

Osobliwości w przebiegu rocznym temperatury powietrza Polski Południowej w świetle sytuacji synoptycznych

Anomalies in the annual course of air temperature
of southern Poland in the light of synoptic patterns

Łukasz Małarzewski¹

Zarys treści: Na podstawie danych dobowych za lata 1966-2001 z trzech stacji meteorologicznych IMGW w południowej Polsce przedstawiono przebieg roczny średniej dobowej temperatury powietrza. Aproksymacji krzywej temperatury dokonano z wykorzystaniem wielomianu piątego stopnia. Wybrano jeden anomalny okres, kiedy temperatura powietrza przyjmowała niższe wartości, niżby to wynikało z wartości aproksymowanej dla danych dni, oraz dwa okresy, kiedy temperatura powietrza przyjmowała wartości wyższe. Przedstawiono częstość typów cyrkulacji według klasyfikacji T. Niedźwiedzia w tych okresach. W przypadku anomalii ciepłych można wskazać na istotną rolę cyrkulacji antycyklonalnej w ich kształtowaniu. Cyrkulacja cyklonalna dominuje podczas kwietniowej anomalii chłodnej, z największym udziałem typów Bc, Wc i NWc.

Słowa kluczowe: anomalia temperatury, Polska Południowa, „singularities”, przebieg roczny temperatury powietrza, typy cyrkulacji

Key words: temperature anomalies, southern Poland, „singularities”, annual course of air temperature, circulation types

Wstęp

W przebiegu rocznym temperatury powietrza niejednokrotnie można znaleźć sytuacje, kiedy mamy do czynienia z okresami anomalnie ciepłymi i chłodnymi. Zjawiska te, znane każdemu, można obserwować co roku. Są one jednoznacznie identyfikowane oraz znajdują swoje odbicie w naszym odczuwaniu ciepła i chłodu. W tych sytuacjach jednak przeważnie mówimy o jednostkowych przypadkach obserwowanych w danym roku,

¹ Katedra Klimatologii, Uniwersytet Śląski, ul. Będzińska 60, 41-200 Sosnowiec,
e-mail: malarzewski@onet.eu

a nie o zjawisku pojawiającym się konsekwentnie przez wiele lat. Bardzo często okresy te są związane z nasiloną adwekcją ciepłych lub chłodnych mas powietrza. Mówimy o naturalnej zmienności pogody, w której wszelkie wahania temperatury powietrza zwykle równoważą się i oscylują wokół średniej wieloletniej. Rodzi się jednak pytanie, czy jest możliwe znalezienie wśród tych naturalnych wahań pewnych zdarzeń pojawiających się konsekwentnie w większości lat w danym miejscu lub na większym obszarze. Zjawiska te powinny być widoczne jako deformacje teoretycznego przebiegu rocznego temperatury powietrza, określonego na podstawie danych wieloletnich. W literaturze takie warunki meteorologiczne, które mają tendencję do występowania w tym samym czasie lub w pobliżu określonej daty częściej, niżby to wynikało z reguł prawdopodobieństwa, określa się mianem „singularities”, terminem wprowadzonym przez A. Schmaussa (1938). Określenia tego można używać również w odniesieniu do innych elementów meteorologicznych i jako takie było ono wielokrotnie używane przez innych autorów (Glickman 2000). Wprowadzono również odmienny termin „calendaricities”, aby uniknąć pomyłki z matematycznym użyciem terminu „singularities” (Brier i in. 1963). W dalszym tekście będzie używany konsekwentnie termin „singularities” lub „anomalia”. Zjawiska te były również dostrzegane przez ludność, która dawała im wyraz przez tworzenie przysłów (Buchan 1869, Talman 1919, Glickman 2000).

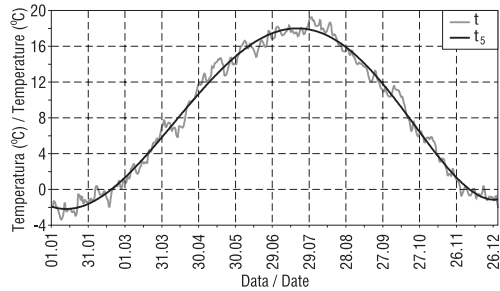
Oczywiście epizody te zostały również zauważone przez meteorologów, którzy od wielu lat próbują wyjaśnić fakt występowania tych zjawisk. W związku z tym pojawiło się wiele teorii zmierzających do wyjaśnienia przyczyn pojawiania się tych okresów. W Wielkiej Brytanii jako powód podawano dynamikę i pewne regularności w cyrkulacji atmosfery (Brooks 1946). Dla wysp Brytyjskich charakterystyczne jest przemienne występowanie głębokich niżów i układów wyżowych od października do początku lutego oraz fal chłodu, które od lutego do maja są związane z wiatrami północno-wschodnimi. W lecie charakterystyczne jest przemienne pojawianie się okresów chłodnych z wiatrami północno-zachodnimi oraz ciepłych – przy napływie powietrza z południo-zachodu. Od września do początku października charakterystyczne jest zwiększenie częstości występowania sytuacji wyżowych (Brier i in. 1963). Podobne zdarzenia były również diagnozowane przez innych autorów (Lamb 1966, Godfrey i in. 2002).

Materiały i metoda

Istnieje kilka metod badania „singularities”. Można zastosować między innymi analizę fourierowską rocznego przebiegu średniej temperatury każdego dnia (Godfrey i in. 2002). Autor zdecydował się na użycie odmienniej metody, z wykorzystaniem wielomianowej krzywej regresji o wysokim stopniu. W wyniku podjętych prób najlepszego dopasowania stopnia krzywej regresji przez stopniowe podnoszenie tego parametru uzyskano optymalną wartość 5, przy której dalsze podnoszenie nie wносиło już żadnej dostrzegalnej różnicy w wartości współczynnika determinacji. W ten sposób wielomian piątego stopnia opisywał około 99,5% zmienności temperatury. Krzywa przedstawiająca wygładzony przebieg roczny temperatury powietrza na danej stacji meteorologicznej stanowiła podstawę do określenia „typowej” temperatury każdej doby na badanym

obszarze na podstawie jedynie numeru dnia „n”. Wykorzystano dane z trzech stacji meteorologicznych IMGW w południowej Polsce: Rzeszów, Katowice i Wrocław.

Wykorzystano ciąg danych średniej temperatury dobowej za okres 1966-2001 z każdej z tych stacji. Wykorzystano materiały z dostępnych roczników i biuletynów IMGW, a dane z lat 1977-2001 uzupełniono z dysku CD-ROM „Global Daily Summary” 1977-1991 oraz z dysku NCDC „Surface Data, Global Summary of Day 1994-latest”. Dane te są również dostępne „online” na stronach internetowych (NOAA). Pewne braki uzupełniano korzystając dodatkowo z depesz SYNOP. Każdą stację traktowano osobno i na każdej z nich została policzona średnia temperatura powietrza każdego dnia jako średnia dobowa z wymiennego wielolecia. Dzień 29 lutego był włączany do średniej z 28 lutego przez uśrednienie tych dwóch wartości. Tym sposobem w odniesieniu do każdej stacji utworzono serię temperatury z roku liczącego 365 dni. Na podstawie tej serii utworzono wykres rocznego przebiegu temperatury powietrza na każdej stacji osobno. Ze względu na to, że w każdym przypadku przebieg temperatury był podobny, zostanie tu tylko zaprezentowany wykres dotyczący Katowic (ryc. 1) oraz związany z nim wzór wielomianu 5. stopnia:



Ryc. 1. Roczny przebieg średniej dobowej temperatury powietrza (t) w Katowicach wygładzony wielomianem piątego stopnia (t_5)

Fig. 1. The annual course of mean daily air temperature (t) in Katowice smoothed with fifth degree polynomial (t_5)

$$T_{avgD} = (3,46873124250084e-11) \cdot n^5 + (1,15625675832289e-08) \cdot n^4 - (5,67809748469214e-06) \cdot n^3 + (0,002077069649069322) \cdot n^2 - (0,0507115718889321) \cdot n^1 - (1,86344595258328) \cdot n^0$$

gdzie: T_{avgD} oznacza średnią dobową temperaturę powietrza w °C, a n – numer dnia roku (1-365).

Zaprezentowany wielomian został podany w tak rozbudowanej postaci ze względu na dużą czułość przebiegu tego wielomianu na najmniejsze nawet zaokrąglenia. Z tego względu należy stosować ten wzór w zaprezentowanej postaci. Na rycinie 1 widać, że faktyczny przebieg temperatury w Katowicach nie pokrywa się w pełni z wartościami wielomianu. Można zaobserwować szereg odchyżeń od wartości średniej dobowej obliczonej z równania wielomianu. Podobna sytuacja wystąpiła w przypadku danych z dwóch pozostałych stacji. Większość z tych anomalii ma niewielkie wartości, mieszczące się w granicach dopuszczalnych wahań wynikających z długości pierwotnej serii danych. Występują jednak również i zdecydowanie większe odchylenia, których czas trwania wynosi po kilkanaście dni. Te dni można zaliczyć do okresów osobliwych w przebiegu rocznym temperatury powietrza, czyli „singularities”. Istnieje jednak konieczność stwo-

zenia kryteriów, dzięki którym będziemy mogli takie okresy zaliczyć do „singularities” bądź odrzucić. Zważywszy, że kwestia tych kryteriów jest bardzo ważna, autor postanowił podejść do tego problemu w sposób statystyczny. Logiczny i oczywisty wydaje się wniosek, że długość pierwotnej serii danych (w tym przypadku 36 lat) ma bardzo duży wpływ na wygładzenie otrzymanego rocznego przebiegu temperatury i wyekspozowanie okresów konsekwentnie podwyższonej lub obniżonej temperatury. Im krótsza pierwotna seria danych, tym kształt krzywej rocznego przebiegu temperatury będzie miał więcej nieregularności, które można by pomylić z szukanimi „singularities”. Podyktowana dostępnością danych ze wszystkich stacji długość serii 36 lat jest względnie niedługa, dlatego postanowiono zastosować jako kryterium wartość odchylenia standardowego obliczonego z różnic między wartościami temperatury każdego dnia obliczonymi z wielolecia a tymi otrzymanymi z krzywej regresji wielomianowej według wzoru:

$$\Delta t = T_{Avgn} - T_{avgD}$$

gdzie: T_{Avgn} – temperatura powietrza danego dnia obliczona jako średnia z wielolecia.

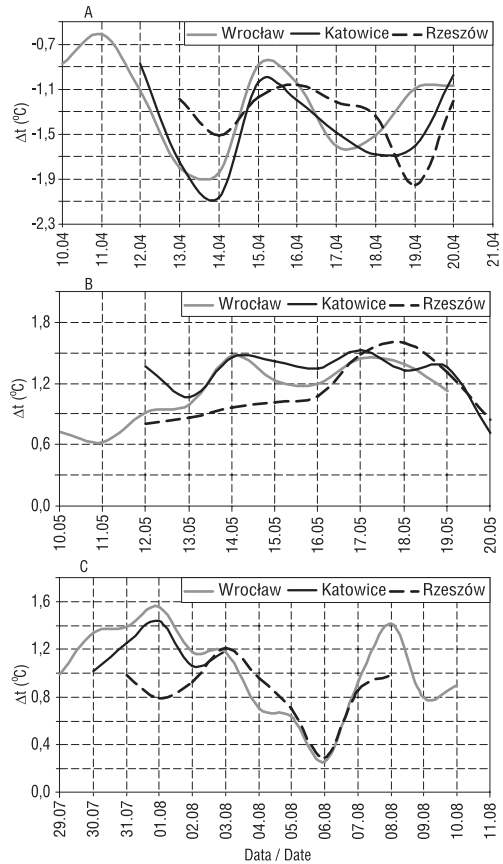
Dzięki takiej postaci tego wzoru dni o temperaturze niższej niż wartość wielomianu będą miały wartość Δt ze znakiem minus i odpowiednio te z temperaturą wyższą będą miały znak plus. Dzięki temu można mówić docelowo o dodatnich anomaliami, ułożonym z okresami ocieplenia, oraz ujemnych związanych z ochłodzeniem. Samo odchylenie standardowe z wartości Δt jest jednak parametrem niewystarczającym do określenia „singularities”. Konieczne staje się również określenie minimalnego czasu trwania tego zjawiska ze względu na dość częste, aczkolwiek nie powszechne, występowanie pojedynczych wartości Δt przekraczających wartość odchylenia standardowego. W związku z tym autor arbitralnie przyjął definicję, iż mianem „singularities” można nazwać okres przynajmniej 3-dniowy, w którym wartość Δt przekroczyła jedno odchylenie standardowe. Jednocześnie wprowadzono zasadę, że jednodniowe odstępstwo od tej zasady otoczone wartościami spełniającymi warunek również jest zaliczane do jednego okresu anomalnie ciepłego lub chłodnego.

Miarą intensywności „singularities” może być zarówno czas jej trwania, jak i wielkość anomalii (Δt). Generalnie im wyższy ustawi się poziom odstępstwa od wartości wielomianu, tym bardziej skraca się czas trwania „singularities”, eksponując te dni, w których Δt przyjmuje bardziej skrajne wartości. By to osiągnąć, odchylenie standardowe mnożono przez współczynniki 1,0 i 1,6. Pozwoliło to otrzymać progi termiczne anomalii (Δt) na poziomie odpowiednio 0,7°C oraz 1,1°C. Okresy z odchyleniami temperatury średniej dobowej od wartości przeciętnego poziomu przekraczające jedno odchylenie standardowe uznano za „singularities”, natomiast ustalona empirycznie wartość 1,6 odchylenia standardowego pozwoliła na wydzielenie „singularities” o bardzo dużym natężeniu. Anomalie termiczne przekraczające 2 odchylenia standardowe występowały sporadycznie. Zastosowanie opisanych kryteriów pozwoliło wyróżnić na każdej stacji szereg „singularities” o czasie trwania od 3 do nawet 15 dni.

Charakterystyka sytuacji synoptycznych w wybranych okresach „singularities”

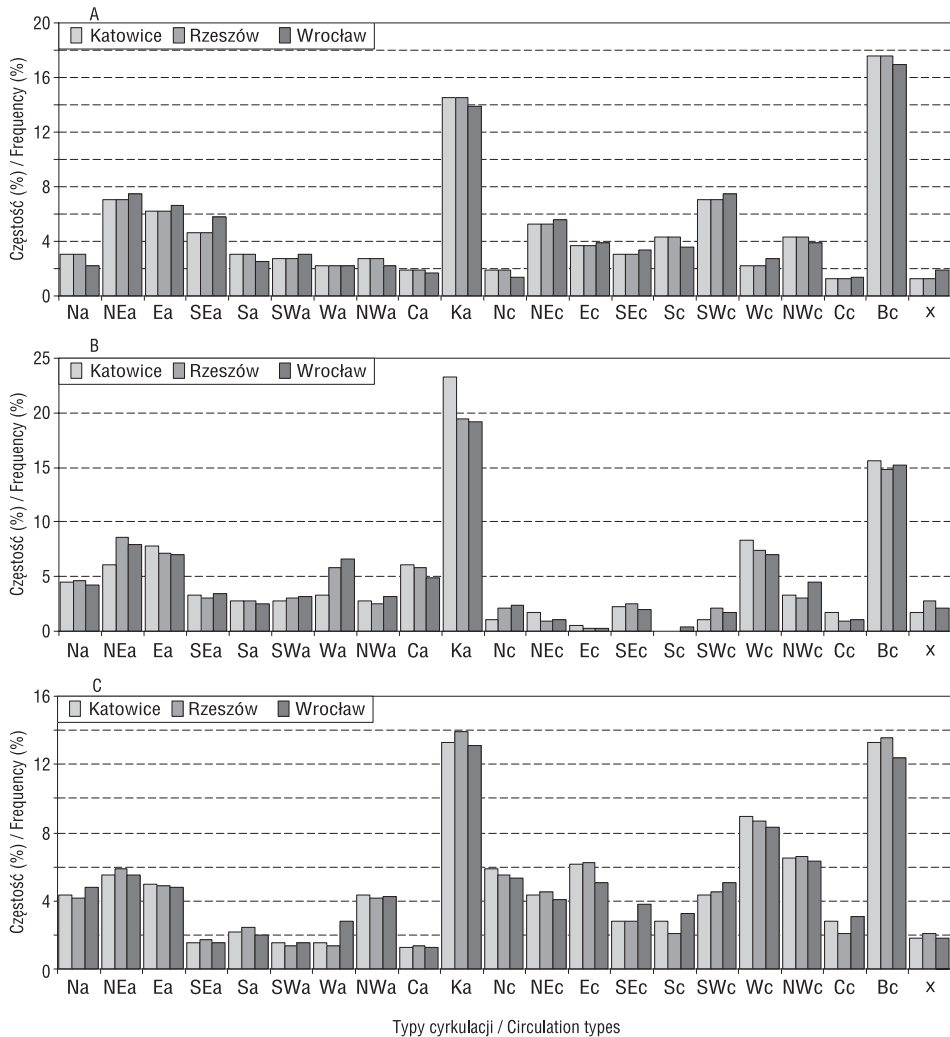
Do analizy sytuacji synoptycznych według klasyfikacji typów cyrkulacji T. Niedźwiedzia (1988, 2006) wybrano 3 przykłady „singularities” charakteryzujące się długim czasem trwania (5 do 11 dni) przy niskim progu termicznym pojedynczego odchylenia standardowego ($0,7^{\circ}\text{C}$), a równocześnie utrzymujące się, po podwyższeniu wartości progu termicznego do $1,1^{\circ}\text{C}$, na większości stacji uwzględnionych w opracowaniu. Wybrane „singularities” to jedna anomalia chłodna występująca między 12 a 20 kwietnia, zwana dalej kwietniową, oraz dwie anomalie ciepłe: pierwsza między 10 a 20 maja, dalej zwana majową, oraz druga od 29 lipca do 10 sierpnia, dalej dla wygody nazywaną sierpniową. Podane zakresy czasowe określają najwcześniejsze wystąpienie i najpóźniejszy zanik danej anomalii przy najniższym progu jednego odchylenia standardowego. Przebieg wartości Δt został zaprezentowany na rycinie 2.

Na rycinie 3 przedstawiono częstotliwość typów cyrkulacji według kalendarza T. Niedźwiedzia (1988, 2006) w okresach występowania poszczególnych anomalii termicznych. Zwrócono uwagę na sytuacje adwekcyjne, pomijając trudną do uchwycenia rolę sytuacji bezadwekcyjnych (zwłaszcza klina antycyklonalnego – Ka i bruzdy cyklonalnej – Bc) – występujących najczęściej, w kształtowaniu anomalii termicznych. W przypadku anomalii majowej (ryc. 3a) na podwyższenie temperatury powietrza największy wpływ wywiera napływ powietrza polarnego kontynentalnego w sytuacjach wyżowych z kierunków N, NE i E. Wśród sytuacji cyklonalnych największe znaczenie w kształtowaniu



Ryc. 2. Odchylenia temperatury powietrza od wartości oczekiwanej na 3 stacjach w Polsce Południowej: A – w chłodnej anomalii kwietniowej, B – w ciepłej anomalii majowej, C – w ciepłej anomalii sierpniowej

Fig. 2. Deviation of air temperature from expected value at 3 stations for southern Poland: A – in cold April anomaly, B – in warm May anomaly, C – in warm August anomaly



Ryc. 3. Udział procentowy typów cyrkulacji (Niedźwiedź 1988, 2006) w okresach „singularities” w Polsce Południowej: A – w ciepłej anomalii majowej, B – w ciepłej anomalii sierpniowej, C – w chłodnej anomalii kwietniowej

Fig. 3. The percentage of types of circulation (Niedźwiedź 1988, 2006) during the periods of „singularities” in southern Poland: A – in warm May anomaly, B – in warm August anomaly, C – in cold April anomaly

dotadnich anomalii termicznych ma adwekcja powietrza z południo-zachodu (sytuacja SWc). Charakterystyczną cechą badanego okresu jest mniejsza niż zwykle częstość adwekcji mas powietrza polarnego morskiego z zachodu.

W przypadku anomalii sierpniowej sytuacja wygląda nieco inaczej niż w maju. Podczas tej anomalii zdecydowanie dominuje cyrkulacja antycyklonalna nad cyklonalną. Wśród adwekcyjnych sytuacji wyżowych najczęstsze są typy NEa i Ea (ryc. 3b).

W przypadku chłodnej anomalii kwietniowej częstość sytuacji cyklonalnych jest znacznie większa niż antycyklonalnych (ryc. 3c). Dominujący kierunek cyrkulacji cyklonalnej to zachodni oraz w mniejszym stopniu północno-zachodni. Również adwekcja powietrza z północy, północo-wschodu i wschodu przy układach niżowych przyczynia się do powstawania ujemnych anomalii temperatury powietrza.

Posumowanie

Reasumując należy stwierdzić, że w kształtowaniu anomalii ciepłych w maju i sierpniu można wskazywać na istotną rolę cyrkulacji antycyklonalnej. Dominacja sytuacji wyżowych nad niżowymi jest bardziej charakterystyczna dla dodatniej anomalii temperatury powietrza w lecie niż na wiosnę, natomiast w kształtowaniu dodatniej anomalii majowej dużą rolę odgrywa sytuacja cyklonalna SWc. Sytuacje cyklonalne, zwłaszcza z adwekcją powietrza z zachodu i północo-zachodu wywierają istotny wpływ na powstawanie chłodnych anomalii termicznych w kwietniu.

Problem występowania „singularities” i przyczyn ich występowania wymaga dalszego studiowania tych przypadków na innych stacjach oraz na podstawie dłuższego okresu pomiarów, co pozwoli nabrać większej pewności co do roli czynników cyrkulacyjnych biorących udział w ich powstawaniu.

Praca została wykonana w ramach Projektu Zamawianego PBZ-KBN-086/P04/2003, finansowanego przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego.

Literatura

- Brier G.W., Shapiro R., MacDonald N.J., 1963, *A search for rainfall calendaricities*, J. Atmos. Sci., 20, 529-532.
- Brooks C.E.P., 1946, *Annual recurrences of weather; 'singularities'*, Weather, 1, 107-130.
- Buchan A., 1869; *Interruptions in the regular rise and fall of temperature in the course of the year, as shown by observations made in Scotland during the past ten years, 1857-1866*, J. Scot. Meteor. Soc., 2, 4-15.
- Florida State University: <http://www.met.fsu.edu/index.pl/wxdata/reports>.
- Glickman T.S., 2000, *Glossary of Meteorology*, Amer. Meteor. Soc., 1-837.
- Godfrey C.M., Wilks D.S., Schultz D.M., 2002, *Is the January Thaw a statistical phantom?*, Bull. Amer. Meteor. Soc., 83, 53-62.
- Lamb H.H., 1966, *Climate in the 1960s – changes in worlds wind circulation reflected in prevailing temperatures rainfall patterns and levels of African lakes*, Geogr. J., 132, 183-212.
- Niedźwiedz T., 1988, *Kalendarz sytuacji synoptycznych dla dorzecza górnej Wisły (1951- 1985)*, Zesz. Nauk. UJ, Prace Geogr., 71, 37-86.

- Niedźwiedz T., 2006, *Kalendarz sytuacji synoptycznych dla dorzecza górnej Wisły (1951-2006)*, Plik komputerowy dostępny w Katedrze Klimatologii, Wyd. Nauk o Ziemi UŚ, Sosnowiec.
- NOAA – National Climatic Data Center: <http://www.ncdc.noaa.gov/>, <ftp://ftp.ncdc.noaa.gov/pub/data/global/sod/>.
- Schmauss A., 1938, *Synoptische Singularitäten*, Meteor. Z., 55, 385-403.
- Talman C.F., 1919, *Literature concerning supposed recurrent irregularities in the annual march of temperature*, Mon. Wea. Rev., 47, 555-565.

Summary

In this article the annual pattern of average daily air temperature in 3 meteorological stations has been researched, based on data for the period 1966-2001. The analysis has been conducted by searching across the whole series of temperature measurements for cold and warm waves lasting for at least 3 days and appearing frequently in the same season of the year. The annual pattern of temperature change has been approximated with a curve circumscribed by a polynomial of the fifth degree drawn on the base of the values calculated from the long-term average of daily air temperature. The deviations of this temperature from the polynomial have been analyzed (Fig. 1).

The author adopted the definition of anomaly described by the term "singularities" introduced in 1938 by A. Schmauss in the article entitled *Synoptische Singularitäten*, and then used by other authors (e.g. Glickman 2000, Brier et al. 1963). In this paper the "singularities" are defined as the appearance of an air temperature anomaly exceeding one standard deviation for at least 3 consecutive days (calculated from the whole set of deviations). One-day breaks within longer series of readings fulfilling this condition were consistently classified as one temperature anomaly. Positive deviations were defined as heat waves, and negative ones as cold waves. These episodes were observed by people and somehow placed in time by creating folk proverbs (e.g. Buchan 1869, Talman 1919, Glickman 2000).

Attempts to explain the origins of "singularities" have been made in several previous publications (Brooks 1946, Lamb 1966, Godfrey et al. 2002). The authors drew attention to the large influence of atmospheric circulation on air temperature anomalies.

Synoptic analysis has been done for the period between 12th and 20th April (Fig. 2a), which is distinguished by the occurrence of the longest cold wave. The period between 10th and 20th May (Fig. 2b) is distinguished by the occurrence of the first heat wave, and period between 29th July and 10th August (Fig. 2c) is distinguished by the occurrence of the second heat wave. All anomalies have been analysed in the light of the types of circulation which occurred between 1966 and 2001, identified from the calendar of circulation types for Poland (Niedźwiedz 1988, 2006).

Cyclonic situations with air mass advection from W, NW, N and NE predominating were most frequent during the cold wave in April (Fig. 3c). Anticyclonic situations were more frequent than cyclonic ones during the periods of the warm waves in May (Fig. 3a) and August (Fig. 3b). Positive anomalies of air temperature were mainly caused by the advection of polar continental air from NE, E and SE.