

Krzysztof M. KOŻUCHOWSKI
Uniwersytet Łódzki

OBFITOŚĆ OPADÓW W POLSCE W PRZEBIEGU ROCZNYM

ANNUAL COURSE OF THE ABUNDANCE OF PRECIPITATION IN POLAND

Sto lat temu znamienity badacz klimatu Polski, Romuald Merecki, ogłosił swoje klasyczne dzieło pt. *Klimatologia ziem polskich*. Zawarł w nim, między innymi, szereg istotnych spostrzeżeń o wysokości oraz sezonowej i wieloletniej zmienności opadów atmosferycznych w Polsce. Wprowadził też do literatury klimatologicznej – za Pietkiewiczem (1889) – pojęcie obfitości opadów, stwierdzając: „Jeżeli nazwać *obfitością opadu* stosunek w milimetrach wysokości opadu z danego miesiąca do liczby dni z opadem z tego okresu czasu, to obfitość wypadnie największa na półrocze letnie” (str. 163).

W uzasadnieniu Merecki (1914) przytoczył wyliczenia obfitości opadów w latach 1813–1887 w Warszawie, które wcześniej wykonał A. Pietkiewicz (1889) (tab.1). Obfitość opadów, wyznaczona na podstawie danych Mereckiego z lat 1871–1910, wykazuje podobny przebieg roczny, z maksimum letnim, ale na ogół przyjmuje nieco mniejsze wartości, najpewniej z powodu zaniżonej liczby dni z opadem we wcześniejszym okresie (Merecki, 1914).

Obfitość opadów jest wskaźnikiem określającym średnią wysokość opadu w dniach z opadem. Według Kosioby (1972) jest to miara „średniej wydajności dnia opadowego”. Tamulewicz (1993) uznał ją (chyba niezupełnie poprawnie) za wskaźnik średniej intensywności opadów. W podręczniku Conrada i Pollaka (1950) stosunek sumy opadów do liczby dni z opadem został nazwany jednak intensywnością (*rain intensity*)¹ Podano tam także maksymalną obfitość opadów

¹ Termin *abundance of precipitation* jest jednak bardziej jednoznacznym odpowiednikiem „obfitości”.

na Ziemi – 106 mm/dzień z opadem w czerwcu w znanej z rekordowo wysokich opadów miejscowości Cherrapunji w Indiach.

Pojęcie obfitości opadów, jak też analizy jej zmienności, dość rzadko pojawiały się w polskiej literaturze klimatologicznej. O obfitości opadów *explicitę* pisał Tamulewicz (1993), który opracował mapę średniej obfitości opadów w Polsce w 30-leciu 1951-1980 i stwierdził m.in., że ten wskaźnik pluwiometryczny nieznacznie zmienia się na obszarze kraju, przyjmując wartości w granicach 3-4 mm/dzień z opadem. Jedynie w górach obfitość opadów wzrasta wyraźnie, aż do 7,7 mm/dzień. na Kasprowym Wierchu. Ponadto, według Tamulewicza (1993), obfitość opadów jest stosunkowo stabilna w czasie; jej wartości wahają się w granicach 90-110 % „normy”, a tylko wyjątkowo różnią się od niej o $\frac{1}{4}$. Obfitością opadów i jej wieloletnimi zmianami zajmowała się także Żmudzka (2010), która zauważyła, że obfitość opadów w Tatrach w okresie 1966-2006 w niektórych sezonach ulegała zmniejszeniu.

Obfitość opadów jest funkcją liczby dni z opadem; ta liczba była także dość rzadko wykorzystywana w studiach klimatologicznych. Zwróciła na to uwagę Olechnowicz-Bobrowska (1970), która jak dotąd przedstawiła najobszerniejszą monografię, zawierającą dane o miesięcznych, sezonowych i rocznych liczbach dni z opadem w Polsce. Pozwalają one na określenie średniej 10-letniej obfitości opadów; na przykładzie Warszawy (Okęcie) średnie te podano w tab. 1. Z kolei dane zamieszczone w podręczniku Wosia (2010), obejmujące całe półwiecze 1951-2000, stanowiły podstawę oceny średniej obfitości opadów w tym okresie (tab. 1.).

Tabela. 1. Średnie miesięczne i roczna obfitość opadów Warszawie (mm/dzień z opadem)

Table 1. Monthly and annual means of the precipitation abundance in Warsaw(mm/day with precipitation)

okres	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I-XII
1813-1887 ^a	2,6	2,8	2,1	3,5	4,3	5,5	5,7	5,8	4,3	4,1	3,4	3,2	3,9
1871-1910 ^b	2,0	2,0	2,4	3,0	3,8	5,9	5,2	5,1	4,3	3,0	3,0	2,2	3,4
1951-1960 ^c	1,8	2,0	2,1	2,8	3,6	5,2	5,6	3,9	3,3	3,0	2,4	2,5	3,2
1951-2000 ^d	1,5	1,6	2,0	2,9	4,1	5,2	5,6	4,7	3,8	3,0	2,6	2,1	3,2

a. wg Pietkiewicza (1889), za Mereckim (1914)

b. wg danych Mereckiego (1914)

c. wg Olechnowicz-Bobrowskiej (1970) i *Atlasu klimatycznego Polski* (1977)

d. wg danych Wosia (2010)

(odmienną czcionką wyróżniono roczne **maksima** i *minima* obfitości opadów)

Można zauważyć, że obfitość opadów w przebiegu rocznym „naśladuje” roczny bieg miesięcznych sum opadowych. Maksima występują latem, minima w zimie itd. Na roczny przebieg obfitości opadów składają się jednak odmienne, sezonowe

zmiany wysokości opadów oraz zmiany liczby dni z opadem w kolejnych miesiącach. Sumy opadów mają swe wyraźne maksima w lipcu, minima – w styczniu lub lutym. Częstość opadów osiąga natomiast największe wartości z reguły w grudniu lub w styczniu, drugorzędne maksimum zaznacza się w czerwcu lub w lipcu. Najmniejsze częstości przypadają na miesiące wiosenne oraz na sierpień lub październik. Olechnowicz-Bobrowska (1970) wyróżniła na obszarze Polski 5 regionów różniących się rocznym przebiegiem miesięcznych liczb dni z opadem. Częstość opadów w górach jest największa i ma wyrównany przebieg roczny, w południowej części kraju charakterystyczna jest obniżona liczba dni z opadami w październiku, nad morzem minima występują na wiosnę. Na wybrzeżu i na pojezierzach maksimum liczby dni z opadem przypada na styczeń, w innych częściach kraju – na grudzień.

W przebiegu wysokości opadów w Polsce dominuje cykl roczny, w przebiegu częstości dni z opadem zaznacza się cykliczność półroczna, a obfitość opadów pozostaje pod wpływem obu tych rytmów².

Rozpatrując sumy opadów oraz liczby dni z opadem można ocenić nie tylko obfitość opadów, ale także zbadać, jak częstość opadów w kolejnych miesiącach wpływa na wysokość miesięcznych sum opadów. Można zatem ocenić, w jakim stopniu roczny rytm wysokości opadów kształtowany jest przez zmieniającą się sezonowo liczbę dni z opadem.

Celem artykułu, poza wspomnieniem dokonań Romualda Mereckiego, jest charakterystyka rocznego przebiegu średniej obfitości opadów na obszarze Polski. W polskiej literaturze klimatologicznej przebieg ten nie był dotąd zbyt szczegółowo przedstawiany. Ponadto, celem pracy jest zobrazowanie relacji między sezonową zmiennością obfitości opadów (PI) i zmiennością zawartości wody opadowej (*precipitable water*, PW) w atmosferze nad Polską.

Material opracowania

W opracowaniu wykorzystano udostępnione przez IMiGW dane z lat 1958–2008, pochodzące z 21 stacji meteorologicznych w Polsce. Pięć z nich leży w górach, pozostałe – na Niżu Polskim (poniżej 300 m n.p.m.), w tym 3 – na Wybrzeżu.

Dane o zawartości wody opadowej nad Polską uzyskano od autorów pracy o rozkładzie PW nad Europą oraz wieloletnich trendach tej wielkości (Wibig, Siedlecki, 2007). Autorzy stwierdzili m.in. zgodność danych o zawartości wody opadowej, otrzymany w wyniku reanaliz NCEP/NCAR (Kalnay i in., 1996) z wynikami

² Pojęcie rytmu trafniej niż „cykl” odzwierciedla zmienność roczną opadów atmosferycznych; obserwujemy bowiem tylko „umiarkowane dopasowanie krzywej harmonicznej do wartości rzeczywistych” (Gregorczyk, Michalska, 2011). Mamy więc raczej do czynienia z quasi cyklem lub właśnie z rytmem zmian sezonowych opadów.

analizy radiosondaży atmosfery, które można uznać za podstawowe źródło danych o profilu wilgotności właściwej powietrza, niezbędnych do określeniu masy słupa wody w atmosferze. Zdefiniowano także termin *precipitable water*: oznacza on „masę wody zawartej w słupie powietrza nad jednostkową powierzchnią, niezależnie od stanu skupienia wody” (Wibig, Siedlecki, 2007, str. 196). 1 kilogram wody opadowej przypadający na 1 m² powierzchni odpowiada wysokości 1 mm słupa wody w atmosferze. Suligowski (2004, 2013) masę wody w słupie atmosfery o jednostkowym przekroju nazywa „opadem potencjalnym (PP)”. Bernas i Kolendowicz (2013) piszą o „wskaźniku dostępnej wody opadowej (pw)”, Malinowska i Miętus (2010) nazywają tę wielkość „zapasem wody opadowej (PrecWat)”. W polskim *Słowniku meteorologicznym* (Niedźwiedź, 2003) nie zamieszczono niestety adekwatnej definicji terminu *precipitable water*, w czeskim odpowiedniku tego dzieła (Sobišek B., 1993) znajduje się natomiast określenie „potencjalnej wody opadowej” (*voda srážková potenciální*), rozumianej jako masa pary wodnej, która po skondensowaniu może uformować opad o odpowiedniej wysokości.

Na podstawie średnich miesięcznych sum opadu (P_a) i średnich miesięcznych liczb dni z opadem $\geq 0,1$ mm (L) obliczono wartości średniej miesięcznej obfitości opadów

$$IP = P_a/L \text{ [mm/dzień z opadem]}.$$

W celu określenia wpływu liczby dni z opadem na sumy opadów miesięcznych obliczono wskaźnik pluwiometryczny („opad skorygowany” P_c) według formuły

$$P_c = P_a (f_a/f) \text{ [mm]}$$

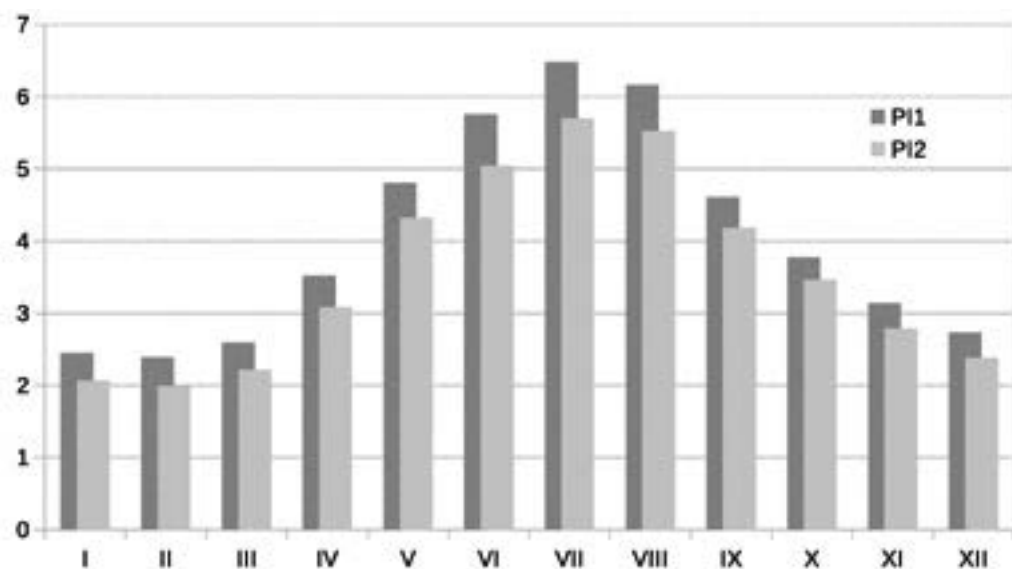
gdzie P_a – rzeczywista suma miesięczna opadu, f_a – średnia częstość dni z opadem w ciągu roku, f – miesięczna częstość liczby dni z opadem.

Następnie obliczono różnicę opadu skorygowanego i opadu rzeczywistego (ΔP w % opadu rzeczywistego P_a). Przyjęto, że różnice ΔP stanowią wskaźnik oceniający kierunek oraz wielkość oddziaływania sezonowych zmian częstości opadów na ich wysokość w przebiegu rocznym.

Wyznaczono relacje między obfitością opadów i zawartością wody opadowej w atmosferze; obliczony iloraz IP/PW – współczynnik obfitości opadów – uznano za miarę wykorzystania wilgoci atmosferycznej w procesie powstawania opadu (Suligowski, 2013 stosunek ten nazywa „współczynnikiem efektywności układu”).

Roczny rytm obfitości opadów

Uśredniona w całym kraju (średnia z 21 stacji) obfitość opadów wynosi 4,03 mm/dzień i zmienia się od 2,45 w lutym do 6,48 mm/dzień w lipcu. Poza górami, na obszarze Polski nizinnej zmiany te określają odpowiednio wartości 1,99 i 5,70 mm/dzień, przy średniej rocznej 3,56 mm/dzień (rys. 1).



Rys. 1. Średnia miesięczna obfitość opadów (mm/dzień z opadem) na obszarze Polski (PI1) i na obszarze Polski nizinnej (PI2)

Fig. 1. Averaged monthly values of precipitation abundance (mm/day with precipitation) in Poland (PI1) and in the Polish lowland (PI2)

W rocznym rytmie zmian średniej obfitości opadów (*PI*) dominuje maksimum lipcowe, ale w niektórych stacjach, przeważnie na północy i na zachodzie kraju, maksimum to przesuwa się na sierpień, albo też – jak w Olsztynie – na czerwiec. Najwyższą średnią obfitość opadu w lipcu obserwuje się w górach (Kasprowy Wierch – 11,5 mm/dzień z opadem, Zakopane – 10,2, Bielsko – 9,4, Śnieżka – 7,2). Na obszarze Polski nizinnej maksima te zmieniają się na ogół granicach 5-6 mm/dzień z opadem, tylko miejscami w południowej połowie kraju nieznacznie przekraczają 6 mm, a w części Wybrzeża nie sięgają 5 mm (tab. 2).

W styczniu lub w lutym, a sporadycznie w marcu, obfitość opadów jest najmniejsza i wynosi ok. 2 mm/dzień z opadem. Na wschodzie kraju są to wartości trochę niższe (Terespol 1,75 mm w styczniu i w lutym, w Suwałkach 1,81 mm w lutym, w Lublinie 1,86 w styczniu), na zachodzie i północy – nieco wyższe (Zielona Góra 2,16 mm w styczniu, Koszalin 2,38 w lutym). Względnie duża jest obfitość opadów w zimie na szczytach górskich (Kasprowy Wierch 5,90 mm w lutym i 4,15 mm na Śnieżce w marcu). Sezonowe zmiany obfitości opadów w górach są mniejsze niż na nizinach, ponadto zwraca uwagę względnie wysoka obfitość tych opadów w miesiącach wiosennych i w czerwcu, za to mała w okresie jesiennym.

Na wiosnę, począwszy od kwietnia, obfitość opadów szybko wzrasta, po letnim maksimum natomiast z wolna obniża się i w październiku spada poniżej średniej

wartości rocznej. W maju, po zimowej depresji, obfitość opadów wzrasta już powyżej średniej wartości rocznej.

Tabela. 2. Średnie miesięczne i roczna obfitość opadów (*PI*) w Polsce w okresie 1958-2008 (mm/dzień z opadem)

Table 2. Averaged monthly and annual values of precipitation abundance (*PI*) in Poland in the period of 1958-2008 (mm/day with precipitation)

Stacja	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Rok
Łeba	2,32	2,07	2,37	2,88	4,13	4,51	5,35	5,42	4,91	4,59	3,33	2,75	3,63
Gdynia	1,86	1,62	1,94	2,53	4,13	4,48	4,87	4,65	4,05	3,43	2,96	2,22	3,17
Koszalin	2,63	2,38	2,85	3,08	4,42	5,63	6,01	6,11	5,33	4,20	3,62	3,10	4,05
Suwałki	1,96	1,81	2,41	2,94	4,18	5,13	5,73	5,52	3,91	3,85	2,96	2,29	3,46
Świnoujście	2,52	2,02	2,59	2,85	3,97	4,46	4,28	4,60	4,21	3,39	2,97	2,90	3,32
Olsztyn	2,21	1,93	2,46	2,99	4,24	5,70	5,58	5,46	4,20	3,55	3,15	2,49	3,58
Białystok	2,03	1,92	2,37	3,11	4,51	5,11	5,54	6,28	4,14	3,57	2,69	2,31	3,52
Toruń	1,77	1,82	2,14	2,77	4,23	5,17	6,15	5,11	3,82	2,85	2,36	2,17	3,28
Poznań	1,97	1,97	2,44	3,05	4,21	4,67	5,37	4,84	3,82	3,04	2,35	2,31	3,26
Zielona Góra	2,16	2,21	2,51	3,64	4,24	4,39	5,44	5,63	3,57	3,17	2,46	2,44	3,34
Lublin	1,86	1,96	2,26	3,31	4,19	5,05	5,87	5,63	4,32	3,30	2,59	2,00	3,39
Koło	1,85	2,02	2,36	2,83	3,99	4,89	6,04	5,47	3,88	3,06	2,54	2,26	3,36
Terespol	1,75	1,75	1,97	3,22	4,31	4,93	5,44	5,74	3,88	3,15	2,47	1,95	3,29
Kielce	2,29	2,23	2,49	3,20	4,31	5,12	6,56	5,79	4,01	3,03	2,62	2,45	3,58
Wrocław	1,89	1,99	2,32	3,20	4,70	5,41	6,41	6,06	3,86	3,39	2,66	2,13	3,63
Rzeszów	1,98	2,09	2,34	3,70	5,34	5,93	6,52	6,02	5,04	3,84	2,69	2,34	3,91
Jelenia Góra	2,21	2,17	2,51	3,59	4,82	5,08	6,57	6,63	4,00	3,24	2,68	2,30	3,79
Śnieżka	4,24	4,56	4,15	4,54	5,44	6,38	7,19	6,97	4,58	3,96	4,15	4,54	4,99
Bielsko	2,74	2,94	3,35	4,63	6,79	8,71	9,40	8,27	7,06	4,66	3,90	3,14	5,43
Zakopane	2,84	2,87	3,30	5,03	6,73	9,21	10,17	8,56	5,68	5,11	3,87	2,89	5,61
Kasprowy W.	6,29	5,90	5,78	6,90	8,15	10,96	11,54	10,65	8,51	6,77	6,82	6,34	7,86

Odmienną czcionką wyróżniono **najwyższe** i **najniższe** wartości miesięczne.

Roczna amplituda średniej obfitości opadów, określona jako stosunek najwyższej do najniższej wartości miesięcznej, wynosi 2,71, a w nizinnej części kraju 2,86. Są to wartości bliskie stosunkowi najwyższej do najniższej sumy miesięcznej opadów w Polsce (który wynosi 2,52), ale znacznie wyższe od ilorazu największej (w grudniu) i najmniejszej (we wrześniu) miesięcznej częstości opadów, który wynosi 1,35.

Charakterystyczną cechą sezonowych zmian obfitości opadów są relacje między opadami w okresie jesieni i wiosną. W północnej części kraju, zwłaszcza na Wybrzeżu, obfitość opadów jesiennych (IX-XI) jest większa od obfitości opadów na wiosnę (III-V). Średni stosunek obfitości opadów w jesieni do obfitości opadów na wiosnę w północnej części Polski jest równy 1,13. Ten sam stosunek, uśredniony dla południowej części kraju (stacje położone na południe od Poznania, tab. 2) wynosi 0,99. Podobne relacje dotyczą ilorazu sum opadów jesieni i wiosny, a także pory koncentracji opadów w roku, która wykazuje, że faza rocznego rytmu opadów na obszarze Polski ulega opóźnieniu w północnej części kraju (Kozuchowski, Wibig, 1988).

Oddziaływania sezonowych zmian częstości opadów na ich wysokość w przebiegu rocznym ujawniają się w postaci różnic między średnimi miesięcznymi wysokościami opadów i średnimi wartościami wskaźnika opadowego, wyznaczonego jako tzw. opad skorygowany (P_c). Miesięczny opad skorygowany jest większy od rzeczywistej sumy opadów ($P_c > P_a$), jeśli w danym miesiącu liczba dni z opadem jest mniejsza od przeciętnej. Opad skorygowany jest mniejszy od opadu rzeczywistego ($P_c < P_a$), gdy liczba dni z opadem wzrasta ponad przeciętną. Wartość tego wskaźnika pokazuje więc, jaką wysokość miesięczną miałyby opady, przy ich średniej rocznej częstości (f_a). Z kolei różnica (Δ) opadu rzeczywistego (P_a) i skorygowanego (P_c) obrazuje miesięczne „nadwyżki” i „niedobory” opadów, wywołane zmieniającą się w ciągu roku ich częstością.

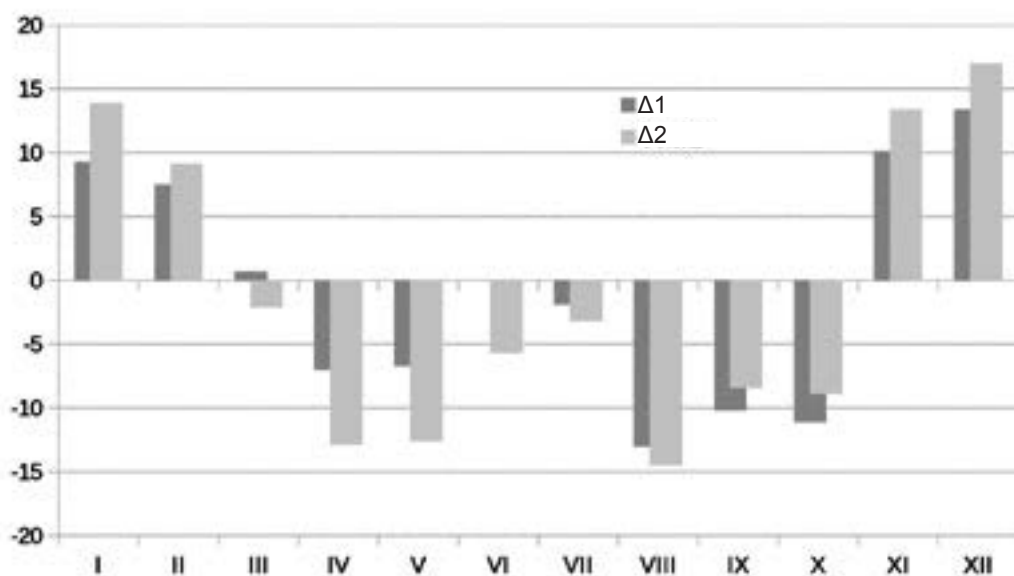
Wskutek podwyższonej częstości opadów w sezonie jesienno-zimowym (XI-II) opady skorygowane w tym okresie są mniejsze od rzeczywistych. W listopadzie wartość różnicy („nadwyżki opadowej”) na obszarze Polski nizinnej sięga 8 mm, tj. ponad 17% sumy miesięcznej opadu rzeczywistego. W pozostałej części roku opady skorygowane są wyższe od rzeczywistych sum miesięcznych; niedobory rzeczywistych opadów osiągają maksima w sierpniu (-10 mm, tj. 15%) i w maju (-7 mm, tj. 13% sumy rzeczywistej) (tab. 3). Warto zauważyć, że względna amplituda roczna opadów skorygowanych jest nieco większa od amplitudy rzeczywistych sum opadu. Stosunek najwyższej do najniższej wartości miesięcznej P_c wynosi 2,86.

Tabela. 3. Średnie rzeczywiste sumy miesięczne i roczne opadów na obszarze Polski nizinnej (P_a), sumy skorygowane (P_c) oraz ich różnice (Δ)

Table 3. Averaged totals of monthly and annual precipitation in the Polish lowland (P_a) and corrected precipitation totals (P_c) and their differences (Δ)

Miara	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
P_a [mm]	34	31	33	39	54	67	78	68	55	45	45	41
P_c [mm]	29	28	33	43	61	71	80	78	59	49	39	34
Δ [mm]	5	3	-0	-4	-7	-4	-2	-10	-4	-4	8	7

Różnice opadów P_a i P_c wyrażone w procentach rzeczywistych sum miesięcznych odzwierciedlają wpływ zmieniającej się sezonowo częstości opadów na ich wysokość. W listopadzie pojawia się pozytywna rola tego czynnika. Ponad 10-procentowe nadwyżki opadów utrzymują się w grudniu, w styczniu i w lutym. W marcu wartości P_a i P_c zrównują się. Kwiecień i maj mają niedobory opadowe sięgające 10-13% sum miesięcznych. W czerwcu i w lipcu częstość opadów ponownie wzrasta, a rzeczywiste opady są tylko nieznacznie niższe od sum skorygowanych. W sierpniu ponownie rozwija się deficyt opadów, związany z ich obniżoną częstością. Niedobory opadów utrzymują się w ciągu września i października (rys. 2).



Rys. 2. Względne różnice (%) między rzeczywistymi i skorygowanymi sumami miesięcznymi opadów na obszarze Polski ($\Delta 1$) i na obszarze Polski nizinnej ($\Delta 2$)

Fig. 2. Relative differences (%) between the observed and the corrected values of monthly precipitation totals in Poland ($\Delta 1$) and in the Polish lowland ($\Delta 2$)

Sezonowe wahania różnicy opadów rzeczywistych i skorygowanych odzwierciedlają nieregularny, półroczny rytm opadowy w Polsce. Na przełomie czerwca i lipca oraz przy końcu roku kalendarzowego lokują się czasowe granice tych rytmów (wartości różnic Δ mają wówczas swoje maksima). Rytmu te mają niewątpliwie związek z sezonowymi zmianami warunków cyrkulacyjnych, w szczególności z nasileniami cyrkulacji strefowej w sezonie jesienno-zimowym oraz ponownym „ożywieniem” tej cyrkulacji na początku lata, kiedy to rozwija się tzw. „monsun europejski” (Kossowska-Cezak, 1994).

Z oddziaływaniami cyrkulacji zachodniej, która stanowi czynnik rozwoju oceanicznych wpływów na klimat Polski, związana jest częstość opadów, sprzyjająca wzrostowi wysokości ich sumy. Nadwyżki opadowe, obserwowane od listopada do lutego włącznie, są odzwierciedleniem tych wpływów i wyrazem obecności cech oceanicznych w reżimie klimatu pluwialnego. Drugi „sygnał” działania wpływów oceanicznych pojawia się w czerwcu i w lipcu, choć w tym okresie ma on mniejsze znaczenie od „sygnału jesienno-zimowego”.

Opady w Polsce reprezentują jednakowoż kontynentalny typ sezonowego rozkładu sum opadowych. Te kontynentalne cechy przejawiają zarówno wysokości sum miesięcznych, jak i silnie wzrastająca w sezonie letnim obfitość opadów. Obie cechy reżimu opadowego (oceanizm i kontynentalizm) współistnieją, przy czym ta druga wykazuje wyraźną przewagę.

Obfitość opadów a zawartość wody opadowej w atmosferze

Rozpatrywana tu obfitość opadów wykazuje jeszcze jedną charakterystyczną cechę. Mianowicie, średnia obfitość opadu w Polsce nizinnej jest proporcjonalna do zawartości wody opadowej nad Polską Środkową (PW). Średnie miesięczne PI zmieniają się od 2,0 mm/dzień w lutym do 5,7 mm/dzień w lipcu, natomiast średnia zawartość wody opadowej waha się od 9,1 w styczniu do 25,7 mm w lipcu (tab. 4). Ilorazy średnich miesięcznych obu wielkości oscylują w pobliżu wartości 0,22, nie zmieniając się znacząco w ciągu roku (średni iloraz obfitości opadów i zawartości wody opadowej wynosi $0,219 \pm 0,0026$). Średnia dobową wysokość opadu stanowi zatem ok. 22% zawartości wody opadowej w atmosferze.

Tabela 4. Średnie miesięczne i roczna obfitość opadów na obszarze Polsce nizinnej (PI) oraz średnia zawartość wody opadowej nad Polską Środkową (PW , wg Wibig i Siedleckiego, 2007)

Table 4. Monthly and annual averages of precipitation abundance in the Polish lowland (PI) and the averages of precipitation water amount in the atmosphere over Central Poland (PW , after Wibig and Siedlecki, 2007)

Miara	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Rok
PI [mm/d]	2,1	2,0	2,2	3,1	4,3	5,0	5,7	5,5	4,2	3,5	2,8	2,4	3,5
PW [mm]	9,1	9,2	10,2	13,5	18,6	22,8	25,7	25,2	20,8	16,8	12,9	10,7	15,5

Nie jest to zapewne przypadkowa relacja. Przeciwnie, możemy raczej mówić o stałości współczynnika obfitości opadów (PI/PW). Warto dodać, że w przypadku miesięcznych wysokości opadów analogiczny współczynnik (iloraz średniej dobowej sumy opadu w miesiącu i zawartości wody opadowej w atmosferze) nie jest tak stabilny i zmienia się w ciągu roku od 0,07 (we wrześniu) do 0,11 (w lutym),

a sumy miesięczne opadów są odpowiednio 2,2 i 3,2 razy większe od średniej miesięcznej wartości PW (Kozuchowski, 2011).

Stabilność relacji między obfitością opadów (PI) i zawartością wody opadowej w atmosferze (PW) dowodzi m.in., że wskaźnik PI można traktować jako znaczącą i mającą fizyczne znaczenie charakterystykę opadów atmosferycznych. Współczynnik PI/PW można natomiast uznać za miarę „sprawności” procesów opadotwórczych. Określa on, jaka część wilgoci zwartej w atmosferze opada na ziemię w ciągu jednej, „średniej” doby opadowej. Wypada jednak podkreślić, że wspomniana stabilność ilorazów PI/PW dotyczy uśrednionych wartości miesięcznych obu zmiennych, wartości dobowe natomiast nie podlegają tej regule. W wielu przypadkach stwierdzano bowiem, że dobowe sumy nawalnych opadów mogą kilkakrotnie przekraczać wysokość słupa wody opadowej (PW) (Bernas, Kolendowicz, 2013; Suligowski, 2013; Świątek, 2013). Tak wysokie opady powstają w warunkach ciągłej adwekcji, a szczególnie przy konwergencji strumieni wilgoci atmosferycznej.

Podsumowanie

Średnia wysokość dobowej sumy opadu w dniach z opadem na obszarze Polski nizinnej w okresie 51 lat (1958-2008) wynosiła 3,56 mm i była praktycznie równa średniej, którą wyznaczył Tamulewicz (1993) na podstawie danych z lat 1951-1980.

Wysokość ta (obfitość opadów) w Polsce zmienia się sezonowo, przyjmując najwyższe wartości (>5 mm/dzień z opadem) w czerwcu, lipcu lub w sierpniu i najniższe (2-3 mm/dzień z opadem) w okresie od stycznia do marca. W północnej połowie kraju obfitość opadów jesiennych jest większa od obfitości opadów wiosennych, w południowej części – opady wiosenne odznaczają się nieco większą obfitością od opadów jesiennych.

W górach obfitość opadów jest ponad dwukrotnie wyższa niż na nizinach, ale sezonowe zmiany obfitości opadów w górach są mniejsze od jej zmian na obszarze Polski nizinnej.

W okresach trwających od kwietnia do maja oraz od sierpnia do października obniżona częstość dni z opadem wpływa na zmniejszenie miesięcznych sum opadów, a od listopada do lutego – względnie duża częstość dni z opadem wpływa na wzrost sum opadowych. Oddziaływania te wyrażają się niedoborami lub nadmiarami opadów, sięgającymi do kilkunastu procent sumy miesięcznej.

W przebiegu rocznym obfitość opadów jest proporcjonalna do zawartości wody opadowej w atmosferze. Średnia miesięczna obfitość opadów stanowi ok. 22% zawartości wody opadowej w atmosferze nad Polską i udział ten utrzymuje się na stałym poziomie w ciągu roku.

Opracowanie zostało przygotowane w ramach grantu NCN N N306313739.

Materiały wpłynęły do redakcji 28 XI 2014.

Literatura

- Atlas klimatyczny Polski. Część tabelaryczna*, 1977, WKiŁ, Warszawa, ss. 98.
- Bernas M., Kolendowicz L., 2013, *Wpływ cyrkulacji atmosferycznej na występowanie ekstremalnych opadów atmosferycznych w Poznaniu w latach 1920-2010*. *Badania Fizjograficzne*, 4, seria A – Geografia Fizyczna, 7-27.
- Conrad V., Pollak L.W., 1950, *Methods in climatology*. Harvard Univ. Press, Cambridge, Massachusetts, ss. 459.
- Gregorczyk A., Michalska B., 2001, *Zmienność opadów atmosferycznych w Szczecinie w cyklu rocznym w latach 1991-2000*. *Folia Pomer. Univ. Tech. Stetin.*, 290 (20), 25-32.
- Kalnay E., Kanamitsu M., Kistler R., Collins W., Deaven D., Gandin L., Iredell M., Saha S., White G., Woollen J., Zhu Y., Leetmaa A., Reynolds R., Chelliah M., Ebisuzaki W., Higgins W., Janowiak J., Mo K.C., Ropalewski C., Wang J., Jenne R., Joseph D., 1996, *The NCEP/NCAR 40-year Reanalysis Project*. *Bull. of Am. Met. Soc.*, 77, 437-471.
- Kosiba A., 1972, *Klimat Wrocławia w 1962 roku*. *Acta UW.*, *Studia Geogr.*, *Prace Obserw. Meteor.*, 19.
- Kossowska-Cezak U., 1994, *O „monsunie europejskim”*. *Prz. Geof.*, 39, 1, 65-73.
- Kożuchowski K., 2011, *Klimat Polski. Nowe spojrzenie*. Wyd. Nauk. PWN, Warszawa, ss. 293.
- Kożuchowski K., Wibig J., 1988, *Kontynentalizm pluwialny w Polsce: zróżnicowanie geograficzne i zmiany wieloletnie*. *Acta Geogr. Lodz.*, 55, ss. 102.
- Malinowska M., Miętus M., 2010, *Opady o dużym natężeniu w Gdyni i ich uwarunkowania atmosferyczne* [w:] Ciupa T., Suligowski R. (red.) *Woda w badaniach geograficznych*. Instytut Geografii Uniwersytetu Jana Kochanowskiego, Kielce, s. 49-58.
- Merecki R., 1914, *Klimatologia ziem polskich*. Druk. i Litogr. Jana Cotty, Warszawa, ss. 313.
- Niedźwiedz T. (red.), 2003. *Słownik meteorologiczny*. PTGeof./IMiGW, Warszawa, ss. 496.
- Olechnowicz-Bobrowska B., 1970, *Częstość dni z opadem w Polsce*. *Prace IG PAN*, 86, 1-75.
- Pietkiewicz A., 1889, *Stosunki opadu atmosferycznego w Warszawie*. *Pamiętnik Fizjograficzny*, 9, 159-199.
- Sobišek B. (red.), 1993, *Meteorologický slovník výkladový a terminologický*. Akademia, Ministerstvo životního prostředí ČR, Praha, ss. 594.
- Suligowski R., 2004, *Struktura czasowa i przestrzenna opadów atmosferycznych w Polsce. Próba regionalizacji*. *Prace I. G. Akademii Świętokrzyskiej*, Kielce, 12, s. 112.
- Suligowski R., 2013, *Opady maksymalne na potrzeby hydrologii*. SGGW, pre_suligowski.pdf
- Świątek M., 2013, *Advection of air masses responsible for extreme rainfall totals in Poland, and exemplified by catastrophic floods in Racibórz (July 1997) and Dobczyce (May 2010)*. *Acta Agrophysica*, 20(3), 481-494.
- Tamulewicz J., 1993, *Struktura pola opadów atmosferycznych Polski w okresie 1951-1980*. Wyd. Nauk. UAM, Seria Geografia 56, Poznań, ss.181.
- Wibig J., Siedlecki M., 2007, *Przestrzenny i czasowy rozkład zawartości wody opadowej w atmosferze nad Europą (1958-2005)*. [w:] Piotrowicz K., Twardosz R. (red.) *Wahania klimatu w różnych skalach przestrzennych i czasowych*. Wyd. UJ., Kraków, 195-204.
- Woś A., 2010, *Klimat Polski w drugiej połowie XX wieku*. Wyd. Nauk. UAM, Poznań, ss. 489.
- Żmudzka E., 2010, *Współczesne zmiany wielkości i charakteru opadów w Tatrach* [w:] *Nauka a zarządzanie obszarem Tatr i ich otoczeniem*, t. I, Zakopane, 157-164.

Streszczenie

Artykuł zawiera charakterystykę sezonowych zmian obfitości opadów w Polsce. Zbadano miesięczne i roczne wartości ilorazów sum opadu (P_a) i liczby dni z opadem (L) w okresie 1958-2008 w 21 stacjach meteorologicznych. Ponadto obliczono miesięczne sumy tzw. opadów skorygowanych, tj. sumy odpowiadające średniej rocznej częstości dni z opadem. Opady skorygowane są proporcjonalne rzeczywistej sumy opadu (P_a) i do ilorazu f_a/f_m , gdzie f_a – średnia roczna częstość opadu, f_m – częstość miesięczna.

Obfitość opadów w Polsce zmienia się sezonowo, przyjmując najwyższe wartości (>5 mm/dzień z opadem) w czerwcu, lipcu lub w sierpniu i najniższe (2-3 mm/dzień z opadem) w okresie od stycznia do marca (rys. 1). W okresach trwających od kwietnia do maja oraz od sierpnia do października obniżona częstość dni z opadem wpływa na zmniejszenie miesięcznych sum opadów, a od listopada do lutego – relacje te odwracają się. Oddziaływania te wyrażają się niedoborami lub nadmiarami opadów, sięgającymi do ok. 15% sumy miesięcznej (rys. 2).

Stwierdzono, że średnia miesięczna obfitość opadów (mm/dzień) stanowi ok. 22% zawartości wody opadowej (mm) w atmosferze nad Polską i że udział ten jest stały w ciągu roku.

Słowa kluczowe: R. Merecki, obfitość opadów, sezonowe zmiany opadów, zawartość wody opadowej w atmosferze

Summary

The article is focused on seasonal variation in the abundance of precipitation in Poland. Monthly and annual values of the quotient of precipitation totals and number of days with precipitation in the period of 1958-2008 in 21 meteorological stations has been analyzed. The monthly values of corrected sums of precipitation (P_t), i.e. precipitation totals respecting the annual average of frequency of days with precipitation have been estimated. The corrected precipitation is proportional to the actual sum of precipitation and to ratio f_a/f where f_a is the annual average of precipitation frequency and f – the monthly frequency.

In the annual course the abundance of precipitation varies from 2-3 mm/day with precipitation in January, February and March to >5 mm in June, July or in August (Fig. 1). In the spring time (A-M) and in the season from August to October the frequency of precipitation is relatively low and the corrected totals of precipitation are respectively relatively higher. In November – March season the opposite relations occur. Due to variation in number of days of precipitation the monthly precipitation totals are redundant or reduced in the scope of ca 15 percent (fig. 2).

There have been proved that relationship of abundance of precipitation (mm/day) and the amount of precipitation water in the atmosphere over Poland (mm) is characterized by the constancy of the ratios of monthly averages of both indices; the ratio is equal to 0.22.

Krzysztof M. Kozuchowski
kkozuchowski1@wp.pl
UŁ, Filia w Tomaszowie Maz.