

**METEOROLOGICZNE I BIOMETEOROLOGICZNE PORY ROKU
W ŁODZI W DEKADACH 1959-1968 I 1989-1998***

Krzysztof Kozuchowski
Uniwersytet Łódzki
Zakład Dynamiki Środowiska i Bioklimatologii

Wstęp

Pory roku są od dawna studiowanym aspektem klimatu Polski: sześć sezonów termicznych wyróżnił już R. Merecki (1914), opisywali je szczegółowo E. Romer (1949), W. Wiszniewski (1960), Warszawski (1971), Makowiec (1983) i in. Znane są fenologiczne pory roku (M. Molga, J. Sokołowska 1963) i ich zmiany w latach 1951-1990 (T. Tomaszewska, J. Rutkowski 1999). Sezonowymi zmianami cyrkulacji atmosferycznej zajmowali się W. Parczewski (1962) i M. Nowosad (1998). A. Woś (1996) jest autorem podziału roku na sezony klimatyczne według częstości występowania typów pogody. W niniejszym doniesieniu jest prezentowana jeszcze jedna koncepcja delimitacji pór roku w Polsce: meteorologicznymi porami roku nazwano sezony wydzielone na podstawie wskaźników meteorologicznych odzwierciedlających aktywność konwekcji termicznej w ciągu dnia (amplituda dobową temperatury, przyrost dzienny prędkości wiatru i zachmurzenia); biometeorologicznymi porami roku nazwano okresy wyróżniające się natężeniem bodźców termiczno-wilgotnościowych, solarnych i meteorotropowych. Sezony meteorologiczne i biometeorologiczne wydzielono na podstawie średnich 10-dniowych wartości wytypowanych wskaźników; używając metody Warda (Parysek 1982) dokonano grupowania dekad reprezentujących poszukiwane sezony. Szczególnym celem wykonanych analiz jest ocena skali zmian sezonów meteorologicznych i biometeorologicznych na tle obserwowanych w drugiej połowie XX wieku zmian klimatycznych. Porównano w tym celu sezony występujące w dwu 10-leciach, reprezentujących „zimną” i „cieplą” fazę zmian klimatycznych: dekada 1959-1968 wyróżniła się serią lat najzimniejszych i należała do epoki rozwiniętej cyrkulacji południkowej, w dekadzie 1989-1998 było znacznie cieplej, m.in. w związku z nasileniem cyrkulacji strefowej (Degirmendzić i in. 2000).

* Opracowanie zawiera wyniki uzyskane w ramach zrealizowanego w Zakładzie Dynamiki Środowiska i Bioklimatologii UŁ grantu KBN nr 6PO4E 02416 z 1999 r.

Dane obserwacyjne

Do opracowania wykorzystano dobowe dane meteorologiczne ze stacji Łódź-Lublinek z lat 1959-1968 i 1989-1998: usłonecznienie, średnie ciśnienie, maksymalne, minimalne i średnie wartości temperatury, prężności pary wodnej z godz. 12 GMT, prędkości wiatru z 6 i 12 GMT oraz wielkość zachmurzenia z godz. 6 i 12 GMT. Na podstawie tych danych obliczono wskaźniki: amplitudę dobową temperatury, zmianę prędkości wiatru i zachmurzenia między godz. 6 i 12 GMT (wykorzystane do wydzielenia meteorologicznych pór roku) oraz wskaźniki biometeorologiczne – wskaźnik zimna, zdefiniowany jako nadwyżka wskaźnika ochładzania wiatrem (*WCI*) ponad próg 930 W/m^2 , wskaźnik ciepła, określony przez nadwyżkę temperatury ekwiwalentnej (*Te*) ponad próg „lekkiej parności”, tj. 44°Te , wskaźnik niedoboru światła, określony jako różnica 4 godz. – usłonecznienie rzeczywiste (*S* w godzinach) i wskaźnik meteorotropowy, określony przez średnią międzydobową zmianę ciśnienia atmosferycznego (Δp w hPa). Sumę standaryzowanych wartości wskaźników biometeorologicznych nazywano oceną stresu klimatycznego (*OSK*):

$$OSK = (WCI - 930)Sd_{WCI}^{-1} + (Te - 44)Sd_{Te}^{-1} + (4 - S)Sd_S^{-1} + \Delta p Sd_{\Delta p}^{-1}$$

gdzie: *WCI* – wskaźnik ochładzania wiatrem, *Te* – temperatura ekwiwalentna (według formuł podanych w monografii T. Kozłowskiej-Szczęsnej i in. 1997), *S* – usłonecznienie, Δp – międzydobowa zmiana ciśnienia.

Składniki tej sumy równe są zeru odpowiednio przy $WCI < 930 \text{ W/m}^2$, $Te < 44^\circ\text{Te}$ i $S > 4$ godz. *Sd* oznacza odchylenie standardowe poszczególnych wskaźników biometeorologicznych.

Meteorologiczne pory roku

Średnie dobowe amplitudy temperatury powietrza w Łodzi zmieniają się od 5°C w grudniu do ok. 11°C w lipcu i sierpniu. W 10-leciu 1989-1998 amplitudy w marcu, maju, lipcu i sierpniu były większe, a w pozostałych miesiącach – mniejsze niż w dekadzie 1959-1968. Średnia dobowa amplituda temperatury w roku zmniejszyła się z $8,6$ do $8,5^\circ\text{C}$. Dzienny przyrost prędkości wiatru (6-12 GMT) w miesiącach letnich przekracza średnio 2 m/s , w grudniu wynosi $0,5 \text{ m/s}$. Przyrosty te były nieco większe (o $0,2 \text{ m/s}$) w dekadzie 1959-1968. Średnie zachmurzenie o godz. 12 jest większe niż o godz. 6 w okresie od kwietnia do września (maksimum przyrostu zachmurzenia przypada na początek czerwca i wynosi ponad $1/8$), w pozostałej części roku – zachmurzenie poranne jest nieznacznie większe od południowego. Średnie roczne przyrosty zachmurzenia w godz. 6-12 GMT zwiększyły się od $0,14$ w 10-leciu 1959-1968 do $0,21$ w 10-leciu 1989-1998.

Na podstawie średnich 10-dniowych wartości amplitudy temperatury, zmiany prędkości wiatru i zmiany zachmurzenia w godz. 6-12 GMT wydzielono 5 meteorologicznych

pór roku w obu 10-leciach (tab. 1). Terminy początków, końców oraz czas trwania tych pór w dekadzie 1989-1998 zmieniły się znacząco w porównaniu z dekadą 1959-1968. Nastąpiło wyraźne skrócenie zimy, wydłużyło się przedwiośnie, zmienił się jakościowo sezon wiosno-letni. Zakładając, że 3 analizowane wskaźniki odzwierciedlają stopień rozwoju konwekcji termicznej w przyziemnych warstwach atmosfery można twierdzić, że w cieplejszych latach 1989-1998 wydłużył się sezon występowania aktywnej konwekcji, charakterystycznej dla ciepłej pory roku.

Tabela 1. Meteorologiczne pory roku w Łodzi w latach 1959-1968 i 1989-1998

Początek pory roku: dekada, miesiąc (1 XI – pierwsza dekada listopada), trwanie – liczba dekad. Ampl. – amplituda temperatury w °C, zmiana zachmurzenia w skali 0-9, zmiana prędkości wiatru w m/s

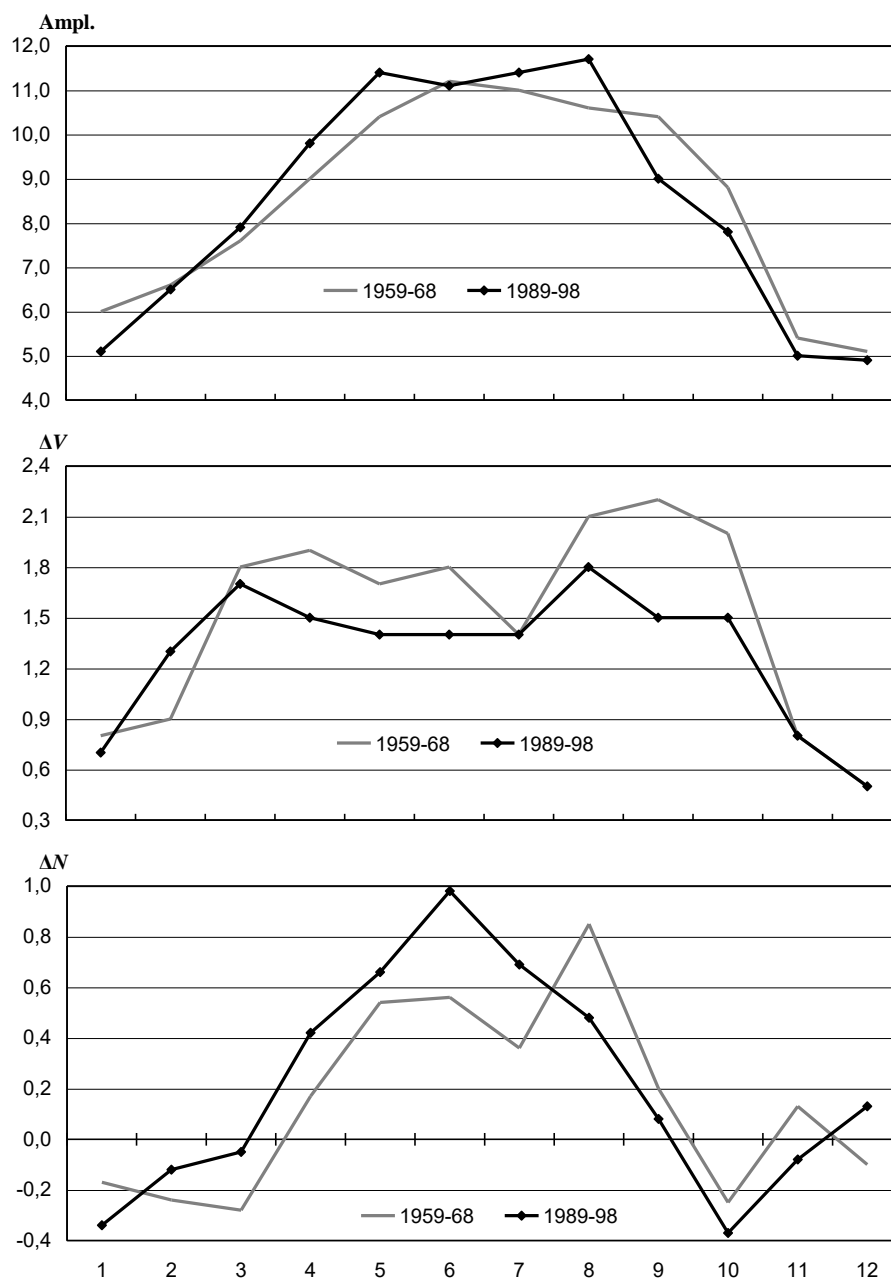
Table 1. Meteorological seasons of the year in Lodz in the periods 1959-1968 and 1989-1998

The begin of season: decade, month (1 XI – the first decade of November), duration – the number of decades. Diurnal range of temperature in centigrade, cloudiness range (12-6 GMT) in 1/8, wind range (12-6 GMT) in m/s

1959-1968	Początek Begin	Trwanie Duration	Ampl. temp. Temp. range	Zmiana zachm. Cloud. range	Zmiana wiatru Wind range	1989-1998	Początek Begin	Trwanie Duration	Ampl. temp. Temp. range	Zmiana zachm. Cloud. range	Zmiana wiatru Wind range
Zima Winter	1 XI	10	5,6	-0,1	0,7	Zima Winter	2 XI	7	4,8	-0,1	0,5
Przedwiośnie Pre-vernal season	2 II	4	7,1	-0,4	1,4	Przedwiośnie Pre-vernal season	3 I	9	7,4	-0,0	1,4
Wiosna Spring	3 III	8	10,1	0,4	1,9	Wiosna-Lato Spring-Summer	3 IV	9	11,2	0,8	1,4
Lato Summer	2 VI	8	10,9	0,5	1,7	Schyłek lata Summer decline	3 VII	6	10,9	0,5	1,6
Jesień Autumn	1 IX	6	9,6	-0,0	2,1	Jesień Autumn	3 IX	5	7,7	-0,2	1,5

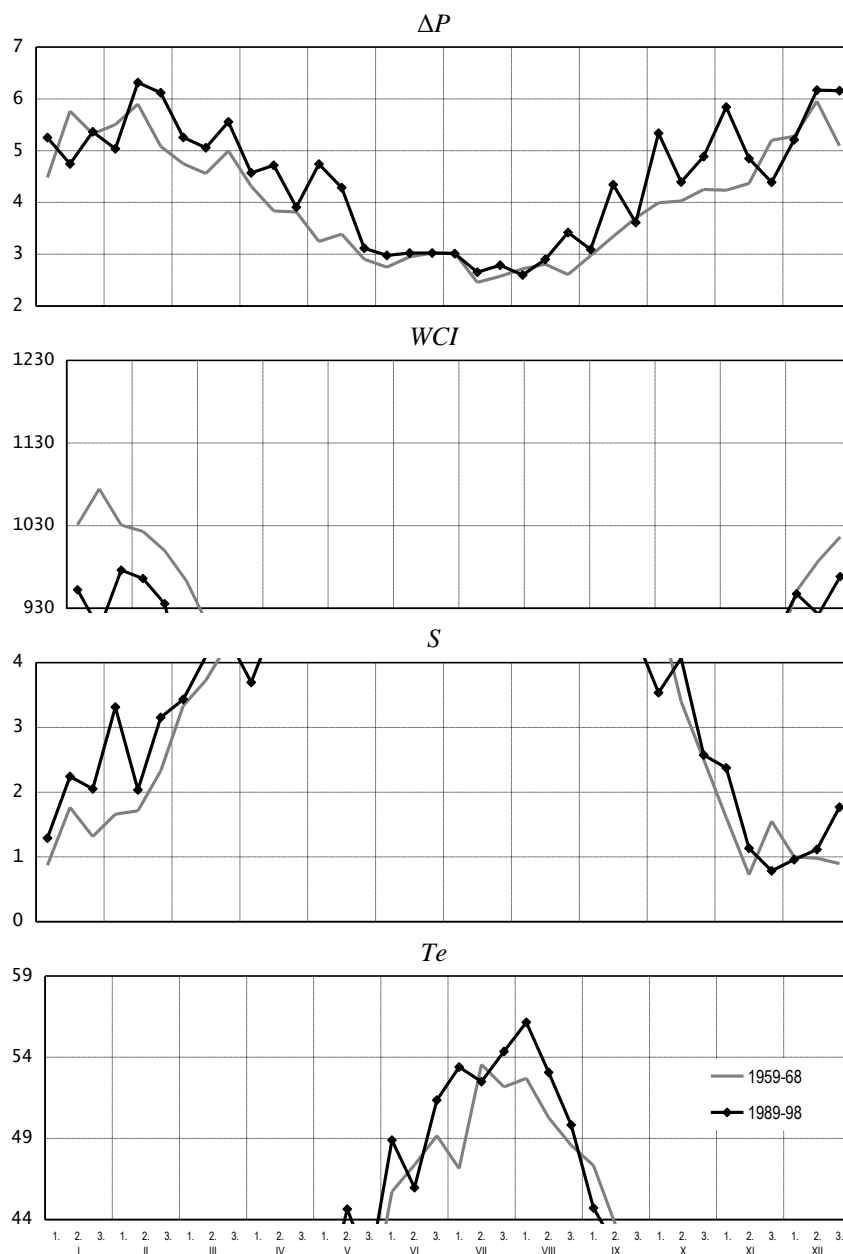
Biometeorologiczne pory roku

Średnie międzydobowe zmiany ciśnienia zbliżają się do 6 hPa w zimie i spadają poniżej 3 hPa w lecie. Były one nieco większe w latach 1989-1998 (4,4 hPa) niż w latach 1959-1968 (4,0 hPa). Wielkość ochładzania wiatrem (*WCI*) osiąga maksimum w pierwszych dwu dekadach stycznia, liczba dni odczuwalnego zimna ($WCI > 930 \text{ W/m}^2$) zmniejszyła się od 85 w latach 1959-1968 do 65 w dekadzie 1989-1998. Średnie wartości temperatury ekwiwalentnej przekraczają próg 44°C w początku czerwca i trwają powyżej tego poziomu do połowy września. Liczba dni z temperaturą ekwiwalentną >44 wzrosła o 11 w dekadzie 1989-1998. Średnie roczne usłonecznienie wzrosło od 1482 godz. w latach 1959-1968 do 1641 godz. w latach 1989-1998. Największe względne przyrosty usłonecznienia zaobserwowano w sierpniu, lipcu i styczniu. Liczba dni z niedoborem światła ($S < 4$ godz.) zmniejszyła się od 211 (1959-1968) do 197 (1989-98).



Rys. 1. Roczny przebieg dobowej amplitudy temperatury, dziennych przyrostów prędkości wiatru i dziennych przyrostów zachmurzenia w Łodzi w okresach 1959-1968 i 1989-1998 (średnie miesięczne)

Fig. 1. Annual course of the diurnal temperature range, daily rise of wind velocity and the rate of cloudiness in Lodz in the periods of 1959-1968 and 1989-1998 (monthly means)



Rys. 2. Występowanie temperatury ekwiwalentnej $Te > 44^\circ$, usłonecznienia $S < 4$ godz., wielkości ochładzania wiatrem $WCI > 930 \text{ W/m}^2$ oraz przebieg międzydobowych zmian ciśnienia (hPa) w Łodzi w okresach 1959-1968 i 1989-1998 (średnie 10-dniowe)

Fig. 2. The occurrence of the values of the equivalent temperature $Te > 44^\circ$, the sunshine duration $S < 4$ h, the wind chill index $WCI > 930 \text{ W/m}^2$ and the course of day-to day changes of the atmospheric pressure (hPa) in Łódź in the periods of 1959-1968 and 1989-1998 (10-day averages)

Uwzględniając 10-dniowe średnie wartości czterech wskaźników biometeorologicznych w dekadzie 1959-1968 wyróżniono 5 pór roku – zimę, przedwiośnie, wiosnę, sezon letnio-jesienny oraz przedzimą (tab. 2). W dekadzie 1989-1998 – stosując te same kryteria – wydzielono 6 pór; nastąpiły w szczególności zmiany w drugiej połowie roku kalendarzowego – pojawiła się jesień i dwa okresy w ciągu sezonu zimowego, nazwane wczesną i późną zimą. Mimo „dwóch zim” w latach 1989-1998 sezon zimny trwał łącznie 90 dni, podczas gdy w latach 1959-1968 – 120 dni. W ostatniej dekadzie obniżyły się oceny stresu klimatycznego w sezonach zimowych, zmniejszyły się też kontrasty w sezonowym przebiegu wskaźników klimatu odczuwalnego.

Tabela 2. Biometeorologiczne pory roku w Łodzi w latach 1959-1968 i 1989-1998
Początek i trwanie – jak w tab. 1; *OSK* – ocena stresu klimatycznego

Table 2. Bio-meteorological seasons of the year in Lodz in the periods 1959-1968 and 1989-1998
Begin and duration – as in table 1; *OSK* – index of the climatic stress

1959-1968	Początek Begin	Trwanie Duration	<i>OSK</i>	1989-1998	Początek Begin	Trwanie Duration	<i>OSK</i>
Zima Winter	3 XII	5	6,47	Późna zima Winter decline	3 XII	5	5,49
Przedwiośnie Pre-vernal season	2 II	6	5,03	Przedwiośnie Pre-vernal season	2 II	7	4,90
Wiosna Spring	2 IV	6	3,10	Wiosna Spring	3 IV	6	3,29
Lato-jesień Summer-autumn	2 VI	12	3,10	Lato Summer	3 VI	7	3,12
Przedzimą Approach of winter	2 X	7	5,52	Jesień Autumn	1 IX	7	4,14
				Wczesna zima Winter rise	2 XI	4	5,71

Dyskusja wyników

Zastosowana metoda podziału roku na sezony meteorologiczne i biometeorologiczne pozwala na śledzenie dynamiki sezonowej i wieloletniej (tu: 30-letniej) zmienności warunków klimatycznych i bioklimatycznych. Trzeba jednak zauważyć, że wykonane porównanie dwu 10-leci wykazuje przede wszystkim zmianę „wewnętrznej struktury” sezonowego przebiegu wskaźników atmosferycznych. Natomiast porównywanie określonych pór roku w jednej i drugiej dekadzie jest niezupełnie uprawnione, bowiem faktycznie w każdym z tych okresów wyróżniono pory roku według nieco odmiennych kryteriów. Zamiast stałych „progów”, podstawą podziału były odległości taksonomiczne między elementami badanych zbiorów, tj. między 36 10-dniowymi interwałami czasu o określonych cechach w jednym i – oddzielnie – w drugim 10-leciu. Rezultaty dokonanego w ten sposób podziału warto więc zestawić z układem 6 pór roku, określonych według tradycyjnych kryteriów termicznych, tj. progów 0, 5 i 15°C. Dane zawarte w tab. 3 ukazują wielkość diskutowanych przemian: w dekadzie 1989-1998 skróciła się znacznie zima, za to

wzrosła długość trwania przedwiośnia, lata i przedzimia. Widać też tendencję do wcześniejszego pojawiania się niektórych pór roku – przedwiośnia, lata, ale także i przedzimia. Jesienne oziębienie stanowi pewną osobliwość zmian klimatycznych, które wystąpiły w ostatnim, ogólnie przecież cieplejszym 10-leciu.

Tabela 3. Termiczne pory roku w Łodzi w latach 1959-1968 i 1989-1998

Początek i trwanie – jak w tab. 1

Table 3. Thermic seasons of the year in Lodz in the periods 1959-1968 and 1989-1998

Begin and duration – as in table 1

1959-1968	Początek Begin	Trwanie Duration	1989-1998	Początek Begin	Trwanie Duration
Zima Winter	1 XII	9	Zima Winter	1 XII	7
Przedwiośnie Pre-vernal season	1 III	3	Przedwiośnie Pre-vernal season	2 II	4
Wiosna Spring	1 IV	6	Wiosna Spring	3 III	6
Lato Summer	1 VI	9	Lato Summer	3 V	10
Jesień Autumn	1 IX	6	Jesień Autumn	1 IX	5
Przedzimie Approach of winter	1 XI	3	Przedzimie Approach of winter	3 X	4

O rozkładzie sezonowym różnic termicznych między porównywanymi dekadami informują średnie wartości temperatury w kalendarzowych porach roku (tab. 4). Zwraca uwagę przede wszystkim znaczne ocieplenie zimowe: średnia sezonu grudzień-luty wzrosła o ponad 2°C. Nieco cieplejsze stały się wiosna i lato, a zimniejsza jesień. Średnia temperatura roczna wzrosła o 0,6°C. Warto zauważyć zmianę znaku różnicy temperatury wiosny i jesieni.

Tabela 4. Średnia temperatura w kalendarzowych porach roku w Łodzi w latach 1959-1968 i 1989-1998 oraz różnice tych średnich (Δ)Table 4. Mean temperatures in the calendar seasons in Lodz in the periods 1959-1968 and 1989-1998 and the differences of the means (Δ)

Pora roku Season	1959-1968	1989-1998	Δ
Wiosna (III-V) Spring	7,4	8,3	0,9
Lato (VI-VIII) Summer	17,2	17,6	0,4
Jesień (IX-XI) Autumn	8,6	7,8	-0,8
Zima (XII-II) Winter	-2,6	-0,5	2,1
Rok Year	7,7	8,3	0,6

Ta ostatnia zmiana mogła by być interpretowana jako przejaw kontynentalizacji warunków termicznych w dekadzie 1989-1998, podobnie jak stwierdzone oznaki rozwoju konwekcji w tych latach (przyrosty dzienne zachmurzenia) oraz większe usłonecznienie.

Inne cechy obserwowanych zmian przeczą jednak takiej interpretacji. W dekadzie 1989-1998 wystąpiło wyraźne „ożywienie” zachodniej cyrkulacji atmosferycznej, zmalały dobowe i roczne amplitudy temperatury, pojawiły się też oceaniczne cechy rocznego przebiegu opadów i wzrosła wilgotność powietrza (Kożuchowski, red. 2000).

Oddziaływania ocieplenia globalnego, połączone z rozwojem aktywności cyrkulacji strefowej, są – jak sądzę – podłożem obserwowanych w końcu XX wieku przemian klimatycznych, znajdujących swój wyraz m.in. w opisanych powyżej właściwościach rocznego cyklu klimatycznego.

Literatura

- Degirmendzić J., Kożuchowski K., Wibig J. 2000, *Epoki cyrkulacyjne XX wieku i typy cyrkulacji w Polsce*. Przegl. Geofiz., t. 45, nr 3-4.
- Kozłowska-Szczesna T., Błażejczyk K., Krawczyk B., 1997, *Bioklimatologia człowieka*. Monografie, 1, IGZ PAN, Warszawa.
- Kożuchowski K. (red.), 2000, *Pory roku w Polsce. Sezonowe zmiany w środowisku a wieloletnie tendencje klimatyczne*. ZDSB UŁ, Łódź.
- Makowiec M., 1983, *Wyznaczenie termicznych pór roku*. Przegl. Geofiz., t. 28, nr 2.
- Merecki R., 1914, *Klimatologia ziem polskich*. Wyd. Jana Cotty, Warszawa.
- Molga M., Sokołowska J., 1963, *Fenologiczne pory roku w Polsce*. Wiad. Służby Hydrol. i Meteorol., 55.
- Nowosad M., 1998, *Annual variability of circulation types: the example of upper Vistula river basin*. Wyd. UMCS, Lublin.
- Parczewski W., 1962, *O podziale roku na porę chłodną i ciepłą*. Przegl. Geofiz., t. 7(15), nr 3.
- Parysek J.J., 1982, *Modele klasyfikacyjne w geografii*. Wyd. UAM, ser. Geografia, 31.
- Romer E., 1949, *Okresy gospodarcze w Polsce*. Prace Wrocł. Tow. Nauk., ser. B, 20.
- Tomaszewska T., Rutkowski Z., 1999, *Fenologiczne pory roku i ich zmienność w wieloletniu 1951-1990*. Materiały Badwce IMGW, ser. Meteorologia, 28.
- Warszawski W., 1971, *Termiczne pory roku w Polsce*. Zeszyty Nauk.UŁ, 43.
- Wiszniewski W., 1960, *Kilka uwag o meteorologicznych porach roku w Polsce w świetle wieloletnich wartości temperatur powietrza*. Przegl. Geofiz. t. 5, nr 1.
- Woś A., 1996, *Struktura sezonowa klimatu Polski*. Bogucki Wyd. Naukowe, Poznań.

Krzysztof Kożuchowski
Uniwersytet Łódzki
Zakład Dynamiki Środowiska i Bioklimatologii

METEOROLOGICAL AND BIO-METEOROLOGICAL SEASONS IN ŁÓDZ IN DECADES OF 1959-1968 AND 1989-1998

SUMMARY

The paper presents an attempt to distinguish the climatic seasons, based on: 1) indices of the activity of thermal convection (diurnal temperature range, the daily rises of wind velocity and the rate of cloudiness), 2) bio-climatic indices (the equivalent temperature, wind chill index, sunshine duration and day-to day pressure changes). The seasons have been qualified on the basis of 10-day averages of these indices for Łódź in the periods of 1959-1968 and 1989-1998. The significant changes in the seasonal structure of climate have been observed. These 10-years periods are characterized by the variety of the seasons' numbers and durations (tables 1 and 2). These changes are correlated with the warming in spring, summer and winter and with the slight cooling in autumn (table 4).