

# WPŁYW CYRKULACJI ATMOSFERY NA ZACHMURZENIE W KRAKOWIE

Dorota Matuszko

Uniwersytet Jagielloński w Krakowie, Instytut Geografii i Gospodarki Przestrzennej

## Wprowadzenie

Cyrkulacja atmosfery, obok czynników radiacyjnych odgrywa decydującą rolę w kształtowaniu poszczególnych elementów klimatu, w tym także zachmurzenia. Według ostatnich badań znaczący wpływ na przebieg procesów cyrkulacyjnych nad Polską ma cyrkulacja atmosferyczna kształtująca się nad Atlantykiem Północnym.

W najnowszej literaturze polskiej można spotkać prace dotyczące związków temperatury powietrza (Marsz 1999, Marsz i Żmudzka 1999, Marsz i Styszyńska 2000) oraz opadów atmosferycznych (Styszyńska 2001, Łupikasa 2001, Kirschenstein 2001) ze wskaźnikiem NAO.

Celem niniejszego opracowania jest próba określenia wpływu cyrkulacji atmosfery, ze szczególnym uwzględnieniem NAO, na zachmurzenie w Krakowie.

W pracy wykorzystano unikatowy ze względu na jedność miejsca, ciągłość i długość serii materiał obserwacyjny pochodzący z krakowskiej stacji meteorologicznej Uniwersytetu Jagiellońskiego oraz wartości wskaźników NAO obliczone według Jonesa (Gibraltar – Islandia) uzyskane z Internetu. Uwzględniono zarówno wielkość zachmurzenia (lata 1864-2000), jak i rodzaje chmur (lata 1906-2000). Ze względu na słabą korelację między NAO a rodzajami chmur w Krakowie analizowano częstość występowania rodzajów chmur przy poszczególnych typach cyrkulacji według Kalendarza sytuacji synoptycznych dla dorzecza górnej Wisły autorstwa Niedźwiedzia (2000).

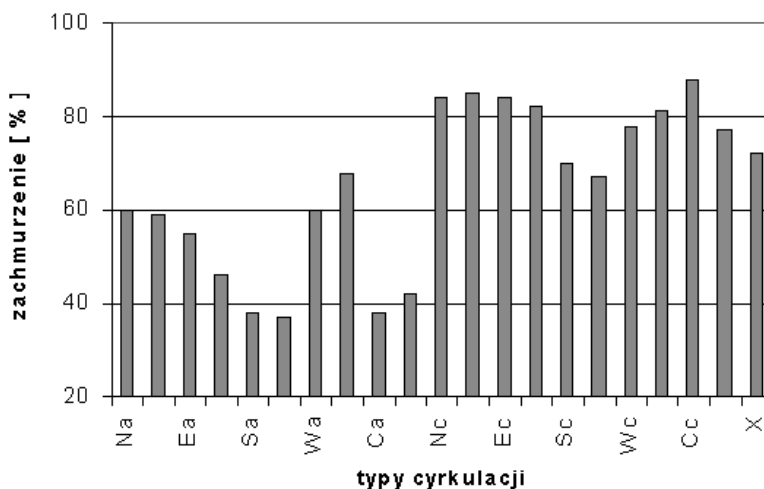
## Cyrkulacja atmosfery a wielkość zachmurzenia w Krakowie

W Krakowie średnio w roku sytuacje antycyklonalne (55.3%) przeważają nad sytuacjami cyklonalnymi (43.1%). Przewaga ta widoczna jest w każdym miesiącu, z wyjątkiem kwietnia, kiedy to panują sytuacje cyklonalne o 10% częściej niż antycyklonalne.

Analiza kierunków adwekcji mas powietrza (Matuszko 2000) wskazuje, iż w Krakowie bez względu na rodzaj układu barycznego dominuje spływ z kierunku zachodniego (27%), północnego zachodu (14%) i południowego zachodu (12%). Stosunkowo częsty (11%) jest także kierunek wschodni. Najrzadziej w roku (7%) występuje przepływ powietrza z północnego wschodu.

Przeprowadzone badania (Niedźwiedź i Ustrnul 1994) dowodzą, iż wielkość zachmurzenia jest silnie uzależniona od typu cyrkulacji.

W Krakowie zdecydowanie większe zachmurzenie (powyżej 80%) występuje przy sytuacjach cyklonalnych (rys. 1), szczególnie z adwekcją z północnego wschodu NEc, północy Nc, wschodu Ec i południowego wschodu SEc, a także przy sytuacji bezadwekcyjnej cyklonalnej Cc. Najmniejsze zachmurzenie (poniżej 40%) związane jest z sytuacjami wyżowymi, przy splywie powietrza z południowego zachodu SWa, południa Sa i centrum wyżu Ca nad Polską Południową.



Rys. 1. Wielkość zachmurzenia w typach cyrkulacji (wg T. Niedźwiedzia 2000)

Analiza zależności między średnią roczną wielkością zachmurzenia w Krakowie a rocznymi wartościami NAO w latach 1864-2000 wykazała słabą korelację (tab. 1), istotną statystycznie na poziomie 0.05.

Tabela 1

Współczynniki korelacji liniowej między średnią roczną wielkością zachmurzenia w Krakowie a wartościami wskaźnika NAO w kolejnych epokach cyrkulacyjnych i w wieloleciu 1864-2000

Lata	Epoka cyrkulacyjna			
	E 0 (1864-1899)	E I (1900-1929)	E II (1930-1970)	E III (1971-2000)
-0.21891	-0.15043	-0.00566	-0.26282	-0.52270

Wyniki te świadczyć mogą o tym, że na występowanie zachmurzenia w Krakowie większy wpływ mają inne czynniki (w tym warunki lokalne) niż intensywna cyrkulacja od strony Atlantyku. Warto zauważyć, że najściślejsze związki statystyczne między NAO a wielkością zachmurzenia (-0.5227) wystąpiły w ostatniej epoce cyrkulacyjnej (lata 1971-2000). Dominował wówczas strefowy, zachodni przepływ mas powietrza, charakteryzujący się oceanizacją reżimu opadowego (Kożuchowski i Wibig 1988). W pozostałych epokach cyrkulacyjnych korelacje między zachmurzeniem a NAO są słabe

(tab. 1), istotne statystycznie na poziomie 0.05 także dla lat 1930-1970. Istotne, słabe związki statystyczne między NAO a wartościami miesięcznymi wielkości zachmurzenia zachodzą jedynie dla marca, sierpnia i września. Dla pozostałych miesięcy zależności te okazały się nieistotne (tab. 2).

Tabela 2

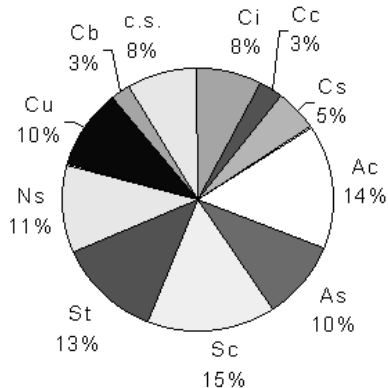
Współczynniki korelacji liniowej między średnią miesięczną wielkością zachmurzenia w Krakowie a wartościami wskaźnika NAO w wieloleciu 1864-2000

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
-0.07	-0.23	-0.29	-0.11	-0.06	-0.12	-0.13	-0.28	-0.21	-0.06	-0.09	-0.08

### Cyrkulacja atmosfery a rodzaje chmur

Ze względu na słabe związki statystyczne między NAO a rodzajami chmur w Krakowie, zbadano zależność między zachmurzeniem a sytuacjami synoptycznymi dla dorzecza górnej Wisły według Niedźwiedzia (2000).

Na podstawie średnich z lat 1906-2000 (rys. 2) największy udział w zachmurzeniu Krakowa mają chmury Sc (15%), Ac (14%), następnie St (13%), Ns (11%), Cu i As (po 10%) oraz Ci (8%). Najrzadziej w Krakowie pojawiają się chmury Cs (5%) i Cc oraz Cb (po 3%).



Rys. 2. Udział procentowy rodzajów chmur w Krakowie (1906-2000)

Prawdopodobnie na częstość występowania chmur niskich, oprócz przyczyn cyrkulacyjnych duży wpływ mają czynniki radiacyjne i warunki lokalne, gdyż w pozostałych terminach klimatologicznych, przy tej samej sytuacji synoptycznej, udział procentowy poszczególnych rodzajów chmur jest inny (Matuszko 2000). Mianowicie, rano dominują chmury St (18%), w południe Cu (20%), a wieczorem Sc i Ac (po 15%). Chmury średnie i wysokie bez względu na porę dnia nie zmieniają zasadniczo (różnica 1%) częstości występowania. Fakt ten sugeruje, że to głównie one są zależne od typu

cyrkulacji. Niebo bezchmurne średnio w roku najczęściej (13%) widoczne jest wieczorem, najrzadziej (4%) w południe, co z kolei związane jest z rozwojem konwekcji w ciągu dnia (Matuszko 1991).

Od marca do września, w południe, najczęściej spośród wszystkich rodzajów chmur, występuje chmura Cu. Pojawia się ona wówczas z powodu wzmożonej konwekcji, bez względu na typ sytuacji synoptycznej. W lecie chmurom Cu najczęściej towarzyszą Ac (związane z pogodą kształtowaną przez Wyż Azorski) i Ci (charakterystyczne dla sytuacji antycyklonalnych). O tej porze roku mogą zdarzyć się również intensywne opady z chmur Cb i Ns związane z osiagającymi wówczas maksimum występowania w roku frontami chłodnymi, masami powietrza PPM i przepływem powietrza z północy. Chmury deszczowe Ns i Cb od kwietnia do sierpnia najczęściej towarzyszą bruzdzie cyklonalnej Bc, natomiast w pozostałych miesiącach występują przy sytuacji zachodniej Wc i północno-zachodniej cyklonalnej NWc

Chłodną połowę roku charakteryzują sytuacje adwekcyjne z zachodu, wywołane aktywnością niżów atlantyckich przemieszczających się nad Europą i przynoszących duże zachmurzenie. Takiej cyrkulacji towarzyszą najczęściej chmury Ac i Sc (uwarunkowane adwekcją powietrza polarno-morskiego). Stosunkowo częste w zimie powietrze polarno-kontynentalne przynieszone przez wyżę z południowego wschodu i wschodu sprzyja występowaniu pogody bezchmurnej lub zaleganiu niskich chmur warstwowych, szczególnie rano i wieczorem. Na listopad przypada maksimum częstości przepływu powietrza z południa i południowego zachodu wywołującego powstawanie wiatrów fenowych na przedpolu Karpat i tworzenie się chmur orograficznych Ac i Sc lenticularis.

### Podsumowanie

Zachmurzenie jest elementem klimatu kształtowanym głównie przez makroskalowe procesy cyrkulacyjne, modyfikowane, szczególnie w odniesieniu do chmur niskich, przez warunki lokalne i czynniki radiacyjne. Od marca do września, w południe, najczęściej spośród wszystkich rodzajów chmur, występuje chmura Cu. Pojawia się ona wówczas z powodu wzmożonej konwekcji, bez względu na typ sytuacji synoptycznej. Chłodną połowę roku charakteryzują sytuacje adwekcyjne z zachodu, wywołane aktywnością niżów atlantyckich, przynoszących duże zachmurzenie. Takiej cyrkulacji towarzyszą najczęściej chmury Ac (związane z dominującymi wówczas frontami chłodnymi) i Sc (uwarunkowane adwekcją powietrza Polarno-morskiego).

Zmiany wartości wskaźnika NAO, najbardziej znaczącego dla określenia warunków cyrkulacji w Europie, nie mają istotnego wpływu na zachmurzenie w Krakowie. Prawdopodobnie ze względu na warunki lokalne Krakowa do oceny wpływu cyrkulacji na zachmurzenie lepsze rezultaty niż wykorzystanie wartości wskaźnika NAO daje kalendarz sytuacji synoptycznych Niedźwiedzia dla dorzecza górnej Wisły, gdyż dotyczy procesów mezosynoptycznych zachodzących na stosunkowo małym obszarze.

W wyniku przeprowadzonej analizy można stwierdzić, że pogoda (wyrażona tu przez różne rodzaje chmur), silniej zależy od określonej sytuacji synoptycznej, niż od pory roku. Oznacza to, że np., klinowi wyżowemu Ka, bez względu na sezon, towarzyszą najczęściej chmury Cu, Ac, Ci, a bruzdzie cyklonalnej Bc – chmury Ns i Sc.

Warunki nefologiczne są bardzo silnie uzależnione od wielu czynników wywołujących sprzężenia zwrotne w systemie klimatycznym, dlatego wyjaśnienie wpływu cyrkulacji na zachmurzenie wymaga podjęcia wnikliwych studiów w tym zakresie.

## Literatura

- Kirchenstein M., 2001, Charakterystyka częstości występowania wysokich dobowych sum opadów w zależności od typu cyrkulacji atmosferycznej na obszarze północno-zachodniej Polski. *Prace i Studia Geograficzne WGiSR Uniwersytetu Warszawskiego*, 29, s. 253-259.
- Kożuchowski K., Wibig J., 1988, Kontynentalizm pluwialny w Polsce: zróżnicowanie geograficzne i zmiany wieloletnie, *Acta Geographica Lodziensis*, 55, 102 s.
- Łupikasza E., 2001, Zmienność wskaźnika nierównomierności opadów w Europie w XX wieku oraz jego związki ze zmiennością wskaźnika NAO. *Prace i Studia Geograficzne WGiSR Uniwersytetu Warszawskiego*, 29, s. 243-252.
- Marsz A. 1999, Oscylacja północnoatlantycka a reżim termiczny zim na obszarze północno-zachodniej Polski i na polskim wybrzeżu Bałtyku. *Przeł. Geogr.*, 71, 3, s. 225-245.
- Marsz A.A., Styszyńska A., 2000, Fazy kontynentalizacji i oceanizacji klimatu nad obszarem Bałtyku w XIX i XX wieku. *AUNC, Geografia*, 31, 106, s.183-200.
- Marsz A.A., Żmudzka E., 1999, Oscylacja Północnego Atlantyku a długość okresu wegetacyjnego w Polsce. *Przeł. Geofiz.*, 44, 4, s.199-210.
- Matuszko D., 1991, Występowanie nieba bezchmurnego i dni bezchmurnych w Krakowie. *Zesz. Nauk. UJ, Prace Geogr.*, 83, s. 138-148.
- Matuszko D., 2000, Frequency of occurrence of particular cloud genera at noon and during certain synoptic situations in Cracow, *Prace Geogr. IG i GP UJ*, 105, s. 85-110.
- Niedźwiedz T., 2000, *Kalendarz sytuacji synoptycznych dla dorzecza górnej Wisły (1873-2000)*, zbiór komputerowy udostępniony przez autora.
- Niedźwiedz T., Ustrnul Z., 1994, *Sprawozdanie z prac wykonanych w roku 1994, temat M-2. Wstępna analiza zachmurzenia Polski w ujęciu klimatologii synoptycznej. IMGW Oddział w Krakowie (maszynopis).*
- Styszyńska A., 2001, Oscylacja Północnego Atlantyku a opady na obszarze Polski. *Prace i Studia Geograficzne WGiSR Uniwersytetu Warszawskiego*, 29, s. 233-241.