

Wieloletnie zmiany sum opadów w Szczecinie

Long-term changes in the precipitation in Szczecin

Małgorzata Kirschenstein¹

Zarys treści: Przedstawienie podstawowych cech rocznego przebiegu wieloletnich sum opadów (1861-1999) w Szczecinie pozwala ukazać zróżnicowanie czasowe i ocenić, w jakim stopniu jest ono powodowane przez zmienność cech zarówno oceanicznych, jak i kontynentalnych. Otrzymane wartości ilorazów sum opadów w porach roku i półroczach oraz amplitudy wyrażonej w procentach sumy rocznej, potwierdzają, że w Szczecinie roczny przebieg opadów odzwierciedla cechy morsko-kontynentalne.

Słowa kluczowe: sumy opadów, zmiany wieloletnie, Szczecin

Key words: precipitation totals, long-term changes, Szczecin

Wstęp

Opady atmosferyczne to jeden z podstawowych elementów klimatu. Badanie struktury serii wieloletnich daje możliwość ukazania zmienności czynników warunkujących ich występowanie oraz ma zastosowanie w opracowaniu prognoz klimatycznych (Boryczka 1993, 1997; Koźuchowski 1985, 1994; Miętus 1996, Ewert 1998, Kirschenstein 2004, 2005). W pracy przedstawiono analizę sum opadów w Szczecinie, położonym na Pobrzeżu Szczecińskim. Warunki klimatyczne tego obszaru kształtowane są głównie przez cyrkulację z nad Zalewu Szczecińskiego, Morza Bałtyckiego i Oceanu Atlantyckiego, odzwierciedlają więc typowe cechy klimatu morskiego. Zestawiono średnie miesięczne sumy opadów w Szczecinie w latach 1861-1999, pochodzące z różnych źródeł. Z okresu przed II wojną światową dane pochodzą głównie z *Klimakunde des Deutes Reiches, Bd. II* (przyczone również w polskich wydawnictwach: *Atlas częstotliwości opadów atmosferycznych w Polsce* 1961; *Prace i Studia KGW* 1959), a z okresu po II wojnie dane zestawiono na podstawie roczników i materiałów archiwalnych IMGW. Przy analizie danych, w celu wyeliminowania wahań krótkookresowych zastosowano filtr trójkątny

¹ Instytut Geografii, Pomorska Akademia Pedagogiczna, ul. Partyzantów 27, 76-200 Słupsk,
e-mail: mjk76@tlen.pl

7-wyrazowy: $a_i = 1/16 (a_{i-3} + 2 \cdot a_{i-2} + 3 \cdot a_{i-1} + 4 \cdot a_i + 3 \cdot a_{i+1} + 2 \cdot a_{i+2} - a_{i+3})$, natomiast do pokazania wieloletnich zmian opadów wykorzystano filtr trójkątny 31-wyrazowy.

Roczne sumy opadów

Średnia roczna suma opadów ze 139 lat (tab. 1) wynosi 550,8 mm. Wieloletnie zmiany opadów wykazują pewną cykliczność – na przemian występują okresy ich wzrostu i spadku (ryc. 1). Najwyższa roczna suma 673,4 mm wystąpiła w 1940 r., najniższa – 457,3 mm w 1864 r. Wyrównanie danych za pomocą filtru 31-wyrazowego (ryc. 1) wskazuje na wzrost rocznych sum opadów od bardzo niskich na początku okresu (około

Tab. 1. Wybrane statystyki sum opadów atmosferycznych w Szczecinie (1861-1999)

Table 1. Selected statistics of the precipitation totals in Szczecin (1861-1999)

Miesiące i sezony Months and seasons	Średnia (mm) Mean (mm)	Udział w sumie rocznej (%) Percentage in annual total precipitation	Współczynnik zmienności Coefficient of variability (%)
Styczeń / January	36,6	6,7	47,3
Luty / February	29,4	5,3	60,2
Marzec / March	34,6	6,3	56,1
Kwiecień / April	37,8	6,9	52,5
Maj / May	47,4	8,6	49,2
Czerwiec / June	56,4	10,2	50,6
Lipiec / July	72,3	13,1	50,5
Sierpień / August	62,5	11,4	53,8
Wrzesień / September	46,6	8,5	52,0
Październik / October	43,2	7,8	59,4
Listopad / November	40,4	7,3	51,3
Grudzień / December	43,4	7,9	51,2
Rok / Year	550,8	-	15,6
Półrocze ciepłe / Warm half-year	328,6	59,4	21,7
Półrocze chłodne / Cool half-year	222,2	40,3	23,1
Wiosna / Spring	119,9	21,8	30,1
Lato / Summer	191,2	34,7	31,0
Jesień / Autumn	130,2	23,6	32,2
Zima / Winter	109,4	19,9	32,0

504 mm) do najwyższych w 1940 r. (około 590 mm). Po tym okresie następuje spadek do początku lat 80. XX w., a następnie ponowny wzrost. W całym okresie wystąpiła tendencja wzrostu wysokości opadów równa 0,16 mm/rok.

Miesięczne sumy opadów

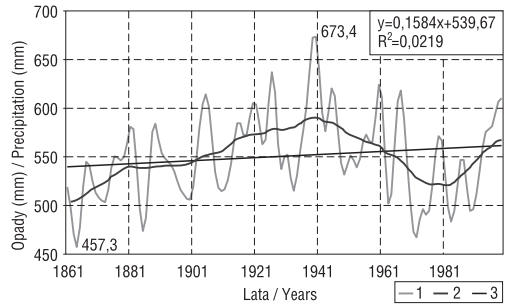
W przebiegu rocznym średnie wieloletnie maksimum opadów wystąpiło w lipcu, minimum natomiast w lutym (tab. 1). W poszczególnych latach jednak maksimum

i minimum pojawiało się w różnych miesiącach: maksimum – od maja do grudnia, minimum w styczniu, lutym, marcu, kwietniu, wrześniu lub grudniu. Maksima występujące w maju (5,0%), czerwcu (12,9%) i lipcu (51,9%) są przejawem cech kontynentalnych przebiegu opadów, ponieważ o ich pojawieniu decydują centra aktywności atmosferycznej, stopień nagrzania podłoża atmosfery, zawartość pary wodnej w powietrzu i warunki sprzyjające jej kondensacji, prowadzące do tworzenia opadów, głównie konwekcyjnych. W Szczecinie występuje również duży udział lat z maksimum opadów w sierpniu (23,1%), które jest związane z ochładzającym wpływem Morza Bałtyckiego, powodującym przesunięcie maksimum o miesiąc. Bardzo często poza maksimum letnim pojawia się również drugie maksimum w miesiącach jesiennych (październik-grudzień), jako przejaw wpływu zarówno Morza Bałtyckiego, jak i Oceanu Atlantyckiego.

Minimum opadów, o występowaniu którego w dużym stopniu decydują czynniki cyrkulacyjne, ulegało – podobnie jak maksimum – dużym zmianom w poszczególnych latach. Poza lutym (41,0%) minimum pojawiało się często w marcu (18,0%), październiku (12,2%) i kwietniu (10,1%).

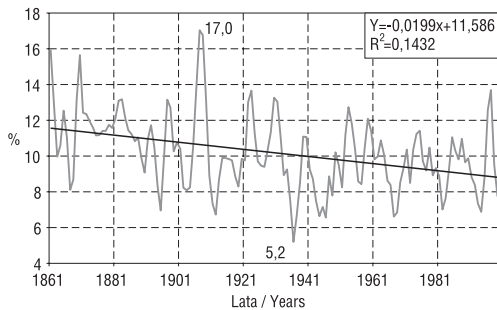
Interesujący jest czas trwania maksimum i minimum przez kolejne lata. Mianowicie rzadko się zdarza, żeby występowały one tylko przez jeden rok. Średnio utrzymują się od 2 do 5 lat. Najdłużej trwało maksimum lipcowe – 19 lat (1872-1890) i minimum lutowe – 11 lat (1975-1985). Ponadto w całym wieloleciu wystąpił tylko jeden cykl maksimum grudniowego, trwający 7 lat (1912-1918), jeden cykl maksimum majowego – 5-letni (1968-1972) i dwa cykle maksimum czerwcowego: 5-letni (1952-1956) i 7-letni (1980-1986). Można również zauważyć, że w większości przypadków gdy maksimum występuje w lipcu, to drugie maksimum pojawia się najczęściej w październiku lub listopadzie i minimum w lutym, natomiast przy maksimum sierpniowym – drugie występuje w listopadzie lub grudniu, a minimum w marcu lub w kwietniu.

Obliczono także średnią roczną amplitudę (różnica między maksymalnymi i minimalnymi opadami miesięcznymi, wyrażona w procentach sumy rocznej). Amplituda roczna jest istotnym wskaźnikiem rocznego przebiegu opadów, ponieważ jej rozkład jest warunkowany występowaniem najwyższych i najniższych opadów. Biorąc pod uwagę jej wartość możemy określić typ rocznego przebiegu opadów. K. Chomicz (1971) wyróżnił na obszarze Polski 3 typy rocznego przebiegu opadów: morsko-kontynentalny (z amplitudą roczną poniżej 8% sumy rocznej), kontynentalno-morski (z amplitudą około 10%), quasi-kontynentalny (z amplitudą około 11%). W serii wieloletniej (ryc. 2) najmniej-



Ryc. 1. Roczne sumy opadów atmosferycznych w Szczecinie wyrównane filtrem 7-wyrazowym (1) i 31-wyrazowym (2) oraz liniowy trend (3) (1861-1999)

Fig. 1. Annual precipitation totals in Szczecin smoothed with a 7-item filter (1) and with a 31-item filter (2), and their linear trend (3) (1861-1999)



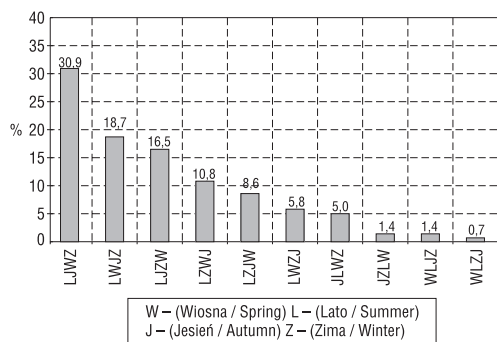
Ryc. 2. Średnia roczna amplituda opadów (w procentach sumy rocznej) w Szczecinie

Fig. 2. Mean annual precipitation amplitudes (in percentage of the annual rainfall) in Szczecin

sza wartość amplitudy rocznej była w 1936 r. (5,2%), największa w 1907 r. (17,0%). Po zestawieniu średnich miesięcznych sum opadów z lat 1861-1999 otrzymano roczną amplitudę 7,8%. W poszczególnych latach wielkość amplitudy ulegała zmianie, mianowicie w 18 latach jej wartość nie przekroczyła 8%, w 70 latach nie przekroczyła 11% i w 50 latach amplituda miała charakter wybitnie kontynentalny – powyżej 11%. Oznacza to, że roczny przebieg opadów w Szczecinie ma zarówno cechy oceaniczne, jak i kontynentalne.

Sumy opadów w porach roku i półroczach

Okres roczny został podzielony na pory meteorologiczne, obejmujące 3 miesiące: wiosna (marzec-maj), lato (czerwiec-sierpień), jesień (wrzesień-listopad), zima (grudzień-luty) oraz półroczka – ciepłe (maj-październik) i chłodne (listopad-kwiecień). Podział ten pozwoli określić asymetrię rocznego przebiegu opadów i w rezultacie wskazać, jaki wpływ miały pory roku i półroczka na kształtowanie opadów w Szczecinie. Uwzględniając wielkości wieloletnich sum opadów wniesionych do sumy rocznej uszeregowano pory roku w kolejności malejącej: lato (34,7%), jesień (23,6%), wiosna (21,8%), zima (19,9%). K. Kożuchowski i J. Wibig (1988) wyróżnili 3 typy sezonowego rozkładu opadów w Polsce: południowej Polski (LWJZ), pomorski (LJZW), strefy środkowej (LJWZ).



Ryc. 3. Typy sezonowego rozkładu opadów w Szczecinie

Fig. 3. The types of the seasonal distribution of the rainfall in Szczecin

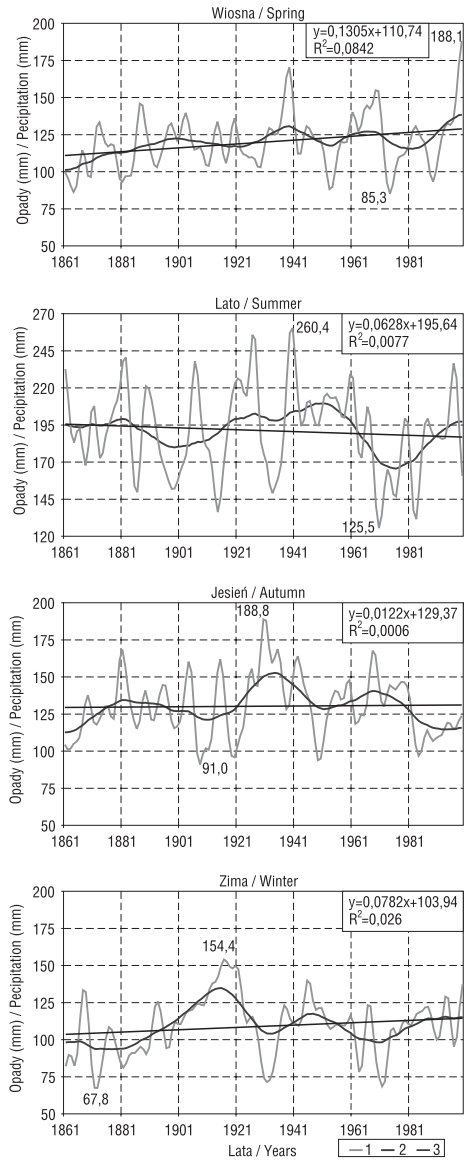
jest analiza udziału pór roku w sumie rocznej w całym wieloleciu. W Szczecinie wyróżniono 10 typów (ryc. 3). W 6 typach lato było na pierwszej pozycji. Często pojawiały się okresy, w których sumy jesienne przewyższały letnie (JLWZ, JZLW – 2,1% typów) oraz gdy jesień znajdowała się na drugiej pozycji po lecie (LJWZ, LJZW – 47,4%). Dużym udziałem charakteryzowały się również opady zimowe, znajdujące się na drugiej pozycji po lecie (LZJW, LZWJ – 19,4%). Widać jest także wzrost częstości typów z wyższymi opadami wiosną (LWJZ, LWJZ – 24,5%). Pojawiły się nawet typy, w których sumy wiosenne przewyż-

szyły letnie (WLJZ, WLZJ – 2,1%) (ryc. 3). Ta różnorodność świadczy o dużej zmienności występowania pór roku z maksymalnymi i minimalnymi opadami – nie tylko w Szczecinie, ale na całym obszarze północno-zachodniej Polski (Kirschenstein 2005). Letnie opady są warunkowane w znacznym stopniu silnym rozwojem konwekcji nad ogrzonym lądem, dlatego sumy opadów w tej porze roku są z reguły najwyższe. Wyższe jesienne i zimowe sumy są tu powodowane częstą w tym czasie adwekcją ciepłego i wilgotnego powietrza znad Oceanu Atlantyckiego i Morza Bałtyckiego (szczególnie intensywną w tym czasie działalnością cyklonalną na południowym Bałtyku). Przewaga opadów wiosennych nad letnimi (wysokie sumy opadów wystąpiły wówczas w maju) świadczy o dużym wpływie czynników lokalnych.

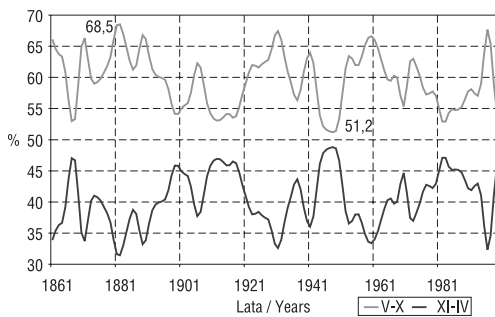
W wieloletnich ciągach typów sezonowego rozkładu opadów widoczna jest pewna prawidłowość, mianowicie gdy dany typ następuje wówczas trwa on najczęściej od 2 do 5 lat. Najdłuższy, 11-letni ciąg wystąpił w typie LJWZ. Rzadko występuje gwałtowna zmiana typu, ponieważ gdy w uszeregowaniu ma nastąpić zmiana pozycji danej pory roku, wówczas już 2-4 lata wcześniej widoczna jest stopniowa tendencja spadkowa.

W przebiegu krzywych wieloletnich sum opadów w porach roku możemy zauważyć podobną cykliczność występujących na przemian okresów wzrostu i spadku (ryc. 4). Letnie sumy były na ogół wyższe niż w pozostałych porach roku. Widoczna jest prawidłowość, że wzrostowi sum opadów letnich odpowiada ich spadek wiosną oraz wzrostowi sum opadów jesiennych odpowiada ich spadek zimą.

Udział sum opadów półrocza ciepłego (maj-październik) w sumie rocznej



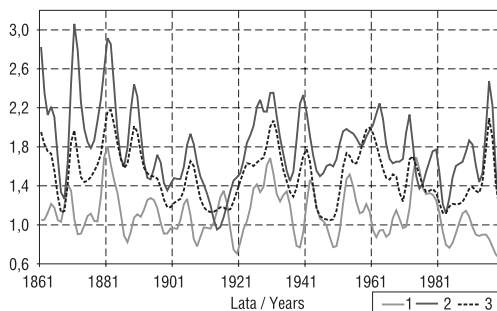
Ryc. 4. Sezonowe sumy opadów w Szczecinie wyrównane filtrem 7-wyrazowym (1) i 31-wyrazowym (2) oraz liniowy trend (3) (1861-1999)
 Fig. 4. Seasonal precipitation totals in Szczecin smoothed with a 7-item filter (1) and with a 31-item filter (2), and their linear trend (3) (1861-1999).



Ryc. 5. Udział sum opadów półrocza ciepłego (V-X) i chłodnego (XI-IV) w sumie rocznej w Szczecinie (1861-1999)

Fig. 5. Percentage of the warm half-year (V-X) and the cool half-year (XI-IV) precipitation totals in the total annual precipitation in Szczecin (1861-1999)

W całym wieloleciu wystąpiła tendencja wzrostu wysokości opadów – wiosną (0,13 mm/rok, tylko w marcu nastąpił spadek o 0,01 mm/rok), jesienią (0,01 mm/rok, tendencja spadkowa 0,06 mm/rok wystąpiła w październiku) i zimą (0,08 mm/rok) oraz tendencja spadku latem o 0,06 mm/rok (przyczyną była tendencja spadku sum opadów



Ryc. 6. Ilorazy sum opadów: 1 – jesieni i wiosny, 2 – lata i zimy, 3 – półrocza ciepłego i chłodnego w Szczecinie (1861-1999)

Fig. 6. Quotients of the: 1 – autumn and spring, 2 – summer and winter, 3 – warm and cold half-years in Szczecin (1861-1999)

z całego wielolecia wynosi 59,7% (tab. 1). Z przebiegu krzywej opadów półrocza ciepłego (ryc. 5) wynika, że największy udział 68,5% wystąpił w 1882 r. i był spowodowany wysokimi opadami letnimi (41,6%), a najmniejszy 51,2% w 1948 r. (nastąpił wówczas spadek opadów w maju, wrześniu i październiku, we wrześniu wystąpiło minimum opadów). Pomimo przewagi udziału półrocza ciepłego, w całym wieloleciu różnica między sumą opadów w półroczu ciepłym i chłodnym jest mała (106,2 mm). Tak duży udział półrocza chłodnego (40,3%) wskazuje na istotną rolę, jaką spełnia w tym okresie cyrkulacja zachodnia, powodująca wzrost cech oceanicznych w przebiegu opadów.

W całym wieloleciu wystąpiła tendencja wzrostu wysokości opadów – wiosną (0,13 mm/rok, tylko w marcu nastąpił spadek o 0,01 mm/rok), jesienią (0,01 mm/rok, tendencja spadkowa 0,06 mm/rok wystąpiła w październiku) i zimą (0,08 mm/rok) oraz tendencja spadku latem o 0,06 mm/rok (przyczyną była tendencja spadku sum opadów w lipcu o 0,08 mm/rok i w sierpniu o 0,06 mm/rok). W rezultacie w półroczu chłodnym wystąpiła tendencja wzrostu opadów równa 0,18 mm/rok, a w półroczu ciepłym tendencja spadku o 0,02 mm/rok.

Współczynnik zmienności sum miesięcznych był większy jesienią i zimą niż wiosną i latem (tab. 1). Wskazuje on również na większą zmienność opadów w półroczu chłodnym (23,1%) niż ciepłym (21,7%). Wynika to z dużej zmienności opadów w lutym (60,2%) i październiku (59,4%) oraz znacznie mniejszej w maju (49,2%), czerwcu (50,6%) i lipcu (50,5%). Najmniejsza wartość współczynnika zmienności wystąpiła w styczniu (47,3%).

Ilorazy sum opadów

Wskaźnikami przebiegu rocznego sum opadów i jednocześnie miarą oceanizmu pluwialnego są ilorazy: opadów lata i zimy (L/Z) oraz jesieni i wiosny (J/W). Duże wartości ilorazu J/W oraz małe L/Z wskazują na oceaniczne cechy rocznego przebiegu opadów. Dodatkowo brany będzie pod uwagę iloraz sum opadów półrocza ciepłego i chłodnego (Pc/Pch). W Szczecinie w całym wieloleciu iloraz lata i zimy jest równy 1,8; jesieni i wiosny – 1,1; półrocza ciepłego i chłodnego – 1,5. Występują zatem znaczne różnice między skrajnymi porami roku i półroczami oraz małe w przejściowych porach roku. Wartość ilorazu L/Z w wieloleciu zmieniała się od 1,0 do 3,1; J/W – od 0,7 do 1,8 oraz Pc/Pch – od 1,0 do 2,2 (ryc. 6).

Wnioski

Roczne sumy opadów w wieloleciu 1861-1999 w Szczecinie wykazały dużą zmienność czasową. Wynika ona z różnorodności warunkujących ją czynników. Do najważniejszych należy cyrkulacja atmosferyczna znad Morza Bałtyckiego i Oceanu Atlantyckiego. Ich zmienne oddziaływanie na sumy sezonowe, półroczne i w efekcie roczne jest widoczne w cykliczności występujących na przemian okresów wzrostu i spadku sum opadów oraz w dużym udziale opadów jesienno-zimowych. W wyniku przeprowadzonych badań uzyskano następujące wnioski:

- w całym wieloleciu tendencją wzrostu charakteryzowały się: sumy roczne opadów (0,16 mm/rok), wiosenne (0,13 mm/rok), jesienne (0,01 mm/rok), zimowe (0,08 mm/rok) i w półroczu chłodnym (0,18 mm/rok),
- średnie maksimum opadów wystąpiło w lipcu, minimum w lutym, w przebiegu wieloletnim jednak czas występowania maksimum i minimum był zróżnicowany,
- występowała duża różnorodność typów sezonowego rozkładu opadów (10 typów),
- udział opadów półrocza ciepłego w sumie rocznej z całego wielolecia wyniósł 59,7%,
- wartości ilorazów sum opadów lata i zimy, jesieni i wiosny oraz półrocza ciepłego i chłodnego, a także amplitudy, wyrażonej w procentach sumy rocznej (7,8%), potwierdzają, że w Szczecinie roczny przebieg opadów odzwierciedla cechy morsko-kontynentalne.

Literatura

- Boryczka J., 1993, *Naturalne i antropogeniczne zmiany klimatu Ziemi w XVII-XXI wieku*, Wyd. UW, Warszawa.
- Boryczka J., 1997, *Wahania klimatu Ziemi zdeterminowane cyklicznością parametrów Układu Słonecznego*, Prace i Studia Geogr. UW, 20, 199-234.
- Chomicz K., 1971, *Struktura opadów atmosferycznych w Polsce*, Prace PIHM, 101, 25-66.

- Ewert A., 1998, *Korelacja i spektrum wieloletnich serii opadów atmosferycznych w północno-zachodniej Polsce*, Bad. Fizjogr. Pol. Zach., Ser. A, 49, 19-27.
- Kirschenstein M., 2004, *Rola cyrkulacji atmosferycznej w kształtowaniu opadów w północno-zachodniej Polsce*, Wyd. Pomorskiej AP, Słupsk.
- Kirschenstein M., 2005, *Wieloletnie zmiany sum opadów atmosferycznych na wybranych stacjach północno-zachodniej Polski*, Słupskie Prace Geogr., 2, 199-214.
- Klimakunde des Deutschen Reiches*, Band II, 1939, Tabellen, Berlin.
- Kożuchowski K., 1985, *Zmienność opadów atmosferycznych w Polsce w stuleciu 1881-1980*, Acta Geogr. Lodz., Łódź.
- Kożuchowski K., 1994, *Zmiany wskaźnika opadów atmosferycznych w Polsce (1861-1990), Współczesne zmiany klimatyczne – Klimat Polski i regionu Morza Bałtyckiego na tle zmian globalnych*, Rozpr. i Studia, Uniw. Szczeciński, 152, 73-103.
- Kożuchowski K., Wibig J., 1988, *Kontynentalizm pluwialny w Polsce, zróżnicowanie geograficzne i zmiany wieloletnie*, Acta Geogr. Lodz., 55, 9-29.
- Miętus M., 1996, *Zmienność temperatury i opadów w rejonie polskiego wybrzeża Morza Bałtyckiego i jej spodziewany przebieg do roku 2030*, Mat. Bad. IMGW, Ser. Meteorologia, 26.
- Prace i Studia Komitetu Gospodarki Wodnej*, 1959, Prace Hydrol. i Meteor., 2, 1, Warszawa.

Summary

The paper presents long-term changes in the precipitation in Szczecin over the years 1861-1999. The selected station is located in the coastal area adjoining the Baltic Sea. For this reason, the long-term changes in the atmospheric circulation over the sea influence greatly the course of the long-term changes of other meteorological elements in the coastal area. The distribution of the precipitation and of its features such as the scatter of the monthly rainfall, the periods of the extreme rainfall, the concentration of the annual rainfall and the asymmetry of the annual pattern of precipitation, are commonly used measures of the degree of the oceanicity or continentality of the annual pluviometric regime. The calculations performed allowed a graphical presentation of the multi-year patterns of the following indices: the annual amplitude of precipitation, the summer and winter precipitation quotients, the autumn and spring precipitation quotients, the warm half-year and the cool half-year precipitation quotients.