

Anna Michalska

LONG-TERM FLUCTUATIONS OF PRECIPITATION IN POLAND

SUMMARY

The propose of paper is define the cyclical changes of precipitation in six localities in Poland during period 1861-1990. The cyclical variability of this elements of weather was identified with the use of the method of J. Boryczka, consisting in determination and verification of the dense spectra of oscillations – the true periods. Results of the study are in the majority of cases statistically significant.

It was shown that precipitation is subject to the several years and a dozen years long cycles, the latter lasting approximately 11 and 12 years, the cycle of approximately 30 years and the long-term cycles. The long-term cyclity is the most differentiated within the area of Poland. The precipitation cycles contained in the spectra of oscillations of the consecutive 12-month sums for the seasons, as well as for the year as a whole, have been compared with the cycles of solar activity.

The comparison implies high similarity of the cycles of precipitation and zonal circulation (*W*) and solar activity. This may be the evidence for the proposition that the changes of solar activity are one of the essential factors determining variation of precipitation in the country. There is especially strong dependence for approximately 11-year cycles of precipitation and the solar activity.

CYKLICZNE ZMIANY TEMPERATURY POWIETRZA W POLSCE

Autoreferat

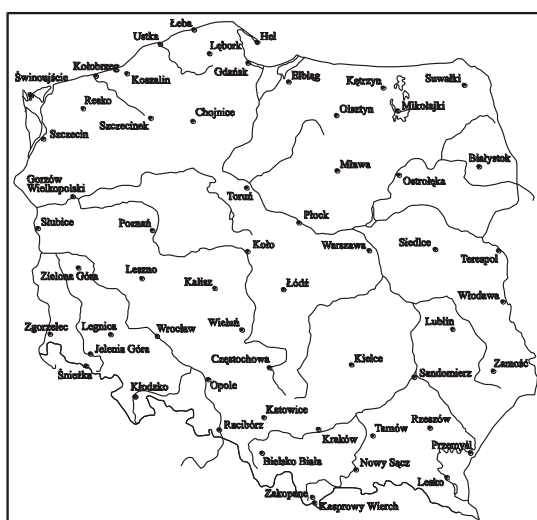
Elwira Żmudzka

Cel pracy, materiały źródłowe i metody badań

Celem pracy jest określenie cyklicznych zmian temperatury powietrza na terenie Polski w latach 1951-1990 – przestrzennego zróżnicowania (dyspersji) parametrów cykli: okresów, amplitud, faz – z wyodrębnieniem sezonów (wiosna, lato, jesień, zima) i roku.

Celem jest też identyfikacja przyczyn cykliczności od 1 do 30 lat temperatury powietrza przez wykazanie synchroniczności (korelacji) cykli temperatury powietrza, cyrkulacji atmosferycznej i aktywności Słońca.

Warunki termiczne obszaru Polski opisano chronologicznymi ciągami średnich miesięcznych wartości temperatury powietrza z 58 stacji meteorologicznych IMGW z lat 1951-1990 (rys.1). Cyrkulację atmosferyczną w tym samym przedziale czasu (1951-1990) charakteryzują ciągi czasowe miesięcznych częstości (liczb dni) makrotypów cyrkulacji strefowej: zachodniej [W] i wschodniej [E] oraz południkowej: południowej [S] mas powietrza napływającego nad obszar Polski (według klasyfikacji B. Osuchowskiej-Klein). Wyodrębniono również układy baryczne cykloniczne [C] i antycykloniczne [A] i typy cyrkulacji (A, CB, D, C₂D, E₀, E, E₁). Analizie statystycznej poddano także ciąg chronologiczny miesięcznych liczb Wolfa z lat 1951–1990, charakteryzujący aktywność Słońca.



Rys. 1. Rozmieszczenie stacji meteorologicznych
Localisation of meteorological stations

Parametry poszczególnych cykli: okresy Θ , amplitudy b i fazy c wyznaczono metodą sinusoid regresji J. Boryczki:

$$y = a_0 + b \sin\left(\frac{2\pi}{\Theta}t + c\right).$$

Metoda ta polega na aproksymacji ciągu chronologicznego (według najmniejszych kwadratów) wyników pomiarów y_1, y_2, \dots, y_n , wykonanych w czasie t_1, t_2, \dots, t_n kolejnymi sinusoidami regresji. Zmieniając okres sinusoidy z odstępem $\Delta\Theta = 0,1$ (lub $\Delta\Theta = 1/12$) roku otrzymano ciągi wariancji resztkowej ε^2 , współczynnika korelacji R i parametrów cykli Θ, b, c . Okresy zestawione w tabelach to maksima lokalne współczynnika korelacji (minima lokalne wariancji resztkowej). Ciągi amplitud b (widma) charakteryzują zakres wahań badanych zmiennych w poszczególnych cyklach (rys. 2).

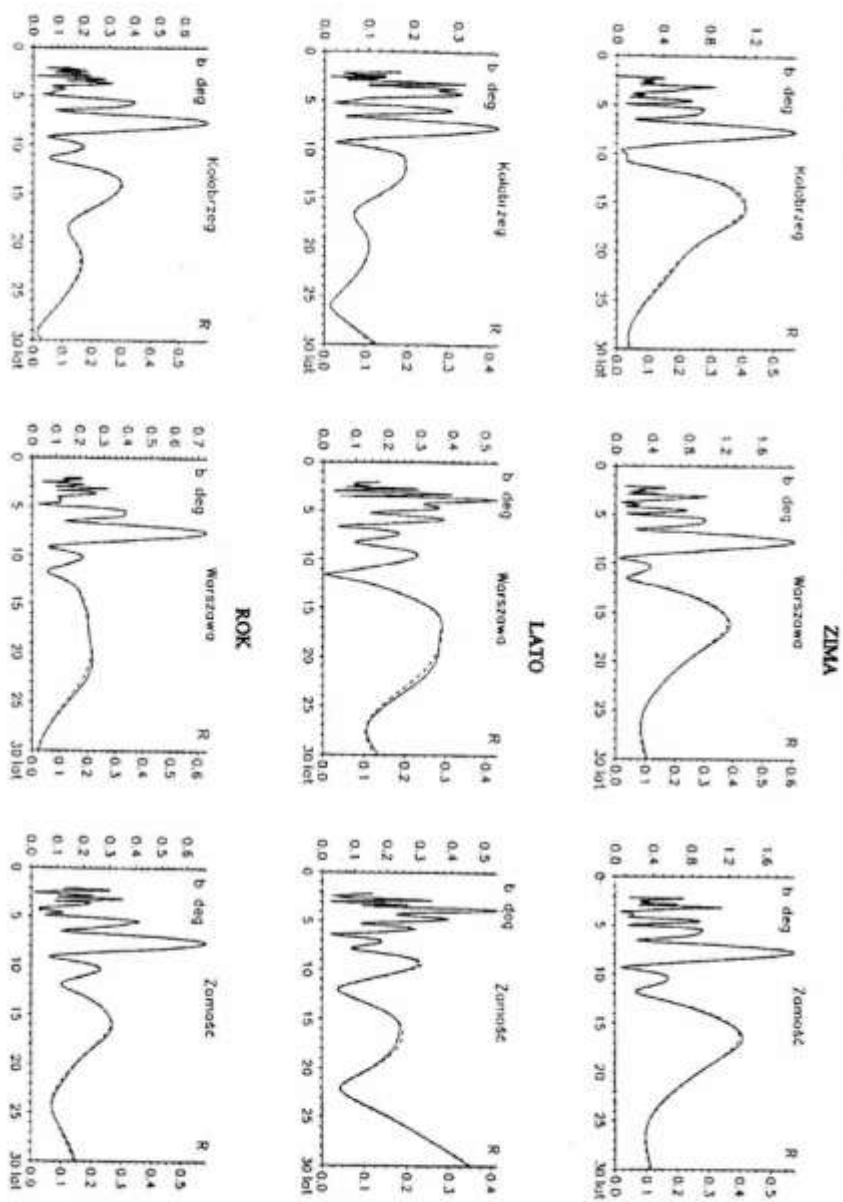
Prognostyczne trendy czasowe temperatury powietrza wyznaczono przez superpozycję cykli o największych amplitudach, minimalizując całkowitą wariancję resztkową (według najmniejszych kwadratów) i błąd standardowy:

$$T = f(t) = a_0 + \sum_{r=1}^m b_r \sin\left(\frac{2\pi}{\Theta_r}t + c_r\right),$$

gdzie: a_0 – wyraz wolny, Θ_r – okres, b_r – amplituda, c_r – faza, t – czas wyrażony w latach.

Współczynnik determinacji R^2 (R – współczynnik korelacji wielokrotnej) wskazuje, jaka część (w %) wariancji temperatury powietrza jest wyjaśniona przez m cykli.

Nie można oczekiwać, by każdy spośród m wykrytych cykli w serii pomiarowej znacząco wyjaśniał wariancję temperatury. Pojedyncze cykle i superpozycje m cykli weryfikowano testem Fishera-Snedecora na poziomie istotności 0,05. Okresy wyznaczone metodą sinusoid regresji są średnimi okresami w serii pomiarowej.



Rys. 2. Widma temperatury powietrza w Kolobrzegu, Warszawie i Zamościu w sezonach i roku w latach 1951-1990 w pasmie 2,1-30 lat, *b* – amplituda (—), *R* – współczynnik korelacji (-----)
 Spectra of oscillation of the air temperature in Kolobrzeg, Warsaw and Zamość in years 1951-1990 in the strip 2,1-30 years, *b* – amplitude (—), *R* – correlation coefficient (-----)

Okresy dłuższe od 1 roku w chronologicznych ciągach chwilowych, godzinnych, dobowych i miesięcznych wartości są „nieczytelne”. Wyznaczono je eliminując dominujący cykl roczny, wywołany wahaniami deklinacji Słońca ($\pm 23^{\circ}26'$). Okresy wyznaczone metodą sinusoid regresji na podstawie k -elementowych średnich konsekwentnych wartości (3- i 12-miesięcznych) są takie same (z dokładnością 0,083 roku) jak okresy obliczone na podstawie wartości miesięcznych (minima lokalne wariancji resztkowej pokrywają się).

W identyfikacji przyczyn cykliczności temperatury zbadano podobieństwo między widmami temperatury (skutkami) a widmami makrotypów i typów cyrkulacji oraz aktywności Słońca (domniemanymi przyczynami). W tym celu zastosowano również analizę regresji wielokrotnej, wyznaczając odpowiednie równania.

Przestrzenną zmienność: okresów, amplitud i faz na obszarze Polski oraz prognozę temperatury przedstawiają mapy wykonane metodą izarytmiczną.

Ważniejsze wyniki badań i ich interpretacja

1. Cykliczność temperatury powietrza dłuższą od jednego roku badano dotychczas w pojedynczych miejscowościach Polski (i Europy) w seriach pomiarowych o różnej długości, odmiennymi metodami, ograniczając się na ogół do samych okresów. Pojawił się problem, czy pole temperatury powietrza w Polsce jest jednorodne pod względem cykliczności. Nie znana była dyspersja okresów, amplitud i dat ekstremów cykli o długościach od 1 do 30 lat i czy są one synchroniczne. Zagadnienie było dotąd jedynie wszechstronnie opracowane w przypadku cyklu rocznego.

W tym celu wyznaczono w odniesieniu do każdej spośród 58 miejscowości widma temperatury powietrza w paśmie 2,1–30 lat i porównano je (wybrane miejscowości, rok):

Miejscowość	ϑ	ΔT	%	ϑ	ΔT	%	ϑ	ΔT	%	ϑ	ΔT	%	ϑ	ΔT	%	ϑ	ΔT	%
Kołobrzeg	3,6	0,6	38	5,6	0,8	49	7,7	1,4	84	10,2	0,4	25	14,0	0,7	42	21,8	0,4	–
Suwałki	3,6	0,6	32	5,6	0,9	49	7,8	1,5	80	10,2	0,4	24	15,4	0,6	32	–	–	–
Warszawa	3,2	0,6	39	5,5	0,8	48	7,7	1,5	89	10,2	0,4	26	17,2	0,5	29	20,7	0,5	31
Wrocław	3,2	0,6	38	5,9	0,7	50	7,6	1,4	94	10,1	0,5	34	14,1	0,4	27	20,9	0,4	23
Zamość	3,2	0,7	43	5,5	0,8	51	7,7	1,3	82	10,3	0,5	32	16,0	0,6	38	–	–	–
Kasprowy Wierch	3,6	0,7	53	6,0	0,5	37	7,7	0,7	54	10,2	0,4	29	13,7	0,4	28	–	–	–

Istotne są względne zakresy $\frac{\Delta T}{2s} \cdot 100\%$ wahań temperatury w cyklach, odniesione do szerokości przedziału $\bar{T} \pm s$ (\bar{T} – wartość średnia, s – odchylenie standardowe).

W badanych ciągach chronologicznych występuje kilka składowych cyklicznych o znaczących zakresach wahań: około 3-, 4-, 6-, 8-, 10-, 14-17- i 21-28-letnie. Ich obecność we wszystkich ciągach chronologicznych i synchroniczność na obszarze Polski (zbliżone okresy i zgodność fazowa wahań), głównie cyklu około 8-letniego w zimie i 4-letniego w lecie (rys. 3), implikują tezę, że cykliczność ta jest cechą pola temperatury powietrza w Polsce.

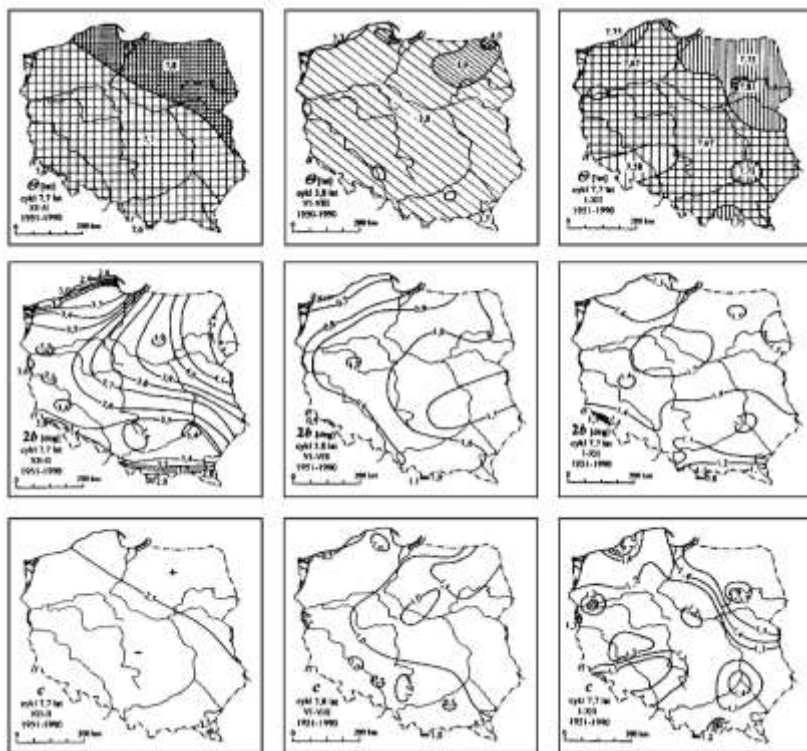
W zimie dominuje cykliczność 7,6-7,8-letnia, o zakresie wahań od 1,8 K (Kasprowy Wierch) do 4,1 K (Suwałki):

Miejscowość	Zima					Lato				
	Θ	ΔT	%	R	Lata _{max}	Θ	ΔT	%	R	Lata _{max}
Kołobrzeg	7,7	3,1	73	0,57	1958	7,8	0,8	60	0,42	1958
Suwałki	7,8	4,1	77	0,60	1957	7,1	0,3	16	0,11	1959
Warszawa	7,7	3,9	80	0,61	1958	7,4	0,5	27	0,19	1959
Wrocław	7,7	3,6	80	0,61	1958	7,5	0,7	45	0,32	1959
Zamość	7,7	3,8	75	0,58	1958	7,1	0,4	21	0,14	1959
Kasprowy Wierch	7,6	1,8	57	0,41	1958	7,5	0,4	28	0,19	1958

Na przykład, cykl 7,7-letni temperatury powietrza podczas zim w Warszawie opisuje równanie sinusoidy:

$$T = -2,12 + 1,96 \sin\left(\frac{2\pi}{7,7}t + 2,37\right).$$

Wahania względne, odniesione do przedziału $\pm s$, wynoszą 57-80%. Współczynniki korelacji R zmieniają się w przedziale 0,41-0,61 i są istotne na poziomie istotności $<0,05$. Maksima temperatury powietrza w tym cyklu występują na obszarze Polski w latach 1957-1958 + $k\Theta$, gdzie $k = 1, 2, \dots$. Dyspersja okresu około 8-letniego na terenie Polski wynosi 0,2 roku (7,6-7,8 lat).



Rys. 3. Parametry dominujących cykli temperatury powietrza w Polsce w sezonach i roku w latach 1951-1990: Θ – okres, $2b$ – amplituda, c – faza

Parameters of predominant air temperature cycles in Poland in selected seasons and a whole year in years 1951-1990: Θ – period, $2b$ – amplitude, c – phase

W lecie zakres zmian temperatury w cyklach 7,1-7,8 lat jest mniejszy (21-60%), a maksima występują o jeden rok później: 1958-1959 + $k\Theta$. W cyklu tym na ogół po cieplej zimie występuje ciepłe lato, a po mroźnej – chłodne. Cykliczność temperatury powietrza tej długości występuje we wszystkich sezonach i w roku.

W lecie dominującym cyklem temperatury powietrza jest cykl około 4-letni:

Miejscowość	Zima					Lato				
	Θ	ΔT	%	R	Lata _{max}	Θ	ΔT	%	R	Lata _{max}
Kołobrzeg	3,1	1,7	40	0,32	1951	3,7	0,6	45	0,32	1951
Suwałki	3,1	2,0	38	0,30	1951	4,0	1,0	53	0,37	1950
Warszawa	3,1	2,0	40	0,31	1951	3,8	1,1	62	0,43	1951
Wrocław	3,2	1,6	35	0,27	1950	3,8	0,9	59	0,41	1951
Zamość	3,1	2,2	45	0,35	1951	3,8	1,1	64	0,43	1951
Kasprowy Wierch	3,2	0,6	19	0,14	1950	3,8	1,1	68	0,46	1951

Dyspersja tego krótszego okresu na terenie Polski wynosi 0,3 roku (3,7-4,0 lat), amplituda zmienia się od 0,6 do 1,1 K (45-69%), a współczynnik korelacji R od 0,32 do 0,46.

W zimie zakres cyklicznych wahań temperatury powietrza jest ponad dwukrotnie większy niż w lecie. Na ogół wahania względne są również większe.

Można sądzić, że przyczyną 7,6-7,8-letniego cyklu pola temperatury powietrza w Polsce jest 7,8-letni cykl aktywności Słońca podczas zim w latach 1951-1990:

$$W = 74,4 + 33,80 \sin\left(\frac{2\pi}{7,8}t - 3,100\right), \quad R = 0,42.$$

Świadczy o tym synchroniczność tych cykli (zbliżona okresowość i zgodność fazowa wahań). Maksima, np. zimowych wartości temperatury powietrza w cyklach 7,6-7,8-letnich na obszarze Polski, występują podczas maksimów liczb Wolfa w cyklu 7,8-

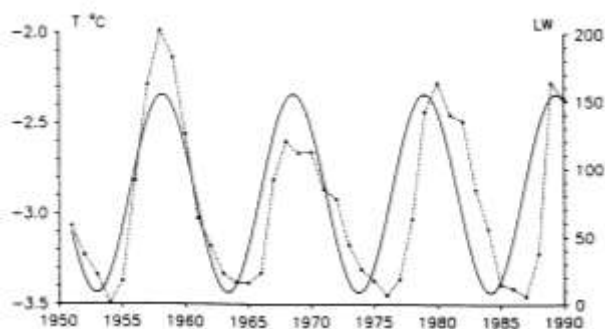
letnim prawie w tych samych latach $1951 + \frac{\Theta}{2\pi}\left(\frac{\pi}{2} - c\right)$:

Aktywność Słońca (liczby Wolfa)	– cykl 7,8 lat	1957, 1964, 1972, 1980, 1988
Temperatura powietrza:	Kołobrzeg – cykl 7,7 lat	1958, 1965, 1973, 1981, 1988
	Suwałki – cykl 7,8 lat	1957, 1965, 1973, 1981, 1988
	Warszawa – cykl 7,7 lat	1958, 1965, 1973, 1981, 1988
	Wrocław – cykl 7,7 lat	1958, 1965, 1973, 1981, 1988
	Zamość – cykl 7,7 lat	1958, 1965, 1973, 1981, 1988
	Kasprowy Wierch – cykl 7,6 lat	1958, 1965, 1973, 1981, 1988

Podobnie, maksima około 10-letniego zimowego cyklu temperatury powietrza w wielu miejscowościach występują w latach wzmózonej aktywności Słońca, w pobliżu maksimów zimowych liczb Wolfa (rys. 4): 1958 (maksimum absolutne $W_{\max} = 202,3$ od 1700 r.),

1968, 1980, 1989:

Wrocław	– cykl 10,3 lat	1957, 1968, 1978, 1988
Zamość	– cykl 10,4 lat	1958, 1968, 1978, 1989
Kasprowy Wierch	– cykl 10,1 lat	1959, 1969, 1979, 1989



Rys. 4. Cykl 10,4 lat temperatury powietrza w Zamościu (linia ciągła) i zmiany aktywności Słońca (linia kropkowana – wartości liczb Wolfa) w zimie w latach 1951-1990

The 10.4-year cycle of air temperature in Zamość (continuous line) and the changes in solar activity (dotted line – Wolf number values) in winters of 1951-1990

Przesunięcie lat ekstremów może wynikać stąd, że wielkość stałej słonecznej w cyklu około 11-letnim osiąga największą wartość przy liczbach Wolfa w przedziale 80-100, a nie podczas maksimum aktywności Słońca (Kondratev, Nikolsky 1982).

2. W pracy wykazano, że cykliczne zmiany pola temperatury powietrza na terenie Polski są uwarunkowane przez odpowiednie cykle cyrkulacji atmosferycznej. Świadczy o tym synchroniczność cykli termicznych i cykli makrotypów i typów cyrkulacji (zbieżność okresów i koincydencja ekstremów cykli), zwłaszcza zimą. Duża dynamika cyrkulacji zimą wywołuje w szerokościach umiarkowanych znaczne wahania temperatury powietrza.

Szczególną rolę w kształtowaniu pola temperatury w Polsce odgrywają niektóre makrotypy i typy cyrkulacji. Zakres wahań temperatury powietrza w cyklach deformowany jest przez ukształtowanie terenu i wysokość nad poziomem morza (głównie w ciepłej połowie roku) oraz przez wpływ Morza Bałtyckiego (przede wszystkim jesienią i zimą).

Zimą, na przykład, około 8-letnia zmienność temperatury powietrza jest bezpośrednio wywołana przez blokadowe typy cyrkulacji: północno-zachodnią cykloniczną (CB), północno-wschodnią i wschodnią cykloniczną (E_0), północno-wschodnią antycykloniczną (E) oraz makrotypy cyrkulacji strefowej (zachodniej [W] i wschodniej [E]), na co wskazują synchroniczne cykle (rys. 5):

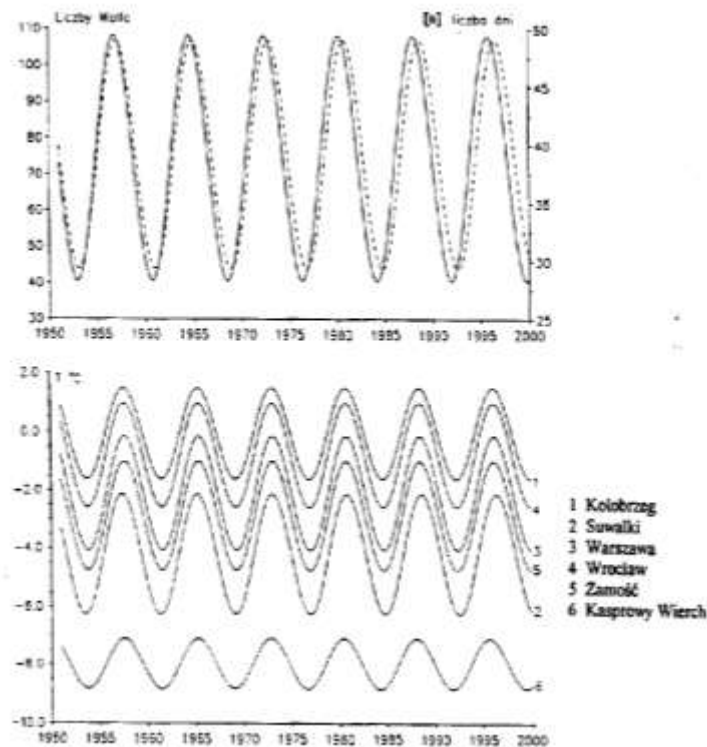
$$T_{\text{Warszawa}} = -2,12 + 1,96 \sin\left(\frac{2\pi}{7,7}t + 2,37\right), \quad R = 0,61$$

$$[W] = 39,20 + 9,84 \sin\left(\frac{2\pi}{7,9}t + 3,07\right), \quad R = 0,55$$

$$[E] = 25,17 + 8,43 \sin\left(\frac{2\pi}{7,7}t - 0,68\right), \quad R = 0,48$$

Oto lata ekstremów tych cykli i 7,8-letniego cyklu aktywności Słońca:

Temperatura powietrza w Warszawie T_{max}	1958, 1965, 1973, 1981, 1988
Cyrkulacja strefowa zachodnia $[W]_{\text{max}}$	1957, 1965, 1973, 1981, 1989
Cyrkulacja strefowa wschodnia $[E]_{\text{min}}$	1958, 1965, 1973, 1981, 1988
Aktywność Słońca W_{max}	1957, 1964, 1972, 1980, 1988.



Rys. 5. Cykl około 8-letni aktywności Słońca (— liczb Wolfa), cyrkulacji strefowej zachodniej (--- [W]) i temperatury powietrza w wybranych miejscowościach w Polsce (1-6) w zimie w latach 1951-2000

The close-to-8-year cycle of solar activity (continuous line – Wolf numbers), western zonal circulation [W] (broken line), and air temperature in selected localities in Poland (1 through 6) in winter in the period 1951-2000

Stwierdzona w ciągach chronologicznych letnich wartości temperatury powietrza cykliczność 3,8 lat, o dużej amplitudzie, poza wybrzeżem Morza Bałtyckiego i zachodnimi krańcami Polski, jest obecna w ciągach częstości typów cyrkulacji północno-wschodniej i wschodniej cyklonicznej (E_0) i południowo-wschodniej i wschodniej antycyklonicznej (E_1), a także antycyklonicznych i cyklonicznych ([A] i [C]) układów barycznych:

$$T_{\text{Warszawa}} = 17,42 + 0,54 \sin\left(\frac{2\pi}{3,8} t + 1,07\right), \quad R = 0,43$$

$$E_0 = 9,07 + 2,62 \sin\left(\frac{2\pi}{3,7} t + 3,04\right), \quad R = 0,30$$

$$[C] = 31,76 + 4,62 \sin\left(\frac{2\pi}{3,9} t - 1,13\right), \quad R = 0,32$$

Z 6-letnim okresem wahań północno-zachodniej cyrkulacji cyklonicznej (CB) związany jest prawdopodobnie około 6-letni cykl temperatury powietrza w lecie (dominujący w zachodniej Polsce):

$$T_{\text{Warszawa}} = 17,17 + 0,45 \sin\left(\frac{2\pi}{6,0}t + 0,95\right), \quad R = 0,45$$

$$CB = 13,14 + 2,53 \sin\left(\frac{2\pi}{6,0}t - 2,02\right), \quad R = 0,30$$

Należy zauważyć, że makrotyp [C] oraz typy CB i E_0 cyrkulacji atmosferycznej są głównymi „sprawcami” chłodnych sezonów letnich.

Wyniki badań okresowości temperatury powietrza w 58 miejscowościach w Polsce są zgodne z okresami podanymi we wcześniejszych publikacjach, dotyczącymi pojedynczych serii pomiarowych w Europie i na półkuli północnej (Landsberg 1980, Schönwiese 1983, Kożuchowski 1996). Są one również zbliżone do składowych cyklicznych temperatury wyróżnionych w niektórych miejscowościach w Polsce (Morawska-Horawska 1992, Boryczka i inni 1992, Kożuchowski i Marciniak 1994, Lorenc 1994, Miętus 1996).

Podobną okresowość stwierdzono także w serii zimowej (1951–1990) wskaźnika cyrkulacji strefowej na poziomie 500 hPa nad Polską i Bałtykiem (Kożuchowski i inni 1994) oraz nad Europą (Kożuchowski 1995).

3. W pracy określono również tendencje temperatury powietrza w Polsce w latach 1951-1990 na podstawie równań prostych regresji $T = A_0 + At$ (rys. 6):

Miejscowość	Zima	Wiosna	Lato	Jesień	Rok
Kołobrzeg	0,31	0,46	0,20	0,12	0,28
Suwałki	0,22	0,33	-0,38	-0,15	0,02
Warszawa	0,34	0,34	-0,23	-0,06	0,11
Wrocław	0,37	0,37	-0,15	-0,05	0,11
Kasprowy Wierch	0,29	0,29	-0,25	-0,16	0,03

Ogólnie w Polsce w latach 1951-1990 zimy stawały się coraz cieplejsze ($A > 0$) o 0,2–0,4°C/10 lat, a lata chłodniejsze o 0,1-0,4°C/10 lat ($A < 0$). Zimą największy wzrost temperatury wystąpił w południowo-zachodniej Polsce, a latem największe ochłodzenie – w części wschodniej. Średnia roczna temperatura powietrza wzrastała o 0,02-0,3°C/10 lat. Interesujące jest, że tendencja średniej rocznej temperatury powietrza na Kasprowym Wierchu (1991 m n.p.m.), gdzie ograniczone są wpływy antropogeniczne, jest zerowa.

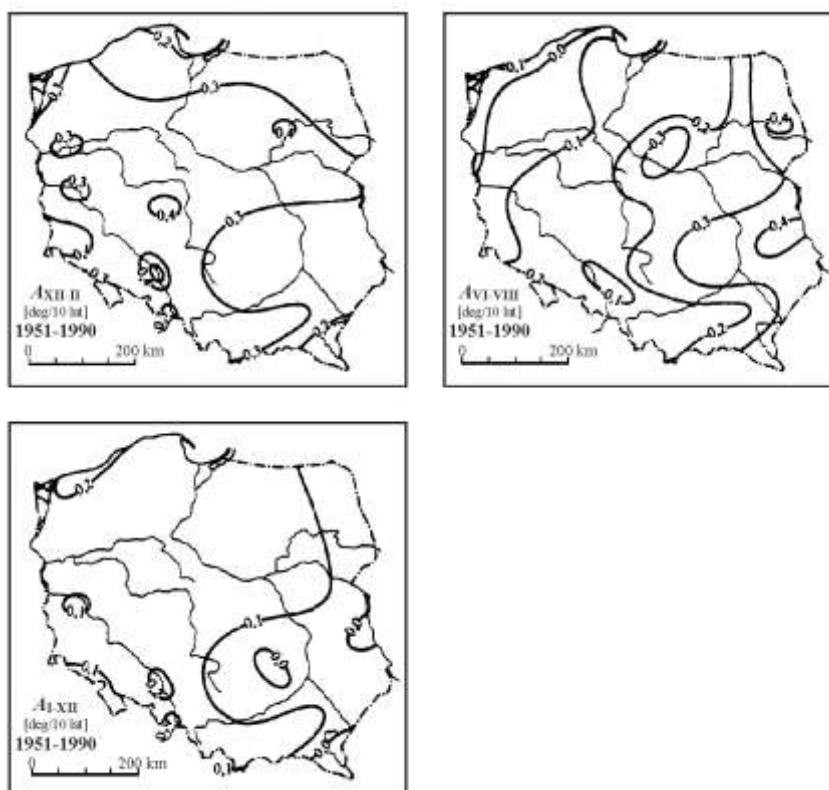
Postępujące ocieplenie sezonu zimowego wynika bezpośrednio z rosnącej częstości dni z typem południowo-zachodniej cyrkulacji cyklonicznej (D). Chłodniejsze lato jest natomiast wywołane wzrostem liczby dni z typami północno-zachodniej cyrkulacji cyklonicznej (CB) i północno-wschodniej i wschodniej cyrkulacji cyklonicznej (E_0).

Superpozycje wykrytych cykli $T = f(t)$ wyjaśniają tylko część tendencji temperatury powietrza, określonej równaniem $T' = B_0 + Bt$ (T' – superpozycja cykli), natomiast różnicę tendencji $a = A - B$ można przypisać nie wykrytym dłuższym cyklom naturalnym temperatury i czynnikom antropogenicznym (antropogenicznej części efektu cieplarnianego i miejskim wyspom ciepła). Nie wyjaśniona przez znane cykle część $A - B$ tendencji rosnącej średniej rocznej temperatury powietrza w Polsce (wraz ze składnikiem antropogenicznym) zawiera się w przedziale 0,0-0,17°C/10 lat.

4. Wykryte okresy w ciągach chronologicznych wykorzystano do prognozy temperatury powietrza w Polsce na najbliższe dziesięciolecie. Funkcje aproksymujące, będące superpozycją

tych znanych cykli, cechują się współczynnikami korelacji wielokrotnej R od 0,6 do 0,8 w sezonach i od 0,8 do 0,9 w przypadku średniej rocznej. Superpozycje cykli $T=f(t)$ wyjaśniają zatem od 33 do 80% zmienności (wariancji) temperatury powietrza:

Miejscowość	Zima		Lato		Rok	
	R	R^2 [%]	R	R^2 [%]	R	R^2 [%]
Kołobrzeg	0,799	63,8	0,723	52,3	0,884	78,1
Suwałki	0,799	63,8	0,576	33,2	0,888	78,8
Warszawa	0,828	68,6	0,695	48,3	0,859	73,8
Wrocław	0,811	65,8	0,719	51,7	0,885	78,3
Zamość	0,825	68,1	0,648	42,0	0,893	79,7
Kasprowy Wierch	0,759	57,6	0,713	50,8	0,829	68,7



Rys. 6. Tendencje zmian temperatury powietrza w Polsce w wybranych sezonach i roku (1951-1990)
Tendencies of changes in seasonal and annual air temperature in Poland (1951-1990)

Progностyczne przebiegi są według testu Fishera-Snedecora istotne statystycznie na poziomie istotności 0,05 (ponowna weryfikacja cykli temperatury powietrza).

W prognozach przyjęto założenie, że ekstrema wykrytych cykli temperatury powietrza będą się powtarzać w przyszłości. Uzasadnieniem tego założenia jest zbliżona okresowość temperatury, cyrkulacji atmosferycznej i aktywności Słońca oraz to, że

analogiczne okresy występują w długich seriach pomiarowych temperatury powietrza: w Warszawie – 212-letniej (1779-1990), Krakowie – 165-letniej (1826-1990), we Wrocławiu – 130-letniej (1851-1980):

Miejscowość	Przedział czasu	Okresy [lata]								
Warszawa	1951–1990	3,2	3,7	5,5	5,8	7,7	10,2	17,2	20,7	
	1779–1990	3,2	3,4	5,5	5,7	7,8	10,4	17,7	23,7	
Kraków	1951–1990	3,2	3,6	5,4	5,8	7,7	10,2	14,4	.	
	1826–1990	3,2	3,4	5,5	5,8	7,8	10,4	14,2	.	
Wrocław	1951–1990	3,2	3,6	.	5,9	7,6	10,1	14,1	20,9	
	1851–1980	3,2	3,5	5,4	.	7,7	10,3	14,0	20,6	

Do wykorzystania w prognozach temperatury powietrza okresów, określonych na podstawie danych z lat 1951-1990 upoważnia także taka sama okresowość, występująca na znacznym obszarze Europy (Schönwiese 1983, Malcher i Schönwiese 1987, Boryczka 1993).

Prognozy są zbieżne z prognozami ekstremów cyklicznych zmian cyrkulacji atmosferycznej nad obszarem Polski i aktywności Słońca w latach 1991-2010.

Nie bez znaczenia jest też i to, że wnioskowanie statystyczne przeprowadzono na podstawie danych z kilkudziesięciu miejscowości, a nie według pojedynczej serii pomiarów i otrzymano zbieżne prognozy.

Zagadnieniem wymagającym dalszych badań jest wyjaśnienie procesów fizycznych, które powodują wykrytą cykliczność temperatury powietrza, np. wpływu aktywności Słońca na cyrkulację atmosferyczną.

Elwira Żmudzka

THE CYCLICAL CHANGES OF AIR TEMPERATURE IN POLAND

SUMMARY

The dissertation takes up the problem of homogeneity of the air temperature field in Poland in terms of cyclical fluctuations. The thermal conditions within the area of Poland were described through the chronological series of the monthly averages of air temperature, registered at 58 stations of the Institute of Meteorology and Water Economy in the years 1951-1990. The spatial differentiation was determined of the periods, amplitudes, and phases of the identified short-term fluctuations of air temperature, and the synchronicity of these fluctuations on the area of Poland was demonstrated. An objective of the study was constituted, as well, by the identification of the natural causes of the periodicity of air temperature changes – demonstration of the synchronicity (correlation) of the cycles of air temperature, atmospheric circulation, and solar activity. An attempt was also undertaken of determining the share of the short-term variability in the observed trends of air temperature in Poland. The significant cyclical components identified on the basis of the data from the years 1951-1990 were made use of in the forecast of air temperature in Poland for the decades to come.