

Wpłynęło 28.10.2011 r.
Zrecenzowano 17.01.2012 r.
Zaakceptowano 24.02.2012 r.

A – koncepcja
B – zestawienie danych
C – analizy statystyczne
D – interpretacja wyników
E – przygotowanie maszynopisu
F – przegląd literatury

SUSZE METEOROLOGICZNE W REJONIE STACJI ZMŚP W KONICZYNCIE (POJEZIERZE CHEŁMIŃSKIE) W LATACH 1951–2010

Bogdan BĄK¹⁾ ACEF, **Marek KEJNA**²⁾ ABCF,
Joanna USCKA-KOWALKOWSKA²⁾ BCF

¹⁾ Instytut Technologiczno-Przyrodniczy, Kujawsko-Pomorski Ośrodek Badawczy w Bydgoszczy

²⁾ Uniwersytet Mikołaja Kopernika, Zakład Klimatologii, Instytut Geografii

Streszczenie

W pracy przedstawiono problem występowania susz meteorologicznych na rolniczym obszarze zlewni Strugi Toruńskiej. Analizę zmienności miesięcznych susz meteorologicznych w latach 1951–2010 przeprowadzono na podstawie danych ze stacji Zintegrowanego Monitoringu Środowiska Przyrodniczego w Koniczyncie (Pojezierze Chełmińskie). Jest to rejon charakteryzujący się niewielką sumą roczną opadów – 548 mm, o bardzo dużej ich zmienności z roku na rok (od 307 mm w 1951 r. do 1050 mm w 1980 r.). W poszczególnych miesiącach zmienność opadów jest jeszcze większa (współczynnik zmienności zmienia się od 49% w marcu do 93% w czerwcu). Intensywność suszy w każdym miesiącu oceniono za pomocą wskaźnika standaryzowanego opadu *SPI* (Standardized Precipitation Index). W Koniczyncie w badanym wieloleciu susze pojawiały się we wszystkich miesiącach roku. Stwierdzono 73 okresy suszy, które łącznie trwały 186 miesięcy, czyli przez 26% miesięcy badanego wielolecia. Najczęściej pojawiały się jednomiesięczne susze (28 razy), oraz dwu- (15 razy) i trzymiesięczne (po 13 razy). Przeciętny okres suszy trwał 2,5 miesiąca, a najdłuższy – 10 miesięcy. Najwięcej ekstremalnych susz pojawiło się w marcu, kwietniu, sierpniu i grudniu, silnych susz w lutym i we wrześniu, a umiarkowanych w sierpniu i w grudniu.

Dla rolnictwa istotne znaczenie mają susze meteorologiczne w okresie wiosennym (III–V) i letnim (VI–VIII). W wieloleciu 1951–2010 trwały one łącznie 96 miesięcy, co stanowi 13% badanego okresu i powodowały opóźnienie siewu i wschodów roślin lub całkowite ich usychanie. W niektórych latach, np. w 1971, 1975, 1996, 2003 r., wczesnowiosenną suszę meteorologiczną poprzedzała dodatkowo susza w miesiącach zimowych.

Słowa kluczowe: Koniczynka, Pojezierze Chełmińskie, susza meteorologiczna, wskaźnik *SPI*

WSTĘP

Susze należą do zjawisk, które pojawiają się okresowo, w różnych porach roku. Wywołane są niedoborem wilgoci w powietrzu i w glebie, co powoduje zakłócenie bilansu wodnego na danym obszarze. Do ich powstawania przyczynia się brak opadów lub jego niewielkie ilości w dłuższym okresie czasu. Ujemna anomalia opadowa jest najważniejszym czynnikiem powodującym tzw. suszę meteorologiczną. W warunkach Polski do powstania suszy przyczyniają się przede wszystkim Wyż Azorski i wyże wschodnioeuropejskie [WOŚ 1999]. Serie postępujących po sobie wyżów mogą trwać przez kilka miesięcy – np. w 1992 r. wyże dominowały nad Polską od maja do końca sierpnia [BOBIŃSKI, MEYER 1992; LORENC i in. 2000]. Zmienność opadów i towarzyszące im okresy susz i posuch na Kujawach, zwłaszcza w okresie wegetacyjnym, była przedmiotem badań wielu autorów. Przeprowadzone analizy wykazały, że region Kujaw i okolice Torunia leżą na obszarze szczególnie zagrożonym powyższymi zjawiskami [BAK, ŁABĘDZKI 2002; KASPERSKA-WOŁOWICZ i in. 2003; ŁABĘDZKI, BAK 2004]. W badaniach prowadzonych przez Przybyłaka i Maszewskiego w regionie bydgosko-toruńskim w latach 1881–2005 stwierdzono, że najczęściej występującym typem cyrkulacji był klin antycyklonalny Ka [PRZYBYŁAK, MASZEWSKI 2009]. Warunkom suszy sprzyjają też, chociaż w znacznie mniejszym stopniu, typy cyrkulacji cyklonalnej ze wschodu i z południowo-wschodu [PIOTROWSKI 2010].

Bezpośrednim celem pracy było przeprowadzenie wieloletniej analizy występowania susz meteorologicznych na Pojezierzu Chełmińskim, a pośrednim ocena zagrożenia suszą meteorologiczną upraw rolniczych w rejonie Koniczynki. Dla rolnictwa na tym terenie szczególnie groźne są długie okresy bezopadowe lub o wyraźnie zmniejszonych opadach, trwające 2–3 miesiące, a w sporadycznych przypadkach jeszcze dłużej.

TEREN BADAŃ

Stacja Bazowa Zintegrowanego Monitoringu Środowiska Przyrodniczego (ZMŚP) w Koniczynce znajduje się w odległości ok. 10 km na północny-wschód od Torunia (współrzędne geograficzne stacji: $\varphi = 53^{\circ}05'N$, $\lambda = 18^{\circ}42'E$, $h = 84$ m n.p.m). Badania są prowadzone w obrębie wydzielonej zlewni Strugi Toruńskiej (35 km²), stanowiącej część Pojezierza Chełmińskiego. Jest to obszar wylesiony, silnie zmeliorowany i zdrenowany, intensywnie użytkowany rolniczo. Według KONDRACKIEGO [1998] region ten można traktować jako geosystem młodoglacjalnej równiny morenowej.

Warunki termiczno-opadowe Koniczynki zostały przedstawione we wcześniejszych opracowaniach, np. USCKA-KOWALKOWSKA, KEJNA [2009]. Badany region graniczy z Kujawami, które charakteryzują się najniższymi sumami opadów rocz-

nych i w okresie wegetacyjnym w Polsce oraz ich największą roczną zmiennością. W badanej części Pojezierza Chełmińskiego również obserwuje się zmniejszone sumy opadów atmosferycznych w stosunku do innych regionów kraju, co w warunkach ich znacznej zmienności prowadzi do częstych susz. Tendencję do zmniejszania się sumy opadów ku centrum Kujaw potwierdzają badania przeprowadzone przez KONOPKO [1988]. W okresie letnim, niższe opady w centrum Kujaw w stosunku do Bydgoszczy lub Torunia, tłumaczy ona mniejszym udziałem opadów pochodzących ze zjawisk burzowych. Sumy opadów atmosferycznych w istotnym stopniu zależą od typów sytuacji synoptycznej. Dla Koniczynki zależność ta została zbadana dla okresu 1994–2009, z wykorzystaniem klasyfikacji NIEDŹWIEDZIA [1981]. Stwierdzono, że opady najrzadziej występowały w typach Ca, NEa, Ea [KEJNA, USCKA-KOWALKOWSKA 2010], przy czym typy antycyklonalne stanowiły ok. 54% wszystkich obserwacji. Układy te dominowały w okresie od kwietnia do października, z maksimum w sierpniu.

MATERIAŁ I METODY BADAŃ

Okresy występowania zjawiska suszy można wydzielić na przykład na podstawie ciągów dni bezopadowych [KASPERSKA i in. 2003]. Bardziej przydatne są jednak wskaźniki suszy, np. wskaźnik standaryzowanego opadu *SPI* (Standardized Precipitation Index), wskaźnik względnego opadu *RPI* (Relative Precipitation Index), w Polsce znany jako wskaźnik Kaczorowskiej, wskaźnik *PDI* (Palmer Severity Index), czy wskaźnik hydrotermiczny Sielianinowa [BĄK 2006], bowiem na podstawie ich wartości i przyjętych klas suszy można ocenić również intensywność zjawiska.

Do oceny suszy meteorologicznej w rejonie Stacji Zintegrowanego Monitoringu Środowiska Przyrodniczego w Koniczynie (Pojezierze Chełmińskie) zostały wykorzystane wartości wskaźnika standaryzowanego opadu *SPI*, zaproponowanego przez MCKEE i in. [1993; 1995]. Jest to wskaźnik dość często cytowany w literaturze [BĄK, ŁABĘDZKI 2002; 2004; ŁABĘDZKI 2000; 2006; 2007; 2008] i obecnie zalecany przez ICID (International Commission on Irrigation and Drainage) do operacyjnego monitorowania zagrożenia suszą [US National Drought... 2012; VERMES 1998].

Wartości wskaźnika *SPI* są standaryzowanymi odchyleniami opadu od wartości mediany opadu w wieloleciu. Dla okresów miesięcznych najlepsze dopasowanie do rozkładu normalnego daje normalizacja miesięcznych ciągów homogenicznych opadów za pomocą funkcji przekształcającej $f(P) = \sqrt[3]{x}$ [ŁABĘDZKI 2006]. Zgodność rozkładu zmiennej przekształconej $f(P)$ z rozkładem normalnym bada się, stosując np. test zgodności χ^2 -Pearsona. Pozytywna wartość testu zgodności pozwala na obliczanie wartości *SPI* dla danej wartości *P* na podstawie równania:

$$SPI = \frac{f(P) - \mu}{\delta} \quad (1)$$

gdzie:

SPI – wskaźnik standaryzowanego opadu;

$f(P)$ – przekształcona suma opadów, mm;

μ – średnia wartość znormalizowanego ciągu opadów, mm;

δ – średnie odchylenie standardowe znormalizowanego ciągu sum opadów, mm.

Wartości SPI obliczono dla wszystkich miesięcy. Susza wystąpiła w okresie kiedy SPI było ujemne w sposób ciągły (w kolejnych miesiącach) i osiągnęło wartość $-1,0$ i mniejszą, a kończyła się, kiedy SPI przyjmowało wartość dodatnią. Oznacza to, że w przypadku pojedynczego miesiąca z suszą musi być spełniony warunek, że $SPI \leq -1$, natomiast w miesiącu poprzedzającym suszę i w następującym po niej, wartości SPI są dodatnie. W czasie suszy wielomiesięcznej, za jej początek przyjmuje się ten miesiąc, w którym $SPI \leq -1$, a za koniec okresu suszy miesiąc, w którym SPI po raz ostatni ma wartość ujemną. Najczęściej susze meteorologiczne trwają od jednego do trzech miesięcy, ale sporadycznie występują też kilku- lub nawet kilkunastomiesięczne susze.

Na podstawie obliczonych wartości wskaźnika SPI , suszę meteorologiczną można scharakteryzować następującymi parametrami: czasem trwania zjawiska, wielkością suszy i intensywnością. Wielkość suszy określa się jako sumę wartości wskaźników SPI w okresie trwania suszy. Intensywność suszy odnosi się do okresu niedoboru opadów atmosferycznych i w pojedynczym okresie pomiarowym wyraża się wielkością standaryzowanego odchylenia opadu od wartości mediany opadu w wieloleciu. W okresach dłuższych jest to iloraz wielkości suszy i liczby miesięcy trwania zjawiska. Maksymalna susza występuje w tym miesiącu, w którym wartość wskaźnika SPI jest minimalna. Ujemnym wartościom SPI można przyporządkować określoną klasę intensywności suszy:

- susza umiarkowana ($-1,0 \leq SPI < -1,5$);
- susza silna ($-2,0 < SPI \leq -1,5$);
- susza ekstremalna ($SPI \leq -2,0$).

Okres, w którym $-0,99 < SPI < 0$ jest najczęściej przyjmowany w literaturze jako okres normalny, chociaż niektórzy autorzy traktują go również jako okres łagodnej suszy „mild drought” [MCKEE, DOESKEN i in. 1993; PAULO, PEREIRA 2006].

Wartości wskaźnika SPI obliczono na podstawie 60-letniego (1951–2010) ciągu miesięcznych sum opadów zmierzonych w Koniczynie. W opracowaniu wykorzystano dane z pomiarów manualnych wykonywanych deszczomierzem Hellmanna (o godz. 7) w latach 1951–2010. Brakujące dane z okresu od stycznia 1990 do kwietnia 1993 r. uzupełniono metodą korelacji liniowej na podstawie wyników ze stacji IMGW Toruń-Wrzosy (odległej o ok. 9 km).

WYNIKI BADAŃ

Na podstawie danych 60-letniego ciągu rocznych sum opadów (1951–2010) zmierzonych w Koniczynie stwierdzono, że średnia roczna suma opadów w badanym wieloleciu wyniosła 548 mm. Najbardziej suchy był 1951 r., w którym zmierzono 307 mm, a najbardziej wilgotny 1980 r. – 1050 mm. Nieistotny statystycznie, dodatni trend liniowy opadów wynosił ok. $0,5 \text{ mm}\cdot\text{rok}^{-1}$. Mała wartość współczynnika determinacji R^2 (0,0047) świadczy o słabym dopasowaniu linii trendu do wyników obserwacji.

W poszczególnych miesiącach notowano dużą zmienność opadów; najmniejsze zróżnicowanie opadów występowało w marcu (49%), a największe w czerwcu (93%) i w październiku (77%). W rozkładzie miesięcznych sum opadów stwierdzono mniejsze opady w okresie zimowym (w lutym średnia suma opadów wynosiła 23 mm) i znacznie większe w okresie letnim (w lipcu 87 mm). Średnia suma opadów w miesiącach chłodnych P_{ch} (X–III) wynosiła 195 mm, a w okresie ciepłym P_{c} (IV–IX) – 353 mm. Średnia suma opadów w miesiącach wiosenno-letnich w wieloleciu 1951–2010 była prawie dwukrotnie większa w stosunku do poprzedzających je opadów jesienno-zimowych. Najmniejsze zróżnicowanie zanotowano w 1974 r. ($P_{\text{c}}:P_{\text{ch}} = 0,8$), największe w 1972 r. (5,6). KOZUCHOWSKI [2004] sugeruje, że malejący trend stosunku opadów lata do opadów zimy, oraz stosunku opadów półrocza ciepłego do opadów półrocza chłodnego, jest rezultatem przemian struktury sezonowej opadów i jest wywołany obserwowanym ociepleniem klimatu. Tendencja ta, istotna statystycznie, jest jedną z niewielu prawidłowości wieloletnich zmian stosunków opadowych w Polsce.

Przebieg wartości wskaźnika SPI w rejonie stacji ZMŚP w Koniczynie wskazuje na dużą zmienność w wieloleciu 1951–2010 oraz ścisły i istotny statystycznie związek z opadami (współczynnik korelacji $r = 0,98$, $\alpha = 0,05$). Uzyskany na podstawie wartości SPI rozkład susz meteorologicznych pokazał, że susze pojawiały się w tym rejonie we wszystkich miesiącach roku (tab. 1).

W badanym wieloleciu stwierdzono 73 okresy suszy, które łącznie trwały 186 miesięcy, czyli przez ok. 26% miesięcy badanego wielolecia. Najczęściej pojawiały się susze jednomiesięczne (28 razy), oraz dwu- (15 razy) i trzymiesięczne (13 razy). Przeciętny okres suszy trwał 2,5 miesiąca, a najdłuższy – 10 miesięcy (tab. 2).

Najsilniejsze, ekstremalne susze meteorologiczne, wystąpiły w październiku 1951 r. ($SPI = -3,4$) i w styczniu 1972 r. ($SPI = -3,1$). Najłagodniejsze susze występowały w czerwcu. W czerwcu 2006 r. najsilniejsza susza badanego wielolecia była tylko silną suszą ($SPI = -1,5$). Podobne statystyki uzyskał ŁABĘDZKI [2008] analizując rozkład miesięcznych wartości SPI w Bydgoszczy-IMUZ w latach 1861–2006. W Bydgoszczy średni czas suszy meteorologicznej wynosił w tym wieloleciu 2,4 miesiąca, a maksymalny czas trwania suszy wynosił 9 miesięcy. W okresie wegetacyjnym (IV–IX) w latach 1954–1998 BĄK i ŁABĘDZKI [2002] wydzielili w Toruniu 33 miesiące z suszą meteorologiczną, w Bydgoszczy – 39,

Tabela 1. Rozkład susz meteorologicznych w Koniczynie (1951–2010)**Table 1.** Distribution of meteorological droughts in Koniczynka (1951–2010)

Rok Year	Miesiąc Month											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1951		-1,6		-0,1	-2,3	-1,2			-2,5	-3,4	-0,7	-1,6
1952			-1,2				-1,9					
1953										-1,4		-1,1
1954		-1,1	-1,0									
1955	-0,6	-1,8	-0,3					-1,1				
1956					-2,1							
1957										-1,1	-1,8	
1958											-1,5	
1959								-2,3	-1,6	-0,9	-2,4	
1960					-1,2				-1,4			
1961												
1962												-1,4
1963	-1,0		-2,1	-0,1								
1964	-1,2	-0,1	-2,3				-1,8					-1,2
1965												
1966												
1967												
1968		-0,6	-0,2	-1,4								-2,1
1969	-1,2	-1,4	-0,7				-1,7		-1,1	-0,8		-1,2
1970								-1,0	-0,2			-0,4
1971	-1,2	-0,8	-1,1	-0,1	-0,8					-0,1	-1,2	-0,1
1972	-3,1	-1,8	-0,5							-1,1	-0,8	-2,4
1973	-1,4					-0,1	-0,7	-2,0	-0,9			
1974			-1,9	-2,2	-1,1				-1,1			
1975	-0,1	-1,2	-0,1	-0,9	-0,4			-2,4	-0,5			
1976		-2,6	-0,9	-1,7								
1977						-1,2						
1978	-0,4	-1,7	-0,1	-0,4	-1,2							
1979										-1,6		
1980					-1,5			-1,1				
1981												
1982		-1,4	-0,6	-0,7	-0,2	-0,1	-0,8	-1,1	-1,8	-0,4	-0,6	
1983						-0,9	-1,1					
1984								1,2				-1,3
1985	-0,1								-0,1	-1,5	-0,5	
1986		-1,3										
1987			-1,6	-0,5	-0,6							
1988				-2,0	-0,4			-0,5	-0,5	-1,4		

cd. tab. 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1989	-1,5		-0,7	-0,1	-1,9	-1,4	-1,0	-0,5	-0,8			
1990	-1,0	-0,5	-0,3									
1991												
1992				-0,3	-0,2	-1,2	-0,7	-0,1				
1993			-0,4	-0,6	-1,1					-1,6		
1994					-0,2	-0,8	-2,2	-0,7				
1995										-0,7	-2,2	-1,2
1996	-0,8		-2,3	-1,1				-0,1	-0,1	-0,2	-0,8	-2,1
1997	-2,7							0,5	1,7			
1998												
1999												
2000				-0,8	-1,1	-1,2						
2001												

Źródło: wyniki własne. Source: own studies.

Tabela 2. Statystyki susz meteorologicznych w Koniczynie (1951–2010)**Table 2.** Statistics of meteorological droughts in Koniczynka (1951–2010)

Parametry suszy Parameters of drought	Wartość Value	Okres Period
Maksymalny czas trwania suszy (miesiące) Maximum duration (months)	10	II–XI 1982
Średni czas trwania suszy (miesiące) Average duration (months)	2,5	–
Maksymalna wielkość suszy (suma <i>SPI</i>) Maximum magnitude (sum of <i>SPI</i>)	-8,2	IX–XII 1951
Maksymalna intensywność suszy (min. wartość <i>SPI</i>) Maximum intensity (min. <i>SPI</i>)	-3,4	X 1951
Średnia intensywność suszy (średnia wartość <i>SPI</i>) Average intensity (mean <i>SPI</i>)	-1,1	–

Źródło: wyniki własne. Source: own studies.

a w Kole – 48. Taki rozkład susz świadczył o tym, że na południe od Koniczynki, występują bardziej sprzyjające warunki do powstawania suszy meteorologicznej.

Najwięcej miesięcy z suszą meteorologiczną (42) pojawiło się w Koniczynie latach 1971–1980. W pozostałych dziesięcioleciach rozkład susz wyglądał następująco: 1981–1990 – 38 miesięcy, 1991–2000 – 30, 1951–1960 – 28, 2001–2010 – 25, 1961–1970 – 23. W okresie chłodnym (X–III) stwierdzono 94 miesiące z suszą, a w ciepłym (IV–IX) – 92.

PODSUMOWANIE

Miesięczne susze meteorologiczne pojawiały się w rejonie stacji ZMŚP w Koniczynie w latach 1951–2010 średnio co cztery miesiące. Najwięcej było ich w latach 70., a najmniej w latach 60. XX w. Najczęściej okresy z suszą obejmowały marzec (21 przypadków) i kwiecień (18), a najrzadziej lipiec (11) oraz czerwiec i listopad (po 12). Najwięcej ekstremalnych susz pojawiło się w marcu, kwietniu, sierpniu i grudniu (po 3 w każdym miesiącu), silnych susz w lutym i we wrześniu (4), a umiarkowanych w sierpniu i w grudniu (po 7).

W okresie zimy (XII–II) stwierdzono 33 okresy z suszą, które trwały łącznie 45 miesięcy. Dla intensywnie użytkowanego rolniczego obszaru na terenie zlewni Strugi Toruńskiej istotne znaczenie miały susze meteorologiczne w okresie wiosennym (III–V) i letnim (VI–VIII). W wieloleciu 1951–2010 rolnictwo na tym terenie było zagrożone suszą meteorologiczną wiosną i latem łącznie przez 96 miesięcy, co stanowi 27% okresu III–VIII. Uwagę zwraca szczególnie zagrożenie suszą ekstremalną i silną w okresie wczesnowiosennym, które opóźniało siew i wschody roślin. W niektórych latach, np. w 1971, 1975, 1996 i 2003 r., wczesnowiosenną suszę meteorologiczną poprzedzała susza w miesiącach zimowych.

LITERATURA

- BAK B. 2006. Wskaźnik standaryzowanego opadu SPI jako kryterium oceny suszy rolniczej na glebach o różnej retencji użytecznej. Pr. dokt. Maszyn. Falenty. IMUZ ss. 160.
- BAK B., ŁABĘDZKI L. 2002. Assessing drought severity with the relative precipitation index (RPI) and the standardized precipitation index (SPI). *Journal of Water and Land Development*. No. 6 s. 89–105.
- BAK B., ŁABĘDZKI L. 2004. Monitorowanie suszy w okresie dekadowym metodą wskaźnika *SPI* i prognozowanie dalszego jej rozwoju. W: *Zintegrowany monitoring środowiska przyrodniczego*. Pr. zbior. Red. M. Kejna, J. Uscka. Biblioteka Monitoringu Środowiska Przyrodniczego s. 77–83.
- BOBIŃSKI E., MEYER W. 1992. Susza w Polsce w latach 1982–1992. Ocena hydrologiczna. *Wiadomości IMGW*. T. XV. Z. 4. s. 3–23.
- KASPERSKA-WOŁOWICZ W., ŁABĘDZKI L., BAK B. 2003. Okresy posuszne w rejonie Bydgoszczy. *Woda Środowisko Obszary Wiejskie*. T. 3. Z. specj. (9) s. 39–56.
- KEJNA M., USCKA-KOWALKOWSKA J. 2010. Wpływ cyrkulacji atmosferycznej na opady atmosferyczne w Stacji ZMŚP w Koniczynie w latach 1994–2009. *Biała Góra. Biblioteka Monitoringu Środowiska Przyrodniczego*. Vol. XXVIII s. 109–120.
- KONOPKO S. 1988. Częstotliwość występowania okresów posusznych w rejonie Bydgoszczy na podstawie wieloletnich obserwacji. *Wiadomości IMUZ*. T. XV. Z. 4. s. 103–113.
- KONDRACKI J. 1998. *Geografia regionalna Polski*. Warszawa. Wydaw. Nauk. PWN. ISBN 83-01-13897-1 ss. 441.
- KOŻUCHOWSKI K. (red.) 2004. *Zmienność opadów atmosferycznych w Polsce w XX i XXI wieku*. W: *Skala uwarunkowania i perspektywy współczesnych zmian klimatycznych w Polsce*. Łódź. Zakład Dynamiki Środowiska i Bioklimatologii Uniwersytetu Łódzkiego s. 47–57.

- LORENC H., GAŚSIOROWSKA E., LASKOWSKA A., STRZELCZAK A., ŻÓRAWKA K. 2000. Initial assessment of the drought in 2000. Proceeding Internation. Conf. Poznań, 11–15.09.2000. Present and Future Requirements for Agrometeorological Information s. 14–27.
- ŁABĘDZKI L. 2000. Ocena zagrożenia suszą w regionie bydgosko-kujawskim przy użyciu wskaźnika standaryzowanego opadu (*SPI*). Wiadomości Melioracyjne i Łąkarskie. T. 43. Nr 3 s. 102–103.
- ŁABĘDZKI L. 2006. Susze rolnicze – zarys problematyki oraz metody monitorowania i klasyfikacji. Woda Środowisko Obszary Wiejskie. Rozprawy naukowe i monografie. Nr 17. ISBN 83-88763-63-6 ss. 107.
- ŁABĘDZKI L. 2007. Estimation of local drought frequency in central Poland using the standardized precipitation index SPI. Irrigation and Drainage. Vol. 56. Iss. 1 s. 67–77.
- ŁABĘDZKI L. 2008. Ocena częstotliwości susz o różnym czasie trwania przy użyciu wskaźnika standaryzowanego opadu SPI. Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych. Z. 526 s. 105–112.
- ŁABĘDZKI L., BĄK B. 2004. Zróżnicowanie wskaźnika suszy *SPI* w okresie wegetacji w Polsce. Woda Środowisko Obszary Wiejskie. T. 4. Z. 2a (11) s. 111–122.
- MCKEE T.B., DOESKEN N.J., KLEIST J. 1993. The relationship of drought frequency and duration to time scales. W: Proc. 8th Conf. Applied Climatology, Anaheim 17–22 January 1993 [online] [Dostęp 20.02.2012]. Dostępny w Internecie: http://ccc.atmos.colostate.edu/relationshipof_droughtfrequency.pdf
- MCKEE T.B., DOESKEN N.J., KLEIST J. 1995. Drought monitoring with multiple time scales. Preprints 9th Conf. Applied Climatology, Dallas, 15–20 January 1995. [online] [Dostęp 20.02.2012]. Dostępny w Internecie: <http://ccc.atmos.colostate.edu/relationshipofdroughtfrequency.pdf>
- NIEDŹWIEDŹ T. 1981. Sytuacje synoptyczne i ich wpływ na zróżnicowanie przestrzenne wybranych elementów klimatu w dorzeczu górnej Wisły. Rozprawy habilitacyjne. Kraków. UJ. Nr 58. ISBN 83-233-0164-6 ss. 165.
- PAULO A.A., PEREIRA L.S. 2006. Drought concepts and characterization. Comparing drought indices applied at local and regional scales. Water International. Vol. 31. No. 1 s. 37–49.
- PIOTROWSKI P. 2010. Uwarunkowania cyrkulacyjne susz wiosennych w Polsce. W: Klimat Polski na tle klimatu Europy. Warunki termiczne i opadowe. Pr. zbior. Red. E. Bednarz. Ser. Studia i Prace z Geografii i Geologii. Nr 15. Poznań. Bogucki Wydaw. Nauk. s. 147–158.
- PRZYBYLAK R., MASZEWSKI R. 2009. Zmienność cyrkulacji atmosferycznej w regionie bydgosko-toruńskim w latach 1881–2005. Acta Agrophysica. Vol. 171. Iss. 14(2) s. 427–447.
- VERMES L. 1998. How to work out a drought mitigation strategy. An ICID Guide. Guidelines for Water Management. Nr 309 Bonn. DVWK ss. 29.
- US National Drought Mitigation Center, University of Nebraska-Lincoln (NDMC) [online]. [Dostęp 20.02.2012]. Dostępny w Internecie: <http://www.droughtmonitor.unl.edu/>
- USCKA-KOWALKOWSKA J., KEJNA M. 2009. Zmienność warunków termiczno-opadowych w Koniczynie (Pojezierze Chełmińskie) w okresie 1994–2007. Acta Agrophysica. Vol. 170. Iss. 14 (1) s. 203–219.
- USCKA-KOWALKOWSKA J., KEJNA M. 2010. Wpływ cyrkulacji atmosferycznej na temperaturę powietrza w Koniczynie k. Torunia w latach 1994–2009. W: Klimat Polski na tle klimatu Europy, Warunki cyrkulacyjne i radiacyjne. Pr. zbior. Red. L. Kolendowicz. Ser. Studia i Prace z Geografii i Geologii. Nr 14. Poznań. Bogucki Wydaw. Nauk s. 75–89.
- WOŚ A. 1999. Klimat Polski. Warszawa. Wydaw. Nauk. PWN. ISBN 83-01-12780-5 ss. 301.

Bogdan BAŁ, Marek KEJNA, Joanna USCKA-KOWALKOWSKA

**METEOROLOGICAL DROUGHTS
IN THE REGION
OF THE STATION OF INTEGRATED ENVIRONMENTAL MONITORING
IN KONICZYŃKA (CHELMNO LAKELAND) IN THE YEARS 1951–2010**

Key words: *Chelmino Lakeland, Koniczynka, meteorological drought, SPI*

S u m m a r y

The paper presents the problem of meteorological droughts in an agricultural catchment of the Struga Toruńska. The analysis of monthly variation of meteorological droughts between 1951 and 2010 was based on data from the Station of Integrated Environmental Monitoring in Koniczynka (Chelmino Lakeland). The region is characterized by a small sum of annual rainfall (548 mm), and a high year-to-year variability (from 307 mm in 1951 to 1050 mm in 1980). For particular months, the variability coefficient was even higher ranging from 49% for March to 93% for June.

The intensity of drought in each month was assessed using Standardized Precipitation Index (SPI). In Koniczynka, droughts were recorded in all months of the year. Seventy three periods of drought were recorded which lasted in total 186 months i.e. 26% of the study period. Most frequent were one-month droughts (28), two-month (15) and three-month (13) droughts. The average dry period lasted 2.5 months; the longest lasted 10 months. The extreme droughts appeared most often in March, April, August and December (3 cases in each), severe droughts – in February and in September (4), and moderate droughts in August and December (7).

Meteorological droughts particularly important for agriculture are those in the spring (March–May) and summer (June–August) time. In the years 1951–2010 they lasted 96 months in total, which represented 13% of the study period (March–August). They caused delayed sowing and sprouting of plants or complete plant wilting. Moreover, in some years (1971, 1975, 1996, 2003) meteorological drought in the winter months preceded the early spring drought.