

Prądnik. Prace Muz. Szafera	23	53–64	2013
-----------------------------	----	-------	------

ELIGIUSZ BRZEŹNIAK

Uniwersytet Pedagogiczny im. Komisji Edukacji Narodowej w Krakowie
Instytut Geografii
ul. Podchorążych 2, 30–084 Kraków

**WPLYW CYRKULACJI ATMOSFERY NA LICZBĘ DNI
Z OPADEM W OJCOWIE**

**Influence of atmospheric circulation on the number of days
with precipitation in Ojców**

Abstract. An analysis of a multiannual number of days with precipitation and the role of atmospheric circulation in its variability is based on a twenty-year observation series (1991–2010) conducted at the measurement point Ojców-Plac Zamkowy. The investigations were focused on time variation in the number of days with precipitation at different intervals of daily precipitation totals. This variation can be found by determining the average and extreme values and the frequency of their occurrence. The types of circulation were adopted after the classification made by T. Niedźwiedź (2011). In Ojców, the number of days with precipitation, mainly during warm half-yearly periods, was connected chiefly with cyclonic situations, especially with the circulation from the west and north-west (W+NWa and W+NWc), and the circulation of changeable advection directions (Cc+Bc). Altogether, they generated 54.9% of days with precipitation.

Key words: days with precipitation, atmospheric circulation, Prądnik Valley, Ojców

WSTĘP

Opady atmosferyczne są powszechnie uznawane za najbardziej niestabilny element klimatu. Oznaką tej ich cechy są wahania w różnych skalach czasowych, a wyrażają je, między innymi, częstości opadów o zróżnicowanej wysokości, zaś ważnym wskaźnikiem je charakteryzującym jest liczba dni z opadem.

Dotychczasowe analizy warunków pluwialnych rejonu Ojcowa wskazują na specyfikę ich struktury w tej części Doliny Prądnika (Brzeźniak 2009a). Jednakże pomimo zwiększonego zainteresowania w ostatnich latach chwiejnością opadów, nie podjęto prób szczegółowego określenia zmienności liczby dni z opadem i ich uwarunkowań cyrkulacyjnych w wieloleciu (Klein 1974; Brzeźniak 2009a, 2009b; Brzeźniak, Partyka 2008).

Opracowanie dotyczy jedynie fragmentu Wyżyny Krakowskiej, reprezentowanej przez najbardziej urozmaiconą morfologicznie część Ojcowskiego Parku Narodowego – środkowe partie Doliny Prądnika. Zgodnie z regionalizacją częstości dni z opadem dokonaną przez B. Olechnowicz-Bobrowską (1970), obszar ten należy zaliczyć do typu Wyżyn i Kotlin (B), Regionu Małopolski (B₃). Charakterystyczną jego cechą jest równy w okresie wegetacyjnym udział dni z opadem bardzo słabym (0,1–1,0 mm) i słabym (1,1–5,0 mm) w ogólnej ich liczbie oraz największa liczba dni z opadem w okresie zimy.

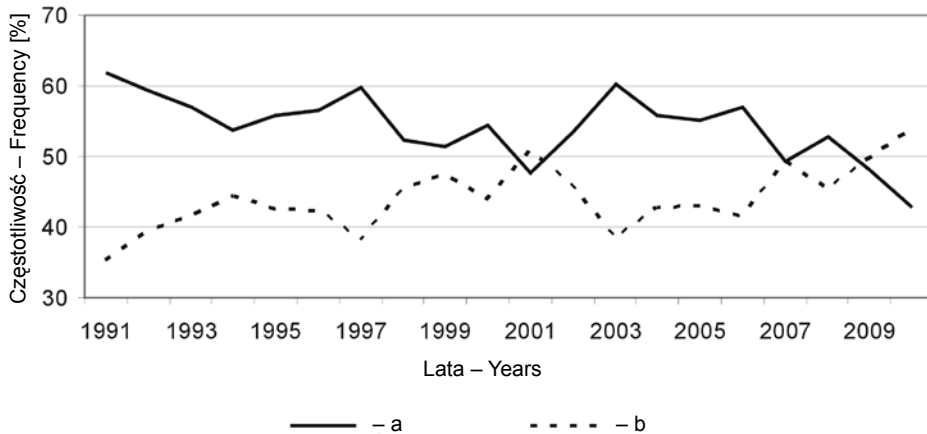
Przedmiotem opracowania jest próba ustalenia jakościowych i ilościowych cech liczby dni z opadem i ich struktury czasowej. Zdarzenia opadowe mają swoją genezę w procesach synoptycznych. Koniecznością było więc określenie wpływu cyrkulacji atmosfery na genezę i wysokość opadu. W tym przypadku w analizie uwzględniono węższe przedziały sum dobowych opadów, wykorzystanych przez B. Olechnowicz-Bobrowską (1970) w badaniach częstości liczby dni z opadem: 0,1–1,0 mm określane jako opady bardzo słabe, 1,1–5,0 mm inaczej opady słabe, 5,1–10,0 mm nazwane opadami umiarkowanymi, 10,1–20,0 mm formułowane jako opady silne oraz opady >20,0 mm czyli opady bardzo silne.

Opracowanie oparto na dwudziestoletniej serii obserwacyjnej (1991–2010) z punktu pomiarowego Ojców-Park Zamkowy, położonego na dnie Doliny Prądnika w pobliżu Muzeum im. W. Szafera Ojcowskiego Parku Narodowego ($\varphi = 50^{\circ}12'35''\text{N}$, $\lambda = 19^{\circ}49'44''\text{E}$, $H = 322$ m n.p.m.). Typy cyrkulacji przyjęto za ustaleniami dokonanymi przez T. Niedźwiedzia (2011). Zgodnie z propozycją autora katalogu, w opracowaniu uwzględniono zredukowaną liczbę do 10 typów cyrkulacji skumulowanych w dwóch grupach sytuacji: 5 antycyklonalnych (N+NEa, E+SEa, S+SWa, W+NWa, Ca+Ka) i 5 cyklonalnych (N+NEc, E+SEc, S+SWc, W+NWc, Cc+Bc). Oznaczenia dla pierwszych czterech typów określają kierunki napływu mas powietrza. Natomiast sytuacja Ca+Ka oznacza centrum wyżu bądź klin wyżowy, a Cc+Bc centrum niżu lub bruzdę cyklonalną. W analizie zmienności sum opadów wykorzystano metody statystyki opisowej tj. wartości przeciętne i ekstremalne, miary dyspersji oraz graficzne metody prezentacji wyników, stanowiące narzędzie i dokumentację przeprowadzonych analiz.

PROCESY CYRKULACYJNE

W umiarkowanych szerokościach geograficznych procesy cyrkulacyjne odznaczają się wyraźną czasową zmiennością, związaną ze zmianami pola ciśnienia nad Europą. W związku z tym dla różnych okresów cytowane są odmienne wartości wskaźników cyrkulacji. W analizowanym 20-leciu, w Polsce południowej częściej pojawiały się sytuacje antycyklonalne (54,0%) niż cyklonalne (44,3%), pozostałe 1,7% stanowiły siodła baryczne i sytuacje nie dające się zakwalifikować. Prawdopodobnie tą dokumentuje przewaga sytuacji wyżowych także w innych przedziałach czasowych, np. 15-leciu 1986–2000 (Dąbrowski i Jaguś 2003), półwieczu 1951–2000 (Brzeźniak 2005), 116-leciu 1886–2002 (Twardosz 2005).

Przebieg wieloletni ujawnił spadek częstości dni z pogodą wyżową w ostatniej dekadzie ubiegłego stulecia – od 61,9% w 1991 r. do 47,7% w 2001 r., kiedy zaznaczyła się przewaga występowania układów niżowych. Podobna tendencja zmian sytuacji wyżowych cechowała pierwszą dekadę bieżącego wieku: od maksimum w 2003 r. (60,3%) do najniższych wartości w 2009 r. (48,2%) i 2010 r. (42,7%), ze zwiększonym wówczas udziałem sytuacji cyklonalnych (ryc. 1).



Ryc. 1. Wieloletnia zmienność częstości (%) sytuacji barycznych nad Polską Południową (1991–2010): a – antycyklonalne, b – cyklonalne

Fig. 1. Multiannual variability in the frequency (%) of baric situations over southern Poland (1991–2010): a – anticyclonic, b – cyclonic

Procesy cyrkulacyjne odznaczają się wyraźną sezonowością, którą potwierdza największa częstość typów antycyklonalnych w zimie (58,1%) i jesieni (56,1%), a sytuacji cyklonalnych na wiosnę (49,5%) i latem (46,0%). W poszczególnych miesiącach najczęściej pojawiały się układy wyżowe, za wyjątkiem kwietnia i maja, w których dominowały sytuacje niżowe, z równoczesnym minimum częstości układów wyżowych (tab. 1).

Z określonymi sytuacjami barycznymi są związane kierunki splotu powietrza nad południową Polskę. Największą częstością w roku cechowały się sploty z sektora zachodniego (W+NWa i W+NWc), które pojawiały się przeciętnie przez 28,4% dni w roku. Znaczący udział miały także dni z pogodą wyżową stagnacyjną (Ca+Ka) występującą przez 15,9% dni w roku (tab. 1). Najmniejsze znaczenie w formowaniu warunków pogodowych miały sytuacje cyklonalne i związane z nimi typy cyrkulacji E+SEc oraz N+NEc. Spośród 10 typów cyrkulacji w okresie zimy największą częstością odznaczały się adwekcyjne typy z zachodu (W+NWa i W+NWc), latem i jesienią – centrum wyżu i klina antycyklonalnego (Ca+Ka), wiosną – centrum niżu i bruzda cyklonalna (Cc+Bc).

Analogiczne relacje miały miejsce w przypadku frekwencji typów cyrkulacji w ciągu roku. W miesiącach zimowych (grudzień–luty) dominowała sytuacja wyżowa W+NWa, w marcu i listopadzie sytuacja niżowa W+NWc. W kwietniu i maju najczęściej pojawiał się typ cyklonalny Cc+Bc, a w pozostałych miesiącach (czerwiec–październik) przeważały sytuacje wyżowe Ca+Ka (tab. 1).

Z określonym typem cyrkulacji jest związany napływ geograficznych rodzajów mas powietrza. W ciągu roku nad obszar Polski Południowej najczęściej napływało powietrze polarne (76,7% dni), głównie jego odmiana morska (55,4% dni). Niewielki udział w kształtowaniu warunków pogodowych miało powietrze arktyczne (8,9% dni w roku) oraz zwrotnikowe (3,1% dni). Pozostałe 11,3% dni w roku stanowiły sytuacje z adwekcją więcej niż jednego typu mas powietrza w ciągu doby.

Tabela 1. Częstość [%] typów cyrkulacji w południowej Polsce w latach 1991–2010
 Table 1. Frequency [%] of circulation types over southern Poland in the years 1991–2010

Typy cyrkulacji Circulation types	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Rok Year
N+NEa	4,8	5,8	7,9	6,0	12,3	7,8	11,1	7,1	6,5	5,6	3,2	3,5	6,8
E+SEa	10,5	7,4	13,4	13,2	9,2	5,2	6,3	9,2	11,2	8,9	10,2	8,5	9,4
S+SWa	8,1	6,2	5,5	4,8	4,2	3,8	4,2	5,5	11,2	11,8	12,8	9,7	7,3
W+NWa	25,2	20,4	13,1	6,3	8,9	15,8	11,3	12,1	13,3	14,8	14,2	18,9	14,5
Ca+Ka	16,5	13,1	14,4	15,7	13,5	18,2	19,5	20,2	15,0	17,4	12,3	15,3	15,9
N+NEc	2,7	5,3	4,0	7,7	6,8	5,8	5,0	3,9	5,8	1,9	2,5	2,1	4,4
E+SEc	3,1	3,0	3,5	7,2	5,5	5,2	2,6	5,3	4,2	3,7	3,2	5,0	4,3
S+SWc	8,1	9,9	7,1	9,8	8,9	5,5	5,2	5,3	8,7	12,7	15,2	10,6	8,9
W+NWc	14,7	16,3	16,0	9,3	11,0	12,7	16,1	13,9	12,3	13,4	15,3	15,5	13,9
Cc+Bc	5,6	11,2	12,6	17,5	16,9	17,7	17,3	16,6	10,7	8,1	10,2	9,0	12,8
X	0,8	1,4	2,6	2,5	2,9	2,3	1,5	1,0	1,2	1,6	1,0	1,8	1,7
a	65,0	52,9	54,2	46,0	48,1	50,8	52,3	54,1	57,2	58,5	52,7	55,9	54,0
c	34,2	45,7	43,2	51,5	49,0	46,9	46,2	45,0	41,7	39,8	46,4	42,2	44,3

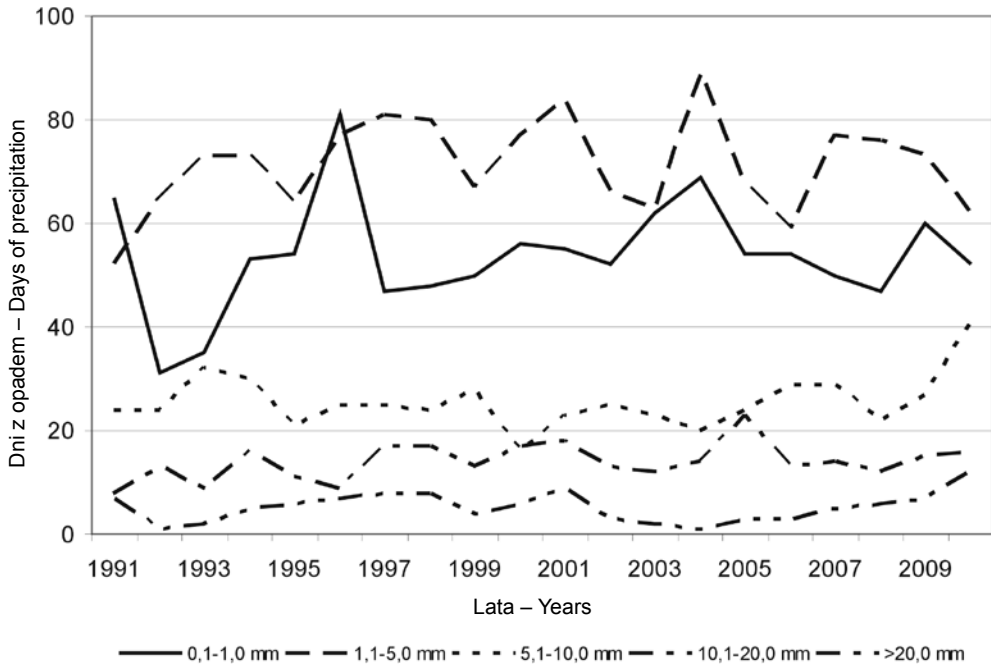
W naszych warunkach klimatycznych częstość napływu w ciągu roku wyróżnionych mas powietrza cechuje się wyraźną zmiennością. Frekwencja mas powietrza polarno-morskiego (PPm) waha się od 50,6% w okresie wiosny do 62,1% w lecie. Z kolei powietrze polarno-kontynentalne (PPk) najczęściej pojawia się jesienią (23,7%), najrzadziej latem (18,6%). Największy udział splywu mas powietrza arktycznego (PA) miał miejsce wiosną (13,0%), latem wynosił jedynie 2,3% dni. Częstość adwekcji powietrza zwrotnikowego (PZ) osiągało maksimum w miesiącach letnich (6,6%), a minimum w okresie zimy (0,2%).

Okresowe zmiany częstości występowania typów cyrkulacji dokumentują dużą dynamikę procesów cyrkulacyjnych nad Polską południową, a tym samym uwarunkowania zmienności charakterystyk opadów atmosferycznych.

STATYSTYKI LICZBY DNI Z OPADEM

W Ojcowie, w analizowanym 20-leciu roczna liczba dni z opadem, niezależnie od ich sumy dobowej, wynosiła przeciętnie 170, wahając się od 134 w 1992 r. do 199 w 1996 r. Krzywe ilustrujące przebiegi wieloletnie ujawniły w wielu okresach zgodność kierunków zmian częstości liczby dni w badanych przedziałach (ryc. 2). Równocześnie dokumentują różny zakres zmian (tj. różnica między największą i najmniejszą roczną wielkością frekwencji) ich wartości. W czterech latach badanego wielolecia tj. w 1996 r., 2001 r. 2009 r. i 2010 r. w ponad 50% ogólnej liczby dni w każdym z tych lat notowano opady atmosferyczne (tj. ≥ 182 dni). W ostatniej dekadzie XX wieku, średnio w roku w 166 dniach pojawiały się opady, natomiast w pierwszym dziesięcioleciu wieku XXI liczba takich dni w roku wynosiła przeciętnie 174.

Przyjęcie za B. Olechnowicz-Bobrowską (1970) czterech zamkniętych i jednego jednostronnie otwartego przedziałów liczby dni z opadem, pozwala na pełniejsze określenie ich zróżnicowania czasowego. W świetle ustaleń dotyczących zmienności sum dobowych



Ryc. 2. Wieloletni przebieg liczby dni z opadem w Ojcowie (1991–2010)

Fig. 2. Multiannual course of the number of days with precipitation in Ojców (1991–2010)

opadów w Krakowie, dominują opady słabe i bardzo słabe (Twardosz 2000). Analogicznie w Ojcowie przeciętnie w roku najsilniej były reprezentowane opady o sumach dobowych $\leq 5,0$ mm, które stanowiły 73,1% ogólnej liczby dni z opadem.

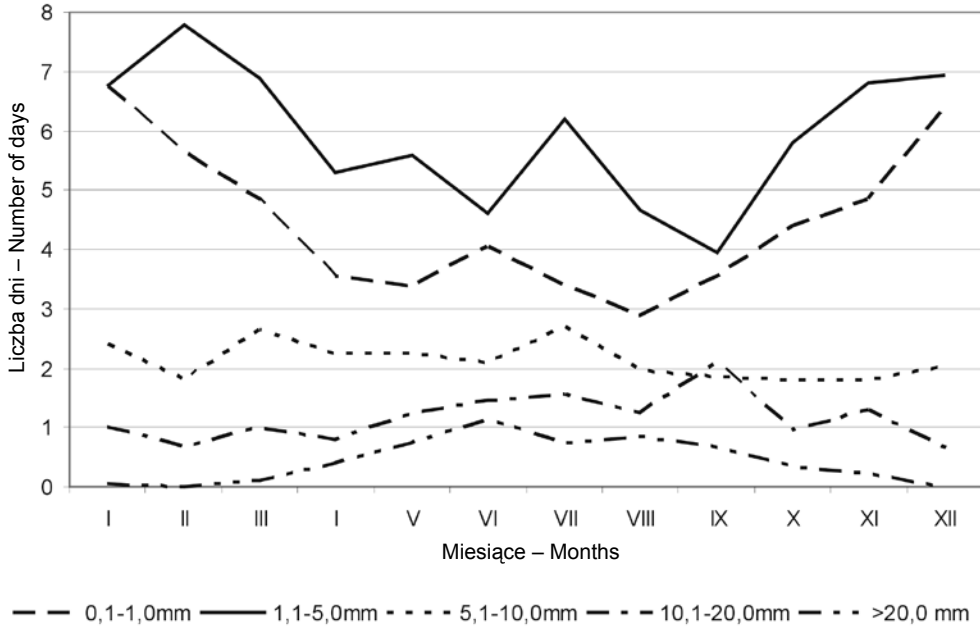
Liczba dni z opadem bardzo słabym (0,1–1,0 mm) wynosiła przeciętnie 55 dni w roku, wahając się od 31 dni w 1992 r. do 81 dni w 1996 r. Znacząco większą notowano liczbę dni z opadem słabym (1,1–5,0 mm), która wynosiła średnio 70 dni w roku i zmieniała się w granicach od 52 dni w 1991 r. do 89 dni w 2004 r. W kolejnych przedziałach liczby dni z opadem zmniejszała się zakres ich zmienności. W przypadku liczby dni z opadem umiarkowanym (5,1–10,0 mm) wynosił 25 dni tj. zmieniała się ona od 16 w 2000 r. do 41 dni w 2010 r. przy średniej z wielolecia równej 26 dni, zaś liczba dni z opadem silnym (10,1–20,0 mm) wahała się od 8 w 1991 r. do 23 dni w 2005 r., a średnia 20-letnia wynosiła 14 dni. Liczba dni z opadem bardzo silnym ($\geq 20,0$ mm) sięgała przeciętnie 5 w roku i zmieniała się w granicach od 1 w 1992 r. do 12 dni w 2010 r.

Istotnych informacji o stosunkach pluwialnych dostarcza analiza ich wielkości za okresy półroczne i sezonowe. W 20-letniej historii pomiarów opadów w Ojcowie w parku zamkowym, w półroczu ciepłym (V–X) notowano zmniejszoną o 7,4% liczbę dni z opadem, relatywnie do półroczu chłodnego (XI–IV). Wielkość ta nie jest tożsama z wielkością opadów, gdyż w analogicznym okresie, opady półroczu chłodnego stanowiły przeciętnie 61,6% sum opadów półroczu letniego (Brzeźniak 2009).

W układzie pór roku największą liczbą dni z opadem odznaczała się zima (XII–II), kiedy ich udział w sumie rocznej wynosił 28,7%, frekwencja liczby takich dni w okresie letnim (VI–VIII) i jesiennym (IX–XI) była prawie równoważna (odpowiednio: 23,7% i 23,2%), zaś w miesiącach wiosennych (III–V) wynosiła 24,3%. Okres zimy cechował się największą – spośród analizowanych przedziałów – liczbą dni z opadem bardzo słabym i słabym (odpowiednio 19 dni i 21 dni). Na okres letni natomiast przypadała maksymalna (5 dni) liczba dni z opadem silnym i bardzo silnym (3 dni), które mogą być także efektem optymalnych wówczas warunków do tworzenia się opadów konwekcyjnych. Najmniej dni z opadem umiarkowanym notowano w jesieni (6 dni), okresie o najmniejszej częstości dni z frontami atmosferycznymi (Twardosz 2005), natomiast w zimie, w całym 20-leciu, zanotowano jedynie 1 dzień z opadem $\geq 20,0$ mm (28.01.2007 r.).

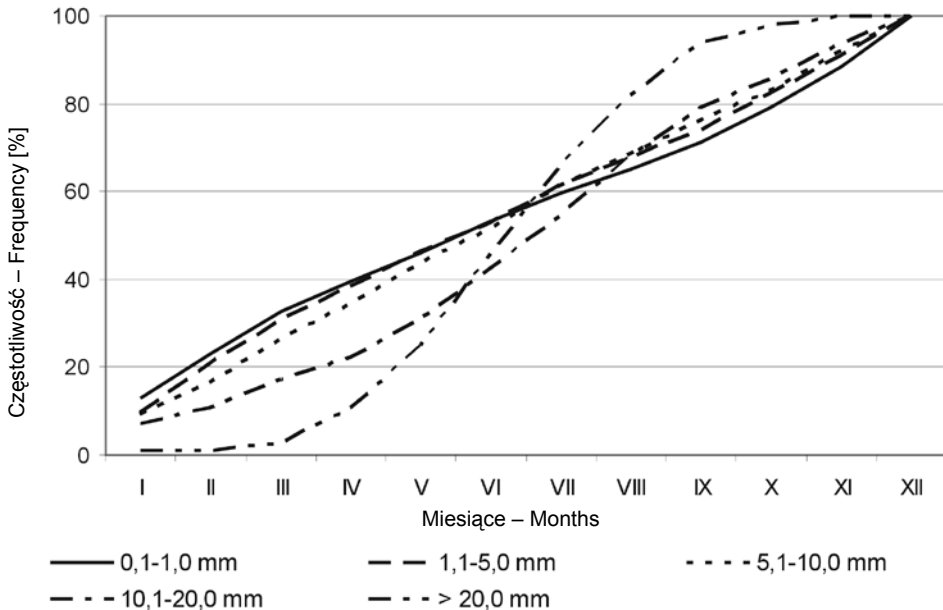
Specyfikę opadów w Dolinie Prądnika, wywołaną przez czynniki lokalne, ujawniły miesięczne liczby dni z opadem w określonych przedziałach wielkości (ryc. 3). Miesiące zimowe (grudzień–luty) charakteryzowały się dominacją opadów bardzo słabych (0,1–1,0 mm), które pojawiały się przeciętnie przez 6–7 dni w miesiącu, zaś w okresie letnim jedynie w ciągu 3–4 dni w miesiącu. Zwraca uwagę zwiększona w stosunku do pozostałych klas, średnia miesięczna liczba dni z opadem słabym (1,1–5,0 mm), która zmieniała się od 4 dni we wrześniu do 8 dni w lutym. Liczba dni z opadem umiarkowanym (5,1–10,0 mm) wahała się od 2 do 3 dni we wszystkich miesiącach roku. Prawie dwukrotnie rzadziej notowano dni z opadem silnym (10,1–20,0 mm), które pojawiały się w ciągu 1–2 dni w każdym miesiącu. Na szczególną uwagę zasługuje liczba dni z opadem bardzo silnym ($>20,0$ mm), które notowano głównie w okresie od maja do września; w grudniu i lutym nie wystąpił opad dobowy o sumie $>20,0$ mm. W badanym 20-leciu takie dni stanowiły 3% ogólnej liczby dni z opadem, przy czym najczęściej (62%) były to dni z opadami o sumach dobowych 20,1–30,0 mm, 19% stanowiły dni o sumach w granicach 30,1–40,0 mm, 11% w kolejnym przedziale 40,1–50,0 mm, po 2% w granicach 50,1–60,0 mm i 60,1–70,0 mm i 1% (1 dzień) o sumie dobowej powyżej 70 mm (76,5 mm). Był to najwyższy opad dobowy w badanym 20-leciu, zmierzony 18 lipca 2010 r. na stacji Ojców-Park Zamkowy. Wystąpił on przy sytuacji północnej cyklonalnej (Nc).

W przebiegu rocznym liczby dni z opadem zaznaczył się charakterystyczny układ. Liczby dni z opadem w przedziałach o niższych sumach dobowych tj. opadów bardzo słabych (0,1–1,0 mm), słabych (1,1–5,0 mm) i umiarkowanych (5,1–10,0 mm) cechowało mniejsze zróżnicowanie. Krzywe skumulowanych częstości ich wartości są zbliżone do linii prostej (ryc. 4). Oznacza to, że dni z takimi opadami występowały ze zbliżoną częstością w ciągu roku. Większe zmiany w rozkładzie częstości liczby dni z opadem dotyczyły opadów silnych i bardzo silnych. Cechują się one wzrostem koncentracji częstości w miesiącach letnich. W przypadku opadów silnych (10,1–20,0 mm) największe przyrosty częstości dotyczyły okresu od czerwca do września, zaś częstość dni z opadem bardzo silnym ($>20,0$ mm) koncentrowała się w miesiącach maj-wrzesień.



Ryc. 3. Roczny przebieg średniej liczby dni z opadem w Ojcowie (1991–2010)

Fig. 3. Annual course of the average number of days with precipitation in Ojców (1991–2010)



Ryc. 4. Krzywe rocznego rozkładu skumulowanych częstości liczby dni z opadem w Ojcowie (1991–2010)

Fig. 4. Curves of the annual distribution of the cumulative frequency of the number of days with precipitation in Ojców (1991–2010)

ZWIĄZEK LICZBY DNI Z OPADAMI Z TYPAMI CYRKULACJI ATMOSFERY

W latach 1991–2010 opady atmosferyczne w Ojcowie w 65,9% były związane z sytuacjami cyklonalnymi, natomiast prawie dwukrotnie rzadziej (34,1%) z antycyklonalnymi. Dominacja układów niżowych w tworzeniu opadów miała miejsce we wszystkich miesiącach; najmniejsze różnice częstości występowały w miesiącach zimowych (w styczniu 2,4%), największe w okresie od kwietnia (54,2%) do września (51,8%). W tych miesiącach zaznaczał się także największy wpływ na opady układów cyklonalnych i najmniejszy antycyklonalnych. Sytuacje wyżowe natomiast najbardziej intensywnie oddziaływały na formowanie opadów w styczniu, kiedy notowana była także najmniejsza rola sytuacji niżowych w tym procesie. Identyczne prawidłowości sformułował R. Twardosz (2000) w odniesieniu do opadów dobowych w Krakowie.

Ustalone relacje częstości występowania układów ciśnienia i liczby dni z opadem wyraźnie różniły się od frekwencji pojawiania się typów cyrkulacji. Największa średnia roczna liczba dni z opadem była kształtowana przez cyrkulację z zachodu i północnego zachodu (W+NWc i W+NWa), które łącznie generowały 35,6% dni z opadem jakie pojawiały się w przeciętnie w roku w Ojcowie. Korzystna dla opadów była także cyrkulacja o zmiennych kierunkach spływu (Cc+Bc), z której pochodziło 19,3% dni z opadem. Najmniej sprzyjająca wystąpieniu opadów była sytuacja S+SWa, której udział sięgał zaledwie 2,4% dni oraz warunki synoptyczne E+SEa, stanowiące 4,7% dni z opadem w roku. Pozostałe typy cyrkulacji powodowały opady w 6,1–9,9% dni z tym zjawiskiem w skali roku.

W miesiącach od lipca do marca dominujący wpływ na liczbę dni z opadem miała sytuacja W+NWc (21–26% dni w miesiącu z opadem). W pozostałych miesiącach niewiele dni z opadem występowało przy sytuacji Cc+Bc. W jedenastu miesiącach roku najmniejszy udział w generowaniu dni z opadami miał typ S+SWa, z częstością 0,3–4,1% dni z opadami. Jedynie we wrześniu minimum frekwencji (3,0%) takich dni związane było z sytuacją E+SEa.

Sytuacje synoptyczne znacząco oddziaływały na częstość liczby dni z opadem o określonych wartościach progowych. Spływy powietrza z zachodu i północnego zachodu sprzyjały powstawaniu opadów bardzo słabych (0,1–1,0 mm), słabych (1,1–5,0 mm) i umiarkowanych (5,1–10,0 mm), których częstość w ciągu roku przewyższała udziały pozostałych typów cyrkulacji, niezależnie od układu barycznego (tab. 2).

Antycyklonalne typy cyrkulacji (N+NEa, S+SEa, W+NWa i Ca+Ka) sprzyjały jedynie występowaniu opadów bardzo słabych w miesiącach zimowych, podczas gdy typy cyklonalne pomagały w formowaniu takich opadów w okresie od kwietnia do października. Jednakże ze wzrostem wydajności opadów dobowych w ich tworzeniu wzrastało znaczenie sytuacji cyklonalnych. W każdym miesiącu roku zaznaczała się przewaga częstości dni z opadem słabym formowanym w sytuacjach niżowych; w okresie listopad–luty zwiększony był udział cyrkulacji W+NWa. W kwietniu i maju opadom o takiej wydajności najbardziej sprzyjała sytuacja Cc+Bc.

Dni z opadem umiarkowanym najczęściej były notowane przy sytuacji Cc+Bc, z maksimum w miesiącach letnich, a w miesiącach zimowych znaczącą rolę odgrywała cyrkulacja W+NWc. O 1/3 była mniejsza częstość takich dni przy cyrkulacji W+NWc, z największą frekwencją w marcu. Najmniejszy wpływ na liczbę dni z takim opadem miała sytuacja wyżowa ze spływem powietrza z południa i południowego zachodu (S+SWa).

Tabela 2. Częstość występowania [%] w roku liczby dni z opadem w przedziałach sum w Ojcowie w poszczególnych typach cyrkulacji

Table 2. Yearly occurrence frequency [%] of the number of days with precipitation at total intervals in Ojcow for particular circulation types

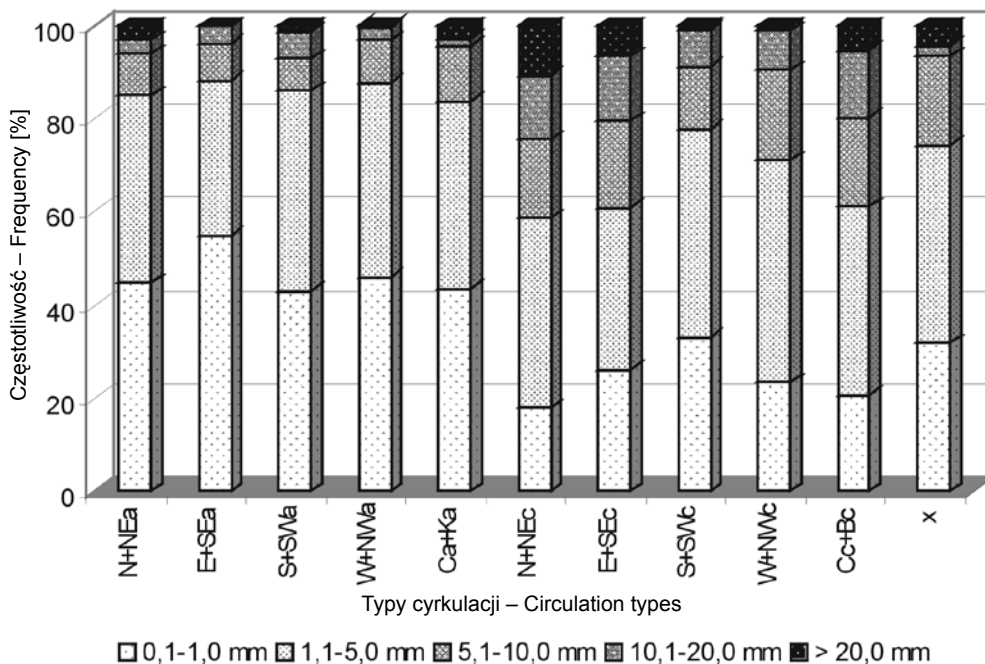
Typ cyrkulacji Circulation types	Liczba dni z opadem Number of days with precipitation				
	0,1–1,0 mm	1,1–5,0 mm	5,1–10,0 mm	10,1–20,0 mm	> 20 mm
N+NEa	8,6	5,6	3,4	3,9	5,9
E+SEa	8,2	4,0	1,7	2,5	0,0
S+Swa	3,3	2,5	1,1	1,8	1,0
W+NWa	19,9	14,6	8,1	6,3	1,0
Ca+Ka	8,8	6,1	5,3	2,8	4,9
N+NEc	4,2	7,6	8,7	11,6	30,4
E+SEc	4,9	5,1	8,0	10,5	10,8
S+SWc	11,3	9,9	9,3	9,1	1,0
W+NWc	15,7	24,4	28,0	21,4	6,9
Cc+Bc	13,4	18,8	24,4	29,5	35,3
X	1,7	1,5	1,9	0,7	2,9

Opady silne i bardzo silne aż w 91% przypadków były formowane w układach niskiego ciśnienia, zwłaszcza w centrum niżu i bruzdzie cyklonalnej (38% dni). W analizowanym 20-leciu opady silne najwcześniej notowano 09.03.2000 r. (28,5 mm), najpóźniej 22.11.1991 r. (20,2 mm). Opadom dobowym >20 mm także sprzyjała adwekcja z północy i północnego wschodu (29% dni), zwłaszcza w okresie letnim. Z tym typem sytuacji synoptycznej był związany rekordowy – w całej serii pomiarów – opad dobowy, który w Ojcowie wynosi 76,5 mm (10.07.2010 r.). Znaczący udział w częstości liczby dni z opadem silnym miały także sytuacje cyklonalne z adwekcją ze wschodu i południowego wschodu (13% dni) oraz z zachodu i północnego zachodu (7% dni).

Antycyklonalne typy cyrkulacji odgrywały niewielką rolę w występowaniu opadów silnych. W analizowanym okresie jedynie przy trzech sytuacjach notowano dni z takim opadem: Ca+Ka (4% dni), N+NEa (3% dni) i W+WNa (2% dni).

W Ojcowie najwięcej dni z opadem >20 mm było związanych z napływem wilgotnych mas powietrza polarno-morskiego (67,6%), z czego w 2/3 stanowiły masy PPMs. Jedynie w 4,9% dni opady silne pojawiły się w powietrzu PPK. W miesiącach letnich dni z intensywnymi opadami wystąpiły także przy adwekcji powietrza zwrotnikowego (6,9%).

Pełniejszy obraz synoptycznych uwarunkowań liczby dni z opadem ujawniło poznanie ich struktury w określonych przedziałach wielkości (ryc. 5). Dni z opadem bardzo słabym (0,1–1,0 mm) miały większy udział w antycyklonalnych typach cyrkulacji (od 43,2% przy sytuacji Ca+Ka do 55,3% przy typie E+SEa) od ich frekwencji w typach cyklonalnych (od 17,5% w sytuacji N+NEc do 36,5% przy S+SWc). Udział dni z opadem słabym (1,1–5,0 mm) był bardzo wyrównany i wahał się od 34,8% przy sytuacji antycyklonalnej i napływie powietrza ze wschodu i północnego wschodu do 46,9% w układach niżowych i adwekcji powietrza z zachodu i północnego zachodu. W podobnych granicach zmieniał się udział dni z opadem umiarkowanym (5,1–10,0 mm), ale z przewagą typów sytuacji cyklonalnych: od 14,6% (S+SWc) do 19,4% (W+NWc). Prawidłowości te ujawniły się także w częstości dni z opadem bardzo silnym (>20,0 mm), która wahała się od 8,1% przy typie S+SWc do 14,1% przy sytuacji centralnej cyklonalnej i bruzdzie cyklonalnej (Cc+Bc).



Ryc. 5. Histogramy częstości liczby dni z opadem w Ojcowie w poszczególnych typach sytuacji synoptycznych (1991–2010)

Fig. 5. Histograms of the frequency of the number of days with precipitation in Ojców in particular types of synoptic situations (1991–2010)

Informację na temat szans pojawienia się danego przedziału opadu w danym typie cyrkulacji określa prawdopodobieństwo warunkowe (tab. 3). Opady bardzo słabe (0,1–1,0 mm) z największym prawdopodobieństwem mogą wystąpić przy typie antycyklonalnym z napływem powietrza z zachodu i północnego zachodu (W+NWa). Sytuacje cyklonalne z adwekcją z zachodu i północnego zachodu (W+NWc) oraz północy i północnego wschodu (N+NEc) sprzyjały pojawianiu się opadów słabych (1,1–5,0 mm). Takim typem cyrkulacji najczęściej towarzyszyły także opady umiarkowane (5,1–10,0 mm). Największe prawdopodobieństwo warunkowe wystąpienia dni z opadem silnym (10,1–20,0 mm) i bardzo silnym (> 20,0 mm) jest związane z sytuacją cyklonalną i napływem powietrza z północy i północnego wschodu (N+NEc).

PODSUMOWANIE

Liczba dni z opadem, będąca jednym ze wskaźników reżimu pluwiainego wykazuje w Ojcowie dużą zmienność czasową. Dni z opadem bardzo słabym (0,1–1,0 mm) i słabym (1,1–5,0 mm) najczęściej występowały w półroczu chłodnym (październik–marzec). Z kolei liczby dni z opadem umiarkowanym (5,1–10,0 mm) i silnym (10,1–20,0 mm) cechowały wyrównane przebiegi roczne. Wreszcie dni z opadem bardzo silnym (>20 mm) pojawiały się głównie w miesiącach letnich.

Tabela 3. Prawdopodobieństwo warunkowe [%] występowania w roku liczby dni z opadem w przedziałach sum w zależności od typu cyrkulacji (1991–2010) w Ojcowie

Table 3. Conditional probability [%] of occurrence in the year number of days with precipitation in the total interval sums depending on circulation types (1991–2000) in Ojców

Typ cyrkulacji Circulation types	Przedziały sum opadów Intervals of totals of precipitation				
	0,1–1,0 mm	1,1–5,0 mm	5,1–10,0 mm	10,1–20,0 mm	> 20 mm
N+NEa	18,8	15,6	3,6	2,2	1,2
E+SEa	12,9	8,1	1,3	1,0	0,0
S+Swa	6,7	6,6	1,1	0,9	0,2
W+NWa	20,5	19,3	4,1	1,7	0,1
Ca+Ka	8,2	7,3	2,4	0,7	0,4
N+NEc	14,2	32,9	14,2	10,2	9,5
E+SEc	17,3	22,7	13,4	9,6	3,5
S+SWc	18,9	21,2	7,5	4,0	0,2
W+NWc	16,9	33,8	14,6	6,0	0,7
Cc+Bc	15,6	28,3	13,8	9,0	3,9
X	15,2	16,8	8,0	1,6	2,4

Dni z opadem były w znacznym stopniu rezultatem oddziaływania różnych form cyrkulacji atmosfery. W badanym okresie 65,9% takich dni było związanych z układami niżowymi, a 34,1% z sytuacjami wyżowymi. Największe znaczenie w tworzeniu opadów, zwłaszcza słabych, miały dwie sytuacje wyżowe: W+NWc oraz Cc+Bc, które generowały 41,4% dni z opadami. Najmniejsza (2,5%) liczba dni z opadem była notowana przy układach wysokiego ciśnienia i napływie powietrza z południa i południowego wschodu (S+SWa), natomiast przy sytuacji E+SEa nie zanotowano dnia z opadem bardzo silnym tj. >20 mm.

PIŚMIENNICTWO

- Brzeźniak E. 2005. *Cyrkulacja atmosferyczna nad Polskimi Karpatami Zachodnimi w drugiej połowie XX wieku*. „Problemy Zagospodarowania Ziemi Górskich”, **51**: 81–89.
- Brzeźniak E. 2009a. *Struktura czasowa opadów atmosferycznych w Ojcowie*. „Prądnik. Prace Muz. Szafera”, **19**: 67–74.
- Brzeźniak E. 2009b. *Zróżnicowanie sum dobowych opadów w Ojcowie*. „Prądnik. Prace Muz. Szafera”, **19**: 53–66.
- Brzeźniak E., Partyka J. 2008. *Warunki klimatyczne Ojcowskiego Parku Narodowego*, [w:] *Monografia Ojcowskiego Parku Narodowego. Przyroda*, red. A. Klasa, J. Partyka. Wyd. OPN. Ojców, s. 121–136.
- Dąbrowski D., Jaguś A. 2003. *Sytuacje baryczne oraz kierunki spływu powietrza nad regionem pienińskim*. „Problemy Zagospodarowania Ziemi Górskich”, **49**: 37–48.
- Klein J. 1974. *Mezo- i mikroklimat Ojcowskiego Parku Narodowego*. „Studia Naturae”, Ser. A, **8**: 1–105
- Niedźwiedz T. 2011. *Kalendarz typów cyrkulacji atmosfery dla Polski południowej – zbiór komputerowy*. Wyd. Uniwersytet Śląski, Katedra Klimatologii. Sosnowiec.
- Olechnowicz-Bobrowska B. 1970. *Częstość dni z opadem w Polsce*. „Prace Geograficzne Instytutu Geografii PAN”, **86**: 1–75.

Twardosz R. 2000. *Wieloletnia zmienność sum dobowych opadów w Krakowie w powiązaniu z sytuacjami synoptycznymi*, [w:] *Studia z zakresu geografii fizycznej*, red. B. Obrębska-Starkel. „Prace Geograficzne Instytutu Geografii UJ”, **105**: 19–71.

Twardosz R. 2005. *Dobowy przebieg opadów atmosferycznych w ujęciu synoptycznym i probabilistycznym na przykładzie Krakowa (1886–2002)*. Wyd. Instytut Geografii i Gospodarki Przestrzennej Uniwersytetu Jagiellońskiego. Kraków, s. 1–176.

SUMMARY

The paper contains an analysis of multiannual changes in the number of days with precipitation based on data collected during a twenty-year period (1991–2010) at the climate station Ojców–Park Zamkowy, situated in the Prądnik River Valley. The study was focused on time variation in the determined by atmospheric circulation number of days with precipitation.

The results of studies of the frequency of days with precipitation at five intervals: 0.1–1.0 mm, 1.1–5.0 mm, 5.1–10.0 mm, 10.1–20.0 mm, and above 20.0 mm revealed non-periodic fluctuations. The greatest frequency was characteristic of the days with very small and small precipitations, while the days with heavy and very heavy rainfalls were the least frequent. The latter were observed exclusively in summer.

At Ojców, 65.9% of days with precipitation occur with cyclonic weather patterns and an airflow from mostly the west and north-west (W+NWc). This pattern is conducive to very small (0.1–1.0 mm) and small (1.1–5.0 mm) rainfalls. The circulation with varying airflow directions (Cc+Bc) is associated with mainly the days with high (10.1–20.0 mm) and very high (>20.1 mm) precipitations. These are most frequently (67.6% of days) related to the inflow of humid polar-maritime air masses.