

ZMIANY WARUNKÓW HYDROTERMICZNYCH NA OBSZARZE POLSKI (1971–2010)

BARBARA SKOWERA¹

*Katedra Ekologii, Klimatologii i Ochrony Powietrza, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie,
Al. Mickiewicza 24-28, 30-059 Kraków*

Synopsis. Celem opracowania było prześledzenie tendencji zmian warunków hydrotermicznych w okresie intensywnej wegetacji na obszarze Polski w latach 1971–2010 na podstawie wartości wskaźnika hydrotermicznego Sielianinowa (K). Wartości współczynnika K w miesiącach od maja do września okresu 1971–2010 obliczono dla 16 stacji IMGW. Najniższe wartości wskaźnika hydrotermicznego K występowały w Poznaniu; od 1,0 do 1,3 oraz w Warszawie; od 1,1 do 1,4. Średnia wartość wskaźnika hydrotermicznego na obszarze Polski była najniższa w sierpniu (K=1,3). Największą częstość warunków hydrotermicznych w klasach; dość suche, suche, bardzo suche i skrajnie suche tj. o wartościach $K \leq 1,0$, obserwowano w każdym miesiącu w Poznaniu oraz w Warszawie i Łodzi. Najrzadziej warunki te występowały w Koszalinie i Katowicach. Wartości $K \leq 1,0$ najczęściej występowały w sierpniu (45%) i wrześniu (44%), a najrzadziej w lipcu (34%). W okresie letnim stwierdzono zmniejszenie się zasięgu obszarowego warunków dość wilgotnych ($1,6 < K \leq 2,0$) z 32,8% w pierwszej dekadzie do 4,5% w ostatniej dekadzie na rzecz wzrostu zasięgu warunków dość suchych ($1,0 < K \leq 1,3$) odpowiednio od 14,4% do 44,3% powierzchni Polski. Analiza rozkładu różnic wartości wskaźnika hydrotermicznego w kolejnych dziesięcioleciach w odniesieniu do okresu 1971–2010 wykazała spadek wartości K w sierpniu i czerwcu na przeważającej części obszaru Polski.

Słowa kluczowe: wskaźnik hydrotermiczny, susza, opady, temperatura

WSTĘP

Ocieplenie klimatu obserwowane od lat 70-tych XX wieku potwierdzone jest w pracach wielu badaczy [Kožuchowski i Żmudzka 2001, Żmudzka 2004, 2009]. Wzrost temperatury powietrza na obszarze Polski przeciętnie kształtuje się na poziomie 0,3° do 0,6°C na 10 lat [Michalska 2011, Żmudzka 2009]. Żmudzka [2009] podkreśla, że wzrostowi temperatury towarzyszą zmiany w dopływie promieniowania słonecznego, cyrkulacji, zachmurzenia i usłonecznienia. Obserwuje się też wzrost częstości opadów ekstremalnie wysokich oraz występowanie coraz dłuższych okresów bezopadowych [Czarnecka i Niedzgorzka-Lencewicz 2012, Doroszewski i in. 2012]. Zmiany zachodzące w rozkładzie i przebiegu podstawowych elementów meteorologicznych są zróżnicowane przestrzennie [Łabędzki i in. 2008]. Według Michalskiej [2011] w latach 1951–2010 większy wzrost temperatury obserwowano w północno-zachodniej, a nieco mniejszy w południowo-wschodniej części Polski. O ile miesięczne i roczne temperatury powietrza wykazywały istotny statystycznie trend rosnący, to w przypadku wysokości opadów atmosferycznych nie stwierdzono istotnych trendów zmian. Na znacznym obszarze Polski w latach 1951–2010, obserwowano regionalne tendencje wzrostu opadów w sezonach wiosennym i jesiennym oraz malejący udział opadów letnich w sumie rocznej (głównie w wyniku zmniejszenia się ilości opadów letnich

¹ Adres do korespondencji – *Corresponding address:* rmskower@cyf-kr.edu.pl

[Czarnecka i Niedzgorzka-Lencewicz 2012]. W ostatnich dekadach XX wieku, współdziałanie wysokich wartości temperatur powietrza z niskimi sumami opadów powodowało częstsze wystąpienie długotrwałych posuch i susz. Notowane były również liczne przypadki susz o charakterze intensywnym [Stachowski 2010, Sasim i Mierkiewicz 2005, Żmudzka 2004]. Dane historyczne wskazują, że susze pojawiające się raz na 4-5 lat na obszarze Polski mają charakter anomalii związanych z brakiem lub małą ilością opadów [Łabęcki 2004]. Wielu autorów podkreśla negatywne skutki, które powoduje susza dla przebiegu wegetacji roślin uprawnych i w efekcie obniżenie wysokości i jakości plonów [Radzka i in. 2010, Szwejkowski i in. 2008].

Celem opracowania było prześledzenie tendencji zmian warunków pluwiotermicznych od maja do września, tj. w okresie intensywnej wegetacji roślin na obszarze Polski w latach 1971–2010 na podstawie wartości wskaźnika hydrotermicznego Sielianałowa (K). Przy ocenie warunków hydrotermicznych w badanym okresie skupiono się na charakterystyce częstości i zasięgu występowania suszy atmosferycznej, wyznaczonej na podstawie wartości wskaźnika hydrotermicznego $K \leq 1,0$.

MATERIAŁ I METODY

W pracy wykorzystano wartości średnich miesięcznych temperatur powietrza i sum opadów atmosferycznych z lat 1971–2010 z meteorologicznego okresu intensywnej wegetacji ($\geq 10^\circ\text{C}$) z 16 stacji meteorologicznych położonych na obszarze Polski [Miesięczny Przegląd Agrometeorologiczny 1971–1999, Dekadowy Biuletyn Agrometeorologiczny 2000, Biuletyn Państwowej Służby Hydrologiczno-Meteorologicznej 2001–2010]. Opracowanie nie obejmowało obszarów górskich.

Obliczono wartości wskaźnika hydrotermicznego K dla okresu intensywnej wegetacji roślin tj. miesięcy od maja do września w latach 1971–2010. W opracowaniu uwzględniono te miesiące, gdyż według Cherszkowicz [1971] wskaźnik hydrotermiczny K najbardziej miarodajnie identyfikuje wystąpienie suszy atmosferycznej w okresie, gdy temperatury średnie dobowe są wyższe od 10°C .

Obliczono również średnie wartości K okresu letniego (od czerwca do sierpnia) w kolejnych latach badanego okresu. Obliczenia wskaźnika K wykonano według formuły:

$$K = \frac{10P}{\sum t},$$

gdzie P – suma miesięczna opadów (mm),

$\sum t$ – miesięczna suma średnich temperatur (w pracy nie dysponowano temperaturami dobowymi, dlatego temperaturę średnią miesięczną mnożono przez liczbę dni miesiąca).

Na podstawie wartości tego wskaźnika możliwe było określenie wpływu wzrostu temperatury na warunki hydrotermiczne.

Przedziały wartości tego wskaźnika klasyfikowane były następująco: $k \leq 0,4$ – miesiąc skrajnie suchy; $0,4 < K \leq 0,7$ – bardzo suchy; $0,7 < K \leq 1,0$ – suchy; dość suchy – $1,0 < K \leq 1,3$; optymalny – $1,3 < K \leq 1,6$ [Cherszkowicz 1971]; umiarkowanie wilgotny – $1,6 < K \leq 2,0$; wilgotny $2,0 < K \leq 2,5$; bardzo wilgotny $2,5 < K \leq 3,0$; skrajnie wilgotny $K > 3,0$ [Skowera i Wojkowski 2003]. Miesiące, w których wystąpiła susza atmosferyczna identyfikowano na podstawie wartości wskaźnika hydrotermicznego $K \leq 1,0$ (miesiące suche, bardzo suche i skrajnie suche).

Obliczono również średnie obszarowe wartości K jako średnią arytmetyczną z 16 stacji od maja do sierpnia w kolejnych latach wielolecia 1971–2010. Następnie zbadano czy istnieje trend zmian wartości K za pomocą testu Manna-Kendalla [Hirsch i in. 1982].

W celu charakterystyki warunków hydrotermicznych obszaru Polski w kolejnych latach badanego okresu 1971–2010 obliczono częstość występowania miesięcy z wartościami $K \leq 1,0$. Następnie obliczono średnie wartości K dla 16 stacji meteorologicznych w dziesięcioleciach 1971–1980, 1981–1990, 1991–2000 i 2001–2010. Na mapach przedstawiono rozkład średnich wartości K dla okresu letniego (od czerwca do sierpnia) charakteryzującego się największym zapotrzebowaniem roślin uprawnych w wodę. Obliczono również procentowy udział obszarów w poszczególnych przedziałach wskaźnika hydrotermicznego w badanych dziesięcioleciach. Za pomocą programu Surfer 10, dla każdego przedziału wartości wskaźnika K obliczono powierzchnię, a następnie przedstawiono procentowy udział tych poszczególnych powierzchni w odniesieniu do obszaru kraju z wyłączeniem terenów górskich, których nie objęto opracowaniem.

Ostatnim etapem pracy była ocena zmian warunków hydrotermicznych na obszarze Polski na podstawie obliczonych różnic pomiędzy średnimi miesięcznymi wartościami K z 16 stacji w kolejnych dziesięcioleciach a średnimi obszarowymi wartościami K z okresu 1971–2010. Rozkład otrzymanych różnic w miesiącach od maja do września przedstawiono na mapach. Obliczenia wykonano w pakiecie Office-Excel, a mapy wykonano w programie Surfer 10.

WYNIKI BADAŃ

Na podstawie obliczonych wartości wskaźnika hydrotermicznego za okres 40 lat (1971–2010), na obszarze Polski w okresie wegetacyjnym stwierdzono duże zróżnicowanie warunków hydrotermicznych (tab. 1). Średnie wartości K kształtowały się od wartości 1,0 w sierpniu i wrześniu w Poznaniu do 1,8 w lipcu w Katowicach i Olsztynie. W badanym wieloleciu najniższe wartości K wystąpiły w sierpniu i wrześniu – średnia obszarowa wartość K wynosiła 1,3. Niższe wartości K w tych miesiącach w zakresie od 1,0 do 1,2 (warunki dość suche), wystąpiły w zachodniej i centralnej Polsce.

W maju i czerwcu średnia wartość wskaźnika hydrotermicznego wynosiła $K=1,4$, co oznacza występowanie warunków optymalnych. Niższe wartości K odpowiadające warunkom dość suchym, wystąpiły w Poznaniu i Zielonej Górze. Wartości K kształtowały się tam od 1,1 do 1,2. Lipiec charakteryzował się najwyższymi średnimi wartościami $K=1,5$, co odpowiada warunkom optymalnym. W lipcu wartości niższe od 1,5 występowały w Chojnicach, Zielonej Górze oraz Lublinie. Okres letni, charakteryzowany na podstawie średniej wartości K czerwca, lipca i sierpnia okazał się optymalny ($K=1,4$). Niższe wartości od średniej w zakresie 1,1 do 1,3 (warunki dość suche) występowały w Poznaniu, Toruniu, Łodzi, Warszawie i Zielonej Górze.

W miejscowościach tych wartości $K \leq 1,0$ oznaczające występowanie warunków od dość suchych do skrajnie suchych, najczęściej zdarzały się w sierpniu (45%) i wrześniu (44%). W Poznaniu w sierpniu wystąpiło aż 65% przypadków $K \leq 1,0$. W miesiącach od maja do lipca średnia częstość $K \leq 1,0$ była mniejsza (od 34% w lipcu, 35% w maju i do 38% w czerwcu) (tab. 2). W południowej i południowo-wschodniej części Polski przypadki $K \leq 1,0$ występowały rzadziej w porównaniu do pozostałych stacji. W południowo-wschodniej części Polski wyróżniał się Lublin, gdzie wartości $K \leq 1,0$ występowały częściej niż w pozostałych stacjach tego regionu. We wszystkich badanych miesiącach zróżnicowanie przestrzenne częstości $K \leq 1,0$ było odzwierciedleniem rozkładu średnich wartości wskaźnika K . W okresie letnim (czerwiec-sierpień) średnia częstość wskaźnika hydrotermicznego o wartościach $K \leq 1,0$ wynosiła 24%. Najwięcej przypadków wartości $K \leq 1,0$ wystąpiło w zachodniej i środkowej części Polski (od 30% do 48%).

Tabela 1. Średnie wartości wskaźnika hydrotermicznego K w okresie wegetacyjnym na obszarze Polski (1971–2010)

Table 1. Average values of hydrothermal index K during the growing season in the area of Poland (1971–2010)

Stacja meteorologiczna Meteorological station	Miesiące – Month					
	V	VI	VII	VIII	IX	VI–VIII
Chojnice	1,4	1,4	1,4	1,2	1,3	1,4
Koszalin	1,5	1,6	1,7	1,5	1,8	1,6
Olsztyn	1,4	1,6	1,4	1,3	1,4	1,4
Poznań	1,1	1,1	1,3	1,0	1,0	1,1
Łódź	1,3	1,3	1,6	1,1	1,2	1,3
Toruń	1,2	1,3	1,5	1,2	1,2	1,3
Warszawa	1,2	1,4	1,3	1,1	1,2	1,3
Białystok	1,4	1,4	1,6	1,3	1,4	1,4
Opole	1,4	1,4	1,6	1,2	1,2	1,4
Wrocław	1,3	1,4	1,6	1,2	1,1	1,4
Zielona Góra	1,2	1,1	1,4	1,2	1,1	1,2
Katowice	1,8	1,6	1,8	1,4	1,6	1,6
Kielce	1,4	1,3	1,6	1,4	1,4	1,5
Kraków	1,8	1,7	1,5	1,4	1,5	1,5
Lublin	1,4	1,3	1,4	1,3	1,5	1,4
Rzeszów	1,8	1,6	1,7	1,3	1,5	1,5
Wartość średnia Average value	1,4	1,4	1,5	1,3	1,3	1,4

Tabela 2. Częstość (%) występowania suszy ($K \leq 1,0$) na obszarze Polski (1971–2010)Table 2. Frequency (%) of droughts ($K \leq 1.0$) in the area of Poland (1971–2010)

Stacja meteorologiczna Meteorological station	Miesiące – Month					
	V	VI	VII	VIII	IX	VI–VIII
Chojnice	32	35	38	45	40	32
Koszalin	30	38	30	35	28	18
Olsztyn	38	30	32	42	48	22
Poznań	48	55	48	60	65	48
Łódź	38	52	40	65	50	32
Toruń	45	52	38	45	50	30
Warszawa	42	48	38	58	45	30
Białystok	32	42	28	35	35	20

Tabela 1. cd.
Table 1. cont.

Opole	32	25	32	50	42	18
Wrocław	45	35	35	52	52	25
Zielona Góra	50	52	42	45	60	32
Katowice	20	20	18	38	28	10
Kielce	28	48	28	28	35	25
Kraków	22	22	30	35	40	12
Lublin	35	38	32	50	42	22
Rzeszów	20	20	28	40	40	15
Średnia częstość Average frequency	35	38	34	45	44	24

Współczynniki trendu zmian wartości K w miesiącach od maja do września obliczone dla średniej obszarowej wartości K okazały się nieistotne statystycznie na poziomie $\alpha=0,05$. Jednak na mapach przedstawiających rozkład wartości wskaźnika hydrotermicznego K w okresie letnim stwierdzono, że w kolejnych dziesięcioleciach badanego okresu zwiększyła się powierzchnia obszarów dość suchych ($1,0 < K \leq 1,3$) a zmniejszyła powierzchnia obszarów dość wilgotnych ($1,6 < K \leq 2,0$) (rys. 1). Zasięg warunków dość suchych powiększył się z obszaru obejmującego środkowo-zachodnią część Polski w latach 1971–1980 aż po wschodnie granice Polski w dziesięcioleciu 2001–2010.

W tabeli 3 przedstawiono procentowy udział obszarów w poszczególnych przedziałach wartości wskaźnika hydrotermicznego w okresie letnim (czerwiec–sierpień) w kolejnych 10-letniach. Największe zmiany warunków hydrotermicznych na obszarze Polski wystąpiły

Tabela 3. Procentowy udział obszarów w poszczególnych przedziałach wartości wskaźnika hydrotermicznego K w okresie letnim (czerwiec–sierpień) w badanych dziesięcioleciach (1971–2010)

Table 3 Percentage of areas of different ranges of hydrothermal K index values during the summer (June–August) in the studied decades (1971–2010)

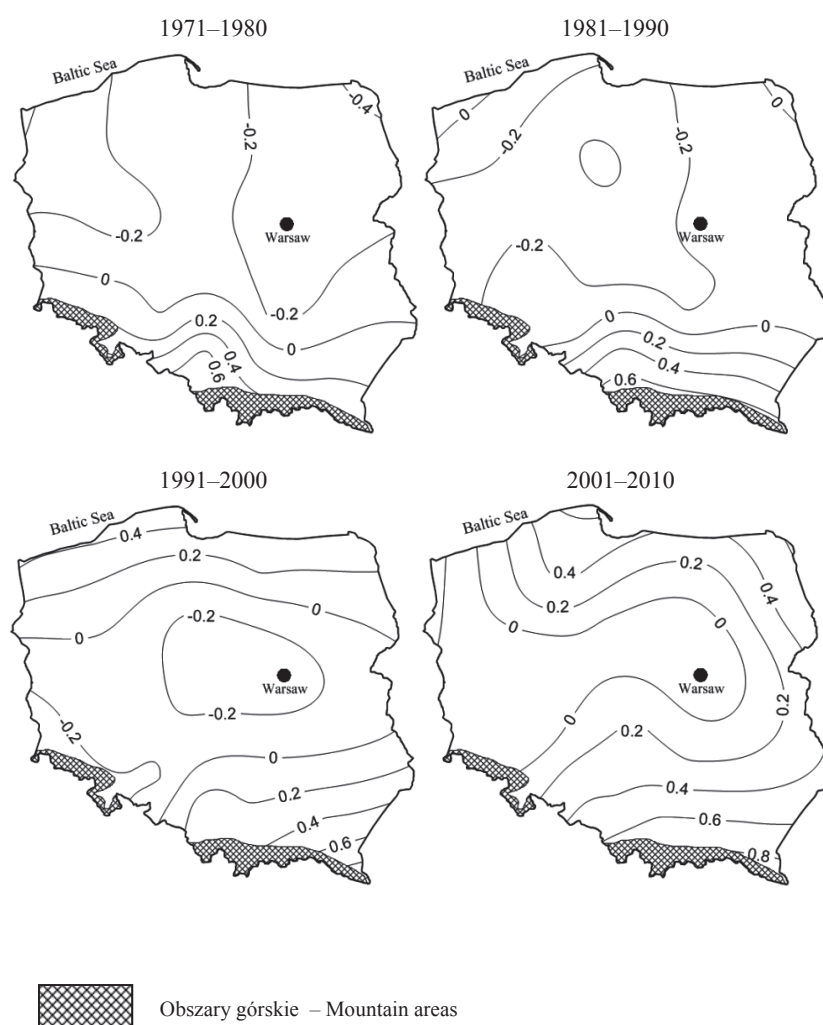
Przedziały wskaźnika K K index ranges	1971–1980	1981–1990	1991–2000	2001–2010
1,0 – 1,3 (warunki dość suche – relatively dry)	14,4	32,0	42,2	44,3
1,3 – 1,6 (warunki optymalne – optimal)	48,8	61,8	49,4	47,2
1,6 – 2,0 (warunki dość wilgotne – relatively humid)	32,8	2,2	4,4	4,5
Suma – Sum	96,0	96,0	96,0	96,0
Obszary górskie – Mountain areas	4,0	4,0	4,0	4,0



Rys. 1. Rozkład wskaźnika hydrotermicznego K na obszarze Polski w miesiącach letnich (czerwiec–sierpień)
 Fig. 1. Distribution of hydrothermal K index in the area of Poland in the summer months (June–August)

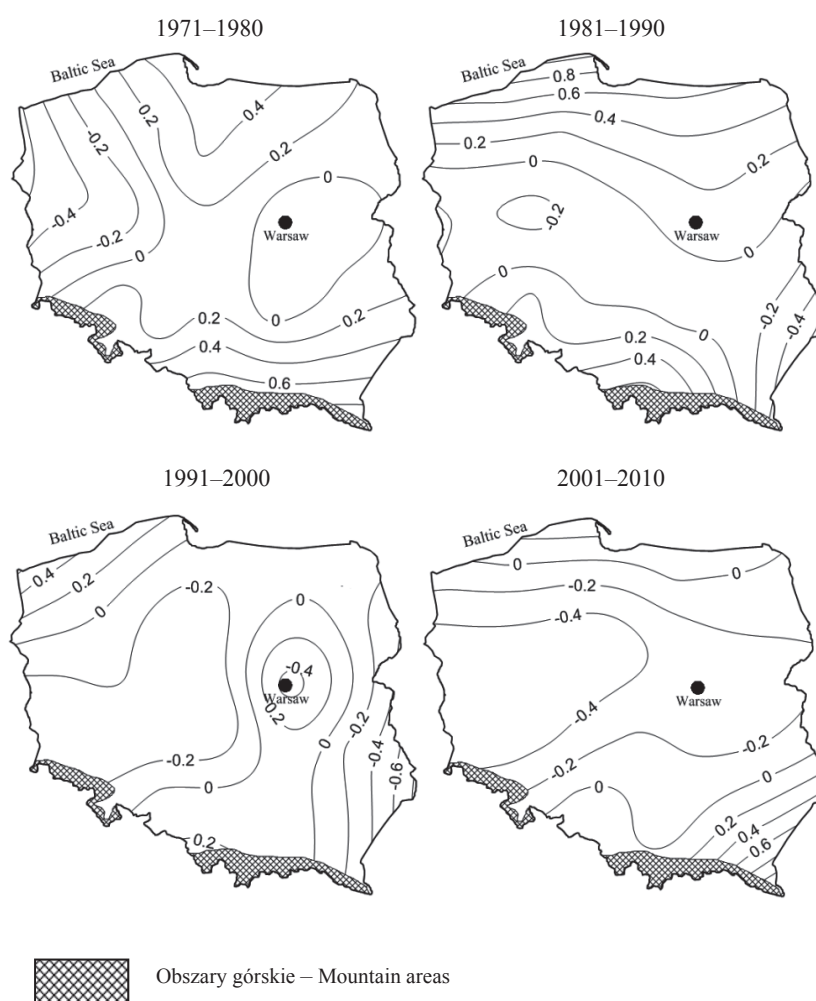
między pierwszym i drugim dziesięcioleciem. Znacznie zmniejszyła się powierzchnia obszarów dość wilgotnych (z 32,8% w pierwszym dziesięcioleciu do 2,2% w drugim) i odpowiednio powiększyła się powierzchnia warunków dość suchych (z 14,4 do 32,0%) oraz optymalnych (z 48,8 do 61,8%).

W ostatnim dziesięcioleciu (2000–2010) największą powierzchnię zajmowały obszary objęte warunkami dość suchymi (44,3%). Warunki optymalne zajmowały nieco mniejszą powierzchnię Polski w porównaniu do wcześniejszych dziesięcioleci (47,2%), natomiast warunki dość wilgotne występowały tylko na 4,5% powierzchni Polski.

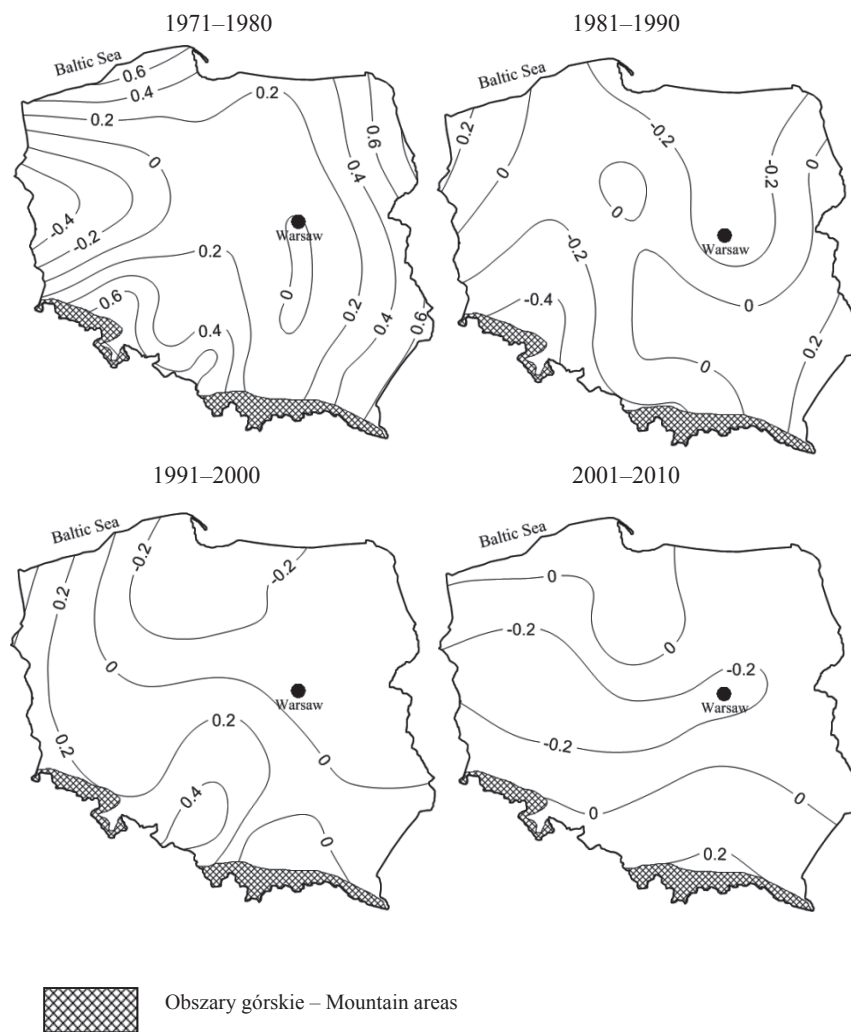


Rys. 2a. Rozkład różnic współczynnika K w maju w kolejnych dziesięcioleciach okresu 1971–2010
 Fig. 2a. Distribution of K index differences in the area of Poland in May in the decades of the period 1971–2010

Na podstawie analizy rozkładu różnic wskaźnika hydrotermicznego K obliczonych jako różnice pomiędzy średnimi wartościami K w kolejnych dziesięcioleciach a średnią z lat 1971–2010, zauważono zróżnicowane tendencje zmian wartości K (rys. 2a–2e). W poszczególnych miesiącach zasięg dodatnich różnic (oznaczających wzrost wartości wskaźnika K) i ujemnych (oznaczających spadek wartości K) cechował się znaczną dynamiką. Dodatnie różnice obserwowano najczęściej na północy i południowej części Polski, natomiast ujemne różnice najczęściej na obszarze Polski środkowej i środkowo-zachodniej. W dziesięcioleciu 1971–1980 zauważono, że we wszystkich miesiącach (oprócz maja) dominowały różnice dodatnie, a najwyższe war-

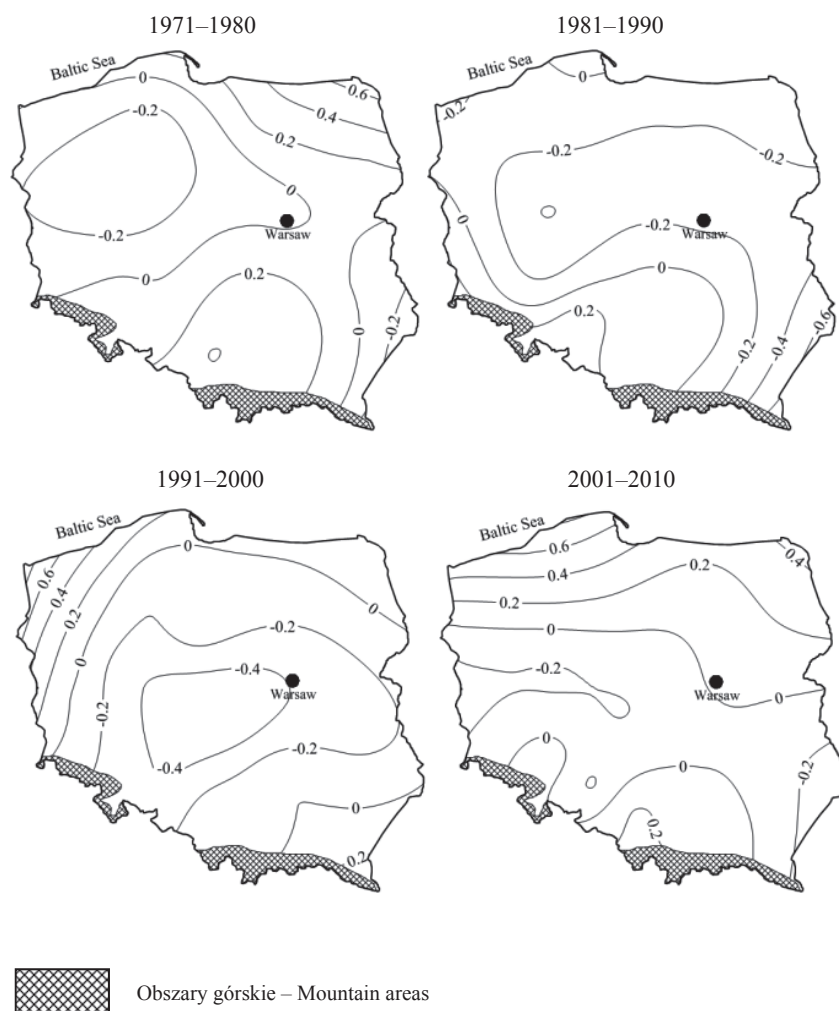


Rys. 2b. Rozkład różnic współczynnika K w czerwcu w kolejnych dziesięcioleciach okresu 1971–2010
Fig. 2b. Distribution of K index differences in the area of Poland in June in the decades of the period 1971–2010



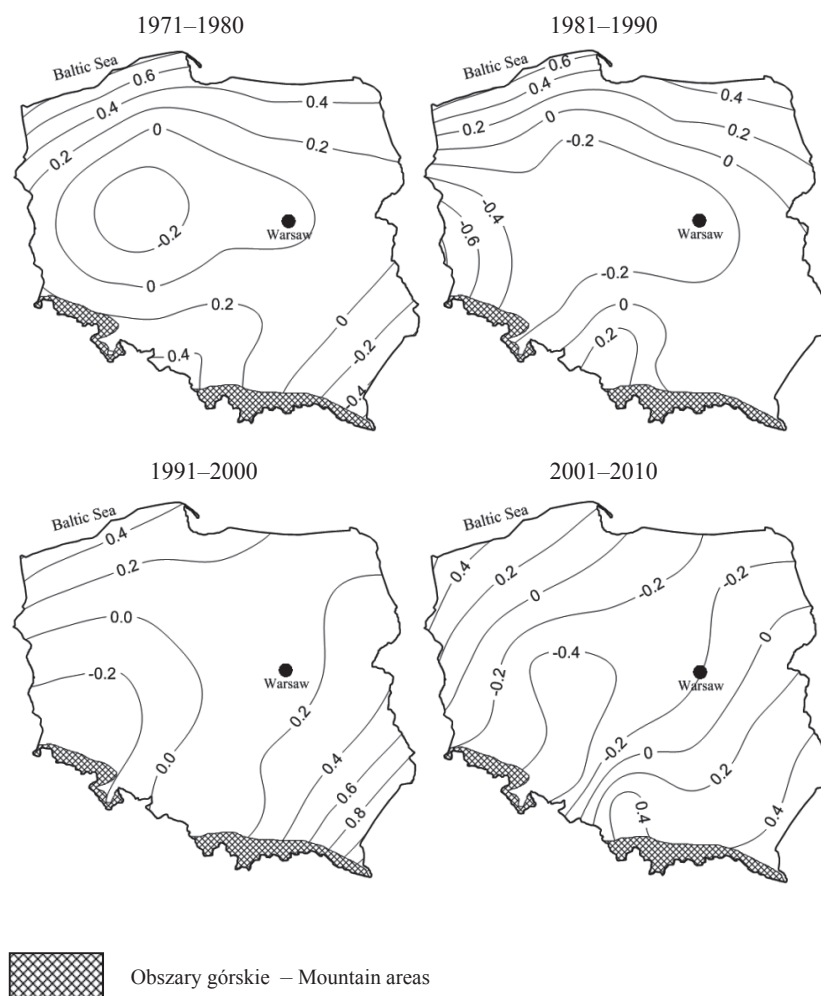
Rys. 2c. Rozkład różnic współczynnika K w lipcu w kolejnych dziesięcioleciach okresu 1971–2010
 Fig. 2c. Distribution of K index differences in the area of Poland in July in the decades of the period 1971–2010

tości występowały w lipcu. W dziesięcioleciu 1981–1990, we wszystkich miesiącach okresu badanego okresu (oprócz czerwca) przeważały różnice ujemne. W latach 1991–2000 ujemne różnice dominowały w czerwcu i sierpniu niemal na całym obszarze Polski. W pozostałych miesiącach na przeważającym obszarze występowały różnice dodatnie. W ostatnim analizowanym dziesięcioleciu 2001–2010 największy zasięg obszarowy różnic ujemnych obserwowano w czerwcu. W pozostałych miesiącach zasięg ujemnych różnic był mniejszy i zróżnicowany przestrzennie.



Rys. 2d. Rozkład różnic współczynnika K w sierpniu w kolejnych dziesięcioleciach okresu 1971–2010
 Fig. 2d. Distribution of K index differences in the area of Poland in August in the decades of the period 1971–2010

Obserwowany wzrost obszarów ujemnych różnic K we wszystkich dziesięcioleciach w czerwcu i sierpniu świadczy o spadku wartości wskaźnika hydrotermicznego i powiększaniu obszarów o niedostatecznym zaopatrzeniu roślin w wodę w tych miesiącach. W pozostałych miesiącach znaki i wartości różnic były regionalnie zróżnicowane, co świadczy o dużej dynamice warunków hydrotermicznych na obszarze Polski w badanym okresie.



Rys. 2e. Rozkład różnic współczynnika K we wrześniu w kolejnych dziesięcioleciach okresu 1971–2010
Fig. 2e. Distribution of K index differences in the area of Poland in September in the decades of the period 1971–2010

DYSKUSJA

Wielu autorów podkreśla, że susze atmosferyczne w ostatnich dziesięcioleciach cechowały się znacznie większym zasięgiem przestrzennym i dłuższym czasem trwania niż ekstremalnie wysokie opady. Obserwowano przesunięcie suszy z okresu letniego również na okresy wiosny i jesieni [Skowera i Wojkowski 2003, Ziernicka-Wojtaszek 2012]. W pracy Skowery i Wojkowskiego [2003] dotyczącej zmian warunków hydrotermicznych na obszarze Polski w okresach 1931–1960 i 1961–1990, autorzy zwrócili uwagę na zróżnicowane przestrzenne zachodzących zmian warunków hydrotermicznych. Wyniki uzyskane w niniejszej pracy dotyczące m.in. częstości wskaźnika hydrotermicznego $K \leq 1,0$ i wzrostu zasięgu obszarów dość suchych ($1,0 < K \leq 1,3$) potwierdzają zachodzące zmiany warunków hydrotermicznych w XX wieku na obszarze Polski. Warunki hydrotermiczne na obszarze Polski w latach 1971–2010 różniły się znacznie od opisanych przez Cherszkowicz [1971] na podstawie wielolecia 1931–1960. Autorka ta w pracy, poświęconej regionalizacji roślin uprawnych na podstawie wartości wskaźnika hydrotermicznego Sielianinowa jako wilgotnych zaliczyła obszar Polski od północno-zachodu po południowo-wschód. Za kryterium wyznaczenia tego obszaru przyjęła wartości $K \geq 1,6$. Natomiast pozostałą część Polski zaliczyła do warunków optymalnych wilgotnościowo.

Stwierdzony w niniejszej pracy wzrost zasięgu obszarów dość suchych na obszarze Polski w kolejnych dziesięcioleciach okresu 1971–2010 jest konsekwencją obserwowanego wzrostu temperatury powietrza oraz tendencji spadkowych opadów w ciepłym półroczu [Czarnecka i Niedzgorska-Lencewicz 2012, Michalska 2011, Żmudzka 2009]. Natomiast brak istotnych trendów zmian warunków hydrotermicznych, pomimo istotnego wzrostu temperatury powietrza, można wiązać z dużą zmiennością opadów atmosferycznych na obszarze Polski [Kołodziej i in. 2003].

Rozkład przestrzenny wartości wskaźnika K obrazujący poziom zabezpieczenia potrzeb wodnych roślin i powiększanie się zasięgu i częstości warunków suchych ($K \leq 1,0$) stwierdzone w niniejszej pracy są zbieżne badaniami Doroszewskiego i in. [2012], Łabędzkiego i Leśnego [2008], Kaneckiej-Geszke i Smarzyńskiej [2007]. Według Doroszewskiego i in. [2012] coraz częstsze występowanie zjawiska suszy jest spowodowane przede wszystkim wzrostem temperatury powietrza oraz występowaniem okresów bezopadowych w czasie trwania wegetacji roślin.

Autorzy wielu prac podkreślają, że susza cechuje się dużym zasięgiem obszarowym i w efekcie powoduje większe straty w plonach niż nadmierne opady [Łabędzki i Leśny 2008; Paulo i Pereira 2006, RCB 2010]. Stwierdzony w niniejszej pracy wzrost zasięgu występowania warunków dość suchych i zmniejszenie zasięgu warunków dość wilgotnych zmusza sektor rolniczy do działań przystosowawczych.

WNIOSKI

1. W badanym okresie 1971–2010 najniższe wartości wskaźnika hydrotermicznego K występowały w środkowo-zachodniej i centralnej części Polski. W Poznaniu wartości K były najniższe i kształtowały się od 1,0 do 1,3; najniższe wartości K obserwowano w Warszawie – od 1,0 do 1,3.
2. Średnia wartość wskaźnika hydrotermicznego na obszarze Polski była najniższa w sierpniu ($K=1,3$).
3. Największą częstość warunków hydrotermicznych w klasach; dość suche, suche, bardzo suche i skrajnie suche tj. o wartościach $K \leq 1,0$, obserwowano w każdym miesiącu w Poznaniu

- w Warszawie i Łodzi, a najmniej w Koszalinie i w Katowicach. Wartości $K \leq 1,0$ najczęściej występowały w sierpniu (45%) i wrześniu (44%), a najrzadziej w lipcu (34%).
4. W okresie letnim nastąpiło zmniejszenie zasięgu obszarowego warunków dość wilgotnych ($1,6 < K \leq 2,0$) z 32,8% w pierwszej dekadzie do 4,5% w ostatniej dekadzie na rzecz wzrostu zasięgu warunków dość suchych ($1,0 < K \leq 1,3$) odpowiednio z 14,4 do 44,3% powierzchni Polski.
 5. Analiza rozkładu różnic wartości wskaźnika hydrotermicznego w kolejnych dziesięcioleciach w odniesieniu do okresu 1971–2010 wykazała wyraźny spadek wartości K w sierpniu i czerwcu na przeważającej części obszaru Polski.
 6. W pozostałych miesiącach znaki i wartości różnic były regionalnie zróżnicowane, co świadczy o dużej dynamice warunków hydrotermicznych na obszarze Polski w badanym okresie.

PIŚMIENNICTWO

- Biuletyn Państwowej Służby Hydrologiczno-Meteorologicznej. 2001–2010. Wyd. IMiGW, Warszawa.
- Cherszkowicz E. 1971. Hydrothermischer Koeffizient (HTK) VI, VII, VIII. Karte. Agraklimatische Ressourcen des Territoriums der sozialistischen Länder Europas. Sofia: ss. 123.
- Czarnecka M., Nidzgorzka-Lencewicz J. 2012. Wieloletnia zmienność sezonowych opadów w Polsce. *Woda Środ. Obsz. Wiejskie* 12(2): 45–60.
- Dekadowy Biuletyn Agrometeorologiczny 2000. Wyd. IMiGW, Warszawa.
- Doroszewski A., Jadczyński J., Kozyra J., Pudelko R., Stuczyński T., Mizak K., Łopatka A., Koza P., Górski T., Wróblewska E. 2012. Podstawy systemu monitoringu suszy rolniczej. *Woda Środ. Obsz. Wiejskie* 12(2): 77–91.
- Hirsch R.M., Slack J.R., Smith R.A. 1982. Techniques of trend analysis for monthly water quality data. *Water Resour. Res.* 18: 107–121.
- Kanecka-Geszke E., Smarzyńska K. 2007. Assessment of meteorological drought in selected agro-climatic regions in Poland using various indices. *Acta Sci. Pol., Form. Circ.* 6(2): 41–50.
- Kołodziej J., Liniewicz K., Bednarek H. 2003. Opady atmosferyczne w okolicy Lublina a potrzeby opadów roślin uprawnych. *Ann. UMCS, Sect. E, Agricultura* 58: 101–110.
- Kożuchowski K., Żmudzka E. 2001. Ocieplenie w Polsce: skala i rozkład sezonowy zmian temperatury powietrza w drugiej połowie XX wieku. *Przeg. Geof.* 46(1–2): 81–90.
- Łabędzki L. 2004. Problematyka susz w Polsce. *Woda Środ. Obsz. Wiejskie* 4(1): 47–66.
- Łabędzki L., Bąk B., Kanecka-Geszke E., Kasperska-Wołowicz W., Smarzyńska K. 2008. Związek między suszą meteorologiczną i rolniczą w różnych regionach agroklimatycznych Polski. Wyd. IMUZ Raszyn: 10–11.
- Łabędzki L., Leśny J. 2008. Skutki susz w rolnictwie – obecne i przewidywane w związku z globalnymi zmianami klimatycznymi. *Wiad. Mel. Łąk.* 1: 7–9.
- Michalska B. 2011. Tendencje zmian temperatury powietrza w Polsce. *Prace Studia Geogr.* 47: 67–75.
- Miesięczny Przegląd Agrometeorologiczny: IMGW, 1971–1999.
- Paulo A.A., Pereira L.S. 2006. Drought concepts and characterization. Comparing drought indices applied at local and regional scales. *Water Int.* 31: 37–49.
- Radzka E., Jankowska J., Koc. G., Rak J. 2010. Wpływ posuch na plonowanie ziemniaka w środkowo-wschodniej Polsce. *Fragm. Agron.* 27(4): 111–118.
- Rządowe Centrum Bezpieczeństwa 2010. Zagrożenia okresowe występujące w Polsce. Wydział Analiz i Prognoz Biura Monitorowania i Analizy Zagrożeń RCB: 22–25.
- Sasim M., Mierkiewicz M. 2005. Susza w 2003 roku. *Gazeta Obserwatora IMGW* 1: 37–38.
- Skowera B., Wojkowski J. 2003. Changes of hydrothermal conditions in Poland in the period 1931–1990. *Studia Geogr.* 75: 250–261.
- Stachowski P. 2010. Ocena suszy meteorologicznej na terenach po górniczych w rejonie Konina. *Rocz. Ochr. Środ./Ann. Set Environ. Prot.* 12: 587–606.

- Szwejkowski Z., Dragańska E, Suchecki S. 2008. Prognoza wpływu spodziewanego globalnego ocieplenia w roku 2050 na plonowanie roślin uprawnych w Polsce północno-wschodniej. *Acta Agrophys.* 12(3): 791–800.
- Ziernicka-Wojtaszek A. 2012. Porównanie wybranych wskaźników oceny suszy atmosferycznej na obszarze województwa Podkarpackiego (1901–2000). *Woda Środ. Obsz. Wiejskie* 12(2): 365–376.
- Żmudzka E. 2004. Tło klimatyczne produkcji roślinnej w Polsce w drugiej połowie XX wieku. *Acta Agrophys.* 3(2): 399–408
- Żmudzka E. 2009. Współczesne zmiany klimatu Polski. *Acta Agrophys.* 13(2): 555–568.

B. SKOWERA

CHANGES OF HYDROTHERMAL CONDITIONS IN THE POLISH AREA (1971–2010)

Summary

The averages monthly air temperature and total precipitation from 16 IMGW stations, relating to 1971–2010 period were used to calculate Sielianinow's hydrothermal indexes. During considered period (1971–2010) the lowest values of the hydrothermal index (K), ranging from 1.0 to 2.0, occurred in the Midwest and Central part of Poland. August and September were the driest months during the vegetation period (average area value of $K = 1.3$). The highest frequency of droughts ($K \leq 1.0$) was observed in August (45%), September (44%) and the least frequently in July (34%). Most cases of drought in each month were observed in the Midwest and Central part of Poland: in May (Lodz and Warsaw) and August (Łódź and Poznan). In Northern and Southeast Poland lower drought frequency have been reported, from 18% in July (Katowice) to 50% in August (Lublin). In summer, decrease of fairly humid conditions range was observed ($1.6 \leq K < 2.0$) from 32.8% in first decade to 4.5% in the last one in favor of the increase of fairly dry conditions ($1.0 \leq K \leq 1.3$) from 14.4% to 44.3% respectively. Analysis of differences in the distribution of K values between successive decades in relation to 1971–2010 period revealed substantial drop of the K value in August and June in major part of Poland. For the other months signs and the values of differences were regionally varied, reflecting dynamic hydrothermal conditions in Poland during studied period.

Key words: hydrothermal index, drought, precipitation, temperature

Zaakceptowano do druku – *Accepted for print*: 20.12.2013

Do cytowania – *For citation*:

Skowera B. 2014. Zmiany warunków hydrotermicznych na obszarze Polski (1971–2010). *Fragm. Agron.* 31(2): 74–87.