

¹ Katedra Łąkarstwa i Kształtowania Krajobrazu, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie,
ul. Akademicka 15, 20-950 Lublin, e-mail: mariusz.kulik@up.lublin.pl

² Katedra Zastosowań Matematyki i Informatyki, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie,
ul. Głęboka 28, 20-950 Lublin

MARIUSZ KULIK¹, RYSZARD BARYŁA¹, ZBIGNIEW CZARNECKI¹,
ANDRZEJ BOCHNIAK²

Warunki hydrotermiczne w centralnej części rejonu kanału Wieprz-Krzna w 50-leciu (1966–2015)

Hydrothermal conditions in the central part of the Wieprz-Krzna
Canal area during five decades from 1966 to 2015

Streszczenie. Celem pracy jest analiza warunków hydrotermicznych w okresie wegetacyjnym ostatniego 50-lecia (lata 1966–2015) w środkowej części rejonu kanału Wieprz-Krzna (centralnej części Polesia Lubelskiego). Charakterystykę warunków hydrotermicznych okresu wegetacji opracowano, wykorzystując dane temperatury powietrza i sum opadów ze stacji meteorologicznej zlokalizowanej w Sosnowicy (wschodnia Polska). Stacja meteorologiczna znajduje się na obszarze odwodnionego i zagospodarowanego kompleksu torfowiska niskiego położonego pomiędzy kanałem Wieprz-Krzna a rzeką Piwonią. Warunki wilgotnościowe analizowanych okresów i podokresów oceniono na podstawie przedziałów zaproponowanych przez Skowerę i Pułę wg współczynnika hydrotermicznego Sielianinowa. W analizowanym 50-leciu (1966–2015) obserwowano systematyczny wzrost średnich temperatur powietrza w kolejnych dekadach. Roczne sumy opadów w tym rejonie kształtowały się w przedziale od 327,2 mm do 819,5 mm, co wskazuje na ich duże zróżnicowanie. Okres wegetacyjny (kwiecień–wrzesień) charakteryzował się większą sumą opadów niż okres pozawegetacyjny (październik–marzec). Dwa lata (2002 i 2003) odznaczały się skrajnie suchym okresem wegetacyjnym, a 21 lat – suchym lub dość suchym. Pozostałe lata cechowały się korzystnymi warunkami wilgotnościowymi w okresie wegetacji, jednak analizując krótsze (2-miesięczne) okresy, należy stwierdzić, że przeważały niekorzystne warunki, zwłaszcza w okresach letnim (czerwiec–lipiec) i letnio-jesiennym (sierpień–wrzesień).

Słowa kluczowe: opady, temperatura, współczynnik hydrotermiczny Sielianinowa

WSTĘP

Jednym z najbardziej zmiennych elementów środowiska glebowego są warunki wodne, które determinują rozwój, wzrost i plonowanie roślin. W bilansie wodnym gleby najważniejszym źródłem po stronie przychodów są opady atmosferyczne [Niemczyk i in. 2010]. Natomiast podstawowym czynnikiem powodującym utratę wody ze środowiska glebowego jest ewapotranspiracja [Szajda 1997, Łabędzki i Bąk 2004, Stachowski 2010,

Szajda 2014]. Jej wielkość zależy głównie od gatunku rośliny (zbiorowiska roślinnego) oraz temperatury powietrza. Czynniki klimatyczne wpływają w znacznym stopniu na wzrost i plonowanie roślin. Największą zmienność wykazują opady atmosferyczne i ich rozkład w okresie wegetacji, co może powodować nadmiar lub niedobór wilgoci w środowisku glebowym w stosunku do potrzeb roślinności. Szczególnie niekorzystny jest długotrwały brak opadów, który w połączeniu z wysokimi temperaturami powietrza w okresie letnim powoduje suszę [Suchorab 1998, Łabędzki i Bąk 2004]. Monitorowanie warunków klimatycznych jest niezbędne do prawidłowego gospodarowania wodą, szczególnie gdy możliwe jest nawadnianie. Dotyczy to zwłaszcza dużych obszarów łąk i pastwisk zlokalizowanych na glebach organicznych. Tego typu kompleksy występują m.in. w rejonie kanału Wieprz-Krzna [Szajda 1997, Kot i in. 2015].

Celem pracy jest analiza warunków hydrotermicznych w okresie wegetacyjnym ostatniego 50-lecia (lata 1966–2015) w środkowej części rejonu kanału Wieprz-Krzna (centralnej części Polesia Lubelskiego). Opierając się na danych (opady i temperatura powietrza) z ostatniego 50-lecia (lata 1966–2015) ze stacji meteorologicznej zlokalizowanej w Sosnowicy (wschodnia Polska), przeprowadzono analizę warunków hydrotermicznych w okresie wegetacyjnym dla środkowej części rejonu kanału Wieprz-Krzna, czyli centralnej części Polesia Lubelskiego [Kot i in. 2015].

MATERIAŁ I METODY

Charakterystykę warunków hydrotermicznych okresu wegetacji opracowano na podstawie danych temperatury powietrza i sum opadów w latach 1966–2015. W tym celu obliczono sumy i średnie temperatury powietrza oraz sumy opadów dla poszczególnych dekad, miesięcy i lat badań oraz średnią dla całego analizowanego okresu. Opierając się na uzyskanych danych obliczono współczynniki hydrotermiczne Sielianinowa [Selyaninov 1928] do oceny warunków termicznych i pluwiometrycznych dla okresu wegetacji (IV–IX) oraz wybranych podokresów (IV–VI, VII–IX, IV–V, VI–VII i VIII–IX) w poszczególnych latach wg wzoru:

$$k = (P \cdot 10) / \sum t$$

gdzie:

- P – suma miesięczna opadów atmosferycznych w mm,
- $\sum t$ – suma średnich dobowych temperatur powietrza $> 0^{\circ}\text{C}$.

Współczynnik hydrotermiczny Sielianinowa [Selyaninov 1928] określa relację pomiędzy opadem a parowaniem, uzależnionym w decydującym stopniu od sumy średnich dobowych temperatur powietrza oraz charakteryzuje warunki wilgotnościowe wzrostu i plonowania roślin. Metoda oceny uwilgotnienia wartością współczynnika hydrotermicznego odzwierciedla w największym stopniu potrzeby wodne roślin uprawnych w okresie wegetacji [Ziernicka-Wojtaszek 2012].

Charakterystykę wilgotnościową okresów przeprowadzono na podstawie 9-stopniowej skali wg Skowery i Puły [2004], zredukowanej do 4 grup w zależności od wartości współczynnika:

- skrajnie suchy lub bardzo suchy – $k \leq 0,7$,
- suchy lub dość suchy – $0,7 < k \leq 1,3$,
- optymalny lub dość wilgotny – $1,3 < k \leq 2,0$,
- wilgotny, bardzo wilgotny lub skrajnie wilgotny – $k > 2,0$.

Ponadto na podstawie wartości współczynnika zaklasyfikowano poszczególne okresy do grup wyróżnionych przez Prawdzica i Koźmińskiego [1966]:

- $k > 1,0$ – okres dostatecznego zaopatrzenia gleby w wilgoć przez opady,
- $0,5 < k \leq 1,0$ – okres posuchy (transpiracja przewyższa opady),
- $0,3 < k \leq 0,5$ – susza (parowanie przewyższa dwukrotnie opady),
- $< 0,3$ – okres z wysoce skrajnymi warunkami niedoboru wilgoci.

W pracy analizowano ww. okresy i podokresy, ponieważ warunki hydrotermiczne w okresie wegetacyjnym są znacznie zróżnicowane w poszczególnych odrostach runi łąkowej [Szajda 2014]. W warunkach użytkowania kośnego biomasy najczęściej pozykuje się z dwóch lub trzech odrostów, w związku z tym analizowano warunki klimatyczne dla tych przedziałów czasowych (IV–VI, VII–IX lub IV–V, VI–VII i VIII–IX).

Statystyczne analizy porównawcze średnich temperatur oraz sum opadów w poszczególnych okresach ostatniego 50-lecia wykonano za pomocą jednoczynnikowego testu ANOVA, natomiast porównanie średnich temperatur oraz sum opadów w tym okresie z odpowiednimi wartościami w latach 1881–1930 przy użyciu testu dla wartości średniej. W testach statystycznych przyjęto poziom istotności $\alpha = 0,05$. Obliczenia wykonano w programie Statistica.

Charakterystyka rejonu kanału Wieprz-Krzna

Rejon kanału Wieprz-Krzna jest jednym z większych w Polsce kompleksów objętych regulacją stosunków wodnych z dużym udziałem ekosystemów łąkowych i pokrywa się w przybliżeniu z granicami jednostki fizjograficznej Polesie Lubelskie [Kot i in. 2015]. W przeszłości obszar ten charakteryzował się dużą powierzchnią siedlisk bagiennych, a w związku z trendem rolniczego zagospodarowywania, związanym z zapotrzebowaniem na paszę, w latach 1954–1976 przeprowadzono regulację stosunków wodnych. Podstawą była budowa nitki kanału Wieprz-Krzna, sieci doprowadzalników melioracji podstawowych i rowów odwadniająco-nawadniających melioracji szczegółowych oraz zbiorników wodnych. Końcowym elementem tego przedsięwzięcia było rolniczo-łąkarskie zagospodarowanie powstałych siedlisk pobagiennych [Gajda 1974].

W centralnej części omawianego rejonu (subregion Pojezierze Łęczyńsko-Włodawskie) położona jest miejscowość Sosnowica, w której znajdują się budowle do rozrządu wody, m.in. jaz żelbetowy, doprowadzalniki wody, akwedukt itp. Miejscowość otoczona jest dużymi kompleksami siedlisk pobagiennych oraz naturalnych (jeziora) i sztucznych (stawy rybne) zbiorników wodnych. W okresie realizacji inwestycji pod nazwą „kanał Wieprz-Krzna” utworzono w Sosnowicy Ośrodek Doświadczalno-Eksploatacyjny Rejonu Kanału Wieprz-Krzna, którego celem była koordynacja gospodarki wodnej, prowadzenie badań i wdrażanie ich do szerokiej praktyki rolniczej. W dyspozycji ww. Ośrodka był kompleks torfowiska niskiego o powierzchni ok. 22 ha, położony w dolinie rzeki Piwonii, który został zmeliorowany i zagospodarowany w latach 1964–1965 [Gajda 1974]. Do oceny warunków klimatycznych w tej części rejonu

KWK zainstalowano Stację Meteorologiczną zgodnie z wytycznymi PIGW. W związku ze zmieniającymi się warunkami gospodarczo-administracyjnymi Ośrodek Doświadczalny przekazano w 1974 r. do dyspozycji Instytutu Melioracji i Użytków Zielonych – Oddział w Lublinie, który następnie w 1999 r. przekazał go Akademii Rolniczej w Lublinie. Obecnie kompleks stanowi część Stacji Dydaktyczno-Badawczej w Sosnowicy i jest zarządzany przez Katedrę Łąkarstwa i Kształtowania Krajobrazu Uniwersytetu Przyrodniczego w Lublinie.

Niezależnie od administratora od 1965 r. w Stacji prowadzone były systematyczne obserwacje meteorologiczne. Na podstawie danych z lat 1966–2015 opracowano charakterystykę warunków klimatycznych centralnej części rejonu kanału Wieprz-Krzna dla różnych okresów czasowych [Gajda 1974, Szajda i Gajda 1993, Szajda i in. 1995]. W latach 1965–1998 urzędzenia do rejestracji danych klimatycznych znajdowały się w klatce meteorologicznej, natomiast od 1999 r. dane meteorologiczne rejestruje automatyczna stacja typu Klimaks.

WYNIKI I DYSKUSJA

Temperatura powietrza

Średnie roczne temperatury powietrza w okresie analizowanego 50-lecia (1966–2015) kształtowały się w przedziale od 5,9°C (w 1985 i 1987 r.) do 10,1°C (w 2000 r.), co pokazuje bardzo duże zróżnicowanie wartości (tab. 1). Zwraca uwagę systematyczny wzrost średnich temperatur z 10-lecia, od 7,2°C w latach 1976–1985 do 9,0°C w latach 2006–2015 (tab. 2). Wskazuje to na obserwowaną tendencję ocieplenia i systematycznego wzrostu średnich temperatur powietrza, co wpływa również na częstsze występowanie susz meteorologicznych [Żyromski 1998, Hutorowicz i in. 2008, Stachowski 2010, Ziernicka-Wojtaszek 2012]. Z kolei średnia temperatura powietrza z ostatniego 50-lecia wyniosła 8,0°C i była znacznie wyższa (test wartości średniej; $p < 0,001$) od średniej temperatury wielolecia z lat 1881–1930 (7,2°C; tab. 1) podawanej dla tego regionu [Mitosek i Kołodziej 1972]. Średnia temperatura okresu wegetacji (IV–IX) w analizowanym 50-leciu była również zróżnicowana, ponieważ kształtowała się w przedziale od 12,5°C w 1978 r. do 16,7°C w latach 2002, 2010 i 2012, podczas gdy dla całego okresu wyniosła 14,8°C (tab. 1). Odnotowano systematyczny i istotny statystycznie (ANOVA; $p < 0,001$) wzrost średniej temperatury w okresie wegetacji w poszczególnych dekadach – od 13,6°C w latach 1976–1985 do 16,2°C w latach 2006–2015 (tab. 2, rys. 1a). Szczególnie duży wzrost odnotowano w kwietniu, lipcu i sierpniu. Wskazuje to na wzrost ocieplenia klimatu nie tylko w skali roku, ale i w okresie wegetacji, a szczególnie w miesiącach letnich, co może niekorzystnie wpływać na trwałość i plonowanie wielu gatunków roślin, zwłaszcza o dużych potrzebach wodnych [Hutorowicz i in. 2008, Stachowski 2010, Baryła i Kulik 2011]. Najcieplejszym miesiącem okresu wegetacyjnego był lipiec (18,8°C), a najchłodniejszym kwiecień (8,2°C). W kwietniu w okresie 50-lecia odnotowano największe wahania temperatury powietrza (od 4,6 do 14,1°C) w porównaniu z pozostałymi miesiącami (tab. 3).

Tabela 1. Wybrane elementy warunków meteorologicznych
Table 1. Selected elements of meteorological conditions

Lata Years	Temperatura średnia Mean tempera- ture (°C)		Suma opadów Sum of precipitation (mm)			Współczynnik hydrotermiczny Sielianinowa Selyaninov Hydrothermal Index (k)					
	IV-IX	I-XII	IV-IX	I-XII	IV-IX [*]	IV-V	VI-VII	VIII-IX	IV-VI	VII-IX	IV-IX
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1966	14,7	8,0	467,9	798,0	59%	1,62	2,49	0,96	2,30	1,31	1,76
1967	15,2	8,3	307,7	532,4	58%	1,54	1,28	0,63	1,75	0,64	1,11
1968	14,4	7,3	403,2	602,2	67%	1,70	1,79	1,11	1,46	1,60	1,53
1969	14,1	6,1	272,0	387,1	70%	0,89	1,12	1,09	1,12	1,00	1,05
1970	13,5	6,6	390,9	662,4	59%	2,47	1,34	1,25	1,78	1,42	1,58
1971	14,1	7,4	218,2	363,8	60%	1,10	0,74	0,77	1,05	0,64	0,84
1972	14,7	7,3	444,2	548,4	81%	1,48	1,25	2,34	1,52	1,75	1,65
1973	13,6	7,1	390,7	557,2	70%	2,13	2,03	0,67	2,00	1,26	1,57
1974	13,1	7,8	434,6	819,5	53%	1,37	2,68	1,19	2,15	1,59	1,81
1975	15,4	8,5	334,9	469,6	71%	1,44	1,66	0,47	1,40	1,02	1,19
1976	13,3	7,4	265,6	445,1	60%	0,90	0,99	1,36	0,97	1,19	1,10
1977	13,2	7,5	405,3	667,7	61%	1,24	1,35	2,42	1,16	2,12	1,68
1978	12,5	6,6	358,1	511,4	70%	1,61	1,19	2,17	1,62	1,69	1,66
1979	13,9	6,9	424,4	630,6	67%	1,47	1,28	2,19	1,22	2,03	1,65
1980	12,6	6,0	429,2	633,8	68%	1,18	2,39	1,63	1,66	2,00	1,87
1981	13,4	7,3	326,4	588,4	56%	1,37	1,39	1,22	1,40	1,28	1,33
1982	14,5	7,9	195,0	349,4	56%	0,85	0,83	0,57	0,71	0,75	0,73
1983	15,3	8,6	298,7	497,5	60%	1,55	0,87	0,89	1,20	0,96	1,07
1984	13,6	7,5	361,0	508,5	71%	1,24	1,57	1,48	1,50	1,40	1,45
1985	13,8	5,9	472,9	636,7	74%	1,09	2,19	2,13	2,08	1,71	1,87
1986	14,2	6,9	347,8	514,7	68%	0,88	1,73	1,26	1,11	1,54	1,34
1987	13,4	5,9	244,0	453,1	54%	1,43	0,76	1,00	1,16	0,88	1,00
1988	14,7	7,7	375,7	545,5	69%	1,72	0,96	1,68	1,59	1,26	1,40
1989	14,2	9,1	341,7	491,2	70%	1,17	1,52	1,21	1,27	1,35	1,31
1990	13,8	8,9	349,1	529,4	66%	1,36	0,85	2,05	1,06	1,65	1,39
1991	14,0	7,5	284,5	431,4	66%	1,56	1,31	0,66	1,57	0,81	1,11
1992	15,0	8,1	382,9	598,4	64%	2,53	0,85	1,35	1,63	1,23	1,40
1993	14,0	7,1	260,9	438,8	60%	0,68	1,34	0,94	0,94	1,09	1,02
1994	16,2	8,3	291,5	610,9	48%	2,18	0,14	1,16	1,31	0,75	0,98
1995	15,8	8,5	292,8	455,1	64%	0,95	0,80	1,32	1,14	0,92	1,01
1996	14,1	6,3	323,2	489,9	66%	1,36	1,05	1,41	1,08	1,41	1,26
1997	14,0	7,3	507,6	689,5	74%	2,97	2,37	0,95	1,98	1,99	1,99
1998	14,7	7,6	420,5	604,3	70%	1,66	1,33	1,78	1,56	1,57	1,57
1999	15,2	8,3	376,6	592,1	64%	1,96	1,58	0,67	2,19	0,72	1,36
2000	16,0	10,1	332,7	432,3	77%	1,02	1,25	1,12	0,73	1,53	1,13
2001	15,8	8,5	458,1	529,7	87%	0,62	2,10	1,71	0,72	2,22	1,58
2002	16,7	9,1	204,1	343,6	59%	0,40	1,08	0,38	0,92	0,46	0,67
2003	16,3	8,4	200,1	327,2	61%	1,33	0,33	0,58	1,02	0,40	0,67
2004	15,1	8,7	265,8	418,8	64%	1,06	1,11	0,73	0,90	1,01	0,96

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2005	16,2	9,0	249,4	396,7	63%	0,96	0,69	0,93	0,83	9,85	0,84
2006	16,5	8,6	475,4	600,9	79%	1,64	0,59	2,77	1,37	1,74	1,58
2007	15,6	9,5	302,5	391,0	77%	1,04	1,11	1,00	0,95	1,14	1,06
2008	15,8	9,5	283,5	478,0	59%	1,23	0,58	1,28	0,80	1,12	0,98
2009	16,8	9,1	354,2	616,9	57%	0,80	1,74	0,79	1,63	0,76	1,15
2010	16,7	8,4	541,5	720,0	75%	2,26	1,19	2,11	1,82	1,73	1,77
2011	16,4	8,9	498,9	498,9	84%	1,07	2,95	0,67	1,37	1,90	1,66
2012	16,7	8,5	350,6	533,1	66%	1,25	0,86	1,42	1,29	1,04	1,15
2013	16,1	8,8	459,7	625,7	74%	2,07	1,72	0,97	2,03	1,17	1,56
2014	15,4	9,1	509,7	726,3	70%	3,00	1,36	1,44	2,29	1,45	1,81
2015	16,1	9,9	225,5	401,9	56%	1,64	0,34	0,67	1,14	0,51	0,76
1966– 2015 średnia mean	14,8	8,0	355,1	534,7	66,0	1,5	1,3	1,3	1,4	1,4	1,3
s	1,19	1,05	89,85	115,22	8,31	0,56	0,61	0,56	0,43	1,31	0,35
V	0,08	0,07	6,07	7,78	0,56	0,04	0,04	0,04	0,03	0,09	0,02
1966– 2015	14,8	8,0	354,3	535,8	66%	średnia wieloletnia/ long-term mean					
1881– 1930	14,2	7,2	390,0	585,0	69%						

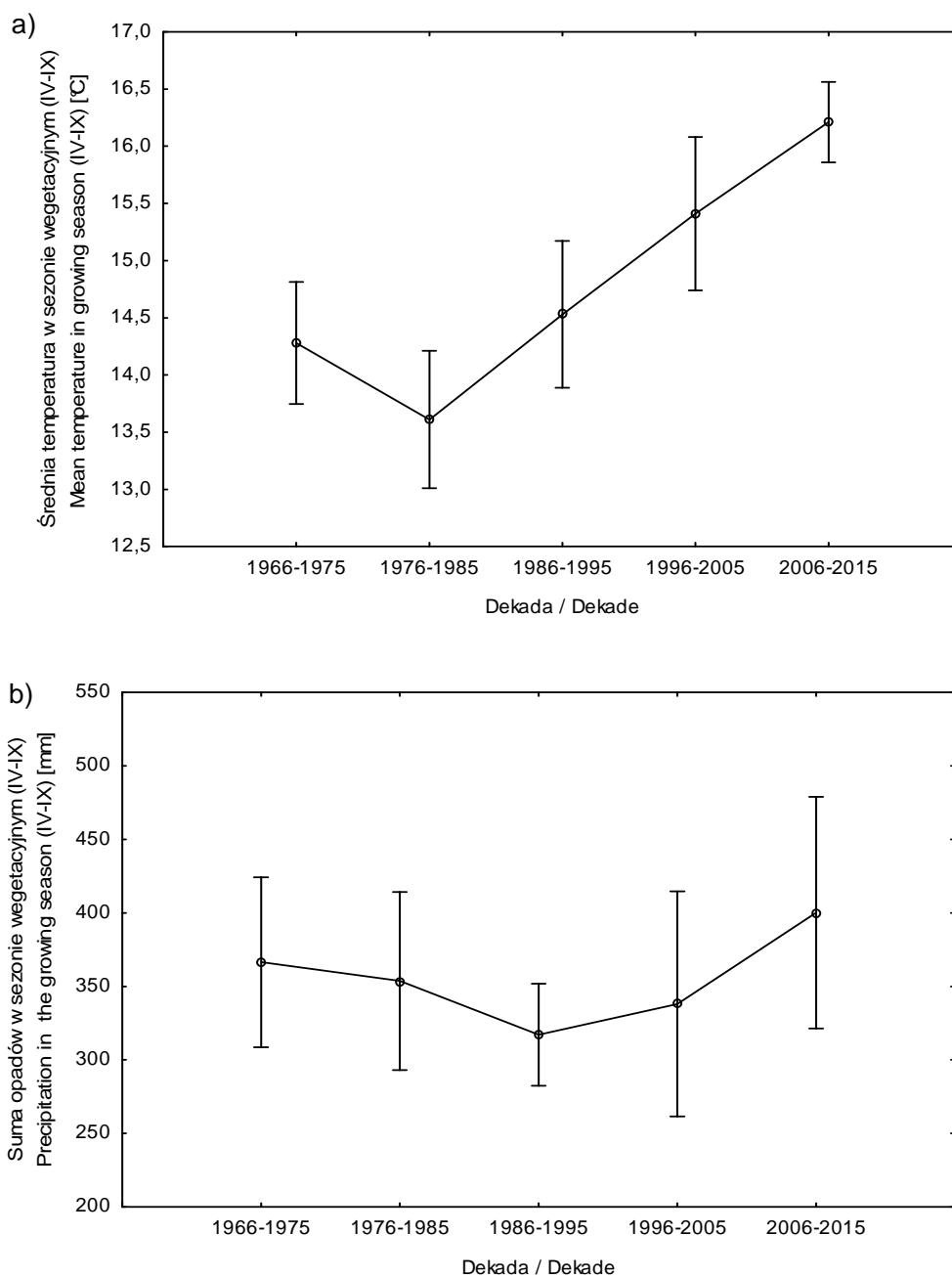
* procentowy udział opadów w sezonie wegetacyjnym w opadach rocznych/ the percentage of precipitation in the growing season compared to the annual one; s – odchylenie standardowe/ standard deviation; V – współczynnik zmienności/ variation coefficient

Tabela 2. Średnie temperatury powietrza (°C) w poszczególnych miesiącach okresu wegetacji w kolejnych dekadach

Table 2. Mean air temperatures (°C) in particular months of the growing season in the following decades

Lata Years	Miesiące/ Months							
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	IV-IX	I-XII
1966-1975	7,4	13,4	16,6	18,3	17,1	12,7	14,3	7,4
1976-1985	6,7	13,1	16,0	16,9	16,5	12,2	13,6	7,2
1986-1995	7,8	13,4	16,4	18,9	17,9	12,6	14,5	7,8
1996-2005	8,9	14,9	17,5	19,7	18,3	12,8	15,4	8,3
2006-2015	10,1	14,7	18,3	20,4	19,4	14,0	16,2	9,0
ANOVA wartość p p-value	<0,001*	0,051	<0,001*	<0,001*	<0,001*	0,120	<0,001*	<0,001*

* miesiące z istotnymi statystycznie różnicami/ months with statistically significant differences



Rys. 1. Średnie temperatury powietrza (a) i opady atmosferyczne (b) w okresie wegetacji w kolejnych dekadach
 Fig. 1. Mean air temperatures (a) and precipitation (b) in the growing season in the following decades

Tabela 3. Średnie temperatury powietrza i opady atmosferyczne w poszczególnych miesiącach okresu wegetacji

Table 3. Mean air temperatures and precipitation in particular months of the growing season

Wartości	Temperatura Temperature (°C)						Opady Precipitation (mm)					
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	IV	V	VI	VII	VIII	IX
Min.	4,6	9,3	14,0	14,9	15,0	9,0	5,9	15,2	7,1	7,5	2,8	6,8
Max.	14,1	17,9	19,2	22,9	22,6	16,1	84,1	173,8	163,7	242,4	262,0	141,1
Średnia ¹ Mean ¹	8,2	13,9	17,0	18,8	17,8	12,9	36,6	60,0	66,4	75,3	66,9	49,0
Średnia ² Mean ²	7,0	13,5	16,4	18,1	17,0	11,9	42,0	49,0	71,0	88,0	74,0	45,0

¹ średnie z lat 1966–2015/ mean of 1996–2015; ² średnie z lat 1881–1930/ mean of 1881–1930

Opady

Opady atmosferyczne cechują się dużą zmiennością czasową. W analizowanym 50-leciu (1966–2015) roczne sumy opadów kształtowały się w przedziale od 327,2 mm w 2003 r. do 819,5 mm w 1974 r., a średnia dla tego okresu wyniosła 535,8 mm i była istotnie niższa (test wartości średniej; $p = 0,005$) od średniej dla wielolecia z lat 1881–1930 (585,0 mm). Sumy opadów w okresie wegetacyjnym w poszczególnych latach były również znacznie zróżnicowane, ponieważ wahały się od 195,0 mm w 1982 r. do 541,5 mm w 2010 r. (tab. 1), a średnia dla tego okresu wyniosła 354,3 mm i była istotnie niższa (test wartości średniej; $p = 0,008$) od średniej dla wielolecia z lat 1881–1930 (390,0 mm). Okres wegetacyjny (IV–IX) charakteryzował się większą sumą opadów niż okres pozawegetacyjny (X–III) (ANOVA; $p < 0,001$). Średnio w tym okresie notowano 66% opadów całorocznych, ale poszczególne lata były znacznie zróżnicowane, od 53% w 1974 r. (rok o największej sumie opadów rocznych) do 87% w 2001 r. (tab. 1).

Opady w analizowanym 50-leciu były zróżnicowane w największym stopniu w poszczególnych miesiącach okresu wegetacji, zwłaszcza w lipcu i sierpniu. Sumy opadów w tych miesiącach wynosiły odpowiednio: od 7,5 mm (2003) do 242,4 mm (2012) i od 2,5 mm (2015) do 262,0 mm (2006; tab. 3). Odnotowano również duże różnice w dekadowych sumach opadów w poszczególnych miesiącach. Należy podkreślić, że druga i trzecia dekada sierpnia oraz pierwsza września w 2000 r., a także trzecia lipca oraz pierwsza i druga sierpnia w 2015 r. charakteryzowały się brakiem opadów, co skutkowało występowaniem suszy meteorologicznej. Z drugiej strony obserwowano również okresy z bardzo dużą sumą opadów, takie jak trzecia dekada lipca 2001 r. (140 mm). Duże zróżnicowanie w rozkładzie opadów, a zwłaszcza ich brak lub niedobór w stosunku do potrzeb wodnych roślin wpływa niekorzystnie na ich wzrost i plonowanie [Hutorowicz i in. 2008, Stachowski 2010, Baryła i Kulik 2011, Szajda 2014]. W kolejnych dziesięcioleciach w okresie wegetacyjnym nie stwierdzono (ANOVA; $p = 0,312$) istotnych różnic

statystycznych w wielkości opadów (rys. 1b). Istotnie większe (prawie dwukrotnie) opady w ostatnim dziesięcioleciu odnotowano jedynie w maju (ANOVA; $p = 0,007$).

Warunki wilgotnościowe

Warunki wilgotnościowe w latach 1966–2015 w centralnej części rejonu kanału Wieprz-Krzna oceniono na podstawie wartości współczynnika hydrotermicznego Sielianinowa, klasyfikując je do 4 grup. Analizując uzyskane dane dla całego sezonu wegetacyjnego w okresie 50-lecia, należy stwierdzić, że 2 lata (2002 i 2003) charakteryzowały się skrajnie suchym okresem wegetacyjnym, a 21 lat – suchym lub dość suchym. Pozostałe lata odznaczały się korzystnymi warunkami wilgotnościowymi w okresie wegetacji (tab. 4). Odpowiednie warunki wilgotnościowe są szczególnie ważne w przypadku zbiorowisk trawiastych, które są koszone 2 lub 3 razy w sezonie wegetacyjnym, będących źródłem pasz dla zwierząt trawożernych. Warunki wilgotnościowe wpływają na wzrost roślin oraz plon suchej masy, co ma duże znaczenie w zachowaniu ciągłości pozyskiwanej paszy w trakcie kolejnych odrostów. W związku z tym przeprowadzono analizę tych warunków dla 3- (IV–VI i VII–IX) i 2-miesięcznych (IV–V, VI–VII i VIII–IX) przedziałów czasowych, pokrywających się z terminami odrostu runi łąkowej koszonej 2- lub 3-krotnie (tab. 4).

Tabela 4. Warunki wilgotnościowe wyrażone współczynnikiem hydrotermicznym Sielianinowa w latach 1966–2015

Table 4. Moisture conditions expressed as Selyaninov Hydrothermal Index in 1966–2015

Warunki wilgotnościowe Moisture conditions	Miesiące/ Months											
	IV-IX		IV-VI		VII-IX		IV-V		VI-VII		VIII-IX	
	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b
Skrajnie suche i bardzo suche Extremely dry and very dry $k \leq 0,70$	2	4%	0	0%	10	20%	3	6%	6	12%	10	20%
Suche i dość suche Dry and fairly dry $k = 0,71-1,30$	21	42%	24	48%	21	42%	19	38%	21	42%	21	42%
Optymalne i dość wilgotne Optimal and fairly wet $k = 1,31-2,00$	27	54%	20	40%	11	22%	20	40%	13	30%	11	22%

a – liczba lat/ number of years; b – udział procentowy/ percentage share; k – współczynnik hydrotermiczny Sielianinowa/ Selyaninov Hydrothermal Index

W pierwszej 3-miesięcznej części okresu wegetacyjnego (IV–VI) nie odnotowano warunków skrajnie suchych lub bardzo suchych, natomiast w 24 latach (48%) wystąpiły warunki suche lub dość suche. Pozostałe lata (52%) charakteryzowały się korzystnymi

warunkami wilgotnościowymi, co zapewniało pełne pokrycie potrzeb wodnych roślinności łąkowej. Należy również dodać, że wiosną roślinność korzysta z zapasów wilgoci w glebie zgromadzonych w okresie zimowym. Z kolei druga część okresu wegetacji charakteryzowała się gorszymi warunkami wilgotnościowymi, ponieważ w 10 latach (20%) zanotowano skrajnie suche lub bardzo suche warunki, w 21 latach (42%) – suche lub dość suche oraz w 8 latach (22%) – wilgotne, bardzo wilgotne lub skrajnie wilgotne. Optymalnymi lub dość wilgotnymi warunkami odznaczało się 11 lat (16%; tab. 4).

Analizując omawiane warunki wilgotnościowe w 2-miesięcznych okresach czasowych, charakterystycznych dla łąk 3-kośnych, należy zaznaczyć, że pierwszy okres wiosenny (IV–V) odznaczał się dużym zróżnicowaniem. W tym okresie notowano lata od skrajnie suchych (2002) do bardzo wilgotnych (1992, 1997 i 2014; tab. 1). Na ogół w miesiącach wiosennych (IV–V) warunki wilgotnościowe były korzystne, ponieważ w 20 latach (40%) były one optymalne lub dość wilgotne. W tej części okresu wegetacji w 3 latach odnotowano warunki skrajnie lub bardzo suche (6%), natomiast w 19 latach (38%) – suche lub dość suche (tab. 4). Okres wiosenno-letni (VI–VII) charakteryzował się gorszymi warunkami wilgotnościowymi w stosunku do potrzeb wodnych roślinności łąkowej, ponieważ w 13 latach (30%) były one optymalne lub dość wilgotne. W tym okresie obserwowano więcej lat skrajnie lub bardzo suchych (12%) oraz suchych lub dość suchych (42%). Najmniej korzystnymi warunkami i największą zmiennością współczynnika Sielianiowa (tab. 1) odznaczał się okres letnio-jesienny (VIII–IX), w którym zanotowano 10 lat skrajnie lub bardzo suchych (20%) oraz 21 lat suchych lub dość suchych (42%; tab. 4). Miesiące letnie należą do okresów, w których najczęściej występują susze lub posuchy, związane z wyższymi temperaturami powietrza oraz brakiem lub niedoborem opadów [Skowera i Puła 2004, Hutorowicz i in. 2008, Stachowski 2010]. Nie zaobserwowano różnic pomiędzy tymi okresami w ilości lat wilgotnych, bardzo wilgotnych lub skrajnie wilgotnych. Im późniejszy termin okresu wegetacyjnego, tym warunki wilgotnościowe były gorsze dla wzrostu i rozwoju roślinności łąkowej.

PODSUMOWANIE

Warunki wilgotnościowe w analizowanym 50-leciu były znacznie zróżnicowane, zarówno w poszczególnych latach, jak i podokresach w sezonie wegetacyjnym. Wpływ na to mają w największym stopniu sumy opadów, natomiast w mniejszym – temperatura powietrza. Wzajemny stosunek tych czynników klimatycznych określa w dużym stopniu warunki wilgotnościowe siedliska glebowego i konieczność stosowania nawodnień, by pokryć potrzeby wodne roślinności. Optymalne uwilgotnienie gleby w znacznym stopniu hamuje proces mineralizacji materii organicznej, co ogranicza degradację gleb organicznych. Gleby te charakteryzują się dużą pojemnością wodną, ale w wyniku naturalnego lub sztucznego (melioracje) obniżenia poziomu wody gruntowej ich wierzchnia warstwa (korzeniowa i podkorzeniowa) ulega przesuszeniu. W warunkach braku lub niewielkich sum opadów silne przesuszenie tej warstwy powoduje intensyfikację procesów murszenia, co pogarsza warunki wzrostu roślin [Churski i Churska 1995].

W latach 1966–2015 obserwowano lata suche lub bardzo suche (2002–2003), jak również wilgotne (1997). Nie odnotowano lat bardzo wilgotnych, ale w poszczególnych

częściach okresu wegetacyjnego obserwowano takie warunki, zwłaszcza w okresie wiosennym (1997, 2014). Warunki wilgotnościowe całego okresu wegetacyjnego są mniej charakterystyczne w stosunku do potrzeb wodnych roślinności, zwłaszcza łąk 2- lub 3-kośnych. W związku z tym zasadna jest ocena tych warunków w krótszych okresach czasowych, szczególnie w okresie letnim. Lato bowiem charakteryzuje się mniejszą wilgotnością gleby i większą ewapotranspiracją w porównaniu z wiosną, kiedy gleba korzysta z zapasów wilgoci po okresie zimowym. Niedobory opadów wiosną (IV–V) nie wpływają zatem niekorzystnie na wzrost i plonowanie roślin. Bardziej niekorzystne jest nadmierne uwilgotnienie gleby, które opóźnia wegetację i rozwój procesów mikrobiologicznych oraz ogranicza pobieranie składników pokarmowych przez rośliny. Uwzględnianie meteorologicznych warunków ewapotranspiracji jest bardzo ważne zwłaszcza w przypadku oceny suszy rolniczej w latach bardzo suchych [Stachowski 2010]. Niedobór wilgoci w glebie w okresie letnim (VI–IX) może powodować ograniczenie wzrostu i plonowania roślin, degradację zbiorowisk trawiastych oraz intensyfikację murszenia wierzchnich warstw gleb organicznych. Dlatego istotny jest systematyczny monitoring warunków klimatycznych oraz wilgotnościowych siedliska glebowego w skali regionalnej, ponieważ warunki hydrotermiczne są znacznie zróżnicowane nawet w przypadku miejscowości oddalonych o 40 km [Hutorowicz i in. 2008]. W okresach niedoboru opadów, tam gdzie są techniczne możliwości i rezerwy wody (zbiorniki retencyjne) należy stosować nawodnienia. W ostatnim 50-leciu w miesiącach letnich (lipiec–sierpień) odnotowano warunki od skrajnie suchych do dość suchych w 27 latach (52%), natomiast w miesiącach sierpień–wrzesień – w 31 latach (62%; tab. 4).

PIŚMIENNICTWO

- Baryła R., Kulik M., 2011. Zmiany składu gatunkowego runi w warunkach wieloletniego użytkowania łąk pobagiennych w rejonie kanału Wieprz-Krzna. *Woda Środ. Obsz. Wiej.* 11, 4 (36), 7–18.
- Churski T., Churska C., 1995. Przeobrażenia zachodzące w jednakowo odwodnionych rodzajowo różnych glebach torfowo-murszowych obiektu Wizna. *Wiad. IMUZ* 18 (3), 195–122.
- Gajda J., 1974. Efekty zagospodarowania użytków zielonych w podregionie parczewsko-włodawskim kanału Wieprz-Krzna. *Annales UMCS, sec. E, Agricultura* 28, 229–246.
- Hutorowicz H., Grabowski J., Olba-Zięty E., 2008. Częstotliwość występowania okresów posusznych i suchych w dwóch mezoregionach Pojezierza Mazurskiego. *Acta Agrophys.* 12 (3), 663–673.
- Kot J., Michalczyk Z., Baryła R., Szajda J., Grzywaczewski G., Kulik M., Pałka K., Mazurek A., 2015. Prognoza oddziaływania na środowisko odbudowy systemu wodnego Kanału Wieprz-Krzna. ADEKO, Kraków, ss. 268.
- Łabędzki L., Bąk B., 2004. Standaryzowany klimatyczny bilans wodny jako wskaźnik suszy. *Acta Agrophys.* 3 (1), 117–124.
- Mitosek H., Kołodziej J., 1972. Zarys klimatu województwa lubelskiego. W: *Województwo lubelskie. Rejonizacja produkcji rolniczej, z. 2.* Lublin, 73–89.
- Niemczyk H., Kowalska B., Majewski G., 2010. Analiza zależności między aktualną wilgotnością gleby a wskaźnikiem opadów uprzednich i temperaturą powietrza. *Prz. Nauk. Inż. Kszt. Środ.* 1 (47), 13–19.

- Prawdziej K., Koźmiński C., 1966. Susze atmosferyczne na terenie województwa szczecińskiego. STN, Wyd. Nauk Przyr. Rol., 28.
- Selyaninov G.T., 1928. On the agricultural estimation of climate. Trudy po Sel'skokhozyaistvennoi Meteorologii 20, 165–177.
- Skowera B., Puła J., 2004. Skrajne warunki pluwiotermiczne w okresie wiosennym na obszarze Polski w latach 1971–2000. Acta Agrophis. 3 (1), 171–177.
- Stachowski P., 2010. Ocena suszy meteorologicznej na terenach pogórnicych w rejonie Konina. Rocz. Ochr. Środ. 12, 587–606.
- Suchorab J., 1998. Dni posuszne w Lublinie w okresie wegetacyjnym w świetle współczynnika hydrotermicznego Sielianinowa. Problemy współczesnej klimatologii i agrometeorologii regionu lubelskiego. Wyd. UMCS, Lublin, 115–120.
- Szajda J., 1997. Roślinne i glebowo-wodne wskaźniki ewapotranspiracji łąki na glebie torfowo-murszowej. Wyd. IMUZ, Rozprawy Habilitacyjne, ss. 62.
- Szajda J., 2014. Wpływ potencjału wody w glebie na ewapotranspirację i plonowanie użytków zielonych. Woda Środ. Obsz. Wiej. 14, 4 (48), 95–122.
- Szajda J., Gajda J., 1993. Warunki klimatyczne centralnej części regionu kanału Wieprz-Krzna. Annales UMCS, sec. E, Agricultura 48, 48–72.
- Szajda J., Olszta W., Babkiewicz Z., 1995. Warunki klimatyczne centralnej części Polesia Lubelskiego. Gleby i klimat Lubelszczyzny. Mat. konf. nauk., LTN, Lublin, 187–192.
- Ziarnicka-Wojtaszek A., 2012. Porównanie wybranych wskaźników oceny suszy atmosferycznej na obszarze województwa podkarpackiego (1901–2000). Woda Środ. Obsz. Wiej. 12, 2 (38), 365–376.
- Żyromski A., 1998. Ocena tendencji zmian warunków termicznych i opadowych na Lubelszczyźnie. Problemy współczesnej klimatologii i agrometeorologii regionu lubelskiego. Wyd. UMCS, Lublin, 151–157.

Summary. The study objective is to analyse the hydrothermal conditions in the growing season over the last five decades (1966–2015) in the middle part of the Wieprz-Krzna Canal area (central part of the Lublin Polesie region). The hydrothermal conditions in the growing season were described based on air temperature and precipitation volume data registered at the meteorological station in Sosnowica (eastern Poland). The meteorological station is located in the drained and reclaimed fen complex situated between the Wieprz-Krzna Canal and the Piwonia River. The humidity conditions in the analysed periods and sub-periods were assessed based on ranges proposed by Skowera and Puła according to Selyaninov Hydrothermal Index. In the five decades analysed (1966–2015), a systematic increase of the mean air temperatures was observed in the successive decades. The annual precipitation volumes in this area ranged from 327.2 mm to 819.5 mm, which is a considerable variation. The growing season (April to September) was characterised by a larger precipitation volume than the non-growing season (October to March). The growing season was extremely dry in the years 2002 and 2003, and dry or rather dry in 21 years. The other years had favourable humidity conditions in the growing season. However, an analysis of shorter (two-month) periods shows that unfavourable conditions prevailed particularly in the summer (June and July) and the summer/autumn period (August and September).

Key words: precipitation, temperature, Selyaninov Hydrothermal Index