2010 roku

Table 2. Monthly sum of precipitation and statistical characteristics for 34 meteorological stations located in Central Poland –vegetation season of 2010 year

Miejscowość	Miesiące							IV-X suma
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	
Belsk	36,6	185,2	110,6	118,6	129,6	152,6	11,2	800,6
Biała Rawska	21,4	173,4	91,6	172,8	155,0	138,2	8,8	761,2
Błędów	77,4	150,2	84,4	103,4	91,4	106,0	9,0	621,8
Broniszew	31,4	144,6	87,4	103,6	143,8	111,0	9,2	631,0
Chodnów	29,8	153,0	79,0	97,2	96,4	96,0	9,0	560,4
Chrzęszczew	22,6	154,0	73,2	115,4	111,0	105,0	5,4	586,6
Chynów	18,0	122,8	91,4	115,4	139,8	95,6	4,2	587,2
Ciechlin	16,6	132,8	99,0	115,4	111,0	125,0	8,6	608,4
Czersk	18,0	103,2	67,8	77,2	153,4	62,6	4,6	486,8

Miejscowość	Miesiące							IV-X suma
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	
Dalboszek	102,8	140,0	82,8	106,8	113,8	117,0	5,2	668,4
Goliany	37,2	132,0	85,8	104,2	77,4	88,8	7,0	532,4
Grzegorzewice	29,0	120,0	78,8	94,2	109,0	98,2	5,4	534,6
Grzymkowice	24,8	142,4	77,0	86,0	143,4	96,8	12,4	582,8
Huta Będowska	36,4	148,2	64,4	94,4	83,6	89,0	8,6	524,6
Ignaców	36,8	177,4	102,8	91,0	120,0	108,4	4,0	640,4
Jeziora	52,6	173,2	132,8	115,0	133,4	124,0	8,2	739,2
Konary	29,8	108,4	77,8	98,2	159,0	121,0	5,8	600,0
Lubania	39,4	173,4	58,0	68,6	85,4	98,6	3,0	526,4
Nowy Dwór	18,4	119,8	76,4	84,6	104,4	98,8	5,2	589,0
Olkowice	32,2	124,6	101,2	76,0	59,2	35,4	9,0	437,6
Olszew	44,4	154,8	85,2	100,0	133,0	123,2	7,8	648,4
Pęczław	122,0	80,6	127,2	167,0	100,6	100,6	5,4	703,4
Podole	21,2	105,2	67,6	84,0	126,8	113,8	6,0	524,6
Popowice	77,6	167,2	77,2	107,6	111,2	118,2	9,0	668,0
Prusy	26,8	117,0	65,4	88,6	121,8	116,0	6,8	542,4
Skiernewice - Sabediany	17,6	154,4	46,0	77,6	113,0	88,4	5,6	594,0
Skiernewice - Sad	15,6	134,4	43,4	64,6	84,6	82,2	4,4	506,6
Stara Warka	117,2	60,2	98,2	110,0	94,2	70,4	6,2	556,4
Szwejki Małe	18,2	118,2	52,6	67,2	98,0	68,6	1,6	424,4
Tarczyn	30,6	127,0	131,2	108,2	110,6	106,2	5,4	619,2
Wężowiec	31,8	129,6	59,8	81,2	115,4	99,2	7,2	524,2
Wilków	29,8	138,2	68,6	82,2	47,6	22,0	9,8	398,2
Wodziczna	9,2	72,0	42,8	67,6	69,2	63,2	4,4	328,4
Wysoczyn	18,6	109,6	63,4	85,8	182,8	112,6	3,6	576,4
Parametry statystyczne								
Średnia	38,0	133,7	80,9	97,9	112,6	98,6	6,6	577,4
Rozstęp	112,8	125,0	90,0	108,2	135,2	130,6	10,8	472,2
Odchylenie standardo- we(mm)	28,4	29,6	22,9	24,0	29,5	26,6	2,4	99,5
Współczynnik zmienności V (%)	74,7	22,1	28,3	24,5	26,2	27,0	36,6	17,2

Bardzo wysoką zmiennością charakteryzowały się także najwyższe dzienne opady odnotowywane w poszczególnych miesiącach (tabela 4). W kwietniu przy średniej ze wszystkich stacji dla najwyższych opadów dziennych wynoszącej 13,4 mm, maksymalny opad odnotowany w Dalboszku 5 IV 2010 r. i wyniósł aż 83,6 mm. Pomimo tego, że średnia suma opadów w kwietniu dla analizowanych stacji – 38,0 mm (tabela 2) nie odbiegała zasadniczo od średniej z wielolecia odnotowywanej w tym regionie, to rozstęp pomiędzy maksymalnym i minimalnym najwyższym dziennym opadem wyniósł aż 81 mm. Średnia suma opadów w kwietniu za lata 1979-2005 dla stacji w Sadzie Doświadczalnym w Dąbrowicach (6 km od Skierniewic) wynosi 36,7 mm, dla Stacji Ursynów SGGW (lata 1960-2009) - 35,3 mm (Majewski i inni 2010). W kwietniu w Dalboszku jednodniowy opad stanowił aż 81,3% całej miesięcznej sumy deszczu. Wysokie rozstępy pomiędzy zmierzonymi przez stacje maksymalnymi dziennymi opadami odnotowano także w VIII – 62 mm i we IX – 58 mm. Opad 75,8 mm odnotowany w Pęcławiu dnia 6 VIII, stanowił 75,3% miesięcznej sumy opadów dla tej stacji.

Tabela 4. Podstawowe statystyki najwyższych dziennych opadów dla kolejnych miesięcy w okresie IV – X 2010 roku dla 34 stacji meteorologicznych umiejscowionych w Polsce środkowej.

Table 4. Statistical characteristics of the highest daily precipitation for the consecutive months in the period of April-October 2010 for 34 meteorological stations in Central Poland

Parametr		Miesiące						
		IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
Najwyższy dzienny opad (mm)	Maks	83,6	46,6	56,6	54,2	75,8	59,6	5,8
	Miejsce	Dalboszek	Ignaców	Tarczyn	Pęcław	Pęcław	Belsk	Grzymkowice
	Min	2,6	15,6	17,2	16,6	13,8	1,6	0,8
	Miejsce	Wodziczna	Szwejk	Wodziczna	Lubania	Wilków	Wilków	<i>I</i>
Rozstęp		81,0	31,0	39,4	37,6	62,0	58,0	5,0
Średnia		13,4	28,8	31,3	29,8	37,2	38,0	2,0
Współczynnik zmienności V (%)		122,0	23,3	27,4	27,8	38,2	15,7	51,7

I - Szwejk, Wysoczyn

Analiza danych pomiarowych dla kolejnych miesięcy wykazała także duże rozstępy i zmienność pomiędzy odnotowaną przez poszczególne stacje liczbą dni z opadem (tabela 5). Rozstęp pomiędzy wartością maksymalną a minimalną

zmieniał się tu od 6 dni (V, VI i VII) aż do 14 dni we wrześniu i 20 w październiku. We wrześniu w Olkowicach opad odnotowano codzienne (rozdzielczość pomiaru 0,2 mm). Natomiast w tym samym czasie w Czersku odnotowano tylko 16 dni z opadem. Odległość pomiędzy Olkowicami a Czerskiem w linii prostej wynosi 31,5 km. W październiku w Belsku stwierdzono 24 dni z opadem natomiast w Szwejkach Małych stacja odnotowała opad tylko dla 4 dni. Odległość pomiędzy Belskiem a Szwejkami Małymi wynosi w linii prostej 23 km.

Najdłuższy ciąg dni z opadem wystąpił we wrześniu w Olkowicach (30 dni), podczas gdy w tym samym okresie w miejscowościach Pęcław i Szwejki Małe najdłuższy ciąg opadowy wynosił tylko 4 dni (tabela 6). Wysokie rozstępy dla tego parametru stwierdzono także w IV, V i X. Przykładowo w maju w Prusach odnotowano 16 dniowy ciąg opadowy, a w Sadzie Pomologicznym w Skierniewicach najdłuższy ciąg opadowy trwał 4 dni. Wykazano także wysokie współczynniki zmienności i rozstępy dla najdłuższych miesięcznych okresów bezopadowych (tabela 7). Najdłuższe dla wszystkich analizowanych stacji i miesięcy okresy bezopadowe (13 dni) wystąpił w lipcu w Konarach. Dla tego samego miesiąca najdłuższy okres bezopadowy w Golianach odległych ok. 33 km trwał tylko 5 dni. We wrześniu najdłuższy ciąg bezopadowy w Grzegorzewicach wynosił 8 dni, a w odległych o 36 km Olkowicach opad odnotowano codzienne.

Tabela 5. Podstawowe statystyki liczby dni z opadem dla kolejnych miesięcy w okresie IV – X 2010 roku dla 34 stacji meteorologicznych umiejscowionych w Polsce środkowej

Table 5. Statistical characteristics of the number of days with precipitation for the consecutive months in the period of April-October 2010 for 34 meteorological stations in Central Poland

Parametr		Miesiąc						
		IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
Liczba dni z opadem	Maks	20	27	16	16	26	30	24
	Miejsce	Chodnów	1	2	Tarczyn	B.Rawska	Olkowice	Belsk
	Min	8	21	10	10	14	16	4
	Miejsce	Wodziczna	Chynów	3	4	Olkowice	Czersk	Szwejki
Rozstęp		12	6	6	6	12	14	20
Średnia		12,8	24,8	12,0	12,2	18,7	22,2	13,8
Współczynnik zmienności V (%)		19,4	6,6	14,3	11,9	14,8	15,8	31,7

1- Belsk, Chodnów, Chynów, Huta Będowska, Ignaców, Stara Warka, Wężowiec; 2- Olszew, Tarczyn, Wodziczna;

3 - Pęcław, Prusy, Sk-ce Sad, Szwejki, Wilków; 4 - Konary, Pęcław, Stara Warka

Tabela 6. Podstawowe statystyki najdłuższych ciągów dni z opadem dla kolejnych miesięcy w okresie IV – X 2010 roku dla 34 stacji meteorologicznych umiejscowionych w Polsce środkowej

Table 6. Statistical characteristics of the longest rain spells for the consecutive months in the period of April-October 2010 for 34 meteorological stations in Central Poland

Parametr		Miesiące						
		IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
Najdłuższy ciąg dni z opadem	Maks	11	16	5	8	11	30	12
	Miejsce	Grzymkowice	Prusy	2	4	Chynów	Olkowice	Belsk
	Min	2	4	3	6	4	4	2
	Miejsce	1	Skier. Sad	3	Skier. Sad	Ignaców	5	6
Rozstęp		9	12	2	2	7	26	10
Średnia		3,5	9,8	3,6	7,1	7,3	8,6	4,1
Współczynnik zmienności V (%)		53,7	26,9	18,0	5,7	25,3	65,6	53,5

1 - Chrząszczew, Błędów, Grzegorzewice, Jeziora, Nowy Dwór, Sk-ce Sad, Sk-ce Sabediany, Wodziczna; 2 - Ignaców, Stara Warka, Tarczyn; 3 -Broniszew, Czersk, Dalboszek, Goliany, Grzegorzewice, Huta Błędowska, Jeziora, Olkowice, Pęcław, Prusy, Skierniewice Sad, Skierniewice Sabadiany, Szwejki Małe, Wilków, Wysocznyn; 4 - Chynów, Dalboszek, Huta Błędowska, Nowy Dwór ; 5 - Pęcław, Szwejki; 6 - Goliany, Jeziora, Lubania, Nowy Dwór, Wodziczna

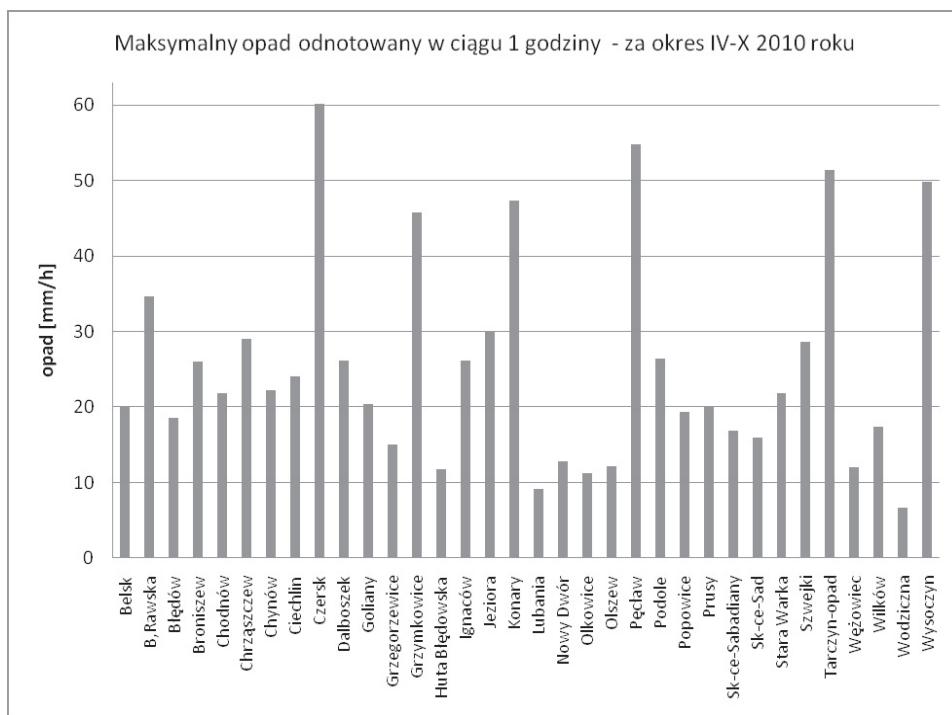
Tabela 7. Podstawowe statystyki najdłuższych ciągów dni bez opadu dla kolejnych miesięcy w okresie IV – X 2010 roku dla 34 stacji meteorologicznych umiejscowionych w Polsce środkowej

Table 7. Basic statistical characteristics of longest dry spells for the consecutive months in the period of April-October 2010 for 34 meteorological stations in Central Poland

Parametr		Miesiące						
		IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
Najdłuższy ciąg dni bez opadu	Maks	9	5	9	13	9	8	12
	Miejsce	Czersk	Dalboszek	Chynów	Konary	Chodnów	Grzego.	Grzego.
	Min	2	1	3	5	1	0	3
	Miejsce	Olszew	1	2	Goliany	B.Rawska	Olkowice	H. Błędów
Rozstęp		7	4	6	8	8	8	9
Średnia		4,5	2,0	5,7	9,4	4,3	2,9	5,6
Wsp. zmienności V (%)		38,1	33,7	25,1	19,3	45,7	62,6	37,7

1- Chodnów, Chrząszczew, Huta Błędowska; 2- Wodziczna, Olszew

Znacznie zróżnicowane były także godzinowe opady maksymalne (rys. 2). Najwyższą intensywność opadu 60,2 mm/h stwierdzono 6 VIII w Czersku. Najwyższa intensywność opadu dla stacji w Wodzicznie to tylko 6,6 mm/h. Średnia wartość najwyższych jednorazowych opadów dla wszystkich stacji wynosiła aż 25,5 mm. Współczynnik zmienności dla tego parametru był także bardzo wysoki i wynosił 54,84%.



Rysunek 2. Maksymalny opad odnotowany w ciągu 1 godziny w okresie IV–X 2010 roku

Figure 2. Maximum precipitation for one hour in the period of April-October 2010

PODSUMOWANIE

Przedstawiona analiza wyników potwierdza opinię o bardzo dużej przestrzennej zmienności opadów deszczu. Zmienność sumy opadów w okresie wegetacji IV – X 2010 roku dla 34 stacji meteorologicznych rozmieszczonych w gospodarstwach sadowniczych na obszarze Polski Centralnej pomiędzy Skierniewicami a Górą Kalwarią osiągnęła wartość 17,24%. Jeszcze wyższą zmienność wykazano dla sum opadów w poszczególnych miesiącach 74,75% w IV i 26,6% w X. Bardzo wysoką zmienność wykazano nie tylko dla sum opadów, ale także dla maksymalnych wysokości dziennych i godzinowych opadów oraz długości ciągów dni z opadami i bez opadów. Wysokie różnice wykazano nawet dla stacji położonych bardzo blisko siebie – kilka do kilkunastu kilometrów. Oznacza to, że aby wiarygodnie wyznaczyć np. klimatyczny bilans wodny opady powinny być mierzone bezpośrednio na obiekcie dla którego szacowany jest bilans. Ze względu na zmienność występowania opadów bardzo wysokich i intensywnych, pomiary powinny uwzględniać nie tylko ilość, ale także inten-

sywność opadów. Mało zagęszczona sieć stanowisk pomiarowych zwiększa prawdopodobieństwo popełnienia błędu przy szacowaniu bilansu wodnego większego obszaru. W przypadku opadów powinny być one mierzone bezpośrednio na terenie, dla którego jest sporządzany bilans wodny.

Badania opisane w opracowaniu były prowadzone w ramach projektu PROZA finansowanego z funduszy strukturalnych Unii Europejskiej, grant numer UDA-POIG.01.03.01-00-140/08-00.

BIBLIOGRAFIA

- Bac S., Koźmiński C., Rojek M. *Agrometeorologia*. Wydawnictwo Naukowe PWN Warszawa, 1998, s. 275
- Banaszkiewicz B., Grabowska K., Szwejkowski Z. *Charakterystyka opadów atmosferycznych na terenie województwa Warmińsko-Mazurskiego w latach 2000 – 2002*. Acta Agrphysica 3, 2004, s. 5-11
- Doorenbos J., Pruitt W.O. *Guidelines for predicting crop water requirements*. FAO Irrigation and Drainage Paper 24, 1977.
- Drupka S. *Techniczna i rolnicza eksploatacja deszczowni*. Warszawa PWRiL. 1976, s. 103-122
- Dziężyc J. *Potrzeby wodne roślin uprawnych*. PWRiL Warszawa, 1989, s.12-17
- Kaczorowska Z. *Opady w Polsce w przekroju wieloletnim*. Prace geograficzne nr 33. Wydawnictwa Geologiczne Warszawa, 1962, s. 112.
- Kalbarczyk E., Kalbarczyk R. *Ocena warunków opadowych w polskiej strefie Pobrzeży południowo-bałtyckich*. Przegląd Naukowy – Inżynieria i Kształtowanie Środowiska 2, 23-34,2010
- Koźmiński C., Michalska B. *Atlas uwilgotnienia gleb pod roślinami uprawnymi w Polsce*. AR Szczecin, 1995, s. 56
- Majewski G., Przewoźniczuk W., Kleniewska M., *Warunki opadowe na stacji meteorologicznej Usynów SGGW w latach 1960-2009*. Przegląd Naukowy- Inżynieria i Kształtowanie Środowiska nr 2(48),2010:3-22.
- Rzekanowski Cz. *Kształtowanie się potrzeb nawodnieniowych roślin sadowniczych w Polsce*. Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich 3, 2009, s. 19-27
- Treder W., Konopacki P. *Zmienność opadów atmosferycznych w Skierniewicach na przykładzie lat 1995 - 1997*. Zeszyty Naukowe ISK 5, 1998, s. 15-22.
- Treder W., Konopacki P. *Impact of quantity and intensity of rainfall on soil water content in an orchard located in the central part of Poland*. Journal of Water and Land Development 3, 1999, s. 1-11
- Xing Z., Chow L., Meng F.R., Res H.W., Stevens L., Monteith L. *Validating evapotranspiration equations using Bowen Ratio in New Brunswick, Maritime, Canada*. Sensors 8, 2008, s. 412-428

Prof. dr hab. Waldemar Treder
Mgr Katarzyna Wójcik
Dr Krzysztof Klamkowski
Mgr Anna Tryngiel-Gać
Pracownicy Samodzielnej Pracowni Nawadniania i Upraw Roślin pod Osłonami
Instytut Ogrodnictwa
ulica: Konstytucji 3 Maja 1/3
96-100 Skierniewice
Telefon 46 8345246
e-mail: Waldemar.Treder@insad.pl

Recenzent: *Prof.dr hab. Jacek Żarski*