

ZMIENNOŚĆ CZASOWA I ZRÓŻNICOWANIE PRZESTRZENNE ZACHMURZENIA W POLSCE W LATACH 2001–2016

LIGIA SYPNIEWSKA, KATARZYNA SZYGA-PLUTA

Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu,
Wydział Nauk Geograficznych i Geologicznych,
ul. B. Krygowskiego 10, 61-680 Poznań

Abstract: The study presents the characteristic of annual, seasonal and diurnal course of cloudiness in Poland in 2001–2016. The analysis was performed on 28 meteorological stations (IMGW-PIB); the data came from threefold climatological observations. Based on the data, the average course of annual, seasonal and diurnal cloud cover, maximum and minimum values were estimated. Moreover, the average number of characteristic nephological days during the year was calculated. The analysis confirmed a decrease in cloudiness in the spring and in the summer accompanied by an increase in the autumn and in the winter season. Furthermore, in the summer the values of diurnal cloud variation were higher in the summer than in the winter. August was the least cloudy month (56%) while December proved most cloudy (79%). During the entire period in question, the Pomeranian Lakeland was most clouded while the Szczecin Shore Zone proved the least cloudy.

Keywords: cloudiness, diurnal, annual and multiannual course, spatial distribution, characteristic nephological days, Poland

WSTĘP

Zachmurzenie stanowi ważny element klimatu, który podlega ciągłym zmianom. Chmury wpływają na środowisko na wiele sposobów. Odgrywają dużą rolę w przenoszeniu ciepła i pary wodnej w kierunku powierzchni ziemi oraz dostarczaniu do powierzchni ziemi opadów. Ponadto są głównym czynnikiem wpływającym na system klimatyczny Ziemi przez udział w bilansie radiacyjnym, modulowanie dopływu promieniowania słonecznego do powierzchni ziemi, pochłanianie promieniowania długofalowego (Boucher i in. 2013). Rozmiar i rodzaj zachmurzenia zależą od wielu elementów meteorologicznych, a jego zróżnicowanie jest czynnikiem, który również determinuje zmiany klimatyczne (IPCC, 2007). Zachmurzenie jest odzwierciedleniem stanu atmosfery i kierunku zmian sytuacji synoptycznej (Niedźwiedź i Ustrnul 1989).

Do najstarszych prac dotyczących rozkładu zachmurzenia w Polsce należą publikacje Stenza (1952) i Okołowicza (1962). Zmienność zachmurzenia nad Polską w latach 1951–2000 i jej uwarunkowania cyrkulacyjne są przedmiotem publikacji Żmudzkiej (2007b, c, 2014). Filipiak i Miętus (2009) badali rozkład czasowy i przestrzenny wielkości zachmurzenia w Polsce w latach 1971–2000.

W monografii Wosia (2010) dotyczącej klimatu Polski opisane jest zróżnicowanie wielkości zachmurzenia oraz liczby dni pogodnych i pochmurnych w Polsce w latach 1951–2000. Wieloletni przebieg zachmurzenia rozpatrywany był w pracach dotyczących m.in. Krakowa (Matuszko 2003, 2007; Matuszko i Węglarczyk 2018), Lublina (Gluza i Kaszewski 2007), Łodzi (Wibig 2008), Poznania (Tamulewicz 2000; Szyga-Pluta 2015). Problematykę frekwencji rodzajów chmur w Polsce w ujęciu czasowym i przestrzennym podejmują w swoich pracach np. Warakowski (1961, 1969), Matuszko (2003, 2007), Szyga-Pluta (2002, 2015), Żmudzka (2007c), Filipiak i Miętus (2009) oraz Matuszko i Węglarczyk (2018).

Zachmurzenie jest elementem wprowadzającym niepewność w konstruowaniu modeli klimatycznych – nadal niejasny jest wpływ zmian wielkości i struktury zachmurzenia na system klimatyczny, co powoduje błędy w szacowaniu i prognozowaniu wielkości zachmurzenia na danym obszarze (Bartok i Imecs 2012). Badania zachmurzenia w różnych skalach przestrzennych i czasowych mają duże znaczenie dla zrozumienia procesów klimatycznych w skali globalnej. Niniejsza praca ma na celu charakterystykę przebiegu rocznego i dobowego zachmurzenia ogólnego oraz jego zróżnicowania przestrzennego w Polsce w latach 2001–2016.

MATERIAŁ ŹRÓDŁOWY I METODY BADAŃ

W pracy wykorzystano dane dotyczące zachmurzenia ogólnego nieba z 28 stacji meteorologicznych rozmieszczonych równomiernie na terenie Polski, wyłączając obszary górskie (ryc. 1).

Materiał źródłowy pochodzi z bazy danych Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej – Państwowego Instytutu Badawczego (IMGW-PIB). Do opracowania wybrane zostały stacje posiadające kompletne dane. Zakres danych dotyczy lat 2001–2016. Obliczenia oparto na wynikach obserwacji prowadzonych w ciągu dnia w trzech terminach: o 6, 12 i 18 UTC. Wielkość zachmurzenia przeliczono z oktantów na procenty.

Obliczono średnie roczne, miesięczne i sezonowe zachmurzenie nad Polską i nad poszczególnymi stacjami oraz odchylenie standardowe i współczynnik zmienności.



Ryc. 1. Lokalizacja stacji

Fig. 1. Location of the stations

Określono skrajne wielkości zachmurzenia w poszczególnych miesiącach i sezonach oraz podano rok ich wystąpienia. Wyróżniono nefologiczne dni charakterystyczne – bezchmurne (zachmurzenie dobowe 0%), pogodne (zachmurzenie dobowe < 20%), pochmurne (zachmurzenie dobowe > 80%) i całkowicie zachmurzone (zachmurzenie dobowe 100%) (Żmudzka 2012). Rozkład przestrzenny średniego rocznego oraz sezonowego zachmurzenia ogólnego, a także średniej liczby dni charakterystycznych przedstawiono na mapach. Do wykreślenia map posłużono się programem ArcGis.

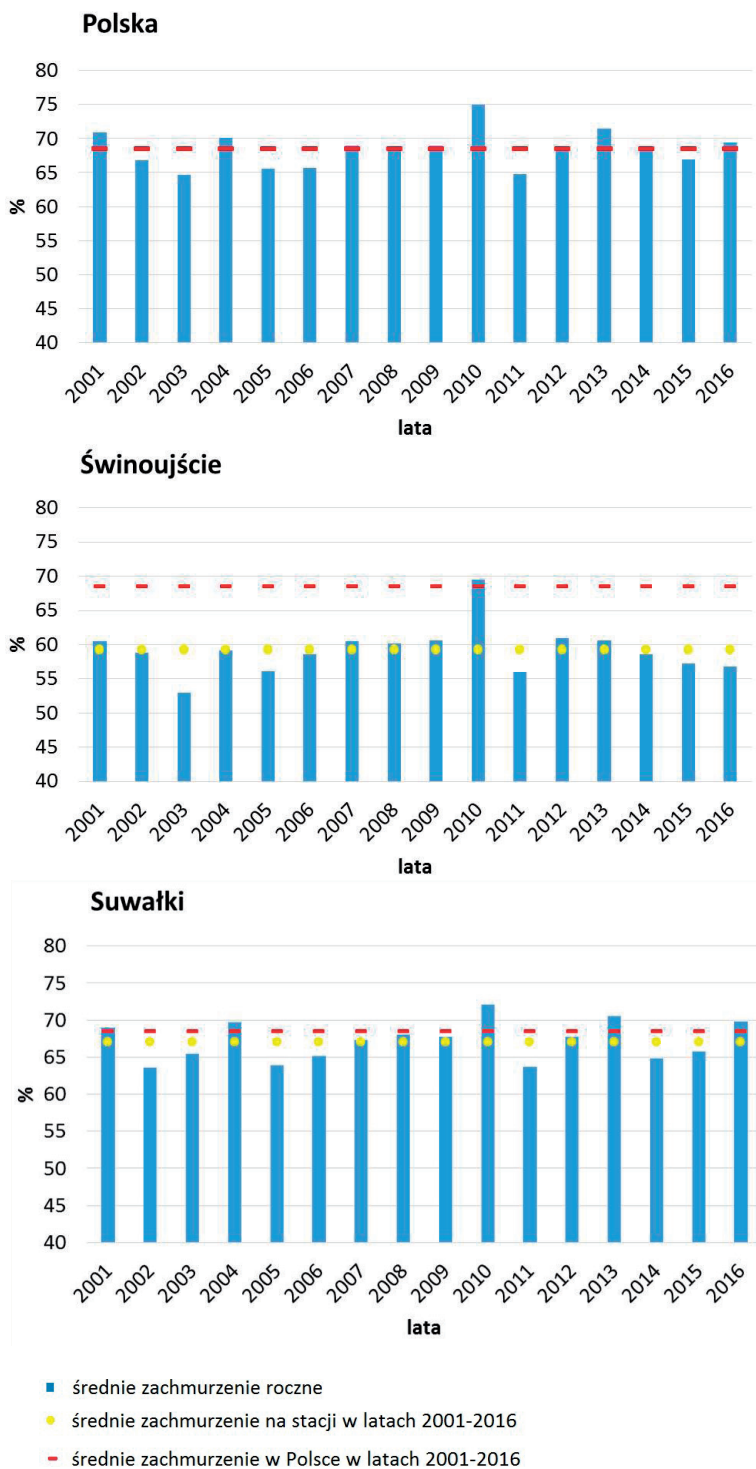
WYNIKI

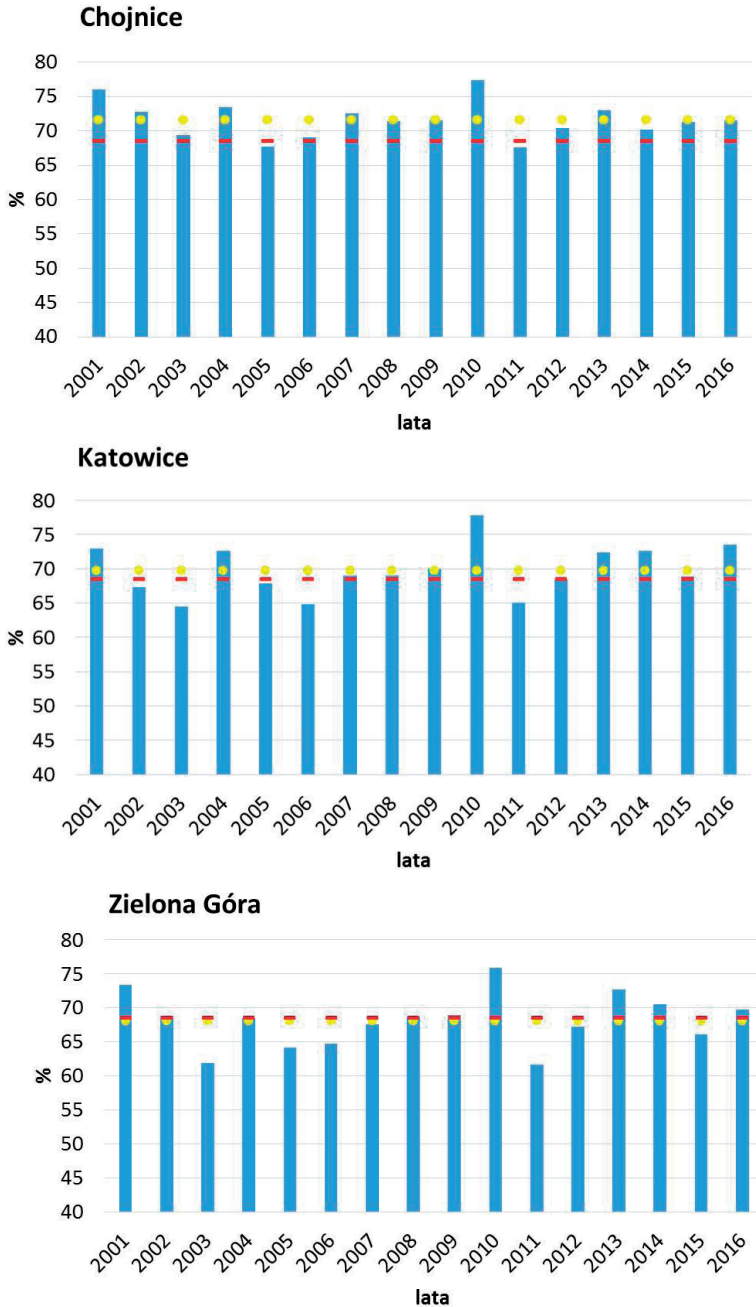
Zmienność wielkości zachmurzenia nad Polską w latach 2001–2016

Średnie roczne zachmurzenie w latach 2001–2016 w Polsce wynosiło 68,5%. Największe zachmurzenie nad Polską wystąpiło w 2010 r. – 75% (ryc. 2). Najmniejsze zachmurzenie stwierdzono w roku 2003 – 64,5%.

Spośród analizowanych stacji wyróżniono pięć najbardziej charakterystycznych ze względu na największe różnice w przebiegu wielkości zachmurzenia, tj. Świnoujście, Suwałki, Chojnice, Katowice i Zieloną Górę. Świnoujście wyróżnia się najmniejszymi wartościami zachmurzenia w ciągu badanego okresu (ryc. 2). Średnie zachmurzenie na tej stacji wyniosło 59,2%. We wszystkich latach zachmurzenie na tej stacji było mniejsze od średniego zachmurzenia nad Polską o około 10–15%. Wyjątek stanowi rok 2010, w którym zachmurzenie przekroczyło 69%. W Suwałkach średnie zachmurzenie wyniosło 67,1%. W latach 2004, 2010, 2013 i 2016 zachmurzenie było tam większe niż nad Polską (68,5%). W Chojnicach tylko w roku 2005 i 2011 średnie wartości zachmurzenia wyniosły mniej niż 68,5%. Stacja ta wyróżniła się dużym zachmurzeniem i małym zakresem wahań wielkości zachmurzenia w badanym okresie. Średnie zachmurzenie na tej stacji wyniosło 71,6%. W Katowicach występowały duże wahania zachmurzenia z roku na rok. Największe zachmurzenie – 78–74% odnotowano w latach 2010 i 2016, natomiast najmniejsze – poniżej 65% – w latach 2003, 2006 i 2011. Średnie zachmurzenie w Katowicach wyniosło 69,8%. W Zielonej Górze zachmurzenie było na ogół mniejsze niż średnia nad Polską. Najmniejsze wyniosło 62% w 2011 r., natomiast największe – ponad 75% – w 2010 r. Średnie zachmurzenie na stacji wyniosło 68,1%.

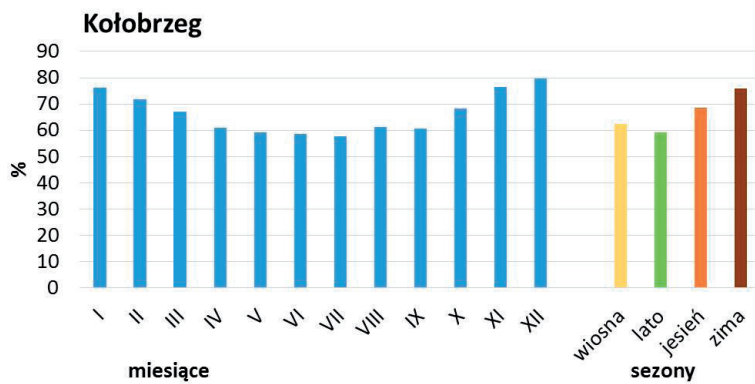
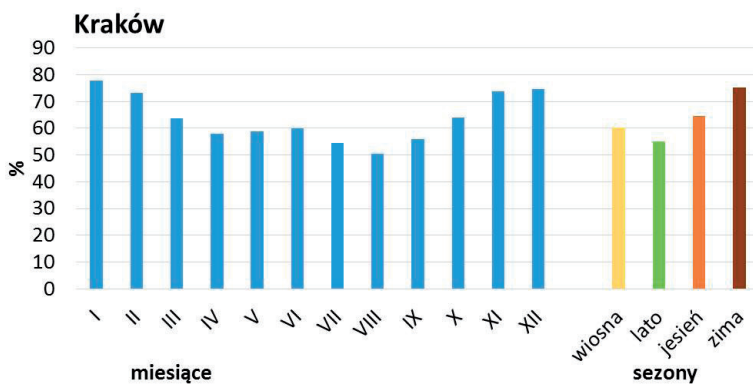
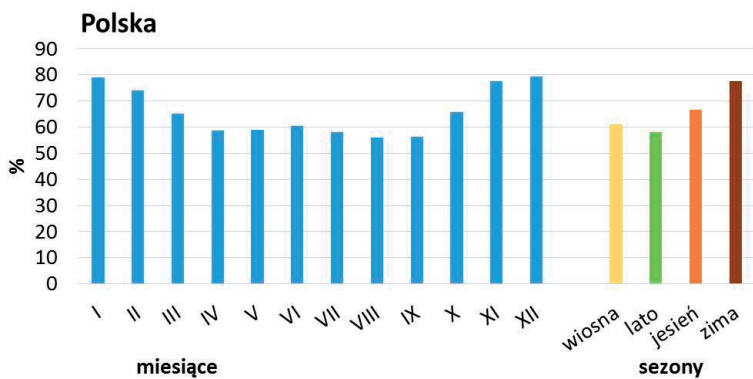
Na rycinie 3 przedstawiono roczny przebieg zachmurzenia w Polsce i w wybranych stacjach w latach 2001–2016. Charakterystyczne jest zmniejszenie zachmurzenia w okresie wiosenno-letnim oraz jego znaczny wzrost jesienią i zimą. Średnie zachmurzenie od kwietnia do września wynosi od 56% do 61%, a od października do marca od 65% do 79%. Najmniejsze pokrycie nieba chmurami występuje w sierpniu – 56%, natomiast największe w grudniu – 79%.

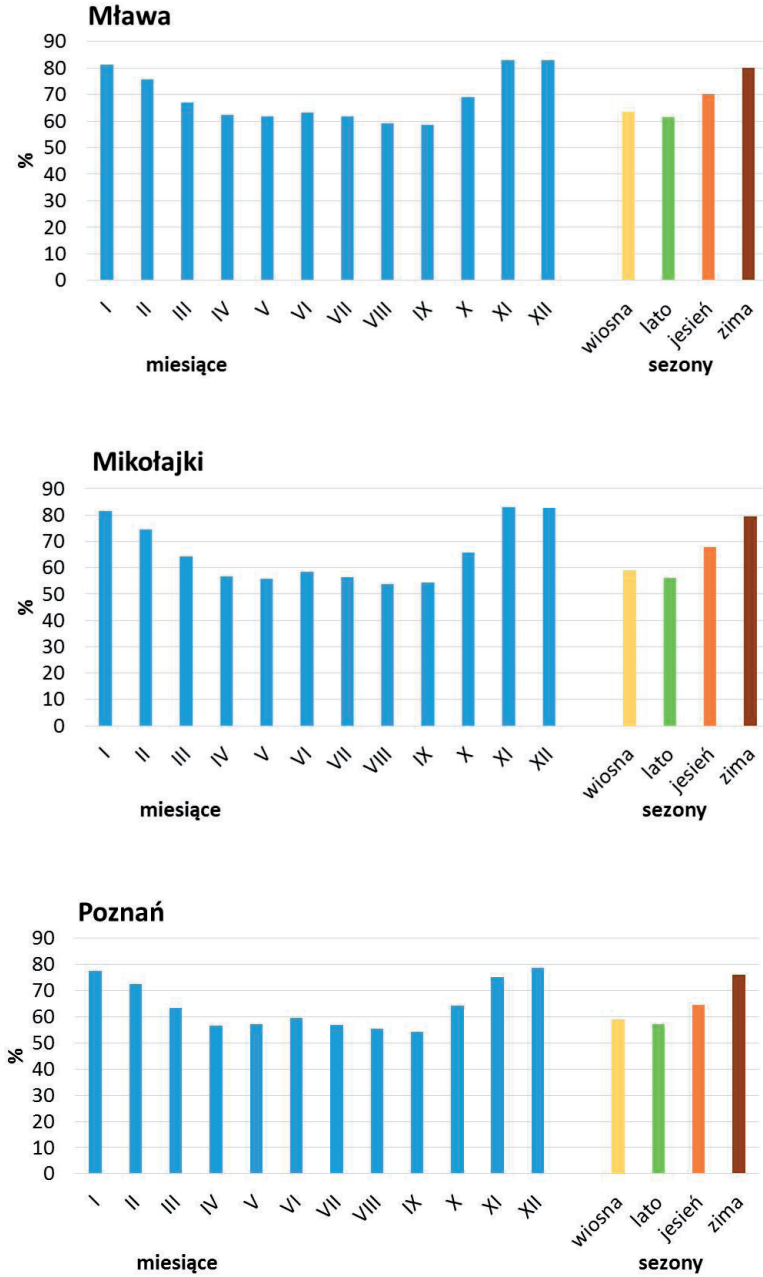




Ryc. 2. Przebieg wieloletni średniego rocznego zachmurzenia w Polsce w wybranych stacjach w latach 2001–2016

Fig. 2. Multiannual course of mean cloudiness in Poland and the selected stations in years 2001–2016





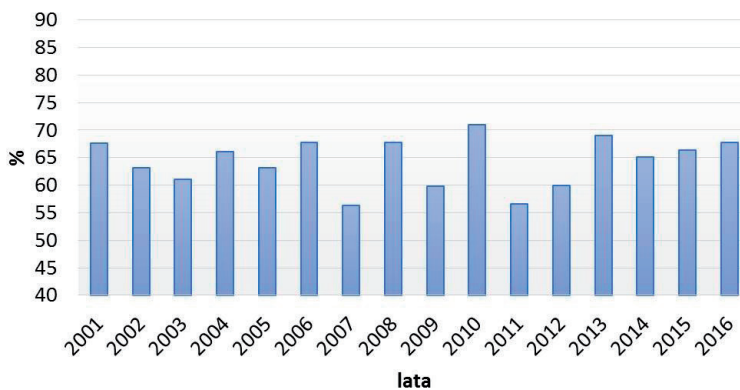
Ryc. 3. Przebieg roczny zachmurzenia w Polsce i w wybranych stacjach w latach 2001–2016 – ujęcie miesięczne i sezonowe

Fig. 3. Annual course of cloudiness in Poland and selected stations in years 2001–2016 – monthly and seasonal approach

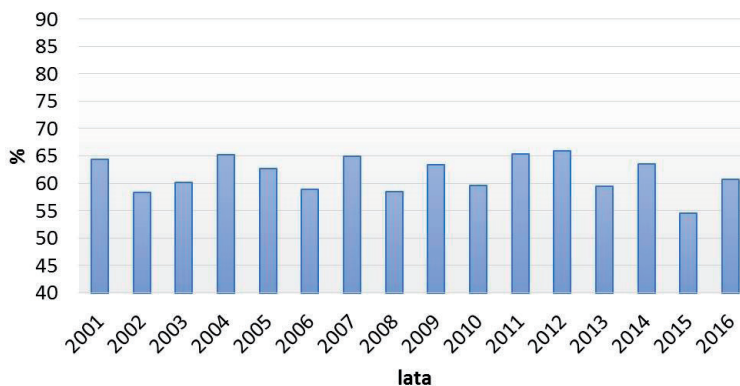
W analizowanych stacjach przebieg zachmurzenia jest podobny. W przypadku sezonów najmniejszym zachmurzeniem w Polsce oraz na poszczególnych stacjach charakteryzuje się lato (55–61%), natomiast największym zima (76–80%) (ryc. 3). Kraków wyróżnia się najmniejszym zachmurzeniem w sierpniu (50%) oraz największym w styczniu (78%). W Kołobrzegu zachmurzenie stopniowo maleje od stycznia aż do lipca, kiedy osiąga swoje minimum – 58%, a następnie wzrasta aż do 80% w grudniu. W Mławie największe w ciągu roku zachmurzenie przypada na listopad i wynosi 82%, a najmniejsze na wrzesień – 59%. Stacja w Mikołajkach charakteryzuje się największą amplitudą roczną średniego zachmurzenia. Najmniejsze zachmurzenie występuje w sierpniu – 54%, natomiast największe w listopadzie – 83%. Największe zachmurzenie w Poznaniu odnotowano w grudniu (79%), a najmniejsze we wrześniu (54%).

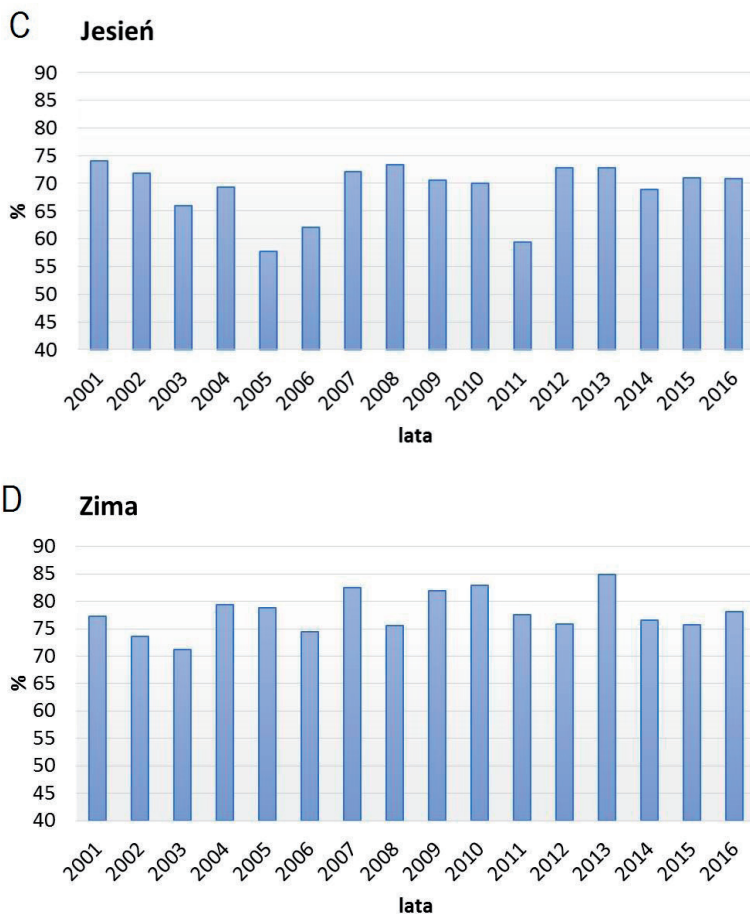
Przebieg wieloletni sezonowych wielkości zachmurzenia jest zróżnicowany (ryc. 4). Zachmurzenie w sezonie wiosennym zmieniało się od 55% do 71% (ryc. 4A). Największe zachmurzenie wiosną wystąpiło w 2010 r. i wyniosło 71%,

A Wiosna



B Lato





Ryc. 4. Przebieg wieloletni zachmurzenia w Polsce w sezonie wiosennym (A), letnim (B), jesiennym (C) oraz zimowym (D) w latach 2001–2016

Fig. 4. Multiannual course of cloudiness in Poland in spring (A), summer (B), autumn (C) and winter (D) seasons in years 2001–2016

a najmniejsze było w 2007 r. – 56%. Średnie zachmurzenie nieba w sezonie letnim wynosiło od 55% do 66% (ryc. 4B). W 2015 r. odnotowano najmniejsze (55%), a w roku 2012 największe zachmurzenie (66%). Jesienią zachmurzenie wahało się od 58% do 74% (ryc. 4C). Jest to okres o największym zróżnicowaniu zachmurzenia w wieloleciu. W 2001 r. wystąpiło największe zachmurzenie (74%), natomiast w 2005 r. najmniejsze (58%). Średnie zachmurzenie zimą wahało się od 70% do 85% (ryc. 4D). Najmniejsze wystąpiło w 2003 r. (71%), a największe w roku 2013 (85%).

Największa zmienność zachmurzenia występuje w maju (odchylenie standardowe 3,8%, współczynnik zmienności 6,5%), a najmniejsza w lutym (odchylenie

standardowe 2,6%, współczynnik zmienności 3,6%) (tab. 1). Skrajnie duże miesięczne zachmurzenie zanotowano w lutym 2013 r. (90%), natomiast skrajnie małe w kwietniu 2009 r. (37%). Największe zachmurzenie w ciągu roku stwierdzono w 2010 r. (79%), natomiast najmniejsze (53%) w 2003 r. W ujęciu sezonowym największa zmienność zachmurzenia wystąpiła wiosną (odchylenie standardowe 3,2%, współczynnik zmienności 5,3%), a najmniejsza zimą (odchylenie standardowe 2,6%, współczynnik zmienności 3,4%). Największe zachmurzenie odnotowano zimą w 2013 r. (89%), a najmniejsze wiosną w 2011 r. (44%).

Tabela 1. Odchylenie standardowe, współczynnik zmienności oraz skrajne miesięczne, sezonowe i roczne zachmurzenie w Polsce w latach 2001–2016

Table 1. Monthly, seasonal and annual values of standard deviation, coefficient of variation, and extreme cloudiness in Poland in years 2001–2016

Miesiąc	Odchylenie standardowe	Współczynnik zmienności	Największe		Najmniejsze	
			[%]	data	[%]	data
I	2,9	3,7	87	2013	68	2006
II	2,6	3,6	90	2013	60	2003
III	2,6	4,1	79	2009	56	2011
IV	3,5	5,9	74	2001	37	2009
V	3,8	6,5	80	2010	52	2001
VI	3,7	6,1	72	2009	50	2008
VII	3,1	5,3	74	2011	40	2006
VIII	3,3	5,8	75	2006	44	2015
IX	2,8	5,0	79	2001	40	2006
X	2,6	4,0	83	2016	46	2005
XI	3,7	4,7	86	2010	60	2011
XII	3,1	3,9	88	2005	68	2002
Wiosna III–V	3,2	5,3	77	2013	44	2011
Lato VI–VIII	3,1	5,3	72	2004	47	2002
Jesień IX–XI	2,6	3,9	80	2008	50	2005
Zima XII–II	2,6	3,4	89	2013	59	2003
Rok I–XII	2,5	3,8	79	2010	53	2003

Zmienność wielkości zachmurzenia w ciągu dnia w Polsce w latach 2001–2016

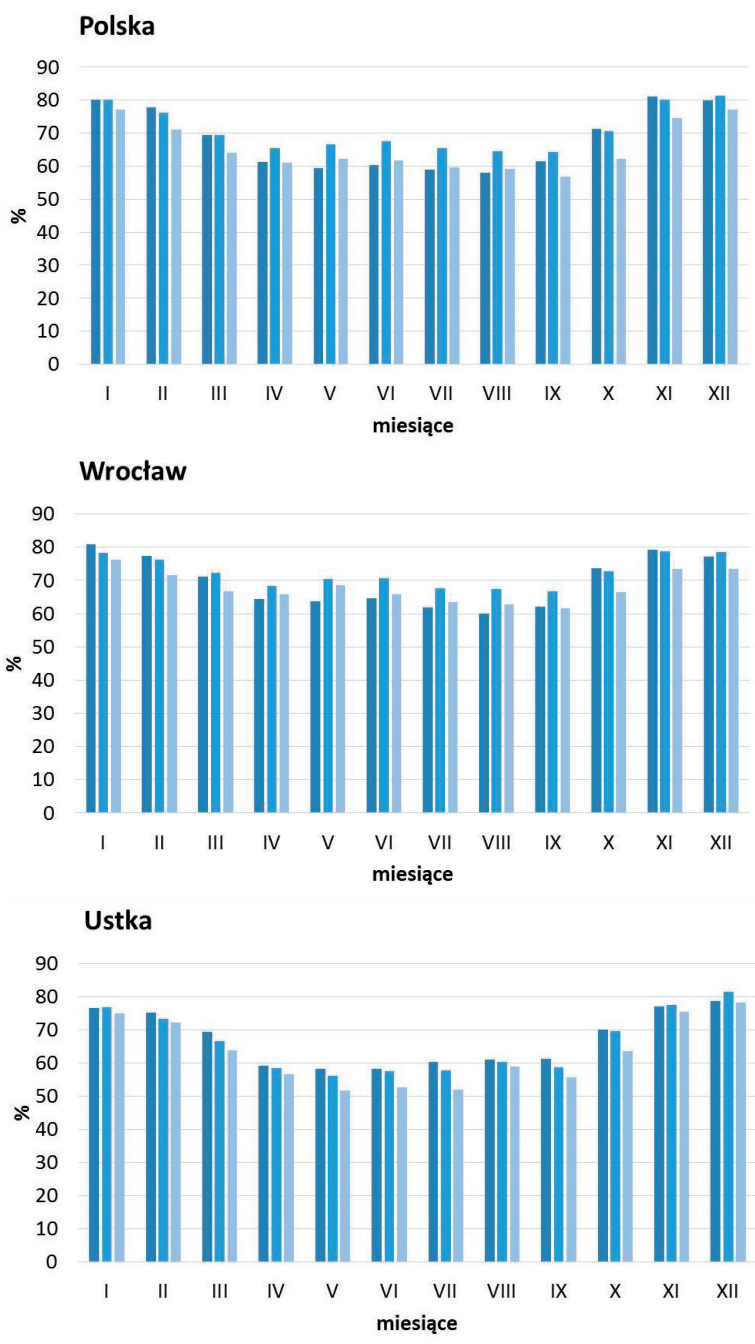
Przebieg dzienny zachmurzenia wyznaczono na podstawie serii obserwacji wykonanych w trzech terminach: 6, 12 i 18 UTC. Na rycinie 5 przedstawiono przebieg roczny zachmurzenia w tych terminach w latach 2001–2016 w Polsce

oraz na pięciu wybranych stacjach położonych w różnych rejonach Polski. Największe zachmurzenie w Polsce występowało o godzinie 12 UTC w okresie od kwietnia do września (64–68%), a o godzinie 6 i 18 UTC zachmurzenie nieznacznie różniło się (58–60%). W półroczu chłodnym najmniejsze zachmurzenie występowało o godzinie 18 UTC, natomiast największe o 12 UTC. We Wrocławiu od marca do września zachmurzenie było największe o godzinie 12 UTC, natomiast najmniejsze o 6 UTC. Od października do lutego największe zachmurzenie odnotowano o 6 i 12 UTC. O godzinie 18 UTC pokrycie nieba przez chmury było najmniejsze. Na stacji w Ustce w ciągu prawie całego roku przebieg zachmurzenia w poszczególnych terminach był podobny. We wszystkich miesiącach – poza listopadem i grudniem – najwyższe wartości przypadały na godzinę 6 UTC, następnie zachmurzenie stopniowo malało i było najmniejsze o 18 UTC. Wyjątek stanowiły listopad i grudzień, kiedy o godzinie 12 UTC pokrywa chmur była nieco większa niż w innych miesiącach roku. Stacja w Toruniu charakteryzowała się przewagą zachmurzenia o 12 UTC w ciągu prawie całego roku. W lutym zachmurzenie o 6 UTC było największe w ciągu dnia, a w listopadzie o 6 i 12 UTC wielkości były takie same. W Terespolu występowały największe różnice w wielkości zachmurzenia między godzinami 6 i 12 UTC od maja do sierpnia. Różnice wynosiły około 13–15%. W ciągu całego roku największe zachmurzenie występowało o 12 UTC. Jedynie w lutym zachmurzenie o godzinie 6 i 12 UTC było takie samo. Od kwietnia do sierpnia najmniejsze zachmurzenie było o godzinie 6 UTC, a od września do marca o 18 UTC. Na stacji w Gorzowie Wielkopolskim największe zachmurzenie występowało o godzinie 12 UTC. Wyjątek stanowił luty – zachmurzenie o 6 UTC było największe w ciągu dnia. Od kwietnia do sierpnia przebieg dobowy oraz wartości zachmurzenia w danych godzinach były prawie jednakowe. Charakterystyczny był wzrost zachmurzenia o 12 UTC oraz podobna wielkość o 6 i 18 UTC.

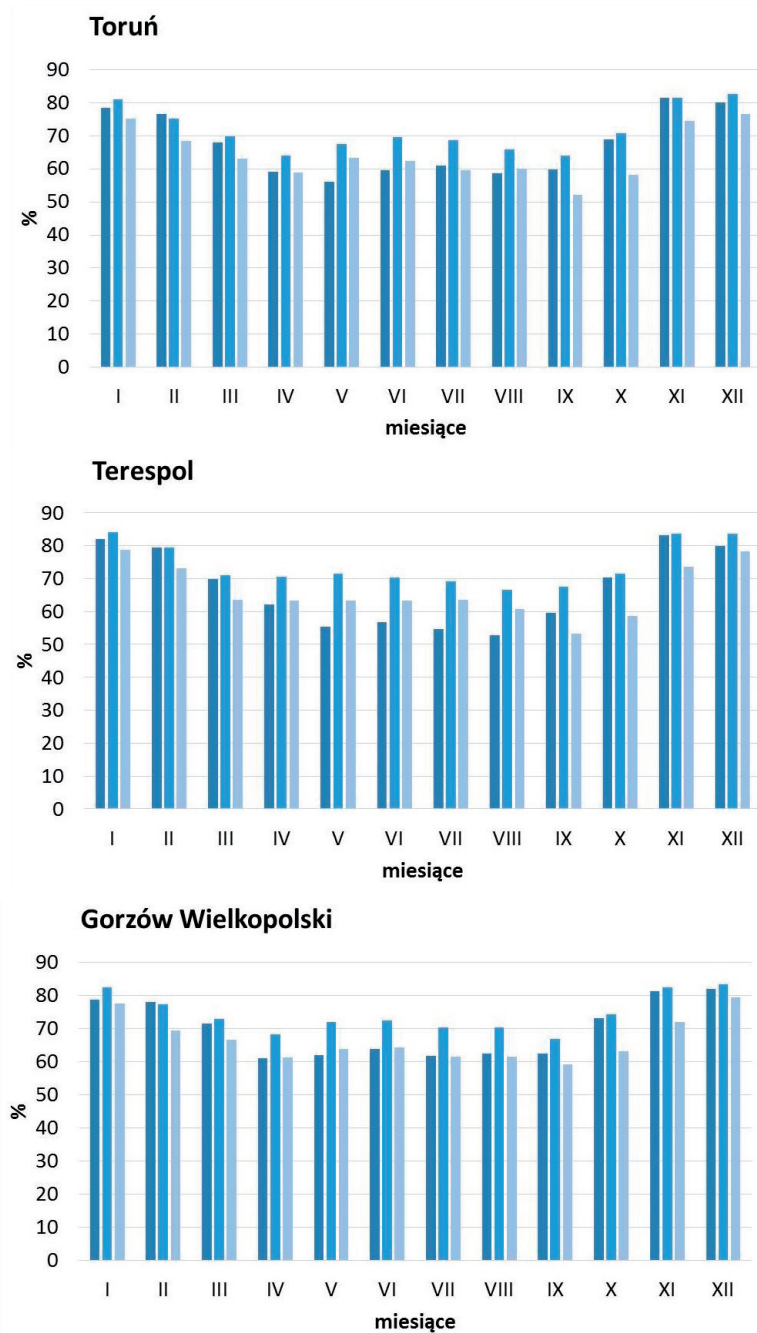
Zróżnicowanie przestrzenne zachmurzenia w Polsce w latach 2001–2016

Średnie roczne zachmurzenie na obszarze Polski jest zróżnicowane przestrzennie (ryc. 6). Największe zachmurzenie (70–73%) występowało na obszarze północnej i północno-zachodniej Polski oraz na terenie Niziny Południow Wielkopolskiej, Niziny Śląskiej i Wyżyny Małopolskiej. Najmniejsze zachmurzenie (64–67%) odnotowano w rejonie Pobrzeża Szczecińskiego, w okolicach Poznania, Warszawy oraz na obszarach podkarpackich.

Na ryc. 7 jest widoczne zróżnicowanie przestrzenne zachmurzenia w poszczególnych porach roku. Wiosną największe zachmurzenie (68–72%) stwierdzono na obszarze Niziny Śląskiej, Wyżyny Małopolskiej, Wyżyny Lubelskiej, Pojezierza Drawskiego oraz Pojezierza Olsztyńskiego (ryc. 7A). Najmniejsze

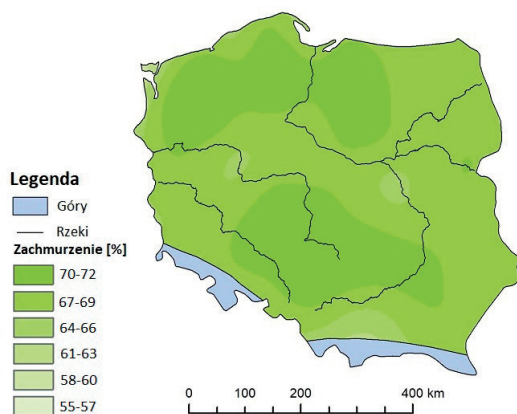


■ 6 UTC ■ 12 UTC ■ 18 UTC



Ryc. 5. Przebieg roczny zachmurzenia w trzech terminach obserwacyjnych 6 UTC, 12 UTC, 18 UTC w Polsce i w wybranych stacjach w latach 2001–2016

Fig. 5. Annual course of cloudiness in three observation terms 6 UTC, 12 UTC, 18 UTC in Poland and selected stations in years 2001–2016



Ryc. 6. Rozkład przestrzenny średniego rocznego zachmurzenia w Polsce w latach 2001–2016

Fig. 6. Mean annual cloudiness distribution in Poland in years 2001–2016

zachmurzenie (60–64%) wystąpiło na pobrzeżach Szczecińskim, Koszalińskim i Gdańskim, Pojezierzu Wielkopolskim, Nizinie Mazowieckiej, pogórzach Śląskim i Wielickim oraz w północno-wschodniej części Polski.

Najmniejsze zachmurzenie w ciągu roku występuje latem (56–60%) na pogórzach Śląskim i Wielickim, w okolicach Warszawy oraz w północno-wschodniej części Polski (ryc. 7B). Największe wartości zachmurzenia (64–68%) charakterystyczne są dla obszaru północnej i północno-zachodniej Polski, Niziny Południowowielkopolskiej, Niziny

Śląskiej oraz Wyżyny Małopolskiej.

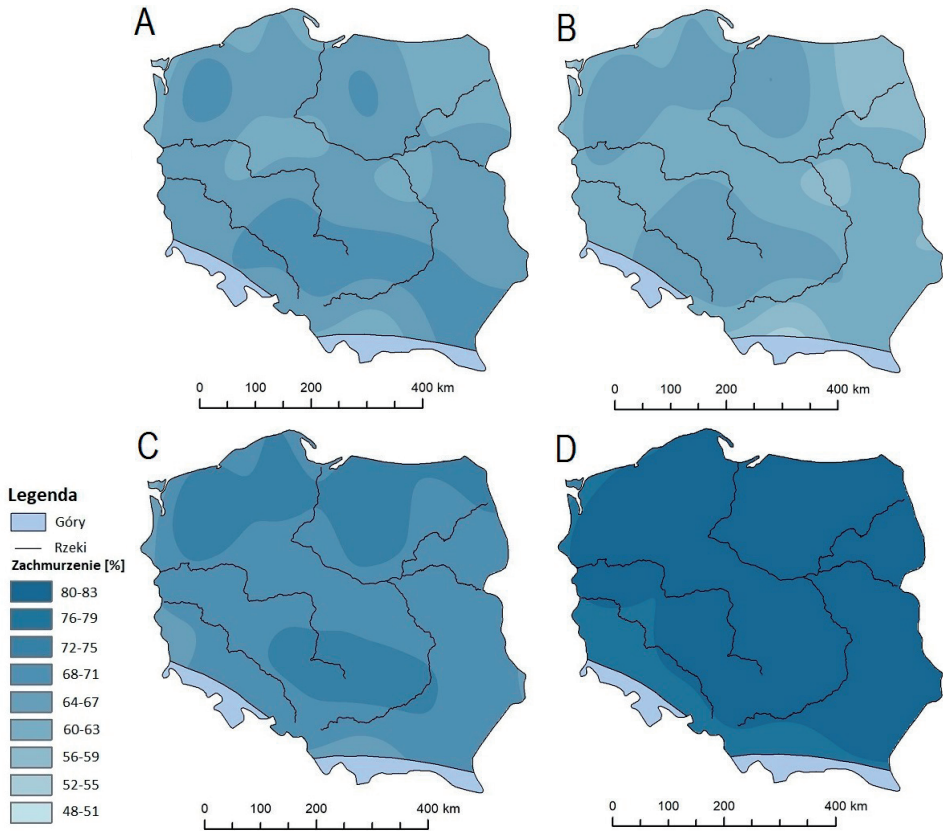
Jesienią największe średnie zachmurzenie występuje na północy Polski oraz na Wyżynie Małopolskiej (72–76%) (ryc. 7C). Najmniej zachmurzone jest Pogórze Śląskie i Pogórze Wielickie oraz Nizina Śląsko-Łużycka (64–68%).

W sezonie zimowym na większej części terytorium Polski przeważa zachmurzenie 80–83%. Wyjątek stanowi Pobrzeże Szczecińskie oraz Dolny Śląsk, Przedgórze Sudeckie i Podkarpacie, gdzie zachmurzenie wynosi 76–80% (ryc. 7D).

Nefologiczne dni charakterystyczne w Polsce w latach 2001–2016

W tabeli 2 przedstawiono roczny rozkład średniej liczby nefologicznych dni charakterystycznych w Polsce w latach 2001–2016. W Polsce najczęściej w ciągu roku występuje dni pochmurnych – 150 (tab. 2). Najczęściej odnotowuje się je w grudniu i styczniu (po 21 dni), najrzadziej w sierpniu (6 dni). Dni bezchmurne charakteryzują się najmniejszą liczbą (4 dni). Średnio 34 razy w roku występują dni pogodne. Najwięcej ich stwierdzono we wrześniu (5 dni), a najmniej w listopadzie, grudniu i styczniu (po 1 dniu). Dni z całkowitym zachmurzeniem są charakterystyczne głównie dla sezonu zimowego – grudzień i styczeń (po 5 dni). W okresie letnim nie występują. W ciągu roku średnio jest 26 dni z całkowitym zachmurzeniem.

W Polsce stosunkowo rzadko występuje niebo bezchmurne w poszczególnych terminach obserwacyjnych (ryc. 8A). Od kwietnia do września najczęściej



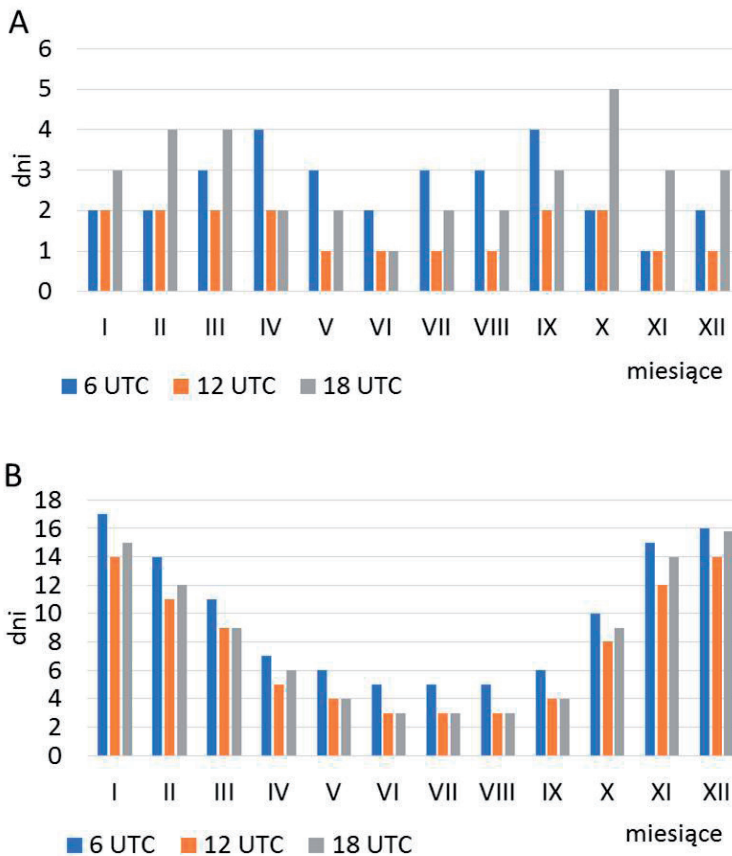
Ryc. 7. Rozkład przestrzenny zachmurzenia w Polsce w sezonie wiosennym (A), letnim (B), jesiennym (C) i zimowym (D) w latach 2001–2016

Fig. 7. Cloudiness distribution in Poland in spring (A), summer (B), autumn (C) and winter (D) in years 2001–2016

Tabela 2. Średnia roczna liczba dni bezchmurnych, pogodnych, pochmurnych i z całkowitym zachmurzeniem na terenie Polski w latach 2001–2016

Table 2. Mean annual number of cloudless, clear, cloudy and overcast days in Poland in years 2001–2016

Dni	Miesiące												Rok I–XII
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Bezchmurne	0	1	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	4
Pogodne	1	2	4	4	3	2	3	3	5	3	1	1	34
Pochmurne	21	17	13	9	8	8	7	6	8	13	19	21	150
Z całkowitym zachmurzeniem	5	4	2	1	1	0	0	0	1	2	4	5	26



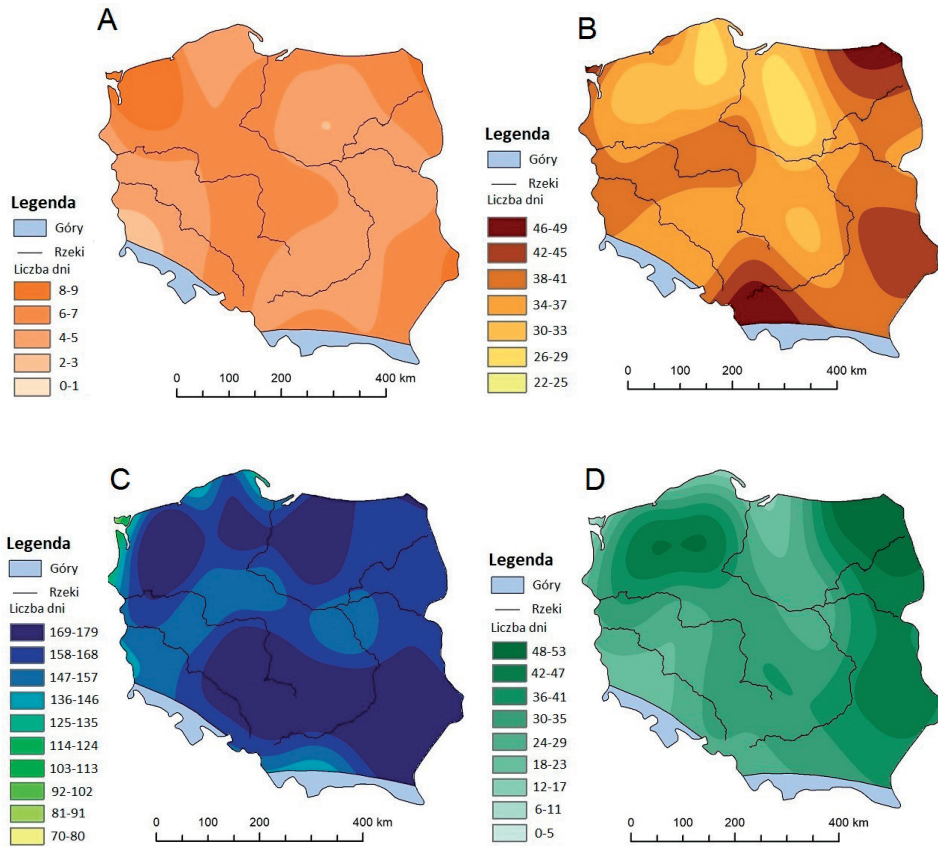
Ryc. 8. Niebo bezchmurne (A) i całkowicie zachmurzone (B) w poszczególnych terminach obserwacyjnych w ciągu roku w Polsce (2001–2016)

Fig. 8. Cloudless (A) and overcast sky (B) in specified observation terms in a year in Poland (2001–2016)

sytuacja taka występowała o godzinie 6 UTC (2–4 dni). Od października do marca niebo bezchmurne przeważało głównie o 18 UTC (3–5 dni). W ciągu całego roku bezchmurne niebo najrzadziej było o godzinie 12 UTC. Całkowicie zachmurzone niebo najczęściej występowało od października do marca o godzinie 6 UTC (10–17 dni) (ryc. 8B). Rzadziej stwierdzono je w sezonie wiosenno-letnim o godzinie 12 i 18 UTC (3–6 dni).

Na Nizinie Szczecińskiej, na Pojezierzu Litewskim oraz we wschodniej części Wyżyny Lubelskiej dni bezchmurne występują najczęściej (8–10 dni), natomiast na Nizinie Śląsko-Lużyckiej i Pojezierzu Olsztyńskim najrzadziej (0–2 dni) (ryc. 9A).

Największą liczbę dni pogodnych stwierdzono na Pobrzeżu Szczecińskim, Wyżynie Śląskiej i północnym zachodzie Polski (46–50 dni) (ryc. 9B). Naj-



Ryc. 9. Rozkład przestrzenny średniej liczby dni bezchmurnych (A), pogodnych (B), pochmurnych (C) i z całkowitym zachmurzeniem (D) w Polsce w latach 2001–2016

Fig. 9. Distribution of mean number of cloudless (A), clear (B), cloudy (C) and overcast (D) days in Poland in years 2001–2016

mniej występuje ich na Pojezierzu Koszalińskim i Pojezierzu Mazurskim (26–30 dni).

W przypadku dni pochmurnych (ryc. 9C) najczęściej obserwuje się je na Nizinie Południowowielkopolskiej, Wyżynie Małopolskiej i Wyżynie Lubelskiej, Pojezierzu Pomorskim, Pojezierzu Koszalińskim i w zachodniej części Pojezierza Mazurskiego oraz na Suwalszczyźnie (169–180 dni). Najmniejszą liczbę dni pochmurnych odnotowuje się na Pobrzeżu Szczecińskim (92–103 dni).

Dni z całkowitym zachmurzeniem najczęściej (48–54) w ciągu roku występują w północno-wschodniej części Polski oraz na Pojezierzu Pomorskim (ryc. 9D). Najmniej takich dni występuje na pobrzeżach Gdańskim i Szczecińskim (12–18 dni).

DYSKUSJA I WNIOSKI

W latach 2001–2016 w Polsce największe średnie zachmurzenie wystąpiło w 2010 r. (75%), a najmniejsze w 2003 r. (64,5%). Zachmurzenie charakteryzowało się dużą zmiennością z roku na rok. W przebiegu rocznym stwierdzono zmniejszenie zachmurzenia w okresie wiosenno-letnim oraz wzrost w czasie jesienno-zimowym. Potwierdzają to wcześniejsze analizy zachmurzenia w Polsce (Matuszko 1997, 2007; Gluza i Kaszewski 2007; Wibig 2008; Woś 2010; Okoniewska 2016). Sytuacja ta wiąże się z występowaniem pogody pochmurnej z zachmurzeniem warstwowym w chłodnej połowie roku oraz ze zwiększoną częstością pogody wyżowej i związanym z tym zachmurzeniem konwekcyjnym bez chmur warstwowych w cieplej połowie roku (Okołowicz 1962). Do przebiegu rocznej wielkości zachmurzenia nawiązuje roczny przebieg udziału chmur frontowych w zachmurzeniu ogólnym (Żmudzka 2007c). Wzrost wielkości zachmurzenia latem jest głównie wynikiem układu ciśnienia nad Polską i Europą Środkową oraz napływu mas powietrza z zachodu (Żmudzka 2007a), który nasilił się w drugiej połowie XX w. (Degirmendžić i in. 2004).

Największe zachmurzenie w latach 2001–2016 wystąpiło w Chojnicach. W latach 1951–2000 największe zachmurzenie stwierdzono również na Pojezierzu Pomorskim oraz w zachodniej części Pobrzeża Słowińskiego (Żmudzka 2007c; Woś 2010). Najmniejsze zachmurzenie odnotowano w Świnoujściu, było ono o 10–15% mniejsze od średniego w Polsce.

Dzienna zmienność zachmurzenia jest największa w okresie letnim. W tym właśnie czasie największe zachmurzenie (60–70%) występuje o godzinie 12 UTC, co jest spowodowane rozwojem w ciągu dnia konwekcji na skutek nagrzewania się powierzchni ziemi pod wpływem największego dopływu promieniowania słonecznego. Okres zimowy charakteryzuje się większą stabilnością zachmurzenia (Woś 2010; Okoniewska 2016) oraz największym średnim zachmurzeniem w ciągu roku (Warakomski, 1969). Niebo bezchmurne w analizowanym okresie najczęściej można było obserwować od października do marca. Najczęściej notowano niebo bez chmur w latach 1951–1960 w przypadku zalegania nad Polską masy powietrznej polarno-kontynentalnej, głównie wiosną, ale również jesienią i zimą (Warakomski 1969).

W przebiegu dziennym w okresie letnim występują znaczne różnice zachmurzenia między stacjami położonymi w różnych częściach Polski. Terespol charakteryzuje się dużym wzrostem zachmurzenia w ciągu dnia, do maksimum o godzinie 12 UTC, natomiast w Ustce występują niewielkie zmiany zachmurzenia. Przebieg dobowy w latach 1951–2000 w Polsce odznaczał się największym zachmurzeniem w nocy i nad ranem w okresie zimowym oraz po południu w sezonie letnim (Woś 2010).

Liczba nefologicznych dni charakterystycznych jest zróżnicowana w Polsce w poszczególnych porach roku, co wiąże się z cyrkulacją atmosferyczną. Według Żmudzkiej (2007b) bezpośrednim oddziaływaniem cyrkulacji można wyjaśnić do 80% zmienności wielkości zachmurzenia. Bezchmurne i pogodne dni związane są z antycyklonalnymi typami cyrkulacji atmosfery i napływem mas powietrza z południowego wschodu, natomiast dni z całkowitym zachmurzeniem występują przede wszystkim w czasie cyrkulacji cyklonalnej (Tamulewicz 2000; Żmudzka 2005; Szyga-Pluta 2015).

Wieloletnie różnokierunkowe tendencje zmian wielkości zachmurzenia, wskazane we wcześniejszych publikacjach wspomnianych we wstępie, wpływają na nieznaczną zmianę różnicowania przestrzennego zachmurzenia w Polsce. Rozkład otrzymany na podstawie danych z lat 2001–2016 potwierdza główne cechy różnicowania zachmurzenia nad obszarem Polski, otrzymanego przez innych autorów na podstawie różnych okresów w XX w., np. 1961–1990 (Adamczyk i Ustrnul 2006), 1971–2000 (Lorenc, red. 2005; Filipiak i Miętus 2007), 1951–2000 (Żmudzka 2007c), 1951–2000 (Woś 2010). Widoczne jest zwiększone zachmurzenie głównie nad północno-zachodnią Polską oraz w pasie wyżyn. Wiąże się to z ukształtowaniem terenu, przemieszczaniem i wznoszeniem mas powietrza sprzyjającym kondensacji pary wodnej i rozwojowi zachmurzenia (Okołowicz 1962).

Na podstawie przeprowadzonej analizy wyróżniono kilka cech dobowego, rocznego i wieloletniego przebiegu zachmurzenia w Polsce:

- mniejsze zachmurzenie w okresie wiosenno-letnim oraz większe w sezonie jesienno-zimowym,
- większe zróżnicowanie dobowe zachmurzenia latem niż zimą,
- największe wartości zachmurzenia występują w ciągu dnia (12 UTC),
- najbardziej zachmurzonym miesiącem jest grudzień (79%), natomiast najmniej sierpień (56%),
- największym zachmurzeniem w Polsce charakteryzuje się Pojezierze Pomorskie, natomiast najmniejszym Pobrzeże Szczecińskie.

LITERATURA

- Adamczyk R., Ustrnul Z., 2006: *Rola cyrkulacji atmosferycznej w kształtowaniu zachmurzenia na obszarze Polski*, Ann. UMCS, Sec. B, 59(1), 15–23.
- Bartok B., Imecs Z., 2012: *Verification of statistical cloudiness estimations for Europe*, Aerul și Apa. Componente ale Mediului, numer?? 289–296.
- Boucher O., Randall D., Artaxo P., Bretherton C., Feingold G. Forster P., Zhang X.Y., 2013: *Clouds and aerosols*, [w:] T.F. Stocker, D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Doschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex, P.M. Midgley (eds), *Climate Change 2013*, The Physical Science Basis, Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge Univ. Press, 571–657.
- Degirmendžić J., Kożuchowski K., Żmudzka E., 2004: *Changes of air temperature and precipi-*

- tation in Poland in the period 1951–2000 and their relationship to atmospheric circulation*, Internat. Journ. of Clim., 24, 3, 291–310.
- Filipiak J., Miętus M., 2009: *Spatial and temporal variability of cloudiness in Poland, 1971–2000*, Internat. Journ. of Clim., 29, 1294–1311.
- Gluza A.F., Kaszewski B.M., 2007: *Wieloletnie zmiany zachmurzenia ogólnego w Lublinie (1947–2005)*, [w:] K. Piotrowicz, R. Twardosz (red.), *Wahania klimatu w różnych skalach przestrzennych i czasowych*, UJ, Kraków, 355–364.
- IPCC, 2007: *Climate Change 2007*, [w:] S. Solomon, D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor, H.L. Miller (eds), *The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Cambridge Univ. Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- Lorenc H. (red.), 2005: *Atlas klimatu Polski*, IMGW, Warszawa.
- Matuszko D., 1992: *Wpływ cyrkulacji atmosfery na zachmurzenie w Krakowie*, [w:] A. Marsz, A. Styszyńska (red.), *Oscylacja Północnego Atlantyku i jej rola w kształtowaniu zmienności warunków klimatycznych i hydrologicznych Polski*, Akad. Morska w Gdyni, Gdynia, 141–146.
- Matuszko D., 1997: *Okresy o największym i najmniejszym zachmurzeniu w Krakowie w latach 1906–1995*, [w:] *Ekstremalne zjawiska meteorologiczne, hydrologiczne i oceanograficzne*, Symp. Jubileuszowe PTGeof., Warszawa, 103–106.
- Matuszko D., 2003: *Cloudiness changes in Cracow in the 20th century*, Internat. Journ. of Clim., 23, 975–984.
- Matuszko D., 2007: *Zmienność zachmurzenia na podstawie krakowskiej serii obserwacyjnej (1863–2005)*, [w:] K. Piotrowicz, R. Twardosz (red.), *Wahania klimatu w różnych skalach przestrzennych i czasowych*, UJ, Kraków, 347–354.
- Matuszko D., Węglarczyk S., 2018: *Long-term variability of the cloud amount and cloud genera and their relationship with circulation (Kraków, Poland)*, Internat. Journ. of Clim., doi.org/10.1002/joc.5445.
- Niedźwiedz T., Ustrnul Z., 1989: *Wpływ sytuacji synoptycznych na kształtowanie się zachmurzenia w Hornsundzie*, XVI Symp. Polarne, Wyd. UMK w Toruniu, Toruń, 158–160.
- Okołowicz W., 1962: *Zachmurzenie Polski*, Pr. Geogr., 34.
- Okoniewska M., 2016: *Dobowy przebieg zachmurzenia w Polsce w kolejnych dekadach roku (na przykładzie lat 1990–2000)*, Journ. of Ed., Health and Sport, 6(10), 730–740.
- Stenz E., 1952: *Zachmurzenie Polski*, Przegl. Meteor. i Hydrol., 1–2, 69–81.
- Szyga-Pluta K., 2002: *Częstość występowania rodzajów chmur w Polsce Północno-Zachodniej*, ad rem, Poznań.
- Szyga-Pluta K., 2015: *Circulation influence on cloudiness in Poznań*, Quaes. Geograph., 34, 3, 141–149.
- Tamulewicz J., 2000: *Zachmurzenie nieba w Poznaniu na tle typów cyrkulacji atmosfery*, Bad. Fizjograf. na Pol. Zach., Ser. A – Geogr. Fiz., 51, 133–146.
- Warakomski W., 1961: *Częstotliwość występowania rodzajów chmur w Polsce w okresie 1950–1959*, Ann. UMCS, Ser. B, 7, 11, 207–256.
- Warakomski W., 1969: *Zachmurzenie i rodzaj chmur w zależności od mas powietrza w Polsce*, UMCS, Lublin [rozpr. hab.].
- Wibig J., 2008: *Cloudiness variations in Łódź in the second half of the 20th century*, Internat. Journ. of Clim., 28(4), 479–491.
- Woś A., 2010: *Klimat Polski w drugiej połowie XX wieku*, Wyd. Nauk. UAM, Poznań.
- Żmudzka E., 2005: *Pole ciśnienia nad Europą i północnym Atlantykiem w sezonach i latach o anomalnym zachmurzeniu nad Polską*, Woda–Środowisko–Obszary Wiejskie, 5(14), 393–410.
- Żmudzka E., 2007a: *Cloudiness over the north-western Poland*, Quaes. Geograph., 26A, 77–85.

- Żmudzka E., 2007b: *Przyczyny cyrkulacyjne zmian zachmurzenia nad Polską (1951–2000)*, [w:] K. Piotrowicz, R. Twardosz (red.), *Wahania klimatu w różnych skalach przestrzennych i czasowych*, UJ, Kraków, 93–102.
- Żmudzka E., 2007c: *Zmienność zachmurzenia nad Polską i jej uwarunkowania cyrkulacyjne (1951–2000)*, Wyd. UW, Warszawa.
- Żmudzka E., 2012: *Nefologiczne dni charakterystyczne – różne kryteria wydzielenia i ich wpływ na wyniki badań*, *Przeł. Geofiz.*, 1, 21–33.