

6. Rudnicki, R., Spatial differences in the use of Europe Union funds by agricultural holding in Poland, Bogucki Scientific Publishing, Poznan, (2010), pp. 20-63.

7. Jezierska-Thöle, A., Kluba M., Einfluss der Mitgliedschaft Polens in der Europäischen Union auf die demographischen Veränderungen in der polnischen Landwirtschaft, In: Transformation in Deutschland und Polen Europäische Regionen im Wandel. Demokratieentwicklung in Polen und in den neuen Bundesländern. Europäische Akademie Berlin. Osteuropa Zentrum Berlin. (2012). pp. 74-85.

8. Markowski, T., Marszał T. Metropolis, metropolitan areas, metropolisation. Ed. by Committee for Spatial Economy and Regional Planning, Polish Academy of Sciences, 2006, Warszawa, pp.25 [in Polish].

9. Rudnicki, R., 2013, Regionalne zmiany poziomu rozwoju rolnictwa polskiego w warunkach oddziaływania Instrumentów Wspólnej Polityki Rolnej w latach 2002-2010 [w:] Kurowska K. (ed.), Planowanie rozwoju przestrzeni wiejskiej, Oficyna Wyd. Jacek Chmielewski, 2013, pp. 18-36.

УДК 551.515.4

ZJAWISKA BURZOWE W PÓŁNOCNO-ZACHODNIEJ POLSCE

Kirschenstein Małgorzata

Wyższa Szkoła Oficerska Sił Powietrznych w Dęblinie, Wydział Lotnictwa, Dęblin ,
Polska, e-mail: mjk67@tlen.pl

Storms are related to dangerous weather phenomena for the environment and man. Most of the storms accompanied by: lightning, precipitation hail, turbulence, squall, shear, gusts of wind, tornado, icing. The goal for work was to characterize the storm and precipitation hail in north-western Poland from 1971 to 2015. A deviation of storm and precipitation hail from multi-annual mean was assessed together with trends of changes.

Wstęp

W badaniach zmian klimatu, poza podstawowymi elementami meteorologicznymi – temperaturą powietrza i opadami atmosferycznymi ważne są także analizy niebezpiecznych zjawisk atmosferycznych, do których zaliczamy burzę i towarzyszące jej zjawiska atmosferyczne. Stanowią one zagrożenie dla środowiska przyrodniczego i działalności gospodarczej człowieka, szczególnie w rolnictwie i transporcie. W wielu przypadkach, przebieg tych zjawisk może być określony, jako ekstremalne zdarzenie meteorologiczne, ponieważ w rzeczywistości zjawisko burzowe – to zespół jednocześnie występujących zjawisk towarzyszących takich, jak: wyładowania atmosferyczne, intensywne opady, w tym opady gradu, turbulencja, szkwał, uskok, porywy wiatru, tornado, oblodzenie, a także zmiany ciśnienia atmosferycznego i temperatury powietrza. Zatem negatywne skutki, jakie mogą powodować te zjawiska są powodem prowadzonych badań, dotyczących oceny częstości ich występowania w przekroju rocznym oraz zmienności wieloletniej. W Polsce pierwsze opracowania burz dotyczyły zmienności czasowej występowania burz oraz wyznaczania regionów burzowych [6, 8]. W opracowaniach zwracano także uwagę na zmiany wieloletnie burz, wzrost ich częstości w półroczu chłodnym oraz ich związek z sytuacjami synoptycznymi [2, 4]. Badano także tendencje zmian i prognozowano aktywność burzową w Polsce [3]. W ostatnich natomiast latach badania opadów gradu dotyczyły ich zmienności wieloletniej i przebiegu dobowego, a także uwarunkowań cyrkulacyjnych sprzyjających ich występowaniu [2, 7].

Z uwagi na to, że każde wystąpienie burzy lub opadu gradu należy traktować, jako potencjalnie niebezpieczne, w pracy zbadano, jakie czynniki wpływają na częstość i rozkład burz w północno-zachodniej Polsce oraz określono – jak często burzy towarzyszyły opady gradu. Obliczono także trend regresji liniowej, określający zmienność częstości występowania burz i opadów gradu, co pozwoliło na dokładniejsze określenie tendencji zmian wybranych zjawisk, w analizowanym okresie 1971-2015.

Wybrany do badań obszar północno-zachodniej Polski jest zróżnicowany pod względem rozkładu wybranych elementów meteorologicznych, ponieważ warunki klimatyczne kształtowane są tu przez cyrkulację atmosferyczną znaną z Oceanu Atlantyckiego, Morza Bałtyckiego oraz dodatkowo znaną z rozległego obszaru kontynentalnego. Do istotnych czynników wpływających na zróżnicowanie regionalne należą również uwarunkowania lokalne takie, jak: ukształtowanie terenu, charakter podłoża i odległość od Morza Bałtyckiego. Właściwości termiczne, wilgotnościowe i aerodynamiczne podłoża, które są składowymi procesów radiacyjnych decydują o wymianie energii na granicy między atmosferą, a podłożem i w dużym stopniu decydują o sile przebiegu wybranych niebezpiecznych zjawisk atmosferycznych.

Należy podkreślić, że burza jest to zjawisko, które w skali globalnej pojawia się często. Burze mogą tworzyć się od szerokości równikowych po strefy polarne. W szerokościach międzyzwrotnikowych burze pojawiają się przez cały rok, w szerokościach umiarkowanych najczęściej występują wiosną, latem i jesienią. W skali globalnej średnia roczna liczba dni z burzą jest zróżnicowana, od ponad 160 burz w strefie równikowej do około 20-30 w szerokościach umiarkowanych. Szacuje się, że średnio w każdej sekundzie, w atmosferze ziemskiej występuje od 1500 do 2000 burz wraz z towarzyszącymi im wyładowaniami atmosferycznymi, a w powierzchnię Ziemi uderza około 100 piorunów [5]. W Polsce według Bielec-Bąkowskiej [2] średnia roczna liczba dni z burzą waha się od 15 dni na wybrzeżu do 33 dni w Tatrach i w południowo-wschodnich regionach kraju, a około 97% wszystkich burz występuje od kwietnia do września.

Wraz ze wzrostem szerokości geograficznej wskutek niższych temperatur zasięg pionowy burz atmosferycznych zmniejsza się, a wysokość ma wpływ na potencjalną intensywność burzy. Zróżnicowany dopływ promieniowania słonecznego w przebiegu rocznym wpływa na rozkład temperatury powietrza i intensywność ruchów konwekcyjnych. W rezultacie miąższość troposfery zmienia się w zależności od szerokości geograficznej (od ok. 15-17 km nad równikiem, 10-12 km w szerokościach umiarkowanych, do ok. 6-8 km w szerokościach okołobiegunowych) i w zależności od pory roku (jest większa latem). Od miąższości troposfery zależy wysokość tropopauzy, która jest barierą ograniczającą wymianę powietrza pomiędzy troposferą i stratosferą.

Metody i charakterystyka obszaru badań

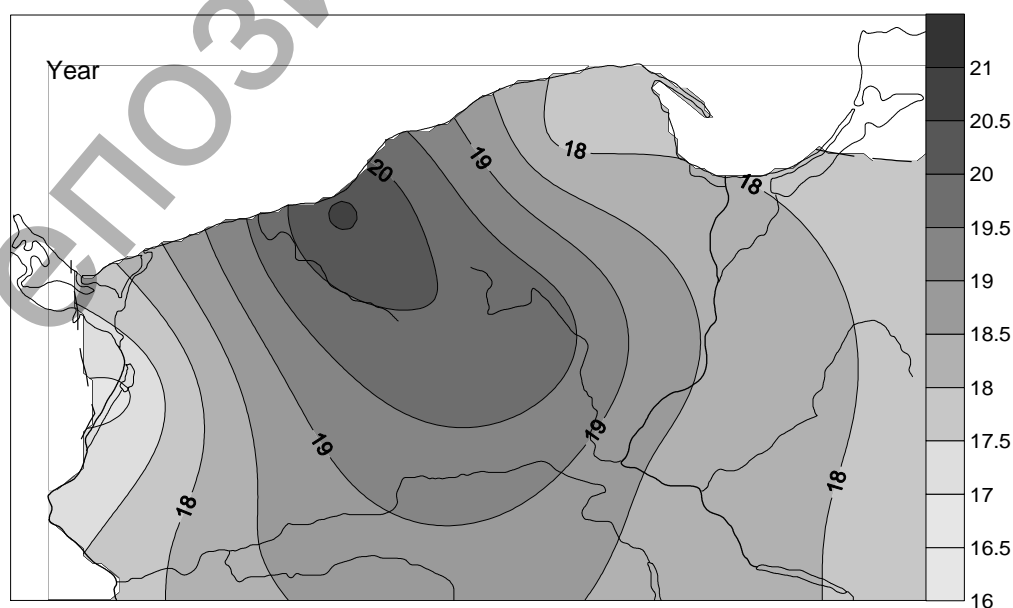
W pracy do analizy wybrano 6 stacji, położonych w różnych częściach obszaru północno-zachodniej Polski. Badany obszar obejmuje Pojezierze Pomorskie po Pradolinę Toruńsko-Eberswaldzką na południu i przyległą od wschodu Dolinę Dolnej Wisły. Opracowanie burz i opadów gradu oparto o dane meteorologiczne z Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej. Dane obejmują 45-letni okres 1971-2015 dla stacji: Gorzów Wielkopolski, Szczecin, Koszalin, Chojnice, Toruń, i 23-letni (1971-1993.) dla Lęborka. W pracy uwzględniono Lębork, pomimo krótszego okresu, aby w rozkładach geograficznych dobrze reprezentowany był także obszar północno-wschodniej części badanego obszaru.

Wyniki badań i dyskusja

Burze związane są z występowaniem chmury Cumulonimbus (*Cb* – *chmura kłębiasto-deszczowa*). Są to gęste chmury o znacznej pionowej rozciągłości. Podstawa dolna, średnio występuje na wysokości 300-600 m, górna granica chmur przekracza 14 000 m (zależy od miąższości troposfery). Cumulonimbus występuje, jako osobna komórka, bądź tworzy szereg chmur. Daje opad przelotny, zwykle o dużym natężeniu i charakterze burzowym, przy jednoczesnym występowaniu gwałtownych porywów wiatru. Do określenia burzy przyjęto definicję stosowaną na stacjach IMGW i obowiązującą od 1962 r. Za burzę uznaje się „*grzmot słyszany po upływie mniej niż 10 sekund od czasu ujrzenia błyskawicy, a burzą odległą nazywa się zjawisko wystąpienia grzmotu po upływie więcej niż 10 sekund, któremu błyskawica może towarzyszyć. Początek burzy wyznacza moment usłyszenia pierwszego grzmotu, koniec natomiast – grzmot, po którym w ciągu 15 min. nie słycać następnego*”.

Burze tworzą się na skutek szybkiego wznoszenia się wilgotnego i ciepłego powietrza na większe wysokości – burza termiczna, lub przy silnym zderzeniu wilgotnego i ciepłego powietrza z masą powietrza chłodnego – burza frontowa. Mogą także utworzyć się po dowietrznej stronie gór, gdy napływa ciepłe i wilgotne powietrze – burza orograficzna.

Północno-zachodnia Polska wraz z wybrzeżem Morza Bałtyckiego jest obszarem, na którym burze występują rzadziej, niż na pozostałym obszarze Polski. Jednak obszar ten jest zróżnicowany pod względem orograficznym. Wyniesienia pojezierne oraz wpływ Morza Bałtyckiego powoduje, że częstość występowania burz, zarówno w przebiegu rocznym, jak i wieloletnim charakteryzuje się dużą zmiennością. Przykładem jest suma burz w całym badanym okresie, mianowicie w 5 stacjach o pełnych ciągach pomiarowych odnotowano 4231 burz, którym towarzyszyły 602 opady gradu. W rozkładzie geograficznym wystąpiły bardzo duże różnice – w Koszalinie wystąpiło 925 burz i 249 opadów gradu, natomiast dla porównania w Szczecinie 759 burz i 55 opadów gradu. W ciągu roku, burze najczęściej pojawiały się, więcw Koszalinie – średnio 21 dni, a najrzadziej w Szczecinie – 17 dni. Z rozkładu przestrzennego średniej rocznej liczby dni z burzą wynika, że najczęściej występowała w środkowym pasie – od Koszalina w kierunku Noteci. Od tego pasa, zarówno na wschód, jak i na zachód burze pojawiały się rzadziej (rys. 1).



Rys. 1 – Średnia roczna liczba dni z burzą w północno-zachodniej Polsce (1971-2015)

Analizując częstość burz w porach roku otrzymano, że najwięcej dni z burzą wystąpiło latem (62,6%) i wiosną (24,4%). Dość często burze pojawiały się jesienią (11,8%), natomiast zimą z uwagi na niskie temperatury – burzę były rzadkością (1,2%). Z rozkładów przestrzennych wynika (rys. 2), że na obszarze północno-zachodniej Polski w ciepłych porach roku (wiosną i latem) najkorzystniejsze warunki do tworzenia burz występują w pasie ciągnącym się od Pobrzeża Koszalińskiego poprzez wyniesienia pojezierne w kierunku Doliny Dolnej Wisły.

Natomiast jesienią na wzrost częstości burz wyraźnie wpływają napływające znad Morza Bałtyckiego cieplejsze masy powietrza. Zimą burze zdarzają się najczęściej w zachodniej części i jest to efekt napływających z kolei cieplejszych mas powietrza znad Oceanu Atlantyckiego. W obu przypadkach, zarówno jesienią jak i zimą ciepłe i zasobne w wilgoć masy powietrza mogą przyczynić się do powstania opadów o charakterze burzowym.

Należy podkreślić, że w całym 45-letnim okresie (1971-2015) na badanym obszarze wystąpiły duże różnice w poszczególnych porach roku. Wiosną – choć burze na wszystkich stacjach pojawiały się ze zbliżoną częstością – od około 4 burz w Łęborku i Szczecinie do 5 w pozostałych stacjach, to w przebiegu wieloletnim ich łączna suma wahała się od 196 burz w Szczecinie do 227 w Chojnicach. Latem poza burzami frontalnymi, bardzo często pojawiają się burze wewnątrzmasowe. Jest to, więc pora roku charakteryzująca się, zarówno największą liczbą dni z burzą (średnio 10-13 burz), jak i największym zróżnicowaniem przestrzennym – najwięcej burz wystąpiło w Chojnicach (590 burz), najmniej w Szczecinie (466 burz). Jesienią średnio pojawiają się 2-3 burze. W latach 1971-2015 największe różnice wystąpiły pomiędzy Koszalinem (149 burz), a Toruniem (74 burze). Zimą w przeciągu całego badanego okresu burze pojawiały się bardzo rzadko. Najwięcej burz odnotowano w Szczecinie – 18 burz, najmniej w Toruniu – 5 burz.

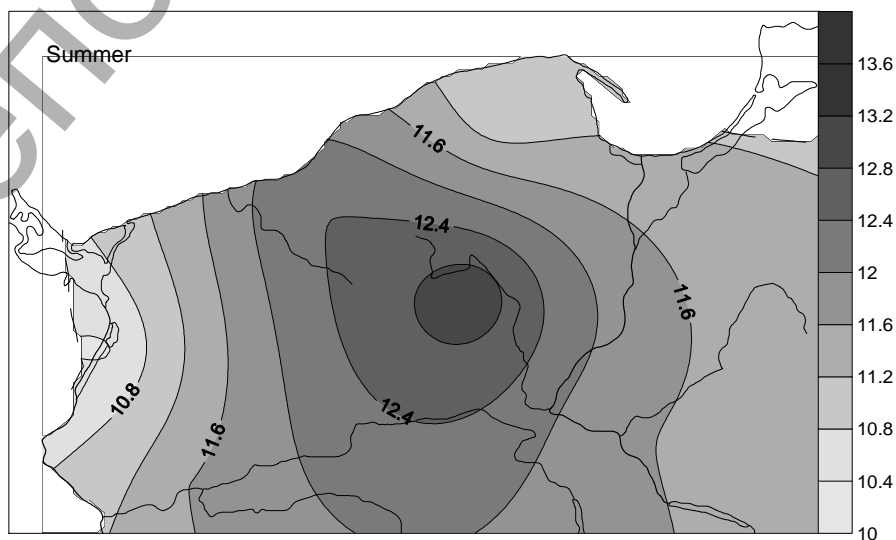
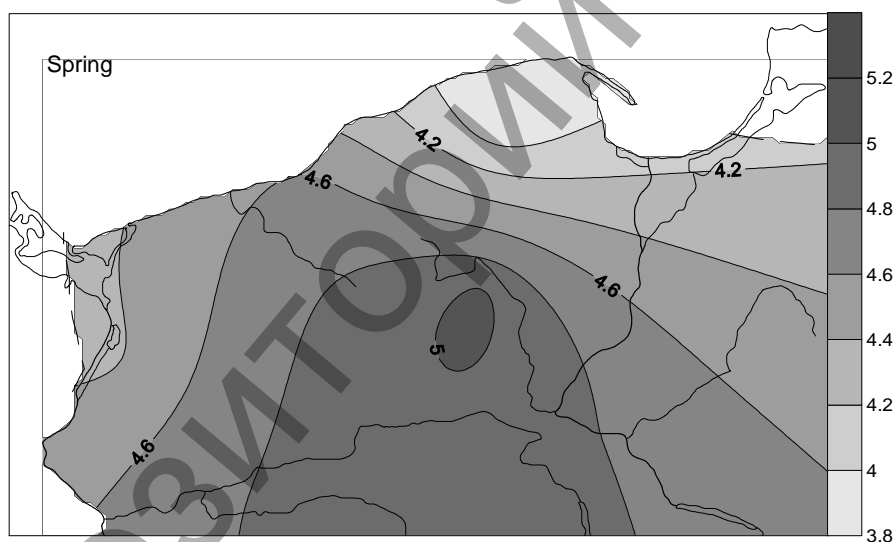
Z powyższej analizy wynika, że ważną cechą przedstawianych rocznych zmian jest ich regionalne zróżnicowanie, związane z dominującymi w danym obszarze sytuacjami synoptycznymi, które w znacznym stopniu są modyfikowane wpływem lokalnych warunków środowiska geograficznego. Jest to szczególnie widoczne w rocznym przebiegu częstości badanych zjawisk. Porównując badany obszar z całym terenem Polski [1] wyraźnie zaznacza się oddziaływanie Morza Bałtyckiego i Oceanu Atlantyckiego, które wpływają na wydłużenie okresu występowania burz na północy kraju – na miesiące jesienne, a nawet zimowe.

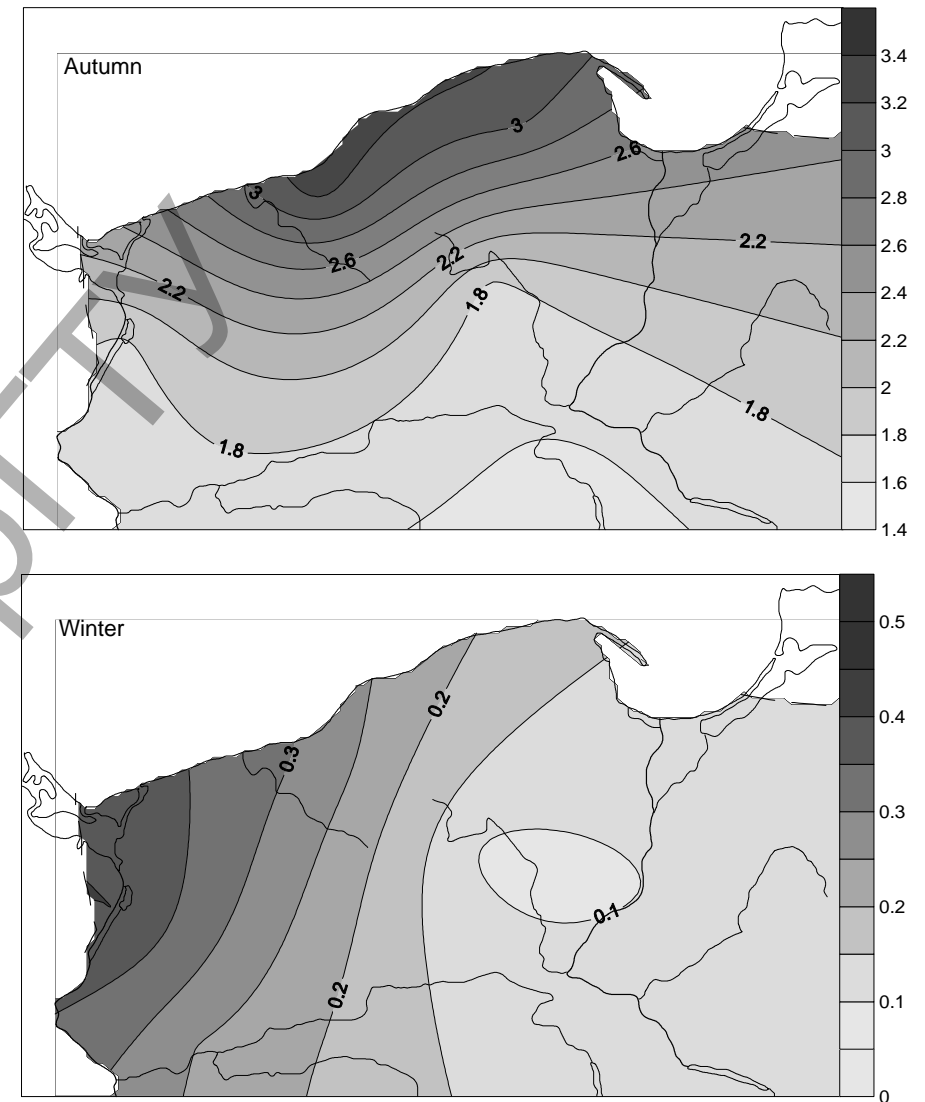
W pracy analizowano także liczbę dni z burzą w przebiegu wieloletnim. Otrzymano, że w latach 1971-2015 częstość występowania burz była bardzo zmienna (tab. 1). We wszystkich stacjach maksymalna ich częstość osiągała 30-35 burz w roku, ale też bywały lata, w których burze pojawiały się sporadycznie 6-10 burz w roku. Bardzo duże wahania występowały w miesiącach letnich. W zależności od roku – ich liczba wahała się od 0 do 15 burz w miesiącu.

Należy podkreślić, że poza Łęborkiem – w pozostałych stacjach burze pojawiały się w każdym miesiącu. Jednak maksimum częstości, za wyjątkiem Szczecina wystąpiło w lipcu – średnio 4-5 burz. W większości stacji w czerwcu burze pojawiały się częściej, niż w sierpniu. Wyróżnia się Koszalin, w którym burze częściej występowały, nie tylko w sierpniu, ale również w miesiącach jesiennych (tab. 1).

Tabela 1 – Maksymalna (max), minimalna (min) i średnia (śr) liczba dni z burzą w latach 1971-2015 (dla Łęborka w latach 1971-1993)

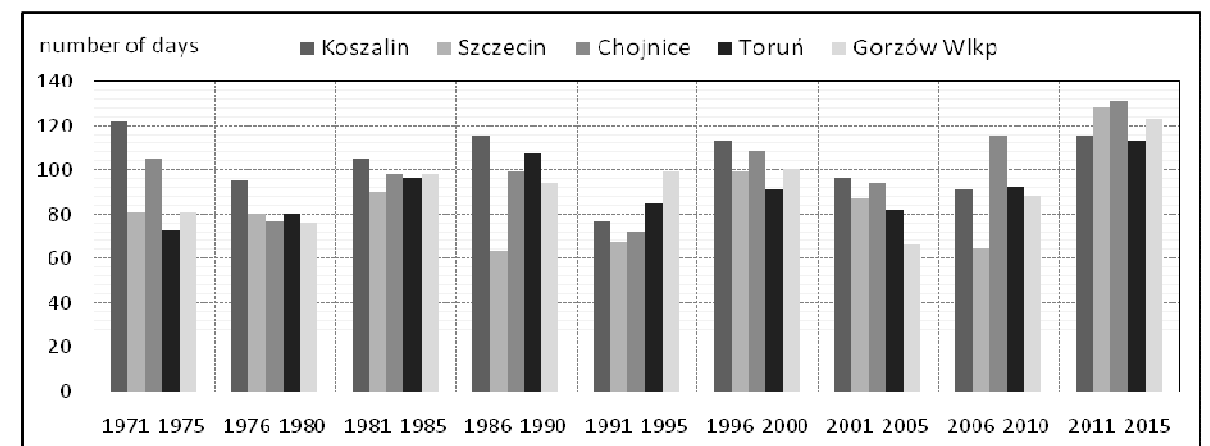
Stacja		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Rok
Szczecin	max	2	2	2	4	7	10	10	8	4	2	1	1	32
	min	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7
	śr	0,1	0,1	0,3	0,8	3,3	3,6	3,5	3,2	1,3	0,3	0,2	0,1	17
Gorzów Wlkp.	max	1	2	3	5	7	11	15	7	4	2	2	1	35
	min	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	9
	śr	0,1	0,1	0,3	0,9	3,5	3,9	4,2	3,5	1,4	0,2	0,1	0,0	18
Koszalin	max	2	1	2	7	7	12	13	11	5	4	2	1	33
	min	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	12
	śr	0,1	0,1	0,2	1,2	3,3	3,8	4,5	4,1	2,1	0,9	0,3	0,1	21
Chojnice	max	2	1	2	6	12	11	13	11	5	2	1	0	33
	min	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9
	śr	0,1	0,0	0,1	1,0	3,9	4,1	5,2	3,8	1,3	0,3	0,1	0,0	20
Toruń	max	1	1	1	6	7	10	11	10	6	2	1	1	30
	min	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10
	śr	0,0	0,0	0,1	0,9	3,8	3,7	4,3	3,6	1,3	0,3	0,1	0,0	18
Łębork	max	0	1	1	6	7	11	12	6	7	2	3	1	31
	min	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	6
	śr	0,0	0,0	0,1	0,7	3,0	3,4	4,3	3,2	2,0	0,7	0,3	0,0	18





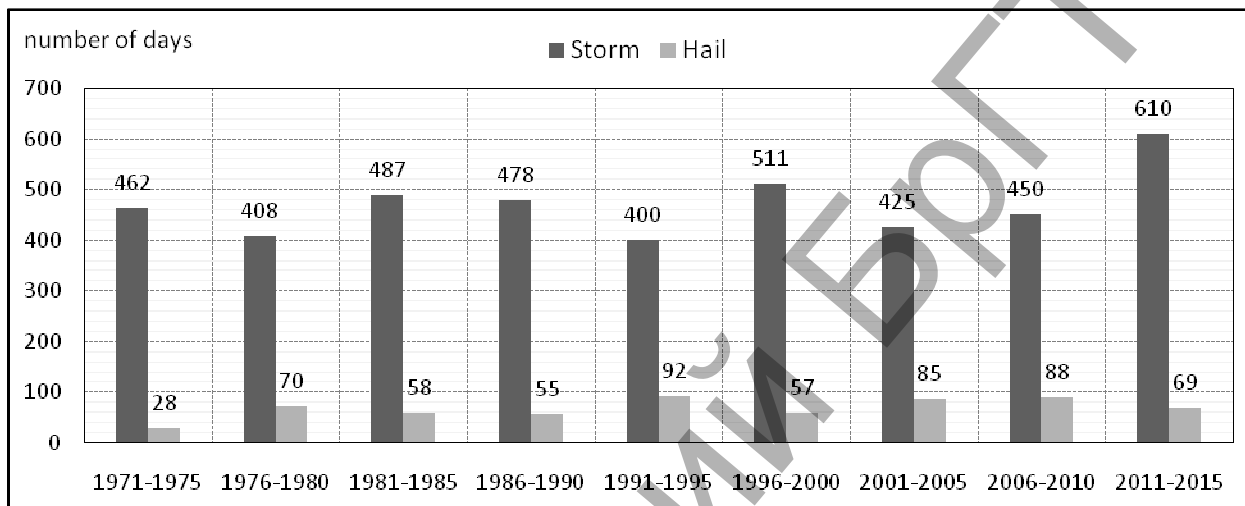
Rys. 2 – Liczba dni z burzą w porach roku w północno-zachodniej Polsce (1971-2015)

W pracy uwzględniono 45- letni okres, w związku z tym policzono sumę burz dla okresów 5- letnich dla 5 stacji (Koszalin, Szczecin, Chojnice, Toruń, Gorzów Wlkp.) o pełnych ciągach pomiarowych (rys. 3, 4).



Rys. 3 – Suma dni z burzą (w okresach 5-letnich) w wybranych stacjach północno-zachodniej Polsce (1971-2015)

Wyróżniło się ostatnie 5- lecie 2011-2015, w którym łącznie wystąpiło 610 burz – od 113 w Toruniu do 131 w Chojnicach. Najmniej burzowe okazało się 5- lecie 1991-1995 – 400 burz (częstość wahała się do 67 burz w Szczecinie do 99 w Gorzowie Wlkp.). Z danych wynika także, że pomimo iż okres 1991-1995 charakteryzował się najmniejszą częstością burz, to odnotowano w nim największą liczbę dni z opadem gradu – 92. Natomiast w latach o największej częstości burz 2011-2015 wystąpiło tylko 69 przypadków opadu gradu (rys. 3, 4). W przebiegu wieloletnim na tle innych stacji wyróżnił się Koszalin. W 9 wyróżnionych 5-leciach – w 6 (od 1971 do 1990 i od 1996 do 2005) burze występowały tu najczęściej, natomiast w dwóch ostatnich – burze najczęściej pojawiały się w Chojnicach (rys.3).



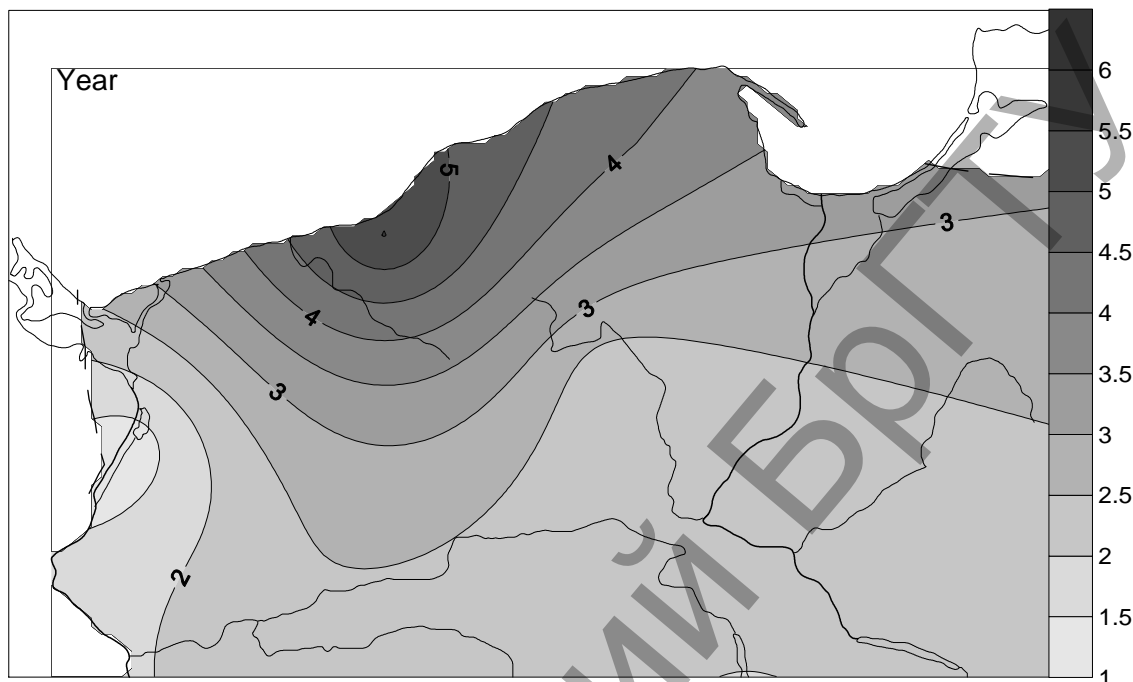
Rys. 4 – Łączna suma dni z burzą i opadem gradu z 5 stacji w okresach 5-letnich w północno-zachodniej Polsce (1971-2015)

Ocenę zmienności częstości burz w ujęciu czasowym oparto o analizę regresji liniowej, która określa wzrost lub spadek częstości burz na jednostkę czasu. Analiza współczynników trendu liniowego wykazała, że w wieloleciu 1971-2015 w większości stacji (poza Koszalinem – wystąpił trend ujemny $-0,0365$ liczby dni/rok) wystąpiła tendencja wzrostu średniej rocznej częstości burz. Największe tendencje wzrostu wystąpiły w Chojnicach – o 6,9 burz w ciągu 45 lat ($0,1544$ liczby dni/rok) i w Szczecinie – o 5,4 burz ($0,1196$ liczby dni/rok).

Burzom często towarzyszą niebezpieczne zjawiska pogodowe, do których należą opady gradu. Grad – to kuliste kawałki lodu, a czasami grupek lodu o średnicy przekraczającej 5 mm. Przyczyną tworzenia gradu są bardzo intensywne prądy pionowe, zarówno wstępujące, jak i zstępujące. Aby utworzyła się gradzina np. o średnicy 3 cm prędkość pionowa w chmurze musi przekroczyć 30 m/s. Im silniejsza burza, tym bardziej prawdopodobne jest wystąpienie opadu gradu. Grad można napotkać nawet do wysokości 13-14 km w czystym powietrzu i może on być przenoszony z wiatrem, nawet do 30 km od rdzenia chmury burzowej.

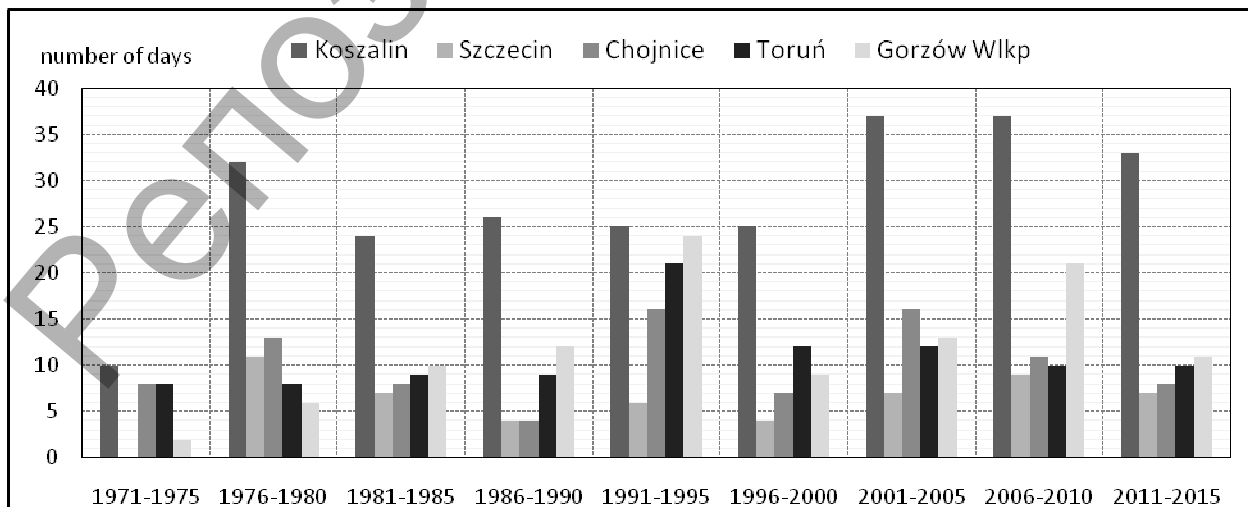
W Polsce liczba dni z opadem gradu wzrasta z północnego zachodu na południowy wschód. Podobnie jak w przypadku liczby dni z burzą, którym towarzyszą opady gradu. Jest to związane z różnymi warunkami cyrkulacyjnymi i środowiskowymi, które sprzyjają rozwojowi silnej konwekcji w poszczególnych regionach Polski. Na stacjach położonych na północy i w zachodniej części kraju zaznacza się częste występowanie opadów gradu już wiosną. Natomiast, na stacjach w południowej części Polski przebieg jest bardziej wyrównany, a maksimum występowania gradu przesunięte jest na miesiące letnie [1].

Badając częstość występowania gradu na obszarze północno zachodniej Polski (rys. 5) stwierdzono, że średnia roczna liczba dni z gradem jest najmniejsza w Szczecinie (1 opad), a największa w Koszalinie (5 opadów). Z rozkładu przestrzennego średniej rocznej liczby dni z opadem gradu wynika, że najkorzystniejsze warunki występują w pasie pobrzeży, a szczególnie na Pobrzeżu Koszalińskim.



Rys. 5 – Średnia roczna liczba dni z opadem gradu w północno-zachodniej Polsce (1971-2015)

Biorąc pod uwagę zmienność liczby dni z opadem gradu w latach 1971-2015 otrzymano, że w Koszalinie w 2007 r., aż 16 razy padał grad. Poza Koszalinem, opady gradu często pojawiały się także w Gorzowie (9 dni) – w 2005 i 2009 roku, oraz w Łęborku – także 9 opadów w 1985 roku. Najdłuższe okresy braku opadów gradu występują w Szczecinie oraz Gorzowie Wielkopolskim. W pracy uwzględniono również częstość opadów gradu dla okresów 5-letnich (rys. 6).



Rys. 6 – Suma dni z opadem gradu (w okresach 5-letnich) w wybranych stacjach w północno-zachodniej Polsce (1971-2015)

Wyróżniło się 5- lecie 1991-1995, w którym grad padał najczęściej – 92 opady (rys. 4). Często opady gradu (80-85) występowały także w dwóch kolejnych 5- leciach 2001-2010. Najmniej opadów gradu – 28 odnotowano w latach 1971-1975. W przebiegu wieloletnim podobnie, jak w przypadku częstości burz wyróżnia się Koszalin, w którym opady gradu występowały najczęściej – w 4 okresach 5- letnich (1976-1980 i od 2001 do 2015) łączna suma przekraczała 30 opadów gradu. Najrzadziej opady pojawiały się w Szczecinie – 55 razy w całym badanym okresie (od 4 do 11 opadów).

Ocenę zmienności częstości opadów gradu w ujęciu czasowym oparto o analizę regresji liniowej. Analiza współczynników trendu liniowego wykazała, że w wieloleciu 1971-2015 w większości stacji (poza Toruniem– wystąpił trend ujemny -0,0007 liczby dni/rok) wystąpiła tendencja wzrostu średniej rocznej częstości opadów gradu. Największe tendencje wzrostu wystąpiły w Koszalinie – o 4,1 opadów gradu w ciągu 45 lat (0,0903 liczby dni/rok) i w Gorzowie Wlkp. – o 2,8 (0,0632 liczby dni/rok).

Wnioski

Każde pojawienie się burzy i towarzyszące jej opady gradu są potencjalnie niebezpiecznym zdarzeniem meteorologicznym zagrażającym środowisku i działalności człowieka. Analiza tych zjawisk w północno-zachodniej Polsce wskazuje na duże zróżnicowanie regionalne, zarówno w przebiegu rocznym, jak i wieloletnim. We wszystkich stacjach maksymalna ich częstość osiągała 30-35 burz w roku, ale też bywały lata, w których burze pojawiały się sporadycznie 6-10. Bardzo duże wahania występowały w miesiącach letnich. W zależności od roku – ich liczba wahała się od 0 do 15 burz w miesiącu. Podobnie w przypadku opadów gradu – występowały dłuższe okresy bez tego opady i lata, np. 2007 r., kiedy w Koszalinie aż 16 razy padał grad.

W przebiegu rocznym 87% burz wystąpiło wiosną i latem. Północno-zachodnia Polska wyróżnia się jednak na tle całego obszaru Polski – w wyniku oddziaływania Morza Bałtyckiego i Oceanu Atlantyckiego wydłuża się okres występowania burz na miesiące jesienne, a nawet zimowe.

Analiza współczynników trendu liniowego wykazała, że w wieloleciu 1971-2015 w większości stacji (poza Koszalinem) wystąpiła tendencja wzrostu średniej rocznej częstości burz, podobnie w przypadku opadów gradu – poza Toruniem także wystąpiła tendencja wzrostu średniej rocznej częstości (poza Toruniem).

Literatura

1. Atlas Klimatu Polski (red. H. Lorenc). 2005. – IMGW. – Warszawa.
2. Bielec-Bąkowska Z. Burze i grady w Polsce. 2013. – Prace Geograficzne. – Z. 132. – Instytut Geografii i Gospodarki Przestrzennej UJKraków. – S. 99-132.
3. Grabowska, K. Tendencje zmian i prognozy aktywności burzowej w Polsce. 2005. – W: Bogdanowicz E., Kossowska-Cezak U., Szkutnicki J. (red.). – Ekstremalne zjawiska hydrologiczne i meteorologiczne. – IMGW. – Warszawa. – S. 385–391.
4. Kolendowicz, L. Wpływ cyrkulacji atmosferycznej oraz temperatury i wilgotności powietrza na występowanie dni z burzą na obszarze Polski. 2005. – Wydawnictwo Naukowe UAM. – Poznań.
5. Roble, R. TZUR. Israel. The Global Atmospheric - Electrical Circuit. 1986. – W: The Earth's Electrical Environment. National Academy Press. – Washington D.C. – S. 206-231.
6. Stopa M. Podział Polski na regiony Burzowe. 1965. – Przegląd Geograficzny 37. – S. 659-665.
7. Twardosz, R., Niedźwiedź, T., Łupikasza E. Burze w Krakowie i ich uwarunkowania cyrkulacyjne. 2010. – W: T. Ciupa, R. Suligowski (red.). – Woda w badaniach geograficznych. – Instytut Geografii Uniwersytet Jana Kochanowskiego. – Kielce. – S. 303-313.
8. Wiszniewski, W. O burzach w Polsce. 1949. – Gazeta Obserwatora PIHM. – 6. – S. 9-12.