

Piotr PIOTROWSKI

Katedra Meteorologii i Klimatologii UŁ — Łódź

## ZASADNOŚĆ WYRÓŻNIANIA POŚREDNICH TYPÓW CYRKULACJI ATMOSFERYCZNEJ W KLASYFIKACJACH DLA OBSZARU POLSKI

### VALIDITY OF DETERMINATION OF INTERMEDIATE ATMOSPHERIC CIRCULATION TYPES IN CLASSIFICATIONS FOR POLAND AREA

W niniejszym opracowaniu jako typ pośredni między cyrkulacją cyklonalną a antycyklonalną określa się sytuację synoptyczną, podczas której część określonego obszaru znajduje się pod wpływem cyrkulacji cyklonalnej, a pozostała część antycyklonalnej. Typy cyrkulacji pośredniej między cyklonalną i antycyklonalną są wyróżniane w klasyfikacjach cyrkulacji atmosferycznej zarówno w klimatologii polskiej, jak i zagranicznej. Przykładem może być subiektywna klasyfikacja Lamba (1972) dla Wysp Brytyjskich, w której wyróżniono 16 typów pośrednich. Automatyczna metoda wyznaczania typów cyrkulacji wyróżnionych przez Lamba jest oparta na relacjach między wirowością wiatru geostroficznego i prędkością wiatru geostroficznego (Jenkinson, Collison, 1977; Jones i in., 1992). Lityński (1969, 1973) dla obszaru Polski wyróżnił grupę typów cyrkulacji „zerowej”, która charakteryzuje się brakiem wyraźnej adwekcji mas powietrza nad obszar Polski. Rozkład ciśnienia atmosferycznego podczas typów „zerowych” odpowiada sytuacjom barycznym, podczas których część Polski objęta jest cyrkulacją cyklonalną, a pozostała część antycyklonalną. Osuchowska-Klein (1978) w swojej subiektywnej klasyfikacji wyróżniła tylko jeden typ pośredni między cyrkulacją cyklonalną i antycyklonalną – południowy.

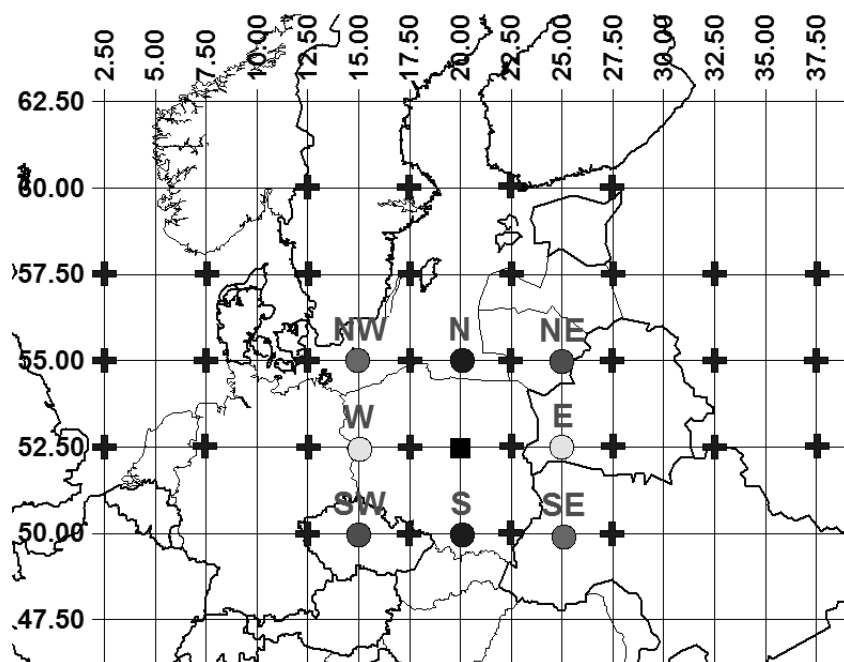
Głównym celem opracowania jest sprawdzenie zasadności wydzielenia pośrednich typów cyrkulacji w klasyfikacji cyrkulacji atmosferycznej dla obszaru Polski

lub też uwzględniania ich w typologii pogody opartej na cyrkulacji atmosferycznej. Według Osuchowskiej-Klein (1978) „dodatkowym warunkiem, jaki musi spełnić typ cyrkulacji jest jego powtarzalność na tyle duża, aby upoważniała do stwierdzenia, że dany typ stanowi istotną cechę cyrkulacji”. Mając to na uwadze, jako kryterium weryfikujące przyjęto częstość 8 wyróżnionych typów pośrednich (rys. 2 i 3). Dodatkowe kryterium jest oparte na zróżnicowaniu warunków termiczno-wilgotnościowych na krańcach analizowanego obszaru w zależności od typu cyrkulacji pośredniej między cyrkulacją cyklonalną i antycyklonalną (rys. 5, 6 i 7). Ponadto poddano analizie poziome gradienty ciśnienia atmosferycznego na poziomie morza podczas cyrkulacji i podczas typów cyrkulacji o jednolitym charakterze nad obszarem Polski.

Opierając się na analizie warunków termiczno-wilgotnościowych oraz pośrednio anemometrycznych (na podstawie poziomych gradientów ciśnienia atmosferycznego) podczas pośrednich typów cyrkulacji atmosferycznej, określono również wpływ cyrkulacji pośredniej na te warunki.

### Dane i metody opracowania

Do wyznaczenia 8 typów pośrednich między cyrkulacją cyklonalną i antycyklonalną wykorzystano 8 siatek składających się z 32 punktów gridowych, którym odpowiadają wartości ciśnienia atmosferycznego na poziomie morza (SLP) (rys. 1). Dzięki danym z tych punktów było możliwe określenie wirowości wiatru geostroficznego dla siatek o punktach środkowych oznaczonych kółkami na rys. 1. Porównując wartości wirowości między skrajnymi punktami przy danym kierunku wiatru geostroficznego, było możliwe określenie, czy dany obszar, ograniczony tymi punktami, znajduje się w całości pod wpływem cyrkulacji cyklonalnej lub antycyklonalnej. Jeśli nie było zgodności znaków wirowości na przeciwnych krańcach tego obszaru, to daną sytuację synoptyczną zaliczano do typu pośredniego między cyrkulacją cyklonalną i antycyklonalną. Do wyznaczenia kierunku adwekcji podczas typów pośrednich cyrkulacji wykorzystano składowe wiatru geostroficznego. Typy te zostały wyznaczone w odniesieniu do każdego z ośmiu głównych kierunków adwekcji. Dane SLP pochodzą z bazy danych z reanaliz NCEP/NCAR opracowanych przez The Climatic Research Unit (CRU) na University of East Anglia (UEA) (<http://www.cru.uea.ac.uk/cru/data/>). Wskaźniki cyrkulacji atmosferycznej obliczono na podstawie średnich dobowych wartości ciśnienia atmosferycznego na poziomie morza (SLP) z 32 punktów węzłowych regularnej siatki o rozdzielczości  $2,5^{\circ} \times 5^{\circ}$  odpowiednio szerokości i długości geograficznej (rys.1). W celu wyróżnienia sytuacji synoptycznych, podczas których nad obszarem Polski dominuje jednolity charakter cyrkulacji, wyróżniono 16 typów cyrkulacji atmosferycznej opartych na 8 kierunkach wiatru geostroficznego z podziałem na typy cyklonalne



Rys. 1. Przykład rozmieszczenia 32 punktów gridowych ciśnienia atmosferycznego na poziomie morza (w formie krzyżyków), w odniesieniu do punktu środkowego, oznaczonego literą N; kółkami oznaczono punkty środkowe 8 siatek gridowych, a kwadratem punkt środkowy siatki położonej centralnie nad Polską

Fig. 1. The example of spatial distribution of 32 grid points at sea level pressure (crosses) for central point marked by the letter N; circles represented central points for eight grid, square represents the center point for the grid centrally located over Poland

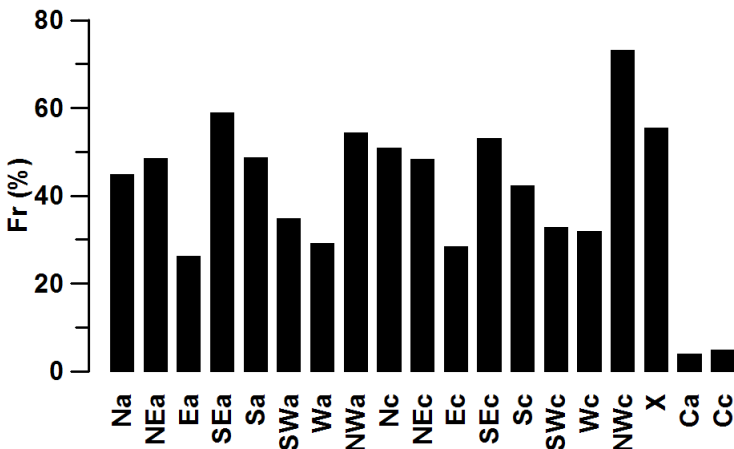
i antycyklonalne. Dane SLP potrzebne do wyznaczenia tych typów pochodzą z siatki punktów tak usytuowanych, że punkt środkowy (na rys. 1 oznaczony czarnym kwadratem) tej siatki ma współrzędne geograficzne  $52^{\circ}30'N-20^{\circ}00'E$ . Te same dane wykorzystano również do wyróżnienia typów cyrkulacji atmosferycznej związanych z centralnym zaleganiem nżeów (Cc) i wyżów (Ca) nad centrum badanego obszaru. Wydzielono również sytuacje nieokreślone (X). Dokładny opis metody wyznaczania wymienionych typów można znaleźć w opracowaniu Piotrowskiego (2009)

Do określenia warunków termiczno-wilgotnościowych wykorzystano tę samą bazę danych co w przypadku ciśnienia atmosferycznego na poziomie morza. Warunki termiczne i wilgotnościowe określono na podstawie wartości z siatki punktów o rozdzielczości  $2,5^{\circ} \times 2,5^{\circ}$  z obszaru między równoleżnikami  $40^{\circ}$  i  $65^{\circ}N$  oraz południkami  $0^{\circ}$  i  $40^{\circ}E$ . Warunki termiczne określono na podstawie temperatury powietrza na poziomie 1000 hPa, a warunki wilgotnościowe na podstawie

wilgotności względnej na poziomie 1000 hPa. Wykorzystując wzór do obliczenia wilgotności względnej i wzór Goffa służący do obliczenia ciśnienia nasyconej pary wodnej (za Kostyrką i in., 1982), obliczono ciśnienie aktualne pary wodnej na poziomie 1000 hPa w każdym punkcie gridowym. Dane wykorzystane w opracowaniu obejmują okres od 1948 do 2010 r. Każdy typ cyrkulacji jest określony w odniesieniu do okresu dobowego. Skróty oznaczeń typów pośrednich nawiązują do kierunku adwekcji – duże litery; małe litery ac wskazują na istnienie wpływów zarówno cyrkulacji cyklonalnej, jak i antycyklonalnej nad obszarem Polski.

## Wyniki

Wśród 16 typów cyrkulacji atmosferycznej wydzielonych na podstawie kierunku wiatru geostroficznego oraz charakteru cyrkulacji atmosferycznej (wydzielonych bez uwzględnienia typów pośrednich) typy pośrednie między cyrkulacją cyklonalną i antycyklonalną najczęściej pojawiają się podczas typów NWc i SEa oraz sytuacji nieokreślonych (rys. 2). W dwóch pierwszych przypadkach może to być spowodowane dużą dynamiką układów nzeowych przemieszczających się odpowiednio na północ i na południe od obszaru Polski. Układy nzeowe szczególnie często pojawiają się latem na północ od Polski wzdłuż frontu polarnego, który zimą z kolei sprzyja generowaniu układów nzeowych przemieszczających się wzdłuż basenu Morza Śródziemnego. Podczas sytuacji nieokreślonych często pojawiają się siodła

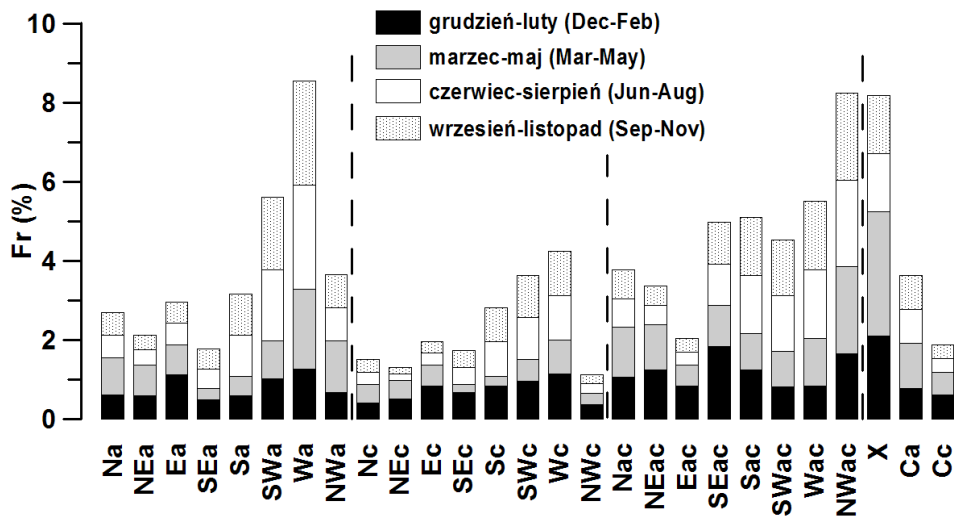


Rys. 2. Udział procentowy (Fr) sytuacji pośrednich między cyrkulacją cyklonalną i antycyklonalną podczas określonych typów cyrkulacji atmosferycznej (1948-2010)

Fig. 2. Percentage (Fr) of intermediate situations during particular atmospheric circulation types (1948-2010)

baryczne. Układ ośrodków barycznych w siedle sprzyja pojawianiu się zróżnicowania charakteru cyrkulacji na obszarze Polski.

Typ pośredni NWac wyróżnia się dużą częstością (8,1%) spośród wszystkich typów cyrkulacji atmosferycznej, dorównując niemalże częstością najczęściej pojawiającemu się typowi Wa (8,7%) (rys. 3). Najbardziej sytuacji pośrednie występują podczas typów cyrkulacji atmosferycznej warunkujących adwekcję ze wschodu (2%).

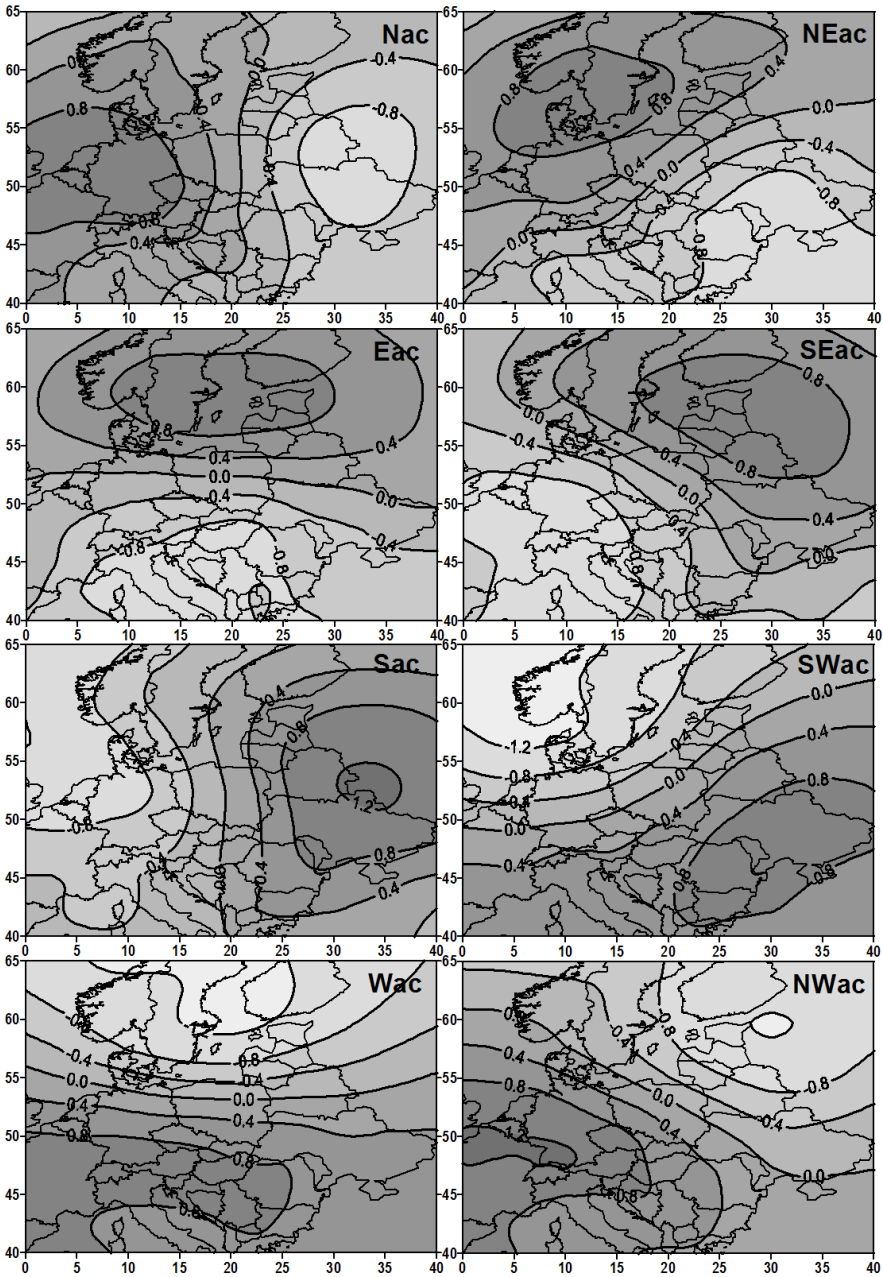


Rys. 3. Częstość względna typów cyrkulacji atmosferycznej (Fr) w poszczególnych porach roku (1948-2010)

Fig. 3. Seasonal relative frequency (Fr) of atmospheric circulation types (1948-2010)

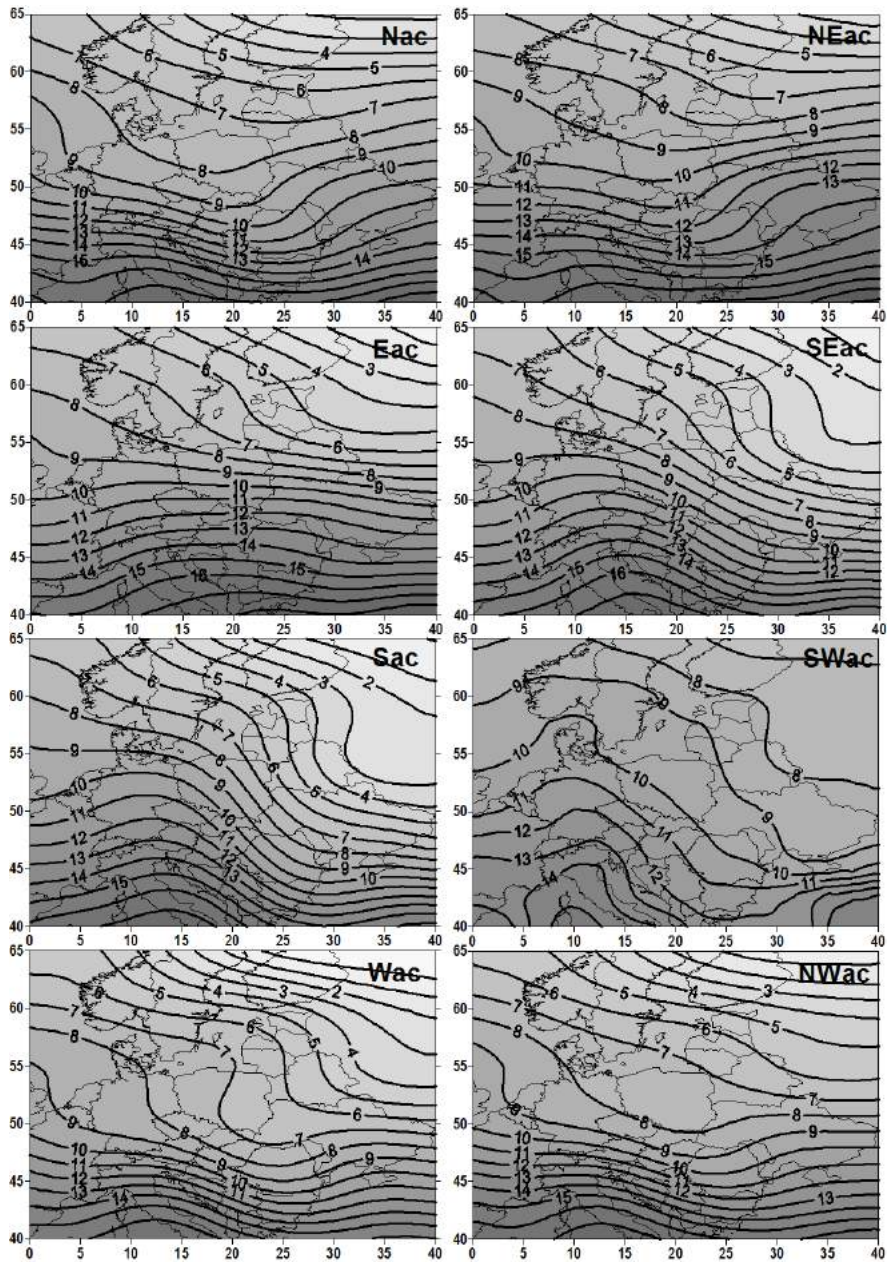
Największe poziome gradienty SLP podczas cyrkulacji pośredniej między cyklonalną i antycyklonalną pojawiają się podczas strefowego przepływu powietrza (rys. 4). Latem i zimą średnie poziome gradienty SLP między skrajnymi krańcami Polski przy tym samym kierunku adwekcji są większe podczas wszystkich typów pośrednich w porównaniu z typami o jednolitym charakterze cyrkulacji nad obszarem Polski (rys. 7). Zimą gradienty te podczas cyrkulacji pośredniej są większe niż latem, co wynika z większych kontrastów termicznych.

Układ izoterm rocznych nawiązuje do kierunku adwekcji oraz cech napływających mas powietrza podczas cyrkulacji pośredniej (rys. 5). Układ izoterm ma wyraźny przebieg równoleżnikowy podczas typów cyrkulacji Nac, NEac i Eac. Podczas pozostałych typów pośrednich przebieg izoterm ma kierunek NW-SE. Jedynie podczas cyrkulacji Wac układ izoterm nad Polską ma wyraźny układ południkowy. Zimą większe różnice temperatury między skrajnymi punktami występują podczas cyrkulacji pośredniej niż typowej cyrkulacji cyklonalnej i anty-



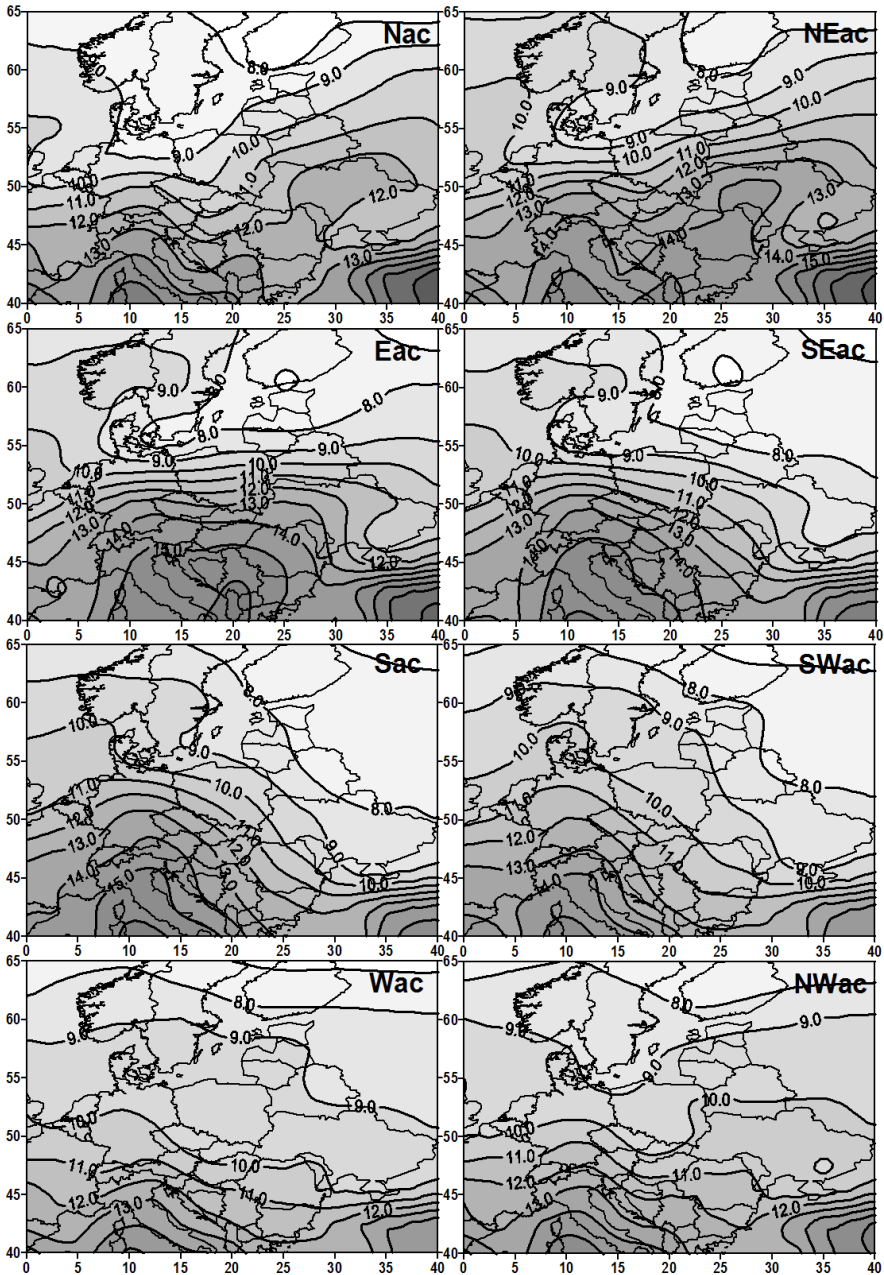
Rys. 4. Rozkład przestrzenny średnich standaryzowanych wartości ciśnienia atmosferycznego na poziomie morza podczas poszczególnych pośrednich typów cyrkulacji atmosferycznej (1948-2010)

Fig. 4. The spatial distribution of average standardized values of sea level pressure during intermediate circulation types (1948-2010)



Rys. 5. Średnia roczna temperatura powietrza na poziomie 1000 hPa podczas poszczególnych typów pośrednich między cyrkulacją cyklonalną i antycyklonalną (1948-2010)

Fig. 5. The average annual air temperature at the level 1000 hPa during particular intermediate circulation types (1948-2010)

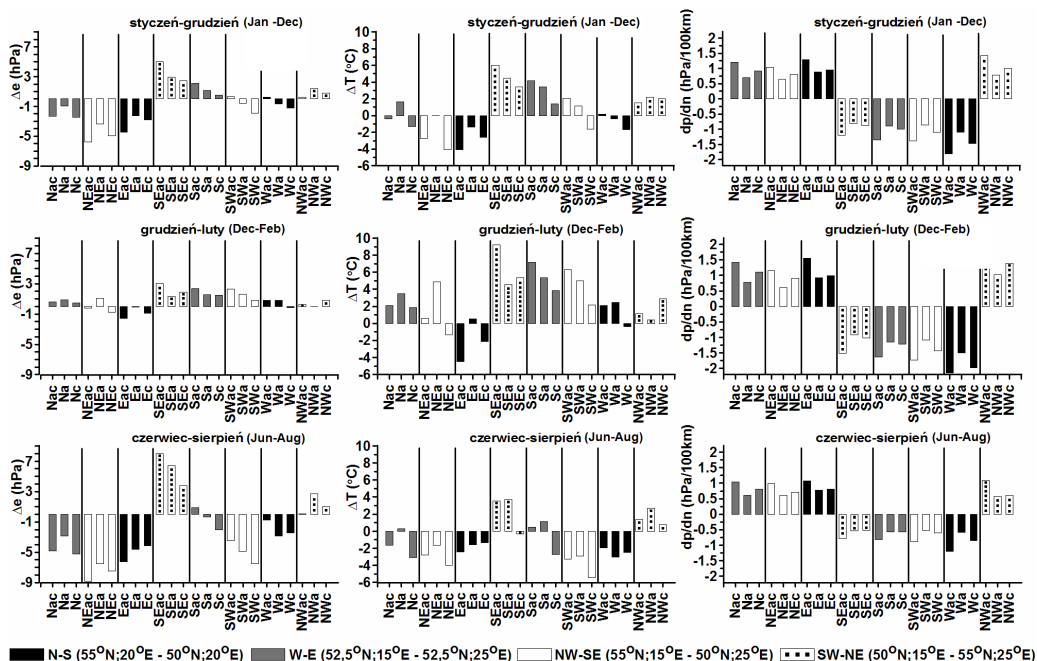


Rys. 6. Średnie roczne ciśnieni pary wodnej na poziomie 1000 hPa podczas poszczególnych typów pośrednich między cyrkulacją cyklonalną i antycyklonalną (1948-2010)

Fig. 6. The average annual water vapor pressure at the level 1000 hPa during particular intermediate circulation types (1948-2010)



cyklonalnej. Takie różnice temperatury powietrza są związane z cyrkulacją z sektora południowego oraz ze wschodu, latem natomiast pojawiają się tylko podczas cyrkulacji pośredniej wschodniej. Największe kontrasty termiczne na obszarze Polski występują podczas cyrkulacji typu SEac (rys. 7).



Rys. 7. Średnie różnice ciśnienia pary wodnej ( $\Delta e$ ) i temperatury powietrza ( $\Delta T$ ) na poziomie 1000 hPa oraz średnie poziome gradienty SLP ( $dp/dn$ ) między skrajnymi punktami analizowanego obszaru w roku oraz zimą i latem w zależności od typu cyrkulacji atmosferycznej (1948-2010)

Fig. 7. Averages differences of water vapor pressure ( $\Delta e$ ) and air temperature ( $\Delta T$ ) at the level 1000 hPa and averages horizontal SLP gradients ( $dp/dn$ ) between opposite points of analyzed area for year, winter and summer in relation to atmospheric circulation (1948-2010)

Największe zróżnicowanie warunków wilgotnościowych na obszarze Polski występuje podczas cyrkulacji pośredniej z kierunków o składowej wschodniej, najmniejsze natomiast z kierunków o składowej zachodniej (rys. 6 i 7). Duże kontrasty wilgotnościowe są rezultatem kontaktu suchszych mas powietrza z północy i wschodu z ciepłymi i wilgotnymi masami powietrza znad Morza Śródziemnego i Morza Czarnego.

## Wnioski

Podczas wszystkich typów pośrednich między cyrkulacją cyklonalną i antycyklonalną poziome gradienty ciśnienia są większe niż przy tych samych kierunkach adwekcji, podczas których dominuje na obszarze Polski cyrkulacja cyklonalna lub antycyklonalna. Duże poziome gradienty ciśnienia powodują wzrost prędkości wiatru na obszarze Polski. Biorąc pod uwagę warunki anemometryczne, uwzględnienie typów pośrednich w klasyfikacji cyrkulacji atmosferycznej jest raczej uzasadnione. Ewentualnie można wykluczyć najrzadziej pojawiające się typy pośrednie.

Typy cyrkulacji pośredniej między cyklonalną i antycyklonalną Eac, SEac, Sac, NEac powodują znaczne zróżnicowanie warunków termiczno-wilgotnościowych na obszarze Polski, dlatego warto rozważyć ich uwzględnienie w klasyfikacji cyrkulacji atmosferycznej. Biorąc natomiast pod uwagę kryterium częstości, takimi typami cyrkulacji są typy NWac, Wac, Sac, SEac oraz SWac. Dobrym przykładem typu, którego uwzględnianie jest problematyczne w klasyfikacji cyrkulacji atmosferycznej, jest typ Eac. Pojawia się on rzadko, ale powoduje duże zróżnicowanie warunków termiczno-wilgotnościowych.

Trudno jest podjąć jednoznaczną decyzję przy wyborze typów pośrednich w klasyfikacji cyrkulacji atmosferycznej. Najlepszym rozwiązaniem wydaje się dobór typów cyrkulacji dostosowany do potrzeb analiz przyczynowo-skutkowych, ewentualnie wymogów istotności statystycznej, która zależy od wielkości próbki statystycznej.

Materiały wpłynęły do redakcji 16 III 2012.

## Literatura

- Jenkinson A. F., Collison P., 1977, *An initial climatology of gales over the North Sea*. Synoptic Climatology Branch Memorandum nr. 62, Meteorological Office, Bracknell. ss. 18.
- Jones P. D., Hulme M., Briffa K. R., 1992, *A comparison of Lamb circulation types with an objective classification scheme*. Int. J. Climatol., 13, 655-663.
- Kostyrko K., Szumowski J., Szerszeń A., 1982, *Tablice psychrometryczne i higrometryczne*. IMGW, Warszawa. ss. 614.
- Lamb H. H., 1972, *British Isles weather types and register of the daily sequence of circulation patterns 1861-1971*. Geophysical Memoir, 116, London, ss. 85.
- Lityński J., 1969, *Liczbowa klasyfikacja typów cyrkulacji i typów pogody dla Polski*, Prace PIHM, 97, 3-14.
- Lityński J., 1973, *Liczbowa klasyfikacja typów cyrkulacji i typów pogody dla Polski*. Prace i Studia IG UW, 11, 19-29.
- Osuchowska-Klein B., 1978, *Katalog typów cyrkulacji atmosferycznej*. IMGW, Warszawa.
- Piotrowski P., 2009, *Obiektywna metoda klasyfikacji cyrkulacji atmosferycznej dla Polski*. Folia Geogr. Physica, 10, ss. 216.

## Streszczenie

W opracowaniu zaprezentowano automatyczną metodę wyznaczania typów cyrkulacji atmosferycznej pośrednich między cyrkulacją cyklonalną i antycyklonalną. Wyznaczenie tych typów cyrkulacji atmosferycznej jest możliwe dzięki porównaniu znaków wirowości wiatru geostroficznego na krańcach analizowanego obszaru oraz określeniu kierunku wiatru geostroficznego. Zasadność wyznaczania pośrednich typów cyrkulacji atmosferycznej została sprawdzona przez analizę poziomych gradientów ciśnienia atmosferycznego, różnic temperatury powietrza i ciśnienia pary wodnej na obszarze Polski podczas określonych kierunków wiatru geostroficznego oraz na podstawie częstości typów pośrednich. Niezależnie od kierunku adwekcji, podczas pośrednich typów cyrkulacji atmosferycznej poziome gradienty ciśnienia atmosferycznego były większe niż w typach cyrkulacji, podczas których nad obszarem Polski dominował jednolity charakter cyrkulacji atmosferycznej. Największe kontrasty termiczne na krańcach Polski stwierdzono w dniach z cyrkulacją pośrednią ze wschodu, południo-wschodu i południa. Podczas tych samych typów cyrkulacji pośredniej oraz podczas cyrkulacji pośredniej północno-wschodniej stwierdzono największe różnice ciśnienia pary wodnej na krańcach analizowanego obszaru. W wieloleciu 1948-2010 najczęściej spośród wszystkich wyróżnionych typów pośrednich występował typ północno-zachodni. Na podstawie przeprowadzonej analizy trudno jest jednoznacznie wyznaczyć typy cyrkulacji pośredniej, które powinny być uwzględnione w typologii cyrkulacji atmosferycznej. Najlepszym rozwiązaniem wydaje się być dopasowanie liczby wyróżnianych typów cyrkulacji atmosferycznej (nie tylko typów pośrednich) do określonych wymogów analizy przyczynowo-skutkowej.

**Słowa kluczowe:** cyrkulacja atmosferyczna, pośrednie typy cyrkulacji atmosferycznej, temperatura powietrza, ciśnienie pary wodnej

## Summary

Intermediate atmospheric circulation types are determined on the base of automatical method. This method is based on two circulation indices – shear vorticity and direction of geostrophic wind. By the comparison of shear vorticity signs at opposite ends of the study area intermediate types are determined. Validity of determination of intermediate atmospheric circulation types by the analysis of horizontal pressure gradient and differences of air temperature and water vapor pressure over Poland area was checked. Horizontal pressure gradients during all intermediate types are stronger comparing to typical cyclonic and anticyclonic situations. The strongest horizontal pressure gradients during intermediate situations occurring during zonal flow of air masses. The greatest thermal contrasts during intermediate circulation are connected with flow of air masses from east, southeast and south. Advection from the same directions and from northeast causes the high differences of water vapor pressure between opposite ends of Poland. Among intermediate types, the type connected with northwest advection occurring most frequently. From the analysis of results it is difficult to clearly determine which intermediate types should be taken into consideration in atmospheric circulation typology. The best solution seems to be adjusting the number of atmospheric circulation types (not only intermediate types) to determined needs of a cause and effect analysis.

**Key words:** atmospheric circulation, intermediate atmospheric circulation types, air temperature, water vapor pressure

Piotr Piotrowski  
ppiotr@geo.uni.lodz.pl  
Katedra Meteorologii i Klimatologii, Uniwersytet Łódzki