

OPADY ATMOSFERYCZNE W WOJEWÓDZTWIE ŁÓDZKIM W LATACH 1961–2015

Precipitation in the Łódź Voivodeship in the period 1961–2015

JOANNA WIBIG*^{id}, WOJCIECH RADZIUN*^{ib}

Zarys treści. W pracy przedstawiono zmienność czasową i przestrzenną opadów w województwie łódzkim w latach 1961–2015. W tym celu wykorzystano dobowe sumy opadu z 20 posterunków opadowych na terenie województwa łódzkiego. Wykazano, że średnia roczna suma opadów w województwie wynosiła 582 mm, przy czym na poszczególnych stacjach wahała się od 515 do 648. Najwyższe wartości odnotowano w południowej części województwa, malały one jednak ku północy, gdzie niedobory opadów pojawiały się najczęściej. W biegu rocznym najwyższe sumy obserwowano latem, a najniższe zimą. Opady letnie były ponad dwukrotnie wyższe od zimowych. Natomiast opady wiosenne i jesienne utrzymywały się na podobnym poziomie, z lekką przewagą wiosennych. Dobowe sumy opadu najczęściej mieściły się w przedziale 1–10 mm. Opady przekraczające 50 mm były rzadkością i pojawiały się raz na kilka lat, głównie latem. Nie zaobserwowano istotnych statystycznie zmian struktury i wysokości opadów. Pojawiła się jednak niewielka tendencja wzrostowa sum zimowych i spadkowa sum letnich.

Słowa kluczowe: rozkład przestrzenny, przebieg roczny, wartości progowe, kontynentalizm pluwialny

Abstract. The aim of the paper was to present the temporal and spatial variability of precipitation in the Łódź province in the period 1961–2015. Daily precipitation totals from 20 precipitation stations in the province were used. It was shown that the mean yearly precipitation sum averaged across the province was 582 mm, and at particular stations ranged from 515 to 648. The totals were observed to be highest in the southern part of the province and they dropped to the north, where water deficits happened most often. Summer totals were more than double the winter ones. Spring and autumn precipitation totals were similar, with a slight advantage to spring totals. Daily sums most often fall in the range 1–10 mm. Daily totals exceeding 50 mm were extremely rare, and appeared once every few years, mainly in summer. At the moment, there are no statistically significant changes in the structure and level of precipitation, but there is a slight tendency towards increasing winter totals and decreasing summer totals.

Key words: spatial distribution, intra-annual course, thresholds, pluvial continentality

Wprowadzenie

Opady atmosferyczne są jednym z głównych elementów meteorologicznych różnicujących warunki pogodowe i klimatyczne (Köppen 1918; Górczyński 1948; Kożuchowski 1985b). Cechują się dużą zmiennością zarówno przestrzenną, jak i czasową. Według Kożuchowskiego (1985b) opady atmosferyczne w Polsce są około 30% niższe od średniej sumy opadów na półkuli północnej w pasie ograniczonym równoleżnikami 50°N i 55°N. Jeśli dodać do tego ogromną zmienność opadów z roku na rok, to oznacza częste występowanie deficytu wody. To zagrożenie brakiem dostatecznej ilości

wody opadowej, szczególnie w okresie wegetacyjnym, przyczyniło się do podjęcia licznych badań nad zmianami i zmiennością opadów w Polsce. Chomicz (1971) wyróżnił trzy typy przebiegu opadów w Polsce. Typ morsko-kontynentalny ze stosunkowo małym zróżnicowaniem sum miesięcznych i zdecydowaną przewagą opadów jesiennych nad wiosennymi, charakterystyczny dla Pobrzeża Bałtyku. Typ kontynentalno-morski z wyraźnym maksimum opadów lipcowych oraz brakiem istotnej różnicy między opadami wiosennymi a jesiennymi, typowy dla środkowej Polski i typ quasi-kontynentalny cechujący się bardzo dużą przewagą opadów letnich nad zimowymi, charakterystyczny dla południowej i południowo-wschodniej Polski.

* Uniwersytet Łódzki, Wydział Nauk Geograficznych, Katedra Meteorologii i Klimatologii, ul. Narutowicza 88, 90-139 Łódź; e-mail: joanna.wibig@geo.uni.lodz.pl, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8560-0325>; wojtekradziun@tlen.pl, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0566-698X>

Opady sezonowe w Polsce były analizowane przez Kaczorowską (1962), która pokazała lekką przewagę opadów jesieni nad opadami wiosny oraz Kożuchowskiego i Wibig (1988), którzy analizowali oceaniczne i kontynentalne cechy przebiegu opadów w Polsce. Wydzielili oni regiony różniące się stopniem kontynentalizmu pluwialnego. Województwo łódzkie znalazło się głównie w obszarze zaliczonym do typu kontynentalnego, a jego południowo-zachodni kraniec do typu słabo kontynentalnego. Zmienność opadów w stuleciu 1881–1980 w Polsce była tematem badań Kożuchowskiego (Kożuchowski 1982). Z obszaru województwa łódzkiego wykorzystał w tym opracowaniu dane ze Skierniewic i Łodzi, które pokrywały tylko połowę analizowanego stulecia – lata 1931–1980 i nie stwierdził istotnych zmian sum opadu. Zmienność opadów atmosferycznych w Polsce badana była także przez Kożuchowskiego (1985b), Wibig (2009) oraz Łupikaszę (2010, 2017). Zmiany na obszarze województwa łódzkiego na ogół nie przekraczały poziomu statystycznej istotności.

Opady w środkowej Polsce były tematem opracowań Paszyńskiego (1955), Kosiby (1948) i Kozłowskiej (1955). Jedno z pierwszych i nielicznych opracowań opadów na obszarze województwa łódzkiego przedstawił Dubaniewicz (1974). Wykorzystał w tym celu dostępne dane z okresu 1954–1964. W badanym przez Dubaniewicza okresie średnie roczne sumy opadu wahały się od poniżej 500 mm w północno-zachodniej części województwa (472 mm w Świdnicach) do ponad 600 mm na południowym zachodzie (634 mm w Lutosławicach Rządowych). Na większości obszaru województwa mieściły się w granicach 550–600 mm. Opady w województwie łódzkim w latach 1951–1989 badał również Kłysik (2001). Wykazał, że roczne sumy opadu zmieniają się od 500–550 mm w części północno-wschodniej do ponad 600 na południu. Wskazał, że wielkość maksymalnych dobowych sum opadu o prawdopodobieństwie wystąpienia 10% (zdarzających się raz na 10 lat) waha się od około 55 mm na północy województwa do ponad 70 mm w jego południowej części. Maksymalne opady dobowe w środkowej Polsce badali Kłysik i Fortuniak (1992, 1993, 2005) oraz Wibig i Fortuniak (1998). Kożuchowski (1985a) badał wieloletnią zmienność opadów atmosferycznych w Łodzi.

Sporo uwagi poświęcono opadom w Łodzi. Kłysik (1993) pokazał, że Łódź leży w łódzko-siepackim regionie opadowym z roczną sumą opadów wynoszącą 567 mm. Przebieg opadów atmosferycznych w Łodzi w latach 1931–1995 badała Wibig (1998). Miesięczne, sezonowe i roczne

sumy opadów w stuleciu 1903–2003 analizowane były przez Siedleckiego i Pawlaka (2004). W okresie przez nich analizowanym średnia roczna suma opadu w Łodzi wynosiła 579 mm. Opady jesieni były nieco wyższe od opadów wiosny, a opady lata dwukrotnie przekraczały zimowe. Opady w Łodzi w okresie 1903–2004 badała też Podstawczyńska (2010). Wykazała, że w Łodzi średnio w roku notowano około 167 dni z opadem i 198 dni suchych. W przebiegu rocznym największą frekwencję dni suchych obserwowano w październiku, a najmniejszą w lutym. Najwyższe dobowe, pięciodziesięciodniowe sumy opadów atmosferycznych w Łodzi w stuleciu 1904–2003 badał Rzepa (2004), a okresy bezopadowe Piotrowski (2004).

Ponieważ od czasu publikacji Dubaniewicza (1974), obejmującej lata 1954–1964, nie powstało syntetyczne opracowanie opadów na obszarze województwa łódzkiego, celem niniejszego opracowania jest uzupełnienie tej luki i pokazanie zmienności czasowej i przestrzennej opadów w województwie łódzkim w okresie 1961–2015. Wybór okresu badań spowodowany był dostępnością ciągłych i jak najbardziej kompletnych serii z gęstej sieci posterunków opadowych.

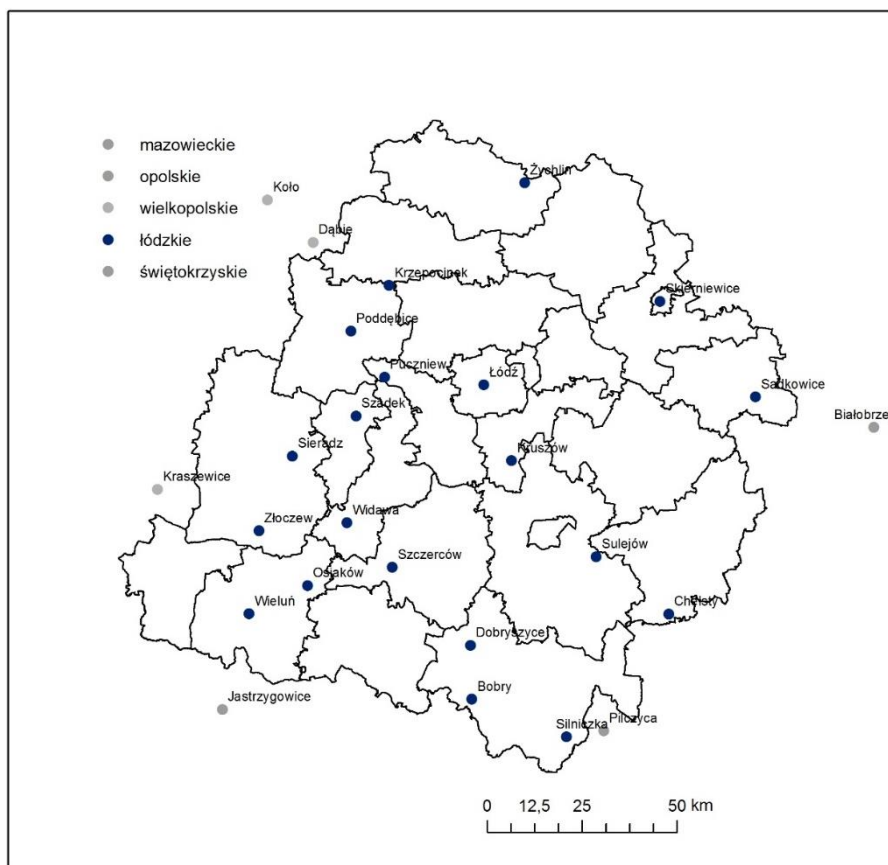
Dane i metody

W opracowaniu wykorzystano dobowe sumy opadu z 26 stacji i posterunków opadowych z lat 1961–2015. 20 z nich jest położonych w granicach województwa i tylko te wykorzystano do szczegółowej analizy opadów i określania wartości średnich dla województwa. Pozostałe sześć stacji leży w województwach ościennych i dane z nich posłużyły jedynie do przygotowania map, w celu uniknięcia błędów ekstrapolacji wartości opadu. Lokalizację stacji przedstawiono na rys. 1.

W opracowaniu analizowano rozkłady miesięcznych, sezonowych i rocznych opadów uśrednionych na obszarze województwa. Średnia opadu w województwie była liczona jako średnia ze wszystkich stacji położonych w jego granicach. W przypadku sum miesięcznych pokazano tylko ich rozrzut za pomocą wykresów zwanych „pudełkiem z wąsami”. Zastosowano tu typ 2. pozwalający na ukazanie wartości mocno odbiegających od pozostałych. Zasięg pudełka określa 25 (dolna krawędź) i 75 (górną krawędź) percentyl rozkładu. Pozioma kreska w środku pudełka wskazuje położenie mediany rozkładu. Dolny zasięg wąsa określa większą z dwóch wartości: 25 percentyla pomniejszonego o półtora rozstępu międzykwartylowego, czyli różnicy między 75

a 25 percentylem, oraz wartości najmniejszej. Analogicznie górny zasięg wąsa określa mniejszą z dwóch wartości: 75 percentyla powiększonego o półtora rozstępu międzykwartylowego oraz wartości największej. Wartości wykraczające poza zasięg wąsów, zwane odstającymi, pokazano

w postaci oddzielnych kropek. Na rysunkach 11–14 zastosowano inny typ „pudełek z wąsami”, w którym zasięg wąsów wskazuje wartość najmniejszą i największą prezentowanych wskaźników.



Rys. 1. Lokalizacja posterunków opadowych wykorzystanych w opracowaniu
Location of precipitation stations used in the paper

W przypadku sum sezonowych i rocznych obok analogicznych rozkładów pokazano ich rozkład przestrzenny na obszarze województwa łódzkiego. W tym celu wykorzystano także sześć stacji położonych w pobliżu granic województwa, ale poza nim. Do interpolacji wykorzystano metodę krigingu w oprogramowaniu ArcGIS wersja 10.4.1.

Trend liniowy zmienności miesięcznych i sezonowych sum opadu na stacjach i w całym województwie obliczono, wykorzystując metodę najmniejszych kwadratów, a statystyczną istotność badano testem t-Studenta.

Badano również rozkład opadów w zależności od ich intensywności. W tym celu policzono liczby dni z opadem równym lub przekraczającym 0,1 mm, 1 mm, 10 mm, 20 mm i 50 mm. Wyboru wartości progowych dokonano, posilując się sugestiami Wiszniewskiego (1953), który w Atlasie

opadów atmosferycznych w Polsce przedstawił mapy częstości występowania dni z opadem $\geq 0,1$ mm, $\geq 1,0$ mm i $\geq 10,0$ mm oraz Olechnowicz-Bobrowskiej (1970), która wyróżniała dni z opadem ($\geq 0,1$ mm), dni z opadem bardzo słabym (0,1–1,0 mm), słabym (1,0–5,0 mm), umiarkowanym (5,0–10,0 mm), umiarkowanie silnym (10,0–20,0 mm), silnym (20,0–30,0 mm) i bardzo silnym ($>30,0$ mm). Wartość 0,1 mm jest w Polsce granicą opadu mierzalnego. W wielu krajach, za dzień z opadem uważa się jednak dopiero dzień, w którym suma opadu jest równa lub większa od 1,0 mm. Dlatego zdecydowano zastosować oba te progi. Aby nie mnożyć liczby przedziałów, połączono klasy z opadem słabym i umiarkowanym oraz z opadem silnym i bardzo silnym. Dodatkowo dodano klasę z opadem bardzo wysokim ≥ 50 mm.

Występują one bardzo rzadko i są zazwyczaj przyczyną występowania podtopień.

Wykorzystano cztery wskaźniki charakteryzujące rozkład opadów w skali roku, stosowane także do oceny oceanizmu bądź kontynentalizmu opadów. Były to indeks opadowy Schmucka (Schmuck 1965), wskaźnik nierównomierności opadów wprowadzony przez Wilgata (1948), stosunek opadów wiosny do jesieni i zimy do lata, wskaźniki stosowane między innymi przez Romera (1949), Wiszniewskiego i Chełchowskiego (1975) oraz Kożuchowskiego i Wibig (1988).

Indeks opadowy Schmucka zdefiniowany jest jako:

$$S = (R - 500) \cdot \frac{R_l}{R_z},$$

gdzie R jest roczną sumą opadów, a R_l i R_z oznaczają odpowiednio sumę opadów letnich (czerwiec–sierpień) i zimowych (grudzień–luty).

Wskaźnik nierównomierności opadów jest określony wzorem:

$$N = \frac{\sum_{m=1}^{12} |R_m - (R/12)|}{R},$$

gdzie R_m oznacza sumę opadu w miesiącu m , $m = 1, \dots, 12$, a R roczną sumą opadu.

Stosunek opadów wiosny do jesieni obliczany jest jako iloraz sumy opadów marca, kwietnia i maja do sumy opadów września, października i listopada, a stosunek opadów zimy do lata obliczany jest jako iloraz sumy opadów czerwca, lipca i sierpnia do sumy opadów grudnia, stycznia i lutego, przy czym grudzień pochodzi z roku poprzedzającego.

Miesięczne, sezonowe i roczne sumy opadu

W opracowaniu analizowano sumy opadu na stacjach województwa łódzkiego, ale także wartości średnie dla całego województwa. Średnia wieloletnia suma opadów na obszarze województwa wyniosła w badanym okresie 582 mm. Najwyższa średnia suma miesięczna przypadała na lipiec i wyniosła średnio 82,6 mm, najmniej opadów zwykle odnotowywano w lutym, tylko 29,5 mm. Rys. 2 przedstawia rozkłady miesięcznych sum opadów uśrednionych w województwie łódzkim. Wyraźnie widoczny jest typowy dla wnętrza kontynentu rozkład opadów z maksimum w porze letniej. Zarówno najwyższa mediana, jak i najwyższe ekstremalne miesięczne wartości wystąpiły w lipcu.

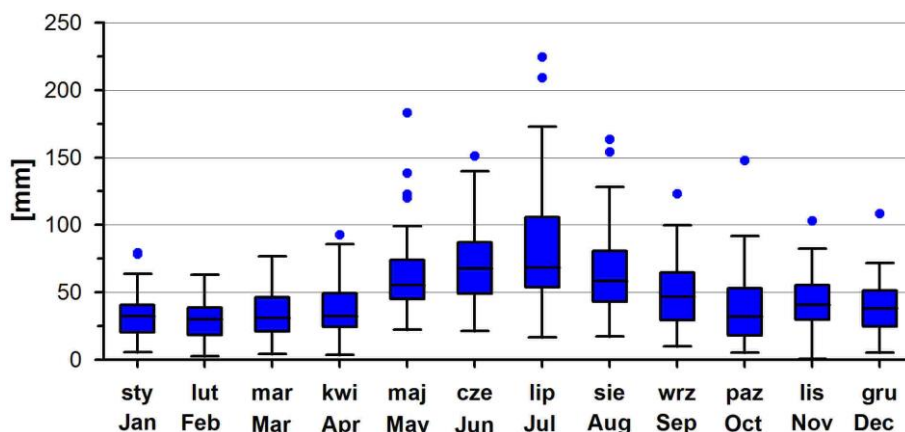
W lipcu obserwuje się również największy rozrzut wartości. W ciągu całego roku sumę opadu cechuje asymetria prawostronna, to znaczy najwyższe wartości dzieli od mediany znacznie większa różnica niż najniższe. Również wszystkie wartości poza zakresem wąsów zaznaczone kropkami, „odstają” w górę. Najniższa mediana występuje w lutym. Wtedy też najniższa jest największa miesięczna suma opadu i najmniejszy rozrzut miesięcznych sum opadu. Rozkład jest delikatnie bimodalny, to znaczy pojawia się drugie bardzo słabo zarysowane maksimum w listopadzie, poprzedzone równie delikatnym minimum w październiku. Mimo niskiej mediany, w październiku zdarzają się też bardzo wysokie opady, ponieważ w tym miesiącu występuje drugie maksimum rozrzutu miesięcznych sum opadu.

W skali sezonowej, największe sumy opadu występowały latem, a najmniejsze zimą. Opady wiosenne były nieco wyższe od jesiennych (rys. 3). W zimie średnia suma opadu w województwie łódzkim wynosiła 100,2 mm. Najsuchsza w badanym okresie była zima 1996/97, podczas której spadło tylko 45,8 mm opadu. Sumy poniżej 50 mm wystąpiły także podczas zim 1968/69 i 2002/03. Najniższa średnia zimowa suma opadu została zaobserwowana w Sulejowie i wyniosła 86,1 mm, a najwyższa w Kruszwie 120,5 mm. Na rys. 4 widoczny jest spadek sum opadu z południowego zachodu na północny wschód. Minimalna zimowa suma opadu na poszczególnych stacjach wahała się od 17,5 do 54,4 mm. Najczęściej, bo na siedmiu stacjach, najniższy opad zanotowano podczas zimy 1996/97, na sześciu stacjach najniższy opad zimowy wystąpił podczas zimy 1968/69. Najbardziej wilgotną zimą, średnio w całym województwie, była zima 2005/06 z opadem 173,8 mm. Na poszczególnych stacjach opady podczas najwilgotniejszej zimy wahały się od 140,8 do 206,7 mm. Na połowie analizowanych stacji zima 2005/06 okazała się najbardziej wilgotną, na czterech kolejnych stacjach była nią zima 1976/77.

Wiosną średnia suma opadu w województwie łódzkim wyniosła 133,0 mm. Najsuchszą okazała się wiosna 1964 roku z opadem 84,6 mm. Bardzo suche były też wiosny w latach 2012, 1976 i 1990 (odpowiednio 85,6, 86,1 i 87,9 mm). Podczas najwilgotniejszej wiosny, w 2010 roku spadło 248,7 mm deszczu, a niewiele mniej, bo 239,8 mm, podczas wiosny 1962 roku. Na poszczególnych stacjach średnie opady wiosny oscylowały między 116,4 mm w Żychlinie do 146,7 mm w Osjakowie (rys. 5) i rosły z północy na południe. Najwyższe średnie wiosenne sumy opadu obserwowano na południowym wschodzie województwa. Najwyż-

sze wiosenne sumy opadu wahały się od 236,9 do 319,7 mm. W 2010 r. zanotowano je na 10 stacjach, a w 1962 na ośmiu. Najniższe wiosenne

sumy opadu oscylowały między 29,9 a 86,9 mm i najczęściej pojawiały się w latach 2012 (na sześciu stacjach) i 1964 (na pięciu stacjach).

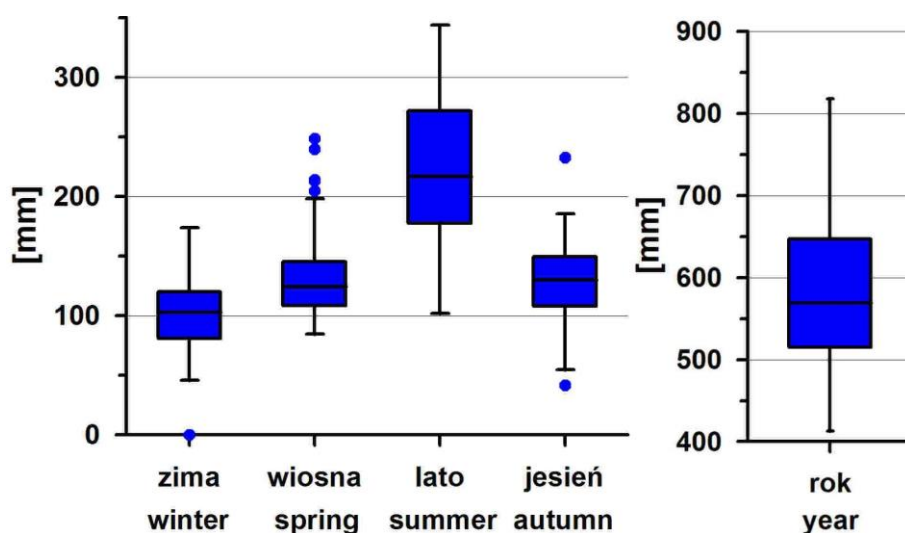


Rys. 2. Rozkład średnich miesięcznych sum opadów w województwie łódzkim w latach 1961–2015

słupki przedstawiają zakres od 25 do 75 percentyla z medianą w środku; zasięg wąsów jest określony przez półtora wielkości rozstępu kwartylnego lub wartości minimalne lub maksymalne; wartości poza zakresem wąsów zaznaczono niebieskimi kółkami

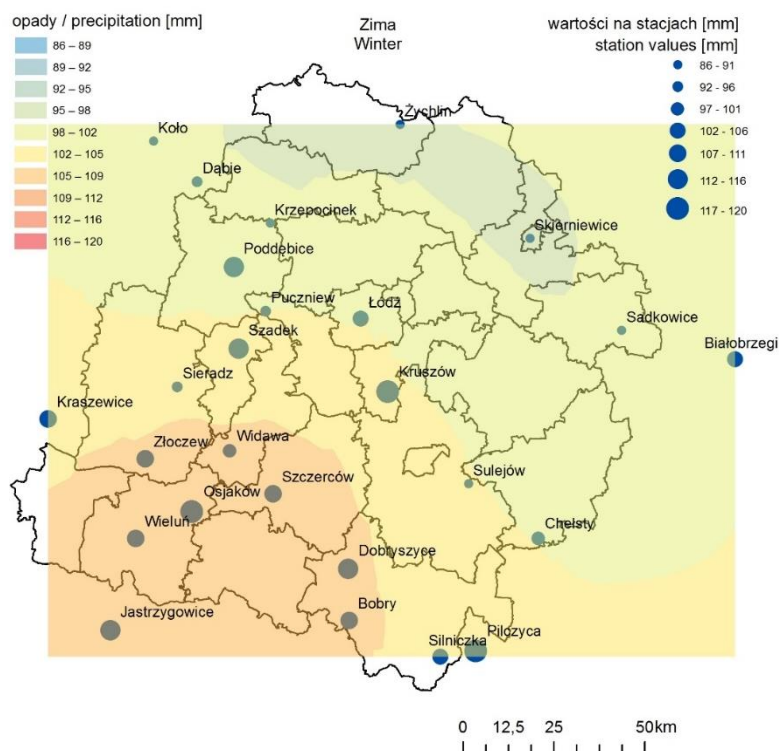
Distribution of mean monthly precipitation sums in Łódź Voivodeship, 1961–2015

bars present the range from the 25th to 75th percentile with median in the middle; whiskers present one and a half of interquartile range or minimum and maximum values; values outside these ranges are presented as blue circles

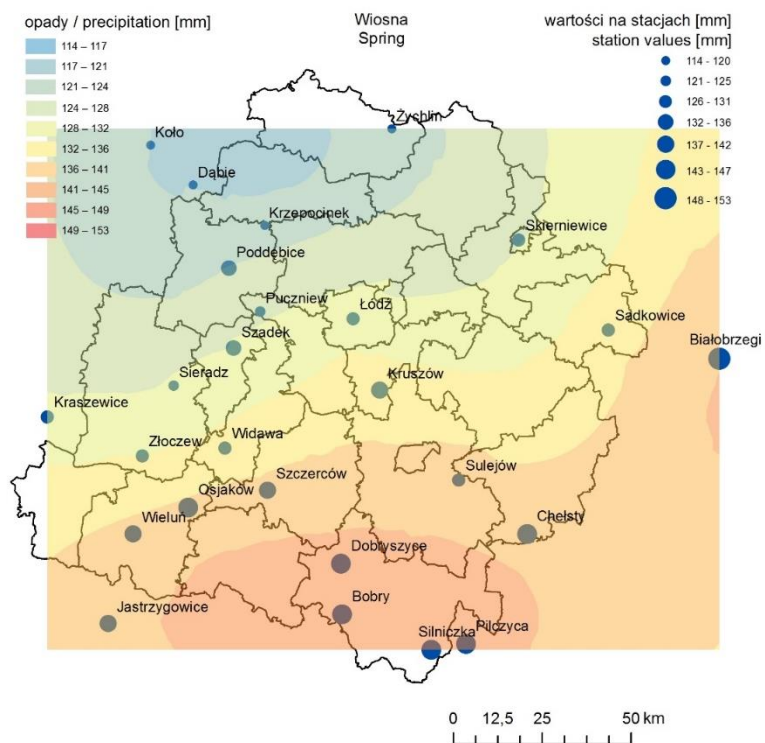


Rys. 3. Rozkład średnich sezonowych (po lewej) i rocznych (po prawej) sum opadów w województwie łódzkim
słupki jak na rys. 2

Distribution of mean seasonal (left) and annual (right) precipitation sums in Łódź Voivodeship
bars as in Fig. 2



Rys. 4. Przestrzenny rozkład średnich sum opadu zimy (w mm) w latach 1961–2015
Spatial distribution of mean winter precipitation totals (in mm), 1961–2015

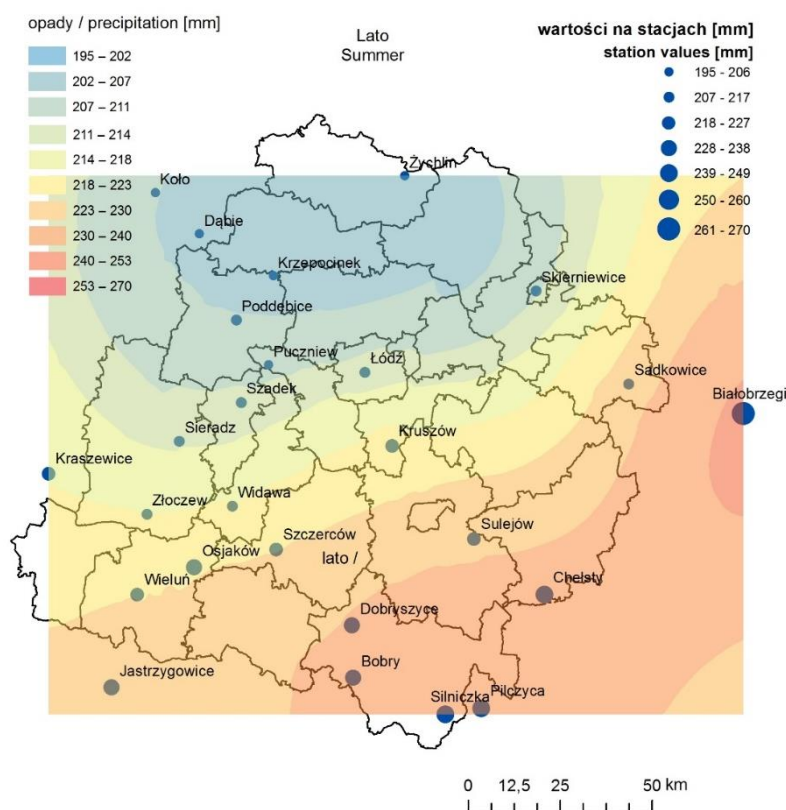


Rys. 5. Przestrzenny rozkład średnich sum opadu wiosny (w mm) w latach 1961–2015
Spatial distribution of mean spring precipitation totals (in mm), 1961–2015

Najwięcej opadów w województwie łódzkim przypadało na lato. Średnia suma wyniosła wówczas 218,6 mm i wahała się od 101,9 mm w roku 1992 do 344,2 mm w 1977. Tylko pięciokrotnie suma opadów letnich przekroczyła 300 mm. Miało to miejsce w latach 1977, 1997, 1980, 1985 i 2001. Na poszczególnych stacjach średnie letnie sumy opadu wahały się od 195,1 mm w Żychlinie do 242,4 mm w Silniczce (rys. 6) i wzrastały z północy na południe. Najwyższe średnie opady lata obserwowano na południowym wschodzie województwa. Maksima letnie na stacjach były zdecydowanie wyższe od wartości uśrednionych w całym województwie i wahały się od 362,2 mm do 475,6 mm. Najczęściej występowały w latach 1997 (na pięciu stacjach), 1977 oraz 1972 (w obu latach na trzech stacjach). Letnie minima na poszczególnych stacjach były niższe od średniej najniższej sumy opadu i oscylowały pomiędzy wartościami 56,2 i 118,3 mm. Najsuchszym latem było lato 1992 roku, gdy najniższe sumy opadów

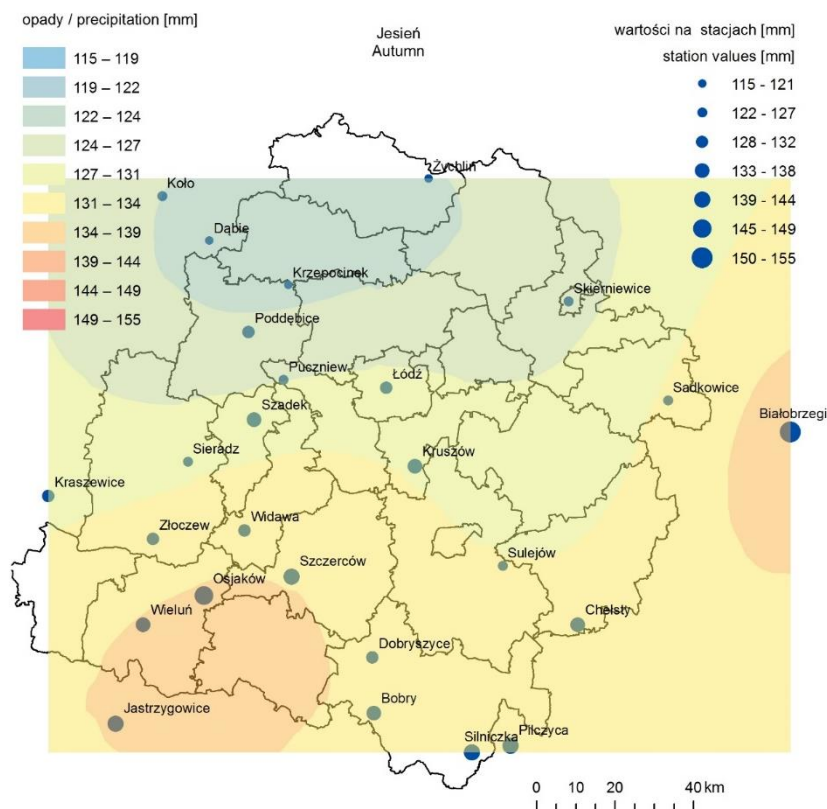
letnich zanotowano aż na 10 stacjach. Drugim w kolejności był rok 1983 z najniższą sumą opadu na 7 stacjach.

Jesienią średnia suma opadu w województwie była zbliżona do tej z wiosny i wynosiła 129,9 mm. W analizowanym okresie wartości wahały się od 41,2 mm w 2011 roku do 232,7 mm w 1974 roku. Tylko raz suma opadu jesiennego była niższa od 50 mm i raz wyższa od 200 mm. Na poszczególnych stacjach średnie jesienne sumy opadu wyniosły od 116,2 mm w Krzepocińku do 147,7 mm w Osjakowie, rosnąc z północnego wschodu na południowy zachód (rys. 7). Najniższe jesienne sumy opadu na poszczególnych stacjach oscylowały w badanym okresie między 22,9 mm a 45,0 mm. Aż na 13 stacjach zaobserwowano je w roku 2011, a na pozostałych siedmiu w 1982 roku. Najwyższe jesienne sumy opadu na poszczególnych stacjach wahały się od 198,6 mm do 289,4 mm i aż na 15 stacjach maksymalny opad jesienny wystąpił w 1974 roku.



Rys. 6. Przestrzenny rozkład średnich sum opadu lata (w mm) w latach 1961–2015

Spatial distribution of mean summer precipitation totals (in mm), 1961–2015

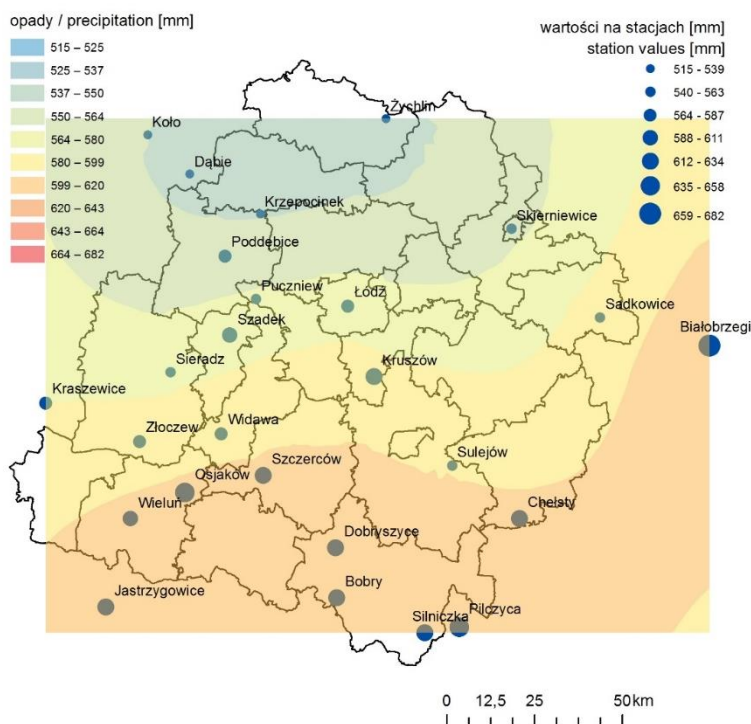


Rys. 7. Przestrzenny rozkład średnich sum opadu jesieni (w mm) w latach 1961–2015
Spatial distribution of mean autumn precipitation totals (in mm), 1961–2015

Średnia roczna suma opadu w województwie łódzkim wyniosła w badanym okresie 582,8 mm i wahała się od 413,0 mm w 2015 roku do 818,3 mm w 2010 roku. Oba skrajne lata wystąpiły po 2000 roku, a najwyższa suma roczna była praktycznie dwukrotnie wyższa od najniższej. Aż ośmiokrotnie roczna suma opadu była niższa od 500 mm. Na poszczególnych stacjach roczne sumy opadu wahały się od 515,2 mm w Żylinie do 648,0 mm w Osjakowie i wzrastały z północy na południe (rys. 8). Najniższe roczne sumy opadu wahały się od 327,1 mm do 436,6 mm. Minimum opadu rocznego wystąpiło na pięciu stacjach w 2015 roku, na czterech w 1989 a na kolejnych trzech w 1969 roku. Najwyższe sumy opadu oscylowały pomiędzy wartościami 766,3 mm, a 976,5 mm. Na sześciu stacjach zaobserwowano je w 2010 roku, na czterech w 1974 roku, a na kolejnych trzech w 1977 roku.

Podsumowując, północna część województwa otrzymywała w każdej porze roku mniejsze opady niż południowa. Najniższe opady noto-

wano najczęściej w Żylinie i Krzepocinku. Najwyższe opady pojawiały się na południu, ze wskazaniem jego zachodniej części w chłodnej porze roku i wschodniej w ciepłej. Analiza liniowych trendów sezonowych i rocznych sum opadu na poszczególnych stacjach wykazała, że istnieje niewielka tendencja do wzrostu opadów zimą i wiosną i ich spadku latem i zimą, jednak zmiany jedynie na pojedynczych stacjach przekraczają poziom istotności 95%, co oznacza, że mogły pojawić się przypadkowo (tab. 1). Wieloletni przebieg sezonowych i rocznych sum opadu uśrednionych w całym województwie pokazano na rys. 9. Widać znaczną międzyroczną zmienność sum opadu, szczególnie dużą w okresie lata, ale także zimy. Opady wiosenne charakteryzuje stosunkowo wyrównany przebieg, w którym jednak zaznacza się kilka lat z bardzo wysokimi sumami opadu. Są to lata 2010, 1962, 2013, 2014, 1994 i 2001. Duża zmienność rocznych sum opadu jest konsekwencją znaczącej zmienności sum sezonowych.



Rys. 8. Przestrzenny rozkład średnich rocznych sum opadu (w mm) w latach 1961–2015
Spatial distribution of mean yearly precipitation totals (in mm), 1961–2015

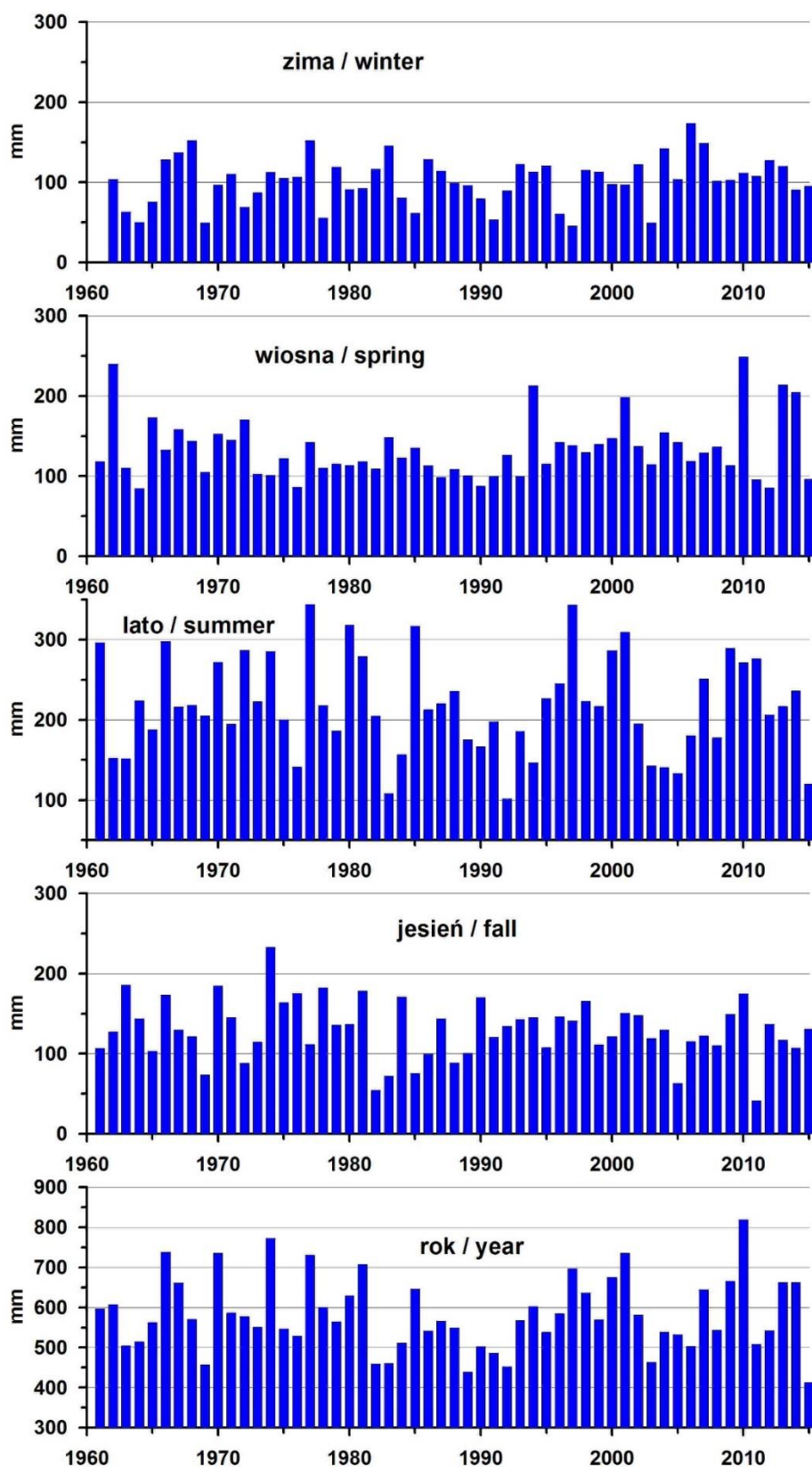
Tabela 1

Współczynniki trendu liniowego w mm/rok sezonowych i rocznych sum opadu na analizowanych stacjach w województwie łódzkim w latach 1961–2015

Linear trend coefficients in mm/y of seasonal and yearly precipitation sums on analysed stations in the Łódź Voivodeship, 1961–2015

Stacja <i>Station</i>	Zima <i>Winter</i>	Wiosna <i>Spring</i>	Lato <i>Summer</i>	Jesień <i>Fall</i>	Rok <i>Yearly</i>
Bobry	0.670	0.860	0.040	0.630	2.170
Chełsty	0.538	0.148	-0.637	-0.341	-0.346
Dobryszyc	0.234	0.162	-0.132	-0.275	-0.018
Kruszów	0.085	0.184	0.344	-0.611	-0.017
Krzepocinek	-0.041	-0.030	-1.100	-0.648	-1.874
Łódź	0.539	0.115	-0.593	-0.434	-0.421
Osjaków	-0.011	0.118	-0.185	-0.747	-0.815
Poddębice	0.285	0.286	-0.338	-0.176	0.018
Puczniew	0.758	0.750	0.038	-0.229	1.255
Sadkowie	0.628	0.399	-0.644	-0.354	-0.051
Sieradz	0.108	0.535	-0.28	-0.338	-0.011
Silniczka	0.403	0.323	-0.495	-0.129	0.428
Skiermiewice	0.635	0.279	-0.972	-0.627	-0.728
Sulejów	0.416	0.429	-0.116	-0.195	0.578
Szadek	0.487	0.194	-0.248	-0.460	-0.072
Szczerców	-0.016	0.285	0.150	-0.645	-0.339
Widawa	0.62	0.221	0.046	-0.482	0.326
Wieluń	-0.285	0.04	-0.272	-0.645	-1.161
Żłoczew	-0.009	0.12	0.316	-0.451	-0.064
Żychlin	0.126	-0.521	-1.12	-0.873	-2.401

wartości statystycznie istotne na poziomie 95% zaznaczono **boldem**
statistically significant values given **in bold**



Rys. 9. Przebieg średnich sezonowych i rocznych sum opadu w latach 1961–2015

Long-term course of seasonal and yearly precipitation sums, 1961–2015

Liczba dni z opadem równym lub przekraczającym wybrane wartości progowe

Ważnym wskaźnikiem częstości i intensywności opadów jest liczba dni z opadem przekraczającym wybrane wartości progowe. W Polsce najczęściej wyróżnia się dni bez opadu, dni z opadem niemierzalnym, jeśli dobowa suma opadu była niższa od 0,1 mm i dni z opadem mierzalnym, w których suma opadu wynosi co najmniej 0,1 mm i podawana jest z dokładnością do 0,1 milimetra. W wielu publikacjach, dni bez opadu i dni z opadem niemierzalnym traktowane są łącznie jako dni suche. W niektórych krajach za dni suche uważa się dni z opadem niższym od 1 mm. W tym opracowaniu dni z opadem poniżej 0,1 mm traktowano jako dni suche. Dodatkowo analizowano średnie sezonowe liczby dni z opadem wynoszącym co najmniej 0,1 mm, 1 mm, 10 mm, 20 mm i 50 mm. W tabeli 2 zebrano średnie liczby takich dni w województwie łódzkim w poszczególnych sezonach i całym roku. W ciągu roku w województwie łódzkim występowało

średnio 146,2 dni z opadem, co stanowiło 40% wszystkich dni w roku. Najwięcej zdarzało się zimą, kiedy ich liczba sięgała 41,0. W pozostałych porach roku było ich od 34,7 jesienią do 35,9 latem. Dni z opadem równym lub przekraczającym 1 mm obserwowano średnio 99,1 rocznie i były dość równomiernie rozłożone w ciągu roku. Najwięcej pojawiało się latem – 27,1, najmniej jesienią – 23,7. Znacznie większe sezonowe zróżnicowanie cechowało liczby dni o wyższych sumach opadu. Średnia roczna liczba dni z opadem równym lub wyższym od 10 mm wynosiła tylko 13,6, ale prawie połowa tych dni, bo aż 6,6, wystąpiła latem. Wiosną obserwowano średnio 3 dni z opadem 10 mm lub więcej, jesienią 2,8, a zimą tylko 1,1. Dni z opadem równym lub przekraczającym 20 mm zdarzały się zdecydowanie rzadziej. Średnio w roku obserwowano takich dni 3,5, z czego latem 2,1, wiosną i jesienią po około 0,6, a zimą poniżej 0,1, czyli rzadziej niż raz na 10 lat. Dni z opadem równym lub przekraczającym 50 mm występowały sporadycznie. Ich średnia roczna liczba wyniosła 0,2, czyli pojawiały się raz na pięć lat, zwykle latem, czasem wiosną lub jesienią.

Tabela 2

Średnie liczby dni z opadem przekraczającym wybrane wartości progowe w województwie łódzkim w latach 1961–2015

Mean numbers of days with precipitation exceeding given thresholds in the Łódź Voivodeship, 1961–2015

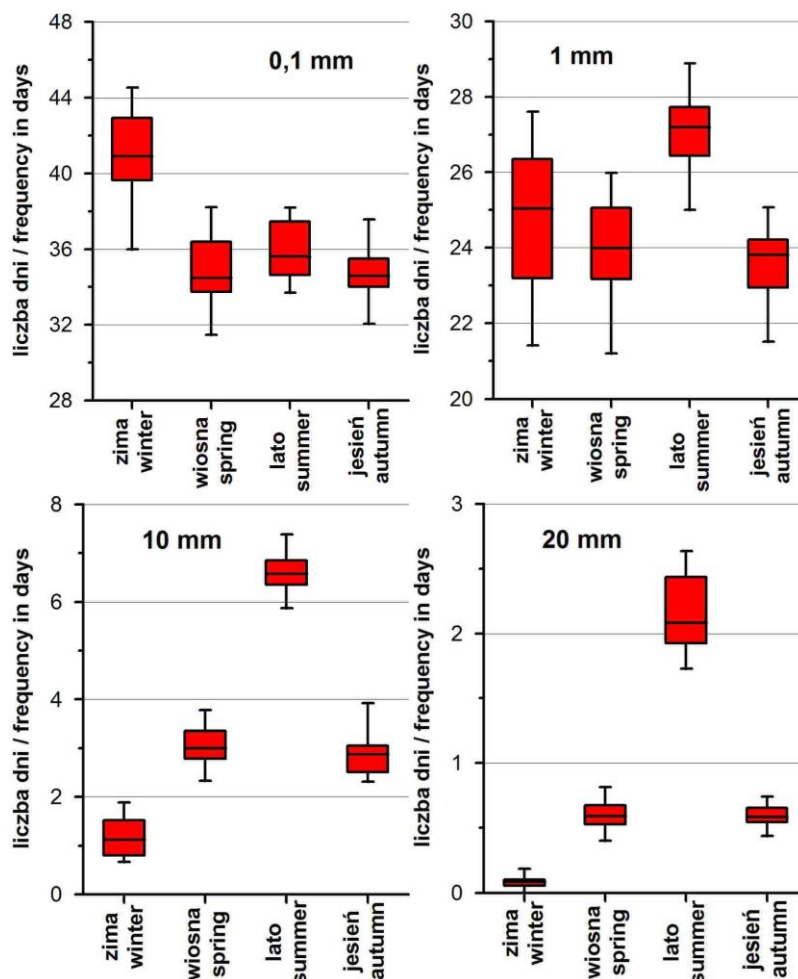
Próg / Sezon Threshold/ Season	Zima Winter	Wiosna Spring	Lato Summer	Jesień Fall	Rok Year
0,1 mm	40,99	34,80	35,94	34,69	146,21
1 mm	24,62	23,96	27,09	23,58	99,13
10 mm	1,14	3,01	6,61	2,84	13,59
20 mm	0,08	0,61	2,17	0,59	3,45
50 mm	0,00	0,02	0,17	0,01	0,20

Na wszystkich analizowanych stacjach województwa łódzkiego liczba dni z opadem mierzalnym w zimie znacząco przekracza tą z innych pór roku i waha się w zimie od 36,0 w Krzepocinku do 44,5 w Silniczce, na wiosnę od 31,5 w Krzepocinku do 38,2 w Chełstach, latem od 33,7 w Złoczewie do 38,2 w Silniczce, a jesienią od 32,1 w Krzepocinku do 37,6 w Silniczce. W skali całego roku najmniej jest takich dni w Krzepocinku – 133,5, a najwięcej w Silniczce – 159,6 (rys. 10; tab. 3). Dni z opadem 1 mm lub większym najczęściej występują w porze letniej. Ich liczba waha się od 25,0 w Żychlinie do 28,9 w Silniczce. W pozostałych porach roku liczba dni z opadem wynoszącym co najmniej 1 mm utrzymuje się na podobnym poziomie. W zimie

zmienia się od 21,4 w Krzepocinku do 27,6 w Osjakowie, wiosną od 21,2 w Krzepocinku do 26,0 w Bobrach, a jesienią od 21,5 w Krzepocinku do 25,1 w Osjakowie. W ciągu roku najmniej dni z opadem co najmniej 1 mm jest w Krzepocinku – 89,6, a najwięcej w Osjakowie – 105,8. Dni z opadem równym lub przekraczającym 10 mm są już dużo rzadsze. Najwięcej takich dni zdarza się latem, od 5,8 w Krzepocinku do 7,4 w Silniczce. Wiosną i jesienią są rzadkością, ich liczba waha się wiosną od 2,3 w Żychlinie do 3,8 w Osjakowie, a jesienią od 2,3 w Żychlinie do 3,9 w Osjakowie. Zimą występują tylko sporadycznie od 0,7 w Sulejowie do 1,9 w Kruszowie. W całym roku dni z opadem wynoszącym co najmniej 10 mm jest najmniej w Krzepocinku – 11,8, a naj-

częściej pojawiają się w Osjakowie, podczas 16,7 dni. Dni z opadem równym lub wyższym niż 20 mm nie występują każdego roku. W badanym okresie w zimie w ogóle nie pojawiły się w Silnicze. Najczęściej średnio raz na pięć zim notowano je w Kruszowie. Nieco częściej obserwowano je wiosną. Średnio dwukrotnie w okresie 5 lat zdarzały się w Sadkowicach, a czterokrotnie w Chełstach. Latem były najczęstsze, notowano ich średnio od 1,7 dnia w Puczniewie do 2,6 dnia w Silnicze. Jesienią ich częstość była zbliżona do tej z wiosny i wahała się od 0,4 rocznie w Sulejowie do 0,7 rocznie w Osjakowie. W skali roku najrzadziej pojawiały się w Puczniewie – 2,8, a najczęściej w Chełstach, średnio w ciągu 4,2 dni. Opady o sumach równych lub przekraczających 50 mm na dobę należą w województwie łódzkim do ekstre-

malnych. Zimą taki opad pojawił się tylko raz na stacji w Osjakowie. Wiosną notowany był na 14 stacjach. Najczęściej, bo pięciokrotnie w Osjakowie. Nie wystąpił ani razu w Dobryszycach, Łodzi, Puczniewie, Szadku, Widawie i Wieluniu. Latem opady przekraczające 50 mm notowane były w analizowanym okresie na wszystkich stacjach. Najrzadziej, bo czterokrotnie obserwowano je w Żychlinie. Natomiast najwięcej takich dni, bo aż 15, pojawiło się w Silnicze. Jesienią opady wynoszące co najmniej 50 mm obserwowano tylko na 8 stacjach. W Osjakowie, Szczercowie i Żychlinie pojawiły się dwukrotnie, w Chełstach, Dobryszycach, Silnicze, Widawie i Wieluniu po jednym razie. W skali roku najrzadziej obserwowano je w Skierniewicach – średnio raz na 11 lat, a najczęściej w Osjakowie – średnio raz na trzy lata.



Rys. 10. Rozkłady średnich sezonowych liczb dni z opadami przewyższającymi 0,1, 1, 10 i 20 mm na 20 stacjach województwa łódzkiego w latach 1961–2015

pozioma kreska wskazuje medianę rozkładu, pudełko zakres od 25 do 75 percentyla, a wąsy wartości ekstremalne

Distribution of seasonal average numbers of days with precipitation totals exceeding 0.1, 1, 10 and 20 mm at 20 stations in Łódź Voivodeship, 1961–2015

horizontal lines indicate medians, boxes indicate ranges from the 25th to 75th percentiles, whiskers indicate extreme values

Średnie liczby dni z opadem przekraczającym wybrane wartości progowe w latach 1961–2015 na badanych stacjach w województwie łódzkim

Mean numbers of days with precipitation exceeding given thresholds at analysed stations in the Łódź Voivodeship, 1961–2015

Stacja / Station	0,1 mm	1 mm	10 mm	20 mm	50 mm
Bobry	149,05	102,40	14,11	3,75	0,29
Chelsty	156,70	101,19	14,50	4,20	0,31
Dobryczyce	149,98	103,38	14,47	3,85	0,27
Kruszów	149,11	102,35	14,57	3,87	0,22
Krzepocinek	<i>133,45</i>	<i>89,62</i>	<i>11,76</i>	2,98	0,25
Łódź	153,25	101,22	12,85	3,04	0,15
Osjaków	142,54	105,83	16,69	4,02	0,33
Poddębice	143,85	99,83	13,63	3,26	<i>0,11</i>
Puczniew	144,89	96,31	<i>11,81</i>	2,78	<i>0,11</i>
Sadkowice	144,23	96,70	12,68	3,47	0,15
Sieradz	145,06	95,57	12,13	3,19	0,17
Silniczka	158,59	102,37	15,02	4,07	0,31
Skiernewice	143,72	<i>94,48</i>	12,37	3,06	<i>0,09</i>
Sulejów	148,56	94,81	12,72	3,65	0,22
Szadek	146,35	102,65	14,00	3,29	<i>0,11</i>
Szczerców	141,25	103,31	14,35	3,65	0,27
Widawa	144,12	98,56	13,52	3,38	0,24
Wieluń	154,67	101,85	14,33	3,25	<i>0,11</i>
Złoczew	<i>135,98</i>	97,89	14,35	3,20	0,15
Żychlin	<i>138,78</i>	<i>92,26</i>	<i>11,92</i>	<i>3,02</i>	0,14
średnia	146,21	99,13	13,59	3,45	0,20

boldem (*kursywą*) wskazano trzy stacje z najwyższą (najniższą) liczbą takich dni in each case values for the three stations with the highest and lowest number of such days given **in bold** and *in italic*, respectively

Porównując z wynikami uzyskanymi przez Olechnowską-Bobrowicz (1970) dla dziesięciolecia 1951–1960 bezpośrednio poprzedzającego okres analizowany w tym opracowaniu, dni z opadem mierzalnym było średnio o pięć mniej w latach 1961–2015. Zmniejszyła się liczba takich dni zimą (o siedem) i latem (o dwa), natomiast wzrosła wiosną i jesienią (po około dwa). Liczba dni z opadem bardzo silnym pozostała na podobnym poziomie. Zaobserwowane są niewielkie w porównaniu z wahaniami z roku na rok i mieszczą się w granicach naturalnych oscylacji klimatu.

Sezonowa zmienność opadów

Sezonową zmienność opadów scharakteryzowano na podstawie czterech wskaźników opadowych: indeksu opadowego Schmucka, stosunku opadów zimy i lata, stosunku opadów wiosennych do jesiennych i wskaźnika nierównomierności.

Indeks opadowy Schmucka, według autora, planowany był jako wskaźnik oceanicznego lub kontynentalnego przebiegu opadów (Schmuck

1965), jednak w rzeczywistości jest raczej miarą ich efektywności (Kozuchowski, Wibig 1988). Pierwszy człon jest różnicą między roczną sumą opadu a wartością 500, która określa minimalną ilość opadu niezbędną dla prawidłowego rozwoju typowej w regionie roślinności, tak naturalnej, jak i uprawianej przez człowieka. Zatem ujemne wartości wskaźnika wskazują na niedobory opadu w regionie. Drugi człon jest ilorazem opadów letnich i zimowych. Czym większa wartość, tym większy udział opadów w okresie wegetacyjnym. Na poszczególnych stacjach województwa łódzkiego średnia pięćdziesięciopięcioletnia wartość indeksu opadowego Schmucka wahała się od 39 w Żychlinie do 431 w Chelstach (tab. 4). Średnia wieloletnia wartość tego indeksu w województwie łódzkim wyniosła 227. W przebiegu wieloletnim wartości indeksu opadowego zmieniały się od -176 w 1969 roku do 1470 w 1997 roku, który był rokiem wyjątkowym, zarówno z powodu wysokiej sumy rocznej, jak i tego, że większość opadu spadła w lipcu, powodując znaczne powodzie na terenie kraju (rys. 11). Wartość wskaźnika w roku 1997, będąca skutkiem ekstremalnych opadów w lipcu tego roku, znacząco odbiegała od wszys-

tkich innych. Następna w kolejności wartość była prawie dwukrotnie niższa i wyniosła 774 w 2010 roku, który również zasłynął z powodzi. Wartości przekraczające 700 zaobserwowano jeszcze w latach 1985 i 2001. Z kolei wartości ujemne wskaź-

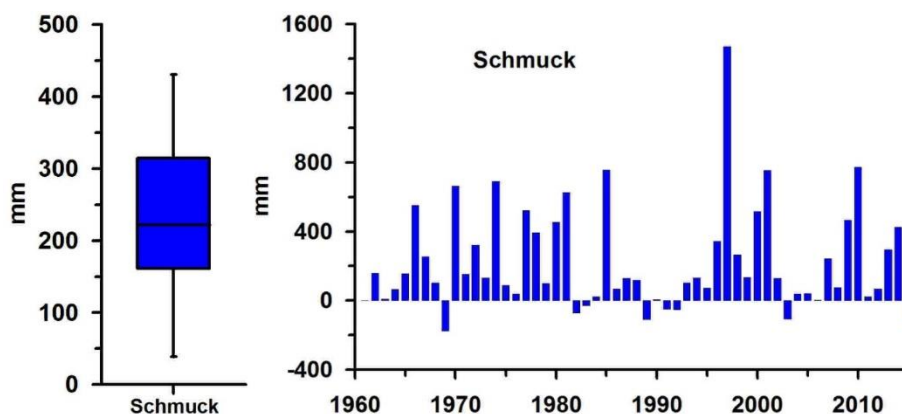
nika, wskazujące na znaczące niedobory opadu pojawiły się ośmiokrotnie. Poza wspomnianym już rokiem 1969 także w latach 1982, 1983, 1989, 1991, 1992, 2003 i 2015.

Tabela 4

Wartości średnie wybranych indeksów opadowych: indeksu opadowego Schmucka, stosunku opadów wiosny do jesieni Rw/Rj , wskaźnika nierównomierności i stosunku opadów zimy do lata Rz/Rl

Mean values of selected precipitation indices: Schmuck's precipitation index, ratio of spring to autumn precipitation totals Rw/Rj , unevenness index and ratio of winter to summer totals Rz/Rl

Stacja Station	Indeks Schmucka Schmuck index	Rw/Rj	Wskaźnik nierównomierności Unevenness index	Rz/Rl
Bobry	327.664	1.225	0.467	0.459
Chełsty	430.558	1.170	0.495	0.406
Dobryszyce	314.384	1.250	0.469	0.480
Kruszów	275.571	1.202	0.461	0.533
Krzepocinek	100.424	1.175	0.516	0.430
Łódź	211.029	1.120	0.465	0.478
Osjaków	370.121	1.111	0.452	0.522
Poddębice	200.617	1.168	0.467	0.527
Puczniew	126.660	1.135	0.497	0.452
Sadkowice	185.674	1.126	0.500	0.406
Sieradz	160.794	1.165	0.503	0.436
Silniczka	421.551	1.174	0.487	0.419
Skierniewice	150.552	1.255	0.507	0.408
Sulejów	246.248	1.159	0.502	0.360
Szadek	232.367	1.105	0.459	0.529
Szczerców	305.201	1.117	0.465	0.502
Widawa	198.397	1.062	0.488	0.444
Wieluń	296.415	1.172	0.461	0.493
Złoczew	201.868	1.103	0.468	0.532
Żychlin	38.936	1.156	0.502	0.449



Rys. 11. Indeks Schmucka

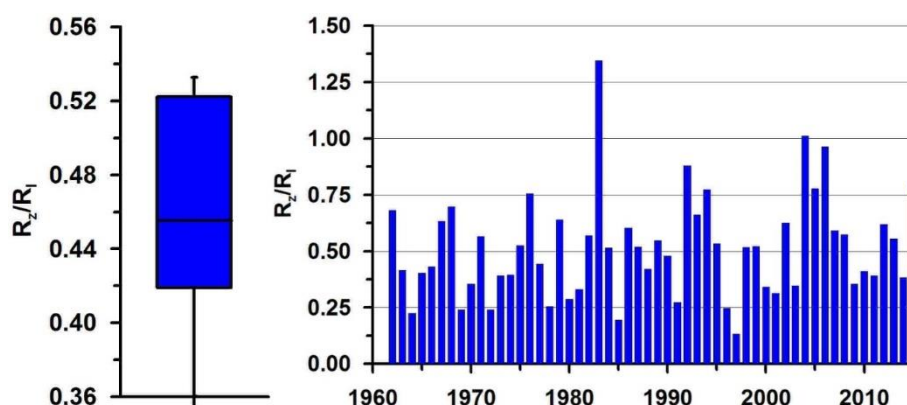
po lewej rozrzut wartości średnich w wieloleciu 1961–2015 na badanych stacjach, po prawej przebieg wartości średnich ze wszystkich stacji województwa łódzkiego

Schmuck index

dispersion of mean values in the period 1961–2015 at analysed stations (left); long-term course of mean values from all stations in the Łódź Voivodeship (right)

Stosunek opadów zimowych do letnich jest często stosowany do oceny oceanizmu pluwiального (Schmuck 1969). W województwie łódzkim opady zimowe stanowią średnio nieco poniżej połowy opadów letnich. Podobny wynik uzyskali Kożuchowski i Wibig (1988) na podstawie danych z lat 1951–1980 z 62 stacji z całej Polski, z których dwie pochodziły z województwa łódzkiego. Na poszczególnych stacjach stosunek opadów zimowych do letnich waha się od 0,36 w Sulejowie do 0,53 w Kruszwie (tab. 4), co może świadczyć o dużym wpływie warunków lokalnych na stopień kontynentalizmu pluwiального.

Stacje dzieli niewielka odległość, ale Sulejów położony jest w bezpośrednim sąsiedztwie dużego sztucznego zbiornika wodnego – zalewu Sulejowskiego. W przebiegu wieloletnim wartości średnich w całym województwie (rys. 12) tylko dwukrotnie opady zimowe przewyższyły letnie. Raz w 1983 roku, gdy stosunek ten wyniósł 1,34, drugi raz w 2004, gdy opady zimowe były tylko o 1% wyższe od letnich. Zauważalny jest niewielki, nieistotny statystycznie, wzrost stosunku opadów zimowych do letnich, wynikający z nieznacznej tendencji wzrostowej opadów zimowych i spadkowej letnich.



Rys. 12. Stosunek opadów zimy do lata

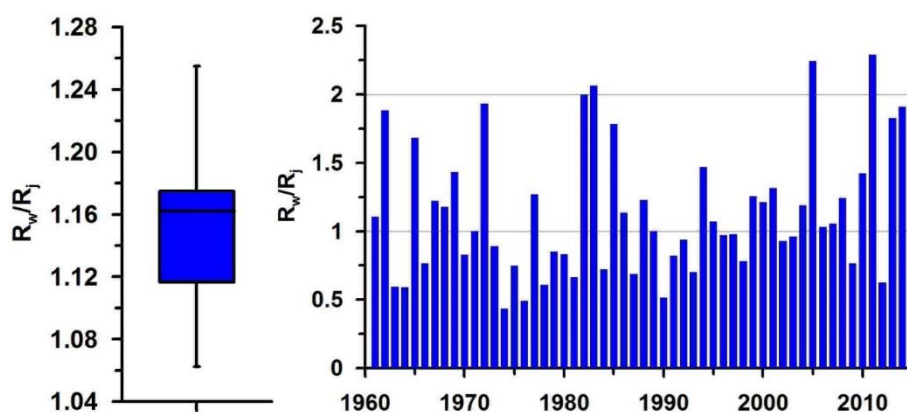
po lewej rozrzut wartości średnich w wieloleciu 1961–2015 na badanych stacjach,
po prawej przebieg wartości średnich ze wszystkich stacji województwa łódzkiego

Ratio of winter to summer precipitation totals

dispersion of mean values in the period 1961–2015 at analysed stations (left);
long-term course of mean values from all stations in the Łódź Voivodeship (right)

Innym wskaźnikiem oceanizmu pluwiального jest stosunek opadów wiosny do jesieni (Merecki 1915; Romer 1949; Schmuck 1965, 1969; Wiszniewski, Chełchowski 1975). W klimacie oceanicznym opady jesienne przeważają nad wiosennymi. Jednak na obszarze Polski opady wiosenne niewiele różnią się od jesiennych. W województwie łódzkim średnie wieloletnie w okresie 1961–2015 wahały się od 1,06 w Widawie do 1,25 w Skierniewicach (tab. 4), a średnia wieloletnia dla całego regionu wyniosła 1,13. Niewielkie różnice wartości oraz brak ich przestrzennego uporządkowania sugeruje, że są one spowodowane głównie czynnikami lokalnymi. Dużo większe różnice cechują czasowy bieg wskaźnika. W 1974 roku opady wiosenne stanowiły tylko 44% jesiennych, w 2011 roku aż 229% (rys. 13). W ciągu 28 lat opady wiosny były wyższe od opadów jesieni, w ciągu 26 lat dominowały opady jesienne,

w 1989 roku sumy były idealnie równe. Czterokrotnie opady wiosenne stanowiły ponad 200% opadów jesiennych. Na mapie przedstawionej w pracy Kożuchowskiego i Wibig (1988) obszar województwa łódzkiego leży w obszarze wartości stosunku opadów wiosny do jesieni w granicach od 1,0 do 1,1. Mapa powstała na podstawie danych z 62 polskich stacji z lat 1951–1980, jednak tylko dwie z nich leżały na obszarze województwa łódzkiego. Znaczyłoby to, że stosunek opadów wiosny do jesieni nieznacznie wzrósł. Trend policzony na podstawie średnich wartości dla województwa nie jest jednak statystycznie istotny, co wynika być może z bardzo dużej międzyrocznej zmienności tego wskaźnika. Przewagę opadów wiosny nad opadami jesieni na obszarze środkowej Polski stwierdzili również Romer (1949) i Schmuck (1969).



Rys. 13. Stosunek opadów wiosny do jesieni

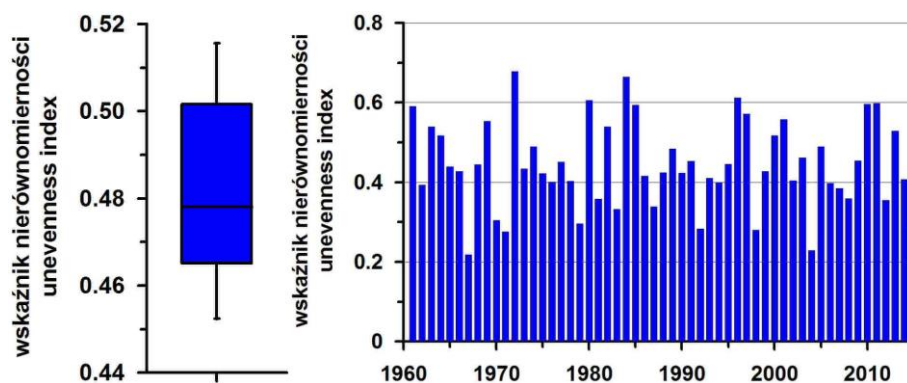
po lewej rozrzut wartości średnich w wieloleciu 1961–2015 na badanych stacjach,
po prawej przebieg wartości średnich ze wszystkich stacji województwa łódzkiego

Ratio of spring to autumn precipitation totals

dispersion of mean values in the period 1961–2015 at analysed stations (left);
long-term course of mean values from all stations in the Łódź Voivodeship (right)

Wskaźnik nierównomierności opadu jest stosunkiem sumy bezwzględnych różnic między miesięcznymi sumami opadu a przeciętną miesięczną sumą opadu do rocznej sumy opadu. Jest oceną zróżnicowania sum opadu w biegu rocznym, czyli może być traktowany jako wskaźnik kontynentalizmu opadowego. Na poszczególnych stacjach województwa łódzkiego waha się on nieznacznie od 0,45 w Osjakowie do 0,52 w Krzepocinku (tab. 4). W przebiegu wieloletnim wartości uśrednionych w całym województwie zróżni-

cowanie jest dużo większe (rys. 14). Wartości wskaźnika wahały się w badanym okresie od 0,22 w 1967 roku do 0,68 w 1972, przy średniej dla całego okresu równej 0,44. Badania Kożuchowskiego i Wibig (1988) prowadzone na podstawie danych z lat 1951–1980 wskazują, że województwo łódzkie znajdowało się w obszarze wartości z przedziału 0,3–0,4, więc nieco niższych niż uzyskano w tym opracowaniu, co sugeruje nieznaczny wzrost nierównomierności opadów.



Rys. 14. Wskaźnik nierównomierności opadu

po lewej rozrzut wartości średnich w wieloleciu 1961–2015 na badanych stacjach,
po prawej przebieg wartości średnich ze wszystkich stacji województwa łódzkiego

Unevenness index

dispersion of mean values in the period 1961–2015 at analysed station (left);
long-term course of mean values from all stations in the Łódź Voivodeship (right)

Podsumowanie

Średnia roczna suma opadów w województwie łódzkim w badanym okresie wyniosła 582 mm. Jest to wartość mieszcząca się w granicach podanych przez Dubaniewicza (1974), który stwierdził, że w latach 1954–1964 opady na analizowanych przez niego stacjach województwa łódzkiego mieściły się głównie w przedziale 550–600 mm. W latach 1961–2015 roczne sumy opadu na poszczególnych stacjach wahały się od 515,2 mm w Żychlinie do 648,0 mm w Osjakowie i wzrastały z północy na południe. Pozostały zatem na podobnym poziomie, co potwierdza też brak trendu sum rocznych. Najwyższe sumy opadu notowano latem, kiedy wyniosły średnio 218 mm, najniższe zimą – 100 mm. Jednocześnie opady jesienne i wiosenne były na zbliżonym poziomie, odpowiednio 130 i 133 mm. Oznacza to, że zgodnie z typologią Chomicza (1971) województwo łódzkie leży w obszarze klimatu kontynentalno-morskiego.

Średnio w roku obserwowano 146 dni z opadem, co stanowi około 40% dni w roku. Były to w większości niewielkie opady. Średnio przez około 47 dni opady mieściły się w granicach od 0,1 mm do 1 mm, najczęściej, bo przez 85 dni w roku leżały w przedziale [1–10 mm), a w ciągu 10 dni w roku w przedziale [10–20 mm). Średnio trzykrotnie w roku zdarzały się opady z przedziału [20–50 mm) i tylko raz na pięć lat notowano opad dobowy równy lub wyższy niż 50 mm. Dni z opadem najczęściej pojawiają się zimą, ale już dni z opadem równym bądź wyższym od 1 mm najczęściej jest latem. Dni z opadem wynoszącym co najmniej 10 mm rzadko zdarzają się zimą, zdecydowanie rzadziej niż w pozostałych porach roku.

W opracowaniu analizowano cztery wskaźniki opadowe: indeks opadowy Schmucka, stosunek opadów zimowych do letnich, stosunek opadów wiosennych do jesiennych i wskaźnik nierównomierności. Indeks opadowy Schmucka określający efektywność opadu wskazuje, że w województwie łódzkim dość często zdarzają się niedobory opadu. Ośmiokrotnie średnie opady roczne w województwie były niższe od 500 mm. Zauważalny jest niewielki, nieistotny statystycznie, wzrost stosunku opadów zimowych do letnich, wynikający z nieznacznej tendencji wzrostowej opadów zimowych i spadkowej letnich. Oznacza to lekki spadek kontynentalizmu opadów. Spadek jest statystycznie nieistotny, częściowo z powodu bardzo dużej zmienności opa-

dów z roku na roku. Dodatkowo zanotowano niewielki wzrost stosunku opadów wiosennych do jesiennych w porównaniu z wynikiem uzyskanym przez Kożuchowskiego i Wibig (1988) dla danych z lat 1951–1980, a porównanie wskaźnika nierównomierności opadów policzonego w pracy Kożuchowskiego i Wibig (1988) z tym uzyskanym w niniejszym opracowaniu sugeruje nieznaczny wzrost nierównomierności opadów.

Literatura

- Chomicz K. 1971. Struktura opadów atmosferycznych w Polsce. *Prace PIHM* 101: 25-66.
- Dubaniewicz H. 1974. Klimat województwa łódzkiego. *Acta Geographica Lodziensia* 39: 1-120.
- Gorczyński W. 1948. System dziesiętny klimatów świata. *Przegląd Meteorologiczny i Hydrologiczny* 1: 30-43.
- Kaczorowska Z. 1962. Opady w Polsce w przekroju wieloletnim. *Prace Geograficzne IG PAN* 33: 1-117.
- Kłysik K. 1993. Główne cechy klimatu. W: S. Pączka (red.) *Środowisko geograficzne Polski Środkowej*. Wyd. UŁ, Łódź: 109-134.
- Kłysik K. 2001. Warunki klimatyczne. W: S. Liszewski (red.) *Funkcja regionalna Łodzi i jej rola w kształtowaniu województwa. Zarys monografii województwa łódzkiego*. ŁTN, Łódź: 68-81.
- Kłysik K., Fortuniak K. 1992. Przestrzenne zróżnicowanie największych opadów dobowych i sum miesięcznych na obszarze środkowej Polski. *Folia Scientiarum Lublinensis, Geographia* 33(1-2): 51-65.
- Kłysik K., Fortuniak K. 1993. Maksymalne opady dobowe w środkowej Polsce. *Przegląd Geograficzny* LXIV(1-2): 97-110.
- Kłysik K., Fortuniak K. 2005. Maximum daily precipitation in the basin of central Poland rivers. *3th International Conference "Ecology of river's basins"*, Vladimir, Russia: 107-111.
- Köppen W. 1918. Klassifikation der Klimate nach Temperatur, Niederschlag und Jahreslauf. *Petermanns Geographische Mitteilungen* 64: 193-203.
- Kosiba A. 1948. Klimat Ziemi Śląskich. Inst. Śląski, Wrocław.
- Kozłowska T. 1955. Regionalne opracowania klimatu Polski. *Przegląd Geograficzny* 27(1): 117-124.
- Kożuchowski K. 1982. Współczesne tendencje zmian rocznych sum opadów w Polsce 1931-1980. *Przegląd Geofizyczny* 27(3-4): 251-260.
- Kożuchowski K. 1985a. Zmienność opadów atmosferycznych w Łodzi w okresie 1904-1979. *Acta Universitatis Lodzianensis, Folia Geographica* 4: 3-17.

- Kożuchowski K. 1985b. Zmienność opadów atmosferycznych w Polsce w stuleciu 1881-1980. *Acta Geographica Lodziensia* 48: 1-158.
- Kożuchowski K., Wibig J. 1988. Kontynentalizm pluwialny w Polsce: różnicowanie geograficzne i zmiany wieloletnie. *Acta Geographica Lodziensia* 55: 1-102.
- Łupikasza E. 2010. Spatial and temporal variability of extreme precipitation in Poland in the period 1951-2006. *International Journal of Climatology* 30(7): 991-1007.
- Łupikasza E. 2017. Seasonal patterns and consistency of extreme precipitation trends in Europe, December 2010 to February 2008. *Climate Research* 72(3): 217-237.
- Merecki R. 1915. *Klimatologia ziem polskich*. Gebethner i Wolf, Warszawa.
- Olechnowicz-Bobrowska B. 1970. Częstość dni z opadem w Polsce. *Prace Geograficzne IG PAN* 86: 1-75.
- Paszyński J. 1955. Opady atmosferyczne dorzecza Odry i ich związek z hipsometrią i zalesieniem. *Prace Geograficzne IG PAN* 4: 1-103.
- Piotrowski P. 2004. Okresy bezopadowe w Łodzi w latach 1903-2003. *Acta Geographica Lodziensia* 89: 103-114.
- Podstawczyńska A. 2010. Temperatura powietrza i opady atmosferyczne w regionie łódzkim w ostatnim stuleciu. W: J. Twardy, S. Żurek, J. Forysiak (red.) *Torfowisko Żabieniec: warunki naturalne i zapis zmian paleoekologicznych w jego osadach*. Bogucki Wyd. Nauk., Poznań: 63-74.
- Romer E. 1949. Regiony klimatyczne Polski. *Prace Wrocławskiego Towarzystwa. Naukowego*, seria B, 16: 5-27.
- Rzepa M. 2004. Najwyższe dobowe, pięciodniowe i dziesięciodniowe sumy opadów atmosferycznych w Łodzi w latach 1903-2003. *Acta Geographica Lodziensia* 89: 87-102.
- Schmuck A. 1965. Regiony pluwiotermiczne w Polsce. *Czasopismo Geograficzne* 36(3): 239-244.
- Schmuck A. 1969. *Meteorologia i klimatologia dla WSR*. PWN, Warszawa.
- Siedlecki M., Pawlak W. 2004. Sumy miesięczne opadów atmosferycznych w Łodzi w latach 1903-2003. *Acta Geographica Lodziensia* 89: 73-86.
- Wibig J. 1998. Opady w Łodzi w okresie 1931-1995. *Acta Universitatis Lodzensis, Folia Geographica Physica* 3: 433-442.
- Wibig J. 2009. Variability of daily precipitation totals in Poland (1951-2000). *Geographia Polonica* 82: 21-32.
- Wibig J., Fortuniak K. 1998. Ekstremalne warunki opadowe w Łodzi w okresie 1931-1995. *Acta Universitatis Lodzensis, Folia Geographica Physica* 3: 241-249.
- Wilgat T. 1948. Okresowość opadów na kuli ziemskiej. *Annales UMCS*, 3B: 333-386.
- Wiszniewski W. 1953. *Atlas opadów atmosferycznych w Polsce*. Wyd. Kom. i Łączn., Warszawa.
- Wiszniewski W., Chełchowski W. 1975. *Charakterystyka klimatu i regionalizacja klimatyczna Polski*. Wyd. Kom. i Łączn., Warszawa.

Summary

The aim of the paper is to present the spatial and temporal variability of precipitation in the Łódź Voivodeship in the period 1961–2015. Daily precipitation totals from 20 precipitation stations in the Łódź Voivodeship were used. Their locations are presented in Fig. 1. It was shown that mean yearly precipitation in the province equaled 582 mm, and at individual stations ranged from 515 in Żychlin to 648 in Osjaków. The highest sums were observed in the southern part of the Voivodeship whereas the lowest were typical in the north. In the annual course the highest totals appeared in summer and the lowest during winter. Summer totals equalled 218 mm on average and were more than double those for winter, which were 100 mm. At the same time, spring and autumn sums were similar to one another, at 133 and 130 mm, respectively, with a slight advantage to the spring ones. According to the typology of Chomicz (1971), this means that precipitation in Łódź Voivodeship was continental-oceanic. The intra-annual course of precipitation totals is presented in Fig. 2 and Fig. 3, and their spatial variability within seasons and across the whole year is shown in Figs 4–8. Figure 9 presents the long-term variability of seasonal and yearly totals averaged for the area of Łódź Voivodeship.

Precipitation occurs on 146 days per year on average, which means that 40% of days have precipitation. The totals are mostly small. For 47 days per year on average, precipitation totals are in the range [0.1–1 mm). The most popular range is [1–10 mm), with such sums appearing on 85 days per year. For an average of 13.5 days a year there were precipitation totals exceeding 10 mm – half of these occurring in summer. For only 3 days in the year was precipitation higher than 20 mm. Precipitation exceeding 50 mm per day occurred once per five years on average, mainly in summer. Figure 10 presents the frequencies of days with precipitation exceeding selected thresholds in four seasons.

Four indices typically used for analysing pluvial continentality were investigated. The first was the Schmuck index (Schmuck 1965), being the difference between yearly precipitation total in mm and 500, multiplied by the quotient of summer totals to winter totals. This is a measure of

precipitation efficiency. The next two were quotients of winter precipitation to summer precipitation, and of spring precipitation to autumn precipitation. The last – the unevenness index – was defined as the quotient of the sum of absolute differences in monthly precipitations and one twelfth of the yearly total to yearly total.

The Schmuck index indicates that a water deficit was observed in the Łódź Voivodeship in several years (Fig. 11). Eight times yearly totals averaged in the whole province were lower than 500 mm. A slight, statistically insignificant increase in the quotient of winter precipitation to

summer precipitation is noticeable (Fig. 12) as a consequence of a slightly increasing tendency in winter totals and a decreasing trend in summer totals. This means a slight decrease in pluvial continentality. Additionally, there is a slight increase in the quotient of spring precipitation to autumn precipitation (Fig. 13). A comparison of the unevenness index of precipitation obtained in this paper against that calculated by Kożuchowski and Wibig (1988) for the period 1931–1980 indicates a slight increase in unevenness of precipitation (Fig. 14).