

LESZEK KOLENDOWICZ

WPLYW CYRKULACJI ATMOSFERYCZNEJ NA WYSTĘPOWANIE DNI Z BURZĄ NA OBSZARZE POLSKI PÓŁNOCNO-ZACHODNIEJ

ZARYS TREŚCI

Opracowanie przedstawia wyniki analizy wpływu wywieranego przez cyrkulację atmosferyczną z jednoczesnym uwzględnieniem położenia i kierunku przemieszczania się frontów atmosferycznych, na występowanie dni z burzą na obszarze Polski Północno-Zachodniej. Badania przeprowadzono dla wyróżnionych w trakcie procedury badawczej sezonów burzowych w ciągu roku oraz regionów burzowych. Wyróżniono również typy sytuacji synoptycznej charakterystyczne dla dni burzowych. W przeprowadzonej analizie współzależności między aktywnością burzową a występowaniem wyróżnionych typów sytuacji synoptycznej wykorzystano analizę prawdopodobieństwa, korelacji oraz regresji logistycznej.

WSTĘP

Przemieszczanie się mas powietrza stwarza ogólne warunki konieczne do powstania zjawiska burzy. W szerokościach umiarkowanych przybiera ono formę migrujących układów cyklonalnych i antycyklonalnych o średnicy od 1000 km do 2000 km i czasie trwania od jednego dnia do tygodnia. Cyrkulacja atmosferyczna jest odpowiedzialna za transport wilgoci i energii cieplnej, związanych bezpośrednio z przemieszczającymi się masami powietrza. Obok czynników cyrkulacyjnych na wystąpienie burz mają wpływ również czynniki lokalne związane z warunkami geograficznymi danego miejsca. Czynniki te mogą być przyczyną zwiększonej konwekcji nad danymi obszarami, zwiększając jednocześnie częstość obserwowanych burz. Szczególną rolę przypisuje się w tym przypadku strukturze krajobrazu, szerokości geograficznej oraz położeniu względem oceanu (BARNES i NEWTON 1986; JASIŃSKI i in. 1999; MOLINE i PONTIKIS 1995; Smith 1979).

Z analizy literatury dotyczącej zależności aktywności burzowej od cyrkulacji atmosfery można wnioskować, że lepsze zrozumienie przyczyn powstawania burz na obszarze Polski możliwe jest dopiero po analizie procesów związanych z cyrkulacją atmosfery. Procesy te dotyczą między innymi transportu wilgoci i ciepła nad obszarem Europy wraz z basenem Morza Śródziemnego oraz wschodnią częścią Oceanu Atlantyckiego. Istotną rolę odgrywa również przemieszczanie się (lub brak) frontów atmosferycznych nad obszarem Polski. Cyrkulację atmosfery można uznać za jedną z głównych przyczyn powstania burz, decydującą o ich intensywności i czasie trwania (BIELEC-BAKOWSKA 2002; KOLENDOWICZ 1998b; WALKNER 1992).

DANE I METODY BADAWCZE

W opracowaniu wykorzystano dane dotyczące występowania dni z burzą w 15 stacjach synoptycznych sieci IMGW z lat 1971–2000 (ryc. 1).



Rys. 1. Rozmieszczenie stacji synoptycznych

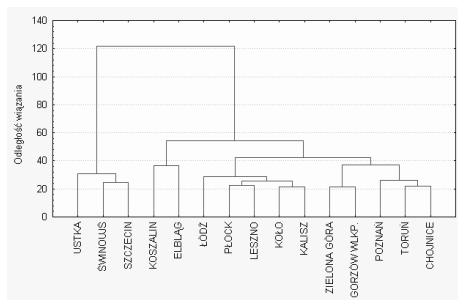
Fig. 1. Location of weather stations

W celu wyróżnienia typów sytuacji synoptycznej charakterystycznych dla dni z burzą na obszarze Polski posłużono się mapami synoptycznymi z godziny 0,0 UTC, publikowanymi w Biuletynie Synoptycznym PIHM z lat 1971–1980 oraz Codziennym Biuletynie Meteorologicznym IMGW z lat 1981–2000.

Na wstępie badań, dokonano podziału Polski Północno-Zachodniej na dwa regiony burzowe. Regiony wyróżniono na podstawie podobieństwa przebiegu liczby dni z burzą w pentadach (okresach pięciodniowych) roku dla poszczególnych stacji, wykorzystując metodę grupowania hierarchicznego Warda (rys. 2, rys. 3). Za odległość krytyczną w wykorzystanej metodzie grupowania przyjęto wartość, równą sumie średniej i odchylenia standardowego z odległości uzyskanych w poszczególnych etapach grupowania, wynoszącą 62,98.

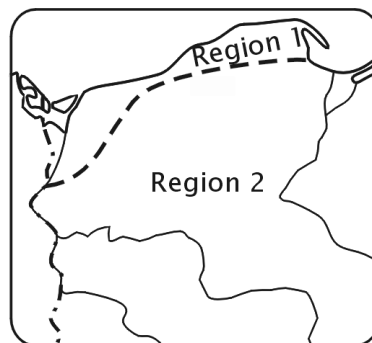
Zasadniczym celem wyróżnienia regionów burzowych była konieczność uzyskania dla każdego z nich uśrednionego przebiegu liczby dni z burzą w pentadach roku.

Uzyskaną w ten sposób uśrednioną bazę danych wykorzystano jako podstawę w analizie związku cyrkulacji atmosfery z aktywnością burzową. Powyższa



Rys. 2. Dendrogram połączeń między grupowanymi stacjami. Na wykresie zaznaczono odległość krytyczną. Dane z lat 1971–2000

Fig. 2. Grouping dendrogram based on numbers of days with thunderstorm in five-day periods (pentads) of a year. Data from 1971–2000



Rys. 3. Podział Polski Północno-Zachodniej na regiony burzowe. Dane z lat 1971–2000

Fig. 3. Thunderstorm regions in North-Western Poland. Data from 1971–2000

analiza oparta na uśrednionych danych wynikała z kilku przesłanek. Wskazać należy zarówno na nieciągły charakter zjawiska burzy, jego niewielką częstość w ciągu roku, jak i na duże zróżnicowanie aktywności burzowej między poszczególnymi stacjami. Wskazane czynniki oraz badania oparte wyłącznie na danych z pojedynczych stacji mogłyby w znacznym stopniu utrudnić wyciągnięcie ogólnych wniosków, dotyczących związków aktywności burzowej i cyрку-

lacji atmosferycznej. Wykorzystując dane uśrednione z wydzielonych regionów burzowych przewidywano otrzymać bardziej przejrzyste i jednoznaczne rezultaty badań.

Ze względu na bardzo wyraźną sezonowość występowania zjawiska burzy w ciągu roku dokonano wyróżnienia na obszarze Polski Północno-Zachodniej dwóch charakterystycznych sezonów burzowych:

- Sezonu Sporadycznej Aktywności Burzowej, dla którego wartości 5-pentadowej średniej ruchomej sumy dni z burzą w pentadach roku średniego z badanego 30-lecia są mniejsze od 0,07, co odpowiada mniej niż dwu dniom z burzą w danej pentadzie w ciągu trzydziestu lat, oraz
- Sezonu Właściwej Aktywności Burzowej.

Wyróżnienia sezonów dokonano na podstawie uśrednionych przebiegów liczby dni z burzą w pentadach roku dla wyróżnionych uprzednio regionów burzowych (rys. 4). Sezon Właściwej Aktywności Burzowej trwa w Regionie 1 od 1 kwietnia do 27 października, a w Regionie 2 – od 27 marca do 12 października.

W wyniku analizy map synoptycznych z każdego dnia badanego okresu wyróżniono siedem typów sytuacji synoptycznej charakterystycznych dla dni z burzą. Jako Typ 1 wyróżniono sytuację synoptyczną z chłodnym lub zokludowanym frontem przemieszczającym się z kierunków sektora zachodniego. W większości analizowanych przypadków tej sytuacji synoptycznej szybkość, z jaką przemieszczały się fronty chłodne bądź całe zespoły frontów atmosferycznych charakterystyczne dla układu cyklonalnego była dość duża. Bardzo często w badanym 30-leciu w ciągu jednej doby przez obszar Polski przemiesz-

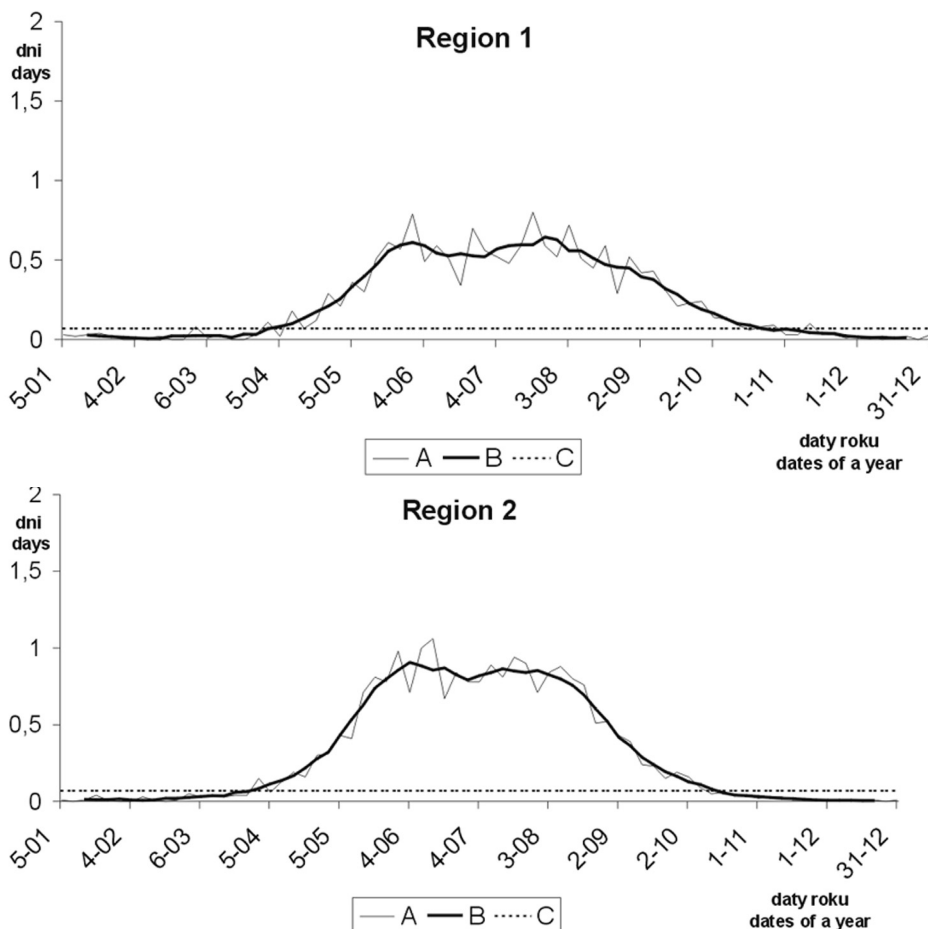
czało się kilka frontów atmosferycznych. Najczęściej dochodziło do sytuacji, w której nadchodzący front chłodny bądź częściowo zokludowany poprzedzało ramię frontu ciepłego. Przy tego typu sytuacji synoptycznej odnotowano znaczną liczbę dni burzowych w badanym okresie.

Następnie, z grupy sytuacji Typu 1 wydzielono sytuacje synoptyczne, przy których przed nadchodzącym frontem atmosferycznym nad obszarem Polski zalegało, posiadające dużą energię, ciepłe i wilgotne powietrze zwrotnikowe (Typ 2). Przyczyną dokonania wyróżnienia tego typu sytuacji synoptycznej były wyniki badań dotyczące warunków synoptycznych, w których dochodzi do powstania gwałtownych burz w Europie i USA (KURZ 1985, 1986; KOLENDOWICZ 1998, 2000, 2003; PIAGET 1976; WALKNER 1992).

Wyróżniono również sytuację synoptyczną z chłodnym lub zokludowanym frontem przemieszczającym się nad obszar Polski z kierunków od północnego po wschodni (Typ 3). Wyróżniono także typ sytuacji synoptycznej, w której centrum układu cyklonalnego wraz z zespołem frontów atmosferycznych przemieszczały się bezpośrednio nad obszarem kraju (Typ 4).

W grupie typów sytuacji bez frontu atmosferycznego, wyróżniono typ bez frontu atmosferycznego (Typ 5) oraz typ z wyraźnym układem antycyklonalnym obejmującym swoim zasięgiem Polskę (Typ 6).

Ponadto wyróżniono również typ z ciepłym frontem atmosferycznym przemieszczającym się nad Polskę z kierunków od południowo-zachodniego po wschodni. Typ ten można określić jako pośredni między grupą typów sytuacji synoptycznej z występowaniem frontu atmosferycznego i bez frontu. W dniach z omawianą sytuacją synoptyczną burze



Rys. 4. Średnia liczba dni z burzą w pentadach roku w regionach burzowych (A) oraz jej 5-pentadowa średnia ruchoma (B), C – wartość 0,07. Dane z lat 1971–2000

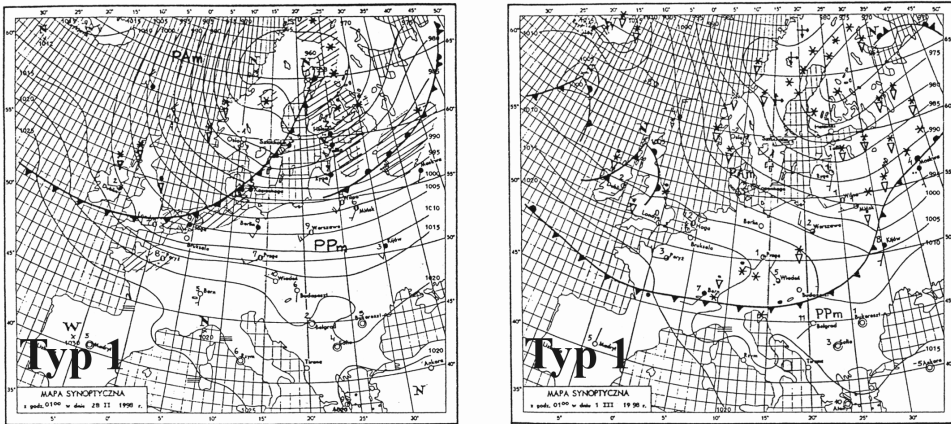
Fig. 4. A – average number of days with thunderstorm in five-day periods of a year (pentads) in thunderstorm regions, B – five pentads moving average of a mean number of days with thunderstorm, C – value of 0,07. Data from 1971–2000

obserwowano co prawda rzadko, jednakże z reguły w masie powietrza napływającej za ciepłym frontem atmosferycznym (Typ 7). Stąd burze występujące w wyróżnionym typie sytuacji synoptycznej w większości analizowanych przypadków miały charakter wewnątrzmasowy (rys. 5–11) (KOLENDOWICZ 2005).

Następnie dokonano obliczeń częstości oraz prawdopodobieństwa występo-

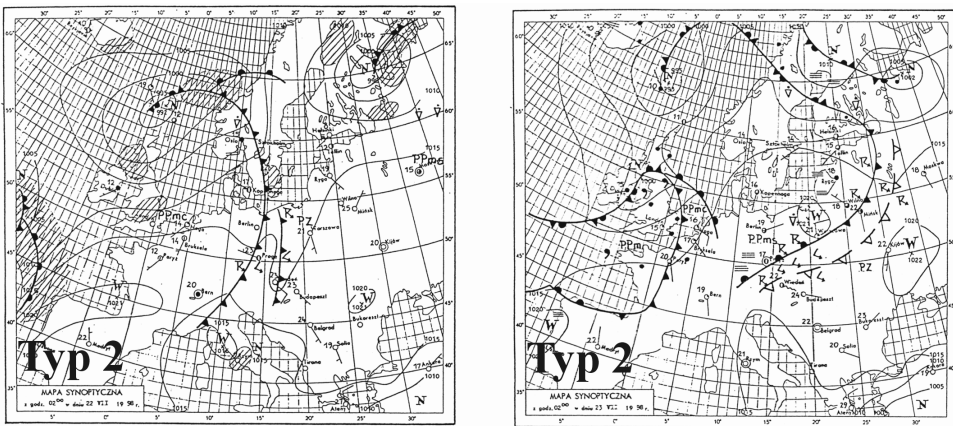
wania dni z burzą w wyróżnionych typach sytuacji dla Sezonów Właściwej Aktywności Burzowej w każdym regionie.

W dalszym postępowaniu badawczym stwierdzono, że uśrednione dane dotyczące liczby dni z burzą w pentadach roku w poszczególnych regionach nie są populacjami o rozkładzie normalnym. Z tego powodu analizę wpływu wyróżnionych typów sytuacji synop-



Rys. 5. Mapy synoptyczne z 29.02. i 1.03.1998 z Codziennego Biuletynu Meteorologicznego IMGW (Typ 1 sytuacji synoptycznej)

Fig. 5. Synoptic charts for 29.02 and 1.03.1998 according to Codzienny Biuletyn Meteorologiczny IMGW (Type 1 of synoptic situation)



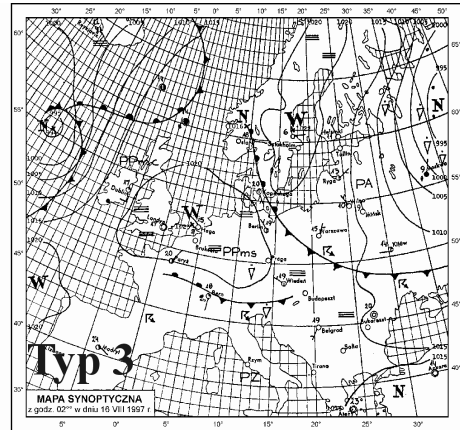
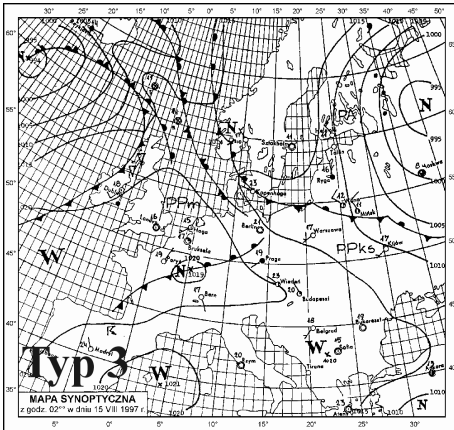
Rys. 6. Mapy synoptyczne z 22.07. i 23.07.1998 z Codziennego Biuletynu Meteorologicznego IMGW (Typ 2 sytuacji synoptycznej)

Fig. 6. Synoptic charts for 22.07 and 23.07.1998 according to Codzienny Biuletyn Meteorologiczny IMGW (Type 2 of synoptic situation)

tycznej na występowanie dni z burzą w Polsce przeprowadzono wykorzystując metody statystyczne, które nie wymagają żadnych założeń co do typu rozkładu populacji.

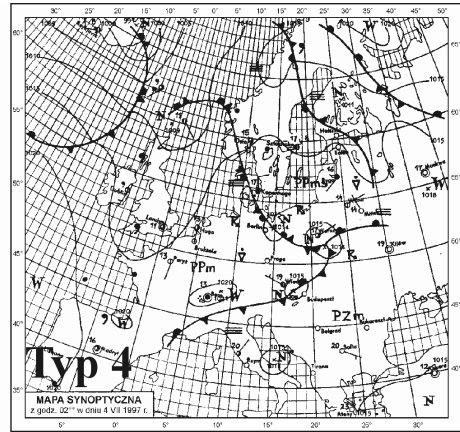
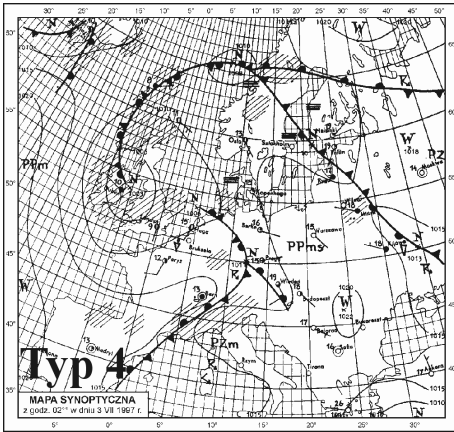
Badając zależność między częstością występowania dni z burzą a wyróżnio-

nymi typami sytuacji synoptycznych posłużono się w niniejszym opracowaniu współczynnikiem korelacji rangowej Spearmana. W związku z bardzo niewielką częstością dni z burzą w Sezonach Sporadycznej Aktywności Burzowej, obliczeń współczynników korelacji



Rys. 7. Mapy synoptyczne z 15.08. i 16.08.1997 z Codziennego Biuletynu Meteorologicznego IMGW (Typ 3 sytuacji synoptycznej)

Fig. 7. Synoptic charts for 15.08 and 16.08.1997 according to Codzienny Biuletyn Meteorologiczny IMGW (Type 3 of synoptic situation)



Rys. 8. Mapy synoptyczne z 3.07. i 4.07.1997 z Codziennego Biuletynu Meteorologicznego IMGW (Typ 4 sytuacji synoptycznej)

Fig. 8. Synoptic charts for 3.07 and 4.07.1997 according to Codzienny Biuletyn Meteorologiczny IMGW (Type 4 of synoptic situation)

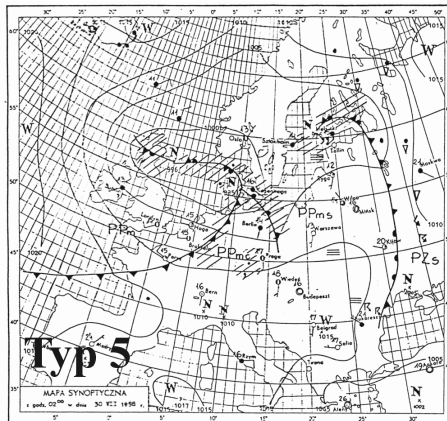
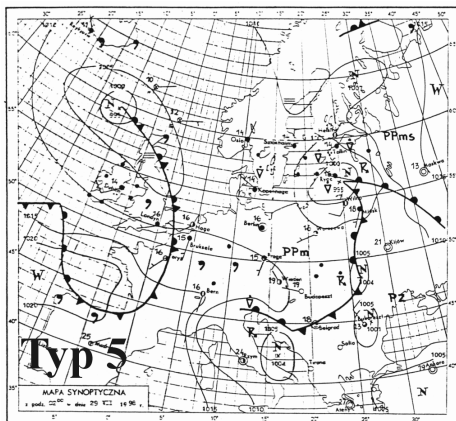
dokonano na podstawie danych z Sezonów Właściwej Aktywności Burzowej.

Dokonując próby ilościowego określenia wpływu wyróżnionych typów sytuacji synoptycznych oraz temperatury i wilgotności powietrza na występowanie

nie dni z burzą użyto regresji logistycznej w postaci:

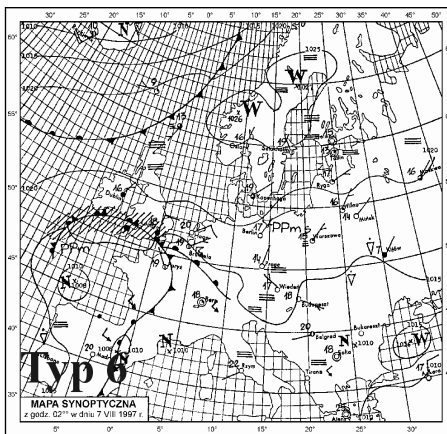
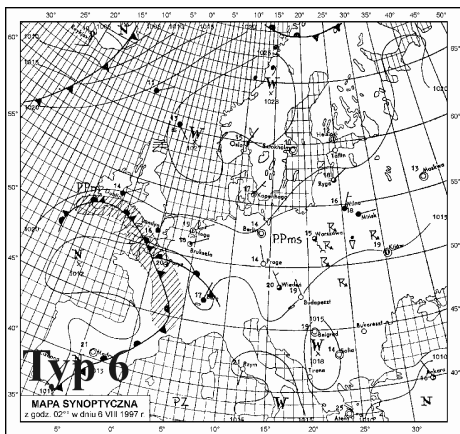
$$a) y = 1/(1+\exp(a_0+a_1x_1+a_2x_1^2)),$$

w której a_0 , a_1 i a_2 są estymowanymi parametrami.



Rys. 9. Mapy synoptyczne z 29.07. i 30.07.1997 z Codziennego Biuletynu Meteorologicznego IMGW (Typ 5 sytuacji synoptycznej)

Fig. 9. Synoptic charts for 29.07 and 30.07.1998 according to Codzienny Biuletyn Meteorologiczny IMGW (Type 5 of synoptic situation)



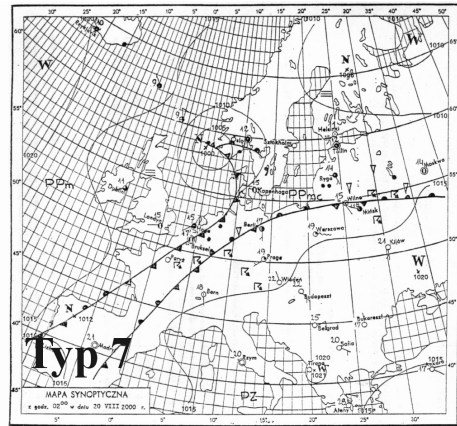
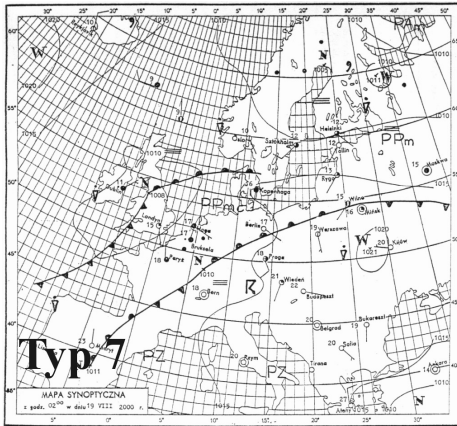
Rys. 10. Mapy synoptyczne z 6.07. i 7.07.1997 z Codziennego Biuletynu Meteorologicznego IMGW (Typ 6 sytuacji synoptycznej)

Fig. 10. Synoptic charts for 6.07 and 7.07.1997 according to Codzienny Biuletyn Meteorologiczny IMGW (Type 6 of synoptic situation)

Zastosowanie regresji pozwoliło na wyznaczenie zależności wystąpienia dnia z burzą (y) na podstawie liczby dni z określonym typem sytuacji synoptycznej (x_1) w poszczególnych pentadach Sezonu Właściwej Aktywności Burzowej.

WYNIKI BADAŃ

W ciągu roku w każdym regionie dni z burzą pojawiają się najczęściej przy chłodnych lub zokludowanych frontach atmosferycznych nadchodzących z zachodniego sektora kierunków geogra-



Rys. 11. Mapy synoptyczne z 19.08. i 20.08.2000 z Codziennego Biuletynu Meteorologicznego IMGW (Typ 7 sytuacji synoptycznej)

Fig. 11. Synoptic charts for 19.08 and 20.07.2000 according to Codzienny Biuletyn Meteorologiczny IMGW (Type 7 of synoptic situation)

ficznych (sytuacja synoptyczna Typu 1), stanowiąc około 40% wszystkich dni z burzą. Z niewiele mniejszą częstością dni burzowe występują przy braku frontów atmosferycznych oraz braku wyraźnego układu wysokiego ciśnienia nad obszarem Polski (Typ 5 sytuacji synoptycznej). Duże częstości występowania dni burzowych przy wymienionych powyżej typach sytuacji synoptycznej wynikają bezpośrednio z największej frekwencji tych typów w ciągu roku. Około 10% dni z burzą w ciągu roku pojawia się w czasie występowania nad Polską centrum niskiego ciśnienia z układem frontów atmosferycznych (Typ 4 sytuacji synoptycznej). Przy pozostałych typach sytuacji synoptycznych dni z burzą pojawiają się z dużo mniejszą częstością, z reguły nieprzekraczającą 5% dni burzowych roku (tab. 1).

Dni z burzą pojawiają się z największym prawdopodobieństwem we wszystkich regionach burzowych przy sytuacji synoptycznej, w której chłodny lub zokludowany front atmosferyczny nadchodzący z zachodniego sektora kie-

Tabela 1. Częstość (%) dni z burzą w wyróżnionych typach sytuacji synoptycznej (S1, ..., S7) w Sezonach Właściwej Aktywności Burzowej w regionach burzowych. Dane za lata 1971–2000

Table 1. Frequency (%) of days with thunderstorm in specific types of synoptic situation (S1, ..., S7) during The Seasons of Principal Thunderstorm Activity in particular regions. Data from 1971–2000

	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	su- ma
Region 1	43,7	3,9	2,0	8,2	36,3	2,2	3,6	100,0
Region 2	40,9	4,0	3,1	10,4	33,4	2,0	6,2	100,0

runków geograficznych wypiera z obszaru Polski powietrze zwrotnikowe (Typ 2). Wartości prawdopodobieństwa wynoszą w tym przypadku od 19,5% w Regionie 1 do ponad 24% w Regionie 2. Stosunkowo dużymi wartościami prawdopodobieństwa cechuje się również Typ 4 sytuacji synoptycznej. Dla wymienionego typu dni z burzą pojawiają się z prawdopodobieństwem wynoszącym od 9,1% w Regionie 1 do

14,8% w Regionie 2. Przy sytuacji synoptycznej Typu 7 dni z burzą pojawiają się z prawdopodobieństwem wynoszącym od 7,8% w Regionie 1 do 15,5% w Regionie 2, natomiast podczas występowania Typu 1 prawdopodobieństwo wynosi od 10,4% w Regionie 1 do 13% w Regionie 2. Przy pozostałych typach sytuacji synoptycznej prawdopodobieństwo wystąpienia dni z burzą w żadnym regionie nie przekracza 7% (tab. 2).

Wyniki analizy korelacji między częstością występowania dni z burzą a wyróżnionych typów sytuacji synoptycznej przedstawiono w tabeli 3. W Sezonach Właściwej Aktywności Burzowej wartości współczynnika korelacji sugerują występowanie w wyróżnionych regionach najsilniejszej pozytywnej zależności między cyrkulacją atmosfery a frekwencją dni z burzą dla Typu 2 i 4 sytuacji synoptycznej. Zauważa się, że zależność ta jest silniejsza dla Typu 2, dla którego współczynniki korelacji przyjmują wartości od 0,61 w Regionie 1 do 0,85 w Regionie 2. W przypadku Typu 4 wartości analizowanych współczynników wahają się od 0,52 w Regionie 1 do 0,82 w Regionie 2. Dla sy-

Tabela 2. Prawdopodobieństwo (%) wystąpienia dnia z burzą w wyróżnionych typach sytuacji synoptycznej (S1, ..., S7) w Sezonach Właściwej Aktywności Burzowej w wyróżnionych regionach. Dane za lata 1971–2000

Table 2. Probability (%) of an occurrence of a day with thunderstorm in specific types of synoptic situation (S1, ..., S7) during Seasons of Principal Thunderstorm Activity in particular regions. Data from 1971–2000

	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7
Region 1	10,4	19,5	3,1	9,1	5,2	3,8	7,8
Region 2	13,0	24,3	6,1	14,8	6,4	3,6	15,5

Tabela 3. Wartości współczynnika korelacji rang Spearmana obliczone dla sumy dni z określoną sytuacją synoptyczną i sumy dni z burzą w tej sytuacji synoptycznej w pentadach Sezonu Właściwej Aktywności Burzowej. Wyłuszczone wartości współczynnika korelacji istotne na poziomie 0,05. Dane za lata 1971–2000.

Table 3. Values of Spearman's correlation coefficient presented for a sum of days with synoptic situation and a sum of days with thunderstorm during this situation in five-day periods in Seasons of Principal Thunderstorm Activity. Bold fonts mean correlation coefficient statistically significant at p 0,05 level. Data from 1971–2000

	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7
Region 1	0,59	0,61	0,48	0,52	0,41	-0,07	0,53
Region 2	0,66	0,85	0,74	0,82	0,65	0,13	0,71

tuacji synoptycznej Typu 6 nie stwierdzono związków między jego częstością a występowaniem dni burzowych.

Wyniki obliczeń parametrów funkcji regresyjnej (a_0, a_1, a_2) oraz wartości standardowych współczynników determinacji wyrażających siłę dopasowania dla otrzymanych równań regresji logistycznej (procent wyjaśnienia zależności częstości występowania dni z burzą częstością dni z określoną sytuacją synoptyczną) przedstawiono w tabeli 4.

W Sezonach Właściwej Aktywności Burzowej we wszystkich wyróżnionych regionach procent wyjaśnienia przez regresję osiąga największe wartości dla sytuacji synoptycznej Typu 2, wynosząc w obu regionach około 75%. Ponadto dla sytuacji synoptycznej Typu 4, procent wyjaśnienia aktywności burzowej osiąga drugie co do wielkości wartości, wynoszące od 33% w Regionie 1 do ponad 55% w Regionie 2. Ponadto istotne wyniki badań otrzymano dla Typu 1 i 3 w obu regionach, a dla Typu 7 w Regionie 1. Jednakże procent wyjaś-

Tabela 4. a_0 , a_1 , a_2 – oszacowane parametry funkcji regresyjnej, C – procent wyjaśnienia zależności częstości dni z burzą od częstości dni z określoną sytuacją synoptyczną W sezonach Właściwej Aktywności. S1, ..., S7 – wyróżnione typy sytuacji synoptycznych. W kolumnie C wytłuszczono wartości istotne. Dane z lat 1971–2000

Table 4. a_0 , a_1 , a_2 – estimated parameters of regression function, C – percentage explanation of the dependency of the days with thunderstorm frequency upon the days with distinguished type of synoptic situation frequency in Seasons of Principal Thunderstorm Activity. S1, ... S7 – distinguished types of synoptic situation. Bold fonts in C column signify statistically significant values. Data from 1971–2000

	Region 1				Region 2			
	a_0	a_1	a_2	C	a_0	a_1	a_2	C
S1	7,038	-6,861	2,109	10,6	12,055	-14,469	4,723	24,5
S2	5,196	-12,180	5,824	75,6	5,122	-16,943	23,197	74,5
S3	5,020	2,439	-9,767	22,8	5,88	-12,969	17,789	17,6
S4	5,347	-6,182	1,340	33,0	4,134	-1,931	-4,607	55,5
S5	10,155	-6,108	1,093	9,6	13,014	-8,788	1,648	13,4
S6	3,819	2,446	-1,500	2,4	4,070	3,668	-7,329	10,7
S7	4,619	0,422	-8,750	18,1	7,069	-35,841	76,522	27,3

nienia przez regresję dla wymienionych typów sytuacji synoptycznej osiągał niewielkie wartości.

WNIOSKI

Analiza związków cyrkulacji atmosferycznej z aktywnością burzową wskazuje na sytuację synoptyczną Typu 2 oraz Typu 4 jako na najbardziej sprzyjające występowaniu dni z burzą w Polsce Północno-Zachodniej. Oba typy sytuacji charakteryzują się największymi wartościami prawdopodobieństwa występowania dni burzowych. Cechują się również najsilniejszą korelacją między częstością ich występowania a aktywnością burzową. Ponadto wyjaśnienie występowania dni z burzą na podstawie ich frekwencji, daje najlepsze rezultaty w porównaniu z wynikami uzyskanymi dla pozostałych typów sytuacji synoptycznej. Należy wskazać przy tym, że sytuacja synoptyczna Typu 2 może być przyczyną wystąpienia bardzo gwałtow-

nych burz, nie tylko w Polsce, lecz także na obszarze Europy. Przy podobnych uwarunkowaniach cyrkulacyjnych gwałtowne burze występują również na obszarze USA. Wskazują na to opisy pojedynczych przypadków gwałtownych burz czy zjawisk im towarzyszących (PIAGET 1976; COURVOISIER i in. 1979, KURZ 1985, 1986; KOLENDOWICZ 2003). Uzyskane rezultaty dotyczące omawianego typu sytuacji potwierdzają także wyniki opracowań CHANGNONA (1985, 2001), WALKNERA (1992) i KOLENDOWICZA (1998, 2000, 2005).

LITERATURA

- BIELEC-BAKOWSKA Z., 2003: Long-term variability of thunderstorm occurrence in Poland in the 20th century. *Atmospheric Research* 67–68 (2003), s. 35–52.
- COURVOISIER H.W., GENSLER G.A., PRIMAULT B., ROESLI H.P., 1979: Das Unwetter vom 7/8 August 1978 in der Schweiz. *Locarno-Monti. Synoptische Meteorologie* No. 85, Februar, s. 23–26.

- CHANGNON S.A. 1985. Secular variations in thunder-day frequencies in the Twentieth Century. *J. Geophysical Research*, 90, D4, s. 6181–6194.
- CHANGNON S.A. 2001a. Damaging thunderstorm activity in the United States. *Bull. Am. Meteorol. Soc.* 82, s. 597–608.
- KOLENDOWICZ L., 1998: Zjawiska burzowe w Polsce a warunki synoptyczne (Synoptic conditions of thunderstorm activity in Poland). Bogucki Wyd. Nauk., Poznań.
- KOLENDOWICZ L., 2000: Water vapor and air temperature on days with thunderstorm in Poznań. *Prace Geograficzne*, z. 108, Instytut Geografii UJ, Kraków, s. 155–158.
- KOLENDOWICZ L., 2003: Tornadoes observed in Poland in 2002. *The Journal of Meteorology*, 28, 280, July/August, s. 231–233.
- KOLENDOWICZ L., 2005: Wpływ cyrkulacji atmosferycznej oraz temperatury i wilgotności powietrza na występowanie dni z burzą na obszarze Polski (Impact of atmospheric circulation, temperature and air humidity on the occurrence of days with thunderstorm in the territory of Poland). *Wyd. Nauk. UAM, Seria Geografia Nr 72*, Poznań 2005.
- KURZ M. 1985. Zum Münchener Hagelunwetter vom 12.07.1984. *Meteorologische Rundschau* 38 (Oktober), Berlin, Heft 5.
- KURZ M. 1986. Die Entwicklung der Wetterlage des Münchener Hagelunwetters vom 12. Juli 1984 (Berichte des Deutschen Wetterdienstes Nr. 170), Offenbach.
- PIAGET A. 1976. L'évolution oragense au nord des Alpes et la tornade du Jura vadois du 26 août 1971. *Publications de l'Institut Suisse de Meteorologie*.
- WALKNER A. 1992. Grossräumige Austauschprozesse der Atmosphäre als Ursache von Starkgewittern. *Phys. Geogr.*, vol. 35, Zürich.

Recenzent: prof. UAM dr hab. Jan Tamulewicz

Zakład Klimatologii
Instytut Geografii Fizycznej
i Kształtowania Środowiska Przyrodniczego
Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu

INFLUENCE OF ATMOSPHERIC CIRCULATION ON THUNDERSTORM ACTIVITY IN NORTH-WESTERN POLAND

Summary

The study concerns research into the connection between atmospheric circulation over the area of Central and Eastern Europe, and the occurrence of days with thunderstorms in the territory of North-Western Poland in the period 1971–2000. The analysis of lower synoptic maps for the researched period 1971–2000 made it possible to isolate seven types of synoptic situations characteristic of days with storms on the area of Poland. During research based on the use of correlation calculations and logistic regression, a determination was made of the influence of various synoptic situation types on thunderstorm activity.

Based on the analysis of the correlations between atmospheric circulation and thunderstorm activity, carried out in thunderstorm regions, it is possible to indicate Type 2 and Type 4 synoptic situations as the most conducive to the occurrence of thunderstormy days. Both situa-

tion types are characterised by the highest probability of the occurrence of stormy days and the strongest correlation between their frequency and storm activity. In addition, forecasting the occurrence of thunderstormy days on the basis of their frequency in selected seasons of the year gives the best results compared with other synoptic situations identified in the study. It has to be pointed out that Type 2 synoptic situation may be the cause of very violent storms not only in Poland, but also in Europe or the USA. This is reflected in the descriptions of individual cases of violent storms or their accompanying phenomena occurring over Europe (PIAGET 1976; COURVOISIER et al. 1979; KURZ 1985, 1986; KOLENDOWICZ 2003, 2005), and the results of the studies conducted by CHANGNON (1985, 2001), WALKNER (1992) and KOLENDOWICZ (1998, 2000,) pertaining to the analysis of a greater number of violent storms.