



Piotr PIOTROWSKI

Katedra Meteorologii i Klimatologii, UŁ – Łódź

PRZESTRZENNA I CZASOWA ZMIENNOŚĆ CYRKULACJI ATMOSFERYCZNEJ NA OBSZARZE POLSKI

SPATIAL AND TEMPORAL VARIABILITY OF ATMOSPHERIC CIRCULATION IN THE AREA OF POLAND

Do oceny warunków cyrkulacyjnych stosuje się różnego rodzaju klasyfikacje cyrkulacji atmosferycznej, które swym zasięgiem obejmują różną skalę przestrzenną. Klasyfikacje o charakterze makroskalowym zostały opracowane m.in. przez: Vangengeima (1938) i Girsę (1948), Hessa i Brezowsky'ego (1969), Wibig (2001). Jedną z bardziej znanych klasyfikacji cyrkulacji atmosferycznej, opracowaną dla mniejszego obszaru (Wysp Brytyjskich), jest dzieło Lamba (1972). Dla obszaru Polski pierwsze próby wydzielenia typów cyrkulacji zostały podjęte przez Lityńską i in. (1958). Uzyskane przez polskich klimatologów wyniki były wykorzystane przez Osuchowską-Klein (1973) do opracowania własnej subiektywnej klasyfikacji, opartej na rozkładzie ośrodków barycznych, warunkujących określony kierunek adwekcji oraz charakter cyrkulacji nad obszarem Polski. Twórcą obiektywnej metody klasyfikacji cyrkulacji atmosferycznej dla obszaru Polski, opartej na klasyfikacji Lamba, był Lityński (1969). Inny zakres przestrzenny ma klasyfikacja sytuacji synoptycznych opracowana przez Niedźwiedzia (1981). Obejmuje ona obszar dorzecza górnej Wisły. Klasyfikacja ta została również wykorzystana w skali regionalnej dla regionu bydgosko-toruńskiego przez Przybyłaka i Maszewskiego (2006), a także dla rejonu Svalbardu (Niedźwiedź, 1981, Malik, 2005). Klasyfikacja cyrkulacji atmosferycznej dla pojedynczego punktu była opracowana przez Ustrnula (1998) dla obszaru Lubelszczyzny. Z powyższego przeglądu wynika, że klasyfikacje cyrkulacji atmosferycznej

rycznej obejmują swym zasięgiem różne skale przestrzenne. Mając to na uwadze, postanowiono dokonać analizy zmian warunków cyrkulacyjnych w wybranych punktach równomiernie rozmieszczonych na obszarze Polski i nieco poza nim względem punktu położonego w centrum kraju. W tym celu sprawdzono, jak zmienia się na obszarze Polski i nieco poza nim charakter cyrkulacji atmosferycznej, kierunek adwekcji oraz typy cyrkulacji atmosferycznej w porównaniu z centrum Polski.

Według *Słownika meteorologicznego* (Niedźwiedz, 2003) typ cyrkulacji atmosferycznej jest definiowany jako „charakterystyczny dla danego obszaru i okresu (najczęściej jednej doby) obraz cyrkulacji atmosferycznej”. Użyty w definicji zwrot „najczęściej jednej doby” skłania do przyjęcia założenia, że zmiana typu cyrkulacji atmosferycznej może być częstsza, szczególnie w przypadku wydzielenia większej liczby typów cyrkulacji atmosferycznej oraz dużej dynamiki przemieszczania się układów barycznych nad określonym obszarem. Każdy region świata wyróżnia się ponadto różną zmiennością warunków cyrkulacyjnych. Obszar Polski położony jest w regionie o dużej dynamice zmian warunków cyrkulacyjnych, które często pociągają za sobą istotne zmiany warunków pogodowych na terenie kraju. W związku z tym za istotne uznano sprawdzenie, na podstawie danych co 6 godzin, jak często zmieniają się wyróżnione typy cyrkulacji atmosferycznej w poszczególnych porach roku w centrum Polski.

Dane i metody opracowania

Do określenia warunków cyrkulacyjnych na obszarze Polski wykorzystano dane łącznie z 17 zbiorów punktów z okresu od 1 I 1956 do 29 II 2016. Każdemu punktowi odpowiada wartość wysokości geopotencjału na powierzchni izobarycznej 925 hPa. Każdy zbiór wartości geopotencjału składa się z 32 punktów regularnie rozmieszczonych względem siebie. Szczegółowe rozmieszczenie punktów i równania zastosowane do obliczenia wskaźników cyrkulacji atmosferycznej można znaleźć w opracowaniu Piotrowskiego (2009). Wartości geopotencjału zostały pobrane z bazy danych NCEP/NCAR Reanalysis 1 (<http://www.esrl.noaa.gov>). W opracowaniu wykorzystano dane z 4 terminów w ciągu doby (00:00, 06:00, 12:00, 18:00). Centralne punkty oczek siatek (w formie krzyżyków na rys. 1-3) są oddalone od siebie o 200 km i są symetrycznie rozmieszczone względem punktu (oznaczonego symbolem rombu na rys. 1-3) położonego w centrum Polski. Za centrum Polski uznano punkt o współrzędnych geograficznych 52°00'N; 19°30'E.

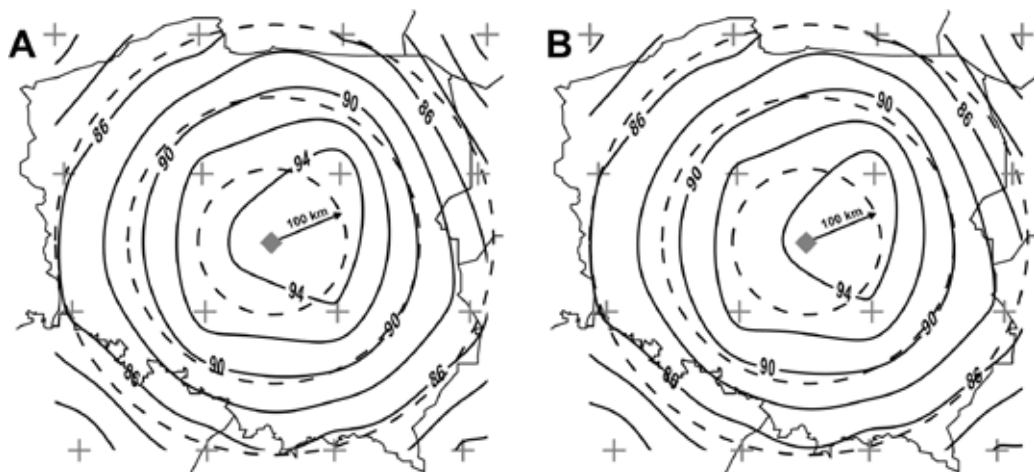
Do wyznaczenia 16 typów cyrkulacji atmosferycznej (8 cyklonalnych i 8 anty-cyklonalnych) wykorzystano automatyczną metodę wyznaczania typów cyrkulacji atmosferycznej Jenkinsona i Collisona (1977). Metoda ta pozwala na podstawie składowych prędkości wiatru geostroficznego i wirowości wiatru geo-

stroficznego określić także odpowiednio kierunek adwekcji i charakter cyrkulacji atmosferycznej. Zastosowane w opracowaniu skróty literowe typów cyrkulacji atmosferycznej nawiązują do kierunku adwekcji i charakteru cyrkulacji atmosferycznej – np. skrót Sc oznacza typ cyklonalny południowy.

Za dzień z dominującym typem cyrkulacji atmosferycznej uznano dzień, podczas którego w kolejnych pięciu terminach pomiarowych (zaczynając od godziny 00:00) przynajmniej trzykrotnie pojawił się określony typ cyrkulacji atmosferycznej. Ta sama procedura odnosi się również do kierunku adwekcji i charakteru cyrkulacji atmosferycznej.

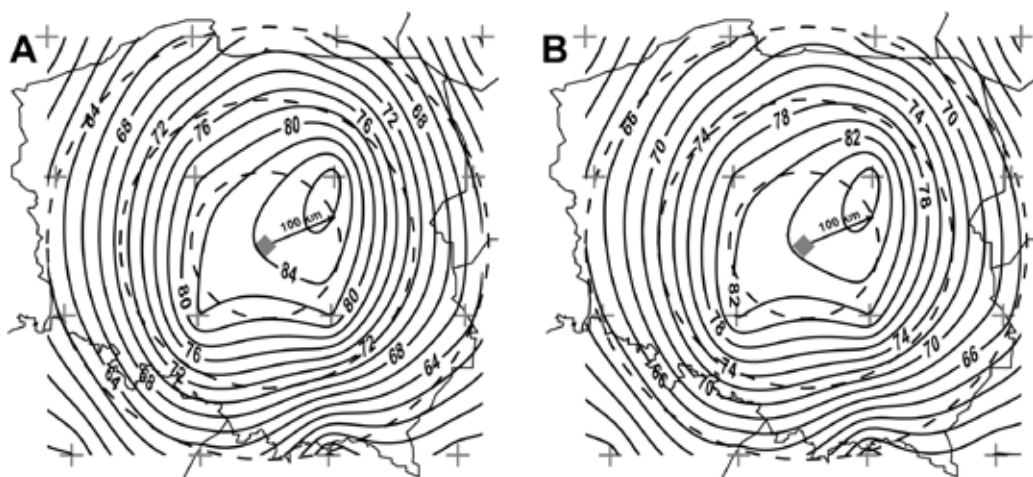
Wyniki

Zgodność kierunku adwekcji, charakteru cyrkulacji atmosferycznej i typu cyrkulacji atmosferycznej względem centrum Polski maleje, zgodnie z przewidywaniami, wraz z oddalaniem się od niego, przy czym najmniej w kierunku północno-wschodnim (rys. 1-4). Charakter cyrkulacji atmosferycznej nie zmienia się zbyt mocno wraz z oddalaniem się od centrum kraju (rys. 1). Zgodność charakteru cyrkulacji atmosferycznej względem centrum kraju w odległości 100 km od centrum sięga 93-94% przypadków. Dotyczy to zarówno charakteru cyrkulacji określonego na podstawie danych co 6 godzin, jak i dominującego w ciągu doby. Na krańcach Polski, w odległości 300 km od centrum, zgodność spada do 84-86%.



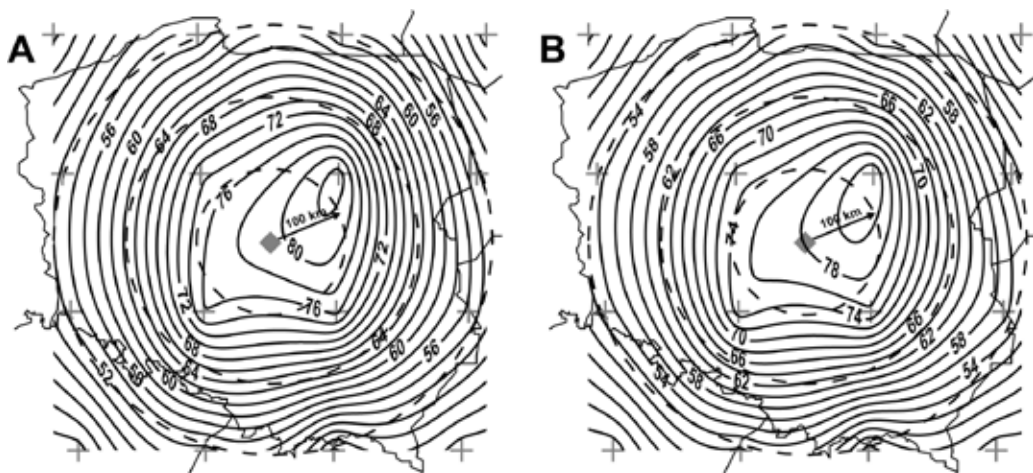
Rys. 1. Zgodność procentowa charakteru cyrkulacji atmosferycznej względem centrum Polski w oparciu o dane co 6 godzin (A) i dominantę dobową (B)

Fig. 1. Compatibility of cyclonic and anticyclonic circulation with respect to the center of Poland based on data every 6 hours (A) and mode for 24 hours (B)



Rys. 2. Zgodność procentowa kierunku adwekcji względem centrum Polski w oparciu o dane co 6 godzin (A) i dominantę dobową (B)

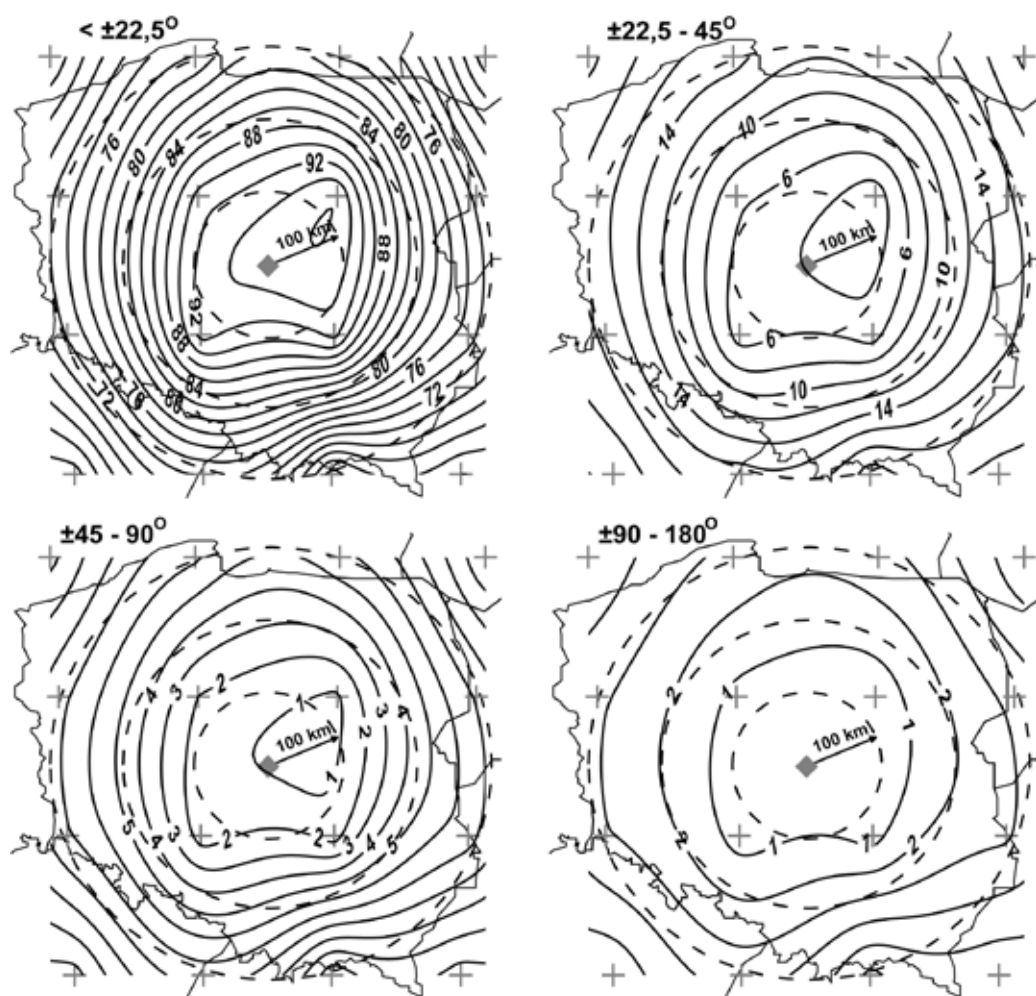
Fig. 2. Compatibility of advection direction with respect to the center of Poland based on data every 6 hours (A) and mode for 24 hours (B)



Rys. 3. Zgodność procentowa typu cyrkulacji atmosferycznej względem centrum Polski w oparciu o dane co 6 godzin (A) i dominantę dobową (B)

Fig. 3. Compatibility of atmospheric circulation type with respect to the center of Poland based on data every 6 hours (A) and mode for 24 hours (B)

Taka sama analiza dotycząca kierunku adwekcji wykazała znaczący spadek zgodności kierunku wraz z oddalaniem się od centrum Polski (rys. 2). Zgodność kierunku adwekcji w odległości 100 km od centrum w przypadkach co 6 godzin waha się w granicach 80-86% i utrzymuje się w odległości 300 km od centrum na poziomie



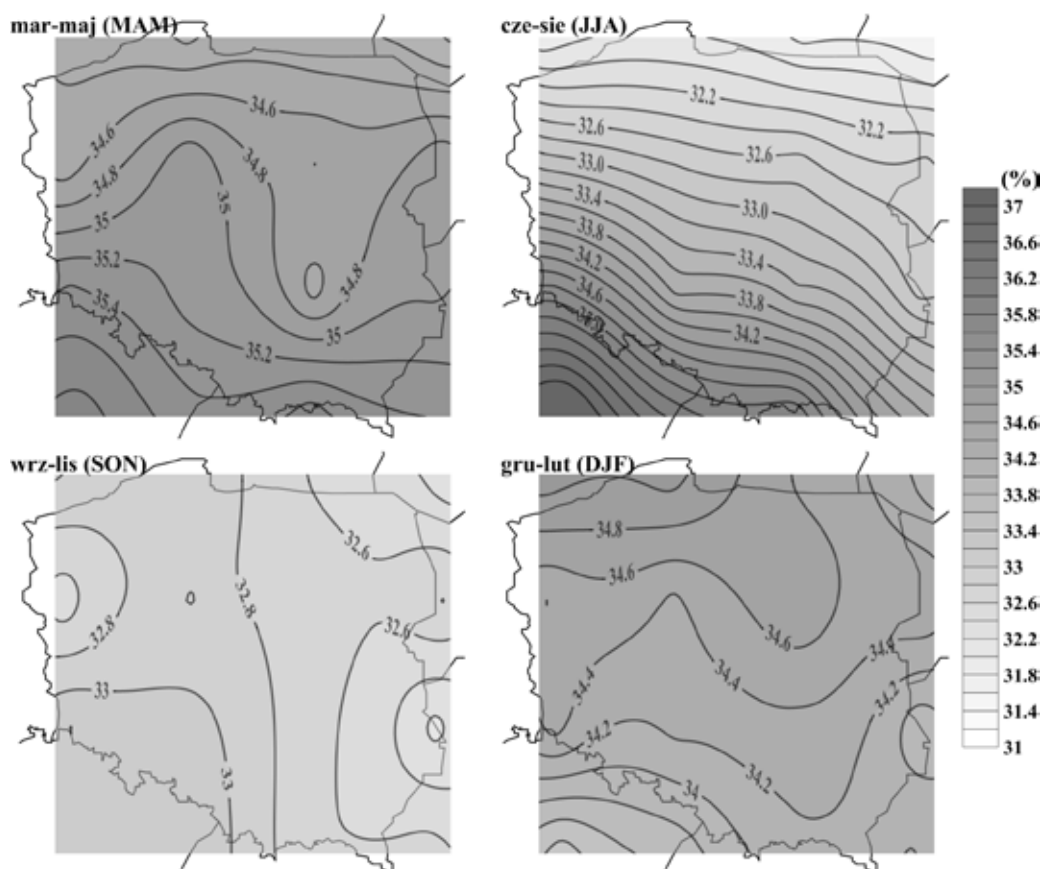
Rys. 4. Częstość względna przedziałów odchylenia kierunku adwekcji względem kierunku adwekcji w centrum Polski

Fig. 4. Relative frequency of ranges of advection direction deviations with respect to the advection direction in the center of Poland

od 56% na południu Polski do 68% na północy kraju. Nieznacznie lepszą zgodność kierunku adwekcji uzyskano w przypadku dominującego w ciągu doby kierunku napływu mas powietrza. W odległości 100 km względem centralnego punktu wzorcowego zgodność kierunku adwekcji jest rzędu 82-86%, a w odległości 300 km – od ok. 64% na południu kraju – do 68% na północy. Zgodność określonych typów cyrkulacji atmosferycznej, wyznaczonych dla czterech terminów w ciągu doby, w odległości 100 km od centrum kraju sięga 74-82%, natomiast w odległości

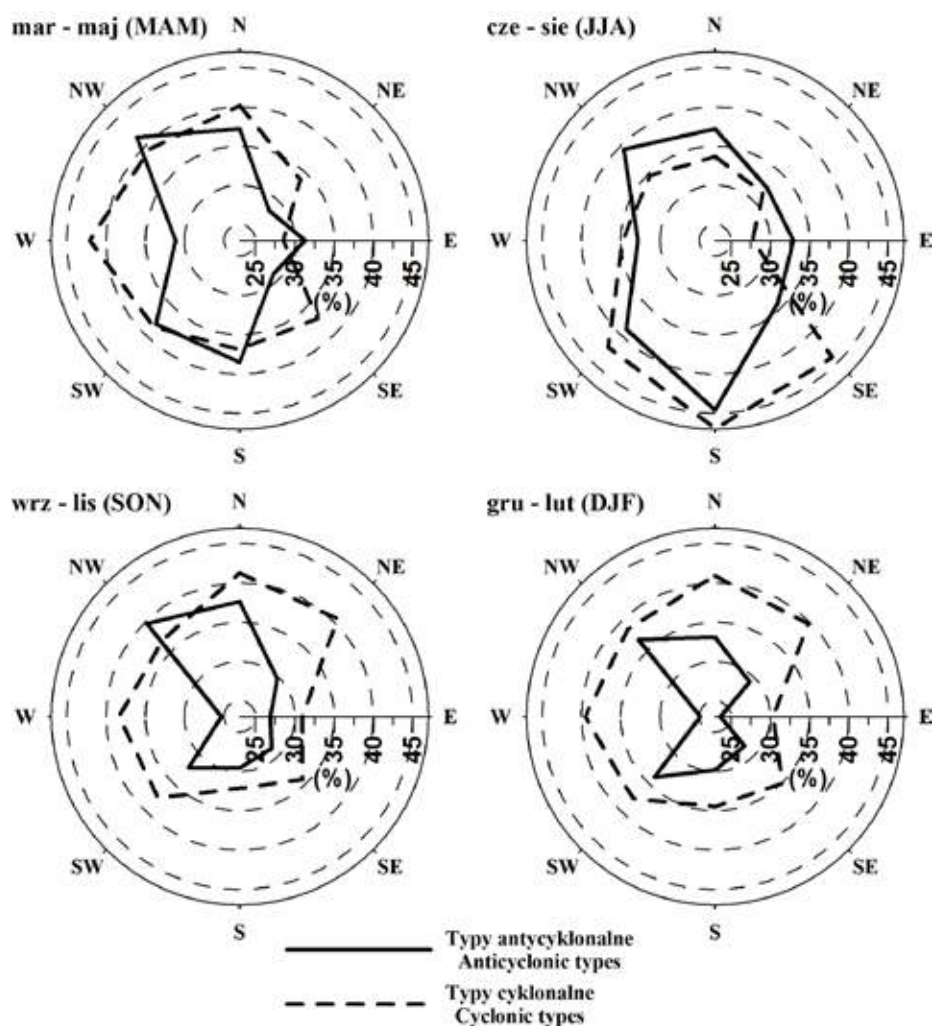
300 km – na krańcach północnych Polski ok. 68%, a na południowych ok. 56% (rys. 3). Dominujący typ cyrkulacji atmosferycznej w ciągu doby zmienia się w odległości 100 km od punktu centralnego w 20-25% przypadków, natomiast w odległości 300 km – w 54% przypadków na południu i 46% przypadków na północy kraju. Częstość odchyłeń kierunku adwekcji w zakresie $\pm 22,5^\circ$ w promieniu 100 km od centrum utrzymuje się w zakresie 90-96% (rys. 4). Częstość skrajnych odchyłeń kierunku adwekcji (rzędu $\pm 90-180^\circ$) jest niewielka i waha się w granicach od ok. 1% w odległości 100 km od centrum kraju do maksymalnie 4% na krańcach Polski.

Największe przestrzenne zróżnicowanie dynamiki zmian typu cyrkulacji atmosferycznej co 6 godzin na obszarze Polski jest widoczne latem, a najmniejsze jesienią (rys. 5). W porze letniej częstość zmiany typu cyrkulacji atmosferycznej wzrasta od 31,8% na północy do 35,2% na południu kraju, natomiast w porze jesiennej



Rys. 5. Częstość zmiany typu cyrkulacji atmosferycznej co 6 godzin w poszczególnych porach roku

Fig. 5. Frequency of change every 6 hours in atmospheric circulation type at particular seasons



Rys. 6. Sezonowa częstość zmian (co 6 godzin) poszczególnych typów cyrkulacji atmosferycznej na inne w centrum Polski

Fig. 6. Seasonal frequency of changes (every 6 hours) of atmospheric circulation types in the center of Poland

zmiany na obszarze całego kraju są niewielkie. Wiosną dynamika zmian jest przestrzennie mniej zróżnicowana w porównaniu z latem, ale jest nieznacznie większa na południu kraju. Odwrotna sytuacja panuje zimą, podczas której większą częstością zmian typu cyrkulacji atmosferycznej wyróżnia się północ kraju niż jego południowa część.

Antycyklonalne typy cyrkulacji atmosferycznej, jak można było przypuszczać, ogólnie dłużej utrzymują się nad centrum Polski niż typy cyklonalne (rys. 6).

Latem i wiosną, niektóre typy cyrkulacji antycyklonalnej ulegają dość częstym zmianom w porównaniu z typami cyklonalnymi. Wiosna jest porą roku, która wyróżnia się spośród pozostałych pór najczęstszymi zmianami co 6 godzin określonego typu cyrkulacji atmosferycznej na inny. W okresie jesiennym i zimowym częstość zmiany wszystkich wyróżnionych typów cyrkulacji atmosferycznej na inny jest bardzo zbliżona. Latem szczególnie często zmianie ulegają typy cyrkulacji: Sc, Sa, SWc i SEc.

Dyskusja i wnioski

Uzyskane w opracowaniu wyniki skłaniają do refleksji nad zasadnością tworzenia kalendarzy typów cyrkulacji atmosferycznej obejmujących większe obszary. Stosowanie typologii cyrkulacyjnej w odniesieniu do dużych obszarów, np. wielkości Polski, jest obciążone znacznym ryzykiem pojawienia się błędu w różnorodnych rodzajach analiz klimatologicznych o charakterze lokalnym, a szczególnie w prognozowaniu pogody. Kalendarze cyrkulacji atmosferycznej często są wykorzystywane do różnorodnych analiz przyczynowo-skutkowych, np. analiz powiązań z cyrkulacją atmosferyczną temperatury powietrza (Wójcik i in., 1992; Kożuchowski, Żmudzka, 2002; Ustrnul, Wypych, 2011), opadów atmosferycznych (Twardosz i in., 2011; Bartoszek, Skiba, 2016), pokrywy śnieżnej (Bednorz, 2006; Nowosad, 2012) i wielu innych parametrów i zjawisk meteorologicznych. Najlepszym rozwiązaniem w tego typu analizach, mając na uwadze uzyskane wyniki oraz poprawność wyciąganych na podstawie analizy przyczynowo-skutkowej wniosków, wydaje się opracowywanie kalendarza cyrkulacji atmosferycznej dla konkretnego punktu geograficznego, ewentualnie dla obszaru w promieniu ok. 100 km od punktu centralnego.

Dynamika zmian typu cyrkulacji atmosferycznej na obszarze Polski co 6 godzin jest nieco odmienna w poszczególnych porach roku. Z porównania zmian w porze letniej i zimowej jest widoczny wpływ zmiany trasy cyklonów szerokości umiarkowanych, która zimą przesuwana się na północ Europy. Wędrujące wówczas wzdłuż północnych krańców Polski oraz obszaru Skandynawii i Bałtyku układy niskiego ciśnienia charakteryzują się szybkim tempem przemieszczania się, warunkując duże zmiany warunków cyrkulacyjnych i pogodowych na obszarze całej Polski, a szczególnie często nad obszarem północnej części kraju. Mała częstość zmian cyrkulacji antycyklonalnej strefowej zimą świadczy o częstszym utrzymywaniu się zimą rozbudowanych układów wyżowych stanowiących kliny Wyżu Wschodnioazjatyckiego i Wyżu Azorskiego lub też mniej rozbudowanych układów wyżowych nad Skandynawią i na południe od obszaru Polski. Jesień w porównaniu z wiosną charakteryzuje się nieco mniejszą częstością zmian typu cyrkulacji atmosferycznej.

Literatura

- Bartoszek K., Skiba D., 2016, *Circulation types classification for hourly precipitation events in Lublin (East Poland)*. Open Geosciences, 8, 1, 214-230.
- Bednorz E., 2006, *Wpływ makroskalowych typów cyrkulacji na występowanie pokrywy śnieżnej w Polsce północno-zachodniej*. Bad. Fizjogr nad Pol. Zach., Ser. A, 57, 7-13.
- Girs A.A., 1948, *K voprosu izuczenija osnovnych form atmosfiernej cirkulacji*. Miet. i Gidr., 10, 3.
- Hess P., Brezowsky H., 1969, *Katalog der Grosswetterlagen Europas*. Berichte des Deutschen Wetterdienstes., 113.
- Jenkinson A.F., Collison P., 1977, *An initial climatology of gales over the North Sea*. Synoptic Climatology Branch Memorandum, 62, Meteorological Office, Bracknell.
- Kożuchowski K., Żmudzka E., 2002, *Cyrkulacja atmosferyczna i jej wpływ na zmienność temperatury powietrza w Polsce*. Prz. Geogr., 74, 4, 591-604.
- Lamb H.H., 1972, *British Isles weather types and register of the daily sequence of circulation patterns 1861-1971*. Geoph. Memoir, 116., London, ss. 85.
- Lityńska Z., Lityński J., Morozowska I., Osuchowska B., Wodzińska M., 1958, *Typy cyrkulacji atmosferycznej w Europie z zastosowaniem do pięciodniowych prognoz pogody w Polsce (cz.I)*. Wiad. Służ. Hydrol., 8, 5.
- Lityński J., 1969, *Liczbowa klasyfikacja typów cyrkulacji i typów pogody dla Polski*. Prace PIHM, 97, 3-14.
- Malik P., 2005, *Cyrkulacyjne uwarunkowania występowania typów pogody w Hornsundzie w latach 1991-2000*. Problemy Klimatologii Polarnej, 15, 91-102.
- Niedźwiedz T. (red.), 2003, *Słownik meteorologiczny*, IMGW, Warszawa, ss. 496.
- Niedźwiedz T., 1981, *Sytuacje synoptyczne i ich wpływ na zróżnicowanie przestrzenne wybranych elementów klimatu w dorzeczu górnej Wisły*. Rozprawy habilitacyjne UJ, Kraków.
- Nowosad M., 2012, *Zmiany grubości pokrywy śnieżnej w Lublinie i ich uwarunkowania cyrkulacyjne* [w:] Rola cyrkulacji atmosfery w kształtowaniu klimatu (red. Bielec-Bąkowska Z., Łupikasa E., Widawska A.), 2012, Katedra Klimatologii, Wydział Nauk o Ziemi Uniwersytet Śląski, Sosnowiec, 157-166.
- Osuchowska-Klein B., 1973, *Analiza rocznych przebiegów częstości występowania w Polsce makrotypów cyrkulacji atmosferycznej*. Prz. Geof., 26, 3-4, 223-242.
- Piotrowski P., 2009, *Obiektywna metoda klasyfikacji cyrkulacji atmosferycznej dla Polski*. Folia Geographica Physica, 10. Wyd. UŁ, Łódź, ss. 216.
- Przybylak R., Maszewski R., 2009, *Zmienność cyrkulacji atmosferycznej w regionie bydgosko-toruńskim w latach 1881-2005*. Acta Agrophysica, 14(2), 427-447.
- Twardosz R., Łupikasa E., Niedźwiedz T., 2011, *Zmienność i uwarunkowania cyrkulacyjne występowania postaci i typów opadów atmosferycznych na przykładzie Krakowa*. Wyd. UJ, Kraków, ss. 174.
- Ustrnul Z., 1998, *Zmienność cyrkulacji atmosferycznej nad Lubelszczyzną w XX wieku*. [w:] red. Nowosad M. *Problemy współczesnej klimatologii i agrometeorologii regionu lubelskiego*. Wyd. UMCS Lublin.
- Ustrnul Z., Wypych A., 2011, *Ekstremalne wartości temperatury powietrza w Polsce w świetle różnych klasyfikacji typów cyrkulacji*. Prace i Studia Geograficzne, 47, 87-95.
- Vangengeim G. J., 1938, *K voprosu tipizacii schematizacii sinopticeskich procesov*. Miet. i Gidr., 3.
- Wibig J., 2001, *Wpływ cyrkulacji atmosferycznej na rozkład przestrzenny anomalii temperatury i opadów w Europie*. Rozprawy habilitacyjne UŁ, Łódź.
- Wójcik G., Marciniak K., Przybylak R., Kejna M., 1992, *Temperatura i opady a cyrkulacja atmosferyczna w regionie Kaffiöry (NW Spitsbergen) w sezonie letnim w okresie 1975-1989*. Problemy Klimatologii Polarnej, 2, 96-102.

Strony internetowe

<http://www.esrl.noaa.gov>

Streszczenie

Oceny zmienności warunków cyrkulacyjnych na obszarze Polski względem jej centrum dokonano na podstawie charakteru cyrkulacji atmosferycznej, kierunku adwekcji i typologii cyrkulacyjnej opartej na dwóch wymienionych wskaźnikach cyrkulacji. Wyniki analizy poszczególnych wskaźników cyrkulacji atmosferycznej wykazały duży spadek zgodności wskaźników wraz z oddalaniem się od centrum Polski. Największą zgodność uzyskano w przypadku charakteru cyrkulacji atmosferycznej, a najmniejszą w przypadku typów cyrkulacji. W odległości 100 km od centralnego punktu wzorcowego stwierdzono zmianę typu cyrkulacji atmosferycznej w ok. 20-25% przypadków, a w odległości 300 km – w ok. 40%, a na południu Polski nawet więcej niż w połowie przypadków. Dynamikę zmian warunków cyrkulacyjnych na obszarze Polski sprawdzono opierając się na 16 typach cyrkulacji atmosferycznej określonych co 6 godzin i wyznaczonych metodą Jenkinsona i Collisona. Największe przestrzenne zróżnicowanie częstości zmian typu cyrkulacji atmosferycznej na inny odnotowano latem, a najmniejsze jesienią.

Słowa kluczowe: cyrkulacja atmosferyczna, dynamika cyrkulacji atmosferycznej, zmienność przestrzenna cyrkulacji atmosferycznej

Summary

Evaluations of the variability of the atmospheric circulation in the area of Poland in relation to the center of country taken into account of the cyclonic and anticyclonic circulation, the direction of advection and circulation typology based on the above-mentioned two indices of atmospheric circulation. The results of the analysis of particular atmospheric circulation indices showed a significant decrease in the compatibility indices with distance from the center of Poland. The highest compatibility was obtained in the case of the cyclonic and anticyclonic circulation, and the lowest in the case of atmospheric circulation types. At a distance of 100 km from a center of reference point the type of atmospheric circulation changes in approx. 20-25% of cases, and at a distance of 300 km - in approx. 40%, and in the southern part of country even more than half of the cases. The dynamics of changes in the circulation conditions in the area of Poland were checked on the basis of 16 atmospheric circulation types determined every six hours based on the Jenkinson's and Collison's method. The highest spatial diversification of frequency of transition the specified atmospheric circulation type to another occurred in summer and lowest in autumn.

Key words: atmospheric circulation, atmospheric circulation dynamic, spatial variability of atmospheric circulation

Piotr Piotrowski

janos33@wp.pl

Katedra Meteorologii i Klimatologii

Wydział Nauk Geograficznych

Uniwersytet Łódzki