

CECHY TERMICZNE KLIMATU EUROPY

JERZY BORYCZKA
MARIA STOPA-BORYCZKA
KATARZYNA GRABOWSKA
JOLANTA WAWER
ELŻBIETA BŁAŻEK
JAN SKRZYPCZUK

XVIII. WEATHER HAZARDS IN POLAND

atlas

OF INTERDEPENDENCE
OF METEOROLOGICAL
AND GEOGRAPHICAL
PARAMETERS
IN POLAND

Warsaw 2004

JERZY BORYCZKA
MARIA STOPA-BORYCZKA
KATARZYNA GRABOWSKA
JOLANTA WAWER
ELŻBIETA BŁAŻEK
JAN SKRZYPCZUK

XVIII. GROŻNE ZJAWISKA POGODOWE W POLSCE

atlas

WSPÓLZALEŻNOŚCI
PARAMETRÓW
METEOROLOGICZNYCH
I GEOGRAFICZNYCH
W POLSCE

Warszawa 2004

Redakcja naukowa
Maria Stopa-Boryczka
Jerzy Boryczka

Redaktor
Władysław Żakowski

Opracowanie edytorskie
Katarzyna Pietras

Książka dofinansowana przez Komitet Badań Naukowych

© Copyright by Wydział Geografii i Studiów Regionalnych 2004

ISBN 83-89502-90-9

Skład i łamanie
Jan Skrzypczuk

Druk i oprawa: Zakład Graficzny UW, zam. nr

SPIS TREŚCI

I. WPROWADZENIE	7
II. CYKLICZNE WAHANIA TEMPERATURY I OPADÓW W POLSCE W XIX-XXI WIEKU.	9
1. Synchroniczność cykli temperatury powietrza, opadów, cyrkulacji atmosferycznej i aktywności Słońca w Polsce	9
2. Wpływ oscylacji Północnoatlantyckiej (NAO) na klimat Warszawy i Krakowa	13
3. Prognozy zmian klimatu Warszawy i Krakowa w XXI wieku ..	14
III. OKRESOWE ZMIANY TEMPERATURY POWIETRZA W WARSZAWIE W 30-LECIU (1966-1995) I 210-LECIU (1779-1990)	19
1. Cykl roczny temperatury powietrza w Warszawie w latach 1966-1995 i 1779-1979	21
2. Cykliczne zmiany temperatury powietrza w Warszawie w latach 1966-1995 i 1779-1990	23
3. Tendencja temperatury powietrza w 30-leciu 1966-1995 i 210-leciu 1779-1990	26
IV. ZMIANY OKRESOWE I TENDENCJE BURZ W POLSCE W LATACH 1951-1990 I 1966-2000	31
1. Tendencje zmian aktywności burzowej w Polsce	31
2. Zmiany roczne liczby dni z burzą	38
3. Zmiany cykliczne liczby dni z burzą (widma)	39
4. Zależność dni z burzą od typów cyrkulacji atmosferycznej	46
5. Prawdopodobieństwo występowania burz w Warszawie i Krakowie w latach 1966-2000	47

V.	MAKSYMALNE DOBOWE SUMY OPADÓW ATMOSFERYCZNYCH I CZĘSTOŚĆ OPADÓW ≥ 10 mm W WARSZAWIE I KRAKOWIE W LATACH 1966-2000	59
VI.	LICZBA DNI Z POKRYWĄ ŚNIEŻNĄ W WARSZAWIE I KRAKOWIE W LATACH 1966-2000.....	167
VII.	ZAKOŃCZENIE	195
	SUMMARY	197
	LITERATURA	199
	KALENDARZ WAŻNIEJSZYCH WYDARZEŃ W ZAKŁADZIE KLIMATOLOGII UNIWERSYTETU WARSZAWSKIEGO (2001-2004)	203

I. WPROWADZENIE

Celem XVIII tomu *Atlasu* jest określenie okresowości i tendencji zmian temperatury powietrza i opadów atmosferycznych w Polsce w XVIII-XX wieku wraz z prognozą w XXI wieku. Interesujące są wykresy czasowych zmian: aktywności Słońca i wskaźnika Oscylacji Północnoatlantyckiej (NAO) z prognozami sięgającymi po rok 2100. Prognozy uzyskano na podstawie interferencji wyznaczonych metodą „sinusoid regresji” cykli liczb Wolfa i wskaźnika NAO. Wahania temperatury powietrza podczas zimy w Warszawie i Krakowie są silnie skorelowane.

Zasadniczym celem pracy jest określenie tendencji, okresowości i prawdopodobieństwa niektórych zjawisk pogodowych w latach 1966-2000. Dominują nowe wyniki badań uzyskane na podstawie krótszych serii pomiarowych – z ostatniego 35-lecia 1966-2000. Dotyczą one liczby dni z burzą, maksymalnych dobowych sum opadów atmosferycznych, częstości dobowych sum ≥ 10 mm i liczby dni z pokrywą śnieżną.

Oprócz przebiegów czasowych, tendencji zmian (prostych regresji) i widm tych groźnych zjawisk pogodowych przedstawiono histogramy, odniesione do histogramów w rozkładzie normalnym. Istotne znaczenie praktyczne ma porównanie dystrybuant empirycznych z dystrybuantami rozkładu teoretycznego (normalnego). Na ogół rozkłady prawdopodobieństwa: liczby dni z burzą, maksymalnych dobowych sum opadów, częstości dobowych sum opadów ≥ 10 mm i liczby dni z pokrywą śnieżną są zbliżone do normalnego (gaussowskiego) rozkładu prawdopodobieństwa (dotyczy to głównie średnich rocznych wartości). Na podstawie zamieszczonych wykresów dystrybuant rozkładu normalnego (znając wartość średnią i odchylenie standardowe) można określić prawdopodobieństwo występowania tych zjawisk pogodowych powyżej przyjętych wartości progowych (w przedziale wartości standaryzowanych (-4, +4) – na osi poziomej).

Ekstremalne wartości elementów klimatu i zjawisk atmosferycznych w Polsce stanowią zagrożenie dla człowieka. Na przykład burze z wyładowaniami grożą pożarem i utratą życia, ulewne deszcze powodują lokalne powodzie, gradobicia towarzyszące burzom wyrządzają szkody w uprawach rolnych. Intensywne opady śniegu obciążają sieć energetyczną i telekomunikacyjną, a zawieje, zamiecie, zaspasy i gołoledź paraliżują ruch kołowy.

II. CYKLICZNE WAHANIA TEMPERATURY I OPADÓW W POLSCE W XIX-XXI WIEKU

Celem pracy jest określenie zakresu zmian temperatury powietrza i opadów atmosferycznych w Warszawie i Krakowie w ostatnich dwóch stuleciach. Jest nim też wykazanie synchroniczności cyklicznych wahań klimatu w Polsce na przykładzie tych miast oraz prognoza zmian temperatury i opadów w XXI wieku.

Z dotychczasowych badań długich ciągów pomiarów wynika, że w Warszawie, podobnie jak w innych miastach Polski (Kraków 1826-1990), Wrocław 1851-1980) i Europy (Anglia 1659-1773, Praga 1771-1980, Genewa 11826-1990, Zurych 1864-1980, Poczdam 1893-1992) występuje kilka cykli temperatury powietrza o znaczących amplitudach. Są to cykle około 3-5, 7-8, 10-13, 73-113 lat i cykl planetarny 178,9 lat [1,2,9,15,16].

Ich obecność prawie we wszystkich ciągach chronologicznych (miesięcznych i sezonowych wartości) świadczy, że cykliczność ta jest cechą pola temperatury powietrza w Europie i Polsce.

Widma i cykle temperatury powietrza, opadów atmosferycznych, wskaźnika NAO i aktywności Słońca wyznaczono metodą „sinusoid regresji”:

$$y = f(t) = a_0 + b \sin(2\pi t / \Theta + c)$$

gdzie: Θ – okres, b – amplituda, c – przesunięcie fazowe, t – czas, zmieniając okres sinusoidy Θ co 0,1 roku.

Ciąg wartości wariancji resztkowej ε^2 , odpowiadających zadawanym okresom Θ – to widmo zmiennej y . Okresy Θ – to minima lokalne wariancji resztkowej ε^2

1. Synchroniczność cykli temperatury powietrza, opadów, cyrkulacji atmosferycznej i aktywności Słońca w Polsce

W badaniach współczesnych zmian klimatu ważnym problemem jest wykrycie prawdziwych, naturalnych okresów klimatycznych, astronomicznych i geologicznych. Analogiczna okresowość „skutków” i domniemanych „przyczyn” umożliwi identyfikację naturalnych czynników wywołujących przy udziale składnika losowego (cyrkulacji atmosferycznej) główne ochłodzenia i ocieplenia klimatu Ziemi.

Ciągi czasowe temperatury powietrza w Europie cechują się okresowością około 4-letnią o zakresie zmian $\Delta T = 2b$:

Tabela 1. Cykle około 4-letnie temperatury powietrza w Europie
Table 1. The close-to-4-year cycles of air temperature in Europe

	Zima		Wiosna		Lato		Jesień		Rok	
	Θ	ΔT	Θ	ΔT	Θ	ΔT	Θ	ΔT	Θ	ΔT
Warszawa	3,5	1,18	4,0	0,75	3,9	0,78	4,7	0,66	4,7	0,51
Kraków	3,3	0,28	4,0	0,32	3,9	0,50	4,1	0,34	4,5	0,25
Praga	3,5	1,21	4,4	0,55	3,9	0,61	4,7	0,66	4,7	0,41
Genewa	3,8	0,65	3,9	0,48	3,9	0,53	3,7	0,47	3,9	0,29
Anglia	3,8	0,48	3,7	0,29	3,1	0,36	4,3	0,29	5,2	0,21

Analogiczna okresowość 3,0-4,8-letnia występuje w seriach sezonowych i rocznych sum opadów atmosferycznych:

Tabela 2. Cykle około 4-letnie opadów atmosferycznych w Polsce
Table 2. The close-to-4-year cycles of precipitation in Poland

	Zima		Wiosna		Lato		Jesień		Rok	
	Θ	ΔP	Θ	ΔP	Θ	ΔP	Θ	ΔP	Θ	ΔP
Warszawa	4,8	21,0	3,6	25,0	3,4	40,0	2,6	21,8	3,6	68,6
Kraków	4,0	16,4	3,5	35,0	2,9	54,8	3,4	36,4	3,4	61,2
Wrocław	3,5	15,8	3,0	24,0	3,2	38,0	3,7	27,4	3,3	65,6

Zakres zmian w stosunku do sum sezonowych np. w Warszawie wynosi: zima – $P = 98$ mm, $\Delta P/P = 21,4\%$, lato – $P = 216$ mm, $\Delta P/P = 11,6\%$.

Taką samą okresowość ma cyrkulacja atmosferyczna: makrotyp E, połud-nikowa (wg klasyfikacji Wangerheima-Girsa, 1891-1776) i cyklonalna (wg Osuchowskiej Klein, 1901-1975).

Podobna okresowość 3,1 i 5,5-letnia o amplitudzie $\Delta h = 2,2$ i $2,9$ cm występuje w ciągach czasowych średniego poziomu Morza Bałtyckiego, a cykl 3,1-letni maksymalnych rocznych poziomów ma największą amplitudę $\Delta h_{\max} = 12,6$ cm.

Trzeba zaznaczyć, że przyczyną tych około 4-letnich okresów jest prawdopodobnie najsilniejszy okres 4,0-letni ($R = 0,37$) planetarnych sił pływowych na Ziemi w latach 1700-2000, które sumują się ze znacznie większymi siłami pływowymi Księżyca i Słońca.

W Europie (i w Polsce) dominują około 8-letnie okresy temperatury powietrza o dużych amplitudach $\Delta T = T_{\max} - T_{\min}$:

Tabela 3. Cykle około 8-letnie temperatury powietrza w Europie
Table 3. The close-to-8-year cycles of air temperature in Europe

	Zima		Wiosna		Lato		Jesień		Rok	
	Θ	ΔT	Θ	ΔT	Θ	ΔT	Θ	ΔT	Θ	ΔT
Warszawa	8,3	1,52	7,8	0,81	7,1	0,57	6,5	0,62	7,7	0,59
Kraków	8,3	1,50	7,9	0,42	7,8	0,30	7,9	0,30	8,3	0,46
Praga	7,7	1,23	6,9	0,71	8,4	0,45	7,5	0,43	7,8	0,48
Genewa	8,5	0,68	7,8	0,53	7,8	0,41	6,8	0,47	7,4	0,40
Anglia	7,7	0,49	6,9	0,31	8,3	0,29	7,3	0,36	7,4	0,26

Zakres wahań temperatury powietrza np. w Warszawie w zimie w cyklu 8,3-letnim wynosi $\Delta T = 1,5^{\circ}\text{C}$, a średniej rocznej (okres 7,7 lat) – $0,6^{\circ}\text{C}$.

Cykle 7,7-8,3-letnie temperatury powietrza w Europie (w zimie) są kształtowane głównie zbliżoną cyklicznością 7,4-letnią typów cyklonalnych ($R = 0,41$) i 7,8-letnią cyrkulacji południkowej ($R = 0,32$).

W ciągach czasowych liczb Wolfa w latach 1748-1993 i 1700-1993 występują okresy: 8,1 i 8,5 lat, o amplitudzie $\Delta W = 2b = 21,2$ i 23,5. Wskaźnik zawartości pyłu wulkanicznego w atmosferze (DVI) ma okres 7,9 lat.

Taki sam okres stwierdzono w zmienności parametrów Układu Słonecznego w latach 1700-2000 przyspieszenie Słońca – 7,8 lat oraz planetarnych sił pływowych na Słońcu.

Istotny wpływ na cyrkulację atmosferyczną może mieć 8,84-letni okres obiegu po orbicie Księżyca linii perygeum-apogeum. Składowa pozioma wypadkowej sił pływowych Księżyca i Słońca jest znacząca i prawdopodobnie powoduje cykliczność około 8-letnią cyrkulacji atmosfery.

Cykl około 8-letni temperatury powietrza (cyrkulacji atmosfery) dominuje dlatego, że nakładają się efekty planetarnych sił pływowych na Słońcu (poprzez zmienność aktywności Słońca – stałej słonecznej) ze znacznie większymi siłami pływowymi Księżyca i Słońca.

Pływy atmosfery ziemskiej są dotychczas mało znane ze względu na złożony ruch Księżyca (jego zmienną orbitę). Składowa pionowa sił pływowych księżycowo-słonecznych jest mała w porównaniu z przyspieszeniem ziemskim i powoduje niewielkie zmiany grubości atmosfery (rozciąganie). Natomiast składowa pozioma działająca przez dłuższy czas, odgrywa prawdopodobnie znaczną rolę w cyrkulacji wód oceanicznych (prądów morskich, w tym El Niño) i przemieszczaniu się wyżów i niżów (Boryczka 1998).

Od dawna znana jest cykliczność około 11-letnia temperatury powietrza, wiązana z cyklem 11-letnim plam słonecznych. Okresy 10-15-letnie temperatury powietrza i amplitudy (w $^{\circ}\text{C}$) w wybranych miejscowościach, w poszczególnych sezonach i w roku zestawiono poniżej:

Tabela 4. Cykle około 11-letnie temperatury powietrza w Europie
Table 4. The close-to-11-year cycles of air temperature in Europe

	Zima		Wiosna		Lato		Jesień		Rok	
	\ominus	ΔT	\ominus	ΔT	\ominus	ΔT	\ominus	ΔT	\ominus	ΔT
Warszawa	11,9	0,5	11,2	0,7	11,3	0,3	11,4	0,2	11,1	0,3
Kraków	11,3	0,7	11,2	0,7	11,4	0,3	10,8	1,0	11,3	0,3
Praga	11,8	0,5	11,2	0,6	11,7	0,2	11,1	0,2	11,4	0,2
Genewa	11,1	0,4	11,2	0,4	11,3	0,4	11,2	0,1	11,1	0,2
Anglia	11,2	0,5	11,1	0,2	11,1	0,2	11,2	0,2	11,1	0,2

Zakres wahań temperatury powietrza w tym około 11-letnim cyklu jest na ogół ponad dwukrotnie większy w zimie ($0,4-1,0^{\circ}\text{C}$) niż w lecie ($0,1-0,4^{\circ}\text{C}$).

Okazało się, że istotna statystycznie jest również okresowość około 11-letnia sezonowych sum opadów atmosferycznych w Polsce:

Tabela 5. Cykle około 11-letnie opadów atmosferycznych w Polsce
Table 5. The close-to-11-year cycles of precipitation in Poland

	Zima		Wiosna		Lato		Jesień		Rok	
	Θ	%	Θ	%	Θ	%	Θ	%	Θ	%
Warszawa	10,1	25,9	12,0	23,7	11,2	13,8	10,2	10,6	11,3	9,5
Kraków	9,8	12,3	10,2	18,7	10,3	12,9	10,9	17,1	9,8	5,4
Wrocław	9,9	17,4	10,2	27,4	9,7	16,7	9,9	13,2	9,8	13,9

Zakres zmienności sezonowych sum opadów atmosferycznych w cyklach 9,8-12,0 lat w stosunku do średnich wartości z lat 1861-1990 (P) jest większy w zimie niż w lecie (przekracza $\frac{1}{4}$ części sumy P). Amplitudy względne $(P_{\max} - P_{\min})P^{-1}$ na ogół są większe w zimie niż w lecie, w przypadku sum rocznych zawierają się w przedziale 5,4-13,9%.

Przyczyną okresów około 11-letnich temperatury powietrza i opadów atmosferycznych jest niewątpliwie 11-letni cykl aktywności Słońca (i stałej słonecznej):

Tabela 6. Cykle około 11-letnie liczb Wolfa i stałej słonecznej
Table 6. The close-to-11-year cycles of Wolf's numbers and solar constant

Liczby Wolfa		Stała słoneczna	
Θ	ΔW	Θ	$\Delta s/s$ %
10,0	48,3	10,1	0,35
0,51	44,7	10,5	
11,0	60,1	11,1	0,94
12,0	32,2	11,9	0,29

Oto równanie cyklu 11-letniego (średniego w latach 1700-1993) stałej słonecznej o minimalnej wariancji resztkowej $\varepsilon^2 = 7,1 \cdot 10^{-5}$ i współczynnika korelacji $R = 0,609$.

$$s = 1,9435 + 0,009163 \sin(2\pi t / 11,1 - 1,9549)$$

Zakres zmian stałej słonecznej w cyklu 11-letnim stanowi prawie 1% średniej wartości $1,94 \text{ cal} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{min}^{-1}$ w latach 1700-1993. W pojedynczych 11-letnich cyklach plam słonecznych stała słoneczna zmienia się maksymalnie o 2,5% [10]. Cykliczność 9-14-letnia aktywności Słońca jest prawdopodobnie związana z okresami obiegu czterech największych planet dookoła Słońca. Okres 11,86 lat obiegu Jowisza dominuje w ciągach czasowych: wypadkowej siły grawitacyjnego oddziaływania planet na Słońce (11,8 lat, $R = 0,40$), całkowitego momentu pędu planet (11,9 lat, $R = 0,75$) i dyspersji masy planet w Układzie Słonecznym (11,9 lat, $R = 0,58$).

Należy też podkreślić, że okresowość około 11-letnia jest obecna w ciągach czasowych (1680-1980) erupcji wulkanicznych: wskaźnika zawartości pyłu wulkanicznego w atmosferze ($\log \text{DVI}$) – $\Theta = 11,4$ lat, $R = 0,31$; aktywności wulkanicznej ($\log \text{DVI}/\Delta t$) $\Theta = 11,7$ lat, $R = 0,29$ i odstępem czasu Δt między kolejnymi erupcjami eksplozywnymi $\Theta = 12,1$ lat, $R = 0,21$.

Analogiczna okresowość zmiennych geologicznych, astronomicznych i klimatologicznych świadczy o grawitacyjnych uwarunkowaniach okresowości.

2. Wpływ oscylacji Północnego Atlantyku (NAO) na klimat Warszawy i Krakowa

Na klimat środkowej Europy (i Polski) dominujący wpływ mają dwa główne centra pola ciśnienia atmosferycznego: Wyż Azorski i Niż Islandzki. Te dwa centra ciśnienia związane z różnicą temperatury między wodą Atlantyku Północnego i lądem są ze sobą ujemnie skorelowane. Jeżeli ciśnienie w Wyżu Azorskim rośnie, to ciśnienie w Niżu Islandzkim – maleje i przeciwnie. Jest to tzw. Oscylacja Północnego Atlantyku (North Atlantic Oscillation, NAO)

Przy dużej południkowej różnicy ciśnienia, tj. dużym gradiencie ciśnienia skierowanym na północ, powietrze znad Atlantyku przemieszcza się wzdłuż równoleżników z zachodu na wschód – nad obszar Polski. Natomiast podczas spadku ciśnienia w Wyżu Azorskim (i jednocześnie wzroście ciśnienia w Niżu Islandzkim) poziomy gradient ciśnienia może być skierowany na wschód lub zachód. Wtedy powietrze przemieszcza się wzdłuż południków (cyrkulacja południkowa) na południe lub północ. Wówczas nad obszar Polski napływa powietrze z północy lub południa.

Kierunek, i prędkość ruchu powietrza wynika z równoważenia się: siły gradient-tu ciśnienia, siły Coriolisa i siły odśrodkowej (oraz siły tarcia o podłoże i lepkości turbulencyjnej – w pobliżu powierzchni Ziemi). Na większych wysokościach kierunek wiatru gradientowego jest deformowany przez pole temperatury powietrza – o poziomym gradiencie skierowanym ku biegunowi północnemu – przez wiatr tzw. termiczny (więcej także z zachodu na wschód).

W badaniach posłużono się wskaźnikiem NAO, zdefiniowanym przez P. D. Jonesa i innych jako standaryzowaną różnicę ciśnienia na poziomie morza między Gibraltarem i południowo-zachodnią Islandią.

W widmie wskaźnika NAO w latach 1825-1997 są obecne następujące okresy Θ (R – współczynnik korelacji):

Tabela 7. Okresy wskaźnika Oscylacji Północnoatlantyckiej NAO w latach 1825-1997
Table 7. The periods of North Atlantic Oscillation (index NAO) in years 1825-1997

Wiosna		Lato		Jesień		Zima	
Θ	R	Θ	R	Θ	R	Θ	R
6,5	0,22	7,8	0,17	7,3	0,22	7,8	0,27
11,1	0,13	10,3	0,20	8,8	0,17	8,3	0,24
13,4	0,21	11,1	0,09	16,6	0,24	11,3	0,13
23,9	0,19	13,8	0,14	24,2	0,20	15,5	0,17
45,5	0,16	39,5	0,14	29,9	0,20	37,1	0,16
106,3	0,09	83,2	0,17	75,3	0,16	105,1	0,17

W widmie wskaźnika NAO w zimie podobnie jak w widmach temperatury powietrza w Warszawie (1779-1998) i Krakowie (1826-1995) dominuje cykl około 8-letni. Jest to jednocześnie cykl aktywności Słońca (8,1 lat) i przyspieszenia Słońca (7,75 lat). Maksima tych około 8-letnich cykli przypadają w przybliżeniu na te same lata.

3. Prognozy zmian klimatu Warszawy i Krakowa w XXI wieku

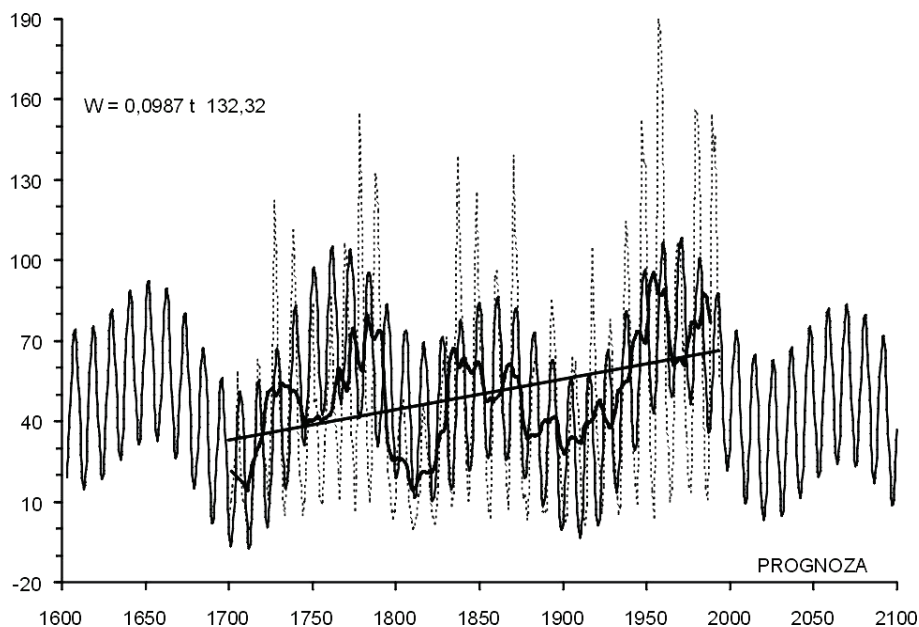
W badaniach zmian klimatu i ich przyczyn ważnym problemem jest wykrycie synchronicznych cykli: temperatury powietrza, opadów atmosferycznych i cyrkulacji strefowej (wskaźnika Oscylacji Północnego Atlantyku NAO), warunkującej adwekcję mas powietrza znad Oceanu Atlantyckiego. Cykle – to składniki deterministyczne w seriach pomiarowych, umożliwiające prognozowanie zmian klimatu w najbliższych latach.

Nie są jeszcze poznane mechanizmy przenoszenia zmian w Układzie Słonecznym do układu Ziemia-atmosfera (poza stałą słoneczną). Mimo to wykryta okresowość zmiennych klimatologicznych – także około 100 i 200-letnie może być wykorzystana do rekonstrukcji klimatu w ostatnich stuleciach oraz w prognozach na XXI wiek.

Interesujące są wykresy czasowych zmian: aktywności Słońca (liczb Wolfa, rys. 1) i wskaźnika Oscylacji Północnego Atlantyku NAO (rys. 2) wraz z prognozami sięgającymi po rok 2100. Rekonstrukcje i prognozy otrzymano na podstawie interferencji wykrytych cykli: liczb Wolfa i wskaźnika NAO:

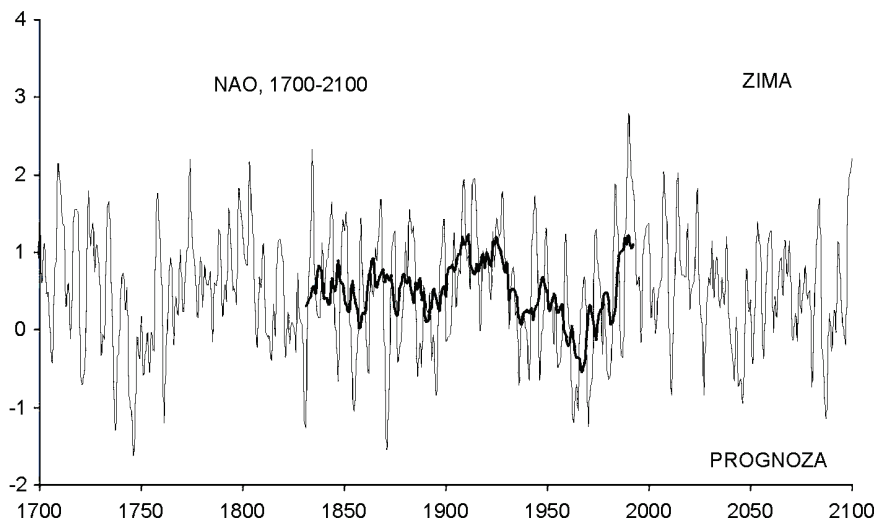
$$y = a_0 + \sum b_j \sin(2\pi t/\Theta_j + c_j),$$

gdzie: Θ_j , b_j , c_j – to parametry istotnych statystycznie cykli (na poziomie istotności 0,05).



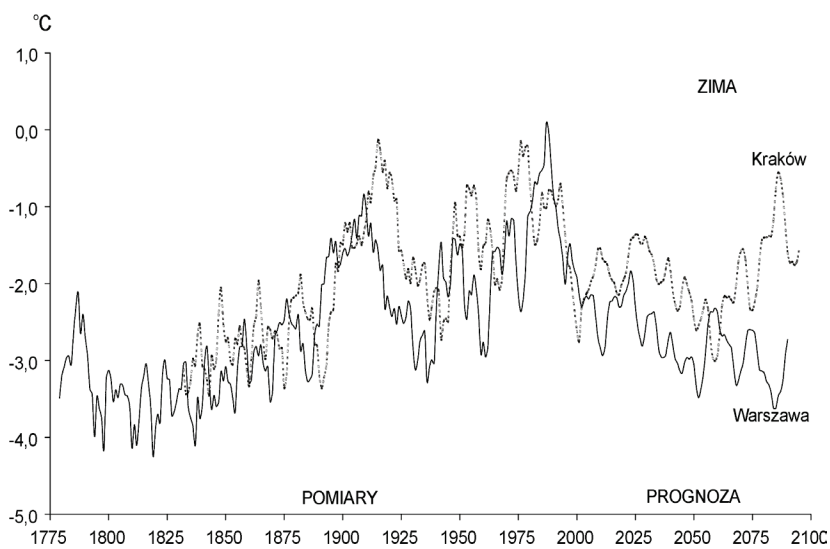
Rys. 1. Zmiany czasowe liczb Wolfa w latach 1600-2100 według interferencji cykli
(linia pogrubiona – wartości z obserwacji)

Fig. 1. Changes of Wolf numbers in the years 1600-2100 as per interferences of cycles
(bold line – observed values)

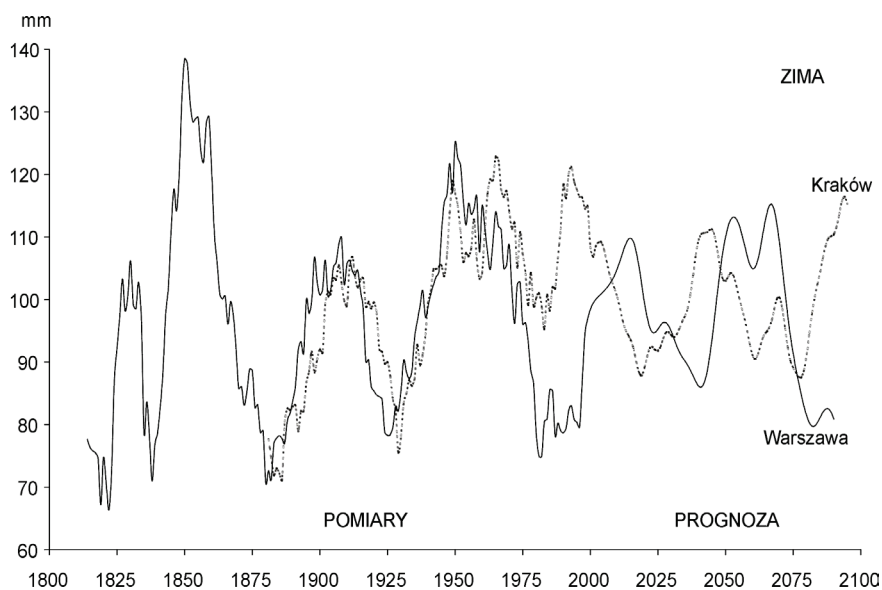


Rys. 2. Zmiany wskaźnika NAO w latach 1700-2100 według interferencji cykli
(linia pogrubiona – wartości zmierzone)
Fig. 2. Changes of Wolf numbers in the years 1700-2100 as per interferences of cycles
(bold line – observed values)

Analogicznie opracowano prognozy temperatury powietrza podczas zimy w Warszawie i Krakowie (rys. 3) oraz zimowych sum opadów atmosferycznych w Warszawie i Krakowie (rys. 4)



Rys. 3. Zmiany temperatury powietrza w Warszawie i Krakowie. Prognozy do roku 2075
(wg interferencji) – zima
Fig. 3. Changes of air temperature in Warsaw and Cracow. Forecast until 2075
(as per interferences) – Winter



Rys. 4. Zmiany zimowych sum opadów atmosferycznych w Warszawie i Krakowie.
Prognozy do roku 2075 (wg interferencji)

Fig. 4. Changes of Winter precipitation sums in Warsaw and Cracow.
Forecast until 2075 (as per interferences)

W prognozach przyjęto założenie, że ekstrema wyznaczonych cykli o dość dużych amplitudach (istotnych) będą się powtarzać nadal, tak jak w XVIII-XX wieku. Do takiego założenia upoważnia 178,9-letni cykl planetarny. Po upływie 178,9 lat powtarzają się wartości parametrów Układu Słonecznego (odległości środka masy US od Słońca, przyspieszenia Słońca, wypadkowej siły grawitacji planet). Wykresy zmian liczb Wolfa (i stałej słonecznej) w latach 1700-1879 i 1880-2000 – po upływie 179 lat są prawie przystające. Odstęp czasu między maksimami absolutnymi liczb Wolfa (1778, 1957) wynosi 179 lat. Jest to w przybliżeniu okresowość w sensie matematycznym $f(t + 178,9) = f(t)$.

Przebieg czasowy liczb Wolfa w latach 1700-2100 (maksima główne w latach 1778 i 1957) można otrzymać uwzględniając momenty mas 4- największych planet (Jowisz, Saturn, Uran, Neptun) – modulację momentów mas bliższych planet przez dalsze.

Można sądzić, że aktywność Słońca (stała słoneczna) jest kształtowana przez pola grawitacyjne tych planet.

Cykl około 180-letni jest obecny w najdłuższych seriach pomiarowych temperatury powietrza i opadów atmosferycznych.

Cykl 180-letni wielokrotnie powtarza się w ciągach chronologicznych paleotemperatury osadów jeziornych sprzed kilkunastu tysięcy lat.

Prognozę Oscylacji Północnego Atlantyku (NAO) w zimie w XXI wieku otrzymano na podstawie wyznaczonych okresów w latach 1826-1997: 2,4; 5,0; 5,8; 7,8; 8,3; 15,5; 21,5; 37,1; 71,5; 105,1 lat. Z nakładania się tych cykli wynika, że podczas zim 2001-2100 można oczekiwać spadku wskaźnika NAO, tj. zmniejszenia cyrkulacji strefowej, a więc osłabienia ocieplającego oddziaływania Oceanu Atlantyckiego w zimie na klimat

Europy (i Polski). Prognozy wskaźnika NAO w XXI wieku już przekonują o zbliżającym się naturalnym ochłodzeniu klimatu Europy.

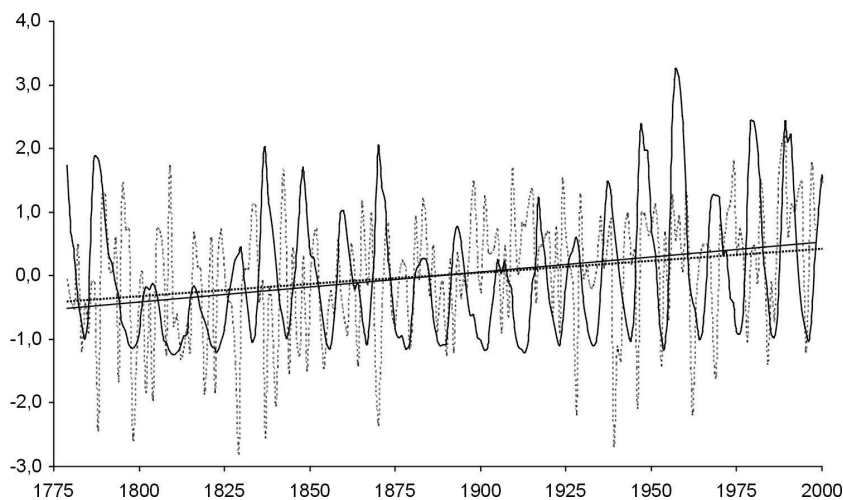
Istotnym elementem wyników badań jest logiczna zbieżność prognozowanych w XXI wieku tendencji spadkowych: aktywności Słońca (stałej słonecznej), wskaźnika NAO, warunkującego łagodność czy też mroźność zim w Polsce, z prognozą samej temperatury powietrza (ochłodzenia w XXI wieku).

Najmroźniejsze zimy w Warszawie i Krakowie (średnie konsekwentne 11-letnie wartości temperatury około -4°C) wystąpią około roku 2050. Będą one nieco łagodniejsze niż na początku XIX wieku, ze względu na coraz większy udział czynników antropogenicznych. Natomiast lata chłodniejsze (średnie konsekwentne 11-letnie około $17,5-18,0^{\circ}\text{C}$) wystąpią wcześniej, w drugiej dekadzie XXI wieku.

Zimowe sumy opadów atmosferycznych w Warszawie i Krakowie będą w pierwszej połowie XXI wieku oscylować wokół średniej wiekowej. Natomiast letnie sumy opadów w Warszawie będą zbliżone do sumy średniej, a w Krakowie – znacznie większe.

Metody prognozowania sprawdzono też na przykładzie krótkiej, 30-letniej serii pomiarów w Zamościu z lat 1951-1980 (Stopa-Boryczka, Boryczka 1998). Ekstrapolowanie wartości trendu czasowego – wypadkowej cykli: 3,25; 7,75; 12,6 lat – w latach 1981-1990 (poza przedział aproksymacji 1951-1980) są zbliżone do wyników pomiarów temperatury powietrza w dziesięcioleciu 1981-1990. Na uwagę zasługuje synchroniczność ekstremów wyrównanej temperatury powietrza w Zamościu z minimami i maksymami aktywności Słońca w cyklu 11-letnim. Maksima temperatury powietrza przypadają na daty maksimów plam słonecznych: 1957, 1968, 1979, 1989.

Ciągi czasowe temperatury powietrza w ostatnich stuleciach w Europie świadczą, że współczesne ocieplenie klimatu może w dużym stopniu wynikać z przyczyn naturalnych. Nie bez znaczenia są prawie przystające proste regresji standaryzowanych wartości aktywności Słońca i temperatury powietrza w Warszawie w latach 1779-2000: $W^{\circ} = 0,0037t - 6,956$, $T^{\circ} = 0,0047t - 8,940$ (rys. 5).



Rys. 5. Zbliżone równania prostych regresji liczb Wolfa i temperatury powietrza w Warszawie w latach 1779-2000 (standaryzowanych średnich rocznych wartości)

Fig. 5. Congenial regression lines for straight of Wolf numbers and air temperature in Warsaw in the years 1779-2000 (of the standardized annual average values)

Tendencja rosnąca temperatury powietrza, zwłaszcza zimą, jest po prostu wypadkową nakładania się cykli naturalnych. Na przykład coraz cieplejsze zimy w Warszawie – o $1,03^{\circ}\text{C}/100$ lat w latach 1779-1990 są efektem nałożenia się kilku okresów: 3,5; 5,5; 8,3; 12,9; 18,0; 38,3; 66,7; 113,1; 218,3 lat. Ich wypadkowa (prosta regresji) wyjaśnia wzrost temperatury powietrza podczas zim o $0,93^{\circ}\text{C}/100$ lat. Na zmienność antropogeniczną przypada zaledwie $0,1^{\circ}\text{C}/100$ lat. Analogiczne coraz cieplejsze zimy w Genewie – $0,05^{\circ}\text{C}/100$ lat, Pradze – $0,25^{\circ}\text{C}/100$ lat są efektem nakładania się cyklicznych wahań temperatury powietrza.

III. OKRESOWE ZMIANY TEMPERATURY POWIETRZA W WARSZAWIE W 30-LECIU (1966-1995) I 210-LECIU (1779-1990)

Warszawa jest dobrym punktem odniesienia w badaniach modelowych zmian klimatu Środkowej Polski, a także Europy, ze względu na położenie geograficzne (miasto nizinne) i najdłuższą serię pomiarów temperatury powietrza.

Ogólne cechy okresowości klimatu w Warszawie na tle innych miast Europy zostały przedstawione we wcześniejszych pracach wykonanych w Zakładzie Klimatologii Uniwersytetu Warszawskiego (Boryczka, 1984, 1993, 1998, Boryczka, Stopa-Boryczka i inni, 1992, 1998, 1999).

Dotychczasowe badania długich ciągów pomiarów wykazały, że w Warszawie, podobnie jak w innych miastach Polski (Kraków 1826-1990, Wrocław 1851-1980) czy też europejskich (Praga 1771-1980, Genewa 1768-1980, Zurych 1864-1980, Poczdam 1893-1992), występuje kilka cykli temperatury powietrza o znaczących amplitudach. Są to cykle około 3-5, 7-8, 10-13, 73-113 lat i planetarny 178,9 lat. Ich obecność prawie we wszystkich ciągach chronologicznych (miesięcznych i sezonowych wartości) i synchroniczności wahań (zbliżone daty ekstremów), głównie około 8-, 10-13-, 180-letniego, wykazują, że cykliczność ta jest cechą pola temperatury powietrza w Europie i Polsce.

Wyniki badań krótszych serii pomiarów temperatury powietrza z lat 1951-1990 w Polsce, przedstawiono w pracy doktorskiej E. Żmudzkiej pt. *Cykliczne zmiany temperatury powietrza w Polsce*. (1998), potwierdziły częściowo tę tezę o cykliczności pola temperatury powietrza. Rozszerzeniem są krótkie i średnie cykle temperatury powietrza oraz ich przestrzenne zróżnicowanie (okresów, amplitud i faz) na terenie Polski. Synchroniczność krótkich i średnich cykli temperatury powietrza w latach 1951-1990 autorka wykazała na podstawie map izarytm uwzględniających dane z 58 stacji meteorologicznych reprezentujących wszystkie jednostki fizycznogeograficzne Polski. Nie bez znaczenia jest wyznaczenie parametrów cykli: okresów, amplitud i faz z zastosowaniem tej samej metody badań „sinusoid regresji” (Boryczka, 1993).

Na obszarze Polski, podobnie jak w Europie, występuje kilka istotnych cykli temperatury powietrza: około 3, 4, 6-8, 10-17, 21-28 lat o znaczących zakresach wahań. Ich obecność w ciągach chronologicznych sezonowych i rocznych wartości w 58 punktach pola temperatury powietrza i synchroniczność świadczą o deterministycznych wahaniach klimatu Polski. Zarówno w Polsce, jak i w Europie dominują cykle: około 8-letni w zimie i 4-letni w lecie. Dla przykłady podano zakres wahań temperatury powietrza w cyklu około 8-letnim w Warszawie w odniesieniu do innych miejscowości (Żmudzka, 1998):

	Zima					Lato				
	Θ	ΔT	%	R	D_{max}	Θ	ΔT	%	R	D_{max}
Warszawa	7,7	3,9	80	0,61	1958	7,4	0,5	27	0,19	1959
Kołobrzeg	7,7	3,1	73	0,57	1958	7,8	0,8	60	0,42	1958
Suwałki	7,8	4,1	77	0,60	1957	7,1	0,3	16	0,11	1959
Wrocław	7,7	3,6	80	0,61	1958	7,5	0,7	45	0,32	1959
Zamość	7,7	3,8	75	0,58	1958	7,1	0,4	21	0,14	1959

W zimie dominuje cykliczność 7,7-7,8-letnia o zakresie wahań od 3,9°C w Warszawie do 4,1°C w Suwałkach. Wahania względne, odniesione do przedziału $\pm s$, wynoszą 73-80%. Współczynniki korelacji R zmieniają się w przedziałach 0,57-0,61 i są istotnie statystycznie na poziomie $< 0,05$. Maksymalne temperatury powietrza w tym cyklu wystąpiły na obszarze Polski w latach 1957-1958.

W lecie zakres zmian temperatury w cyklach 7,1-7,8 lat jest mniejszy (21-60%), a maksimum wystąpiło o jeden rok później: 1958-1959. W cyklu tym na ogół po cieplej zimie występuje ciepłe lato, a po mroźnej zimie – chłodne. Należy jeszcze dodać, że cykliczność około 8-letnia temperatury powietrza występuje we wszystkich sezonach i w roku.

W lecie dominującym okresem temperatury powietrza w Warszawie i innych miastach polski jest cykl około 4-letni (Żmudzka, 1998):

	Zima					Lato				
	Θ	ΔT	%	R	D_{max}	Θ	ΔT	%	R	D_{max}
Warszawa	3,1	2,0	40	0,31	1951	3,8	1,1	62	0,43	1951
Kołobrzeg	3,1	1,7	40	0,32	1951	3,7	0,6	45	0,32	1951
Suwałki	3,1	2,0	38	0,30	1951	4,0	1,0	53	0,37	1950
Wrocław	3,2	1,6	35	0,27	1950	3,8	0,9	59	0,41	1951
Zamość	3,1	2,2	45	0,35	1951	3,8	1,1	64	0,43	1951

Dyspersja tego krótszego okresu na terenie Polski wynosi 0,3 roku (3,7-4,0 lat), amplituda zmienia się od 0,6 do 1,1°C (45-64%), a współczynniki korelacji R wahają się od 0,32 do 0,46.

W zimie zakres cyklicznych zmian temperatury powietrza jest ponad dwukrotnie większy niż w lecie. Na ogół wahania względne są także większe.

Analogiczne 8-letnie cykliczności cyrkulacji atmosferycznej (makrotypu W) i liczb Wolfa świadczą, iż przyczyną 7,7-7,8-letniego cyklu pola temperatury w Polsce jest 7,8-letni cykl aktywności Słońca podczas zim w latach 1951-1990.

W rozdziale tym wykazano synchroniczność krótkich i średnich cykli temperatury powietrza (średniej dobowej, maksymalnej, minimalnej oraz maksimów i minimów absolutnych) w Warszawie w latach 1966-1995.

Porównano także tendencje temperatury powietrza w Warszawie w 30-leciu 1966-1995 z tendencją dwuwiekową (1779-1990). Celem jest zbadanie, czy omówiona wcześniej cykliczność temperatury powietrza ulega dyspersji i o ile zwiększa się w ostatnich 3 dekadach tempo globalnego ocieplenia.

1. Cykl roczny temperatury powietrza w Warszawie w latach 1966-1995 i 1779-1979

O ociepleniu klimatu Warszawy w ostatnich latach świadczą przede wszystkim dodatnie różnice średnich wartości temperatury powietrza z lat 1966-1995 i 1779-1979:

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I-XII
1966-1995	-2,6	-1,6	2,5	7,7	13,6	16,5	18,2	17,6	13,1	8,2	3,0	-0,6	8,0
1779-1979	-4,2	-2,9	1,7	7,3	13,4	17,0	18,6	17,7	13,5	7,9	2,1	-2,0	7,5
ΔT	1,6	1,3	0,8	0,4	0,2	-0,5	-0,4	-0,1	-0,4	0,3	0,9	1,4	0,5

Interesujące jest, że różnice temperatury powietrza (ΔT) między 30-leciem i 200-leciem są w zimie dodatnie (w styczniu $\Delta T = 1,6^\circ\text{C}$), a w lecie (i we wrześniu) ujemne (czerwiec $\Delta T = -0,5^\circ\text{C}$). Tak więc średnia temperatura stycznia w ostatnich latach wzrosła aż o $1,6^\circ\text{C}$ w porównaniu do średniej z lat 1779-1979. Natomiast czerwiec są coraz chłodniejsze - średnio o $0,5^\circ\text{C}$ w odniesieniu do lat 1779-1979.

Z porównania tego wynika, że zimy w 30-leciu 1966-1995 są znacząco cieplejsze niż w 200-leciu, a lata chłodniejsze.

Zmienność temperatury powietrza (ekstrema średniej dobowej Max, Min, Data) w latach 1966-1995 i 1779-1979 charakteryzuje tabela:

	Ekstrema (1966-1995)					Ekstrema (1779-1979)				
	Max	Data	Min	Data	ΔT	Max	Data	Min	Data	ΔT
I	3,2	1983	-12,3	1987	15,5	3,2	1776	-16,9	1803	20,1
II	4,7	1990	-9,6	1986	14,3	3,6	1843	-13,9	1929	17,5
III	6,6	1990	-2,2	1987	8,8	7,5	1863	-6,4	1808	13,9
IV	9,7	1983	6,4	1977 1978	3,3	13,6	1918	2,6	1817	11,0
V	16,5	1993	9,9	1980	6,6	18,7	1801	7,9	1864	10,8
VI	19,8	1979	14,4	1984	5,4	22,7	1811	13,1	1810	9,6
VII	22,0	1994	15,0	1979	7,0	22,8	1811	14,1	1832	8,7
VIII	21,5	1992	15,2	1987	6,3	24,2	1807	13,4	1833	10,8
IX	16,4	1967	11,1	1971 1978 1990	5,3	16,9	1806	9,3	1897	7,6
X	11,3	1967	5,7	1992	5,6	13,6	1907	-9,8	1858	23,4
XI	5,4	1969	-2,7	1992	8,1	7,6	1926	-3,1	1919	10,7
XII	2,3	1974	-8,5	1969	10,8	3,4	1871	-14,3	1788	17,7
I-XII	22,0	1994	-12,3	1987	15,5	24,2	1807	-16,5	1803	23,4

Zakres zmian średniej miesięcznej temperatury powietrza w poszczególnych latach badanego 30-lecia wynosi od $-12,3^\circ\text{C}$ w styczniu 1987 do $22,0^\circ\text{C}$ w lipcu 1994 r. Natomiast w 200-leciu 1779-1979 był on znacznie większy: od $-16,9^\circ\text{C}$ w styczniu 1803 roku do $24,2^\circ\text{C}$ w sierpniu 1807 r. Różnica $\Delta T = \text{Max} - \text{Min}$ zmienia się odpowiednio: 1966-1995 – od 3,3 do $15,5^\circ\text{C}$, 1779-1979 - od 7,6 do $23,4^\circ\text{C}$.

W badanym 30-leciu 1966-1995 średnia temperatura maksymalna ($T_{\max} = 12,2^{\circ}\text{C}$) jest o $4,2^{\circ}\text{C}$ wyższa od średniej rocznej ($8,0^{\circ}\text{C}$), a średnia temperatura minimalna ($T_{\min} = 4,1^{\circ}\text{C}$) – niższa o $3,9^{\circ}\text{C}$:

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Rok
T	-2,6	-1,6	2,5	7,7	13,6	16,5	18,2	17,6	13,1	8,2	3,0	-0,6	8,0
T_{\max}	0,0	1,5	6,6	12,8	19,1	21,9	<u>23,7</u>	23,3	18,2	12,5	5,6	1,7	12,2
T_{\min}	-5,3	-4,4	-1,0	3,0	8,1	11,2	12,8	12,2	8,7	4,5	0,5	-3,1	3,9

Największa wartość temperatury maksymalnej wynosi $T_{\max} = 23,7^{\circ}\text{C}$, a najmniejsza minimalnej $T_{\min} = -5,3^{\circ}\text{C}$. Zakres wahań temperatury powietrza w ciągu roku (średni wieloletni) określa ich amplituda $T_{\max} - T_{\min} = 24,0^{\circ}\text{C}$.

Średnie najwyższe maksimum temperatury powietrza (T_{MAX}) najniższe minima (T_{MIN}), obliczone z pojedynczych lat, zestawiono w niżej:

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Rok
T	-2,6	-1,6	2,5	7,7	13,6	16,5	18,2	17,6	13,1	8,2	3,0	-0,6	8,0
T_{MAX}	7,2	8,3	16,5	22,2	26,9	29,3	30,7	30,6	26,1	21,2	12,9	8,6	20,0
T_{MIN}	-15,6	-14,0	-8,6	-3,4	1,2	5,0	8,0	6,4	1,8	-3,4	-7,4	-12,9	-3,6

Mimo, że nie są to zmienne ciągu (wartości z pojedynczych pomiarów), to średnie maksima absolutne T_{MAX} są bardziej skorelowane ze średnimi wartościami temperatury (T) niż minima absolutne T_{MIN} .

Średnie różnice $T_{\text{MAX}} - T$ i $T_{\text{MIN}} - T$ w roku wynoszą: $12,0^{\circ}\text{C}$ i $4,4^{\circ}\text{C}$.

Najwyższą temperaturę powietrza w Warszawie w ciągu całego 30-lecia 1966-1995 $T_{\text{MAX}} = 36,4^{\circ}\text{C}$ zanotowano w dniu 1 sierpnia 1994 roku. Natomiast najniższą wartość temperatury $T_{\text{MIN}} = -30,7^{\circ}\text{C}$ zmierzono 8 stycznia 1987 roku. Zakres wahań temperatury wyniósł $67,1^{\circ}\text{C}$.

Miarą zmienności temperatury powietrza (wskaźników T , T_{\max} , T_{MAX} , T_{\min} , T_{MIN}) są odchylenia standardowe:

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
T	3,5	3,3	2,2	1,1	1,5	1,2	1,6	1,2	1,4	1,4	1,8	2,4
T_{\max}	3,2	3,2	2,6	1,4	1,7	1,5	2,0	1,7	1,9	1,7	1,8	2,2
T_{MAX}	3,3	3,6	3,6	2,8	2,2	1,9	2,4	2,5	2,2	2,7	2,1	3,0
T_{\min}	4,0	3,7	2,0	1,1	1,3	9,4	1,1	1,0	1,1	1,5	2,0	2,6
T_{MIN}	6,2	6,3	4,8	1,0	2,3	1,7	1,2	1,5	1,8	2,2	3,7	4,7

Odchylenia standardowe wszystkich wskaźników termicznych są znacznie większe w zimie niż w lecie: T – od $1,1$ do $3,5^{\circ}\text{C}$, T_{\max} – od $1,4$ do $3,2^{\circ}\text{C}$, T_{MAX} – od $1,9$ do $3,6^{\circ}\text{C}$, T_{\min} – od $1,1$ do $4,0^{\circ}\text{C}$, T_{MIN} – od $1,0$ do $6,3^{\circ}\text{C}$. Świadczy to, że zmienność temperatury powietrza w miesiącach zimowych jest większa niż w miesiącach letnich. W przypadku średniej temperatury powietrza odchylenie standardowe np. w styczniu jest trzykrotnie większe ($s = 3,5^{\circ}\text{C}$) niż np. w czerwcu ($s = 1,2^{\circ}\text{C}$). Największą zmiennością w zimie cechuje się T_{MIN} ($s = 6,3^{\circ}\text{C}$).

2. Cykliczne zmiany temperatury powietrza w Warszawie w latach 1966-1995 i 1779-1990

Cykliczność temperatury powietrza w Warszawie dłuższą od jednego roku badano zwykle odmiennymi metodami, ograniczając się do samych okresów.

Nie znana była dyspersja parametrów cykli: okresów, amplitud i dat ekstremów w przypadkach cykli o długościach od 1 do 200 lat. Nie wiadomo było też, czy cykle temperatury powietrza są synchroniczne na obszarze Polski i w Europie.

Wyłonił się więc problem zbadania, czy pole temperatury powietrza jest jednorodne pod względem cykliczności w różnych przedziałach czasowych.

W tym celu wyznaczono metodą „sinusoid regresji” (Boryczka, 1993) parametry cykli (okresy Θ , amplitudy b , fazy c):

$$T = a_0 + b \sin\left(\frac{2\pi}{\Theta}t + c\right)$$

W badaniach cykliczności temperatury powietrza w Warszawie w latach 1966-1995 uwzględniono oprócz ciągów czasowych średnich wartości również ciągi wartości ekstremalnych temperatury powietrza (ekstrema dobowe T_{\max} , T_{\min} i absolutne T_{MAX} i T_{MIN}).

Duże znaczenie poznawcze ma porównanie widm oscylacji średniej dobowej temperatury powietrza w paśmie 0,1-30 lat, wyznaczonych na podstawie danych 30-letnich (1966-1995) i 210-letnich (1779-1990). Dodatkowe informacje o zmienności temperatury powietrza zawierają widma wartości ekstremalnych temperatury powietrza w latach 1966-1995. Wykryte cykle – ich parametry (okresy, amplitudy $\Delta T = 2b$, fazy) oraz współczynniki korelacji R zestawiono w tabelach zbiorczych (tab. 8-10). Wyodrębniono poszczególne miesiące i sezony (wiosna, lato, jesień, zima).

We wszystkich badanych ciągach chronologicznych (T , T_{\max} , T_{\min} , T_{MAX} i T_{MIN}) występuje zbliżona liczba cykli (9-11), spośród których 5-6 jest istotnych statystycznie (na poziomie istotności 0,05). Na ogół są to cykle:

1966-1995	2,2-1,8	2,9-4,4	5,7-9,2	10,2-11,4	13,8-15,8	17,9-19,9	lat
1779-1990	2,2-2,6	3,1-4,0	6,5-8,5	10,2-11,2	12,9-15,9	18,0-23,9	lat

Cykle 2-3-letnie temperatury powietrza

Temperatura powietrza (T) w cyklu najkrótszym 2,2-2,8 lat waha się w przedziale 0,8-3,7°C w 30-leciu i 0,4-2,0°C w 210-leciu. Największe amplitudy temperatury w tym cyklu występują w styczniu, a najmniejsze w lecie. Cykl ten jest najbardziej zdeterminowany w miesiącach letnich 30-lecia 1966-1995: czerwiec – $R = 0,67$, lipiec – $R = 0,45$.

Analogiczną cykliczność wykryto w ciągach czasowych wartości ekstremalnych (T_{\max} , T_{\min}) i absolutnych (T_{MAX} i T_{MIN}) w latach 1966-1995:

	Θ	ΔT °C
T_{\max}	2,2-3,0	1,0-3,3
T_{MAX}	2,2-2,8	0,8-4,2
T_{\min}	2,2-2,8	1,2-3,2
T_{MIN}	2,2-2,8	0,9-7,1

Największym zakresem wahań charakteryzują się minima absolutne temperatury powietrza (T_{MIN}) w styczniu: $T \pm 3,55^{\circ}\text{C}$.

Współczynniki korelacji R są największe w miesiącach letnich – np. w czerwcu: T_{max} (0,62), T_{min} (0,54), T_{MAX} (0,41), T_{MIN} (0,42).

Cykle 3-4-letnie temperatury powietrza

Wszystkie widma temperatury powietrza zawierają pasma o minimach wariacji resztkowej (maksimach amplitudy i współczynnika korelacji) w przedziale 3-4 lat. Zakresy wahań temperatury w tych cyklach wynoszą:

	1966-1995			1779-1990		
	Θ	ΔT	R	Θ	ΔT	R
Wiosna	3,6	1,4	0,10	3,5	1,2	0,18
Lato	3,3	1,2	0,29	3,4	0,7	0,17
Jesień	4,0	0,9	0,07	3,9	0,8	0,23
Zima	3,0	2,3	0,25	3,0	0,4	0,11

Dużymi wahaniami w tym cyklu cechują się średnie miesięczne wartości temperatury powietrza w 30-leciu 1966-1995:

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Θ	2,9	4,1	4,4	3,6	3,5	3,4	3,2	3,4	3,0	3,6	4,4	<u>4,4</u>
ΔT	2,2	1,3	1,9	1,1	2,2	1,2	2,0	1,6	1,4	1,0	2,5	<u>3,4</u>
R	0,22	0,13	0,32	0,36	0,5	0,35	0,45	0,46	0,36	0,26	0,48	<u>0,51</u>

Na przykład w grudniu w cyklu 4,4-letnim temperatura powietrza waha się o $3,4^{\circ}\text{C}$, a współczynnik korelacji wynosi 0,51.

Największymi amplitudami w cyklach 3-4-letnich charakteryzują się ekstremalne wartości temperatury powietrza, głównie minima absolutne. Zakres wahań T_{MIN} w lutym w cyklu 3,1-letnim wynosi aż $7,6^{\circ}\text{C}$.

Cykle 8-9-letnie temperatury powietrza

Istotną rolę w zmienności klimatu Warszawy, zwłaszcza zimą i wiosną, odgrywa cykl około 8-9-letni. Cykliczność ta występuje zarówno w 210-letnich, jak i 30-letnich seriach średnich miesięcznych i sezonowych wartości temperatury powietrza (tab. 3). Zakres zmian temperatury w sezonach wynosi:

	1966-1995			1779-1990		
	Θ	ΔT	R	Θ	ΔT	R
Wiosna	8,6	1,2	0,09	7,8	0,8	0,20
Lata	6,6	0,5	0,10	7,8	0,4	0,15
Jesień	7,3	1,5	0,12	8,5	0,4	0,10
Zima	7,8	3,4	0,37	8,3	1,5	0,23

Dominuje cykl około 8-letni temperatury powietrza w zimie: 7,8 lat – w latach 1966-1995 i 8,3 lat – w latach 1779-1990. Temperatura powietrza w tym cyklu waha się odpowiednio o $3,4^{\circ}\text{C}$ i $1,5^{\circ}\text{C}$.

Średnie miesięczne wartości temperatury w cyklu 7,6-letnim w 30-leciu 1966-1995 wahają się np. w lutym o $5,7^{\circ}\text{C}$:

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Θ	8,8	<u>7,6</u>	8,2	8,8	7,4	6,1	5,7	9,8	7,1	7,3	7,1	9,2
ΔT	4,2	<u>5,7</u>	3,3	1,2	0,4	0,3	1,8	1,8	2,6	1,6	1,8	2,2
R	0,41	<u>0,61</u>	0,55	0,39	0,11	0,09	0,40	0,52	0,68	0,40	0,34	0,32

Natomiast w lecie cykl ten jest na ogół krótszy i znacznie słabszy, zwłaszcza w czerwcu (nieistotny statystycznie).

Zakres zmian jest największy w przypadku minimum absolutnego temperatury powietrza (T_{MIN}) w lutym. W cyklu 7,6-letnim wynosi on aż $10,6^{\circ}\text{C}$ ($R = 0,60$). Wahania temperatury T_{MIN} są również bardzo duże: w cyklu 7,1-letnim w styczniu ($\Delta T = 8,1^{\circ}\text{C}$) i w cyklu 7,8-letnim w marcu ($\Delta T = 8,6^{\circ}\text{C}$).

Cykle 10-11-letnie temperatury powietrza

Cykliczność 10-11-letnia temperatury powietrza dominuje w miesiącach letnich i jesiennych zarówno w 30-leciu 1966-1995, jak i 210-leciu 1779-1990:

1966-1995

	VI	VII	VIII	Lato	IX	X	XI	Jesień
Θ	11,4	10,2	9,8	11,4	.	10,3	10,3	10,8
ΔT	1,5	1,3	1,8	1,0	.	1,5	1,9	1,0
R	0,43	0,28	0,52	0,25	.	0,38	0,37	0,08

1779-1990

	VI	VII	VIII	Lato	IX	X	XI	Jesień
Θ	11,4	11,4	10,0	11,3	11,1	10,1	10,8	10,6
ΔT	0,3	0,6	0,5	0,3	0,4	0,5	1,4	0,4
R	0,07	0,15	0,12	0,10	0,09	0,11	0,22	0,11

W widmach temperatury powietrza pozostałych miesięcy pasmo 10-11 lat cechuje się małymi maksymalnymi amplitudami - nieistotnymi statystycznie na poziomie istotności 0,05.

W lecie zakres wahań temperatury powietrza w tym cyklu jest znaczący, np. w latach 1966-1995 w cyklu 11,4-letnim w czerwcu wynosi $1,5^{\circ}\text{C}$.

W ciągach czasowych średnich miesięcznych i sezonowych wartości temperatury powietrza w Warszawie w latach 1966-1995 występują także cykle dłuższe o dość dużych amplitudach:

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Θ	15,6	19,9	14,4	26,7	19,9	.	.	.	15,2	18,6	16,9	13,9
ΔT	4,3	3,6	2,2	1,7	1,3	.	.	.	1,1	2,1	0,6	2,7
R	0,43	0,38	0,34	0,55	0,29	.	.	.	0,28	0,54	0,12	0,40

W lecie nie wykryto obecności cykli dłuższych od 11-letniego w paśmie widma 1-30 lat na podstawie danych z lat 1966-1995. Tych kilkunastoletnich cykli temperatury o znacznych amplitudach (styczeń – $\Theta = 15,6$, $\Delta T = 4,3^{\circ}\text{C}$, luty – $\Theta = 19,9$, $\Delta T = 3,6^{\circ}\text{C}$) nie można pominąć w prognozach zmian klimatu Warszawy na najbliższe lata.

Należy zauważyć, że np. ekstrema w cyklu 7,8-letnim zimowych wartości temperatury powietrza w Warszawie w latach 1966-1995:

$$T = -1,46 + 1,72 \sin\left(\frac{2\pi}{7,8}t + 2,180\right)$$

pokrywają się z ekstremami aktywności Słońca w cyklu 7,8 lat oraz ze zbliżonymi cyklami cyrkulacji strefowej zachodniej (*W*) i cyrkulacji strefowej wschodniej (*E*):

Temperatura powietrza w Warszawie (1966-1995)	1964,	1972,	1980,	1987
Aktywność Słońca (7,8 lat)	1964,	1972	1980,	1988
Cyrkulacja strefowa zachodnia (<i>W</i>)	1965,	1973,	1981,	1988
Cyrkulacja strefowa wschodnia (<i>E</i>)	1965,	1973,	1981,	1988

Zimą około 8-letnia zmienność temperatury powietrza w Warszawie jest bezpośrednio wywołana przez makrotypy cyrkulacji strefowej: zachodniej (*W*) i wschodniej (*E*).

3. Tendencja temperatury powietrza w 30-leciu 1966-1995 i 210-leciu 1779-1990

Tendencje zmian klimatu Warszawy określono na podstawie ciągów czasowych średnich miesięcznych wartości temperatury powietrza, średnich ekstremalnych oraz średnich z maksimów i minimów absolutnych zmierzonych na stacji peryferyjnej Okęcie.

W porównaniach wykorzystano również długie serie wyników pomiarów z 210-lecia 1779-1990.

Tendencje temperatury powietrza ($\frac{\partial T}{\partial t} = A$) określają równania prostych regresji

$$T = A_0 + At$$

Charakteryzują one średnie przyrosty temperatury powietrza w °C/10 lat w odpowiednich przedziałach aproksymacji: 1966-1995 i 1779-1990:

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1966-1995	1,66	0,34	0,29	0,29	0,10	-0,26	0,28	0,24	0,06	-0,14	-0,76	0,39
1779-1990	0,12	0,05	0,10	0,08	0,04	0,03	0,02	-0,00	0,02	0,06	0,11	0,14

Mimo różnych przedziałów czasowych można wnioskować, że postępujące ocieplenie w zimie jest znacznie większe w ostatnich dekadach XX wieku niż w ostatnich dwóch stuleciach. Na ogół współczynniki regresji są dodatnie ($A > 0$, tendencje rosnące). W niektórych miesiącach letnich i jesiennych bywają ujemne ($A < 0$, tendencje malejące).

Nachylenia ($\text{tg}\alpha = A$) prostych regresji na rysunkach wskazują w badanych przedziałach czasu na postępujące ocieplenia lub ochłodzenia.

Na przykład tendencje temperatury powietrza w styczniu są rosnące w obydwu przedziałach czasu i wynoszą: 1,7°C/10 lat w 30-leciu i 0,12°C/10 lat w 210-leciu. Tempo wzrostu temperatury pod koniec XX wieku jest o ponad 1°C/10 lat większe niż średnie w latach 1779-1990.

Inaczej jest w miesiącach letnich i jesiennych, w których obserwuje się ochłodzenie, zwłaszcza pod koniec bieżącego stulecia. W ostatnich trzech dekadach czerwe, wrzesień, październiki i listopady są coraz chłodniejsze. Spadki temperatury powietrza w tych miesiącach wynoszą odpowiednio: -0,26; -0,06; -0,16; -0,76°C/10 lat. W listopadzie tendencja malejąca temperatury osiąga nawet -0,8°C/10 lat.

W Warszawie w ostatnich dwóch stuleciach (1779-1990) tendencje temperatury powietrza w miesiącach letnich są na ogół dodatnie i zbliżone do zera (nieistotne statystycznie).

Podobnie jest w przypadku innych charakterystyk termicznych (średniej maksymalnej i minimalnej oraz średnich maksimów i minimów absolutnych):

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
T	1,66	0,34	0,29	0,29	0,10	-0,26	0,28	0,24	-0,06	-0,14	-0,76	0,39
T_{\max}	1,57	0,41	0,34	0,36	0,24	0,28	0,43	0,35	0,33	0,02	0,71	0,37
T_{MAX}	2,23	0,36	0,09	-0,02	-0,27	-0,24	0,64	1,43	-0,44	0,07	-0,95	1,55
T_{\min}	1,90	0,28	0,30	2,26	-0,12	-0,14	0,02	0,09	0,18	-0,20	-0,09	0,42
T_{MIN}	2,12	1,16	0,12	-0,28	-0,27	0,46	-0,12	0,25	0,69	-0,24	-0,69	0,45

Największymi tendencjami rosnącymi cechują się ekstrema absolutne temperatury powietrza w styczniu: $T_{\text{MAX}} - 2,23^{\circ}\text{C}/10$ lat, $T_{\text{MIN}} - 2,12^{\circ}\text{C}/10$ lat. Na ogół w miesiącach letnich tendencje temperatury T_{MAX} , T_{MIN} są malejące. Największe ochłodzenia występują jednak w miesiącach jesiennych, np. $-0,95^{\circ}\text{C}/10$ lat w listopadzie (T_{MAX}) o $-0,69^{\circ}\text{C}/10$ lat (T_{MIN}). Interesujące jest, że w czerwcu T_{MAX} maleje o $0,24^{\circ}\text{C}/10$ lat, a T_{MIN} – wzrasta o $0,46^{\circ}\text{C}/10$ lat.

Tendencje rosnące i malejące temperatury powietrza w Warszawie w latach 1966-1995 i 1779-1990 nie wspierają, a nawet przeczą hipotezie o globalnym ociepleniu klimatu, wynikającym z efektu cieplarnianego wywołanego wzrostem zawartości dwutlenku węgla i innych gazów szklarniowych w atmosferze. Tendencje rosnące temperatury powietrza w zimie są prawdopodobnie wywołane głównie zmianami częstości występowania makrotypów cyrkulacji powietrza napływającego nad obszar Polski.

Skądinąd wiadomo, że tendencje rosnące temperatury powietrza w ostatnich dwóch stuleciach są efektem nakładania się (interferencji) naturalnych cykli temperatury powietrza w przedziałach aproksymacji.

Dość duże wartości współczynnika A w miesiącach zimowych mogą być wywołane przez czynniki lokalne – „miejską wyspę ciepła”. Mogą wynikać też z mniejszego albedo i coraz większej akumulacji ciepła przez zabudowę (przez powierzchnie sztuczne), zwłaszcza w zimie.

Tab. 8. Cykle 2-3-letnie średnich miesięcznych wartości temperatury powietrza (T , T_{\max} , T_{\min} , T_{\max} , T_{\min}) w Warszawie w latach 1966-1995 i 1779-1990

Tab. 8. The 2-3-years cycles of air temperature monthly values (T , T_{\max} , T_{\min} , T_{\max} , T_{\min}) in Warsaw in years 1966-1995 and 1779-1990

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	III-V	VI-VIII	IX-XI	XII-II
Θ	2,6	2,3	2,5	2,4	2,4	2,3	2,5	2,4	2,5	2,6	2,4	2,2	2,4	2,3	2,6	2,6
ΔT	2,0	0,9	0,8	0,8	0,5	1,0	0,4	0,4	0,5	0,7	0,5	1,0	0,6	0,4	0,4	1,0
R	0,20	0,10	0,10	0,18	0,10	0,24	0,11	0,10	0,11	0,15	0,08	0,12	0,13	0,13	0,12	0,15
Θ	2,6	2,6	2,2	2,5	2,4	2,2	2,8	2,4	2,4	2,2	2,5	2,4	2,3	2,8	2,5	2,2
ΔT	3,7	2,8	1,7	0,9	1,3	2,2	2,1	0,8	1,2	1,3	2,0	1,8	0,9	0,9	1,1	1,4
R	0,37	3,0	0,29	0,29	0,32	0,67	0,45	0,22	0,32	0,34	0,39	0,26	0,07	0,20	0,09	0,16
Θ	2,6	2,6	2,2	2,5	2,4	2,2	2,3	2,4	2,4	2,2	2,4	2,8	2,2	3,3	2,5	3,0
ΔT	3,3	3,1	2,0	1,7	1,5	2,6	1,4	1,4	1,6	1,8	2,1	2,6	1,0	1,6	1,2	2,0
R	0,36	0,35	0,28	0,44	0,31	0,62	0,27	0,28	0,32	0,38	0,42	0,42	0,07	0,29	0,08	0,25
Θ	2,6	2,6	2,7	2,7	2,4	2,2	2,8	2,4	2,4	2,2	2,5	2,4	2,6	2,5	2,5	2,2
ΔT	4,2	2,9	1,5	0,8	1,0	1,4	1,6	1,0	0,8	1,2	2,1	2,2	0,9	0,8	1,0	1,7
R	0,37	0,28	0,28	0,27	0,28	0,54	0,49	0,37	0,28	0,30	0,37	0,29	0,45	0,22	0,10	0,16
Θ	2,5	2,4	2,6	2,3	2,7	2,2	2,6	2,5	2,8	2,2	2,4	2,2	2,2	2,6	2,3	2,4
ΔT	3,2	3,2	3,5	2,7	2,1	2,1	1,6	2,4	1,6	2,7	2,0	2,3	1,9	1,4	1,2	1,6
R	0,35	0,35	0,35	0,33	0,34	0,41	0,25	0,34	0,25	0,36	0,34	0,26	0,40	0,31	0,28	0,24
Θ	2,8	2,6	2,4	2,4	2,7	2,3	2,4	2,5	2,4	2,2	2,3	2,2	2,6	2,2	2,5	2,2
ΔT	7,1	5,6	3,4	1,2	3,0	2,1	1,4	2,3	2,0	2,9	3,1	3,0	2,3	0,9	1,8	3,2
R	0,40	0,31	0,25	0,41	0,45	0,42	0,40	0,53	0,37	0,47	0,29	0,23	0,44	0,34	0,41	0,27

Tab. 9. Cykle 3-4-letnie średnich miesięcznych wartości temperatury powietrza (T , T_{\max} , T_{\min} , T_{\max} , T_{\min}) w Warszawie w latach 1966-1995 i 1779-1990

Tab. 9. The 3-4-years cycles of air temperature monthly values (T , T_{\max} , T_{\min} , T_{\max} , T_{\min}) in Warsaw in years 1966-1995 and 1779-1990

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	III-V	VI-VIII	IX-XI	XII-II
Θ	3,3	3,8	4,0	3,1	3,4	3,7	3,9	3,9	3,6	3,5	3,8	3,9	3,5	3,4	3,9	3,4
ΔT	1,4	1,6	1,4	0,9	0,7	0,6	0,9	1,0	0,5	0,6	0,8	1,3	1,2	0,7	0,8	0,4
R	0,14	0,17	0,18	0,16	0,14	0,15	0,21	0,23	0,12	0,13	0,15	0,15	0,18	0,17	0,23	0,11
Θ	2,9	4,1	4,4	3,6	3,5	3,4	3,2	3,4	3,0	3,6	4,4	4,4	3,6	3,3	4,0	3,0
ΔT	2,2	1,3	1,9	1,1	2,2	1,2	2,0	1,6	1,4	1,0	2,5	3,4	1,4	1,2	0,9	2,3
R	0,22	0,13	0,32	0,36	0,50	0,35	0,45	0,46	0,36	0,26	0,48	0,51	0,10	0,29	0,07	0,25
Θ	3,8	3,0	3,6	3,6	3,5	3,4	3,2	3,4	3,1	4,0	4,4	3,8	3,6	3,3	4,0	3,0
ΔT	1,8	2,9	2,4	1,3	2,6	1,7	2,5	2,0	1,9	1,1	2,6	3,1	1,6	1,6	1,2	2,0
R	0,20	0,33	0,32	0,32	0,53	0,40	0,45	0,41	0,35	0,24	0,50	0,49	0,10	0,29	0,08	0,25
Θ	3,8	3,1	3,8	3,8	3,6	3,4	3,2	3,4	3,9	3,6	3,6	3,8	3,7	3,3	3,4	3,0
ΔT	2,0	4,0	2,2	1,1	1,5	0,7	1,2	1,2	1,0	1,4	1,2	3,4	1,2	0,7	0,8	2,5
R	0,17	0,38	0,38	0,37	0,40	0,26	0,39	0,45	0,33	0,35	0,21	0,44	0,60	0,22	0,08	0,24
Θ	3,8	3,4	3,7	3,0	3,4	3,6	3,3	3,4	4,1	3,4	3,2	3,8	3,6	3,3	3,3	3,1
ΔT	0,9	2,0	4,8	3,4	3,3	3,0	2,4	2,2	1,4	2,7	1,0	2,9	2,3	1,6	1,0	2,1
R	0,10	0,19	0,47	0,42	0,52	0,58	0,35	0,32	0,22	0,35	0,17	0,34	0,49	0,36	0,25	0,31
Θ	4,0	3,1	3,6	3,0	3,4	3,4	4,0	3,8	3,9	3,8	3,4	3,8	3,0	3,6	3,4	4,4
ΔT	2,4	7,6	3,9	1,2	2,7	1,4	1,0	1,9	2,5	1,7	4,2	5,5	1,3	0,9	1,8	2,9
R	0,14	0,42	0,29	0,39	0,40	0,29	0,27	0,45	0,48	0,28	0,40	0,41	0,25	0,32	0,42	0,25

Tab. 10. Cykle 8-9-letnie średnich miesięcznych wartości temperatury powietrza (T , T_{\max} , T_{\min} , T_{\max} , T_{\min}) w Warszawie w latach 1966-1995 i 1779-1990

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	III-V	VI-VIII	IX-XI	XII-II
Θ	7,7	7,7	7,8	8,2	7,9	7,1	7,1	7,7	8,0	7,5	6,5	8,2	7,8	7,8	8,5	8,3
ΔT	1,8	2,0	1,8	0,8	0,7	0,6	0,7	0,7	0,6	0,6	1,0	1,6	0,8	0,4	0,4	1,5
R	0,18	0,22	0,24	0,15	0,13	0,14	0,17	0,16	0,15	0,13	0,18	0,18	0,20	0,15	0,10	0,23
Θ	8,8	7,6	8,2	8,8	7,4	6,1	5,7	9,8	7,1	7,3	7,1	9,2	8,6	6,6	7,3	7,8
ΔT	4,2	5,7	3,3	1,2	0,4	0,3	1,8	1,8	2,6	1,6	1,8	2,2	1,2	0,5	1,5	3,4
R	0,41	0,61	0,55	0,39	0,11	0,09	0,40	0,52	0,68	0,40	0,34	0,32	0,09	0,10	0,12	0,37
Θ	8,8	7,6	8,3	8,8	7,3	6,1	5,7	9,4	7,3	7,3	7,1	9,3	8,6	5,6	7,3	7,8
ΔT	3,9	5,5	4,2	1,5	0,4	0,5	2,4	2,6	3,8	1,6	1,8	2,0	1,7	0,7	1,9	3,2
R	0,43	0,62	0,57	0,38	0,09	0,13	0,41	0,52	0,70	0,34	0,35	0,31	0,11	0,12	0,12	0,38
Θ	8,8	7,7	8,2	9,0	5,4	8,8	7,4	6,4	9,1	7,4	7,1	9,2	9,1	7,3	7,4	7,9
ΔT	5,0	6,2	2,8	1,0	1,2	0,8	1,5	0,6	1,1	1,7	1,8	2,2	1,1	0,7	1,2	3,8
R	0,44	0,59	0,51	0,34	0,33	0,32	0,47	0,23	0,36	0,42	0,33	0,29	0,56	0,19	0,11	0,37
Θ	9,2	7,6	8,8	9,0	8,4	8,9	8,4	6,9	7,7	9,6	7,6	7,2	9,0	5,9	7,3	8,1
ΔT	4,4	5,4	3,9	4,5	1,1	1,0	1,7	1,6	5,1	2,3	2,2	3,3	1,8	1,3	2,7	2,5
R	0,46	0,52	0,38	0,58	0,18	0,19	0,24	0,22	0,81	0,31	0,36	0,38	0,39	0,30	0,66	0,37
Θ	7,1	7,6	7,8	8,8	8,4	7,4	7,2	7,8	9,9	6,9	6,7	9,4	7,9	7,0	6,4	7,6
ΔT	8,1	10,6	8,6	1,0	2,0	1,9	1,8	0,5	1,5	1,7	3,2	4,9	3,3	1,2	1,2	7,1
R	0,45	0,60	0,65	0,32	3,1	0,40	0,52	0,12	0,28	0,27	0,30	0,36	0,64	0,44	0,26	0,60

Tab. 10. The 8-9-years cycles of air temperature monthly values (T , T_{\max} , T_{\min} , T_{\max} , T_{\min}) in Warsaw in years 1966-1995 and 1779-1990

IV. TENDENCJE I ZMIANY OKRESOWE BURZ W POLSCE W LATACH 1951-1990 I 1966-2000

Celem badań jest określenie zmienności w czasie i w przestrzeni burz w Polsce – ich cykliczności i tendencji zmian. Wykazano też zależność liczby dni z burzą od aktywności Słońca, typów cyrkulacji, ciśnienia atmosferycznego i temperatury powietrza. Ważnym zagadnieniem są prognozy zmian aktywności burzowej do 2025 roku.

Problemy te rozwiązano na przykładzie danych z 20 stacji meteorologicznych Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej w Warszawie z lat 1951-1990.

1. Tendencje zmian aktywności burzowej w Polsce

Tendencje burz w Polsce (współczynniki a) określone są równaniami prostych regresji:

$$Lb = a_0 + at$$

Tendencje dni z burzą są ujemne ($a < 0$) w 13 regionach (na Pobrzeżu Szczecińskim, Pobrzeżu Słowińskim, Pobrzeżu Gdańskim, Pojezierzu Pomorskim, Pojezierzu Mazurskim: Olsztyn i Suwałki, w Pradolinie Toruńsko-Eberswaldzkiej, na Wzniesieniach Zielonogórskich, Nizinie Mazowieckiej, Wyżynie Wieluńskiej, Pogórze Podkarpackim: Przemyśl, w Karkonoszach i Tatrach), a w 7 – dodatnie – $a > 0$ (na Nizinie Podlaskiej, Pojezierzu Wielkopolskim, Polesiu Podlaskim, w Górach Świętokrzyskich, na Nizinie Śląskiej, Pogórze Podkarpackim: Kraków oraz Wyżynie Lubelskiej).

Największy spadek liczby dni z burzą występuje w wysokich górach: Karkonoszach i Tatrach, wynosi on odpowiednio na Śnieżce -8,2 dni z burzą a na Kasprowym Wierchu -8,12 dni burzowych w ciągu 40 lat.

Dużym spadkiem (od -6 do -8 dni) liczby dni z burzą w badanym 40-leciu szczególnie wyróżniają się obszary górskie i zachodnie regiony Polski, a małym spadkiem liczby dni z burzą (od -0,2 do -1 dnia) charakteryzuje północno- i południowo-wschodnią i środkową część Polski.

Największy wzrost liczby dni z burzą, sięgający powyżej 6 dni w ciągu 40 lat, wystąpił w Górach Świętokrzyskich (6,6 dni z burzą na 40 lat), oraz na Nizinie Śląskiej (6,32 dni burzowych podczas 40 lat).

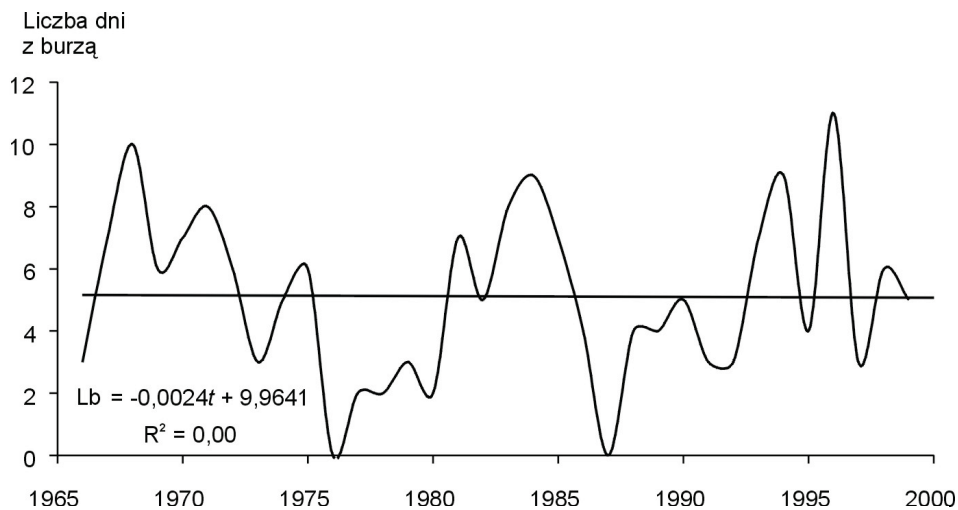
W siedmiu miejscowościach (Poznań, Wrocław, Kielce, Kraków, Białystok, Terespol i Zamość), o znacznej tendencji rosnącej dni z burzą w badanych latach 1951-1990 (wschodnia, środkowa i południowa część Polski, oprócz terenów wysokogórskich w Tatrach i Sudetach) zagrożenie stratami spowodowanymi przez burze (a zwłaszcza przez towarzyszące

im pioruny, silny wiatr i gradobicie) jest duże. Ten wzrost aktywności burzowej można tłumaczyć wpływem czynników naturalnych – silniejszym oddziaływaniem kontynentalnych mas powietrza na tych terenach (wschodnia i południowo-wschodnia Polska), czyli zwiększeniem liczby burz wewnątrzmasowych. W przypadku dużych miast w zachodniej i południowej Polsce (Wrocław, Poznań, Kraków) zwiększonej liczbie dni burzowych (raczej wewnątrzmasowych, niż frontalnych) sprzyja silnie rozwinięta konwekcja nad rozgrzаныmi, betonowymi powierzchniami budynków i ulic, oraz intensywny rozwój aglomeracji miejskiej emitującej sztuczne ciepło do atmosfery, czyli wpływ czynników antropogenicznych i jednocześnie naturalnych (położenie fizycznogeograficzne tych miast w sąsiedztwie obszarów będących dodatkowym źródłem pary wodnej – rzek, bagien i jezior).

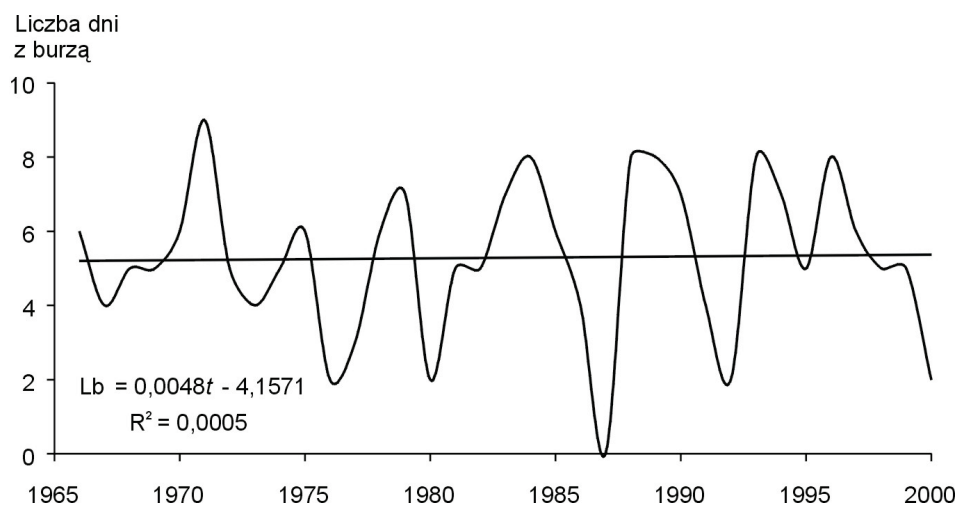
Stwierdzono także niewielki spadek liczby dni z burzą w Warszawie w sezonie późnowiosennym i letnim (-4 dni/40 lat). Jest on związany z dość znacznym spadkiem udziału cyrkulacji zachodniej (-8,13 dni/30 lat) i dużym wzrostem cyrkulacji wschodniej (10,47 dni/30 lat) w ogólnej cyrkulacji atmosferycznej. Zmniejszona liczba dni z burzą występuje przy większym ciśnieniu atmosferycznym w okresie późnowiosennym oraz mniejszym w miesiącach letnich. W 30-leciu 1951-1980 średnia temperatura powietrza w Warszawie wykazuje bardzo małą tendencję spadkową, ale już w latach 1966-1995 jest ona dodatnia.

Temperatura maksymalna w późniejszym 30-leciu również charakteryzuje się tendencją wzrostową. W przypadku Warszawy, tj. wielkiej aglomeracji miejskiej zaobserwowano jednak niewielki spadek aktywności burzowej w badanym 40-leciu. Miejska wyspa ciepła (antropogeniczny wzrost temperatury powietrza) i mniejsza wilgotność powietrza w Warszawie, są prawdopodobnie przyczyną tego spadku. Ponadto z prognozy na lata 1991-2025 potwierdzonych przez obserwacje wynika, że w latach 90-tych nastąpił wzrost liczby dni z burzą, do wartości zbliżonej do przeciętnej w Warszawie.

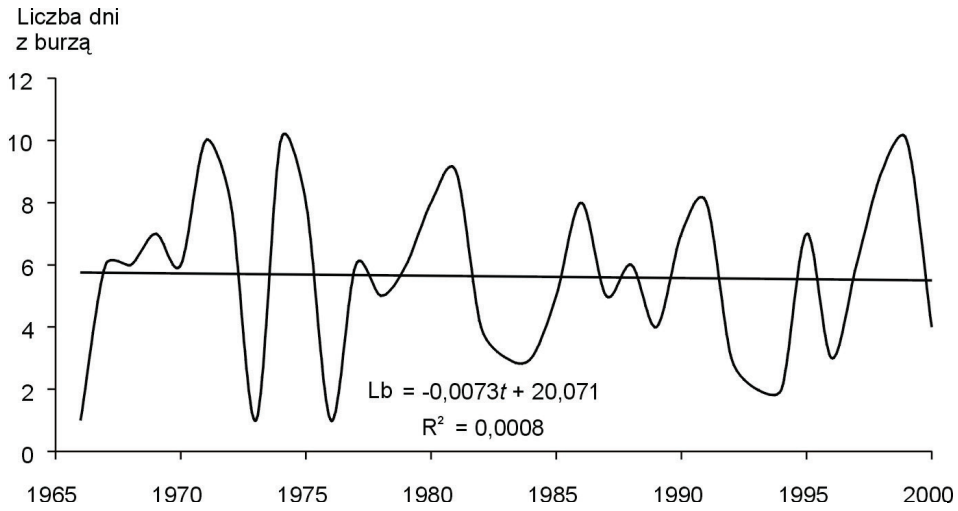
Przebiegi czasowe liczby dni z burzą w Warszawie i Krakowie w latach 1966-2000 w poszczególnych miesiącach (od maja do sierpnia) i w roku wraz z równaniami prostych regresji przedstawiono na rysunkach 6-15.



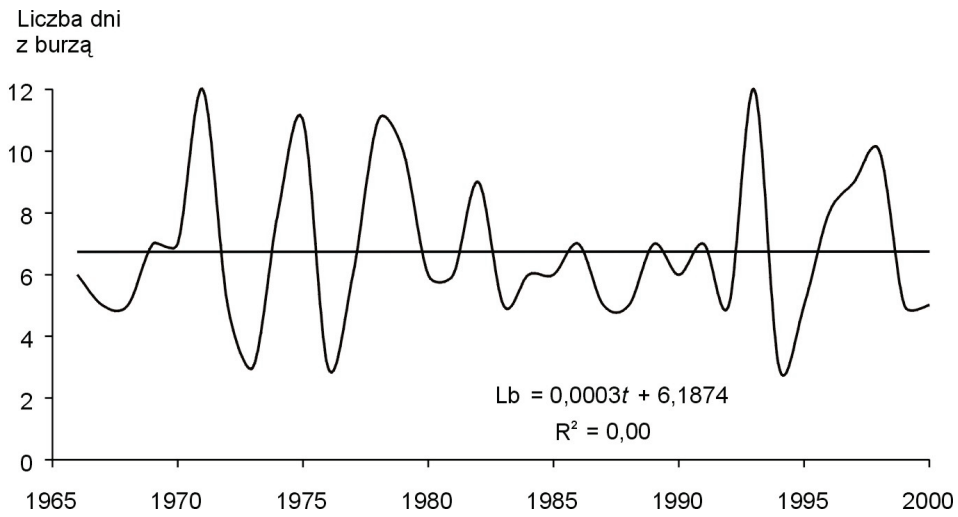
Rys. 6. Tendencje liczby dni z burzą w Warszawie w latach 1966-2000 – maj
Fig. 6. The tendency of numbers of the days with storm in Warsaw in years 1966-2000 – May



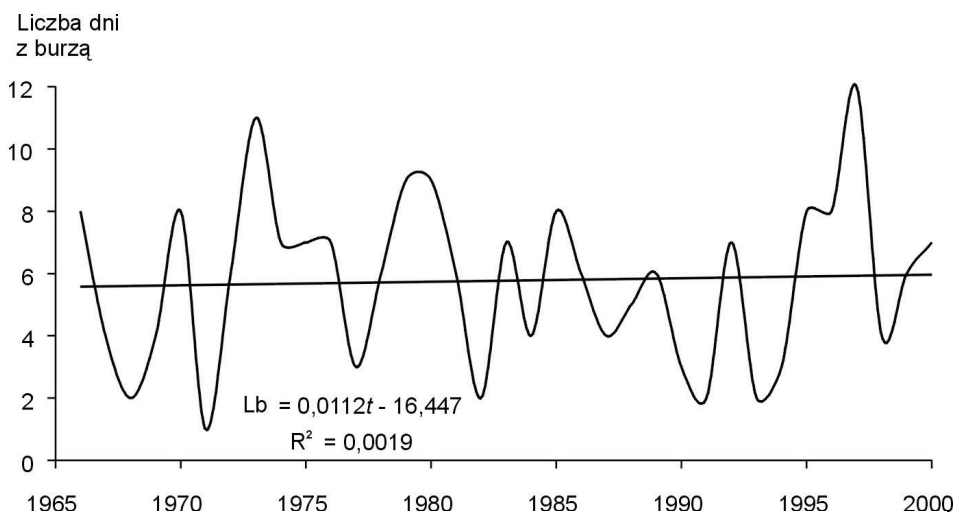
Rys. 7. Tendencje liczby dni z burzą w Krakowie w latach 1966-2000 – maj
Fig. 7. The tendency of numbers of the days with storm in Cracow in years 1966-2000 – May



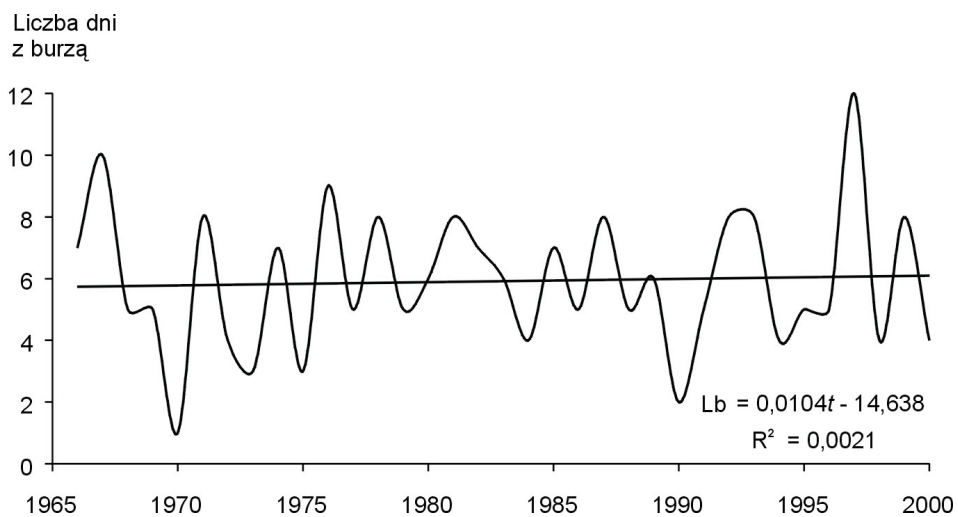
Rys. 8. Tendencje liczby dni z burzą w Warszawie w latach 1966-2000 – czerwiec
 Fig. 8. The tendency of numbers of the days with storm in Warsaw in years 1966-2000 – June



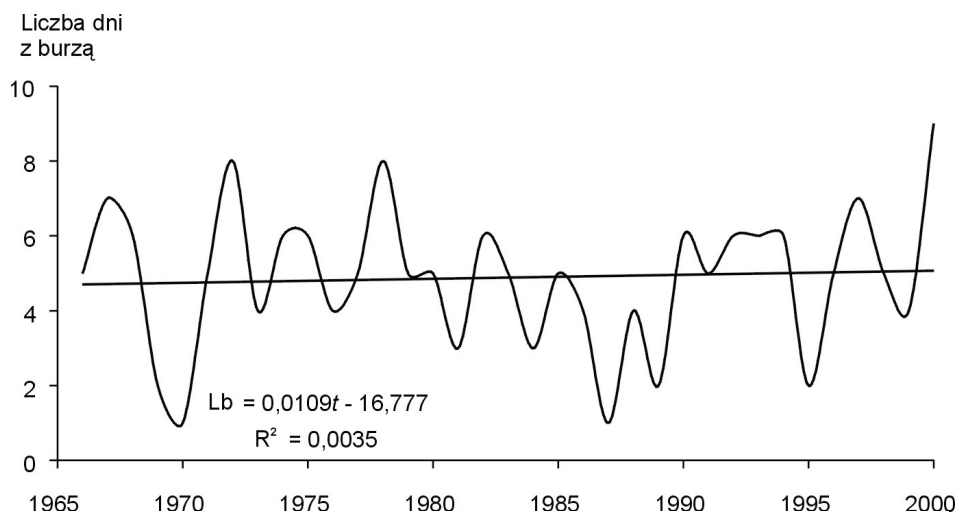
Rys. 9. Tendencje liczby dni z burzą w Krakowie w latach 1966-2000 – czerwiec
 Fig. 9. The tendency of numbers of the days with storm in Cracow in years 1966-2000 – June



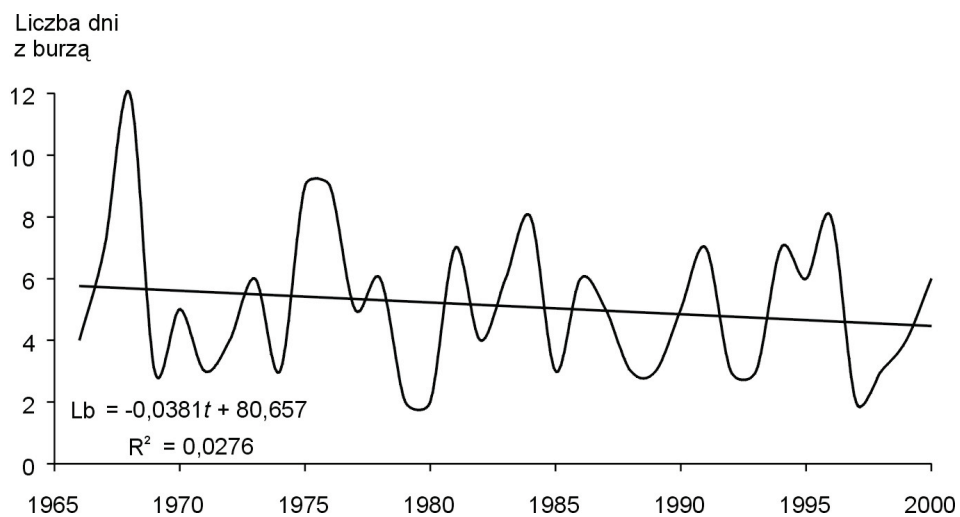
Rys. 10. Tendencje liczby dni z burzą w Warszawie w latach 1966-2000 – lipiec
Fig. 10. The tendency of numbers of the days with storm in Warsaw in years 1966-2000 – July



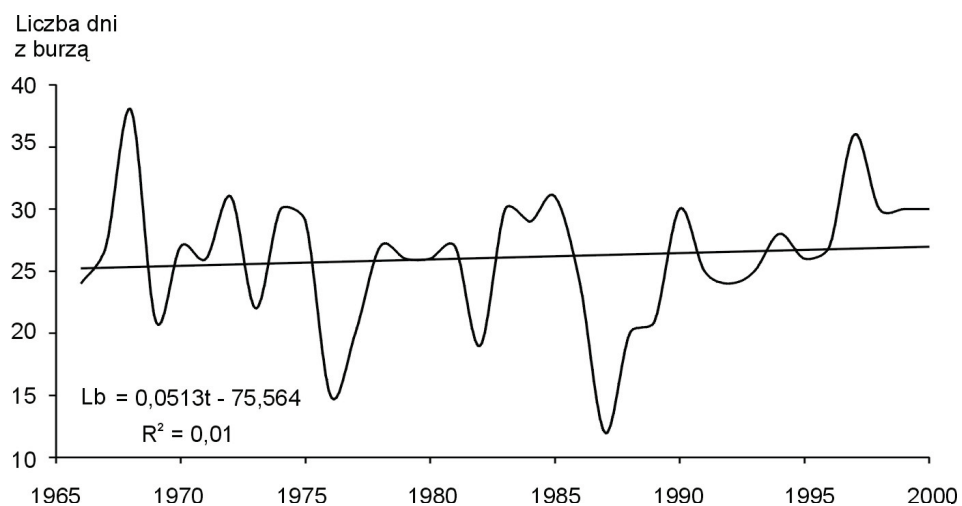
Rys. 11. Tendencje liczby dni z burzą w Krakowie w latach 1966-2000 – lipiec
Fig. 11. The tendency of numbers of the days with storm in Cracow in years 1966-2000 – July



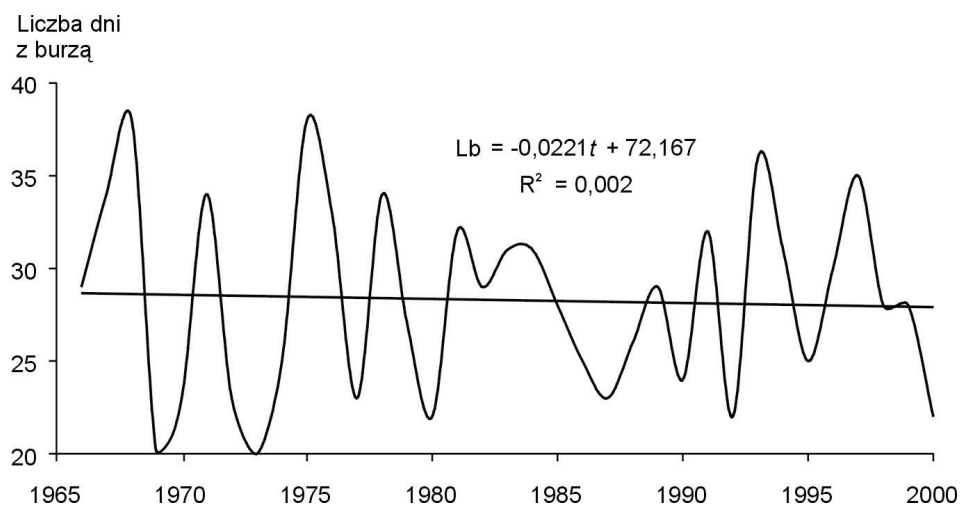
Rys. 12. Tendencje liczby dni z burzą w Warszawie w latach 1966-2000 – sierpień
Fig. 12. The tendency of numbers of the days with storm in Warsaw in years 1966-2000 – August



Rys. 13. Tendencje liczby dni z burzą w Krakowie w latach 1966-2000 – sierpień
Fig. 13. The tendency of numbers of the days with storm in Cracow in years 1966-2000 – August



Rys. 14. Tendencje liczby dni z burzą w Warszawie w latach 1966-2000 – rok
 Fig. 14. The tendency of numbers of the days with storm in Warsaw in years 1966-2000 – year



Rys. 15. Tendencje liczby dni z burzą w Krakowie w latach 1966-2000 – rok
 Fig. 15. The tendency of numbers of the days with storm in Cracow in years 1966-2000 – year

2. Zmiany roczne liczby dni z burzą

Liczbę burz w Polsce w latach wcześniejszych 1946-1955, także w odniesieniu do obszaru Europy przedstawiono wcześniej (Stopa, 1962, 1965).

Wzrost aktywności burzowej rozpoczyna się od kwietnia, o średniej liczbie dni z burzą wynoszącej: w Kołobrzegu – 0,8, Warszawie – 1,6 i na Kasprowym Wierchu – 1,7. Najwięcej dni burzowych w 11 miejscowościach wystąpiło w czerwcu (np. Kasprowy Wierch – 8,8); na 9 stacjach – w lipcu (np. Kołobrzeg – 4,3 i Warszawa – 6,0), a najmniej w grudniu i styczniu. We wszystkich miejscowościach od września występuje spadek liczby dni z burzą: Kołobrzeg (2,1), Warszawa (1,8) i Kasprowy Wierch (2,4).

W Polsce na ogół przeważają burze późnowiosenne, letnie i wczesnojesienne. Natomiast burze zimowe i późnojesienne są zjawiskiem sporadycznym. Najwięcej dni burzowych wystąpiło więc latem (65%), mniej na wiosnę (25%) i jesienią (9%). Zimą burze obserwowano bardzo rzadko (1%).

Cechą charakterystyczną przestrzennego rozkładu dni z burzą, występującą w 20 miejscowościach, jest stopniowy wzrost liczby dni z burzą z północy na południe Polski. Średnia liczba dni z burzą jest najmniejsza na wybrzeżu Polski: w Gdańsku (15,4 dni) i w Kołobrzegu (19,0). W pasie nizin wynosi ona poniżej 25 dni (np. Poznań – 21,0 dni, Białystok – 24,2). Wyjątek stanowi obszar Niziny Mazowieckiej (Warszawa – 26,1 dni), gdzie średnia liczba dni burzowych zbliżona jest do liczby dni charakterystycznej dla terenów wyżynnych (Kielce – 25,8 dni, Kraków – 26,9 dni i Zamość – 29,4 dni). W Karpatach i na Pogórzu Karpackim średnia liczba dni z burzą wynosi ponad 30: na Kasprowym Wierchu – 34,4 a w Przemyślu – 31,1 dni.

Maksymalna liczba dni z burzą w roku w Polsce waha się od 26 w Gdańsku aż do 55 na Kasprowym Wierchu. Powyżej 35 dni z burzą występuje w środkowej, wschodniej i południowo-zachodniej Polsce. Natomiast najmniejsza liczba dni z burzą występuje wokół Zatoki Szczecińskiej (Szczecin – 30 dni) i Zatoki Gdańskiej (Gdańsk – 26 dni).

Mała liczba dni z burzą występuje również na Pojezierzu Wielkopolskim (Poznań – 31 dni) i we wschodniej części Niziny Śląskiej (Wrocław – 31 dni), czyli w zachodniej Polsce, charakteryzującej się większymi wpływami klimatu oceanicznego.

Zwiększenie częstości występowania dni burzowych z północy na południe Polski związane jest przede wszystkim ze wzrostem wysokości nad poziomem morza. Ponadto niższa temperatura i mniejsza wilgotność powietrza w wyższych szerokościach geograficznych nie sprzyjają powstawaniu burz – podobnie jest w całej Europie.

Najdłuższy okres występowania dni z burzą wynosi 336 dni z Warszawie (1975 r.), najkrótszy zaś, trwa 61 dni w Kołobrzegu (1959 r.).

Pierwsze burze wiosenne najwcześniej pojawiają się w marcu, a najpóźniej w początkach maja. Średnia data początku wzmożonej aktywności burzowej na badanym obszarze waha się między 1 kwietnia (Kraków, Warszawa i Zielona Góra) a 26 kwietnia (Terespol). Średni początek działalności burzowej w Polsce przypada na 13 kwietnia (na podstawie danych z 20 stacji meteorologicznych).

Ostatnie dni z burzą najwcześniej występują po 24 lipca, a najpóźniej – 31 grudnia. W Polsce średnia data końca okresu burzowego przypada 30 września. Jednak w różnych regionach kraju zakres wahań obejmuje miesiąc, od 19 września w Terespole do 19 października w Kołobrzegu. Na zachodnich krańcach Polski i w górach oraz na Nizinie Mazowieckiej, wzmożona aktywność burzowa kończy się średnio w październiku. Na pozostałym terenie, im dalej na wschód, tym wcześniej kończy się okres aktywności burzowej (we wrześniu).

Prawdopodobnie ma to związek z typami występujących burz: frontalnymi i wewnątrzmasowymi. W klimacie umiarkowanym przejściowym, o dominującym wpływie mas powietrza kontynentalnego, przeważają burze lokalne – wewnątrzmasowe związane z wysoką temperaturą i dużą wilgotnością powietrza (tak właśnie jest we wschodniej Polsce). Z kolei zachodnia część Polski znajdująca się pod większym wpływem mas powietrza oceanicznego charakteryzuje się dużą frekwencją burz frontalnych. Powstają one na froncie chłodnym i zokludowanym, które przynoszą ze sobą niżę, wędrujące nad Morzem Bałtyckim i Półwyspem Skandynawskim (więcej frontów przechodzi nad zachodnią, niż wschodnią częścią Polski).

Równocześnie, na wybrzeżu, przesunięcie okresu aktywności burzowej na jesień (połowa października) może wynikać z akumulacji ciepła przez powierzchnię Ziemi w ciągu lata (energii słonecznej) – przez morze i oddawaniu go atmosferze z pewnym opóźnieniem (jesienią). Jest to zgodne z mechanizmem powstawania burz termicznych, które potrzebują dostawy ciepła i pary wodnej z atmosfery, a pośrednio z nagrzanej powierzchni lądu lub wody.

W latach 1951-1990 największa aktywność burzowa wystąpiła w okresie od 1955 do 1968 roku w większości miejscowości (prócz siedmiu, położonych w południowej i wschodniej Polsce). Wyodrębniono lata o bardzo dużej i bardzo małej frekwencji dni burzowych. Latami bardzo burzowymi były: 1955, 1961, 1963, 1968 i 1972. Do lat o bardzo małej liczbie dni z burzą zaliczono: 1953, 1973 i 1976 r.

3. Zmiany cykliczne liczby dni z burzą (widma)

Innym rozwiązaniem problemu jest określenie cykliczności dni z burzą w latach 1951-1990 na podstawie kolejnych maksimów obecnych w seriach codziennych obserwacji i kolejnych lat.

Na terenie Polski dominują krótkie okresy codziennie występujących burz. Wyznaczone je z odstępów czasu między kolejnymi dniami o maksymalnej liczbie burz. Okresy 2-3 dniowe, 4-5 dniowe i powyżej 6 dni są uwarunkowane cyrkulacją atmosferyczną.

W Polsce w sezonie burzowym (wiosna-jesień) zaznaczają się krótkie odstępy czasu między kolejnymi maksimami: od dwu do jedenastu lat. Najdłuższe cykle: 11-, 10-, 9-letnie występują jesienią (Gdańsk i Warszawa). Maksima liczby dni z burzą powtarzają się najczęściej co 2, 3 lub 4 lata (sporadycznie – co 11 lat). Najdłuższym cyklem w 4 miejscowościach był cykl czteroletni (Kasprowy Wierch, Zamość Białostok i Zielona Góra), na 12 – pięcioletni. W Olsztynie i Wrocławiu najdłuższy cykl wynosi 6 lat, w Krakowie – 8 lat, a w Toruniu – 9 lat.

W badanych 40-leciu wykryto okresy dni z burzą (tzw. ciągi dni burzowych). Najkrótszy trwał 2 dni (występował we wszystkich miejscowościach), a najdłuższy 11 dni – w Tatrach, na Kasprowym Wierchu (31 maja – 10 czerwca 1960).

We wszystkich badanych miejscowościach wystąpiły co najmniej 5-dniowe ciągi dni burzowych. Okresy te były najdłuższe na wybrzeżu Polski (Szczecin, Kołobrzeg, Gdańsk), na Pojezierzu Wielkopolskim (Poznań), na Nizinie Śląskiej (Wrocław) i Mazowieckiej (Warszawa) oraz przy wschodniej granicy Polski (Terespol). Najdłuższe ciągi dni burzowych stanowią od 0,6% do 3,3% ogólnej liczby dni burzowych, jaka wystąpiła w całej Polsce.

Najkrótsze ciągi burzowe występują najczęściej. Najwięcej, bo ponad 50% ogólnej liczby dni z burzą, stanowią pojedyncze dni burzowe (oprócz Kasprowego Wierchu – 37,3%, Przemyśla – 49,2% i Zamościa – 48,4%). Natomiast w Gdańsku, Kołobrzegu,

Olsztynie, Poznaniu, Szczecinie i Wrocławiu pojedyncze dni burzowe stanowią ponad 60%. Na wszystkich stacjach 2-dniowe ciągi osiągały 20-30% dni burzowych ogółem.

Kilkudniowe (5-11) okresy występowania dni z burzami zdarzają się bardzo rzadko (na 40 lat – zaledwie kilkanaście razy). Świadczy to, że warunki synoptyczne sprzyjające ich powstawaniu nie trwają długo – 1 lub 2 dni. Wynika to z dużej dynamiki zmian cyrkulacji atmosferycznej w umiarkowanych szerokościach geograficznych – o przejściowym klimacie.

Większą wartość poznawczą mają okresy liczby dni z burzą wyznaczone metodą „sinusoid regresji”:

$$y = a_0 + b \sin(2\pi t/\Theta), \text{ gdzie: } \Theta - \text{okres, } b - \text{amplituda, } c - \text{przesunięcie fazowe, } t - \text{czas.}$$

Zmieniając okres sinusoidy Θ w paśmie 2,1-35 lat – co 0,1 roku, otrzymano ciągi wartości wariancji resztkowej ε^2 – tzw. widma. Minima lokalne wariancji resztkowej ε^2 – to okresy Θ , wykryte w seriach liczby dni z burzą.

Widma liczby dni z burzą w Warszawie i Krakowie w latach 1966-2000 w poszczególnych miesiącach (od maja do sierpnia) i w roku przedstawiono na rysunkach 16-25.

Okresy Θ , amplitudy b , przesunięcia fazowe c , wariancje resztkowe ε^2 i współczynniki korelacji R w przypadku roku zestawiono w tabelach 11-12.

Tab. 11. Cykle liczby dni z burzą w Warszawie w latach 1966-2000 – rok

(Θ – okres, b – amplituda, c – przesunięcie fazowe, ε^2 – wariancja resztkowa, R – współczynnik korelacji)

Tab. 11. The cycles of the numbers of days with storm in Warsaw in years 1966-2000 – year

(Θ – period, b – amplitude, c – phase delay, ε^2 – rest variance, R – correlation coefficient)

Θ	b	c	ε^2	R
2,2	2,609	-1,6485	24,109	0,312
2,5	1,417	0,7716	25,458	0,217
2,7	0,973	-1,3391	25,848	0,180
2,9	1,191	2,8528	25,745	0,190
3,2	1,913	1,3008	23,500	0,347
3,7	1,565	-2,6589	24,190	0,307
4,4	1,552	1,2952	25,775	0,187
5,7	3,453	0,4498	21,688	0,434
7,7	1,886	-2,2135	25,135	0,243
13,9	3,021	-2,6941	22,334	0,405

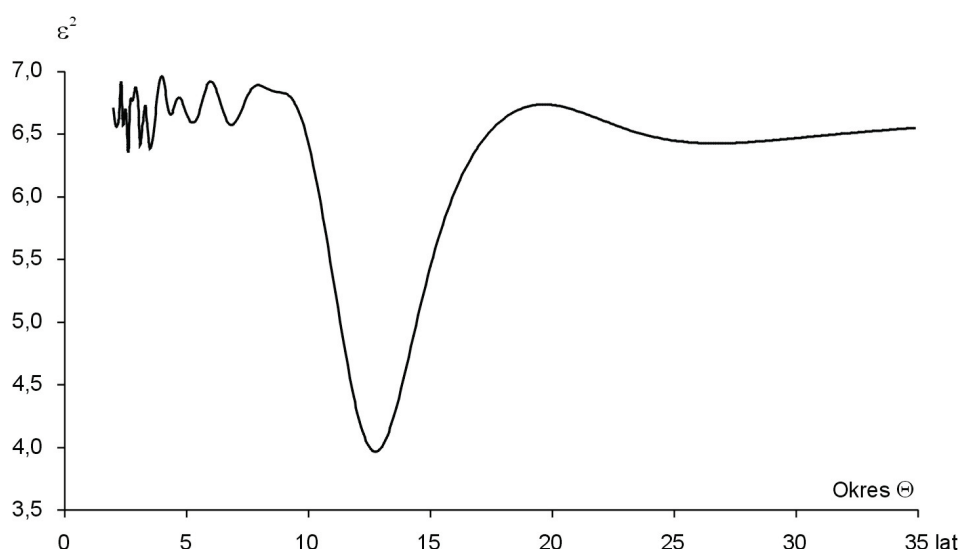
Tab. 12. Cykle liczby dni z burzą w Krakowie w latach 1966-2000 – rok

(Θ – okres, b – amplituda, c – przesunięcie fazowe, ε^2 – wariancja resztkowa, R – współczynnik korelacji)

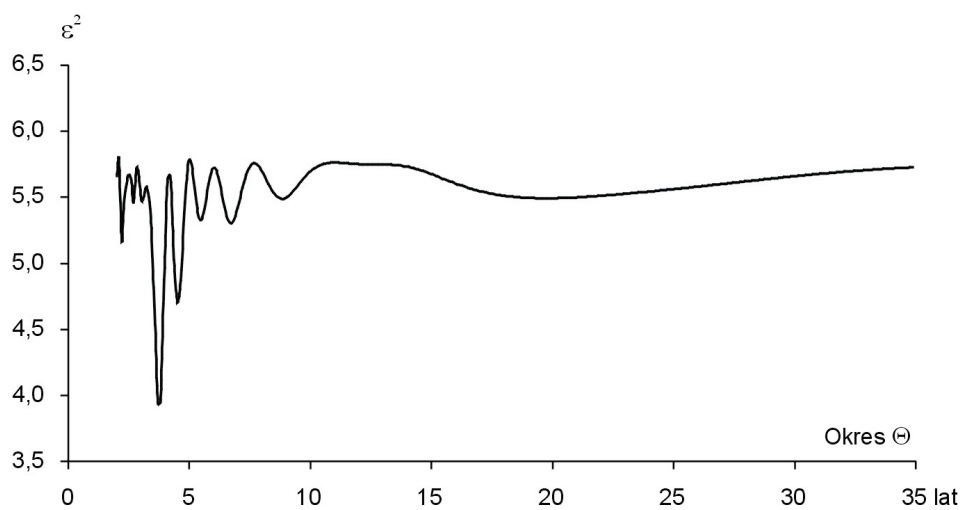
Tab. 12. The cycles of the numbers of days with storm in Cracow in years 1966-2000 – year

(Θ – period, b – amplitude, c – phase delay, ε^2 – rest variance, R – correlation coefficient)

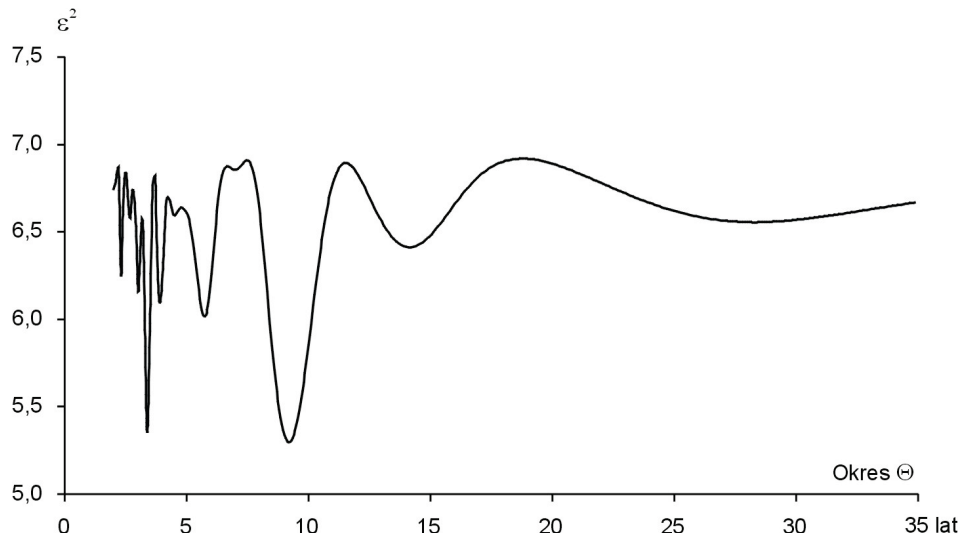
Θ	b	c	ε^2	R
2,6	2,894	2,5290	21,182	0,412
2,9	1,055	-0,2110	24,810	0,167
3,3	2,514	-0,7930	22,297	0,355
3,7	2,941	-3,0620	19,265	0,495
4,4	1,968	1,9070	21,125	0,415
5,2	0,609	0,5630	24,545	0,195
7,4	1,911	1,8380	22,693	0,333
9,3	1,709	-1,0170	23,211	0,301
14,8	1,739	2,9330	22,862	0,323
31,8	0,531	1,6180	25,446	0,053



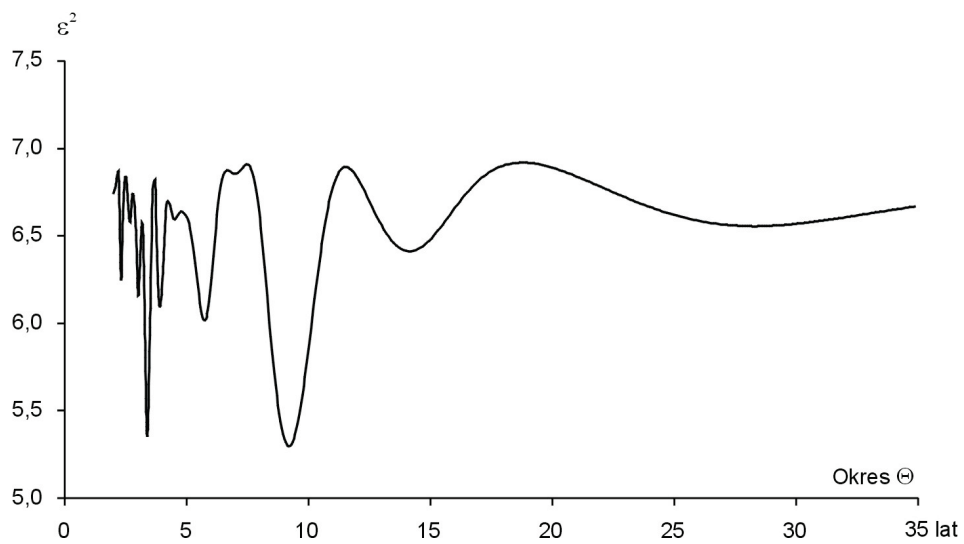
Rys. 16. Widmo liczby dni z burzą w Warszawie w latach 1966-2000 – maj
 Fig. 16. Spectrum of numbers of the days with storm in Warsaw in years 1966-2000 – May



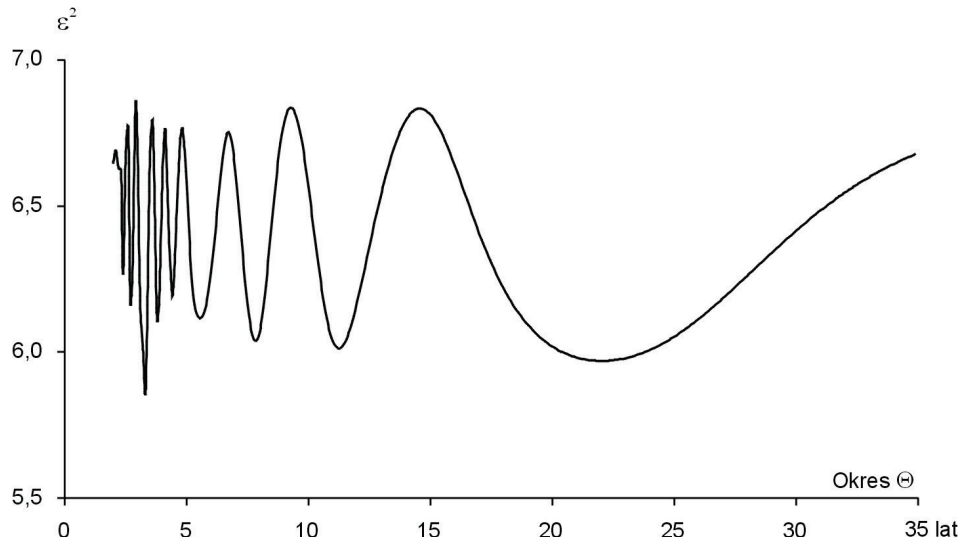
Rys. 17. Widmo liczby dni z burzą w Krakowie w latach 1966-2000 – maj
 Fig. 17. Spectrum of numbers of the days with storm in Cracow in years 1966-2000 – May



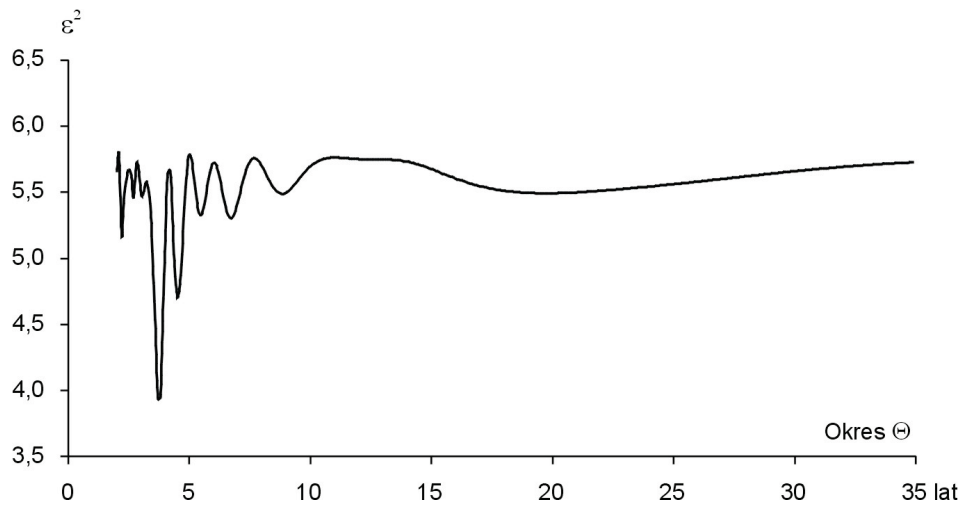
Rys. 18. Widmo liczby dni z burzą w Warszawie w latach 1966-2000 – czerwiec
 Fig. 18. Spectrum of numbers of the days with storm in Warsaw in years 1966-2000 – June



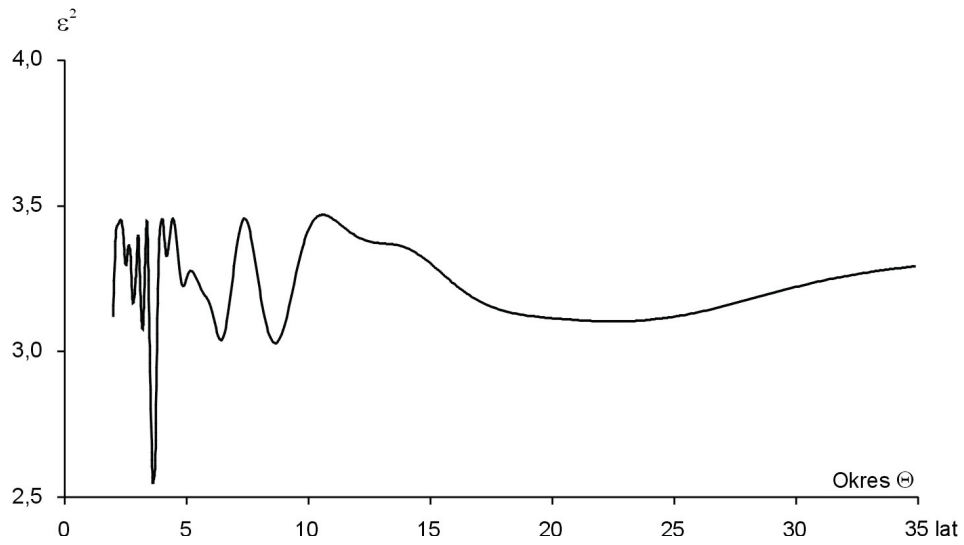
Rys. 19. Widmo liczby dni z burzą w Krakowie w latach 1966-2000 – czerwiec
 Fig. 19. Spectrum of numbers of the days with storm in Cracow in years 1966-2000 – June



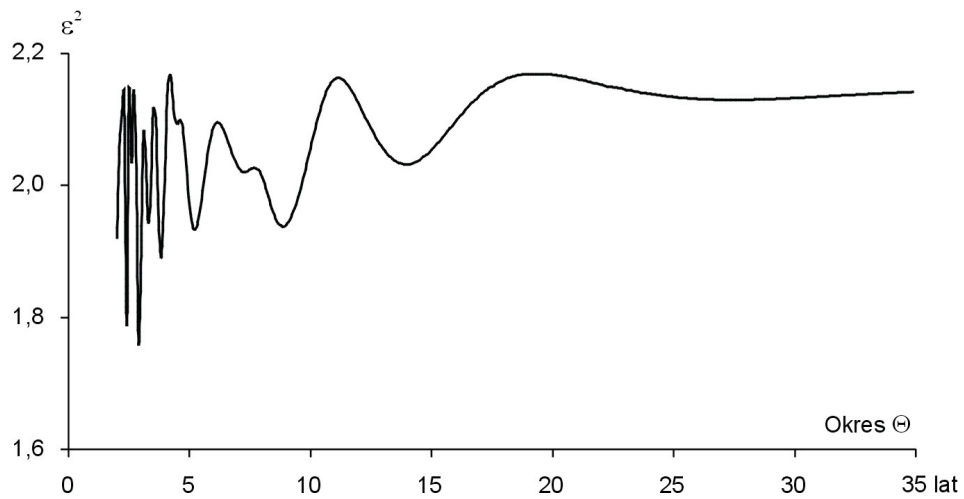
Rys. 20. Widmo liczby dni z burzą w Warszawie w latach 1966-2000 – lipiec
 Fig. 20. Spectrum of numbers of the days with storm in Warsaw in years 1966-2000 – July



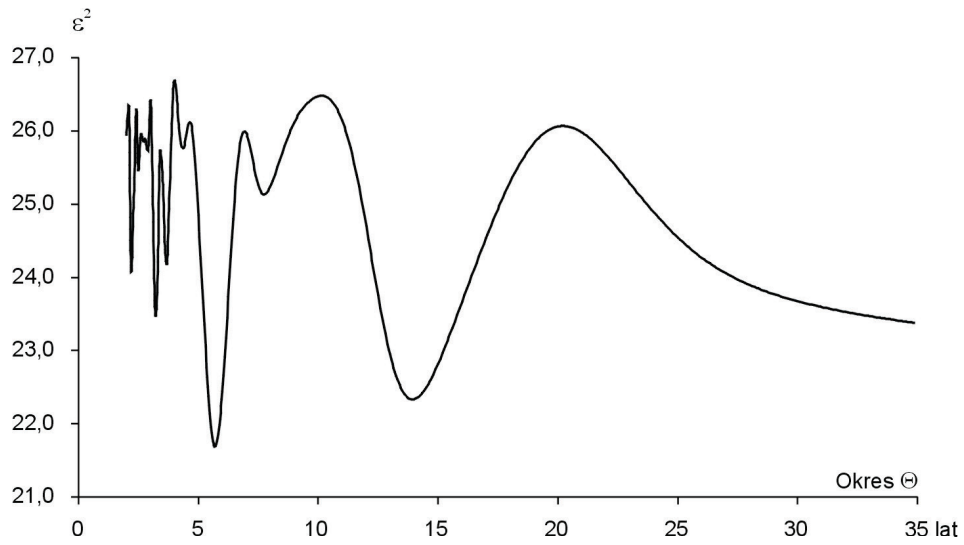
Rys. 21. Widmo liczby dni z burzą w Krakowie w latach 1966-2000 – lipiec
 Fig. 21. Spectrum of numbers of the days with storm in Cracow in years 1966-2000 – July



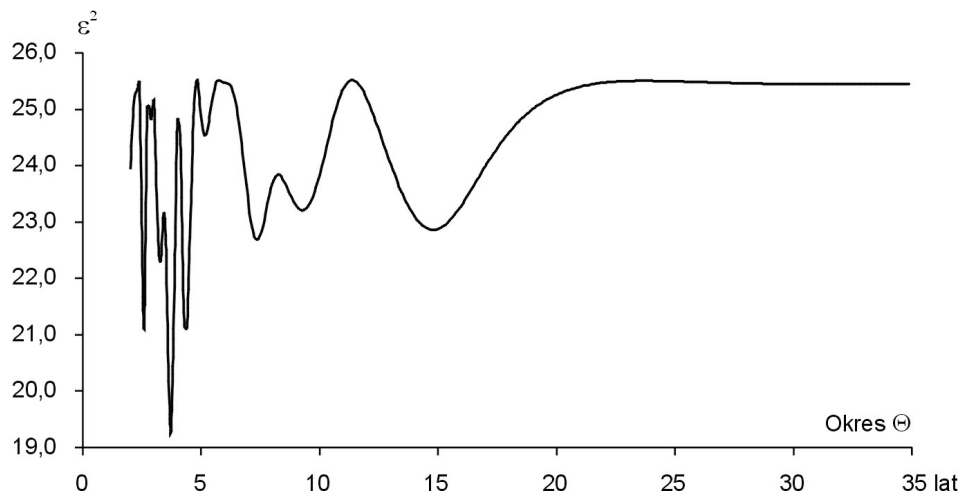
Rys. 22. Widmo liczby dni z burzą w Warszawie w latach 1966-2000 – sierpień
 Fig. 22. Spectrum of numbers of the days with storm in Warsaw in years 1966-2000 – August



Rys. 23. Widmo liczby dni z burzą w Krakowie w latach 1966-2000 – sierpień
 Fig. 23. Spectrum of numbers of the days with storm in Cracow in years 1966-2000 – August



Rys. 24. Widmo liczby dni z burzą w Warszawie w latach 1966-2000 – rok
 Fig. 24. Spectrum of numbers of the days with storm in Warsaw in years 1966-2000 – year



Rys. 25. Widmo liczby dni z burzą w Krakowie w latach 1966-2000 – rok
 Fig. 25. Spectrum of numbers of the days with storm in Cracow in years 1966-2000 – year

4. Zależność dni z burzą od typów cyrkulacji atmosferycznej

Badano również zmiany aktywności burzowej w zależności od typów cyrkulacji atmosferycznej w Polsce. Wybrano klasyfikację typów cyrkulacji atmosferycznej według B. Osuchowskiej-Klein (1978 i 1991). Pod uwagę wzięto tylko sezon burzowy (od maja do sierpnia).

W latach 1951-1990, w maju powstawaniu burz sprzyjają typy cyrkulacji cyklonalnej: północno-wschodniej i wschodniej E_0 (NE_C i E_C) oraz południowo-wschodniej F (SE_C), typ cyrkulacji antycyklonalnej północno-wschodniej E (NE_A) i typ nieokreślony X. Natomiast występowaniu dni burzowych nie sprzyjają: typ cyklonalny zachodni A (W_C), typy antycyklonalne południowy i południowo-zachodni D_2C (S_A i SW_A) i centralny antycyklonalny G (C_A – centrum wysokiego ciśnienia nad Polską) oraz typ południowy BE ($S_{C/A}$ – pośredni między cyklonalnym i antycyklonalnym).

W czerwcu, lipcu i sierpniu burzom sprzyjają typy: północno-wschodni i wschodni cyklonalny E_0 (NE_C i E_C), północno-zachodni cyklonalny CB (NW_C) oraz północno-wschodni antycyklonalny E (NE_A), zachodni antycyklonalny C_2D (W_A) i typ nieokreślony X. W czerwcu nie sprzyjają typy cyrkulacji: południowy cyklonalny B (S_C), południowy i południowo-zachodni antycyklonalny D_2C (S_A i SW_A), północno-zachodni antycyklonalny E_2C (NW_A), centralny antycyklonalny G (C_A) oraz południowy BE ($S_{C/A}$).

Oprócz wymienionych typów cyrkulacji w lipcu i sierpniu niesprzyjający jeszcze jest typ południowo-wschodni cyklonalny F (SE_C), a ponadto w lipcu – typ zachodni cyklonalny A (W_C). Częściej (około 25% ogólnej liczby dni burzowych) burze pojawiały się także podczas nieokreślonej sytuacji synoptycznej (X).

Najwięcej jest burz spowodowanych warunkami synoptycznymi, jakie powstały pod wpływem północno-wschodniej i wschodniej cyrkulacji cyklonalnej (typ E_0) oraz północno-zachodniej cyrkulacji cyklonalnej (typ CB). Wtedy częstość występowania dni burzowych związana jest z przechodzeniem frontu chłodnego (burze frontalne) oraz frontu zokludowanego o charakterze chłodnym, podczas wędrówki niżu nad środkową lub północną Europą. Rzadko powstawały przy tym charakterze cyrkulacji burze wewnątrzmasowe. Natomiast, gdy masy powietrza przemieszczają się pod wpływem cyrkulacji północno-wschodniej antycyklonalnej (typ E), pojawiają się burze wewnątrzmasowe (lokalne – termiczne) występujące często w środkowych, południowych i wschodnich regionach Polski znajdujących się pod większym wpływem mas powietrza polarno-kontynentalnego.

W analizowanych 21 dniach (w Warszawie i na Kasprowym Wierchu) najczęściej występowały burze wewnątrzmasowe, a rzadziej – w ciągu 6 dni – frontalne. Powstawaniu burz sprzyjały masy powietrza polarnego morskiego starego oraz północno-wschodnia cyrkulacja antycyklonalna. Ponadto na szczególnie zwiększoną działalność burzową miały wpływ także warunki regionalne i lokalne (zwiększona powierzchnia czynna w górach sprzyja wymianie ciepła i pary wodnej drogą silnej konwekcji). Burze przeważnie występowały po południu (między godziną 13 i 19 – 10 dni z burzą), a najrzadziej nocą i nad ranem (między godziną 0 i 7 – 2 dni z burzą). Najbardziej sprzyjające warunki do powstania burz panują więc w godzinach popołudniowych i wieczornych, a najmniej – w godzinach nocnych i porannych. Potwierdzają to również wartości elementów meteorologicznych, gdyż najlepsze dla burz warunki termiczno-wilgotnościowe panowały po południu (największe wypromieniowanie ciepła z podłoża, wzrost wilgotności powietrza i spadek ciśnienia atmosferycznego).

5. Prawdopodobieństwo występowania burz w Warszawie i Krakowie w latach 1966-2000

Istotne znaczenie praktyczne ma porównanie histogramów (rys. 26-35) i dystrybuant empirycznych (rys. 36-45) liczby dni z burzą z gęstością prawdopodobieństwa $f(x)$ i dystrybuantą $F(x)$ rozkładu normalnego:

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi} \cdot \sigma} \cdot e^{-\frac{1}{2} \frac{(x-m)^2}{\sigma^2}}$$

$$F(x) = \int_{-\infty}^{x_0} f(x) dx$$

gdzie: m , σ – to wartości średnia i odchylenie standardowe w populacji. Estymatorami parametrów m , σ są średnie arytmetyczne \bar{x} i odchylenie standardowe s – obliczone na podstawie $n = 35$ wyników obserwacji:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum x_i, \quad s^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2, \quad s^2 - \text{wariancja zmiennej } x.$$

W porównaniach histogramów i dystrybuant empirycznych z rozkładem teoretycznym

(normalnym) przyjęto zmienną standaryzowaną $t = \frac{x - \bar{x}}{s}$ w przedziale $(-4, 4)$.

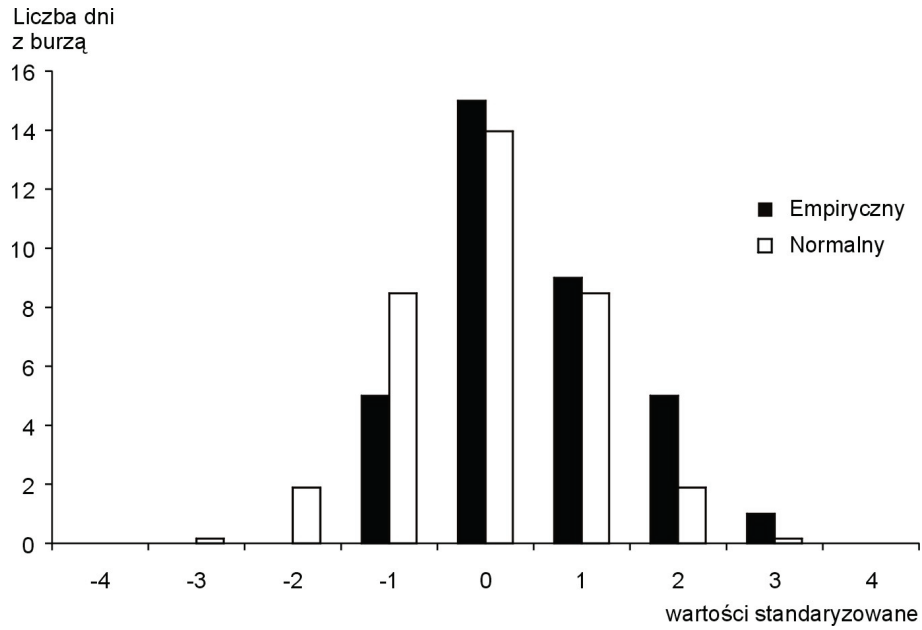
$$f(t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{1}{2} t^2}$$

$$F(t) = \int_{-\infty}^{t_0} f(t) dt$$

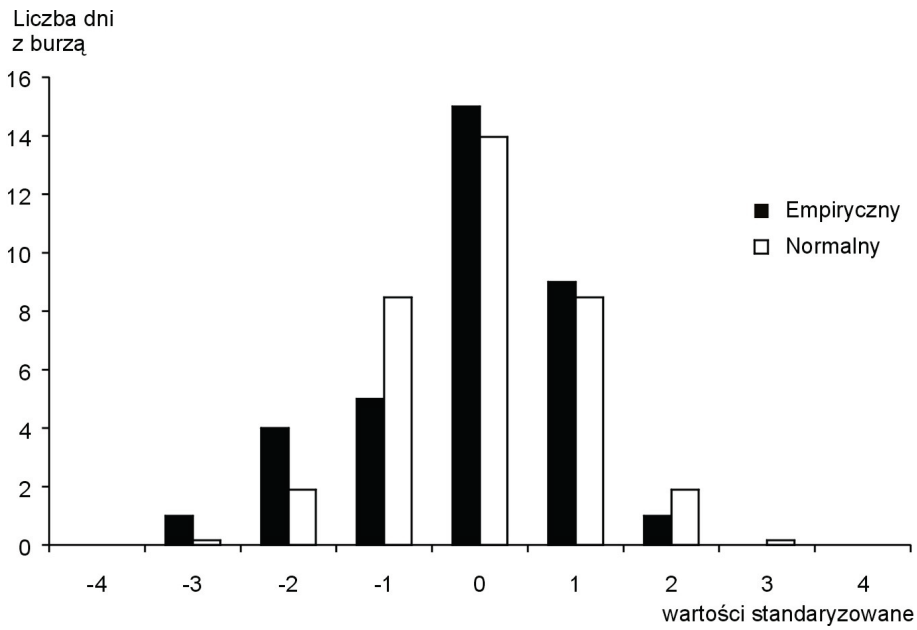
Na przykład prawdopodobieństwo wystąpienia liczby dni z burzą powyżej x_0 :

$P(x > x_0) = P(t > t_0)$ jest równe $1 - F(t_0)$, gdzie $t_0 = \frac{x_0 - \bar{x}}{s}$.

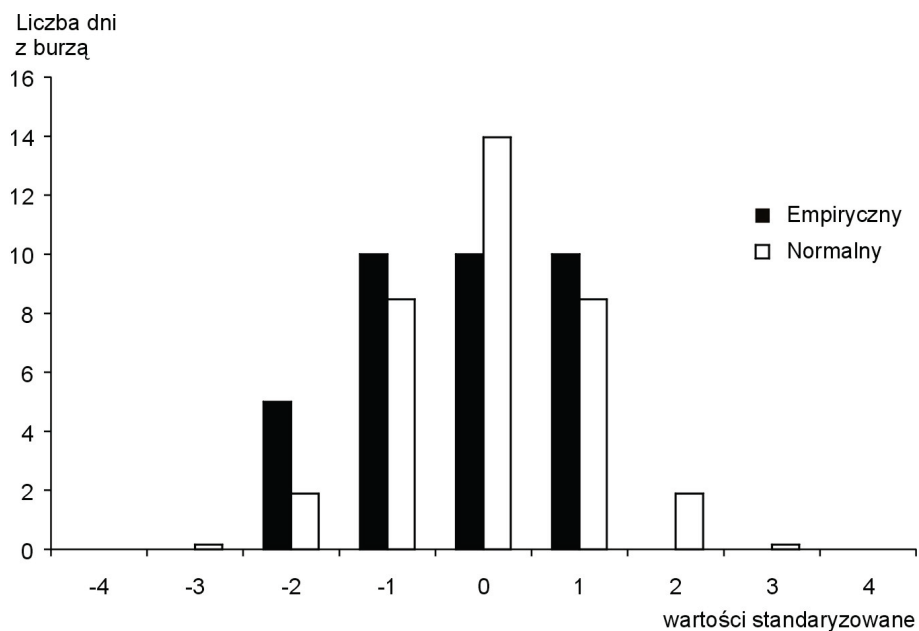
Z wykresów wynika, że liczba dni z burzą w ciągu roku ma rozkład prawdopodobieństwa zbliżony do rozkładu normalnego. Świadczą o tym zarówno histogramy, jak też wykresy dystrybuant.



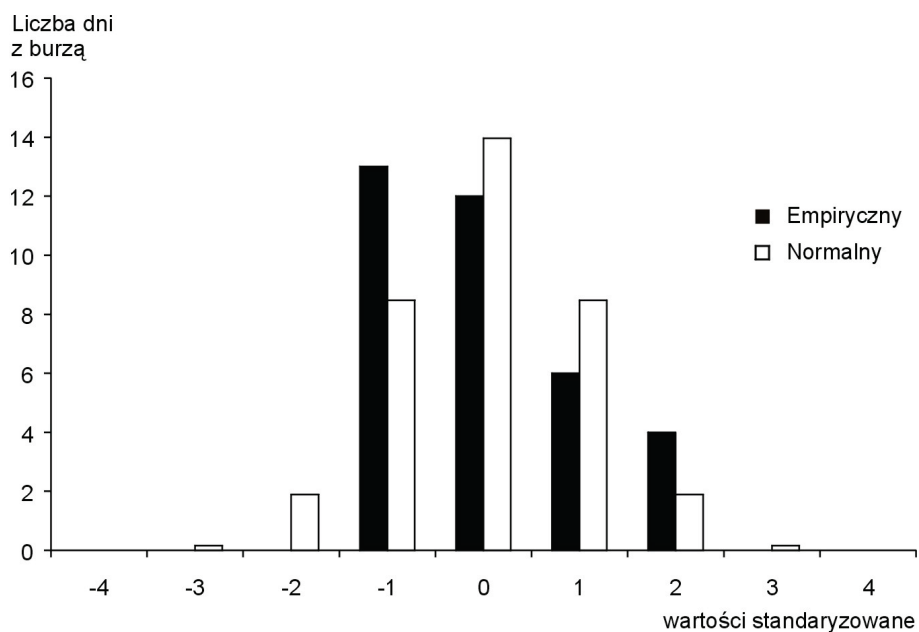
Rys. 26. Histogramy liczby dni z burzą w Warszawie w latach 1966-2000 – maj
 Fig. 26. The histograms of numbers of the days with storm in Warsaw in years 1966-2000 – May



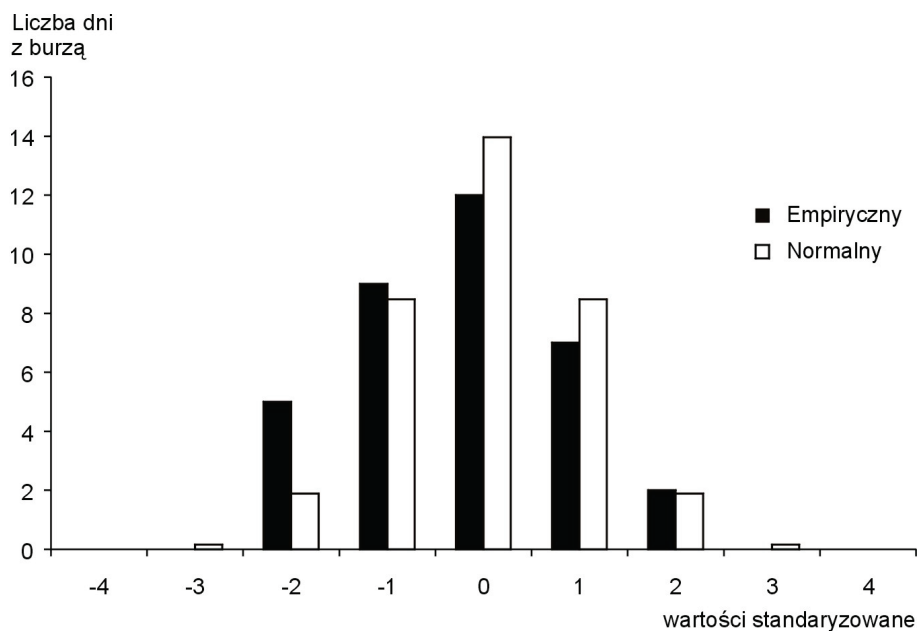
Rys. 27. Histogramy liczby dni z burzą w Krakowie w latach 1966-2000 – maj
 Fig. 27. The histograms of numbers of the days with storm in Cracow in years 1966-2000 – May



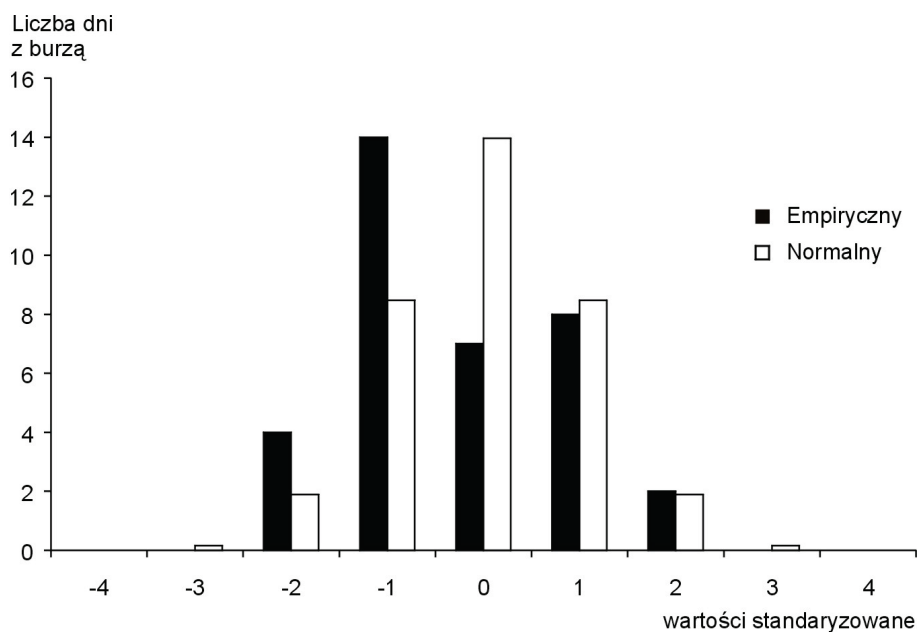
Rys. 28. Histogramy liczby dni z burzą w Warszawie w latach 1966-2000 – czerwiec
 Fig. 28. The histograms of numbers of the days with storm in Warsaw in years 1966-2000 – June



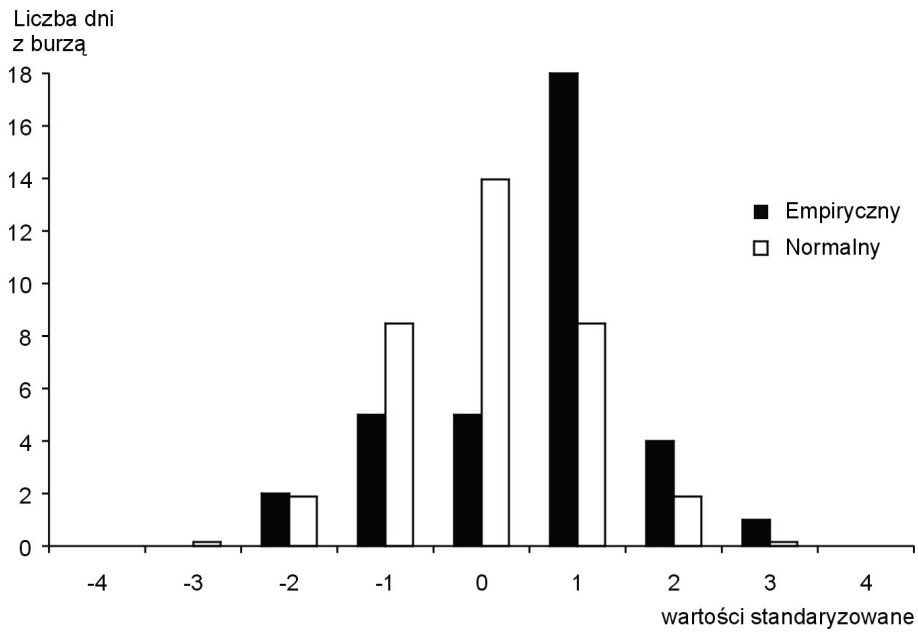
Rys. 29. Histogramy liczby dni z burzą w Krakowie w latach 1966-2000 – czerwiec
 Fig. 29. The histograms of numbers of the days with storm in Cracow in years 1966-2000 – June



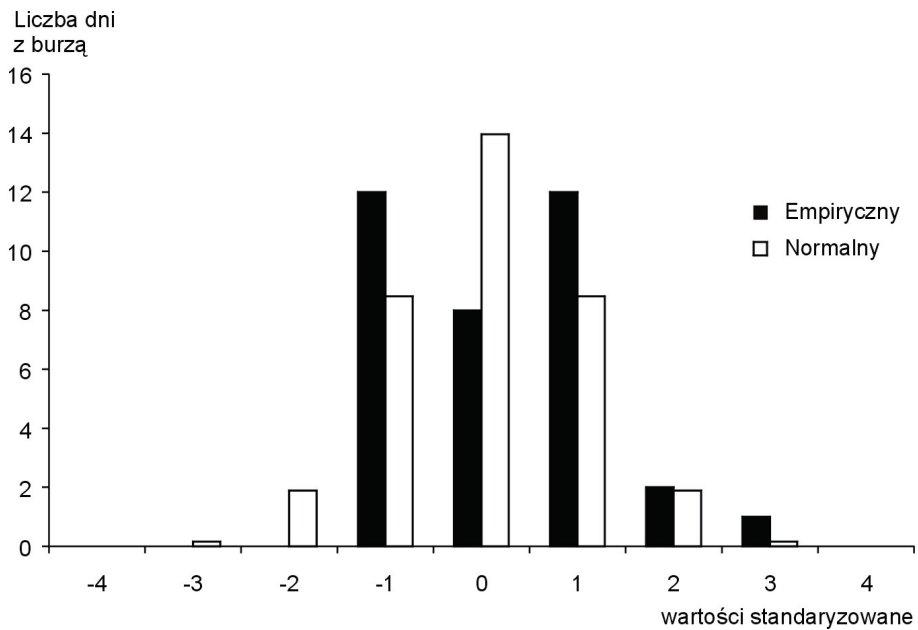
Rys. 30. Histogramy liczby dni z burzą w Warszawie w latach 1966-2000 – lipiec
 Fig. 30. The histograms of numbers of the days with storm in Warsaw in years 1966-2000 – July



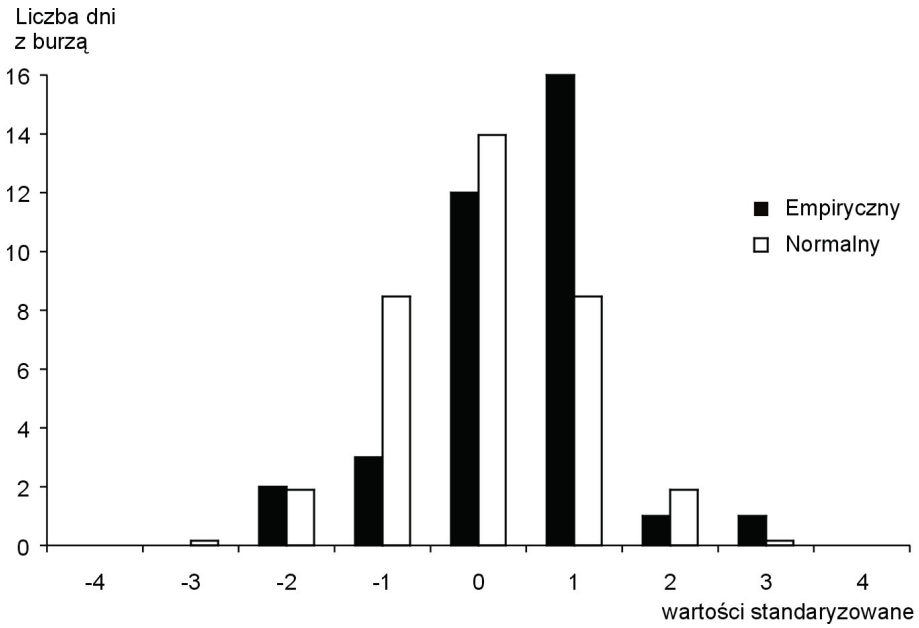
Rys. 31. Histogramy liczby dni z burzą w Krakowie w latach 1966-2000 – lipiec
 Fig. 31. The histograms of numbers of the days with storm in Cracow in years 1966-2000 – July



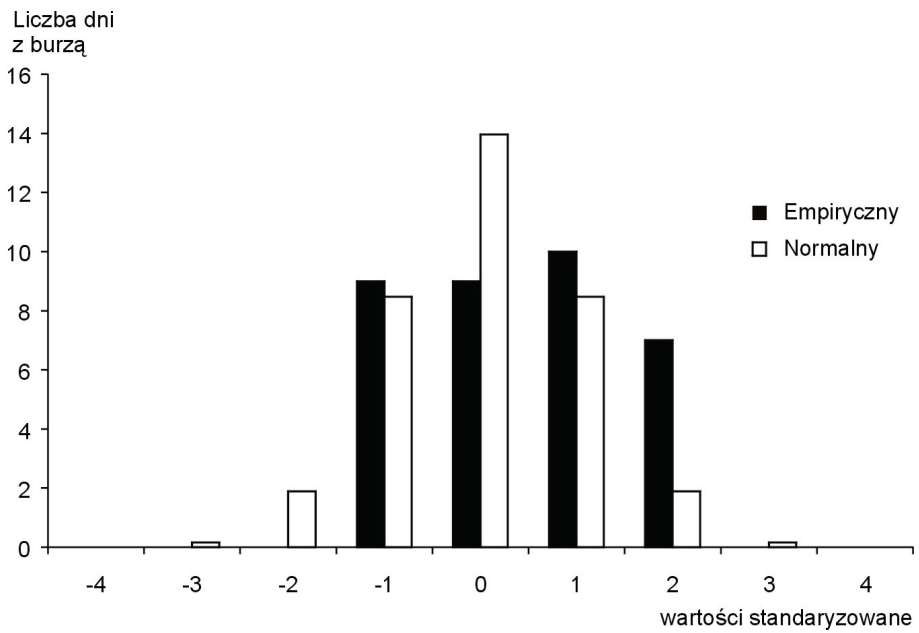
Rys. 32. Histogramy liczby dni z burzą w Warszawie w latach 1966-2000 – sierpień
 Fig. 32. The histograms of numbers of the days with storm in Warsaw in years 1966-2000 – August



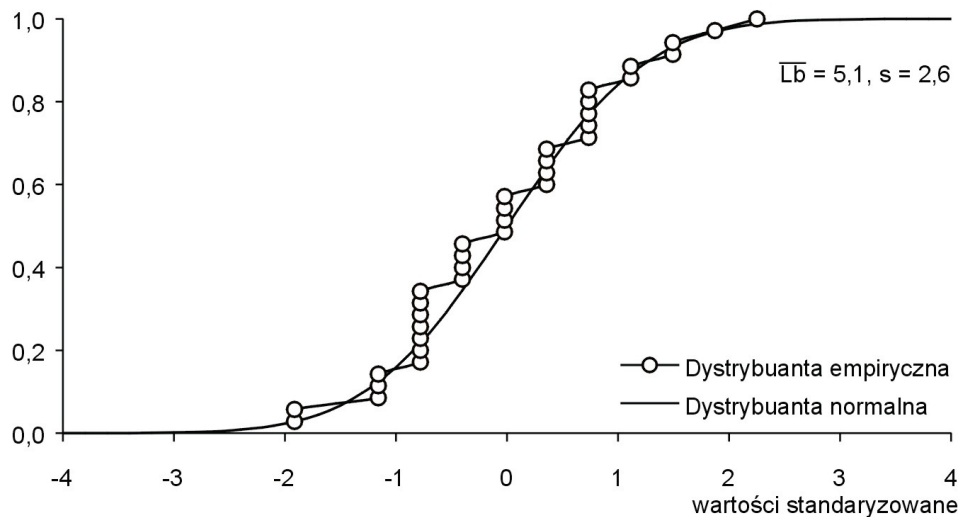
Rys. 33. Histogramy liczby dni z burzą w Krakowie w latach 1966-2000 – sierpień
 Fig. 33. The histograms of numbers of the days with storm in Cracow in years 1966-2000 – August



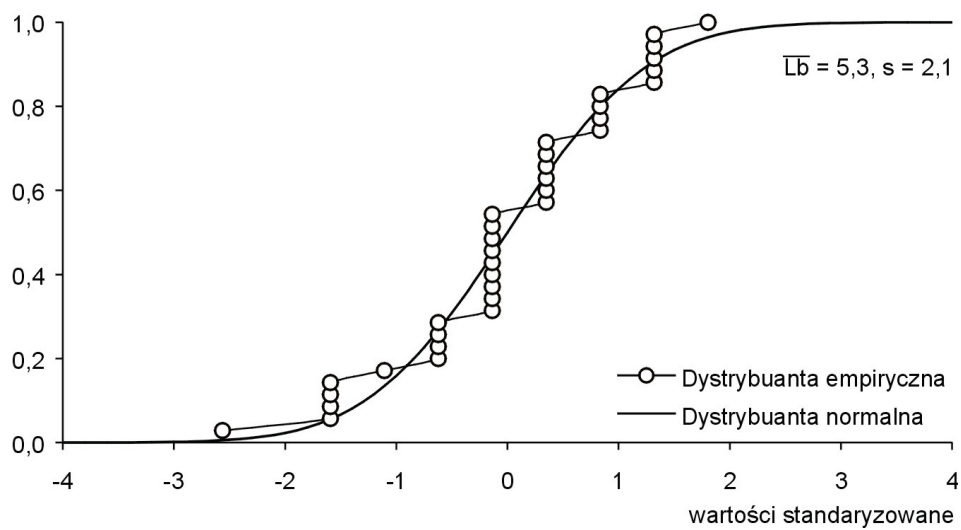
Rys. 34. Histogramy liczby dni z burzą w Warszawie w latach 1966-2000 – rok
 Fig. 34. The histograms of numbers of the days with storm in Warsaw in years 1966-2000 – year



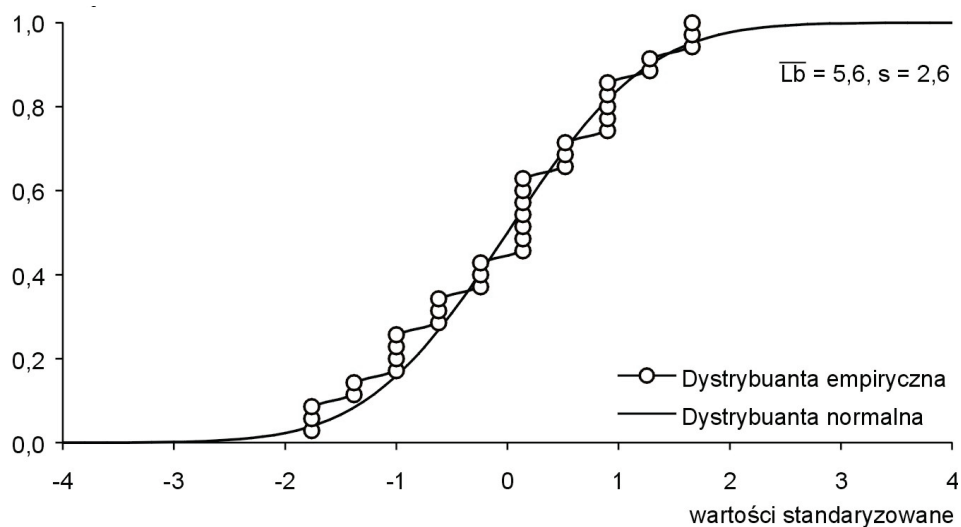
Rys. 35. Histogramy liczby dni z burzą w Krakowie w latach 1966-2000 – rok
 Fig. 35. The histograms of numbers of the days with storm in Cracow in years 1966-2000 – year



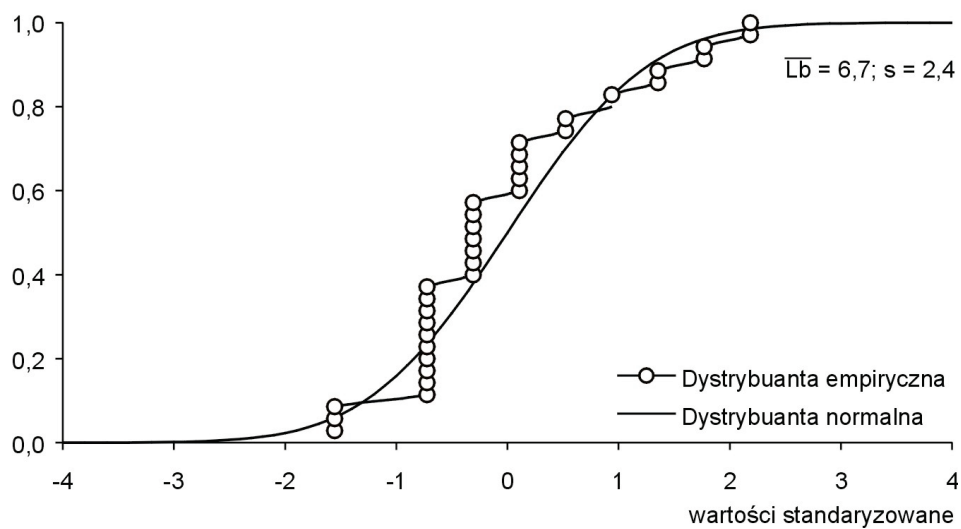
Rys. 36. Prawdopodobieństwo liczby dni z burzą w Warszawie w latach 1966-2000 – maj
 Fig. 36. Probability of numbers of the days with storm in Warsaw in years 1966-2000 – May



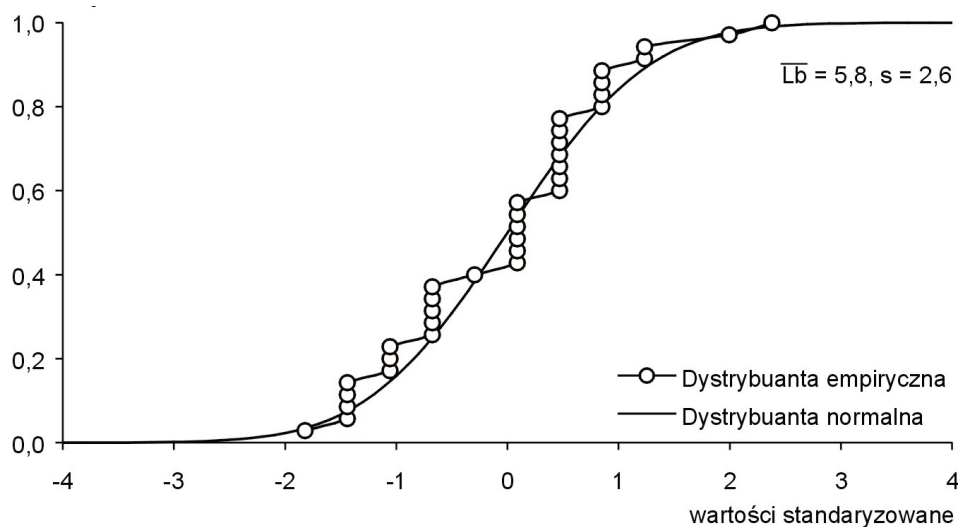
Rys. 37. Prawdopodobieństwo liczby dni z burzą w Krakowie w latach 1966-2000 – maj
 Fig. 37. Probability of numbers of the days with storm in Cracow in years 1966-2000 – May



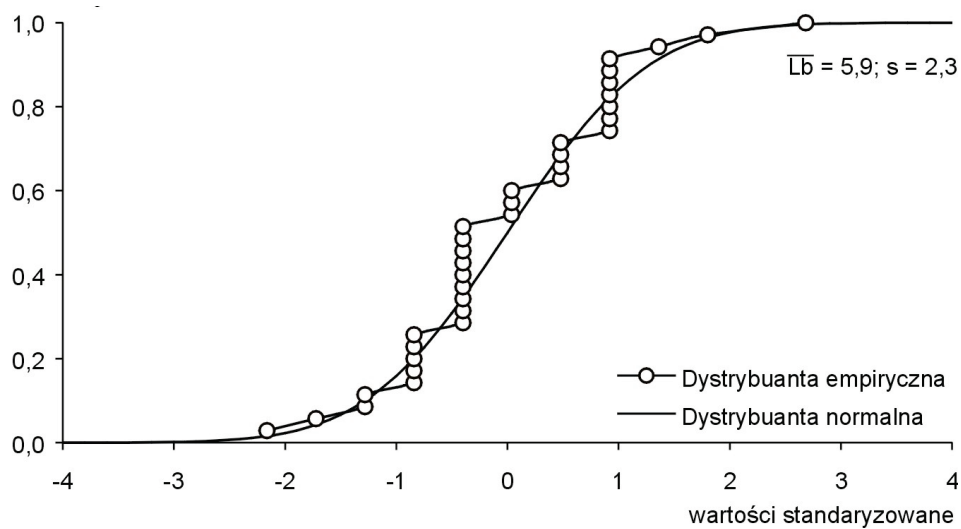
Rys. 38. Prawdopodobieństwo liczby dni z burzą w Warszawie w latach 1966-2000 – czerwiec
 Fig. 38. Probability of numbers of the days with storm in Warsaw in years 1966-2000 – June



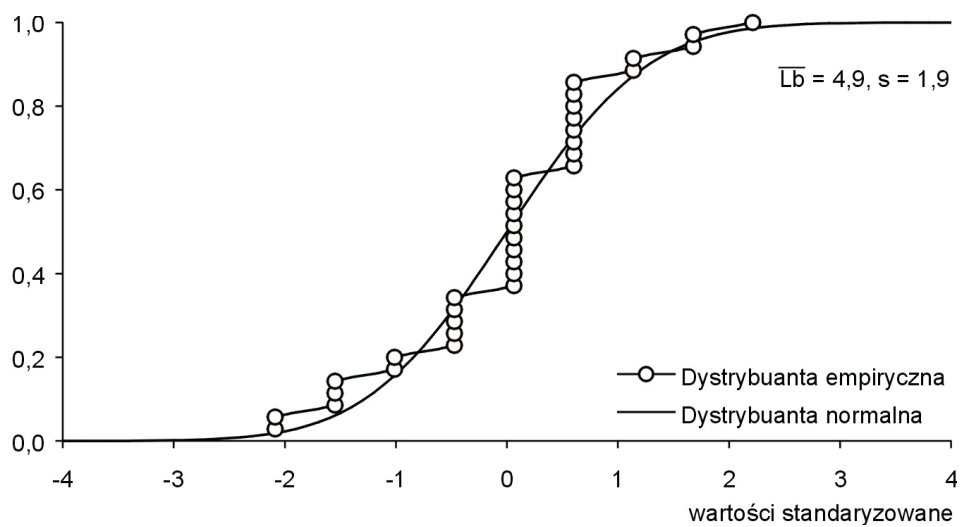
Rys. 39. Prawdopodobieństwo liczby dni z burzą w Krakowie w latach 1966-2000 – czerwiec
 Fig. 39. Probability of numbers of the days with storm in Cracow in years 1966-2000 – June



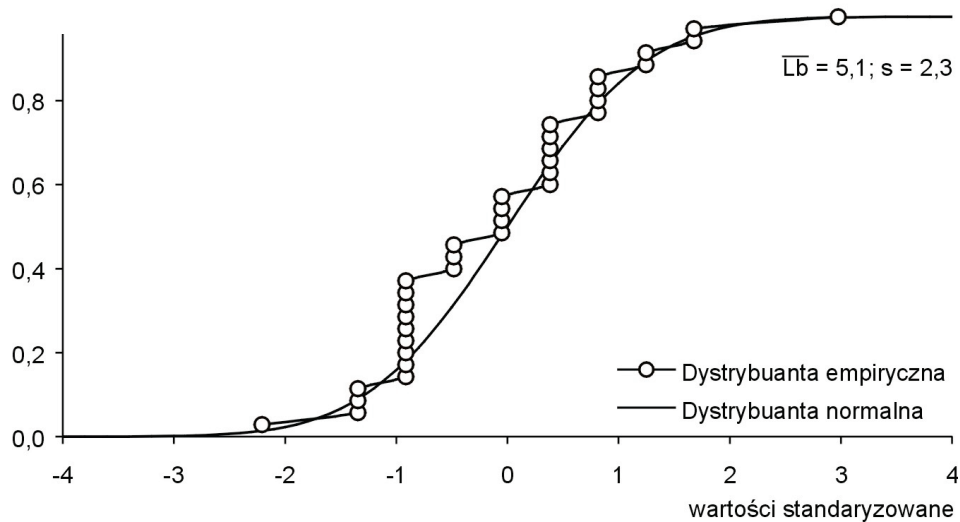
Rys. 40. Prawdopodobieństwo liczby dni z burzą w Warszawie w latach 1966-2000 – lipiec
 Fig. 40. Probability of numbers of the days with storm in Warsaw in years 1966-2000 – July



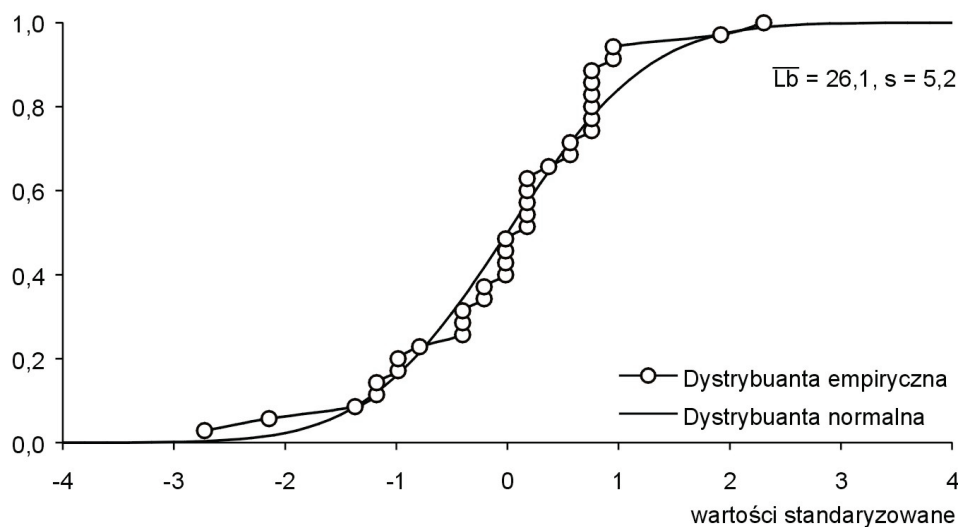
Rys. 41. Prawdopodobieństwo liczby dni z burzą w Krakowie w latach 1966-2000 – lipiec
 Fig. 41. Probability of numbers of the days with storm in Cracow in years 1966-2000 – July



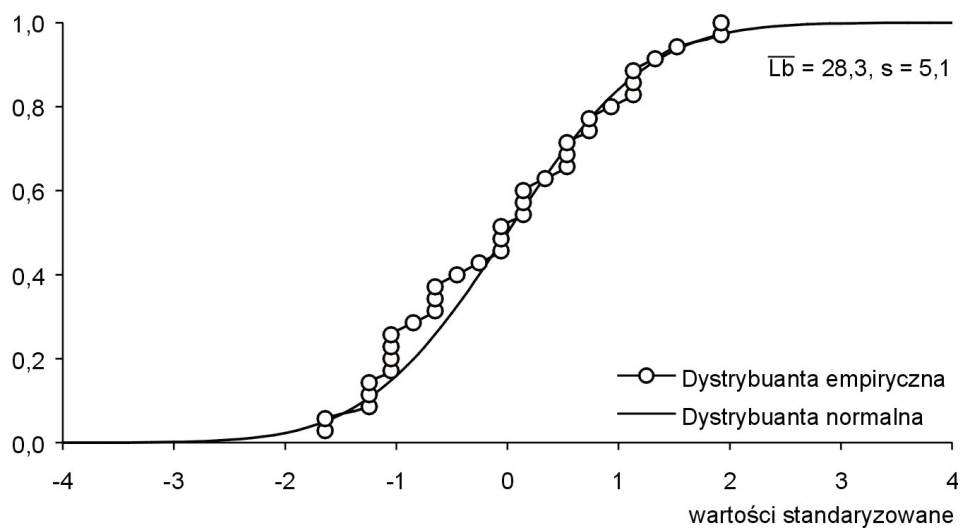
Rys. 42. Prawdopodobieństwo liczby dni z burzą w Warszawie w latach 1966-2000 – sierpień
 Fig. 42. Probability of numbers of the days with storm in Warsaw in years 1966-2000 – August



Rys. 43. Prawdopodobieństwo liczby dni z burzą w Krakowie w latach 1966-2000 – sierpień
 Fig. 43. Probability of numbers of the days with storm in Cracow in years 1966-2000 – August



Rys. 44. Prawdopodobieństwo liczby dni z burzą w Warszawie w latach 1966-2000 – rok
 Fig. 44. Probability of numbers of the days with storm in Warsaw in years 1966-2000 – year



Rys. 45. Prawdopodobieństwo liczby dni z burzą w Krakowie w latach 1966-2000 – rok
 Fig. 45. Probability of numbers of the days with storm in Cracow in years 1966-2000 – year

V. MAKSYMALNE DOBOWE SUMY OPADÓW ATMOSFERYCZNYCH I CZĘSTOŚĆ OPADÓW ≥ 10 mm W WARSZAWIE I KRAKOWIE W LATACH 1966-2000

Opady są zwykle wywołane przez fronty atmosferyczne przemieszczające się z Oceanu atlantyckiego nad Polskę. Duże natężenie deszczów występuje przeważnie podczas burz frontalnych i przy silnej konwekcji wilgotnego powietrza. Opady atmosferyczne w Polsce w latach 1951-1980 scharakteryzowano podając przebiegi roczne miesięcznych sum i liczby dni z opadem. Sumy miesięczne opadów wahają się od 32 do 104 mm, a suma roczna wynosi 634 mm. Liczba dni z opadem w ciągu roku zmienia się od 11 do 16, a suma roczna wynosi 160.

Opady pochodzenia konwekcyjnego (burzowego) powodują, iż miesięczne sumy są większe w porze letniej niż zimowej. Zimowe minimum opadu występuje przy największym zachmurzeniu nieba i wilgotności względnej powietrza oraz nieco większej liczbie dni z opadem. W chłodnej porze roku natężenie opadów jest małe wskutek małej zawartości pary wodnej w atmosferze. Przewaga sum opadów letnich nad zimowymi świadczy o przewadze cech kontynentalnych klimatu Polski.

Najistotniejszą cechą przestrzennego rozkładu rocznych sum opadów atmosferycznych na terenie Polski w latach 1951-1980 jest jego strefowość. Pas nizin Polski – cała Kraina Wielkich Dolin – otrzymuje rocznie poniżej 600 mm opadów, a więc mniej od normy przeciętnej sumy rocznej opadów w Polsce. Szczególnie małe sumy opadów występują w centralnej Polsce (około 500 mm). Na północy kraju opady są większe i w części północnej Pojezierza Pomorskiego przekraczają 650 mm. Najwyższe sumy opadów w tym rejonie nie osiągają jednak 700 mm. Również na obszarze Wzniesień Elbląskich roczna suma opadów przekracza 650 mm.

Na południe od pasa nizin śródkowopolskich opady wzrastają wraz ze wzrostem wysokości nad poziomem morza. Wyżyna Małopolska i Lubelska otrzymują średnio ponad 550 mm wody opadowej, a bardziej wyniesione pasmo Gór Świętokrzyskich powyżej 650 mm.

Dalej na południe, w kierunku Karpat, sumy opadów szybko rosną i w partiach szczytowych Tatr dochodzą do 1600-1700 mm. W Sudetach sumy opadów są nawet wyższe niż na tych samych wysokościach w Karpatach, dochodząc do 1200-1300 mm. Pogórze Sudeckie otrzymuje natomiast mniej opadów, gdyż stosunkowo łagodnie przechodzi w Nizinę Śląską, w przeciwieństwie do Pogórza Karpackiego o ostro zarysowanym progu.

Miesiącem o najwyższych sumach opadów jest przeważnie lipiec, miejscami sierpień, w górach czasem czerwiec. Średnie sumy opadów w tych miesiącach wahają się

około 70-120 mm na nizinach, a w górach osiągają 150-240 mm. Najuboższy w opady jest przełom zimy i wiosny, kiedy to nawet w wysokich partiach gór miesięczne sumy opadów nieznacznie tylko przekraczają 100 mm, natomiast na nizinach są najczęściej rzędu 20-30 mm.

W ostatnim 30-leciu 1971-2000 suma roczna opadów atmosferycznych w pasie nizin Polski zmniejszyła się poniżej 550 mm .

Zmalała też liczba dni z opadem atmosferycznym – zwłaszcza w pasie nizin do poniżej 100.

Maksymalne sumy dobowe przekraczają często średnie sumy miesięczne. W Warszawie zanotowane dotychczas maksimum dobowe wynosi 87 mm. Największe sumy dobowe opadów występują na stokach gór przy adwekcji wilgotnego powietrza z północy – od strony dowietrznej. W takim przypadku zmierzono 30 czerwca 1973 r. na Hali Gąsienicowej największy opad 300 mm. Sumy dobowe jakie zanotowano podczas katastrofalnych deszczów w lipcu 1934 roku, stały się maksimumami bezwzględnymi, osiągając w Zakopanem 174 mm, na Hali Gąsienicowej 253 mm i w Witowie 285 mm.

Maksymalne dobowe sumy opadów atmosferycznych (P_{\max} , mm) w Warszawie i Krakowie w latach 1966-2000 przedstawiono na wykresach: przebiegi czasowe wraz z równaniami prostych regresji – rys.46-71, widma – rys. 72-97, histogramy – rys. 98-123 i rozkłady prawdopodobieństwa – rys. 124-149.

Ponadto scharakteryzowano liczbę dni z dobową sumą opadów atmosferycznych ≥ 10 mm w Warszawie i Krakowie w latach 1966-2000: przebiegi czasowe i proste regresji – rys. 150-175, widma – rys.176-201, histogramy – rys. 202-229, rozkłady prawdopodobieństwa – rys. 230-253.

Okresy Θ , amplitudy b , przesunięcia fazowe c , wariancje resztkowe ε^2 i współczynniki korelacji R w przypadku roku zestawiono w tabelach 13-14 i 15-16.

Tab. 13. Cykle maksymalnych dobowych sum opadów atmosferycznych (P_{\max}) w Warszawie w latach 1966-2000 – rok

(Θ – okres, b – amplituda, c – przesunięcie fazowe, ε^2 – wariancja resztkowa, R – współczynnik korelacji)

Tab. 13. The cycles of maximal daily precipitation sums (P_{\max}) in Warsaw in years 1966-2000 – year

(Θ – period, b – amplitude, c – phase delay, ε^2 – rest variance, R – correlation coefficient)

Θ	b	c	ε^2	R
2,4	5,693	3,0410	89,857	0,403
2,8	5,345	-0,9420	93,410	0,359
3,4	6,983	-2,1345	80,608	0,499
4,3	5,517	1,6338	98,573	0,285
5,3	4,243	2,6515	96,604	0,315
6,7	2,810	0,5874	98,975	0,278
8,5	1,806	2,6835	102,522	0,210
11,8	1,001	1,3676	104,692	0,155
19,7	1,673	0,3588	103,366	0,191

Tab. 14. Cykle maksymalnych dobowych sum opadów atmosferycznych (P_{\max}) w Krakowie w latach 1966-2000 – rok

(Θ – okres, b – amplituda, c – przesunięcie fazowe, ε^2 – wariancja resztkowa, R – współczynnik korelacji)

Tab. 14. The cycles of maximal daily precipitation sums (P_{\max}) in Cracow in years 1966-2000 – year

(Θ – period, b – amplitude, c – phase delay, ε^2 – rest variance, R – correlation coefficient)

Θ	b	c	ε^2	R
2,4	9,169	1,9314	250,573	0,366
3,1	5,261	-0,2056	274,691	0,225
3,8	2,020	-0,7507	286,319	0,102
4,1	1,893	-1,2076	286,337	0,101
4,8	5,987	-1,9348	271,709	0,247
5,9	5,686	-0,6364	274,582	0,226
9,8	6,446	2,9609	259,360	0,322
16,5	9,961	-0,2766	226,477	0,466

Tab. 15. Cykle liczby dni z dobową sumą opadów atmosferycznych ≥ 10 mm w Warszawie w latach 1966-2000 – rok

(Θ – okres, b – amplituda, c – przesunięcie fazowe, ε^2 – wariancja resztkowa, R – współczynnik korelacji)

Tab. 15. The cycles of numbers of days with daily precipitation sums ≥ 10 mm in Warsaw in years 1966-2000 – year

(Θ – period, b – amplitude, c – phase delay, ε^2 – rest variance, R – correlation coefficient)

Θ	b	c	ε^2	R
2,2	1,560	-0,9602	20,167	0,282
2,4	1,429	2,1701	20,717	0,233
2,7	1,826	-0,8877	19,270	0,347
3,1	0,863	0,2623	20,328	0,269
3,5	3,012	2,2464	16,003	0,519
4,0	0,567	-1,3632	21,041	0,199
4,7	1,398	0,4928	20,075	0,289
5,7	0,408	2,7659	21,106	0,192
7,6	2,684	-1,8624	17,555	0,446
13,4	0,646	1,6049	21,200	0,180

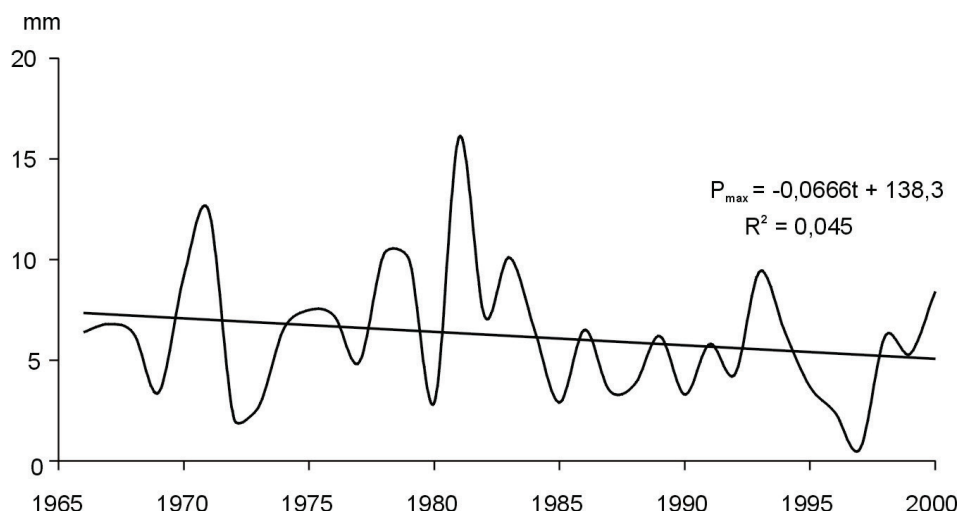
Tab. 16. Cykle liczby dni z dobową sumą opadów atmosferycznych ≥ 10 mm w Krakowie w latach 1966-2000 – rok

(Θ – okres, b – amplituda, c – przesunięcie fazowe, ε^2 – wariancja resztkowa, R – współczynnik korelacji)

Tab. 16. The cycles of numbers of days with daily precipitation sums ≥ 10 mm in Cracow in years 1966-2000 – year

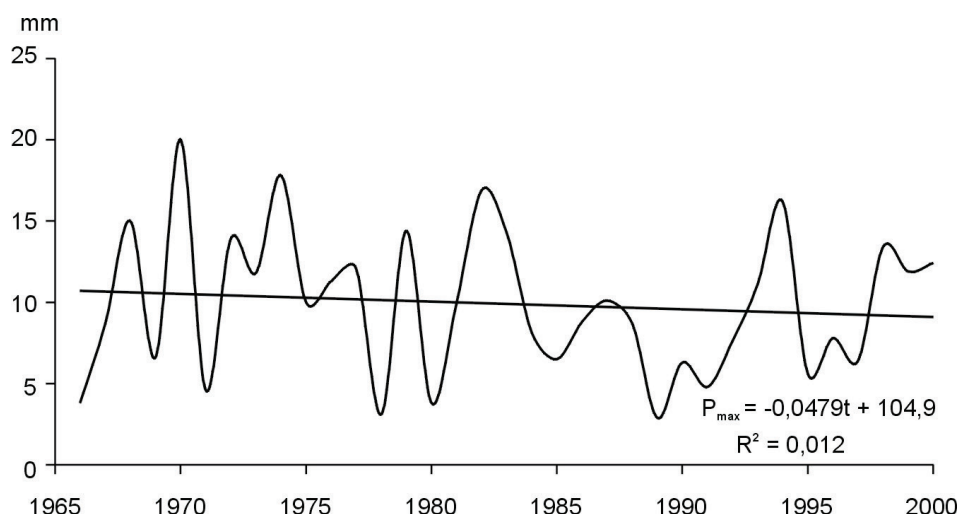
(Θ – period, b – amplitude, c – phase delay, ε^2 – rest variance, R – correlation coefficient)

Θ	b	c	ε^2	R
2,4	2,061	2,6832	19,970	0,275
2,8	1,415	1,0391	20,119	0,262
3,2	1,116	0,7176	20,966	0,171
3,7	1,139	-2,5390	20,793	0,193
4,7	1,492	-2,0756	19,982	0,274
5,9	1,265	-0,9757	19,514	0,311
7,1	1,571	2,6667	20,385	0,237
10,2	3,178	2,5206	16,182	0,501
17,0	1,331	-1,4402	20,376	0,238



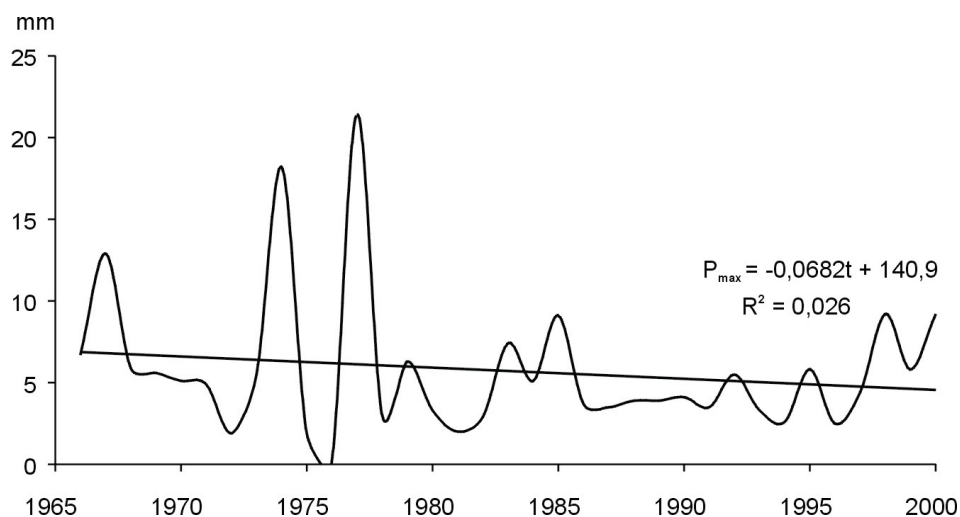
Rys. 46. Tendencje maksymalnych dobowych sum opadów atmosferycznych (P_{\max}) w Warszawie w latach 1966-2000 – styczeń

Fig. 46. The tendency of maximal daily precipitation sums (P_{\max}) in Warsaw in years 1966-2000 – January



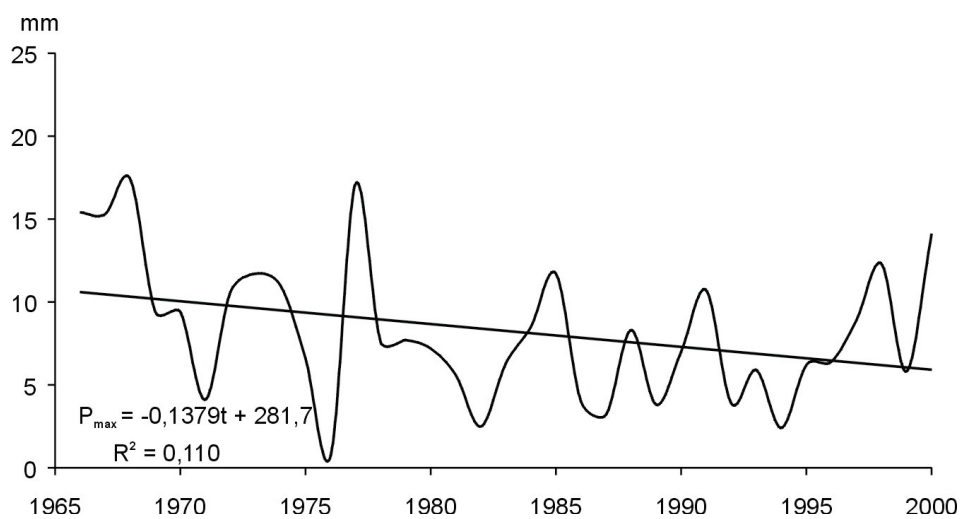
Rys. 47. Tendencje maksymalnych dobowych sum opadów atmosferycznych (P_{\max}) w Krakowie w latach 1966-2000 – styczeń

Fig. 47. The tendency of maximal daily precipitation sums (P_{\max}) in Cracow in years 1966-2000 – January



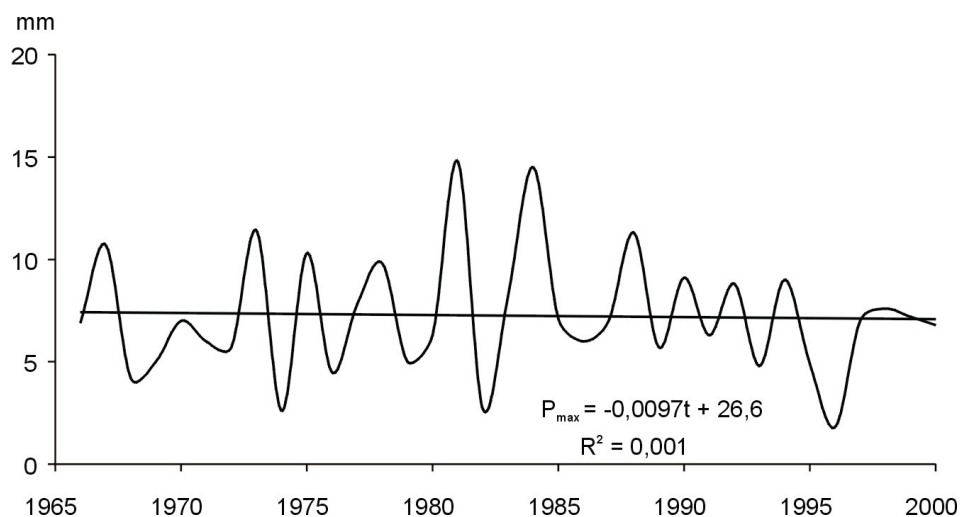
Rys. 48. Tendencje maksymalnych dobowych sum opadów atmosferycznych (P_{\max}) w Warszawie w latach 1966-2000 – luty

Fig. 48. The tendency of maximal daily precipitation sums (P_{\max}) in Warsaw in years 1966-2000 – February



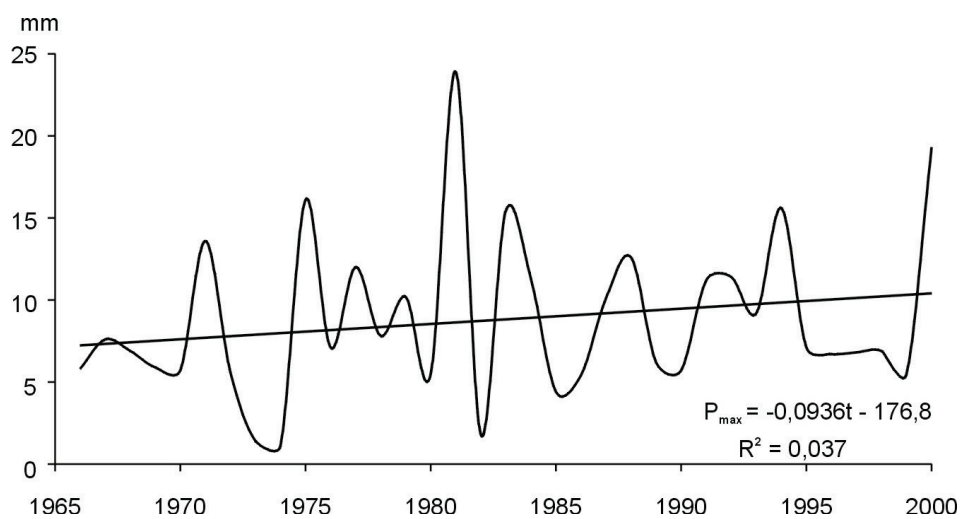
Rys. 49. Tendencje maksymalnych dobowych sum opadów atmosferycznych (P_{\max}) w Krakowie w latach 1966-2000 – luty

Fig. 49. The tendency of maximal daily precipitation sums (P_{\max}) in Cracow in years 1966-2000 – February



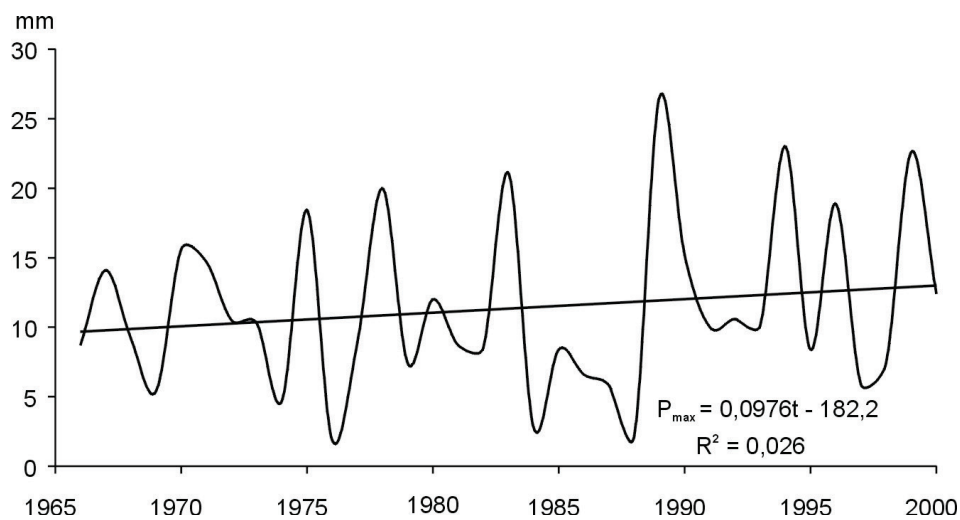
Rys. 50. Tendencje maksymalnych dobowych sum opadów atmosferycznych (P_{\max}) w Warszawie w latach 1966-2000 – marzec

Fig. 50. The tendency of maximal daily precipitation sums (P_{\max}) in Warsaw in years 1966-2000 – March



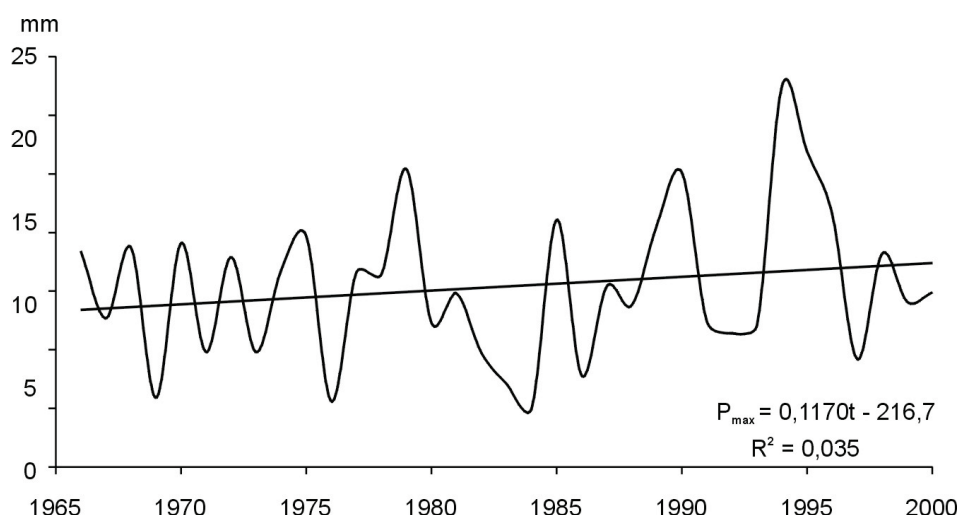
Rys. 51. Tendencje maksymalnych dobowych sum opadów atmosferycznych (P_{\max}) w Krakowie w latach 1966-2000 – marzec

Fig. 51. The tendency of maximal daily precipitation sums (P_{\max}) in Cracow in years 1966-2000 – March



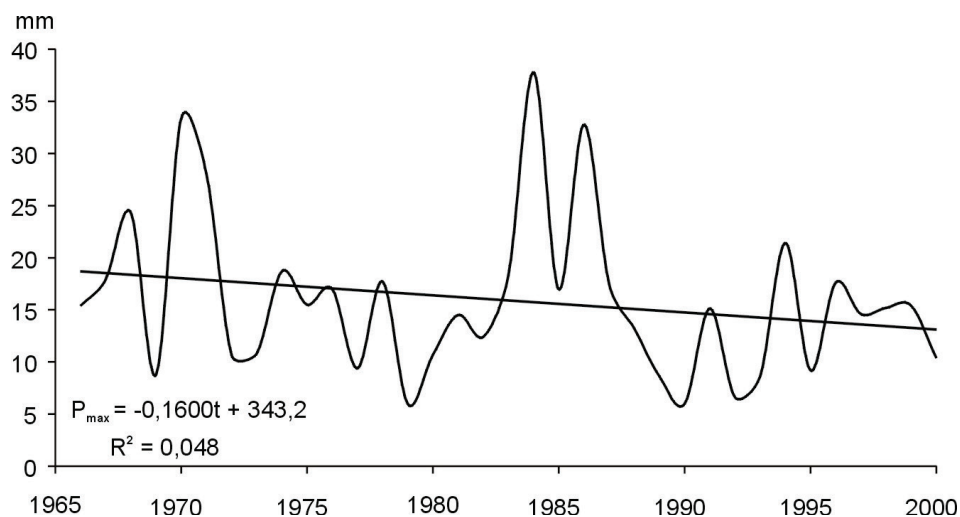
Rys. 52. Tendencje maksymalnych dobowych sum opadów atmosferycznych (P_{\max}) w Warszawie w latach 1966-2000 – kwiecień

Fig. 52. The tendency of maximal daily precipitation sums (P_{\max}) in Warsaw in years 1966-2000 – April



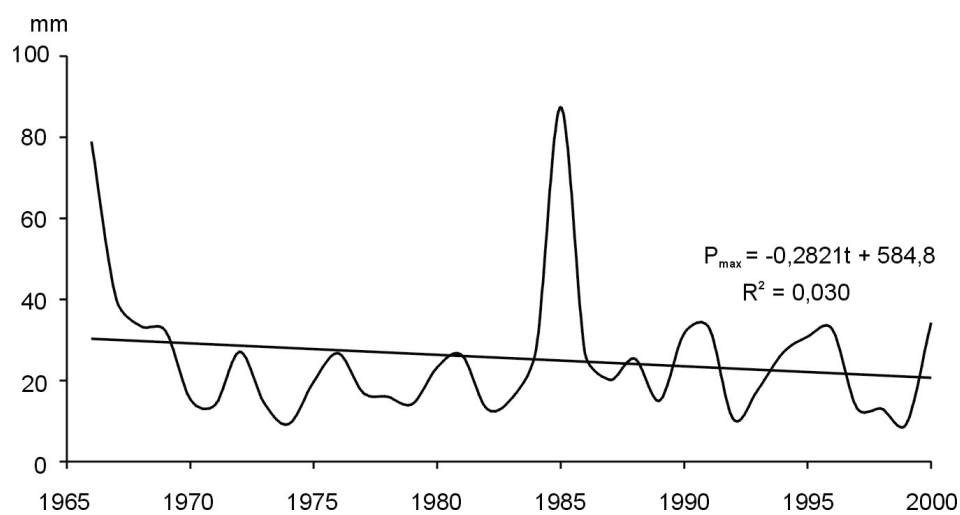
Rys. 53. Tendencje maksymalnych dobowych sum opadów atmosferycznych (P_{\max}) w Krakowie w latach 1966-2000 – kwiecień

Fig. 53. The tendency of maximal daily precipitation sums (P_{\max}) in Cracow in years 1966-2000 – April



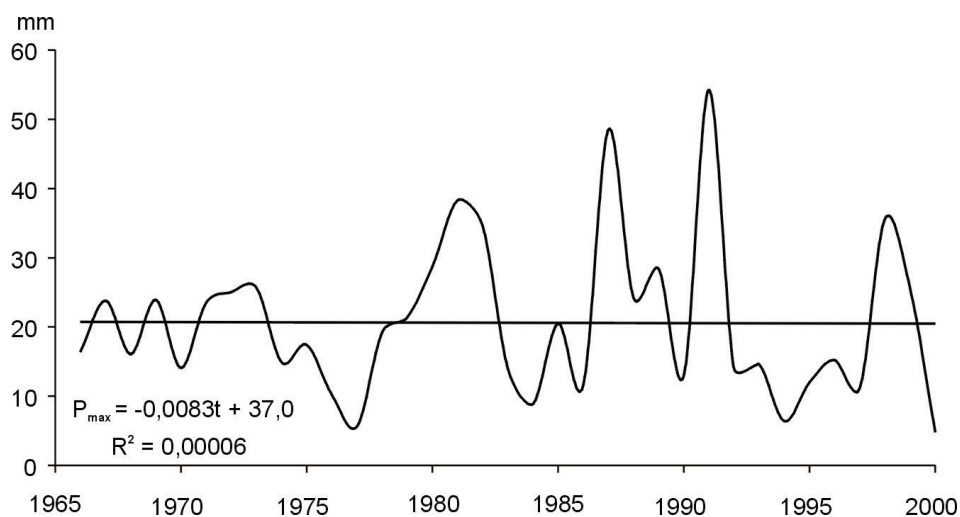
Rys. 54. Tendencje maksymalnych dobowych sum opadów atmosferycznych (P_{\max}) w Warszawie w latach 1966-2000 – maj

Fig. 54. The tendency of maximal daily precipitation sums (P_{\max}) in Warsaw in years 1966-2000 – May



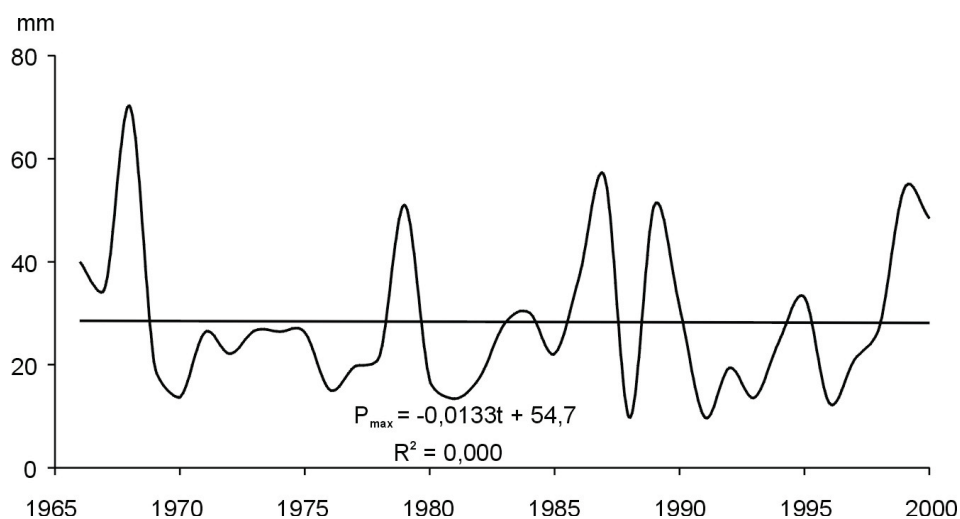
Rys. 55. Tendencje maksymalnych dobowych sum opadów atmosferycznych (P_{\max}) w Krakowie w latach 1966-2000 – maj

Fig. 55. The tendency of maximal daily precipitation sums (P_{\max}) in Cracow in years 1966-2000 – May



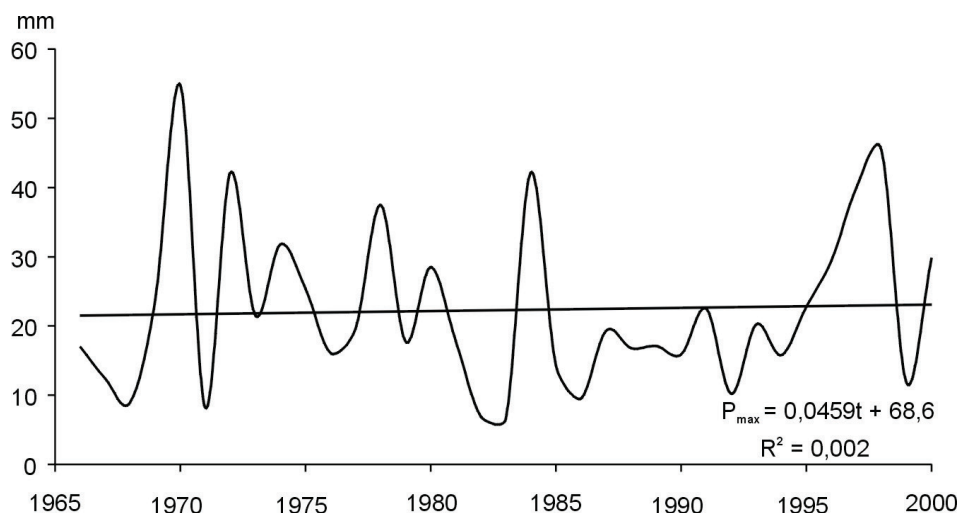
Rys. 56. Tendencje maksymalnych dobowych sum opadów atmosferycznych (P_{\max}) w Warszawie w latach 1966-2000 – czerwiec

Fig. 56. The tendency of maximal daily precipitation sums (P_{\max}) in Warsaw in years 1966-2000 – June



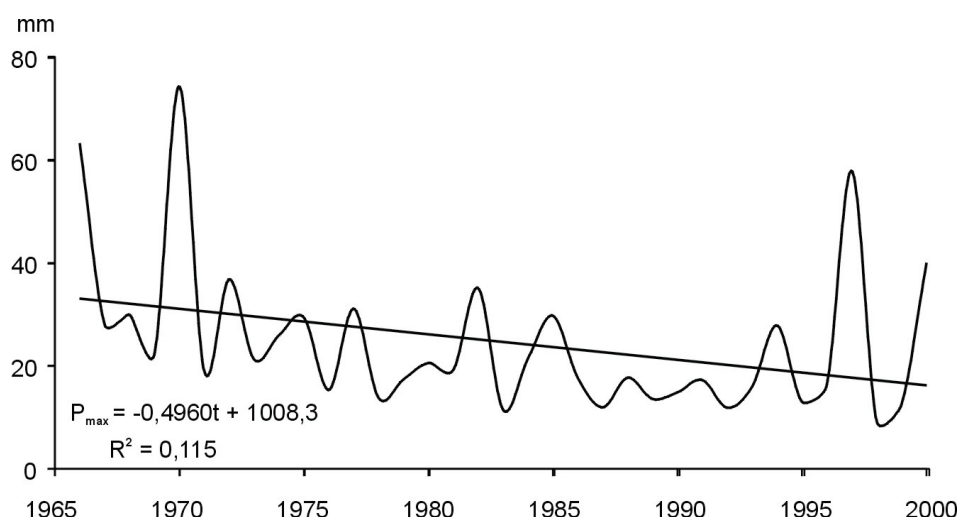
Rys. 57. Tendencje maksymalnych dobowych sum opadów atmosferycznych (P_{\max}) w Krakowie w latach 1966-2000 – czerwiec

Fig. 57. The tendency of maximal daily precipitation sums (P_{\max}) in Cracow in years 1966-2000 – June



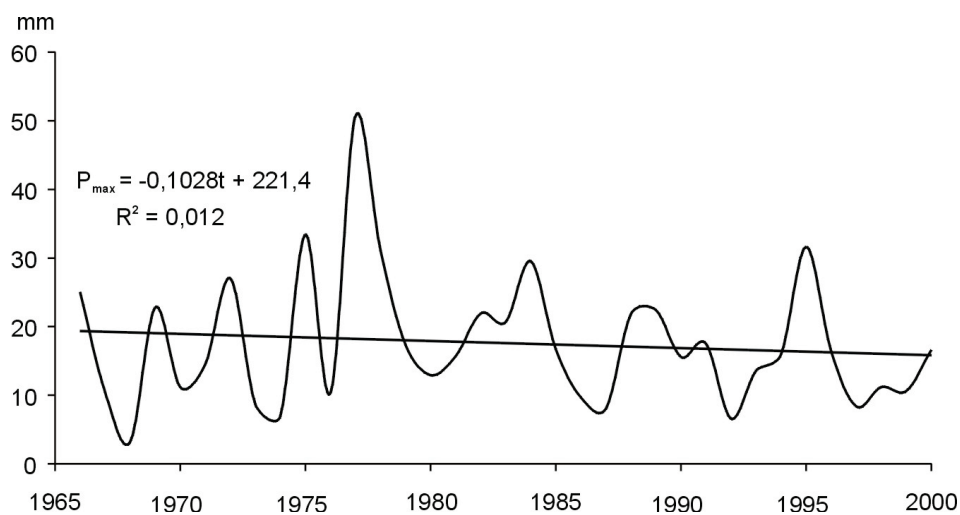
Rys. 58. Tendencje maksymalnych dobowych sum opadów atmosferycznych (P_{\max}) w Warszawie w latach 1966-2000 – lipiec

Fig. 58. The tendency of maximal daily precipitation sums (P_{\max}) in Warsaw in years 1966-2000 – July



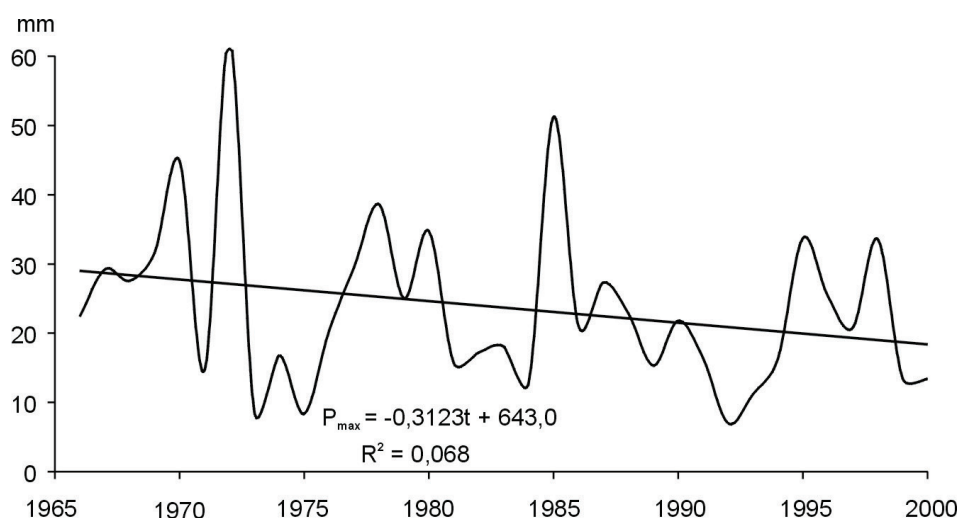
Rys. 59. Tendencje maksymalnych dobowych sum opadów atmosferycznych (P_{\max}) w Krakowie w latach 1966-2000 – lipiec

Fig. 59. The tendency of maximal daily precipitation sums (P_{\max}) in Cracow in years 1966-2000 – July



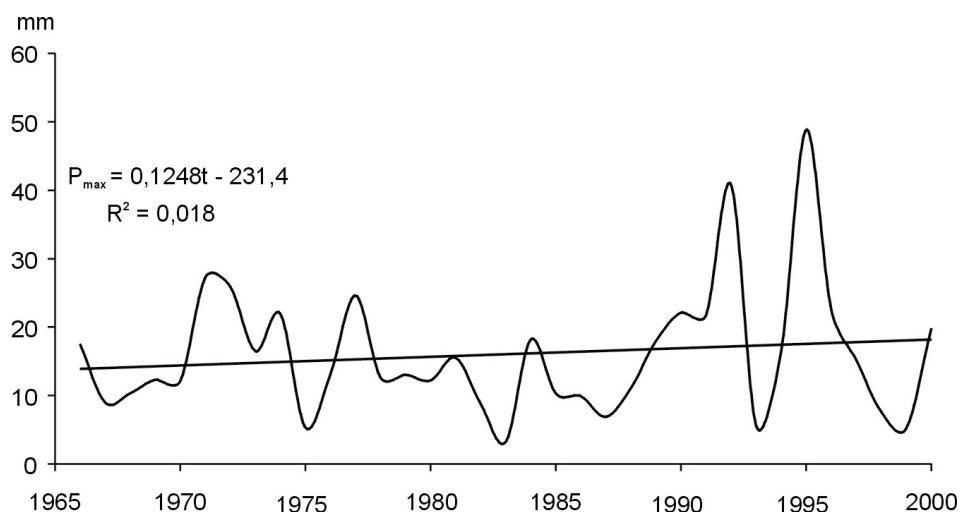
Rys. 60. Tendencje maksymalnych dobowych sum opadów atmosferycznych (P_{\max}) w Warszawie w latach 1966-2000 – sierpień

Fig. 60. The tendency of maximal daily precipitation sums (P_{\max}) in Warsaw in years 1966-2000 – August



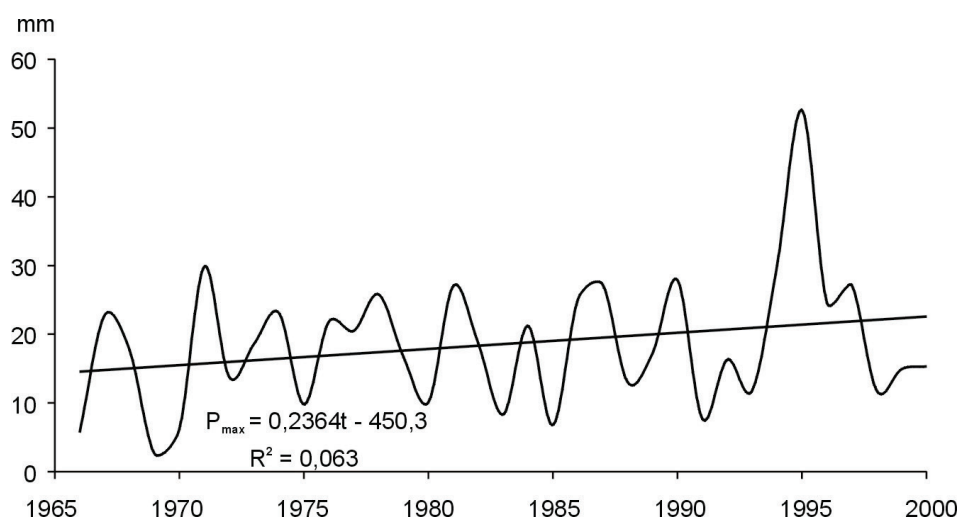
Rys. 61. Tendencje maksymalnych dobowych sum opadów atmosferycznych (P_{\max}) w Krakowie w latach 1966-2000 – sierpień

Fig. 61. The tendency of maximal daily precipitation sums (P_{\max}) in Cracow in years 1966-2000 – August



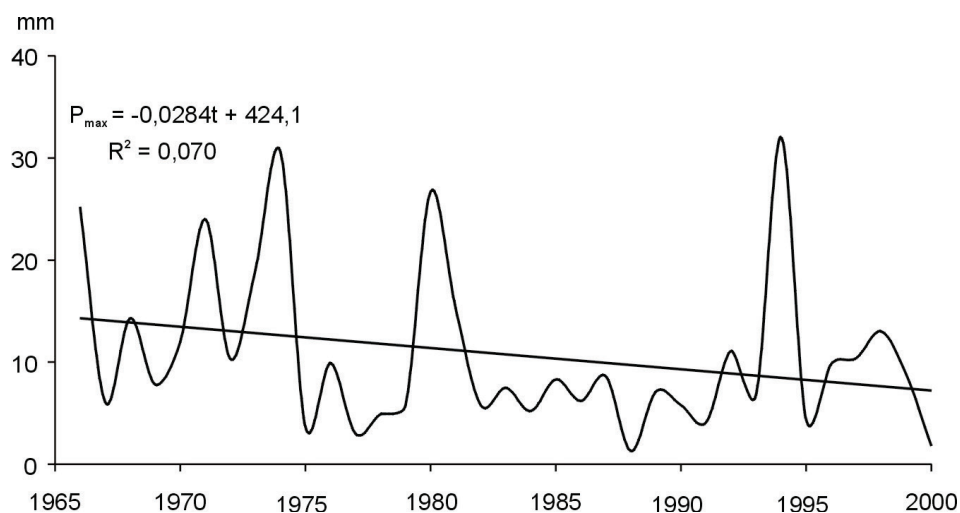
Rys. 62. Tendencje maksymalnych dobowych sum opadów atmosferycznych (P_{\max}) w Warszawie w latach 1966-2000 – wrzesień

Fig. 62. The tendency of maximal daily precipitation sums (P_{\max}) in Warsaw in years 1966-2000 – September



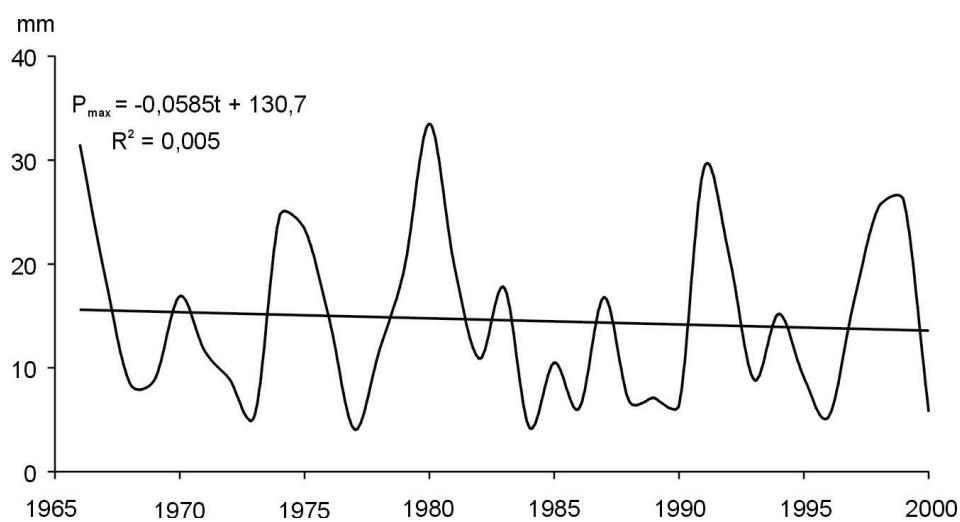
Rys. 63. Tendencje maksymalnych dobowych sum opadów atmosferycznych (P_{\max}) w Krakowie w latach 1966-2000 – wrzesień

Fig. 63. The tendency of maximal daily precipitation sums (P_{\max}) in Cracow in years 1966-2000 – September



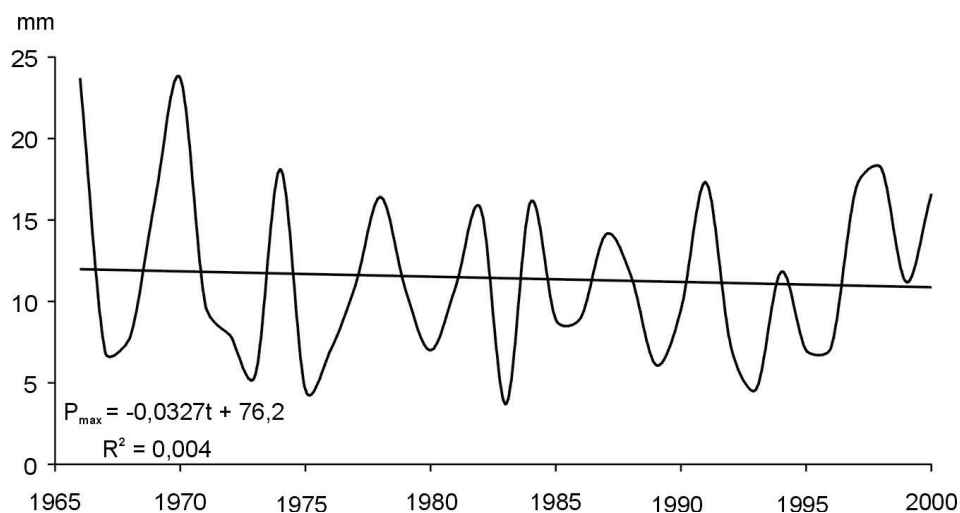
Rys. 64. Tendencje maksymalnych dobowych sum opadów atmosferycznych (P_{\max}) w Warszawie w latach 1966-2000 – październik

Fig. 64. The tendency of maximal daily precipitation sums (P_{\max}) in Warsaw in years 1966-2000 – October



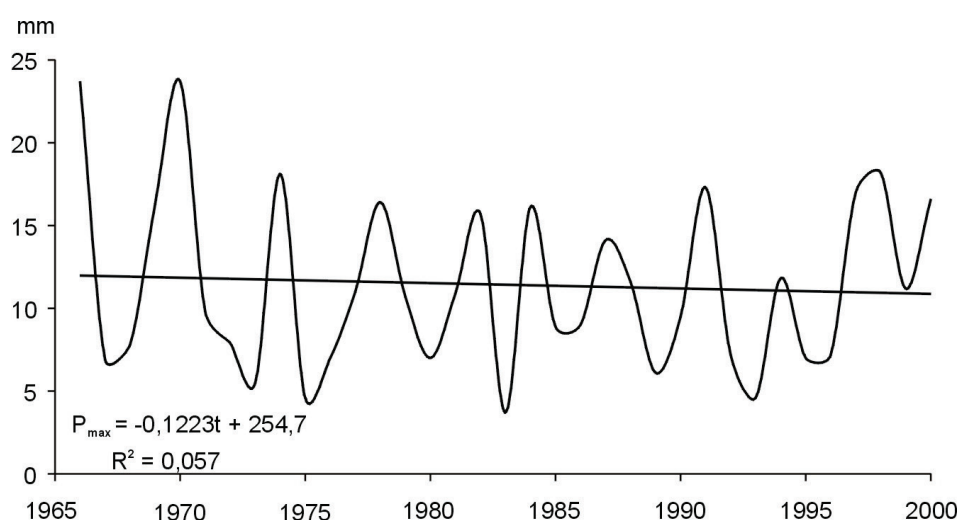
Rys. 65. Tendencje maksymalnych dobowych sum opadów atmosferycznych (P_{\max}) w Krakowie w latach 1966-2000 – październik

Fig. 65. The tendency of maximal daily precipitation sums (P_{\max}) in Cracow in years 1966-2000 – October



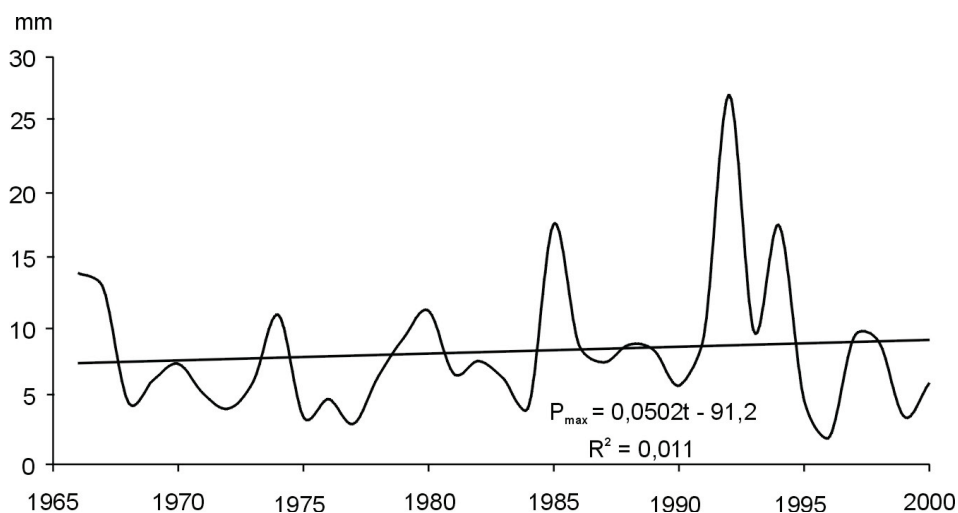
Rys. 66. Tendencje maksymalnych dobowych sum opadów atmosferycznych (P_{\max}) w Warszawie w latach 1966-2000 – listopad

Fig. 66. The tendency of maximal daily precipitation sums (P_{\max}) in Warsaw in years 1966-2000 – November



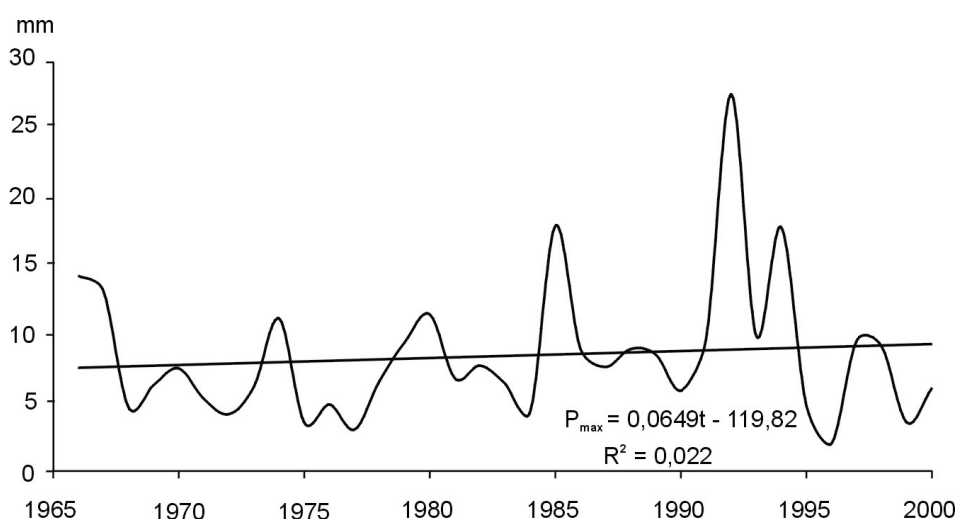
Rys. 67. Tendencje maksymalnych dobowych sum opadów atmosferycznych (P_{\max}) w Krakowie w latach 1966-2000 – listopad

Fig. 67. The tendency of maximal daily precipitation sums (P_{\max}) in Cracow in years 1966-2000 – November



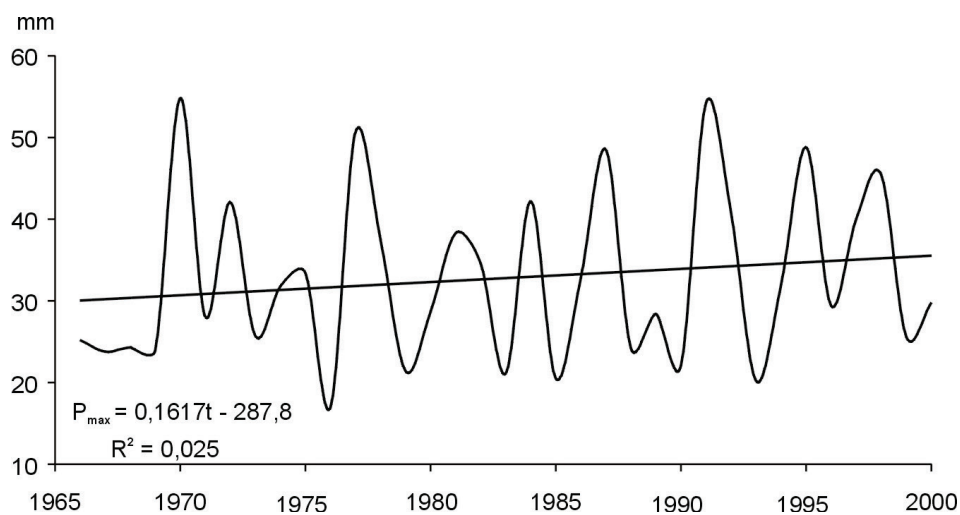
Rys. 68. Tendencje maksymalnych dobowych sum opadów atmosferycznych (P_{\max}) w Warszawie w latach 1966-2000 – grudzień

Fig. 68. The tendency of maximal daily precipitation sums (P_{\max}) in Warsaw in years 1966-2000 – December



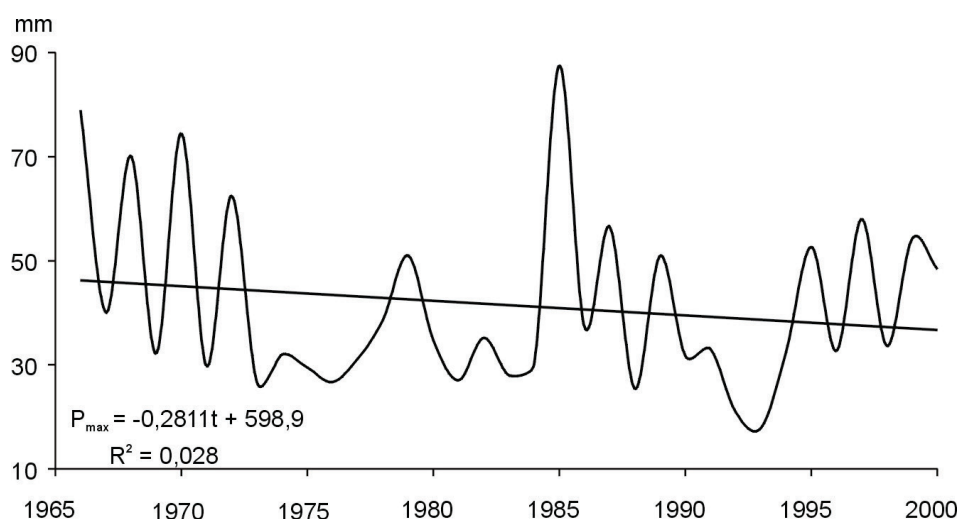
Rys. 69. Tendencje maksymalnych dobowych sum opadów atmosferycznych (P_{\max}) w Krakowie w latach 1966-2000 – grudzień

Fig. 69. The tendency of maximal daily precipitation sums (P_{\max}) in Cracow in years 1966-2000 – December



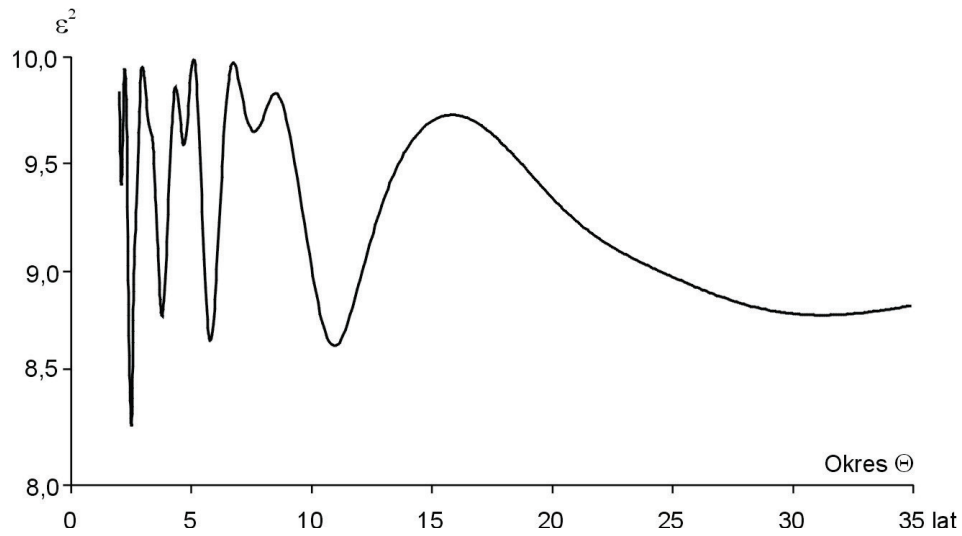
Rys. 70. Tendencje maksymalnych dobowych sum opadów atmosferycznych (P_{\max}) w Warszawie w latach 1966-2000 – rok

Fig. 70. The tendency of maximal daily precipitation sums (P_{\max}) in Warsaw in years 1966-2000 – year



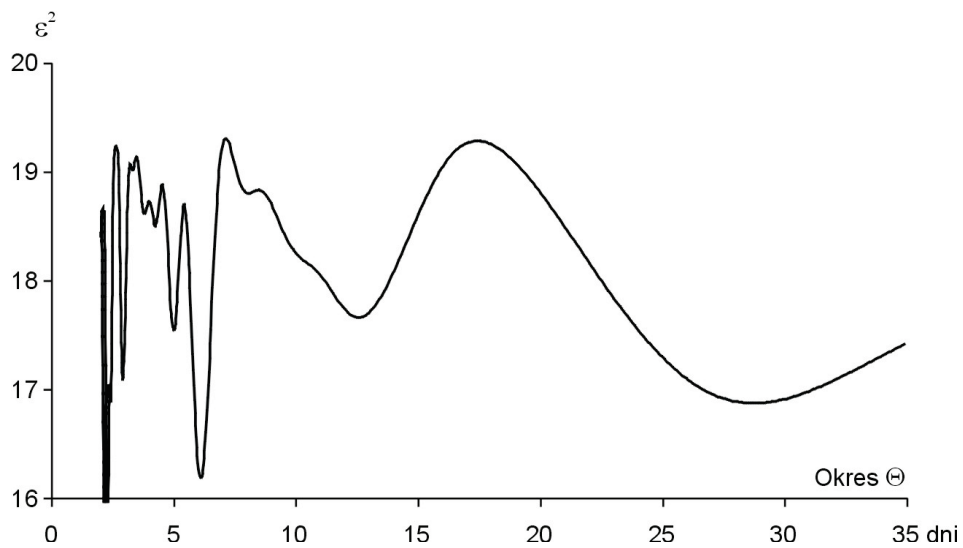
Rys. 71. Tendencje maksymalnych dobowych sum opadów atmosferycznych (P_{\max}) w Krakowie w latach 1966-2000 – rok

Fig. 71. The tendency of maximal daily precipitation sums (P_{\max}) in Cracow in years 1966-2000 – year



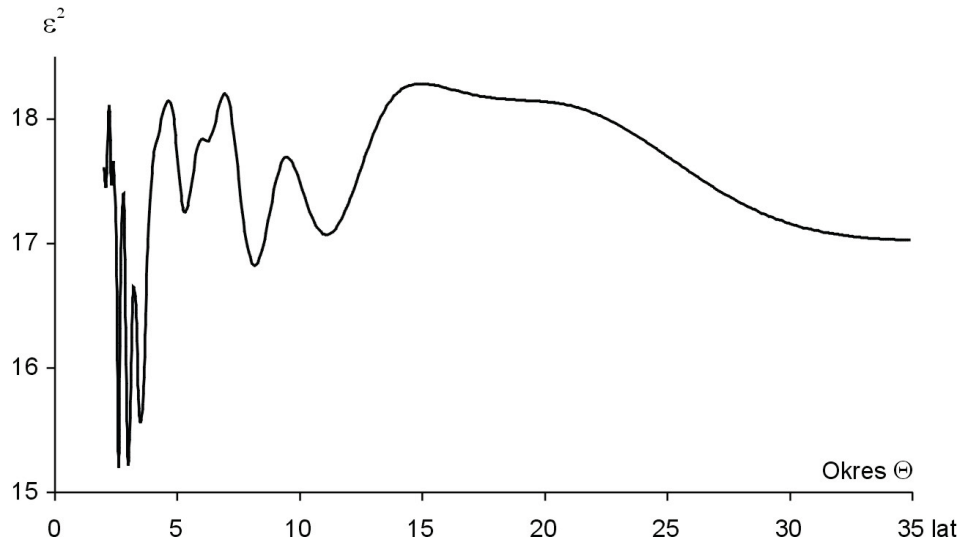
Rys. 72. Widmo maksymalnych dobowych sum opadów atmosferycznych (P_{\max}) w Warszawie w latach 1966-2000 – styczeń

Fig. 72. Spectrum of maximal daily precipitation sums (P_{\max}) in Warsaw in years 1966-2000 – January



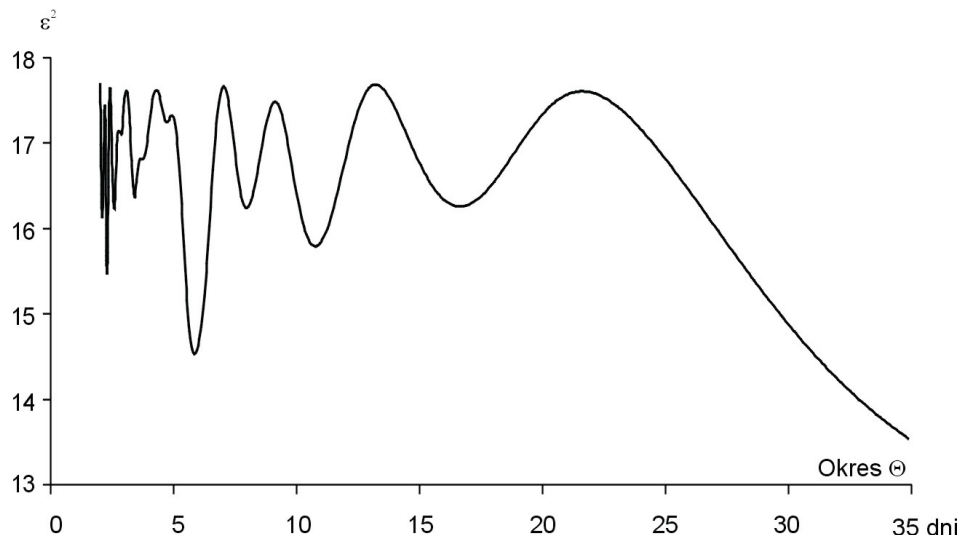
Rys. 73. Widmo maksymalnych dobowych sum opadów atmosferycznych (P_{\max}) w Krakowie w latach 1966-2000 – styczeń

Fig. 73. Spectrum of maximal daily precipitation sums (P_{\max}) in Cracow in years 1966-2000 – January



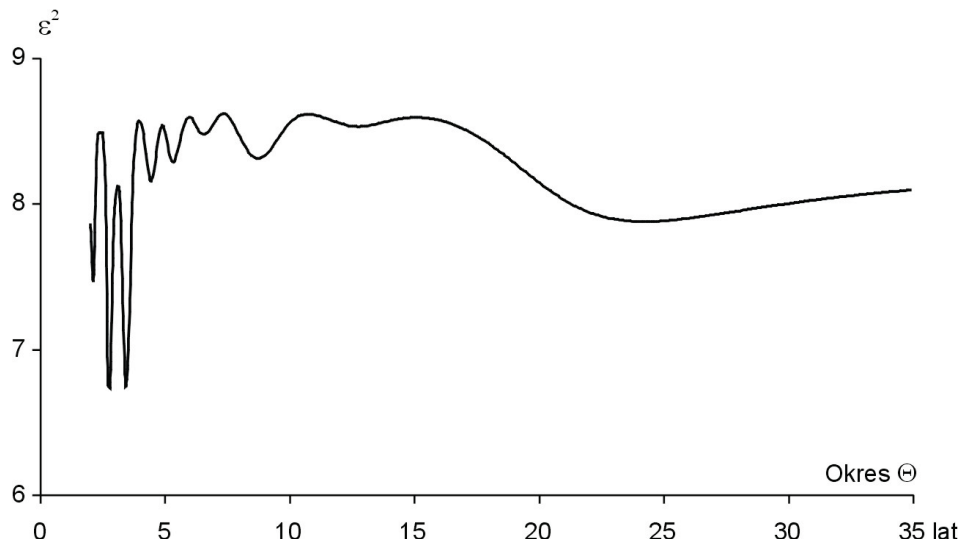
Rys. 74. Widmo maksymalnych dobowych sum opadów atmosferycznych (P_{\max}) w Warszawie w latach 1966-2000 – luty

Fig. 74. Spectrum of maximal daily precipitation sums (P_{\max}) in Warsaw in years 1966-2000 – February



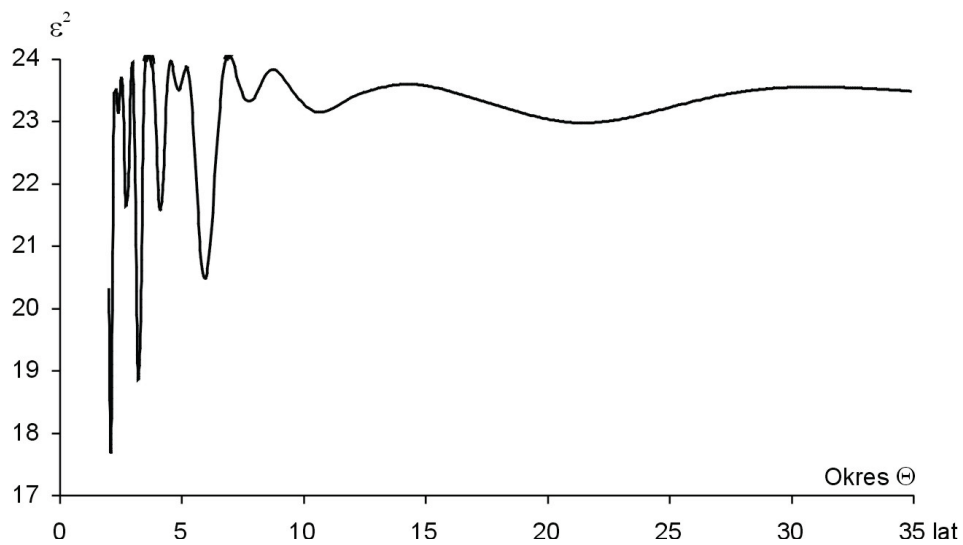
Rys. 75. Widmo maksymalnych dobowych sum opadów atmosferycznych (P_{\max}) w Krakowie w latach 1966-2000 – luty

Fig. 75. Spectrum of maximal daily precipitation sums (P_{\max}) in Cracow in years 1966-2000 – February



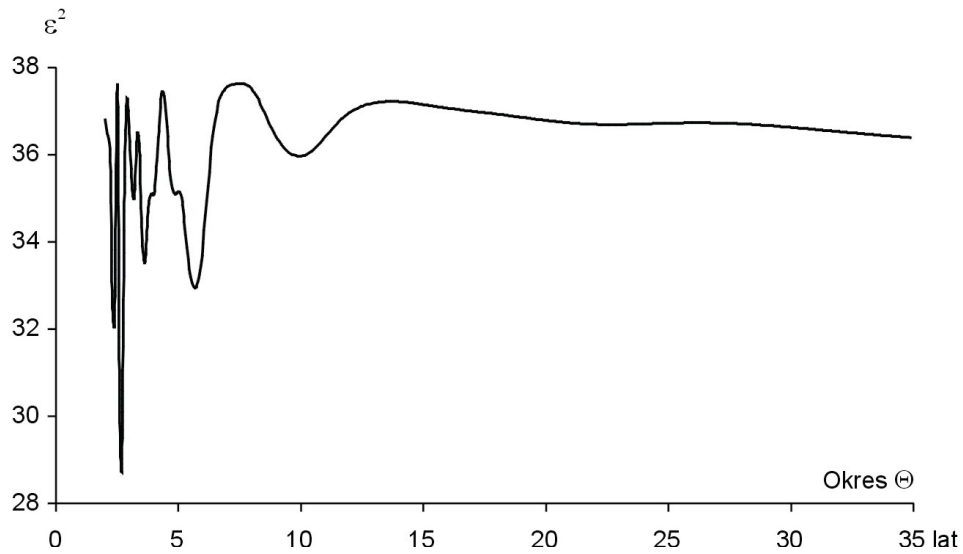
Rys. 76. Widmo maksymalnych dobowych sum opadów atmosferycznych (P_{\max}) w Warszawie w latach 1966-2000 – marzec

Fig. 76. Spectrum of maximal daily precipitation sums (P_{\max}) in Warsaw in years 1966-2000 – March



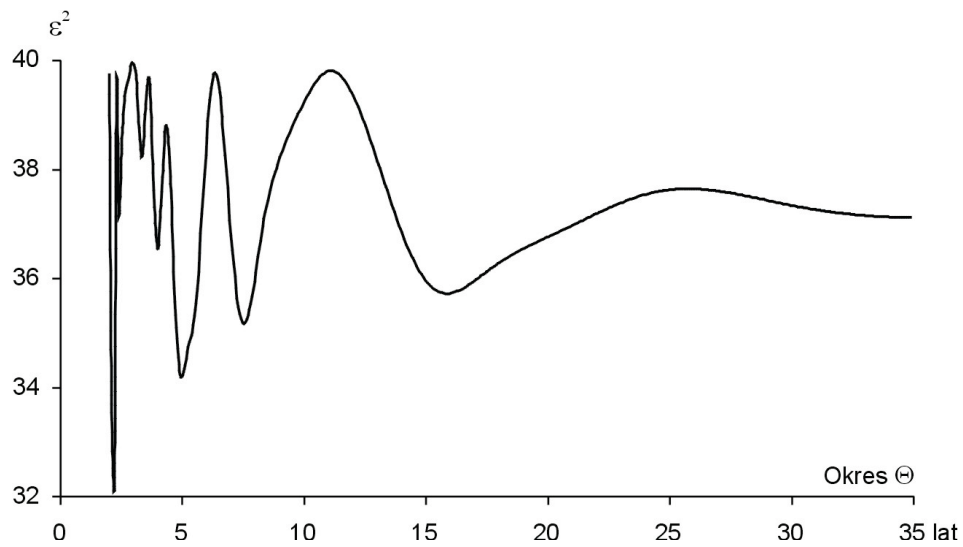
Rys. 77. Widmo maksymalnych dobowych sum opadów atmosferycznych (P_{\max}) w Krakowie w latach 1966-2000 – marzec

Fig. 77. Spectrum of maximal daily precipitation sums (P_{\max}) in Cracow in years 1966-2000 – March



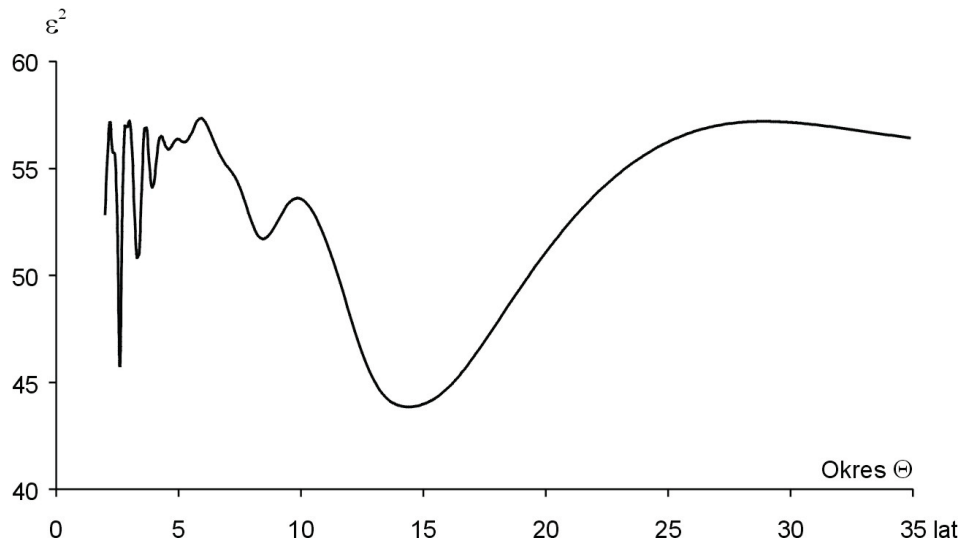
Rys. 78. Widmo maksymalnych dobowych sum opadów atmosferycznych (P_{\max}) w Warszawie w latach 1966-2000 – kwiecień

Fig. 78. Spectrum of maximal daily precipitation sums (P_{\max}) in Warsaw in years 1966-2000 – April



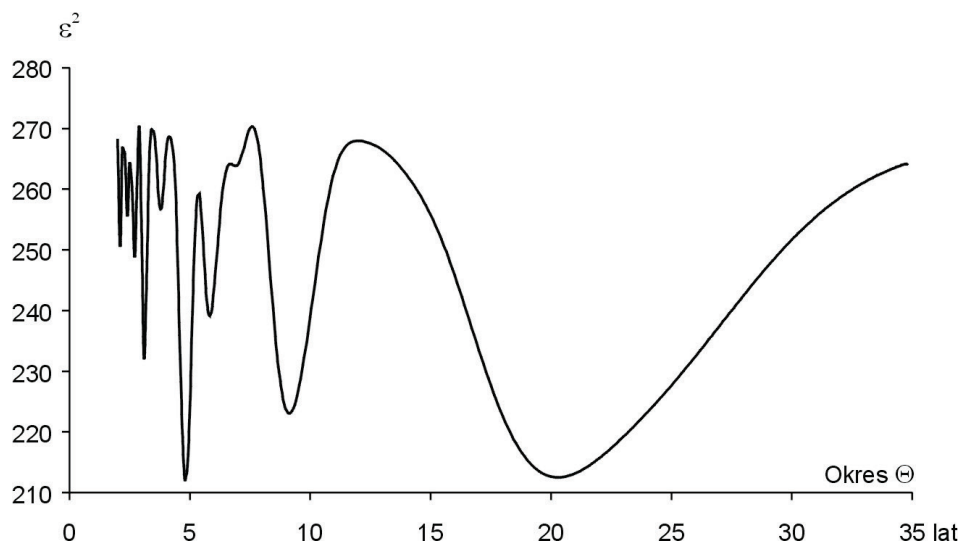
Rys. 79. Widmo maksymalnych dobowych sum opadów atmosferycznych (P_{\max}) w Krakowie w latach 1966-2000 – kwiecień

Fig. 79. Spectrum of maximal daily precipitation sums (P_{\max}) in Cracow in years 1966-2000 – April



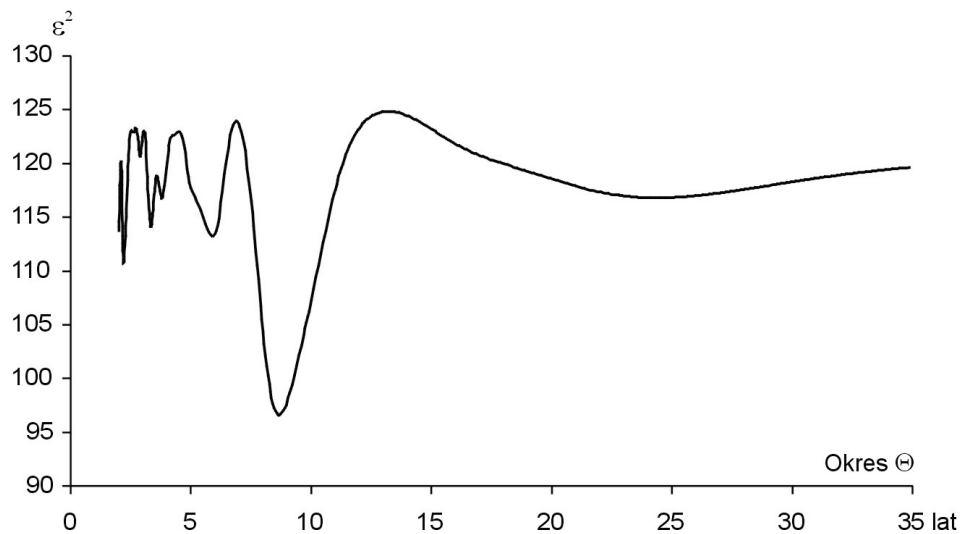
Rys. 80. Widmo maksymalnych dobowych sum opadów atmosferycznych (P_{\max}) w Warszawie w latach 1966-2000 – maj

Fig. 80. Spectrum of maximal daily precipitation sums (P_{\max}) in Warsaw in years 1966-2000 – May



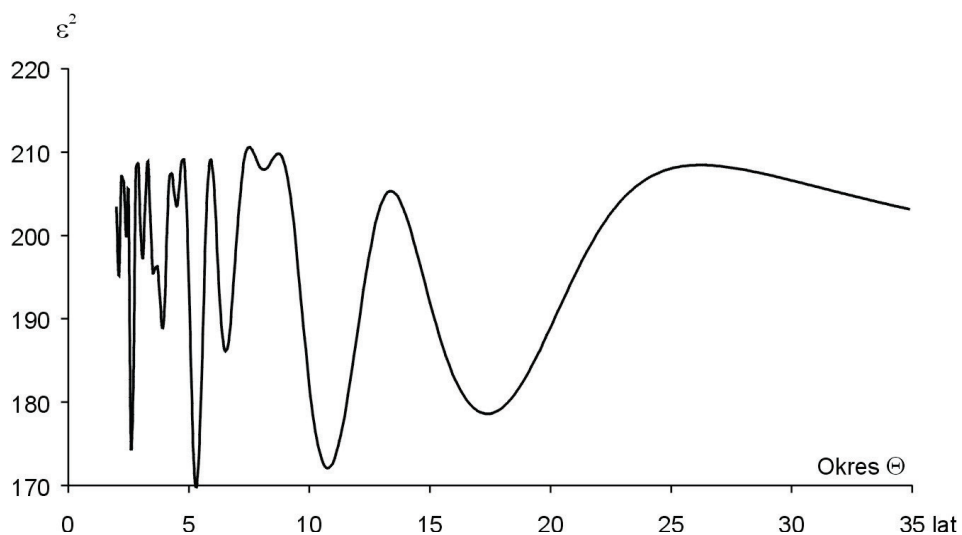
Rys. 81. Widmo maksymalnych dobowych sum opadów atmosferycznych (P_{\max}) w Krakowie w latach 1966-2000 – maj

Fig. 81. Spectrum of maximal daily precipitation sums (P_{\max}) in Cracow in years 1966-2000 – May



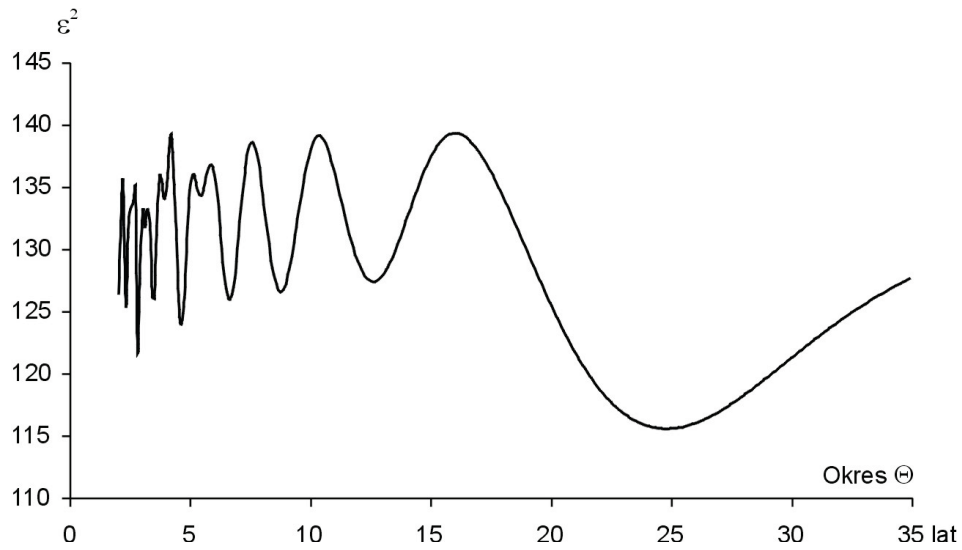
Rys. 82. Widmo maksymalnych dobowych sum opadów atmosferycznych (P_{\max}) w Warszawie w latach 1966-2000 – czerwiec

Fig. 82. Spectrum of maximal daily precipitation sums (P_{\max}) in Warsaw in years 1966-2000 – June



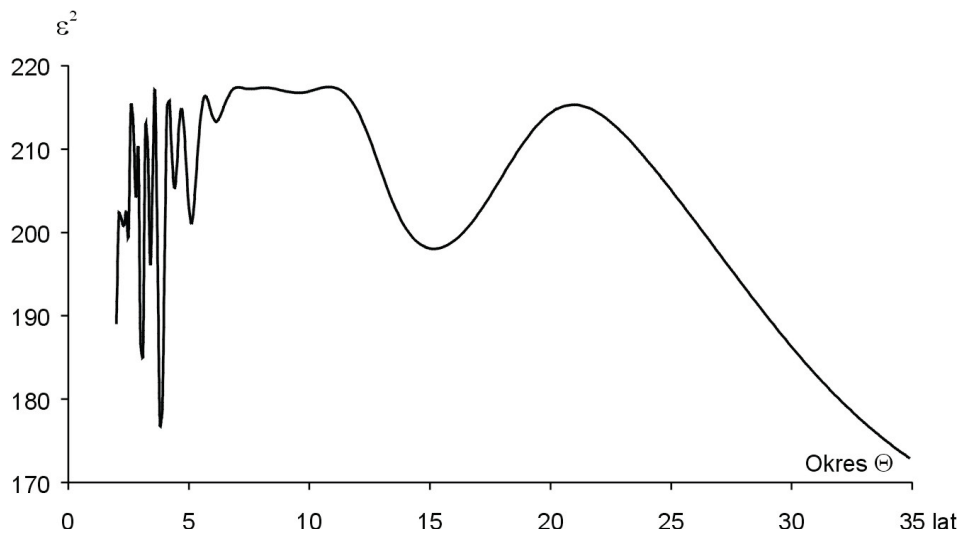
Rys. 83. Widmo maksymalnych dobowych sum opadów atmosferycznych (P_{\max}) w Krakowie w latach 1966-2000 – czerwiec

Fig. 83. Spectrum of maximal daily precipitation sums (P_{\max}) in Cracow in years 1966-2000 – June



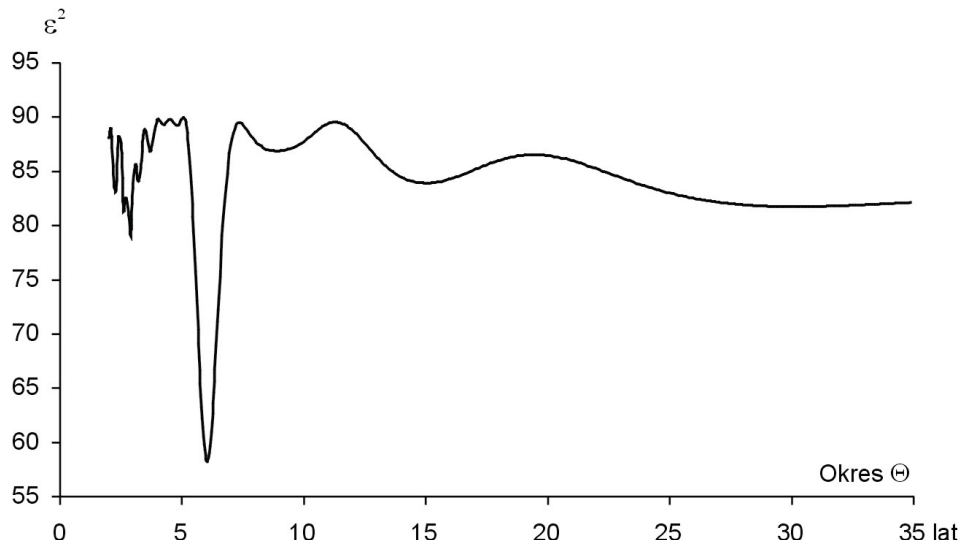
Rys. 84. Widmo maksymalnych dobowych sum opadów atmosferycznych (P_{\max}) w Warszawie w latach 1966-2000 – lipiec

Fig. 84. Spectrum of maximal daily precipitation sums (P_{\max}) in Warsaw in years 1966-2000 – July



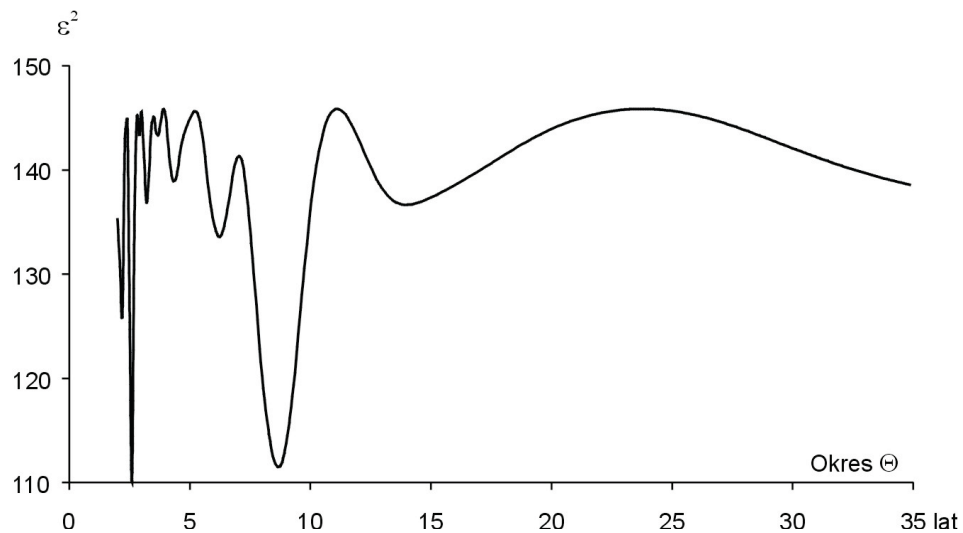
Rys. 85. Widmo maksymalnych dobowych sum opadów atmosferycznych (P_{\max}) w Krakowie w latach 1966-2000 – lipiec

Fig. 85. Spectrum of maximal daily precipitation sums (P_{\max}) in Cracow in years 1966-2000 – July



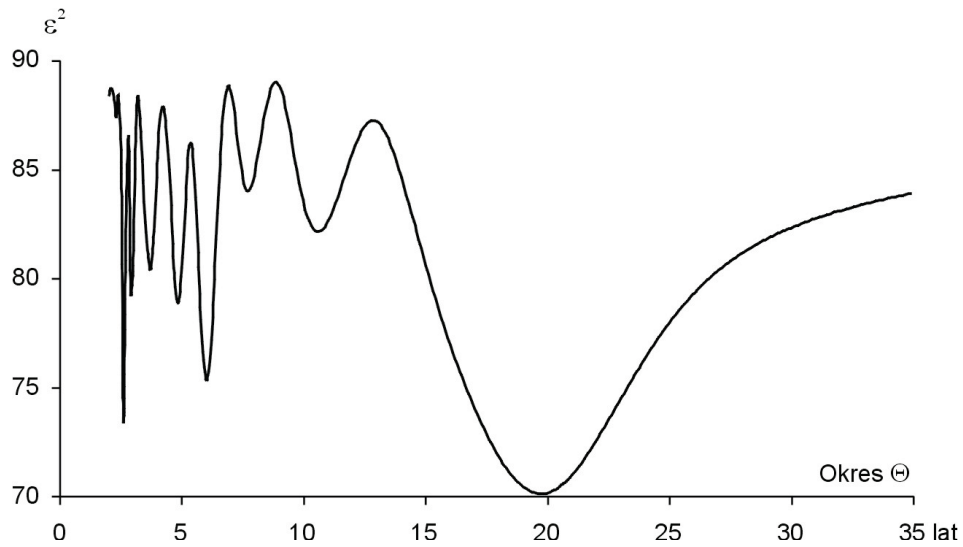
Rys. 86. Widmo maksymalnych dobowych sum opadów atmosferycznych (P_{\max}) w Warszawie w latach 1966-2000 – sierpień

Fig. 86. Spectrum of maximal daily precipitation sums (P_{\max}) in Warsaw in years 1966-2000 – August



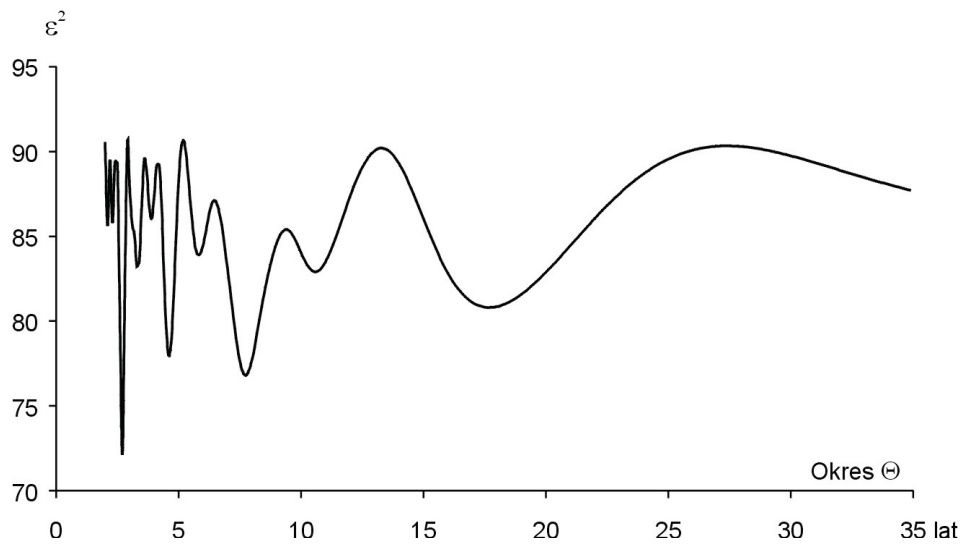
Rys. 87. Widmo maksymalnych dobowych sum opadów atmosferycznych (P_{\max}) w Krakowie w latach 1966-2000 – sierpień

Fig. 87. Spectrum of maximal daily precipitation sums (P_{\max}) in Cracow in years 1966-2000 – August



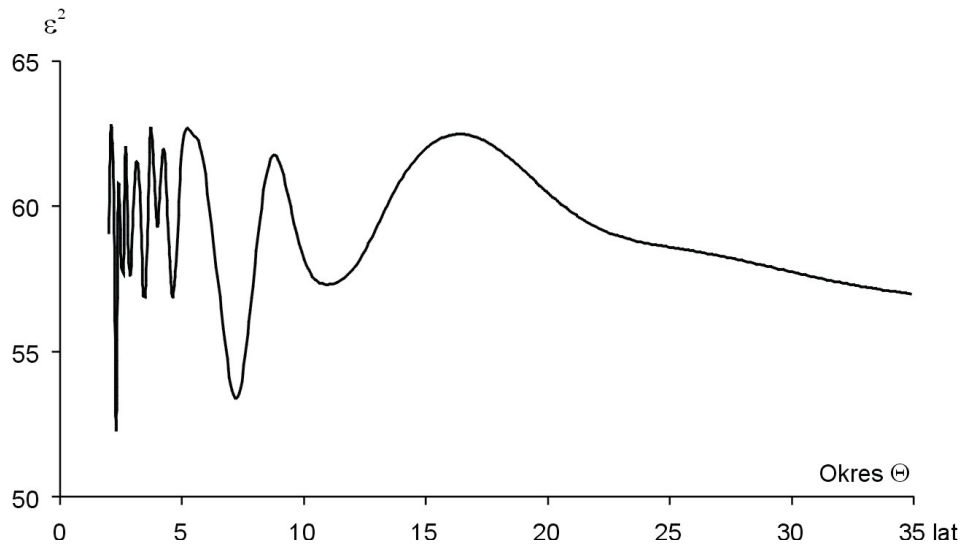
Rys. 88. Widmo maksymalnych dobowych sum opadów atmosferycznych (P_{\max}) w Warszawie w latach 1966-2000 – wrzesień

Fig. 88. Spectrum of maximal daily precipitation sums (P_{\max}) in Warsaw in years 1966-2000 – September



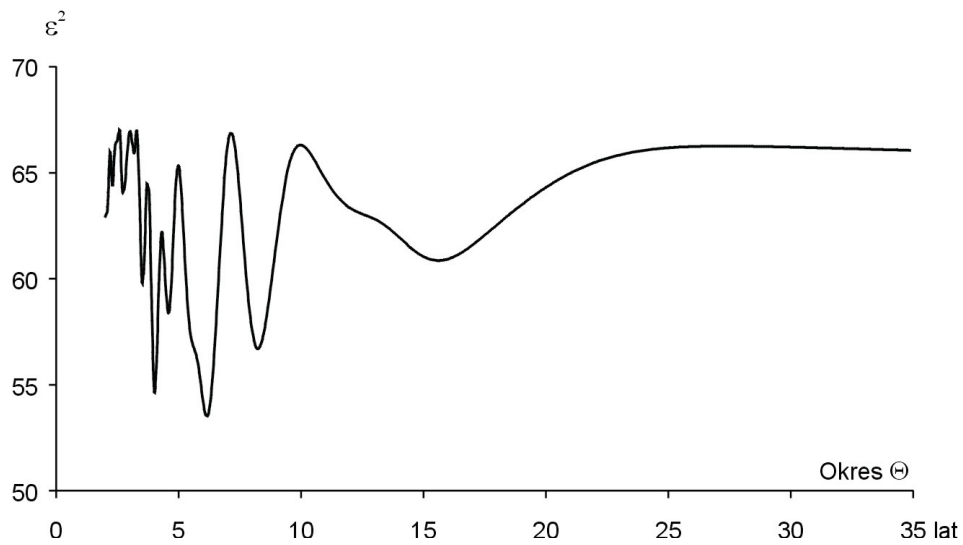
Rys. 89. Widmo maksymalnych dobowych sum opadów atmosferycznych (P_{\max}) w Krakowie w latach 1966-2000 – wrzesień

Fig. 89. Spectrum of maximal daily precipitation sums (P_{\max}) in Cracow in years 1966-2000 – September



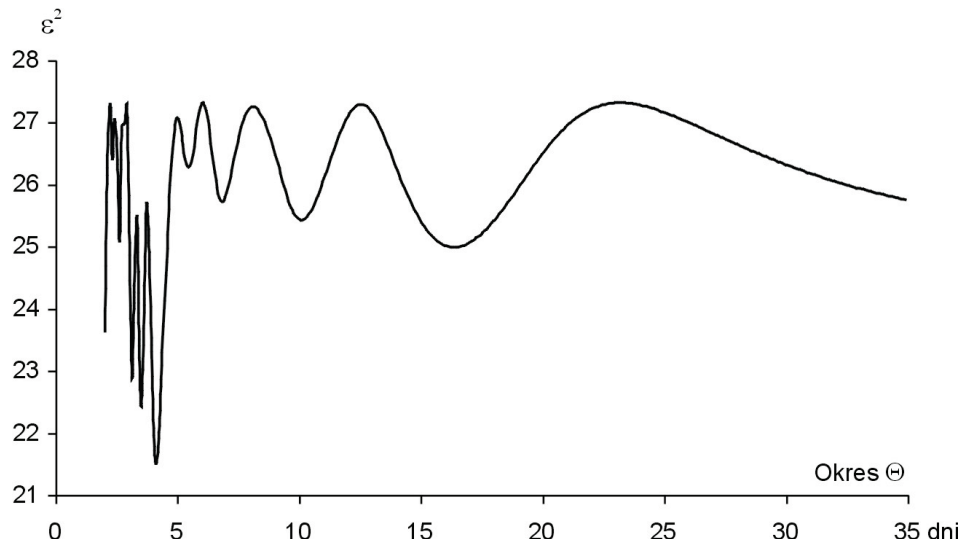
Rys. 90. Widmo maksymalnych dobowych sum opadów atmosferycznych (P_{\max}) w Warszawie w latach 1966-2000 – październik

Fig. 90. Spectrum of maximal daily precipitation sums (P_{\max}) in Warsaw in years 1966-2000 – October



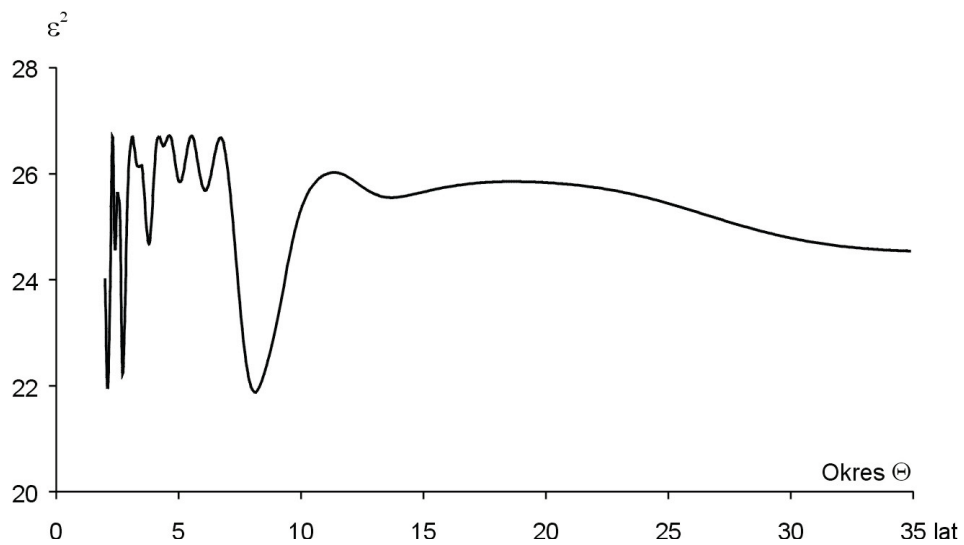
Rys. 91. Widmo maksymalnych dobowych sum opadów atmosferycznych (P_{\max}) w Krakowie w latach 1966-2000 – październik

Fig. 91. Spectrum of maximal daily precipitation sums (P_{\max}) in Cracow in years 1966-2000 – October



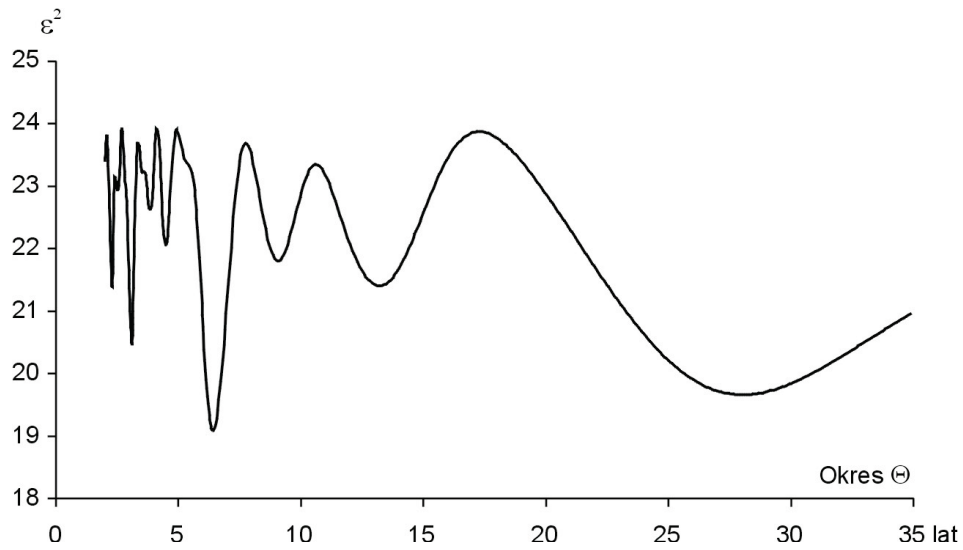
Rys. 92. Widmo maksymalnych dobowych sum opadów atmosferycznych (P_{\max}) w Warszawie w latach 1966-2000 – listopad

Fig. 92. Spectrum of maximal daily precipitation sums (P_{\max}) in Warsaw in years 1966-2000 – November



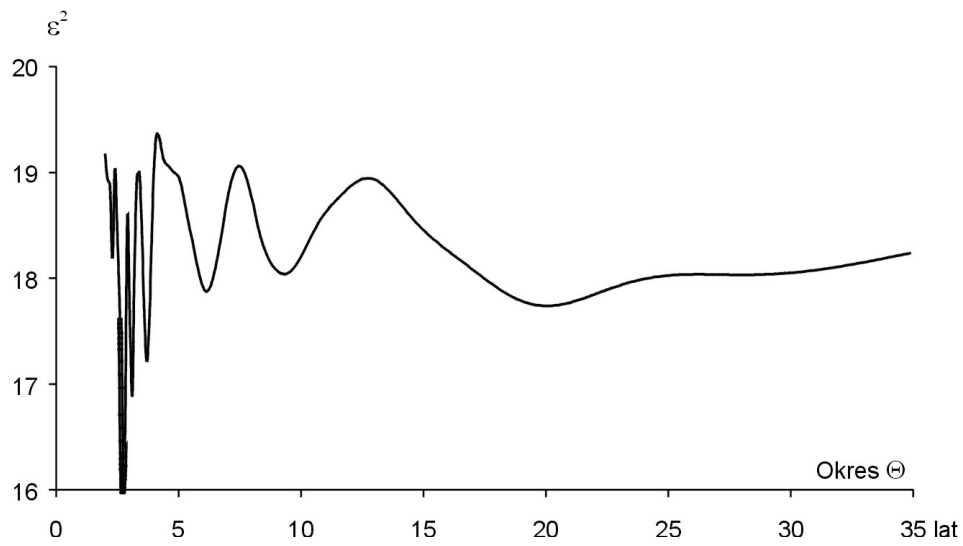
Rys. 93. Widmo maksymalnych dobowych sum opadów atmosferycznych (P_{\max}) w Krakowie w latach 1966-2000 – listopad

Fig. 93. Spectrum of maximal daily precipitation sums (P_{\max}) in Cracow in years 1966-2000 – November



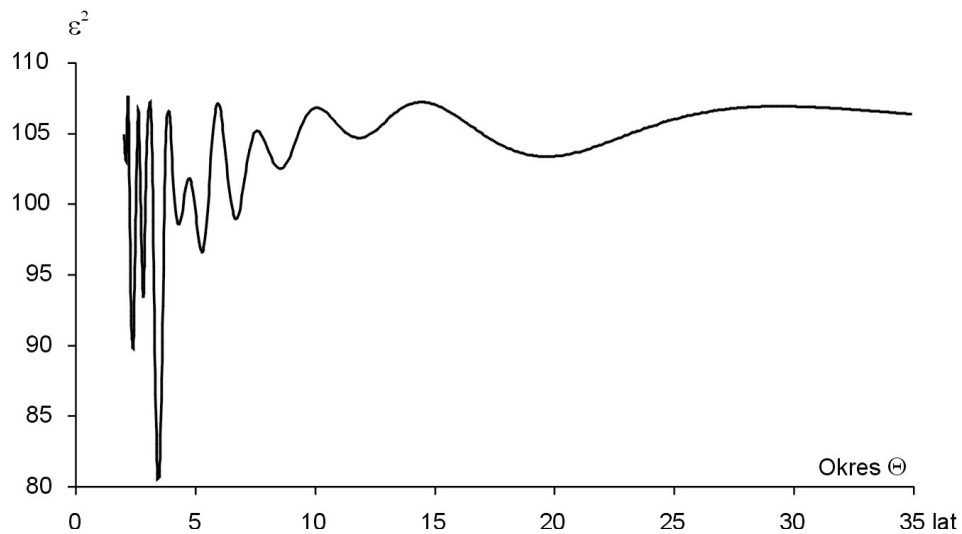
Rys. 94. Widmo maksymalnych dobowych sum opadów atmosferycznych (P_{\max}) w Warszawie w latach 1966-2000 – grudzień

Fig. 94. Spectrum of maximal daily precipitation sums (P_{\max}) in Warsaw in years 1966-2000 – December



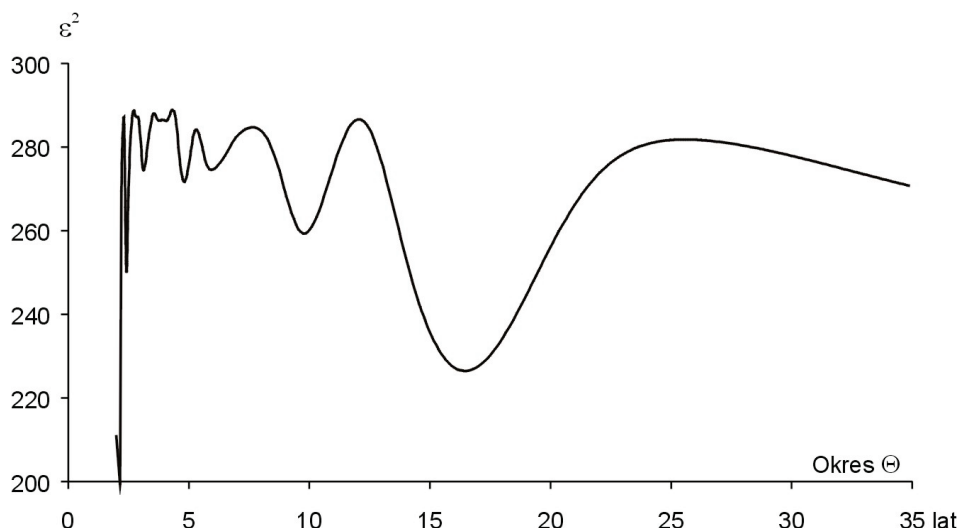
Rys. 95. Widmo maksymalnych dobowych sum opadów atmosferycznych (P_{\max}) w Krakowie w latach 1966-2000 – grudzień

Fig. 95. Spectrum of maximal daily precipitation sums (P_{\max}) in Cracow in years 1966-2000 – December



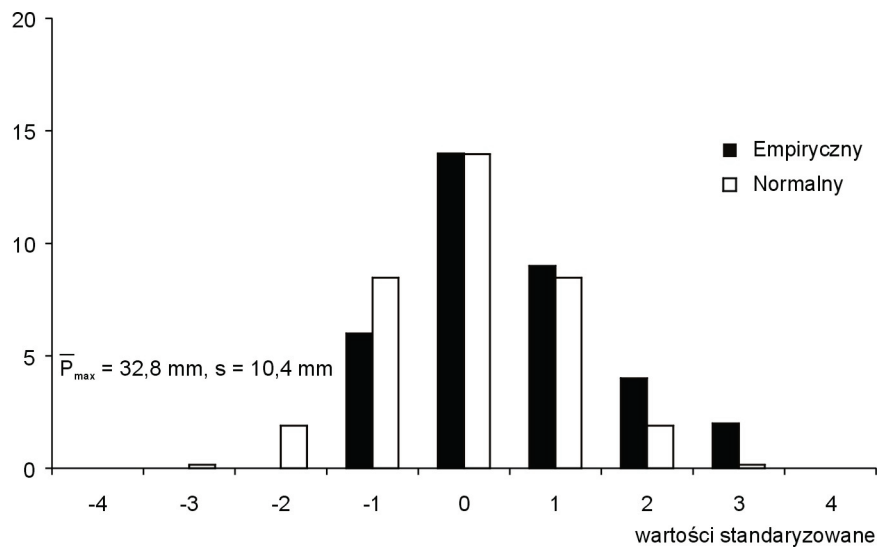
Rys. 96. Widmo maksymalnych dobowych sum opadów atmosferycznych (P_{\max}) w Warszawie w latach 1966-2000 – rok

Fig. 96. Spectrum of maximal daily precipitation sums (P_{\max}) in Warsaw in years 1966-2000 – year



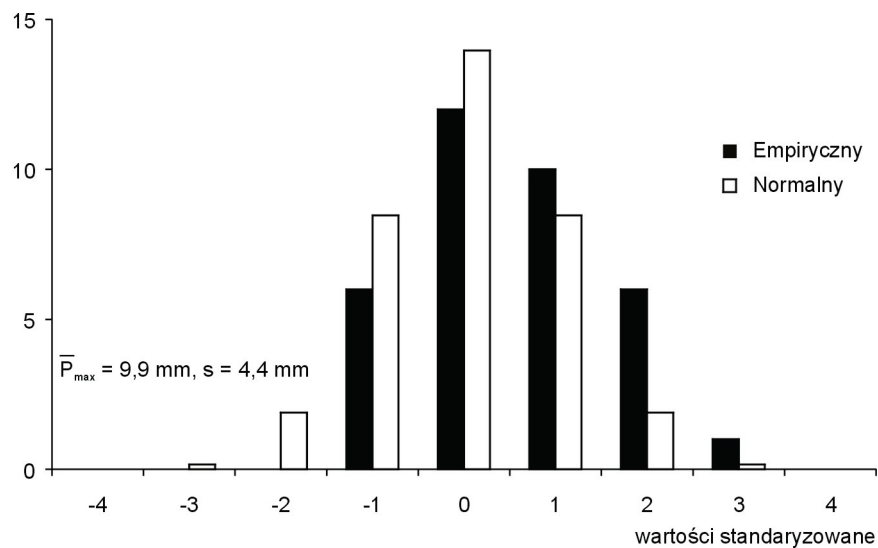
Rys. 97. Widmo maksymalnych dobowych sum opadów atmosferycznych (P_{\max}) w Krakowie w latach 1966-2000 – rok

Fig. 97. Spectrum of maximal daily precipitation sums (P_{\max}) in Cracow in years 1966-2000 – year



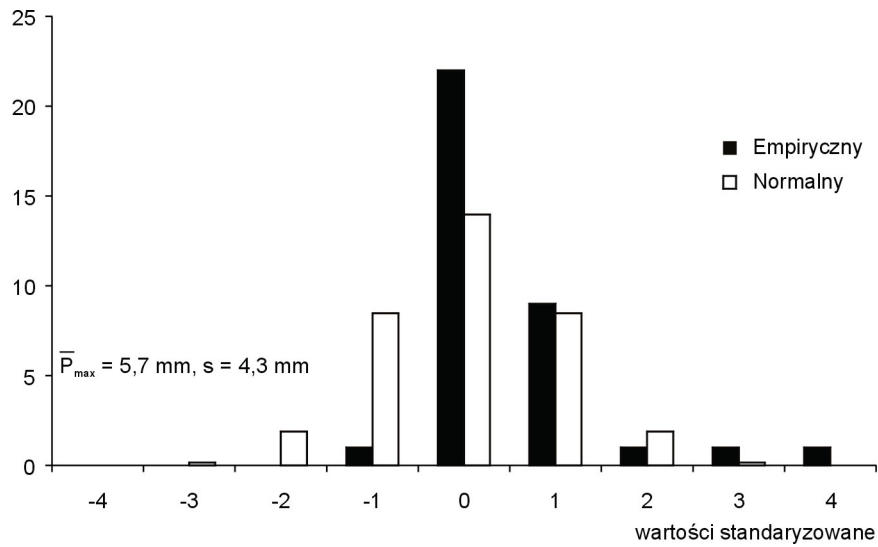
Rys. 98. Histogramy maksymalnych dobowych sum opadów atmosferycznych (P_{\max}) w Warszawie w latach 1966-2000 – styczeń

Fig. 98. The histograms of maximal daily precipitation sums (P_{\max}) in Warsaw in years 1966-2000 – January



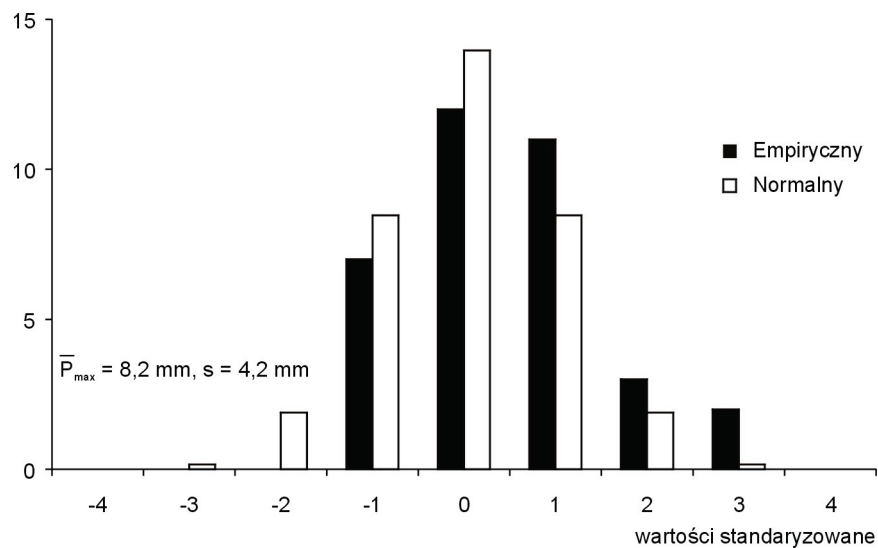
Rys. 99. Histogramy maksymalnych dobowych sum opadów atmosferycznych (P_{\max}) w Krakowie w latach 1966-2000 – styczeń

Fig. 99. The histograms of maximal daily precipitation sums (P_{\max}) in Cracow in years 1966-2000 – January



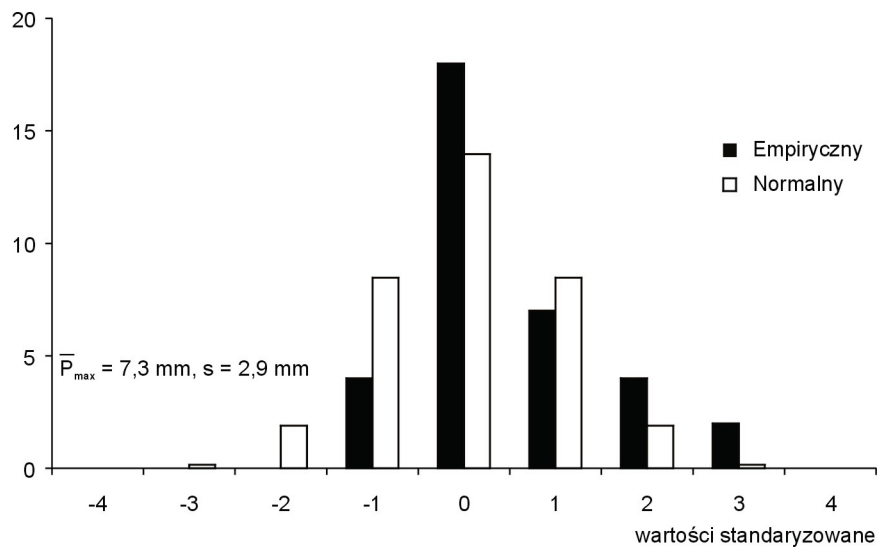
Rys. 100. Histogramy maksymalnych dobowych sum opadów atmosferycznych (P_{\max}) w Warszawie w latach 1966-2000 – luty

Fig. 100. The histograms of maximal daily precipitation sums (P_{\max}) in Warsaw in years 1966-2000 – February



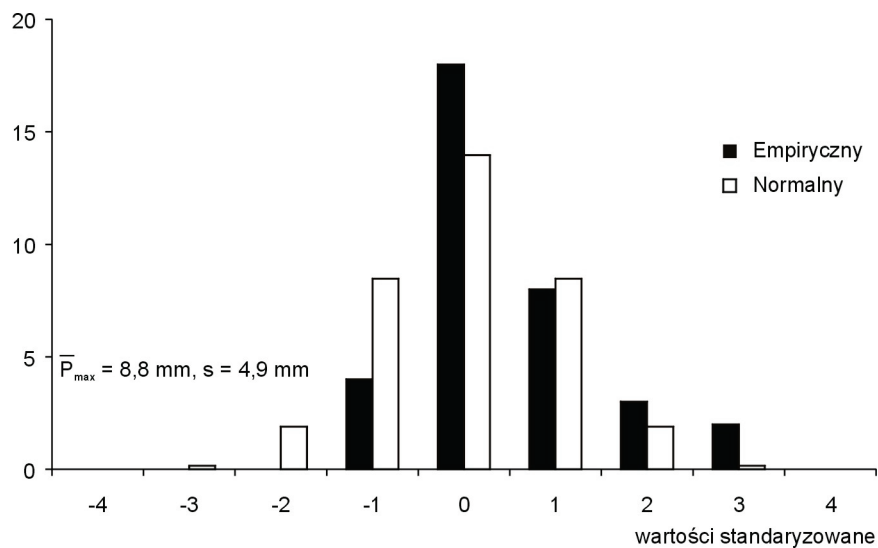
Rys. 101. Histogramy maksymalnych dobowych sum opadów atmosferycznych (P_{\max}) w Krakowie w latach 1966-2000 – luty

Fig. 101. The histograms of maximal daily precipitation sums (P_{\max}) in Cracow in years 1966-2000 – February



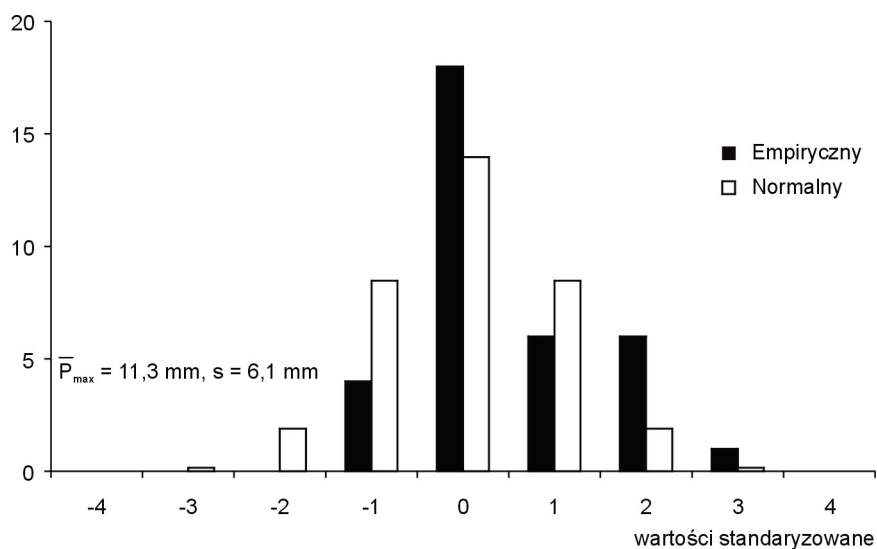
Rys. 102. Histogramy maksymalnych dobowych sum opadów atmosferycznych (P_{\max}) w Warszawie w latach 1966-2000 – marzec

Fig. 102. The histograms of maximal daily precipitation sums (P_{\max}) in Warsaw in years 1966-2000 – March

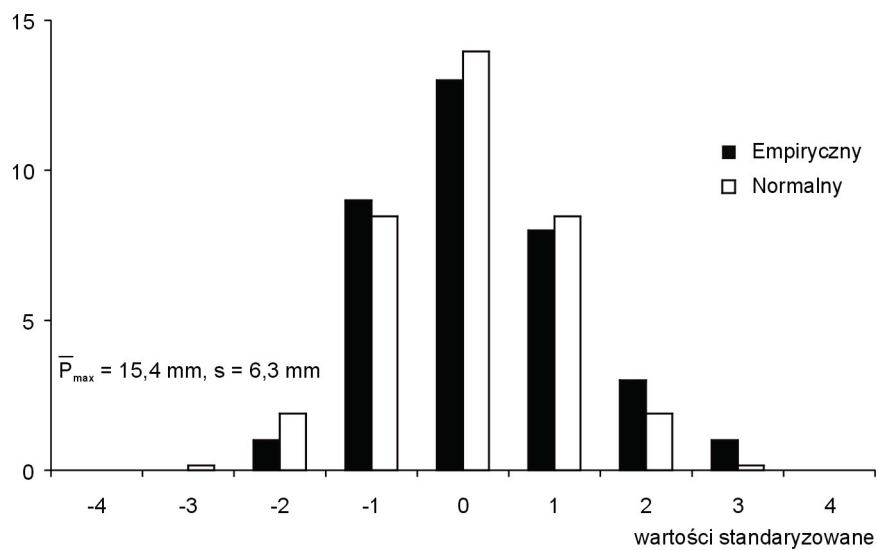


Rys. 103. Histogramy maksymalnych dobowych sum opadów atmosferycznych (P_{\max}) w Krakowie w latach 1966-2000 – marzec

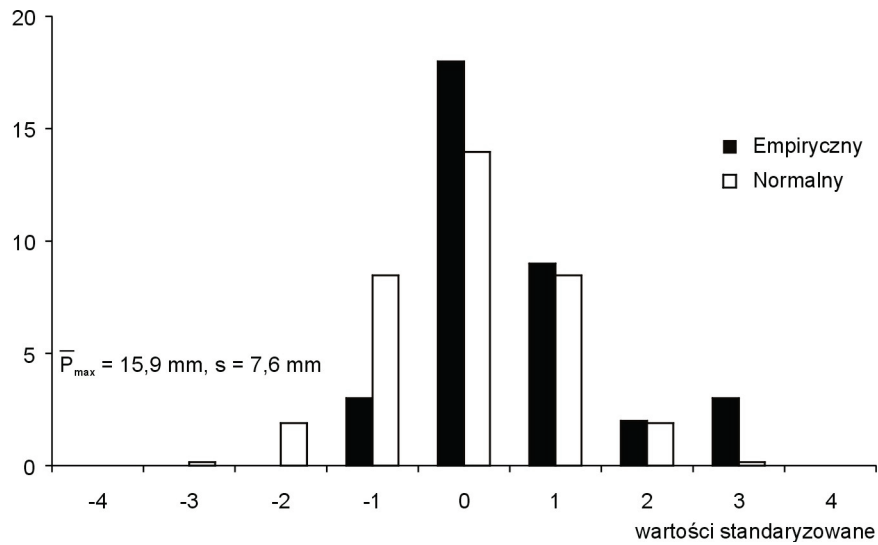
Fig. 103. The histograms of maximal daily precipitation sums (P_{\max}) in Cracow in years 1966-2000 – March



Rys. 104. Histogramy maksymalnych dobowych sum opadów atmosferycznych (P_{\max}) w Warszawie w latach 1966-2000 – kwiecień
 Fig. 104. The histograms of maximal daily precipitation sums (P_{\max}) in Warsaw in years 1966-2000 – April

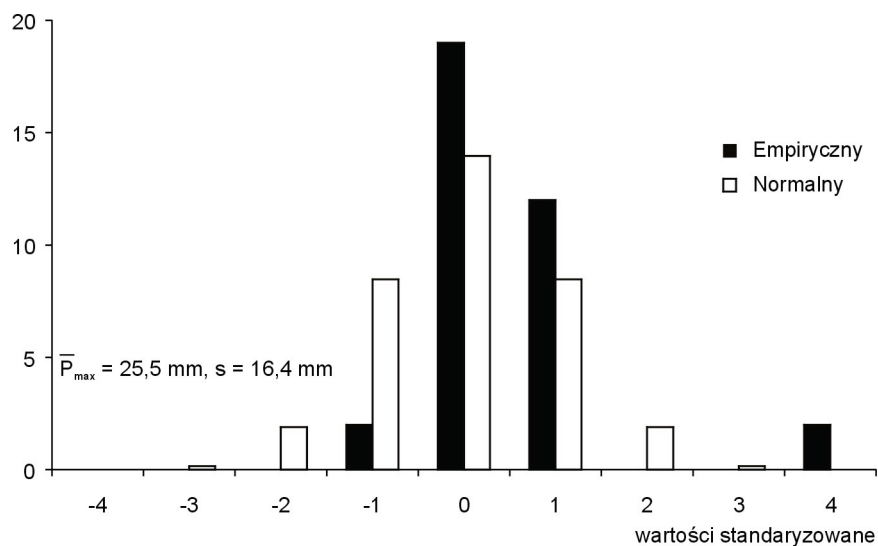


Rys. 105. Histogramy maksymalnych dobowych sum opadów atmosferycznych (P_{\max}) w Krakowie w latach 1966-2000 – kwiecień
 Fig. 105. The histograms of maximal daily precipitation sums (P_{\max}) in Cracow in years 1966-2000 – April



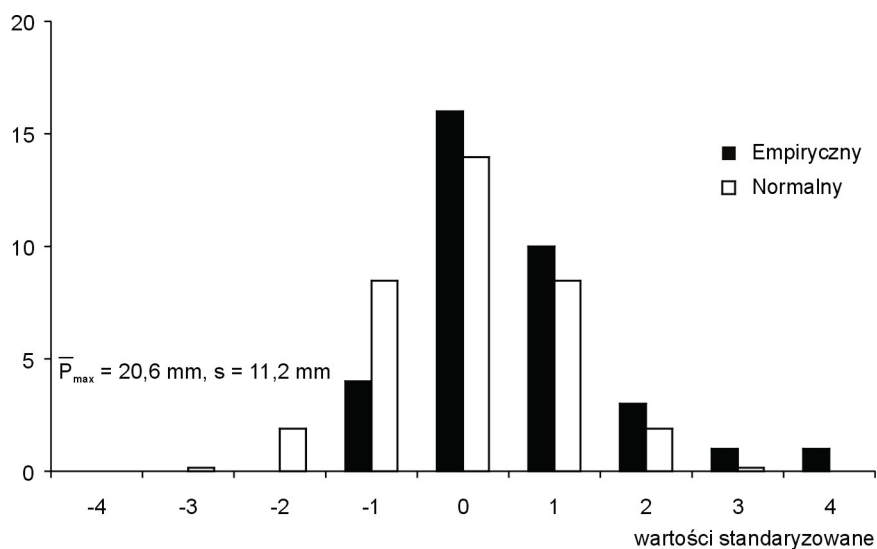
Rys. 106. Histogramy maksymalnych dobowych sum opadów atmosferycznych (P_{\max}) w Warszawie w latach 1966-2000 – maj

Fig. 106. The histograms of maximal daily precipitation sums (P_{\max}) in Warsaw in years 1966-2000 – May



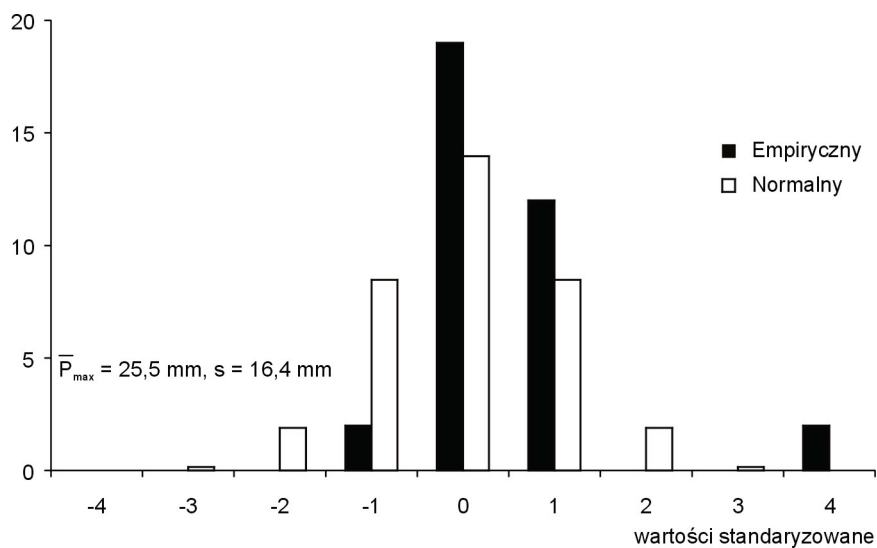
Rys. 107. Histogramy maksymalnych dobowych sum opadów atmosferycznych (P_{\max}) w Krakowie w latach 1966-2000 – maj

Fig. 107. The histograms of maximal daily precipitation sums (P_{\max}) in Cracow in years 1966-2000 – May



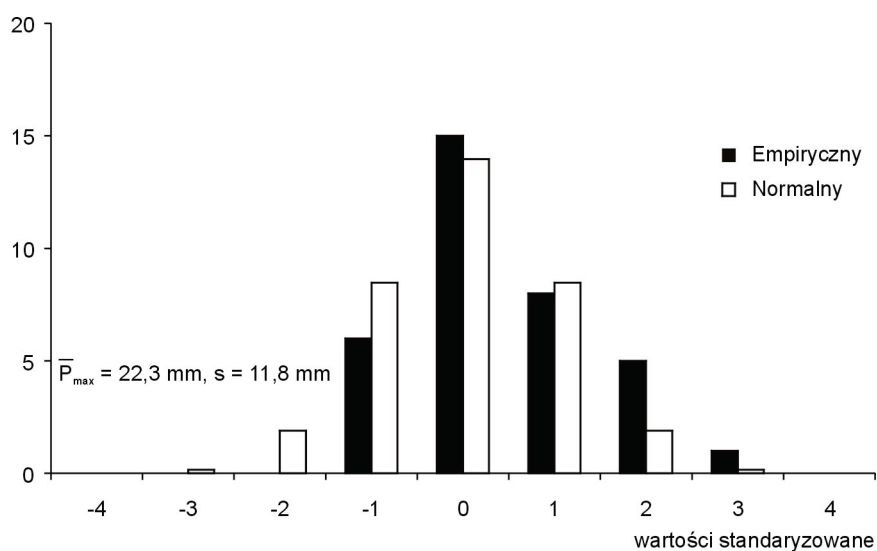
Rys. 108. Histogramy maksymalnych dobowych sum opadów atmosferycznych (P_{\max}) w Warszawie w latach 1966-2000 – czerwiec

Fig. 108. The histograms of maximal daily precipitation sums (P_{\max}) in Warsaw in years 1966-2000 – June



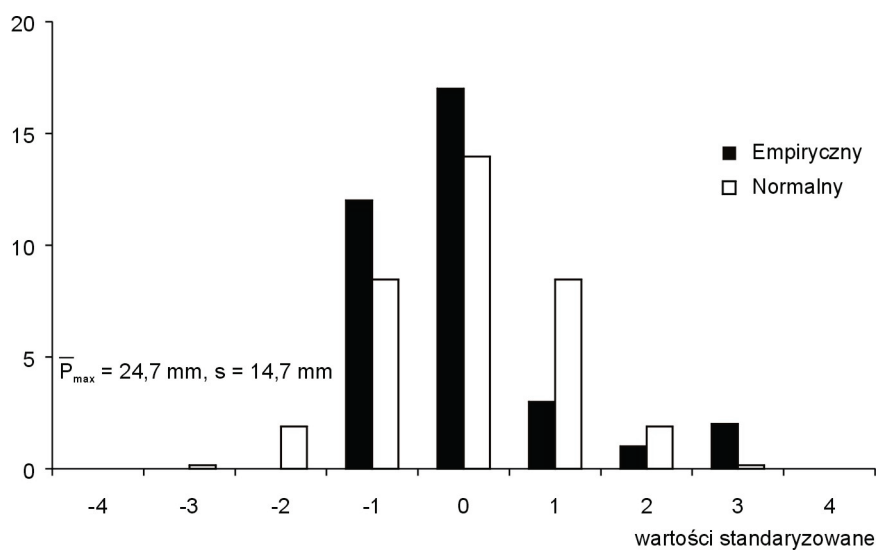
Rys. 109. Histogramy maksymalnych dobowych sum opadów atmosferycznych (P_{\max}) w Krakowie w latach 1966-2000 – czerwiec

Fig. 109. The histograms of maximal daily precipitation sums (P_{\max}) in Cracow in years 1966-2000 – June



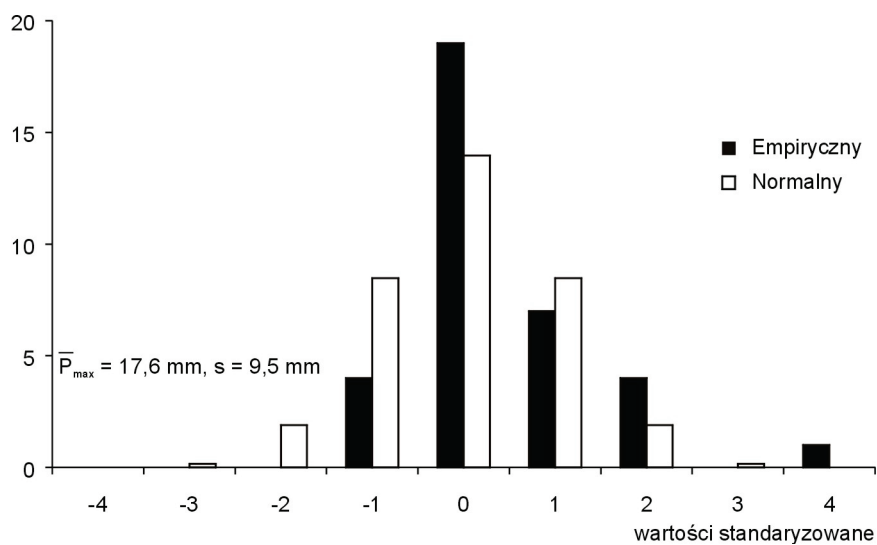
Rys. 110. Histogramy maksymalnych dobowych sum opadów atmosferycznych (P_{\max}) w Warszawie w latach 1966-2000 – lipiec

Fig. 110. The histograms of maximal daily precipitation sums (P_{\max}) in Warsaw in years 1966-2000 – July



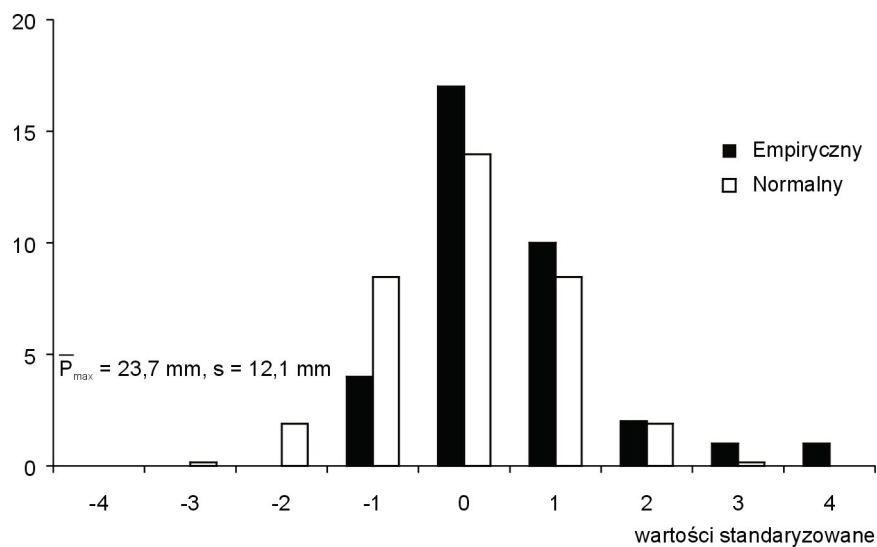
Rys. 111. Histogramy maksymalnych dobowych sum opadów atmosferycznych (P_{\max}) w Krakowie w latach 1966-2000 – lipiec

Fig. 111. The histograms of maximal daily precipitation sums (P_{\max}) in Cracow in years 1966-2000 – July



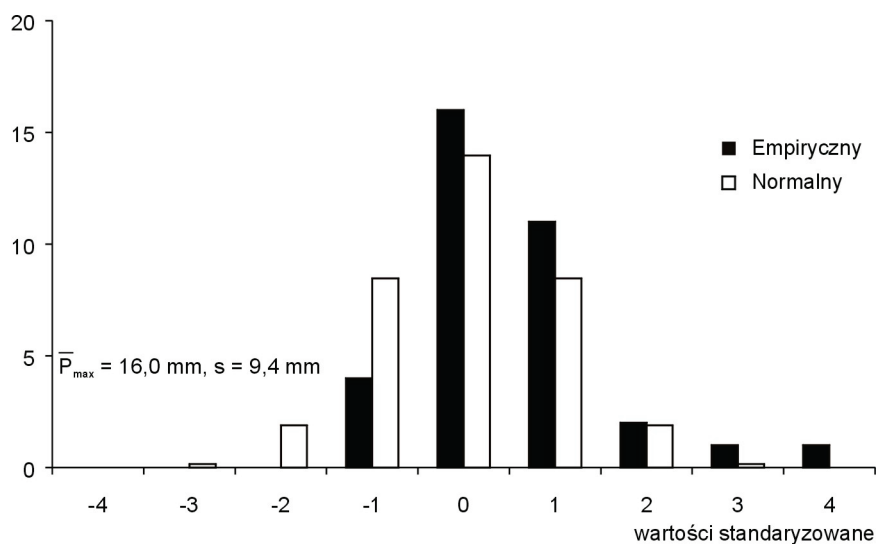
Rys. 112. Histogramy maksymalnych dobowych sum opadów atmosferycznych (P_{\max}) w Warszawie w latach 1966-2000 – sierpień

Fig. 112. The histograms of maximal daily precipitation sums (P_{\max}) in Warsaw in years 1966-2000 – August



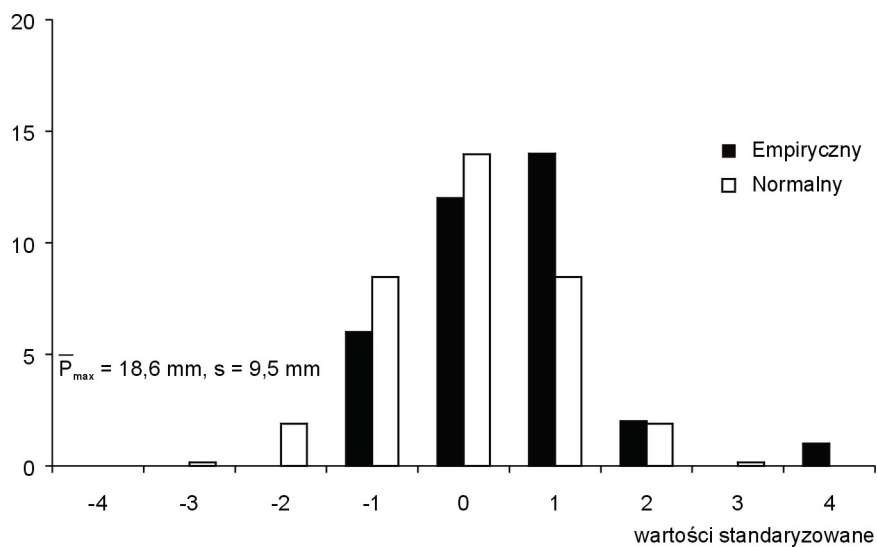
Rys. 113. Histogramy maksymalnych dobowych sum opadów atmosferycznych (P_{\max}) w Krakowie w latach 1966-2000 – sierpień

Fig. 113. The histograms of maximal daily precipitation sums (P_{\max}) in Cracow in years 1966-2000 – August



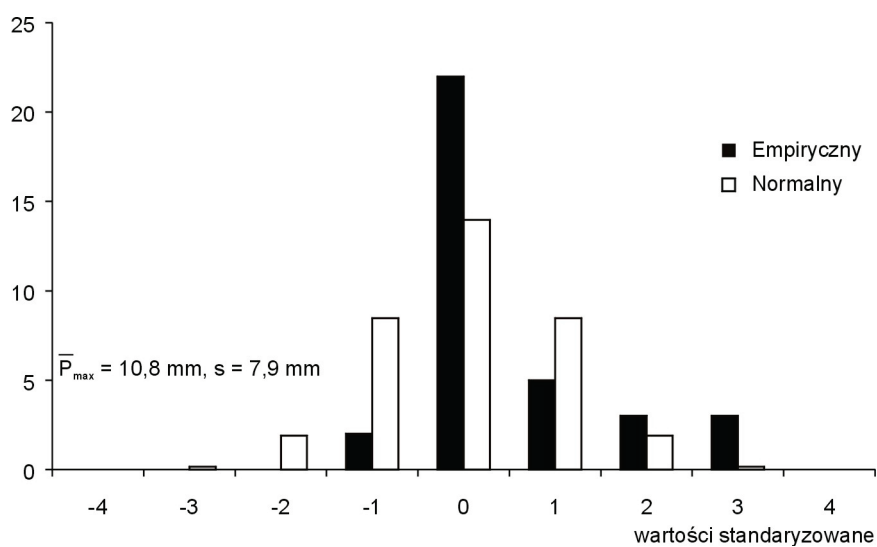
Rys. 114. Histogramy maksymalnych dobowych sum opadów atmosferycznych (P_{\max}) w Warszawie w latach 1966-2000 – wrzesień

Fig. 114. The histograms of maximal daily precipitation sums (P_{\max}) in Warsaw in years 1966-2000 – September



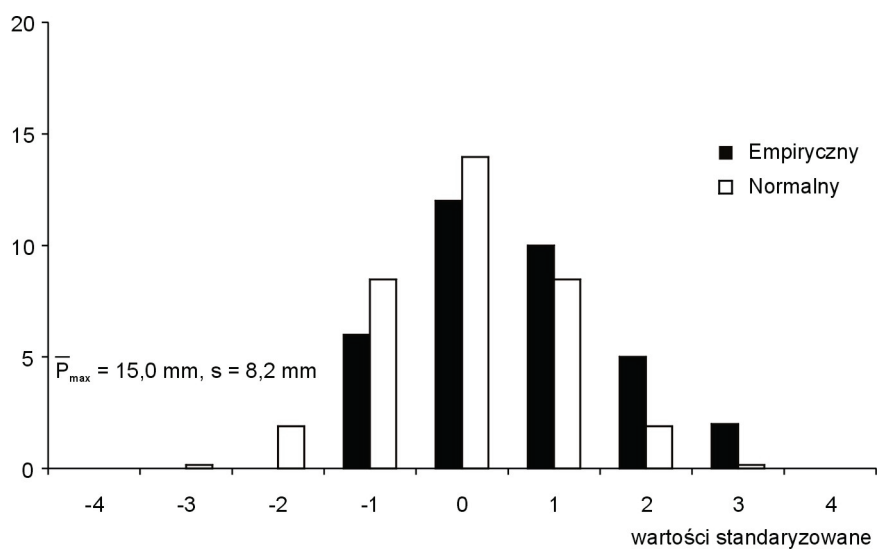
Rys. 115. Histogramy maksymalnych dobowych sum opadów atmosferycznych (P_{\max}) w Krakowie w latach 1966-2000 – wrzesień

Fig. 115. The histograms of maximal daily precipitation sums (P_{\max}) in Cracow in years 1966-2000 – September



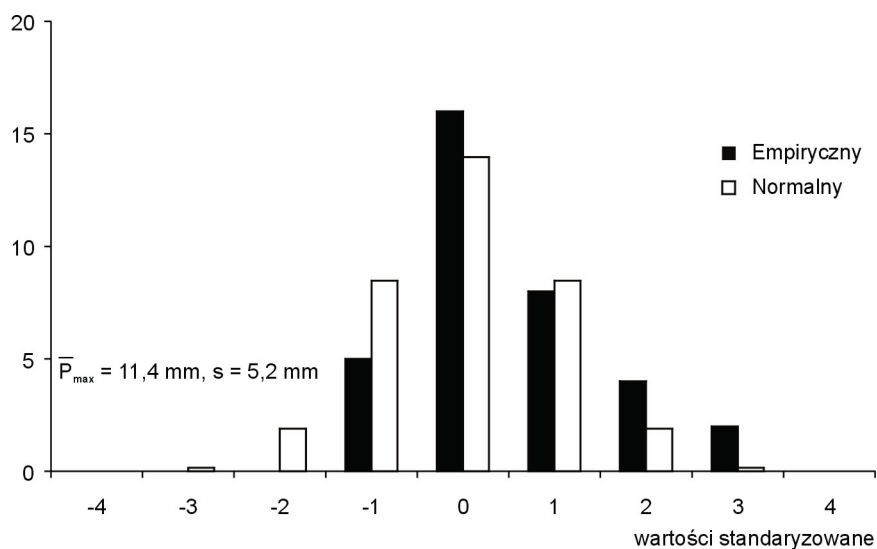
Rys. 116. Histogramy maksymalnych dobowych sum opadów atmosferycznych (P_{\max}) w Warszawie w latach 1966-2000 – październik

Fig. 116. The histograms of maximal daily precipitation sums (P_{\max}) in Warsaw in years 1966-2000 – October



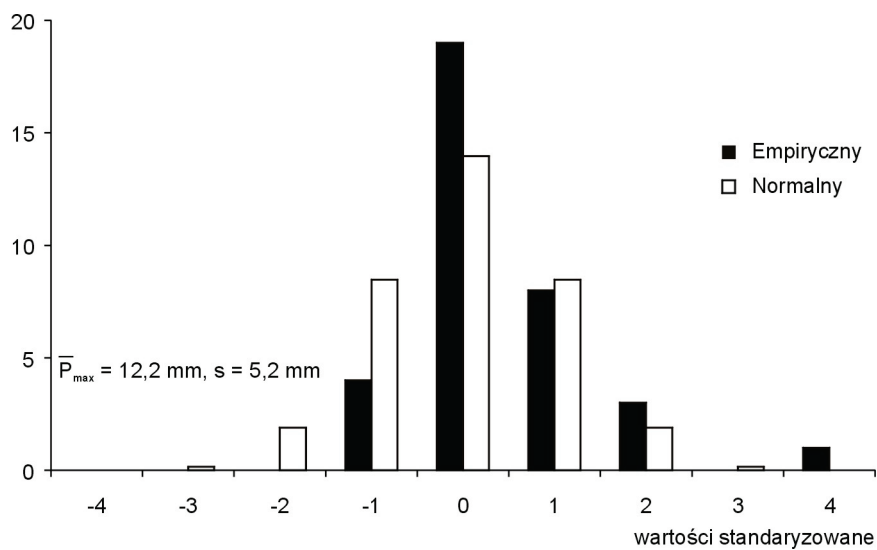
Rys. 117. Histogramy maksymalnych dobowych sum opadów atmosferycznych (P_{\max}) w Krakowie w latach 1966-2000 – październik

Fig. 117. The histograms of maximal daily precipitation sums (P_{\max}) in Cracow in years 1966-2000 – October



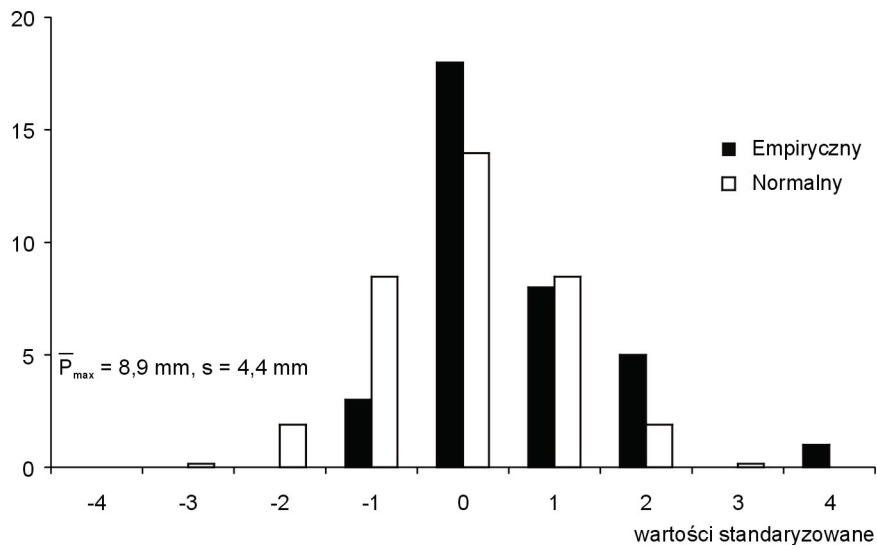
Rys. 118. Histogramy maksymalnych dobowych sum opadów atmosferycznych (P_{\max}) w Warszawie w latach 1966-2000 – listopad

Fig. 118. The histograms of maximal daily precipitation sums (P_{\max}) in Warsaw in years 1966-2000 – November

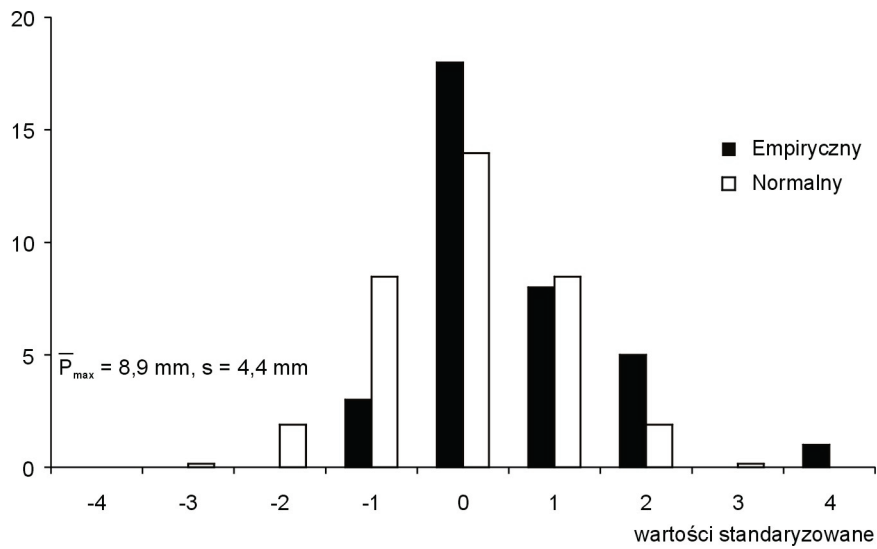


Rys. 119. Histogramy maksymalnych dobowych sum opadów atmosferycznych (P_{\max}) w Krakowie w latach 1966-2000 – listopad

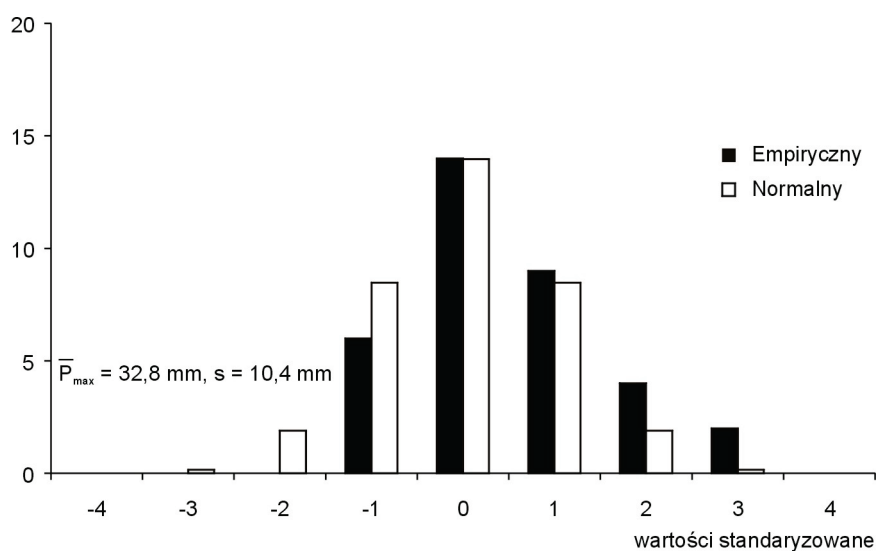
Fig. 119. The histograms of maximal daily precipitation sums (P_{\max}) in Cracow in years 1966-2000 – November



Rys. 120. Histogramy maksymalnych dobowych sum opadów atmosferycznych (P_{\max}) w Warszawie w latach 1966-2000 – grudzień
 Fig. 120. The histograms of maximal daily precipitation sums (P_{\max}) in Warsaw in years 1966-2000 – December

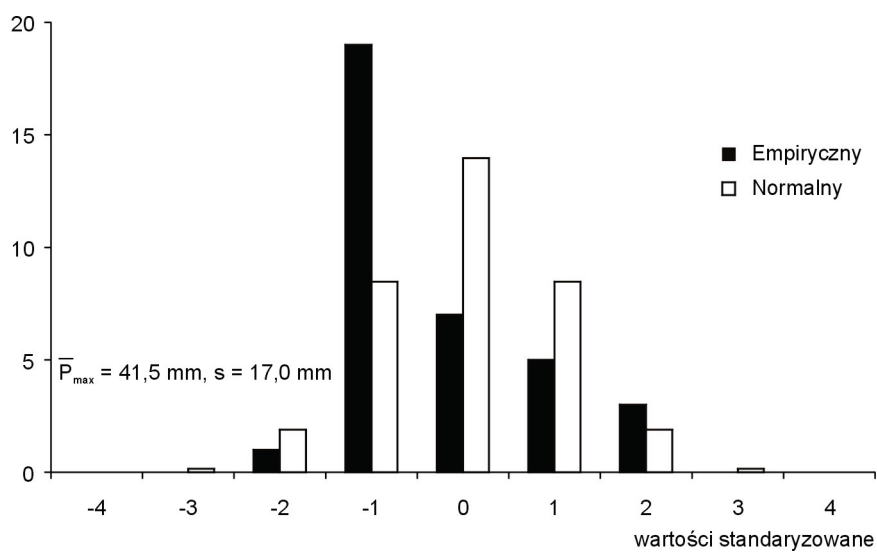


Rys. 121. Histogramy maksymalnych dobowych sum opadów atmosferycznych (P_{\max}) w Krakowie w latach 1966-2000 – grudzień
 Fig. 121. The histograms of maximal daily precipitation sums (P_{\max}) in Cracow in years 1966-2000 – December



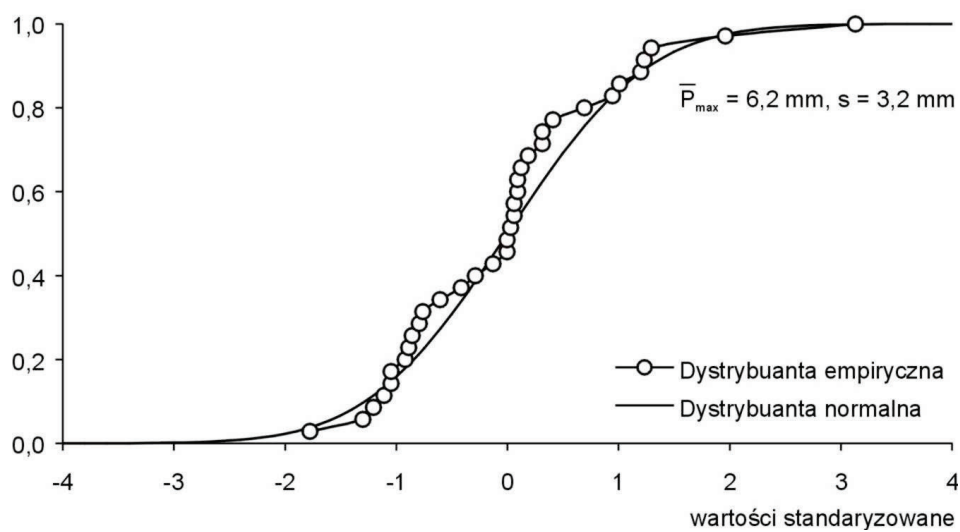
Rys. 122. Histogramy maksymalnych dobowych sum opadów atmosferycznych (P_{\max}) w Warszawie w latach 1966-2000 – rok

Fig. 122. The histograms of maximal daily precipitation sums (P_{\max}) in Warsaw in years 1966-2000 – year



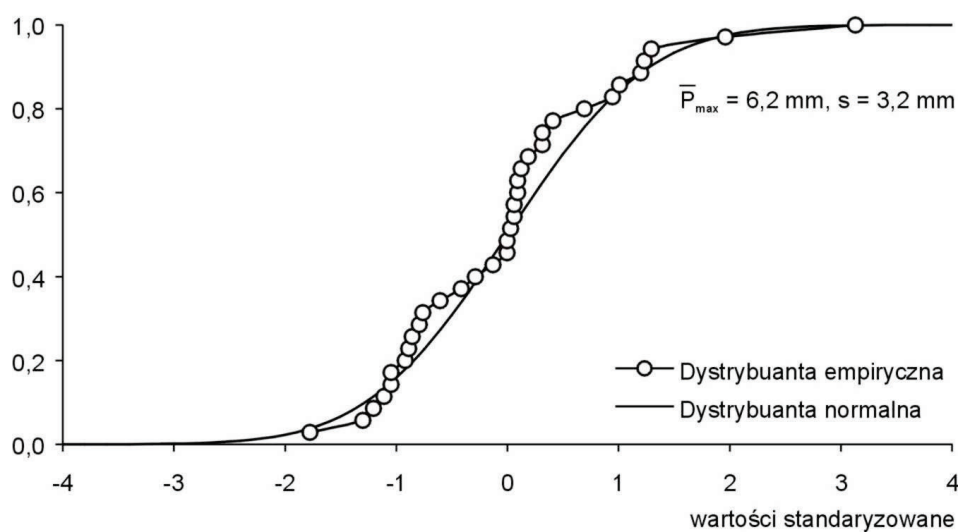
Rys. 123. Histogramy maksymalnych dobowych sum opadów atmosferycznych (P_{\max}) w Krakowie w latach 1966-2000 – rok

Fig. 123. The histograms of maximal daily precipitation sums (P_{\max}) in Cracow in years 1966-2000 – year



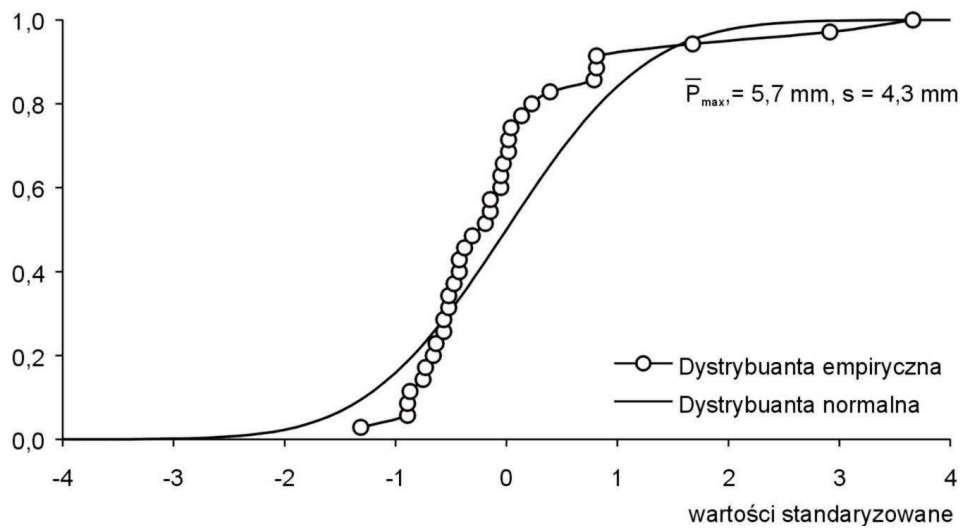
Rys. 124. Prawdopodobieństwo maksymalnych dobowych sum opadów atmosferycznych (P_{\max}) w Warszawie w latach 1966-2000 – styczeń

Fig. 124. Probability of maximal daily precipitation sums (P_{\max}) in Warsaw in years 1966-2000 – January

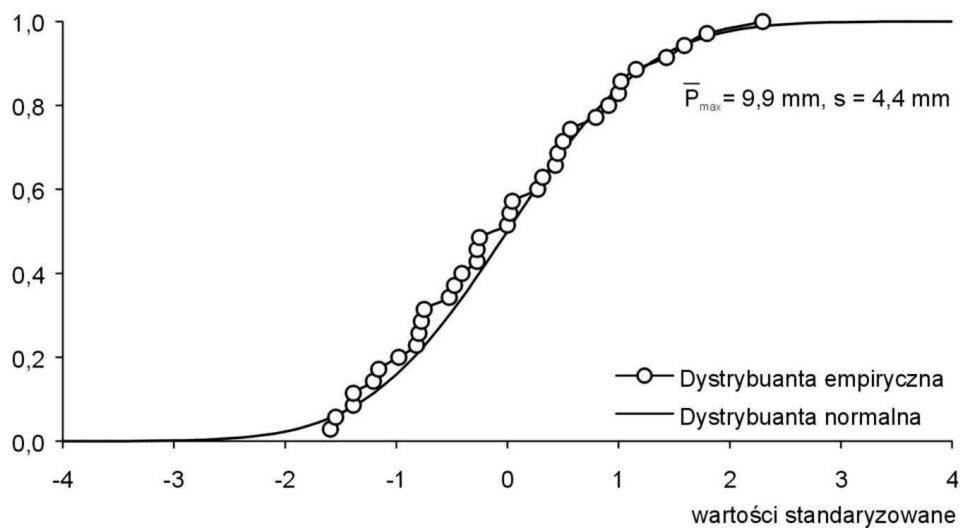


Rys. 125. Prawdopodobieństwo maksymalnych dobowych sum opadów atmosferycznych (P_{\max}) w Krakowie w latach 1966-2000 – styczeń

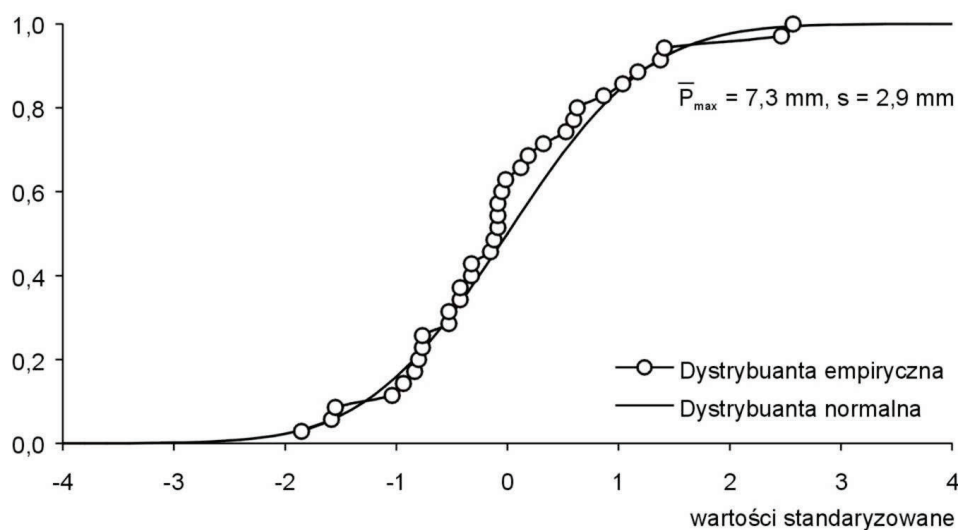
Fig. 125. Probability of maximal daily precipitation sums (P_{\max}) in Cracow in years 1966-2000 – January



Rys. 126. Prawdopodobieństwo maksymalnych dobowych sum opadów atmosferycznych (P_{\max}) w Warszawie w latach 1966-2000 – luty
 Fig. 126. Probability of maximal daily precipitation sums (P_{\max}) in Warsaw in years 1966-2000 – February

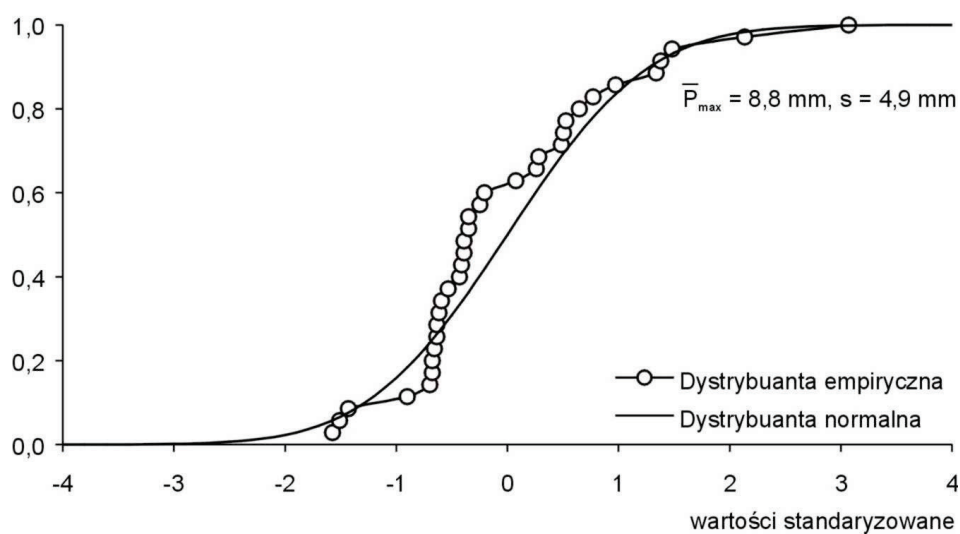


Rys. 127. Prawdopodobieństwo maksymalnych dobowych sum opadów atmosferycznych (P_{\max}) w Krakowie w latach 1966-2000 – luty
 Fig. 127. Probability of maximal daily precipitation sums (P_{\max}) in Cracow in years 1966-2000 – February



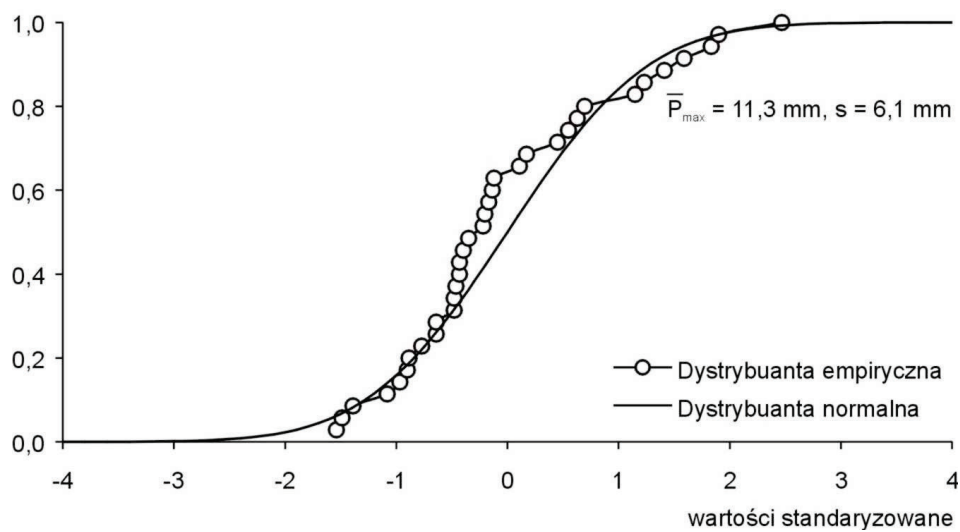
Rys. 128. Prawdopodobieństwo maksymalnych dobowych sum opadów atmosferycznych (P_{\max}) w Warszawie w latach 1966-2000 – marzec

Fig. 128. Probability of maximal daily precipitation sums (P_{\max}) in Warsaw in years 1966-2000 – March



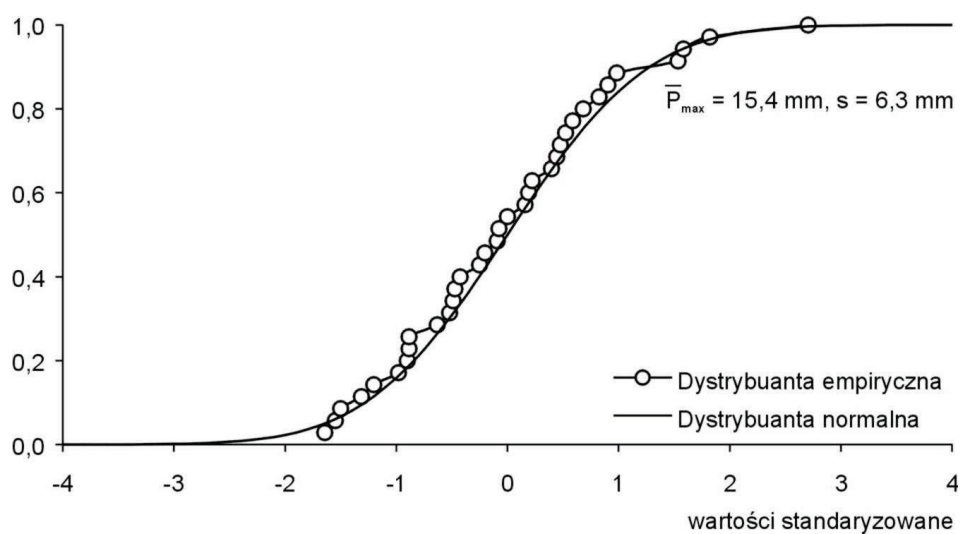
Rys. 129. Prawdopodobieństwo maksymalnych dobowych sum opadów atmosferycznych (P_{\max}) w Krakowie w latach 1966-2000 – marzec

Fig. 129. Probability of maximal daily precipitation sums (P_{\max}) in Cracow in years 1966-2000 – March



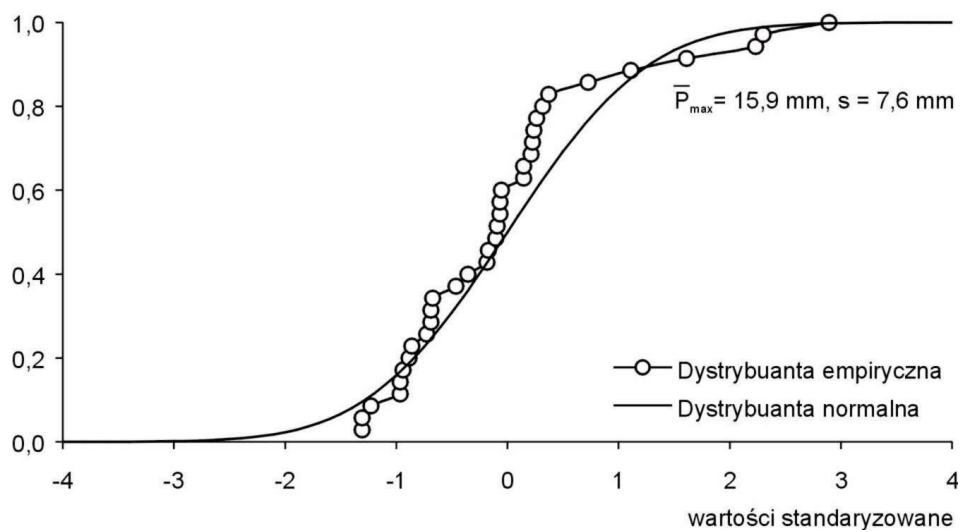
Rys. 130. Prawdopodobieństwo maksymalnych dobowych sum opadów atmosferycznych (P_{\max}) w Warszawie w latach 1966-2000 – kwiecień

Fig. 130. Probability of maximal daily precipitation sums (P_{\max}) in Warsaw in years 1966-2000 – April



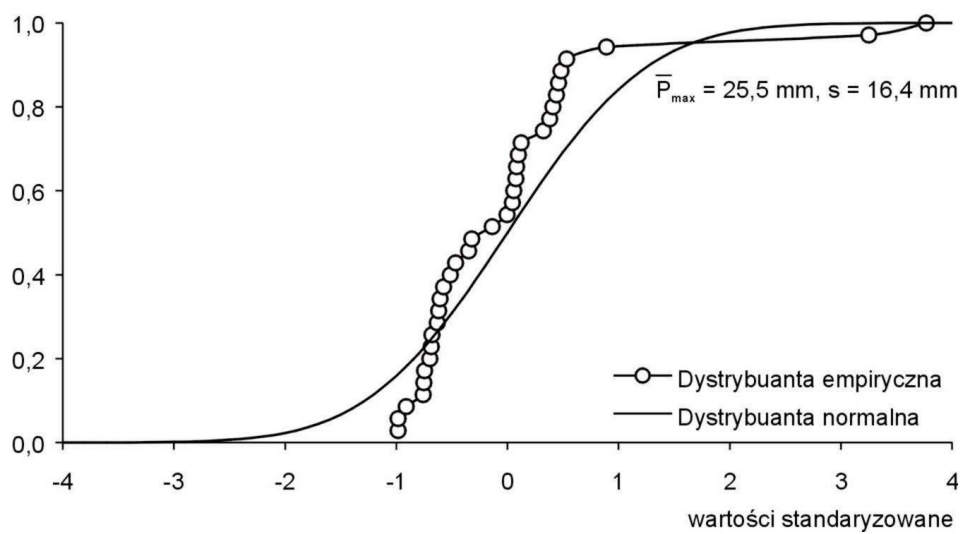
Rys. 131. Prawdopodobieństwo maksymalnych dobowych sum opadów atmosferycznych (P_{\max}) w Krakowie w latach 1966-2000 – kwiecień

Fig. 131. Probability of maximal daily precipitation sums (P_{\max}) in Cracow in years 1966-2000 – April



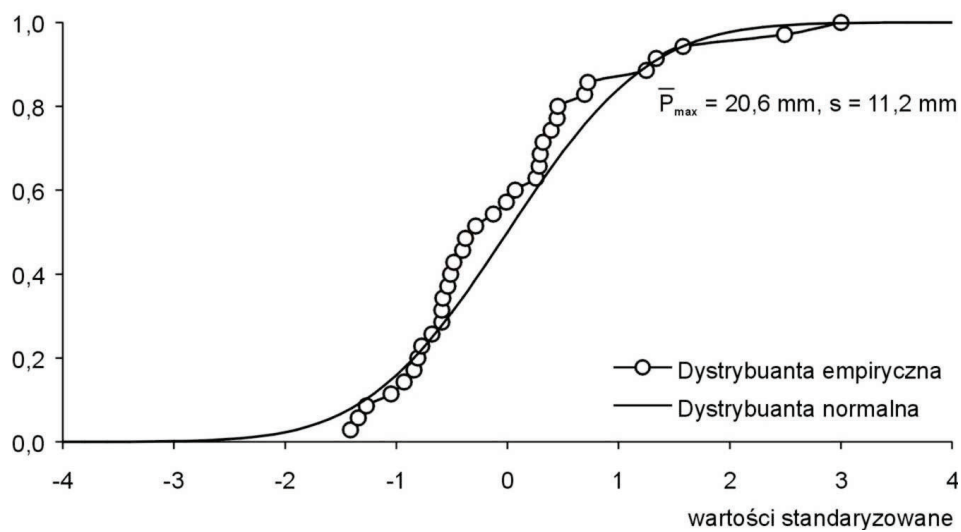
Rys. 132. Prawdopodobieństwo maksymalnych dobowych sum opadów atmosferycznych (P_{\max}) w Warszawie w latach 1966-2000 – maj

Fig. 132. Probability of maximal daily precipitation sums (P_{\max}) in Warsaw in years 1966-2000 – May



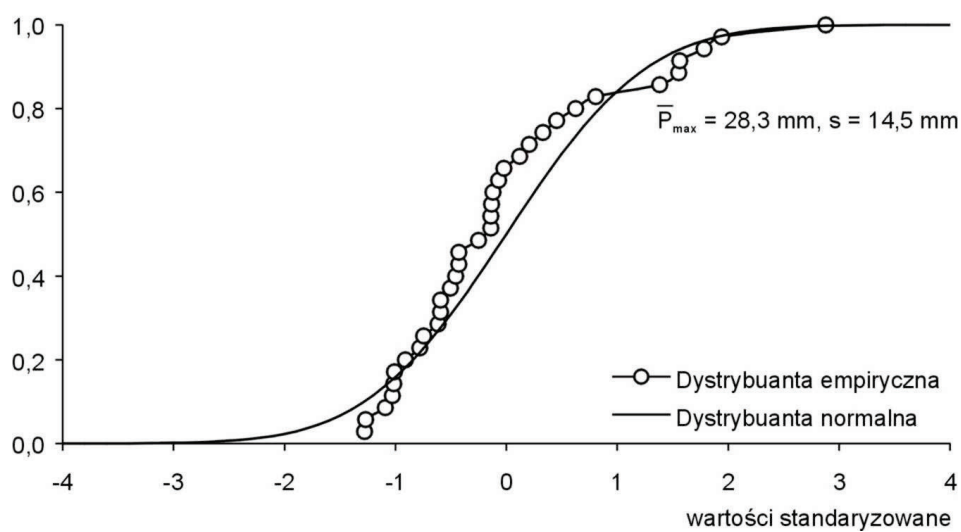
Rys. 133. Prawdopodobieństwo maksymalnych dobowych sum opadów atmosferycznych (P_{\max}) w Krakowie w latach 1966-2000 – maj

Fig. 133. Probability of maximal daily precipitation sums (P_{\max}) in Cracow in years 1966-2000 – May



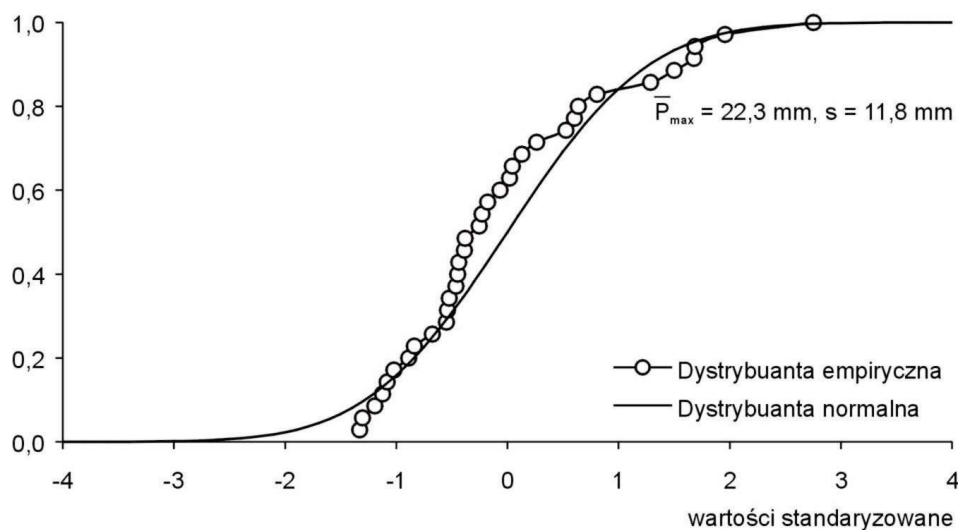
Rys. 134. Prawdopodobieństwo maksymalnych dobowych sum opadów atmosferycznych (P_{\max}) w Warszawie w latach 1966-2000 – czerwiec

Fig. 134. Probability of maximal daily precipitation sums (P_{\max}) in Warsaw in years 1966-2000 – June



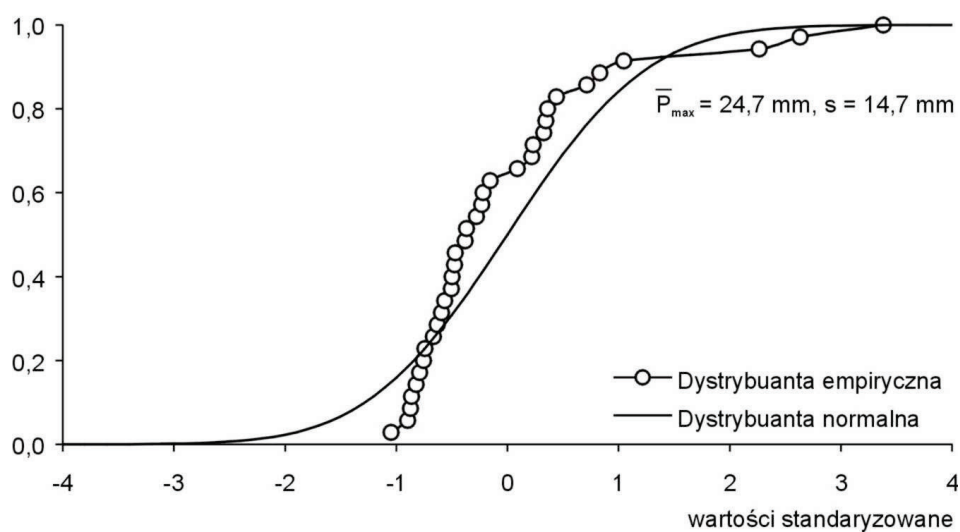
Rys. 135. Prawdopodobieństwo maksymalnych dobowych sum opadów atmosferycznych (P_{\max}) w Krakowie w latach 1966-2000 – czerwiec

Fig. 135. Probability of maximal daily precipitation sums (P_{\max}) in Cracow in years 1966-2000 – June



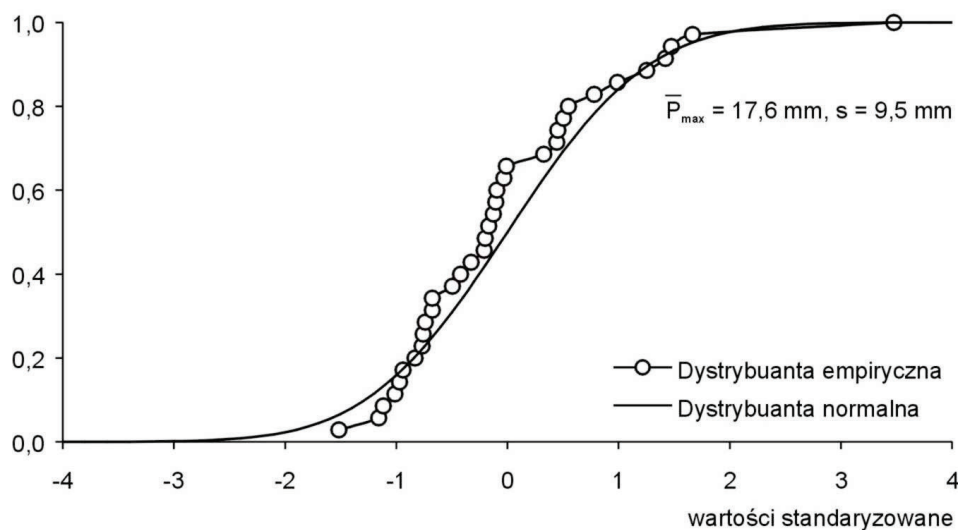
Rys. 136. Prawdopodobieństwo maksymalnych dobowych sum opadów atmosferycznych (P_{\max}) w Warszawie w latach 1966-2000 – lipiec

Fig. 136. Probability of maximal daily precipitation sums (P_{\max}) in Warsaw in years 1966-2000 – July



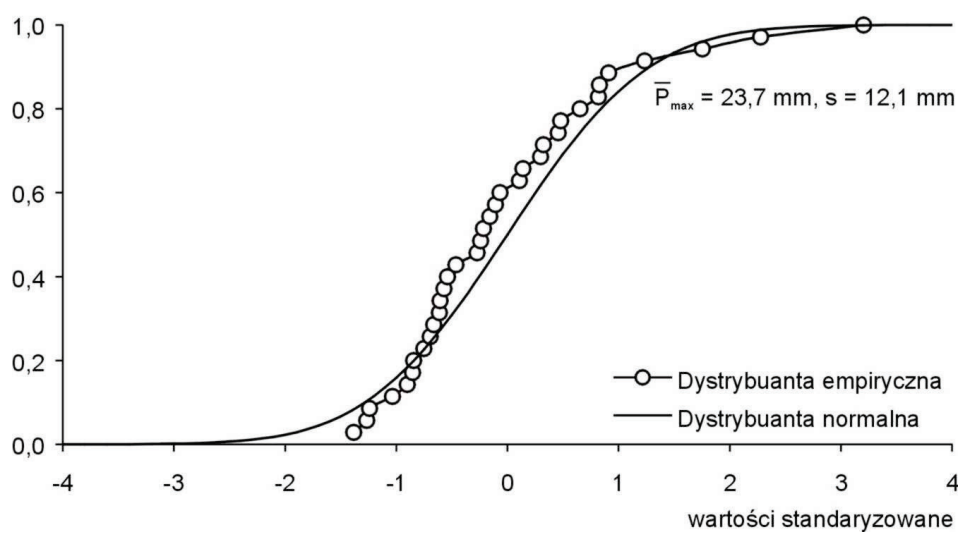
Rys. 137. Prawdopodobieństwo maksymalnych dobowych sum opadów atmosferycznych (P_{\max}) w Krakowie w latach 1966-2000 – lipiec

Fig. 137. Probability of maximal daily precipitation sums (P_{\max}) in Cracow in years 1966-2000 – July



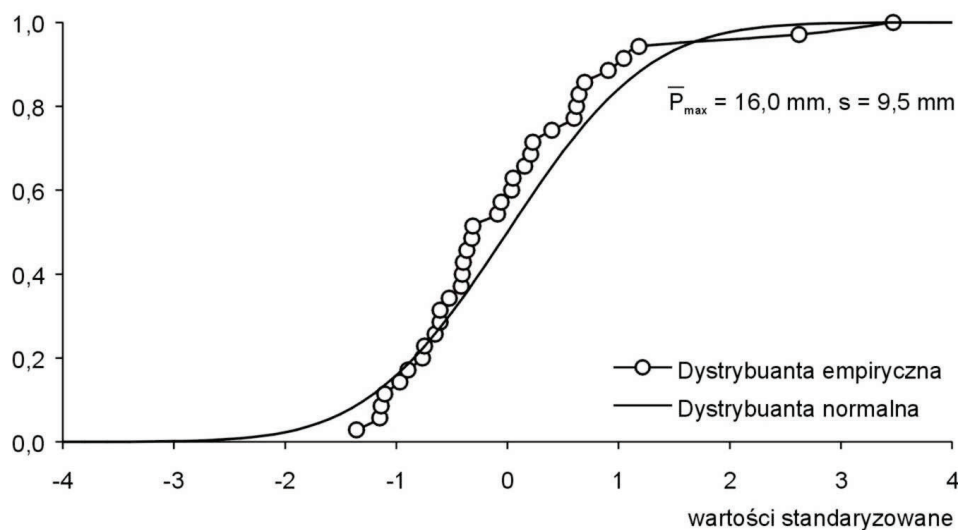
Rys. 138. Prawdopodobieństwo maksymalnych dobowych sum opadów atmosferycznych (P_{\max}) w Warszawie w latach 1966-2000 – sierpień

Fig. 138. Probability of maximal daily precipitation sums (P_{\max}) in Warsaw in years 1966-2000 – August



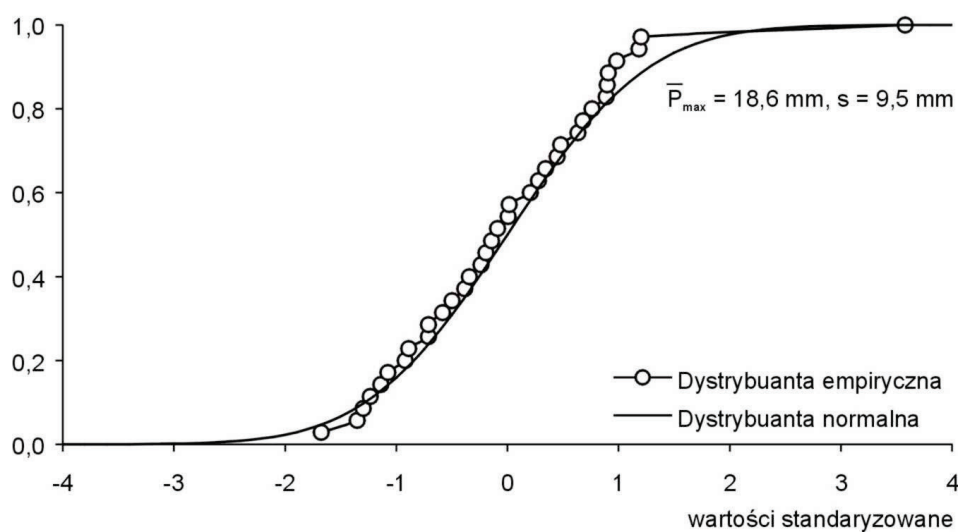
Rys. 139. Prawdopodobieństwo maksymalnych dobowych sum opadów atmosferycznych (P_{\max}) w Krakowie w latach 1966-2000 – sierpień

Fig. 139. Probability of maximal daily precipitation sums (P_{\max}) in Cracow in years 1966-2000 – August



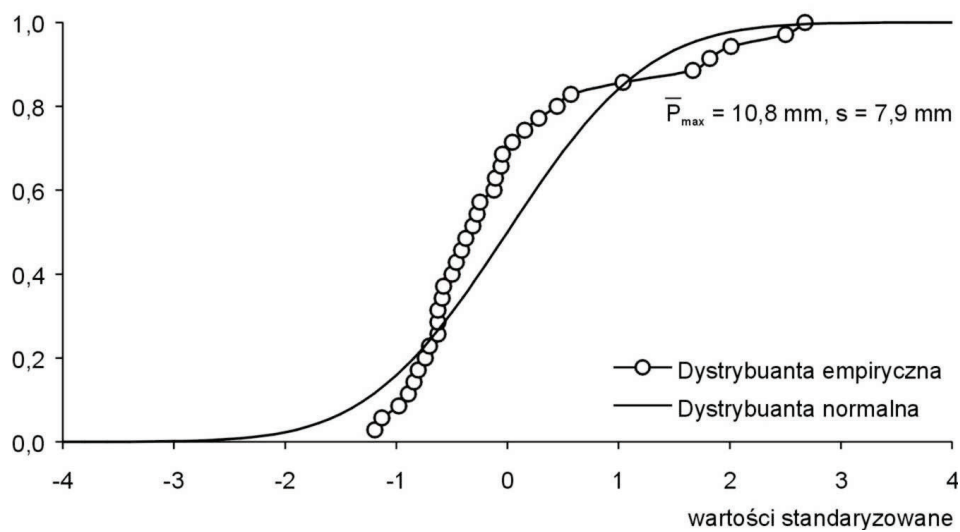
Rys. 140. Prawdopodobieństwo maksymalnych dobowych sum opadów atmosferycznych (P_{\max}) w Warszawie w latach 1966-2000 – wrzesień

Fig. 140. Probability of maximal daily precipitation sums (P_{\max}) in Warsaw in years 1966-2000 – September



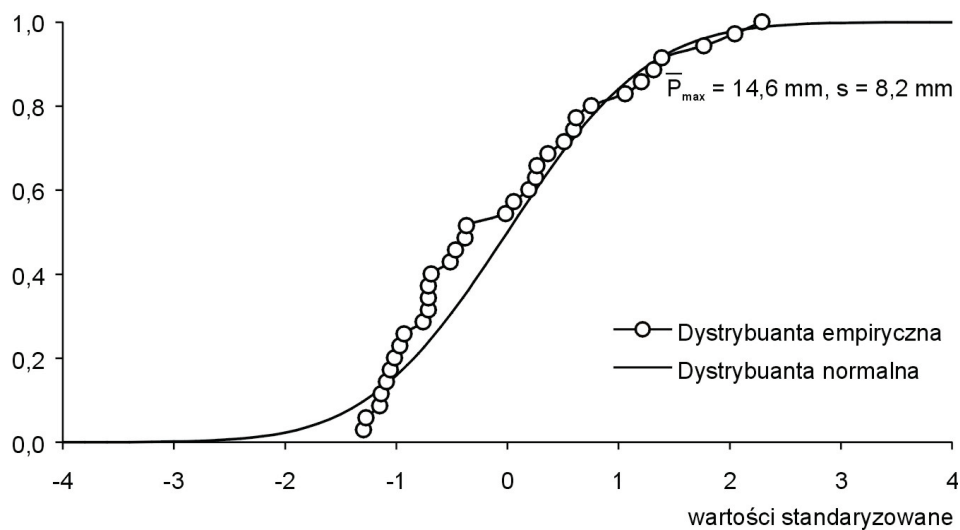
Rys. 141. Prawdopodobieństwo maksymalnych dobowych sum opadów atmosferycznych (P_{\max}) w Krakowie w latach 1966-2000 – wrzesień

Fig. 141. Probability of maximal daily precipitation sums (P_{\max}) in Cracow in years 1966-2000 – September



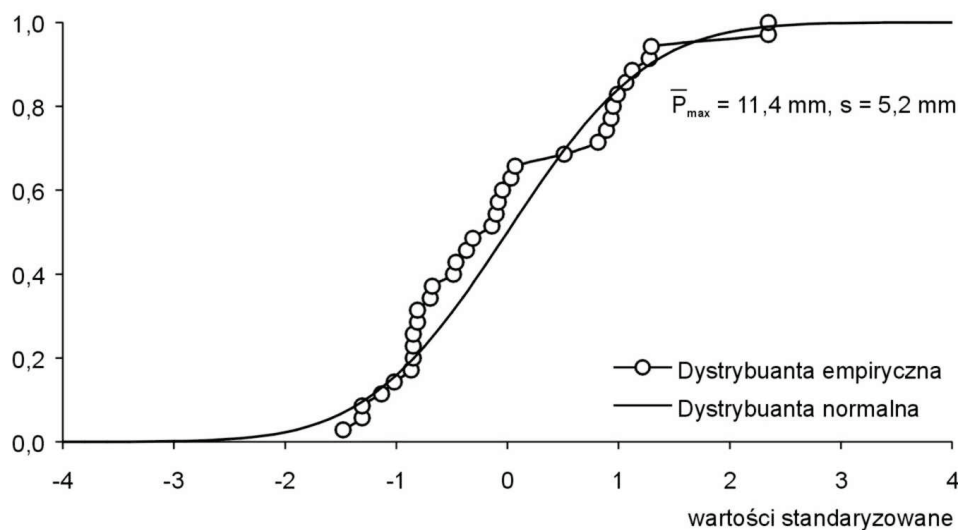
Rys. 142. Prawdopodobieństwo maksymalnych dobowych sum opadów atmosferycznych (P_{\max}) w Warszawie w latach 1966-2000 – październik

Fig. 142. Probability of maximal daily precipitation sums (P_{\max}) in Warsaw in years 1966-2000 – October



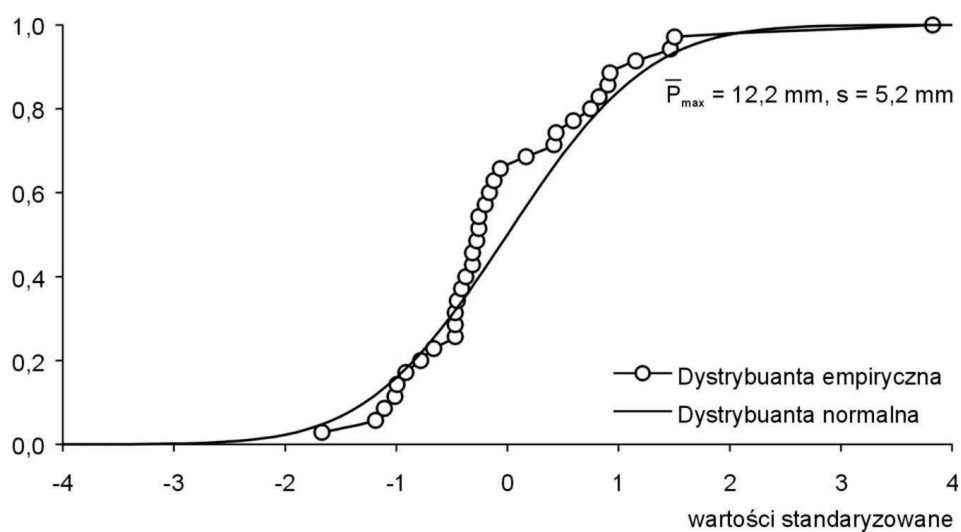
Rys. 143. Prawdopodobieństwo maksymalnych dobowych sum opadów atmosferycznych (P_{\max}) w Krakowie w latach 1966-2000 – październik

Fig. 143. Probability of maximal daily precipitation sums (P_{\max}) in Cracow in years 1966-2000 – October



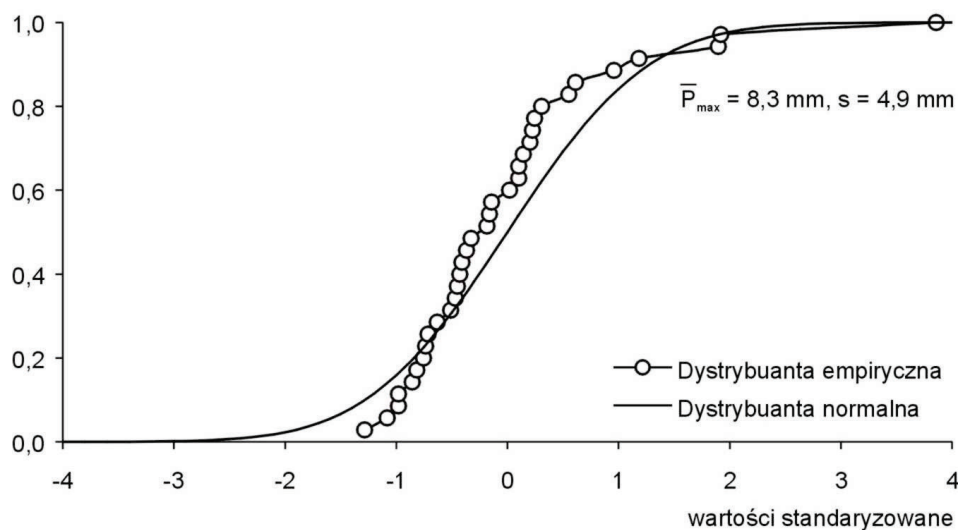
Rys. 144. Prawdopodobieństwo maksymalnych dobowych sum opadów atmosferycznych (P_{\max}) w Warszawie w latach 1966-2000 – listopad

Fig. 144. Probability of maximal daily precipitation sums (P_{\max}) in Warsaw in years 1966-2000 – November



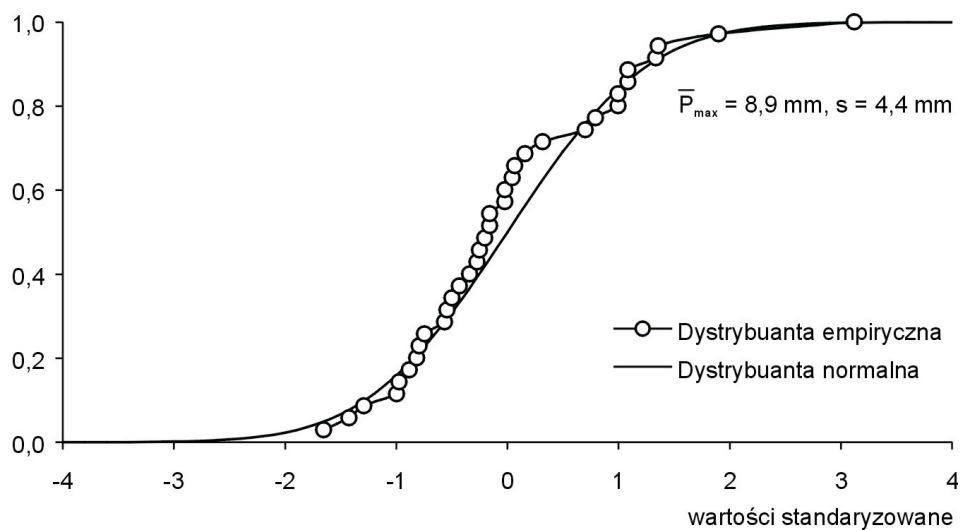
Rys. 145. Prawdopodobieństwo maksymalnych dobowych sum opadów atmosferycznych (P_{\max}) w Krakowie w latach 1966-2000 – listopad

Fig. 145. Probability of maximal daily precipitation sums (P_{\max}) in Cracow in years 1966-2000 – November



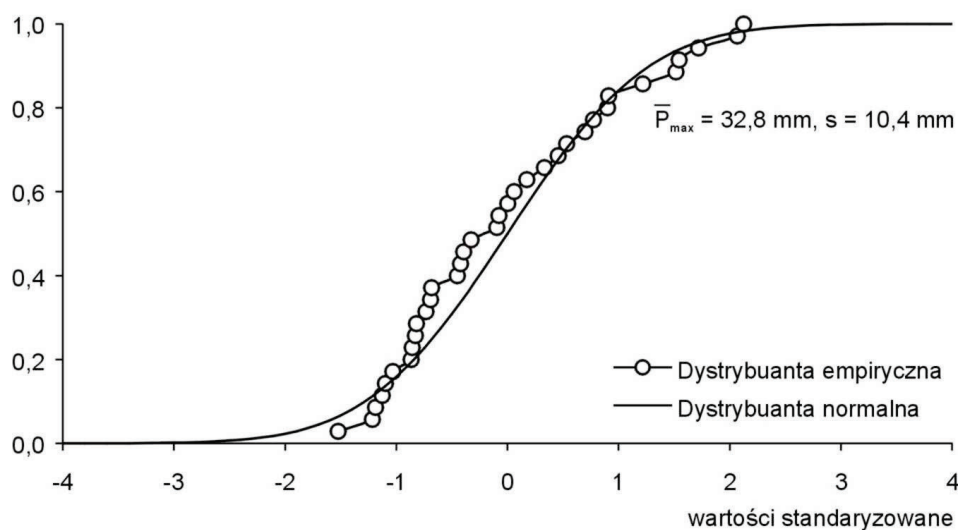
Rys. 146. Prawdopodobieństwo maksymalnych dobowych sum opadów atmosferycznych (P_{\max}) w Warszawie w latach 1966-2000 – grudzień

Fig. 146. Probability of maximal daily precipitation sums (P_{\max}) in Warsaw in years 1966-2000 – December



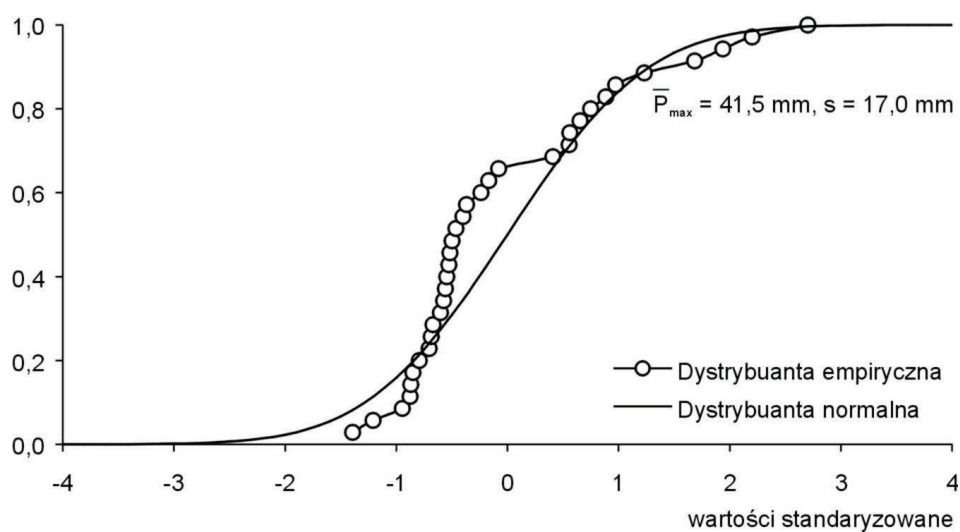
Rys. 147. Prawdopodobieństwo maksymalnych dobowych sum opadów atmosferycznych (P_{\max}) w Krakowie w latach 1966-2000 – grudzień

Fig. 147. Probability of maximal daily precipitation sums (P_{\max}) in Cracow in years 1966-2000 – December



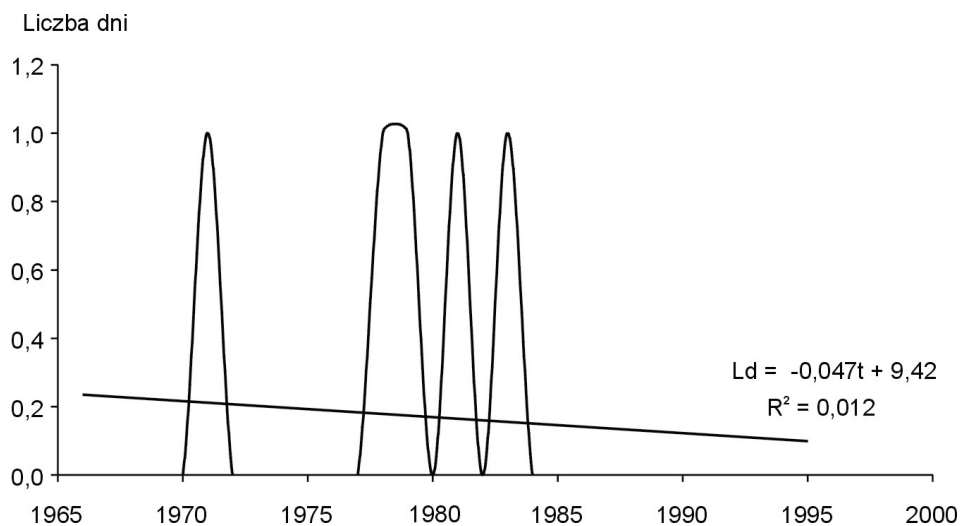
Rys. 148. Prawdopodobieństwo maksymalnych dobowych sum opadów atmosferycznych (P_{\max}) w Warszawie w latach 1966-2000 – rok

Fig. 148. Probability of maximal daily precipitation sums (P_{\max}) in Warsaw in years 1966-2000 – year



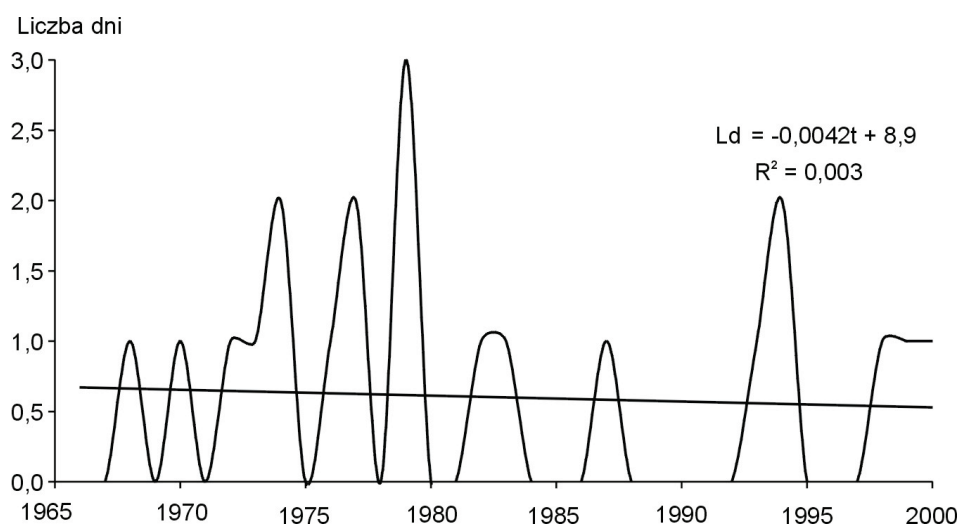
Rys. 149. Prawdopodobieństwo maksymalnych dobowych sum opadów atmosferycznych (P_{\max}) w Krakowie w latach 1966-2000 – rok

Fig. 149. Probability of maximal daily precipitation sums (P_{\max}) in Cracow in years 1966-2000 – year



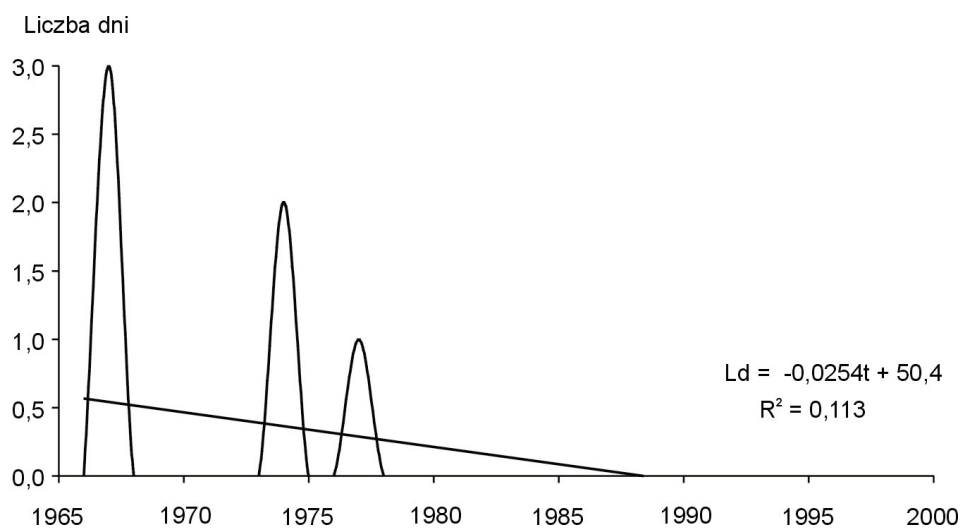
Rys. 150. Tendencje liczby dni z dobową sumą opadów atmosferycznych ≥ 10 mm w Warszawie w latach 1966-1995 – styczeń

Fig. 150. The tendency of numbers of days with daily precipitation sums ≥ 10 mm in Warsaw in years 1966-1995 – January



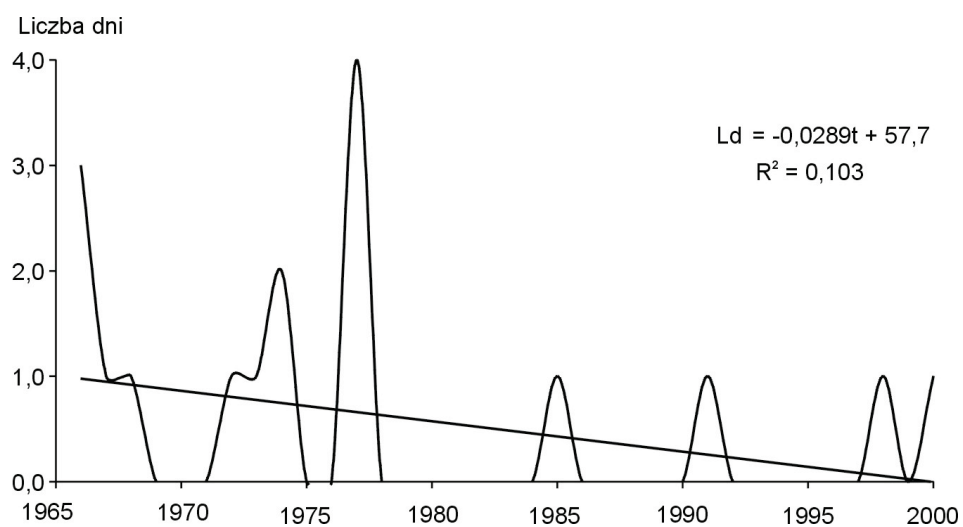
Rys. 151. Tendencje liczby dni z dobową sumą opadów atmosferycznych ≥ 10 mm w Krakowie w latach 1966-2000 – styczeń

Fig. 151. The tendency of numbers of days with daily precipitation sums ≥ 10 mm in Cracow in years 1966-2000 – January



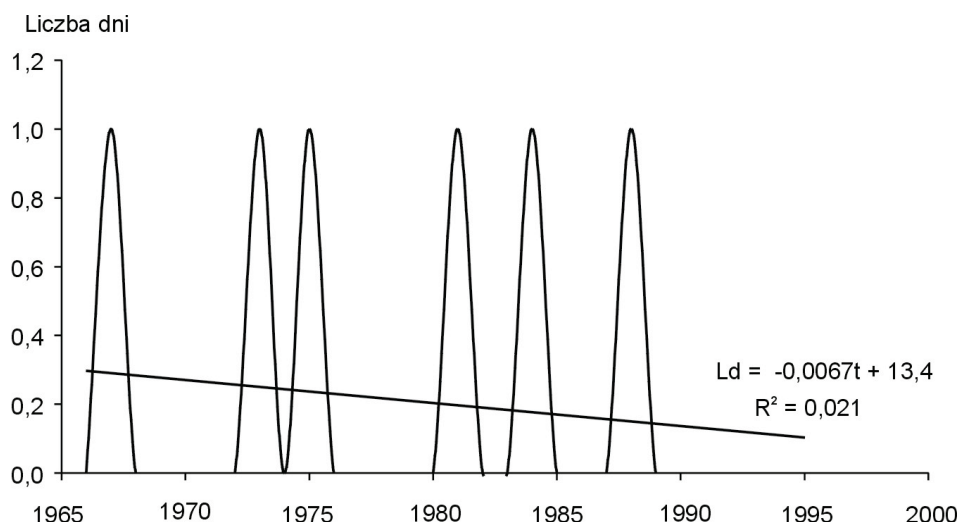
Rys. 152. Tendencje liczby dni z dobową sumą opadów atmosferycznych ≥ 10 mm w Warszawie w latach 1966-1995 – luty

Fig. 152. The tendency of numbers of days with daily precipitation sums ≥ 10 mm in Warsaw in years 1966-1995 – February



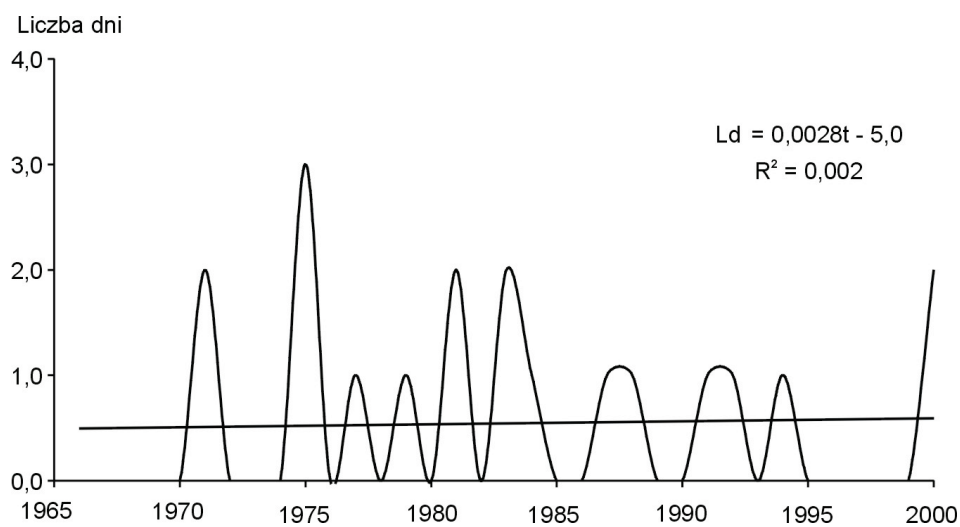
Rys. 153. Tendencje liczby dni z dobową sumą opadów atmosferycznych ≥ 10 mm w Krakowie w latach 1966-2000 – luty

Fig. 153. The tendency of numbers of days with daily precipitation sums ≥ 10 mm in Cracow in years 1966-2000 – February



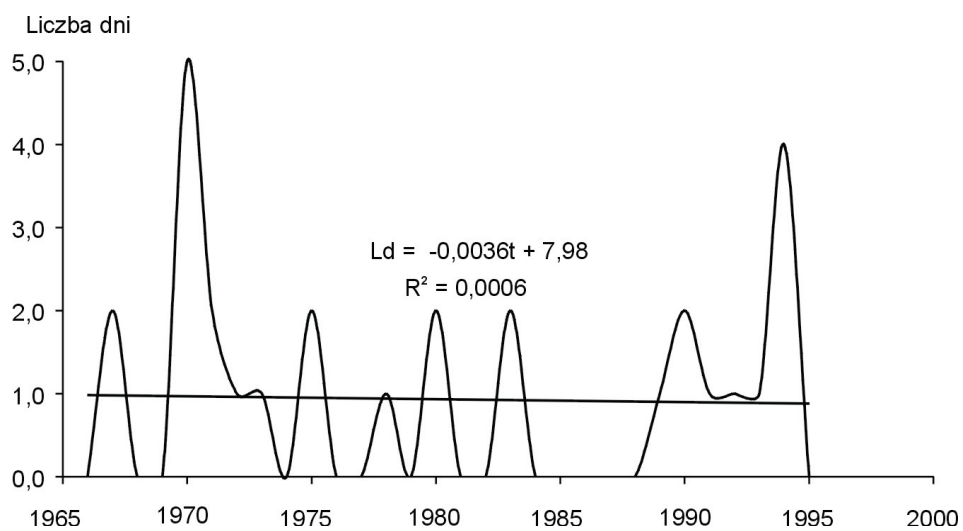
Rys. 154. Tendencje liczby dni z dobową sumą opadów atmosferycznych ≥ 10 mm w Warszawie w latach 1966-1995 – marzec

Fig. 154. The tendency of numbers of days with daily precipitation sums ≥ 10 mm in Warsaw in years 1966-1995 – March



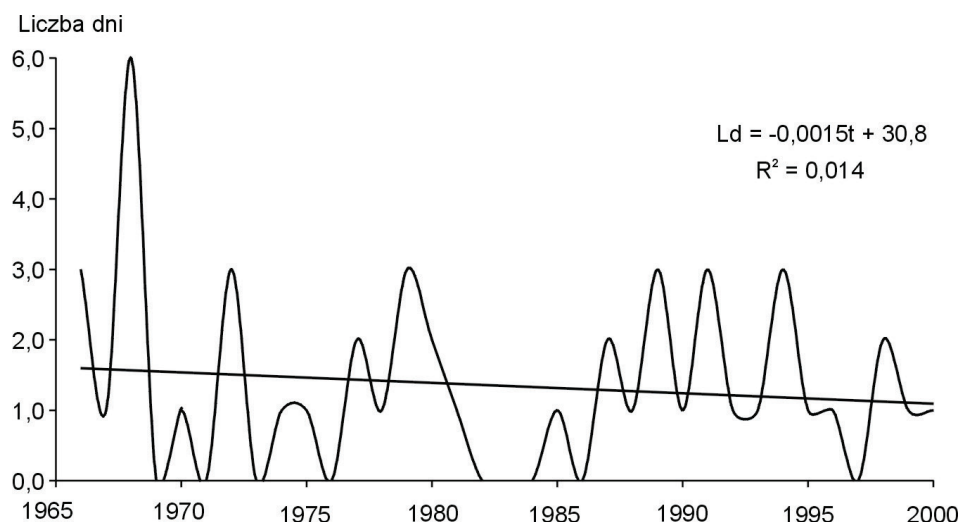
Rys. 155. Tendencje liczby dni z dobową sumą opadów atmosferycznych ≥ 10 mm w Krakowie w latach 1966-2000 – marzec

Fig. 155. The tendency of numbers of days with daily precipitation sums ≥ 10 mm in Cracow in years 1966-2000 – March



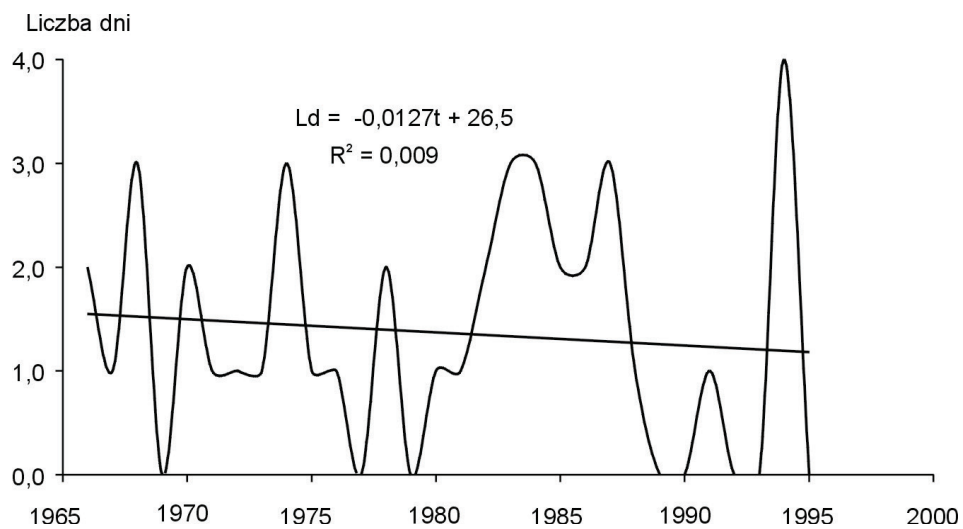
Rys. 156. Tendencje liczby dni z dobową sumą opadów atmosferycznych ≥ 10 mm w Warszawie w latach 1966-1995 – kwiecień

Fig. 156. The tendency of numbers of days with daily precipitation sums ≥ 10 mm in Warsaw in years 1966-1995 – April



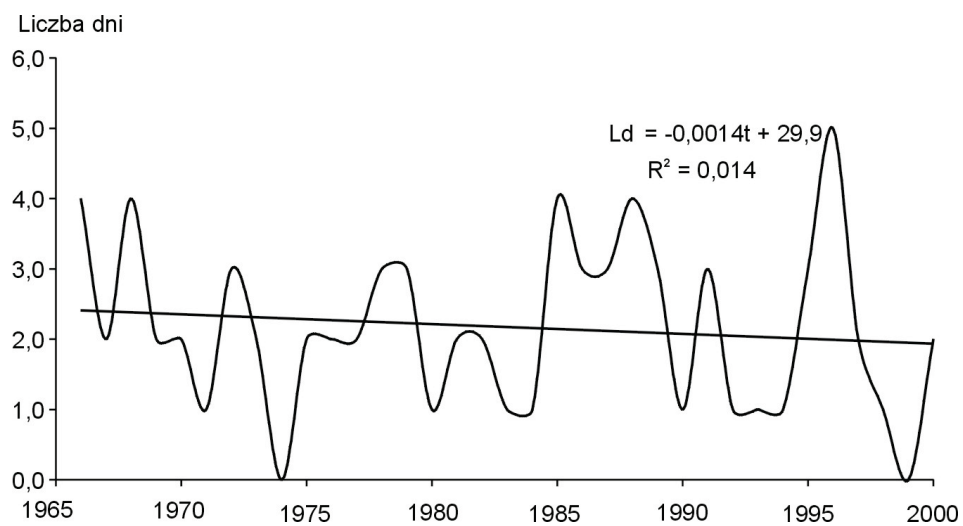
Rys. 157. Tendencje liczby dni z dobową sumą opadów atmosferycznych ≥ 10 mm w Krakowie w latach 1966-2000 – kwiecień

Fig. 157. The tendency of numbers of days with daily precipitation sums ≥ 10 mm in Cracow in years 1966-2000 – April



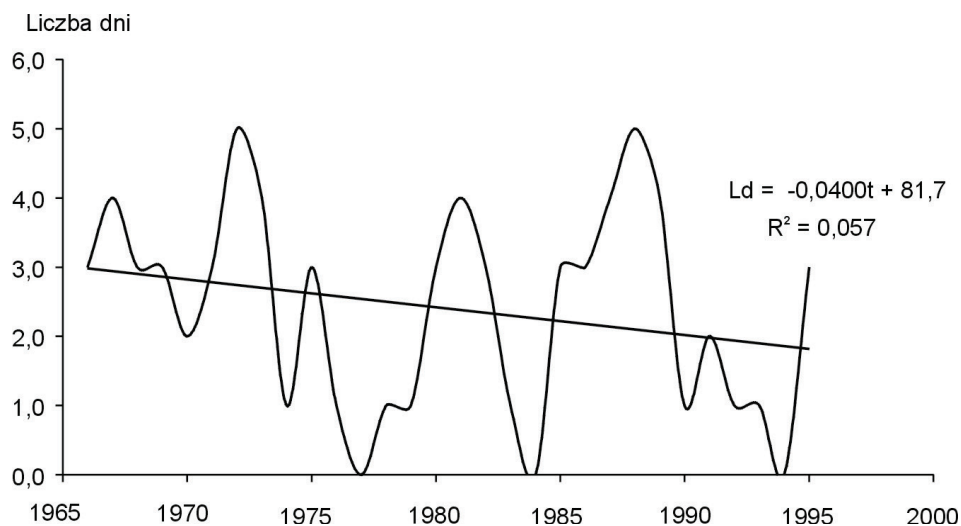
Rys. 158. Tendencje liczby dni z dobową sumą opadów atmosferycznych ≥ 10 mm w Warszawie w latach 1966-1995 – maj

Fig. 158. The tendency of numbers of days with daily precipitation sums ≥ 10 mm in Warsaw in years 1966-1995 – May



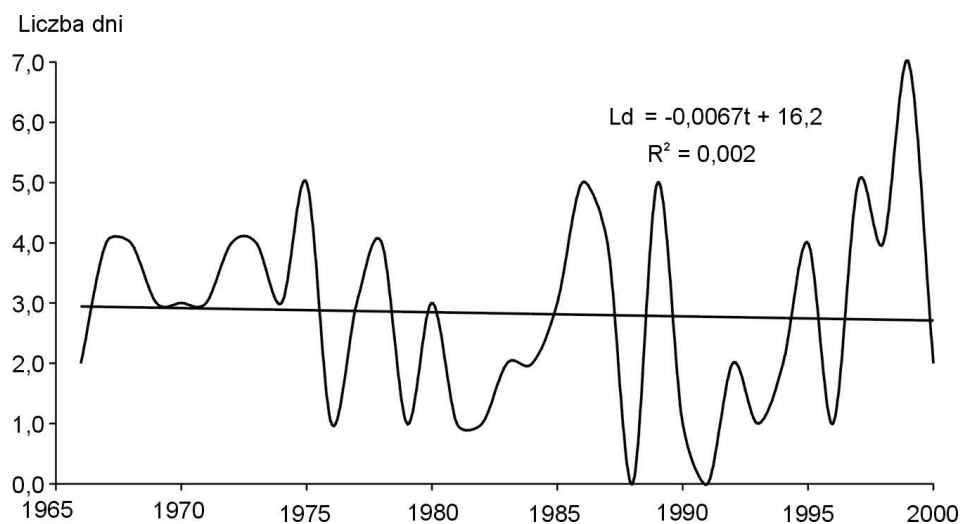
Rys. 159. Tendencje liczby dni z dobową sumą opadów atmosferycznych ≥ 10 mm w Krakowie w latach 1966-2000 – maj

Fig. 159. The tendency of numbers of days with daily precipitation sums ≥ 10 mm in Cracow in years 1966-2000 – May



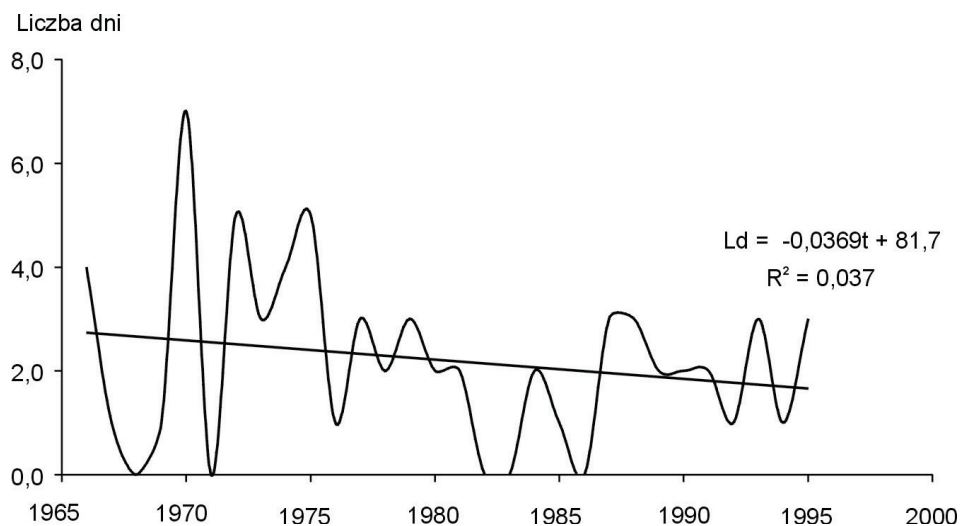
Rys. 160. Tendencje liczby dni z dobową sumą opadów atmosferycznych ≥ 10 mm w Warszawie w latach 1966-1995 – czerwiec

Fig. 160. The tendency of numbers of days with daily precipitation sums ≥ 10 mm in Warsaw in years 1966-1995 – June



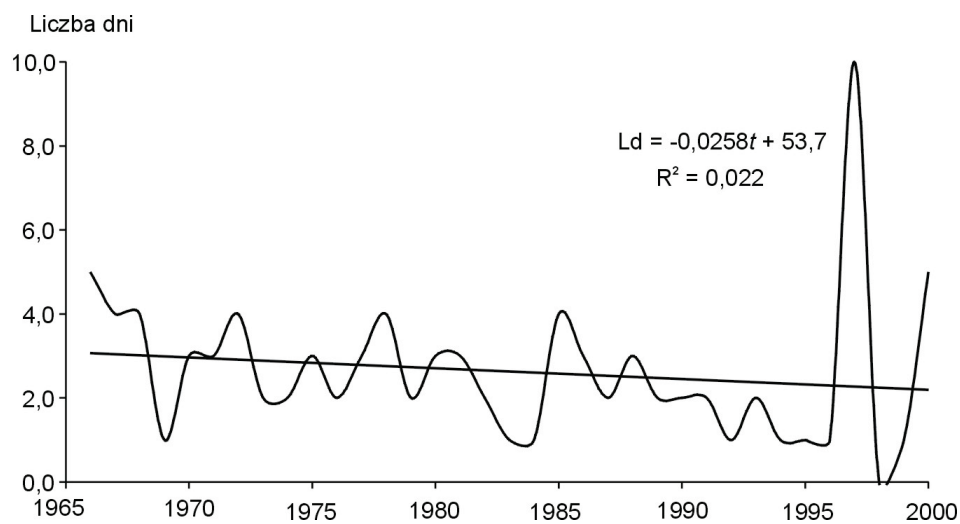
Rys. 161. Tendencje liczby dni z dobową sumą opadów atmosferycznych ≥ 10 mm w Krakowie w latach 1966-2000 – czerwiec

Fig. 161. The tendency of numbers of days with daily precipitation sums ≥ 10 mm in Cracow in years 1966-2000 – June



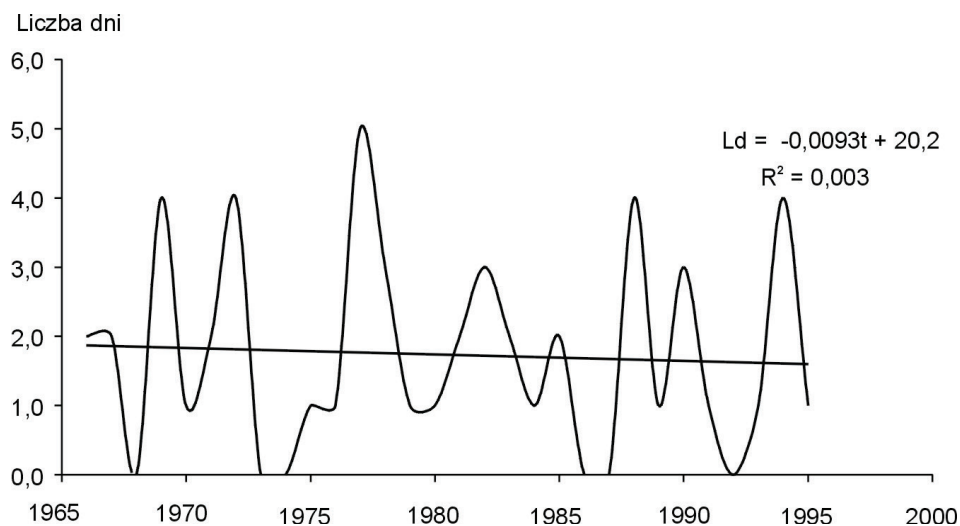
Rys. 162. Tendencje liczby dni z dobową sumą opadów atmosferycznych ≥ 10 mm w Warszawie w latach 1966-1995 – lipiec

Fig. 162. The tendency of numbers of days with daily precipitation sums ≥ 10 mm in Warsaw in years 1966-1995 – July



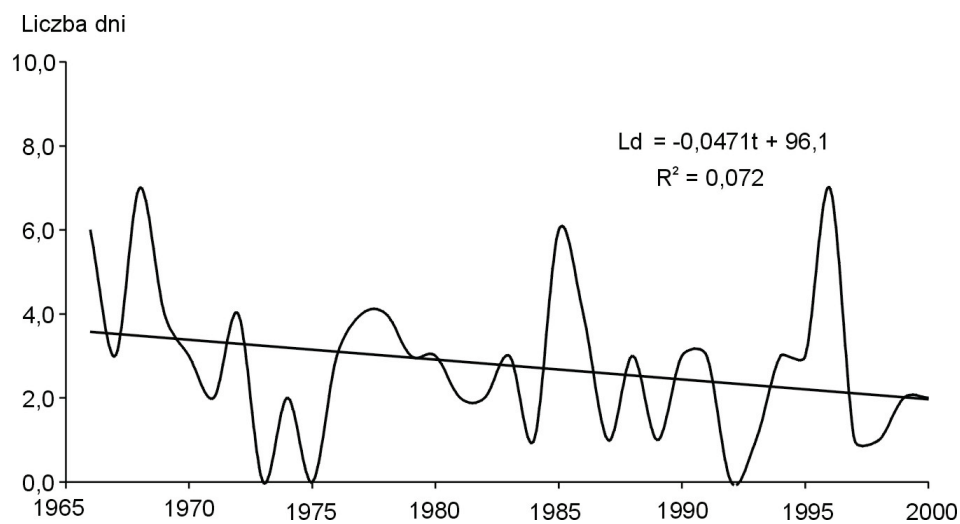
Rys. 163. Tendencje liczby dni z dobową sumą opadów atmosferycznych ≥ 10 mm w Krakowie w latach 1966-2000 – lipiec

Fig. 163. The tendency of numbers of days with daily precipitation sums ≥ 10 mm in Cracow in years 1966-2000 – July



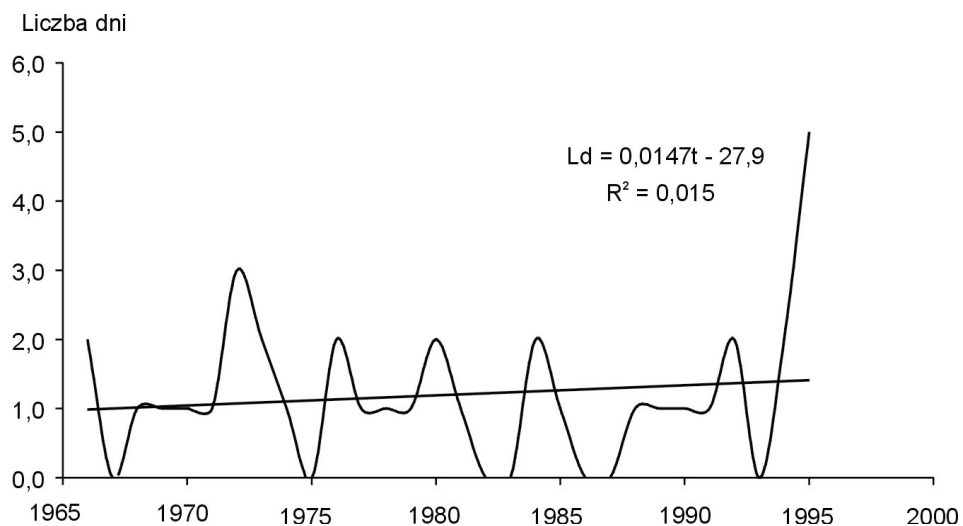
Rys. 164. Tendencje liczby dni z dobową sumą opadów atmosferycznych ≥ 10 mm w Warszawie w latach 1966-1995 – sierpień

Fig. 164. The tendency of numbers of days with daily precipitation sums ≥ 10 mm in Warsaw in years 1966-1995 – August



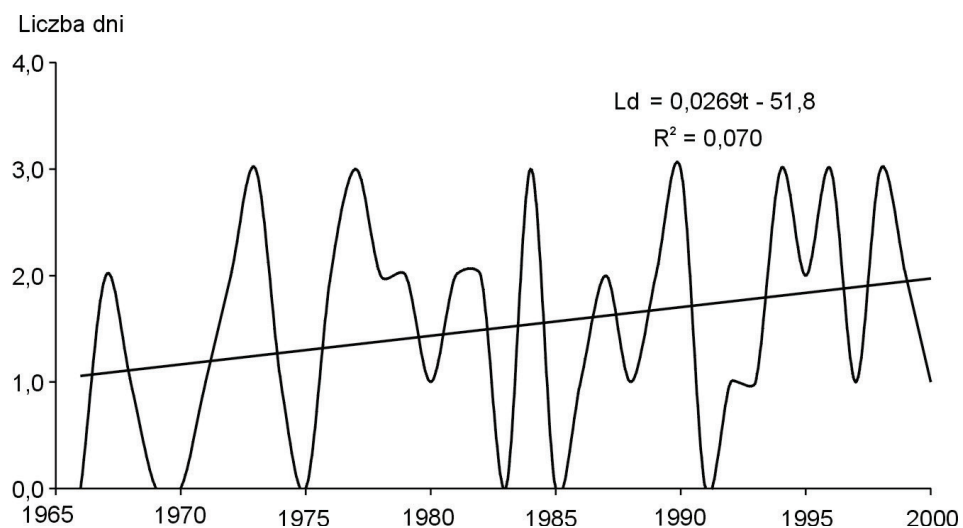
Rys. 165. Tendencje liczby dni z dobową sumą opadów atmosferycznych ≥ 10 mm w Krakowie w latach 1966-2000 – sierpień

Fig. 165. The tendency of numbers of days with daily precipitation sums ≥ 10 mm in Cracow in years 1966-2000 – August



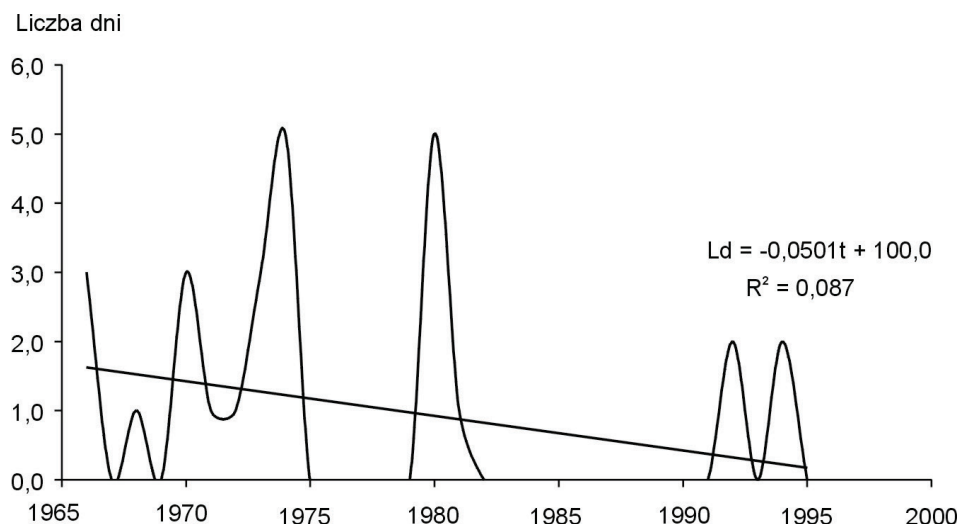
Rys. 166. Tendencje liczby dni z dobową sumą opadów atmosferycznych ≥ 10 mm w Warszawie w latach 1966-1995 – wrzesień

Fig. 166. The tendency of numbers of days with daily precipitation sums ≥ 10 mm in Warsaw in years 1966-1995 – September



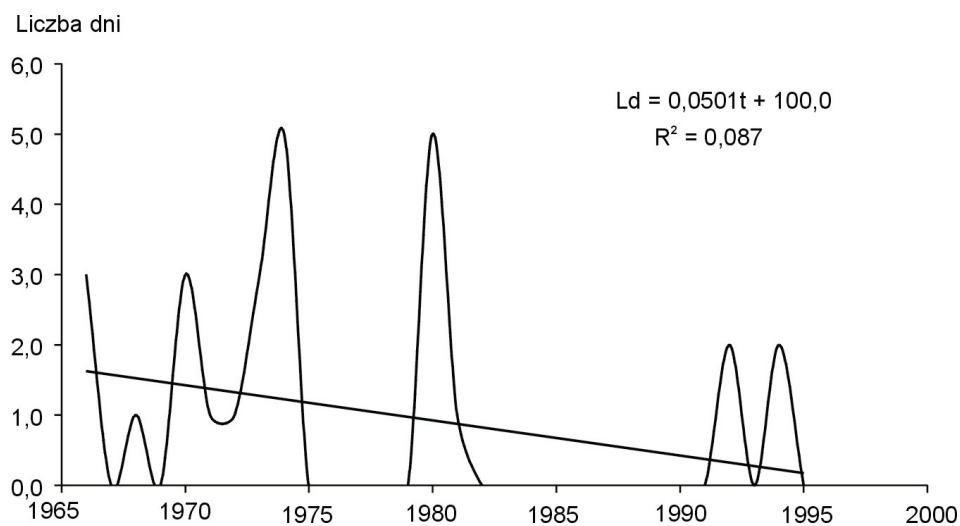
Rys. 167. Tendencje liczby dni z dobową sumą opadów atmosferycznych ≥ 10 mm w Krakowie w latach 1966-2000 – wrzesień

Fig. 167. The tendency of numbers of days with daily precipitation sums ≥ 10 mm in Cracow in years 1966-2000 – September



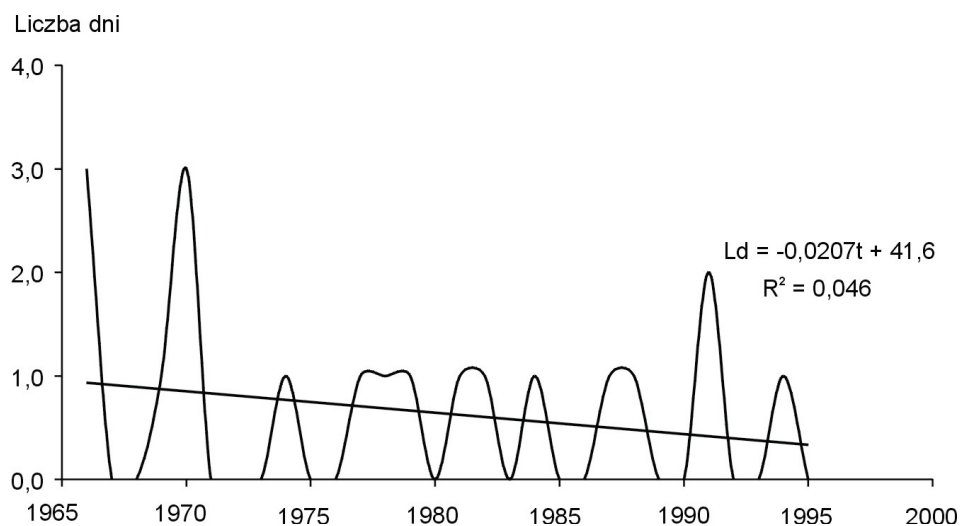
Rys. 168. Tendencje liczby dni z dobową sumą opadów atmosferycznych ≥ 10 mm w Warszawie w latach 1966-1995 – październik

Fig. 168. The tendency of numbers of days with daily precipitation sums ≥ 10 mm in Warsaw in years 1966-1995 – October



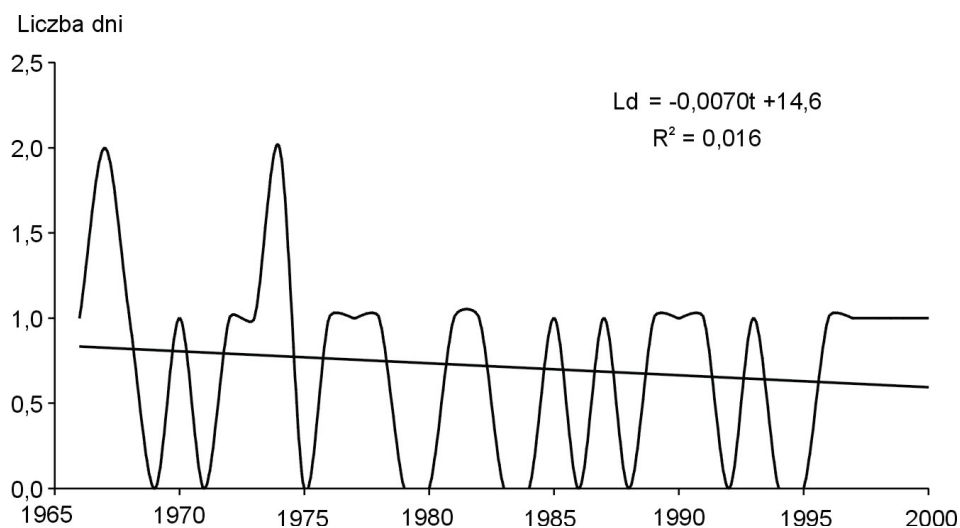
Rys. 169. Tendencje liczby dni z dobową sumą opadów atmosferycznych ≥ 10 mm w Krakowie w latach 1966-2000 – październik

Fig. 169. The tendency of numbers of days with daily precipitation sums ≥ 10 mm in Cracow in years 1966-2000 – October



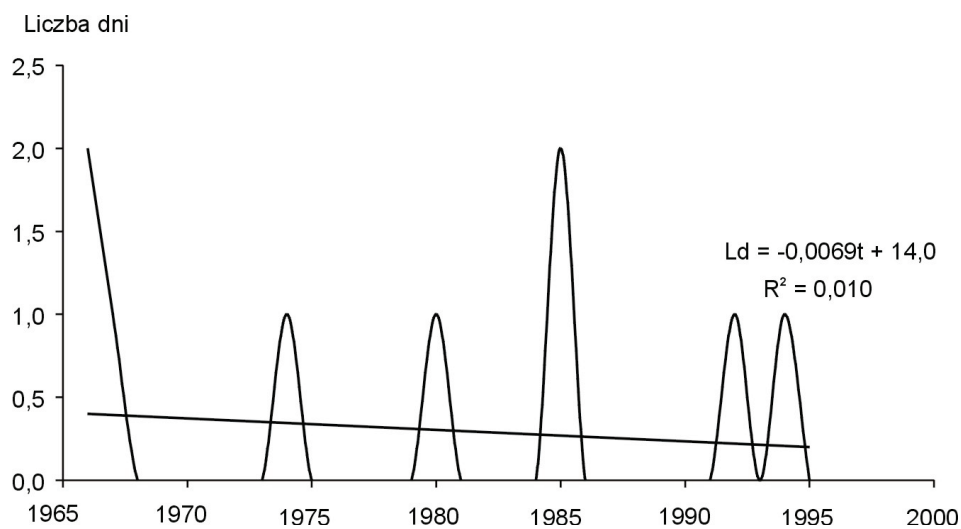
Rys. 170. Tendencje liczby dni z dobową sumą opadów atmosferycznych ≥ 10 mm w Warszawie w latach 1966-1995 – listopad

Fig. 170. The tendency of numbers of days with daily precipitation sums ≥ 10 mm in Warsaw in years 1966-1995 – November



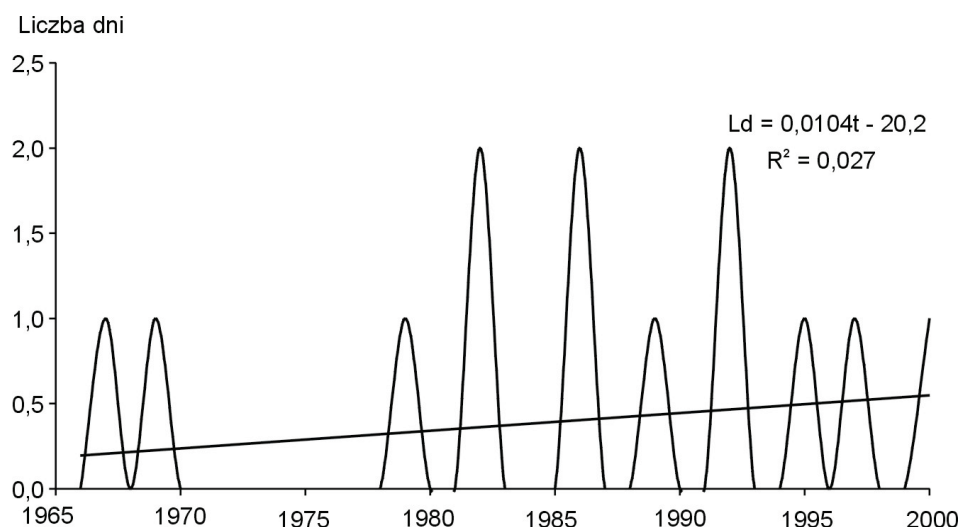
Rys. 171. Tendencje liczby dni z dobową sumą opadów atmosferycznych ≥ 10 mm w Krakowie w latach 1966-2000 – listopad

Fig. 171. The tendency of numbers of days with daily precipitation sums ≥ 10 mm in Cracow in years 1966-2000 – November



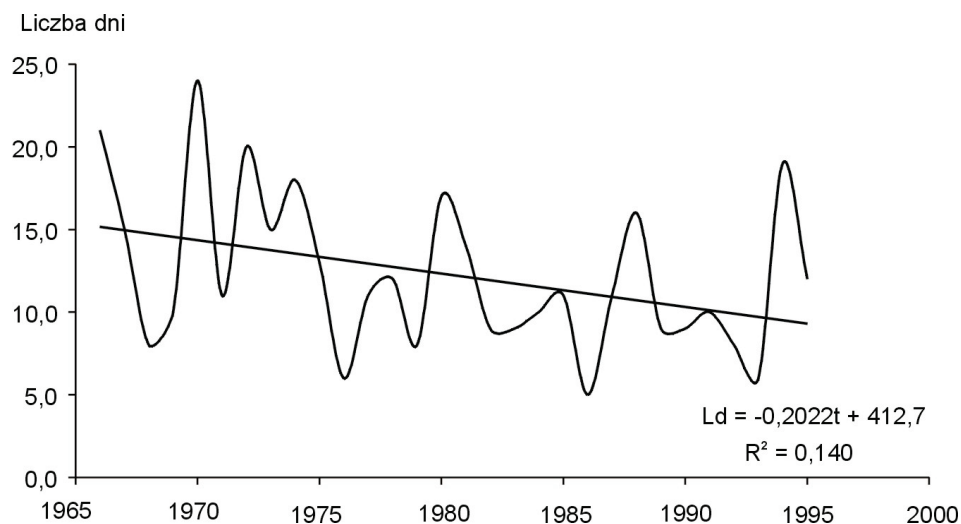
Rys. 172. Tendencje liczby dni z dobową sumą opadów atmosferycznych ≥ 10 mm w Warszawie w latach 1966-1995 – grudzień

Fig. 172. The tendency of numbers of days with daily precipitation sums ≥ 10 mm in Warsaw in years 1966-1995 – December



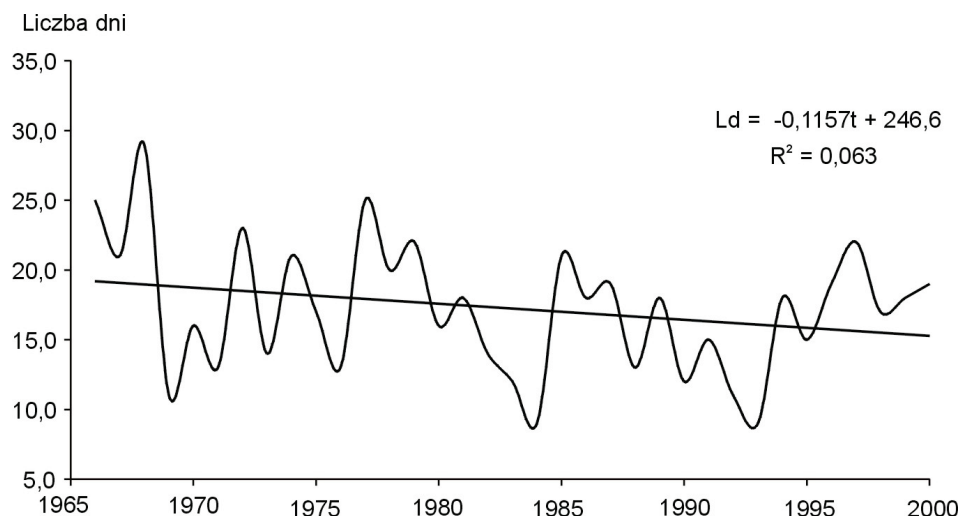
Rys. 173. Tendencje liczby dni z dobową sumą opadów atmosferycznych ≥ 10 mm w Krakowie w latach 1966-2000 – grudzień

Fig. 173. The tendency of numbers of days with daily precipitation sums ≥ 10 mm in Cracow in years 1966-2000 – December



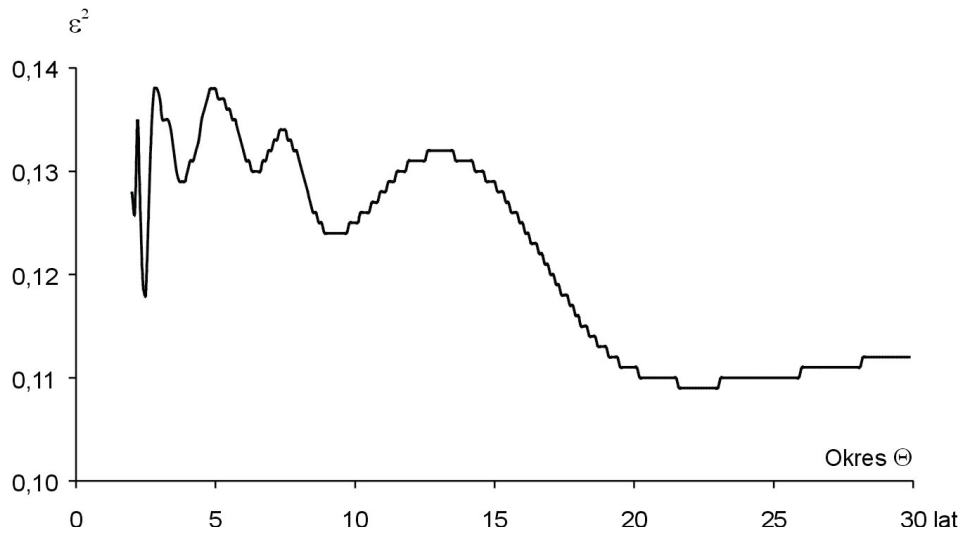
Rys. 174. Tendencje liczby dni z dobową sumą opadów atmosferycznych ≥ 10 mm w Warszawie w latach 1966-1995 – rok

Fig. 174. The tendency of numbers of days with daily precipitation sums ≥ 10 mm in Warsaw in years 1966-1995 – year



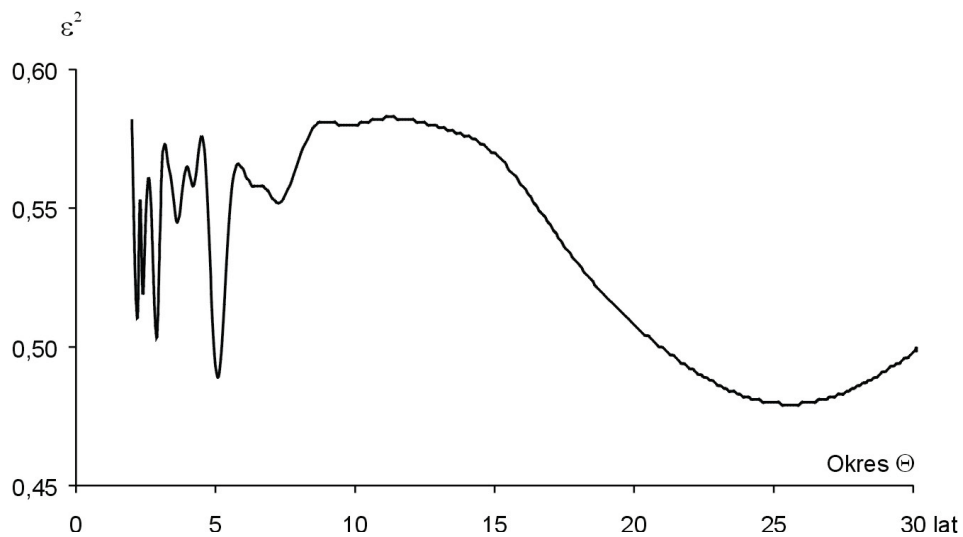
Rys. 175. Tendencje liczby dni z dobową sumą opadów atmosferycznych ≥ 10 mm w Krakowie w latach 1966-2000 – rok

Fig. 175. The tendency of numbers of days with daily precipitation sums ≥ 10 mm in Cracow in years 1966-2000 – year



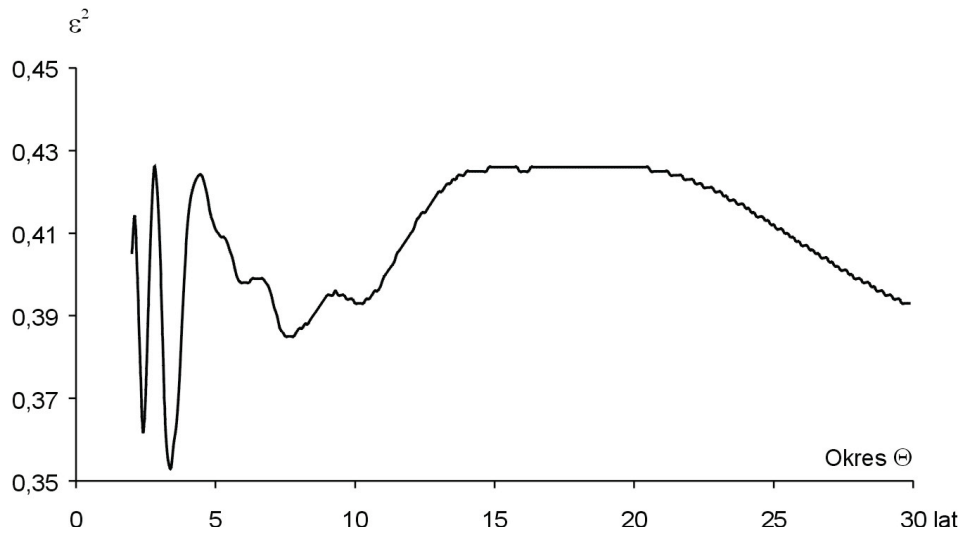
Rys. 176. Widmo liczby dni z dobową sumą opadów atmosferycznych ≥ 10 mm w Warszawie w latach 1966-1995 – styczeń

Fig. 176. Spectrum of numbers of days with daily precipitation sums ≥ 10 mm in Warsaw in years 1966-1995 – January



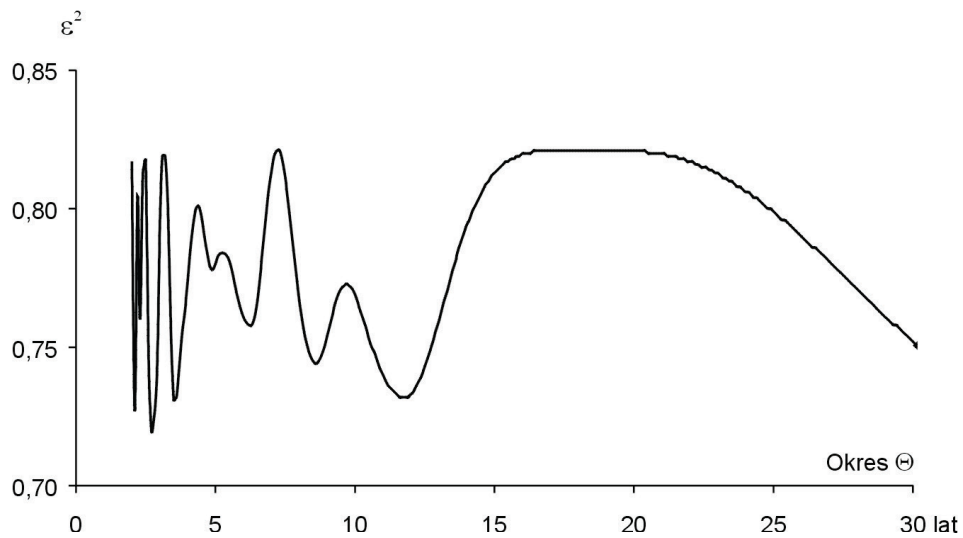
Rys. 177. Widmo liczby dni z dobową sumą opadów atmosferycznych ≥ 10 mm w Krakowie w latach 1966-2000 – styczeń

Fig. 177. Spectrum of numbers of days with daily precipitation sums ≥ 10 mm in Cracow in years 1966-2000 – January



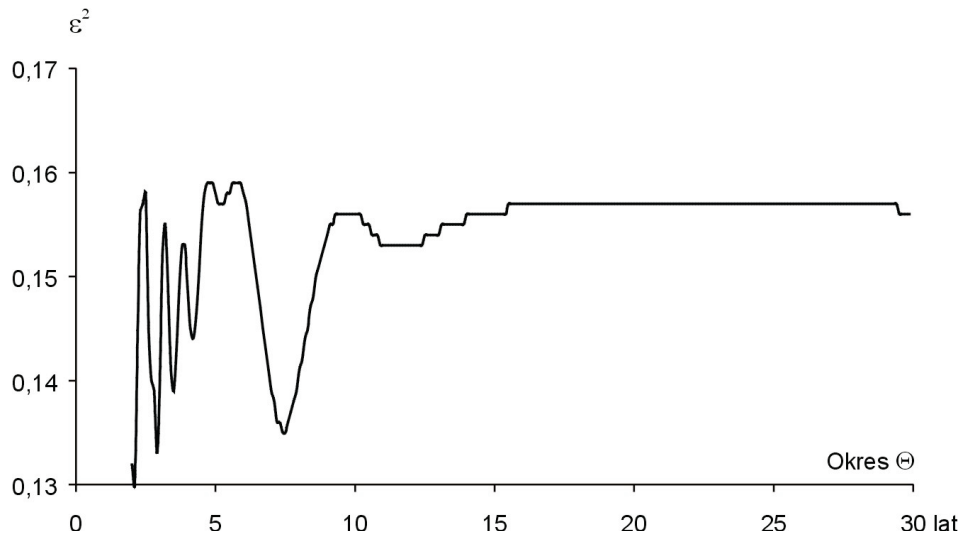
Rys. 178. Widmo liczby dni z dobową sumą opadów atmosferycznych ≥ 10 mm w Warszawie w latach 1966-1995 – luty

Fig. 178. Spectrum of numbers of days with daily precipitation sums ≥ 10 mm in Warsaw in years 1966-1995 – February



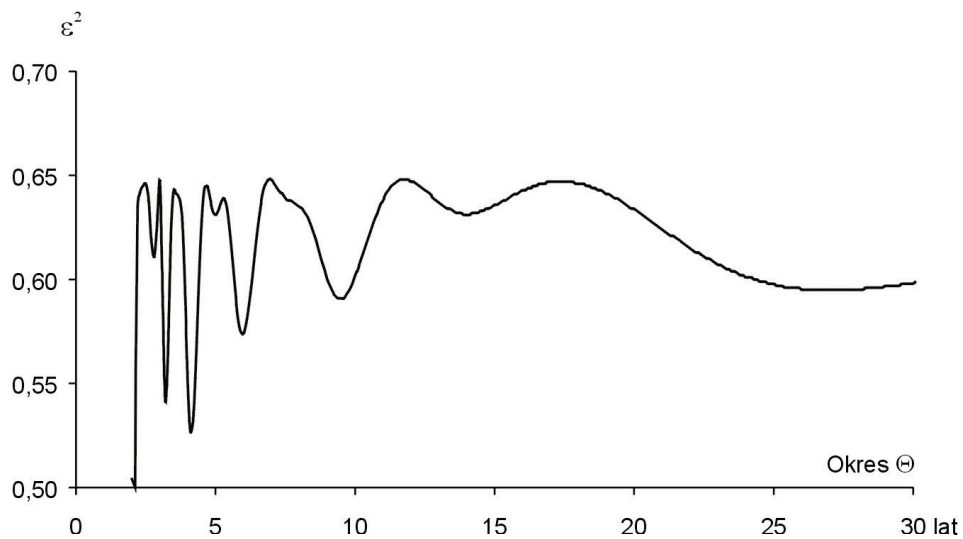
Rys. 179. Widmo liczby dni z dobową sumą opadów atmosferycznych ≥ 10 mm w Krakowie w latach 1966-2000 – luty

Fig. 179. Spectrum of numbers of days with daily precipitation sums ≥ 10 mm in Cracow in years 1966-2000 – February



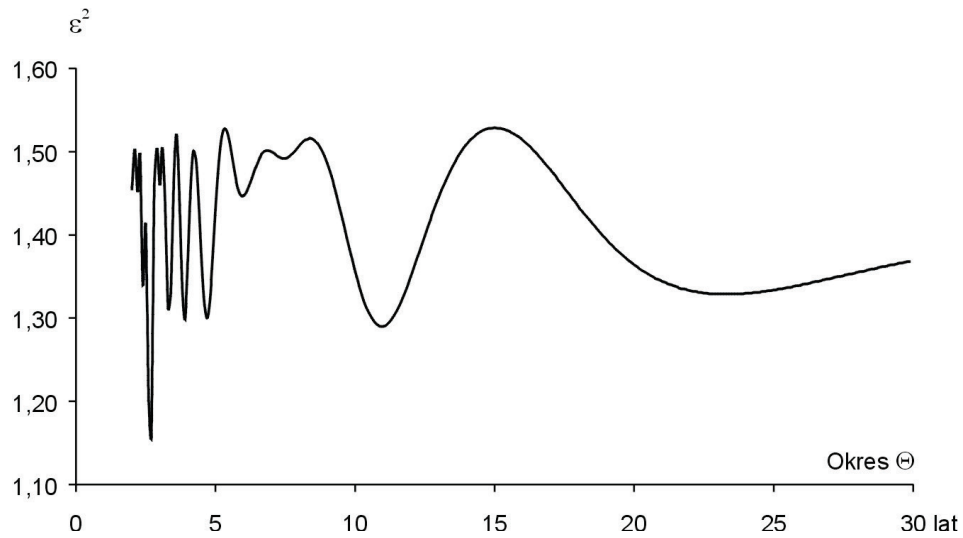
Rys. 180. Widmo liczby dni z dobową sumą opadów atmosferycznych ≥ 10 mm w Warszawie w latach 1966-1995 – marzec

Fig. 180. Spectrum of numbers of days with daily precipitation sums ≥ 10 mm in Warsaw in years 1966-1995 – March



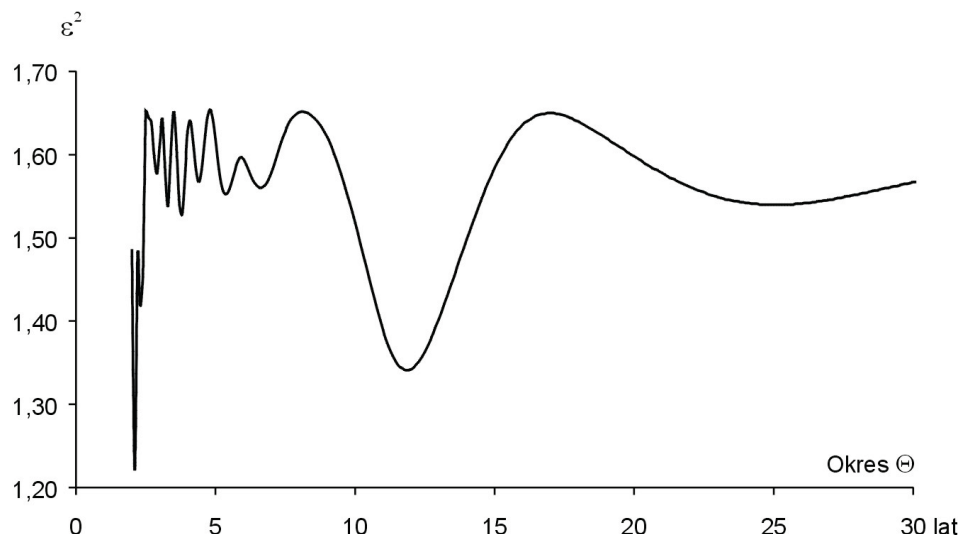
Rys. 181. Widmo liczby dni z dobową sumą opadów atmosferycznych ≥ 10 mm w Krakowie w latach 1966-2000 – marzec

Fig. 181. Spectrum of numbers of days with daily precipitation sums ≥ 10 mm in Cracow in years 1966-2000 – March



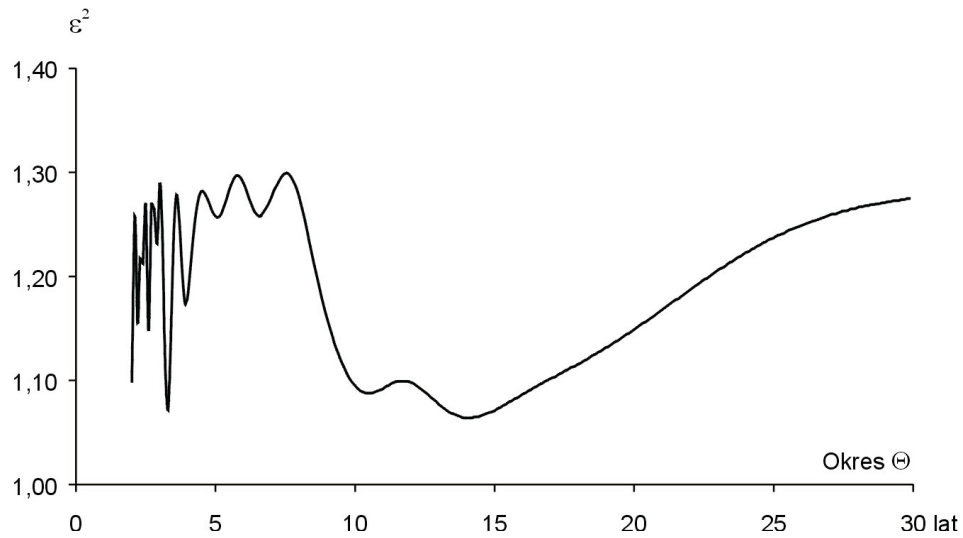
Rys. 182. Widmo liczby dni z dobową sumą opadów atmosferycznych ≥ 10 mm w Warszawie w latach 1966-1995 – kwiecień

Fig. 182. Spectrum of numbers of days with daily precipitation sums ≥ 10 mm in Warsaw in years 1966-1995 – April



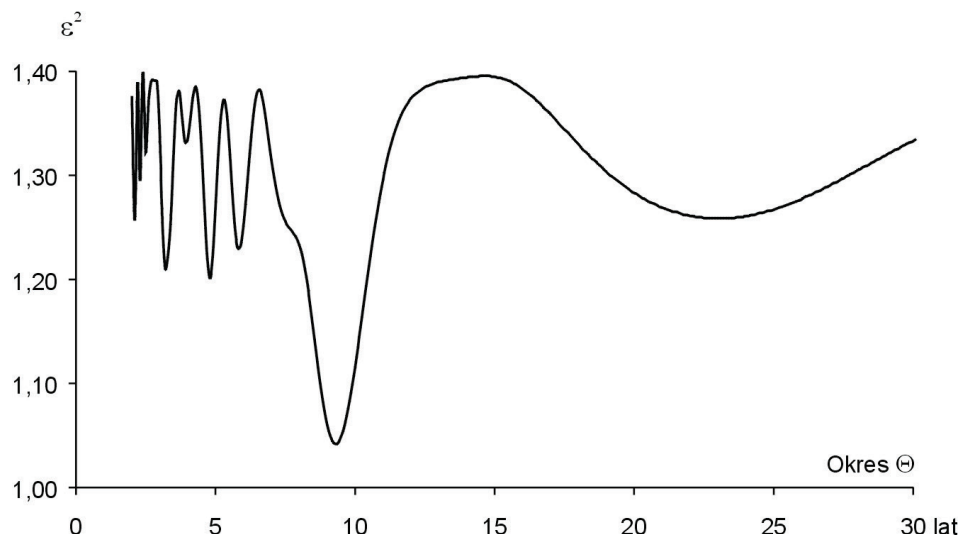
Rys. 183. Widmo liczby dni z dobową sumą opadów atmosferycznych ≥ 10 mm w Krakowie w latach 1966-2000 – kwiecień

Fig. 183. Spectrum of numbers of days with daily precipitation sums ≥ 10 mm in Cracow in years 1966-2000 – April



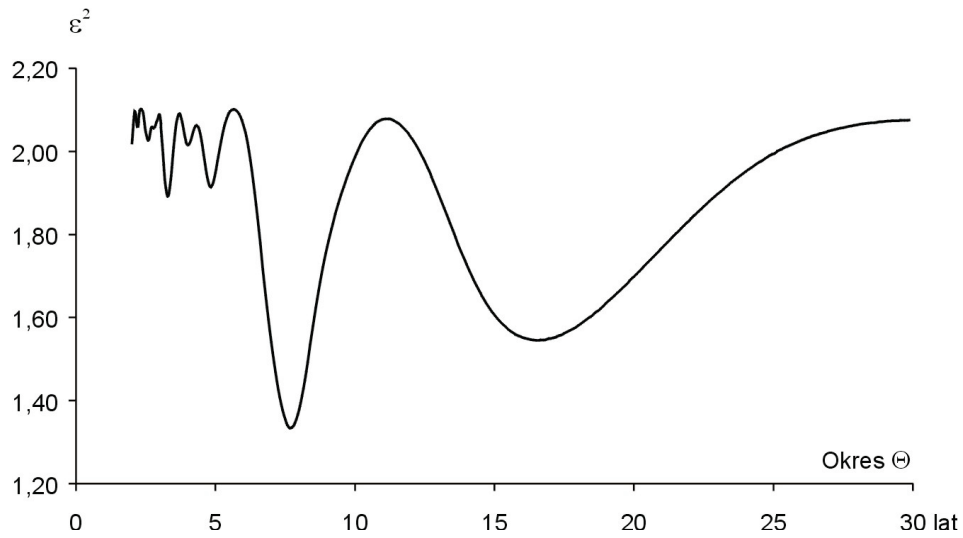
Rys. 184. Widmo liczby dni z dobową sumą opadów atmosferycznych ≥ 10 mm w Warszawie w latach 1966-1995 – maj

Fig. 184. Spectrum of numbers of days with daily precipitation sums ≥ 10 mm in Warsaw in years 1966-1995 – May



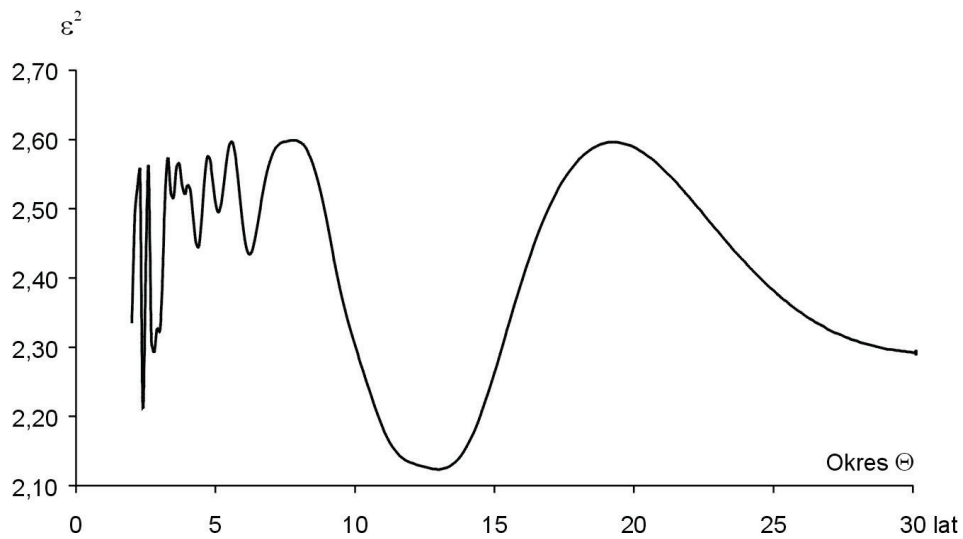
Rys. 185. Widmo liczby dni z dobową sumą opadów atmosferycznych ≥ 10 mm w Krakowie w latach 1966-2000 – maj

Fig. 185. Spectrum of numbers of days with daily precipitation sums ≥ 10 mm in Cracow in years 1966-2000 – May



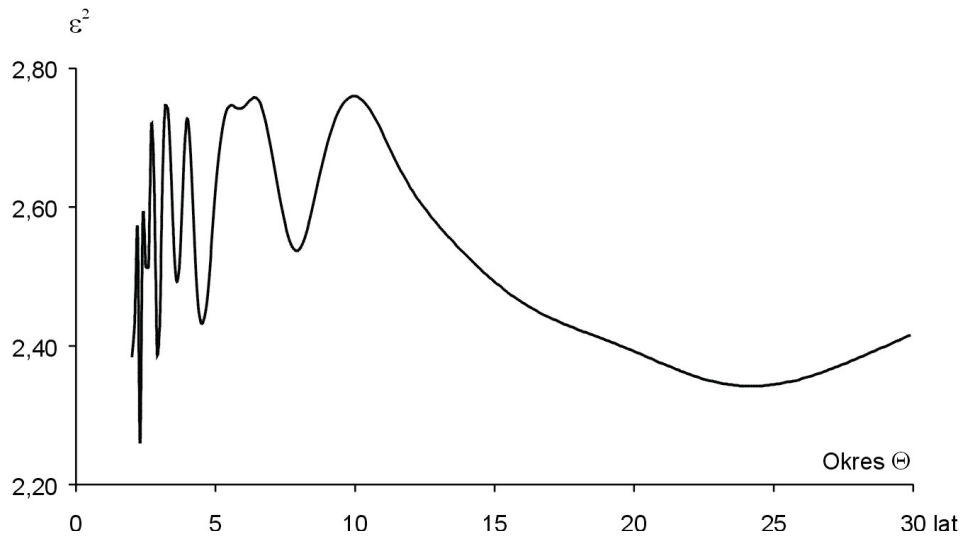
Rys. 186. Widmo liczby dni z dobową sumą opadów atmosferycznych ≥ 10 mm w Warszawie w latach 1966-1995 – czerwiec

Fig. 186. Spectrum of numbers of days with daily precipitation sums ≥ 10 mm in Warsaw in years 1966-1995 – June



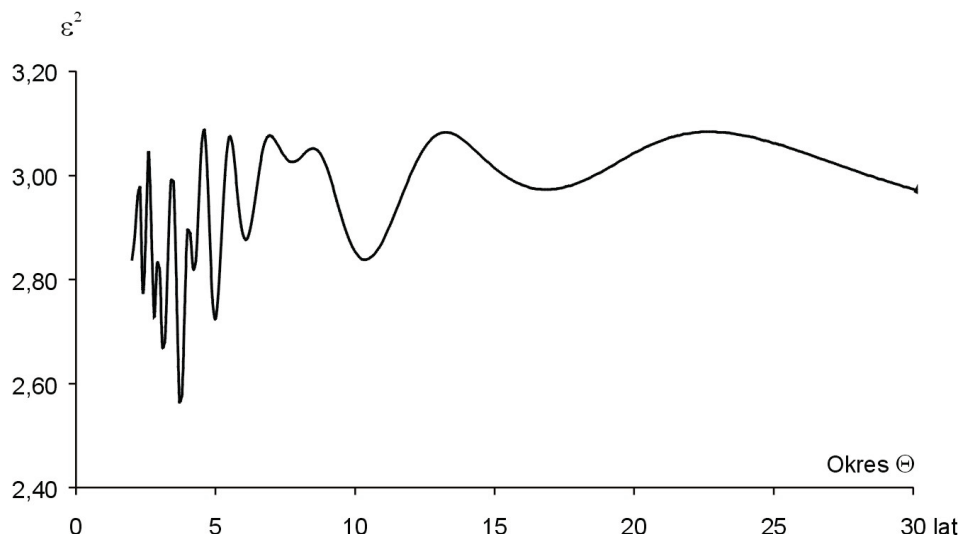
Rys. 187. Widmo liczby dni z dobową sumą opadów atmosferycznych ≥ 10 mm w Krakowie w latach 1966-2000 – czerwiec

Fig. 187. Spectrum of numbers of days with daily precipitation sums ≥ 10 mm in Cracow in years 1966-2000 – June



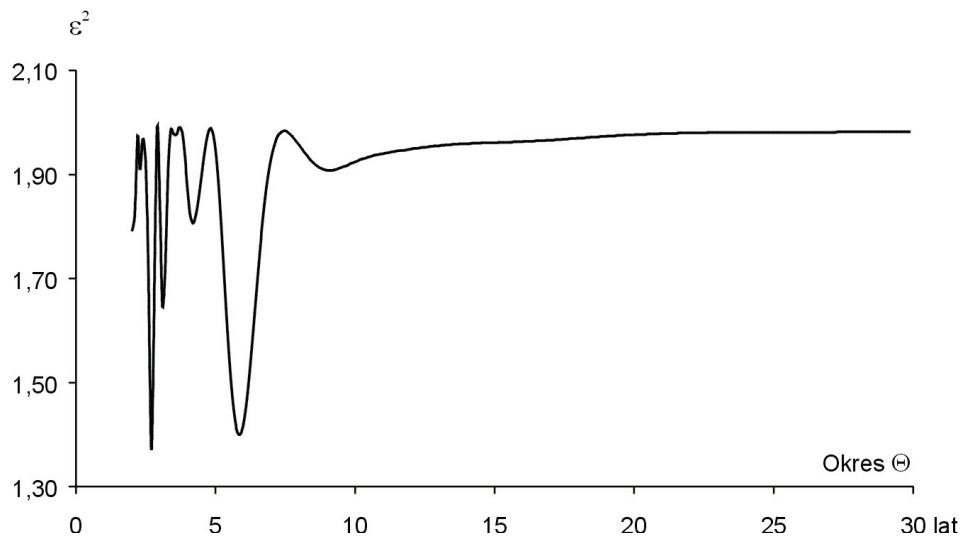
Rys. 188. Widmo liczby dni z dobową sumą opadów atmosferycznych ≥ 10 mm w Warszawie w latach 1966-1995 – lipiec

Fig. 188. Spectrum of numbers of days with daily precipitation sums ≥ 10 mm in Warsaw in years 1966-1995 – July



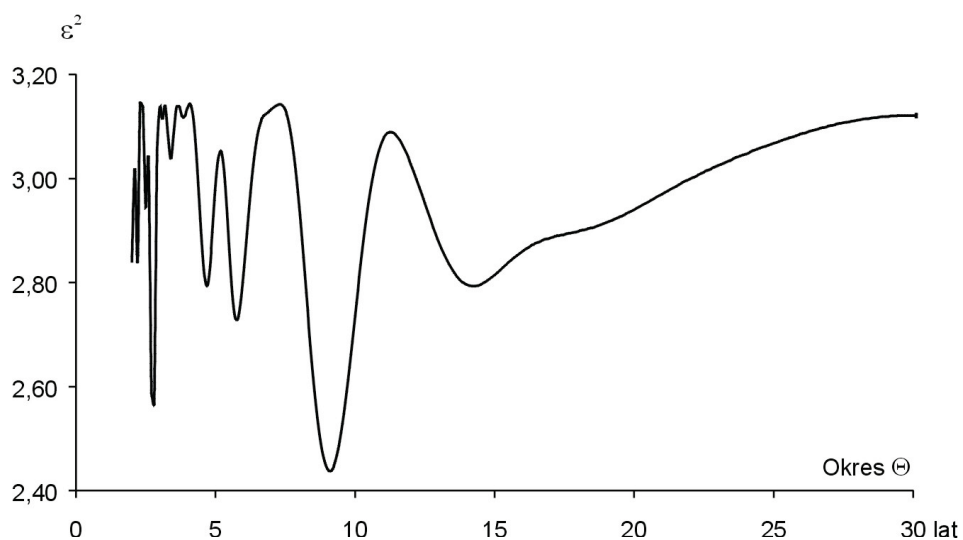
Rys. 189. Widmo liczby dni z dobową sumą opadów atmosferycznych ≥ 10 mm w Krakowie w latach 1966-2000 – lipiec

Fig. 189. Spectrum of numbers of days with daily precipitation sums ≥ 10 mm in Cracow in years 1966-2000 – July



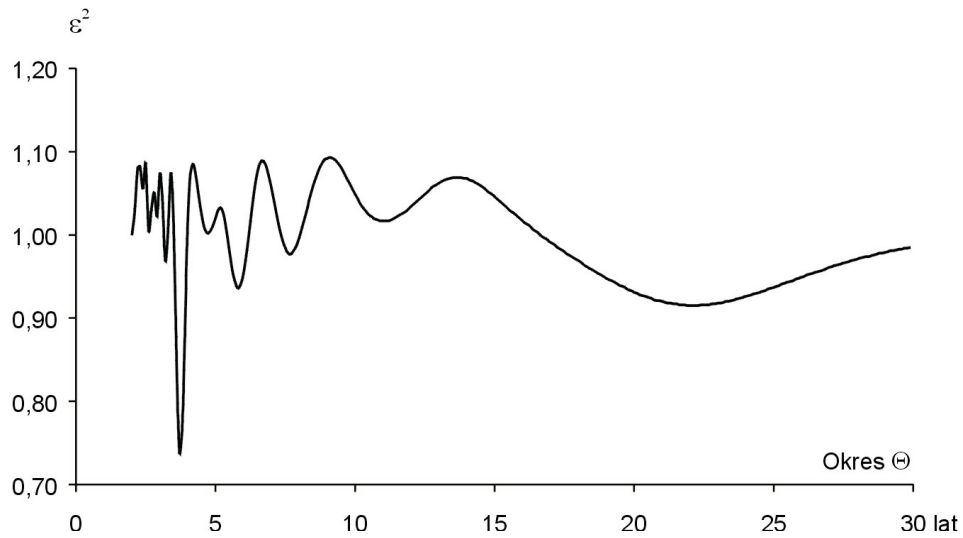
Rys. 190. Widmo liczby dni z dobową sumą opadów atmosferycznych ≥ 10 mm w Warszawie w latach 1966-1995 – sierpień

Fig. 190. Spectrum of numbers of days with daily precipitation sums ≥ 10 mm in Warsaw in years 1966-1995 – August



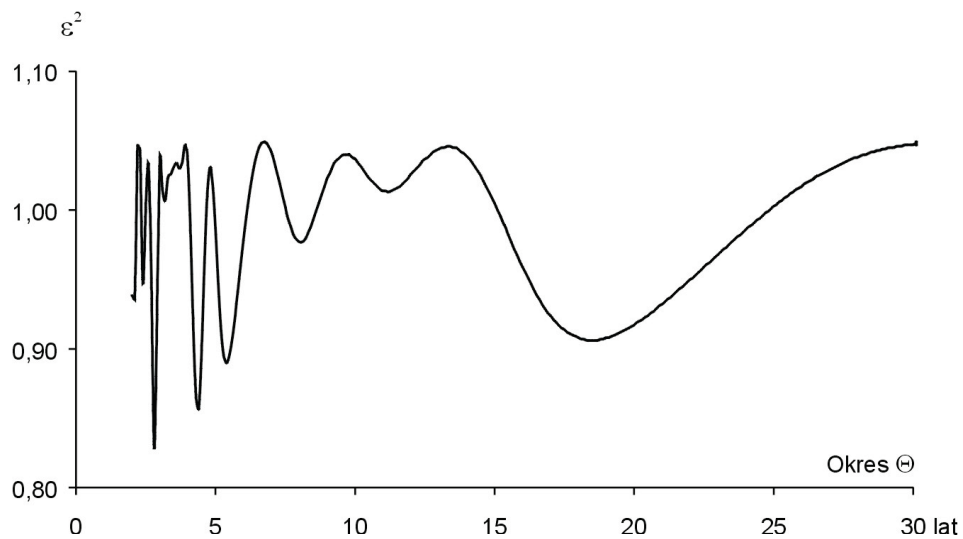
Rys. 191. Widmo liczby dni z dobową sumą opadów atmosferycznych ≥ 10 mm w Krakowie w latach 1966-2000 – sierpień

Fig. 191. Spectrum of numbers of days with daily precipitation sums ≥ 10 mm in Cracow in years 1966-2000 – August



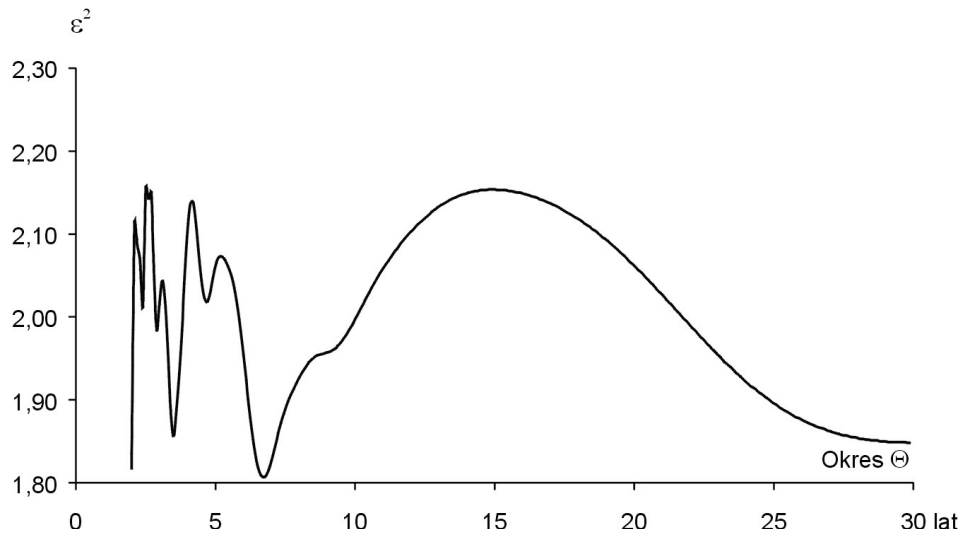
Rys. 192. Widmo liczby dni z dobową sumą opadów atmosferycznych ≥ 10 mm w Warszawie w latach 1966-1995 – wrzesień

Fig. 192. Spectrum of numbers of days with daily precipitation sums ≥ 10 mm in Warsaw in years 1966-1995 – September



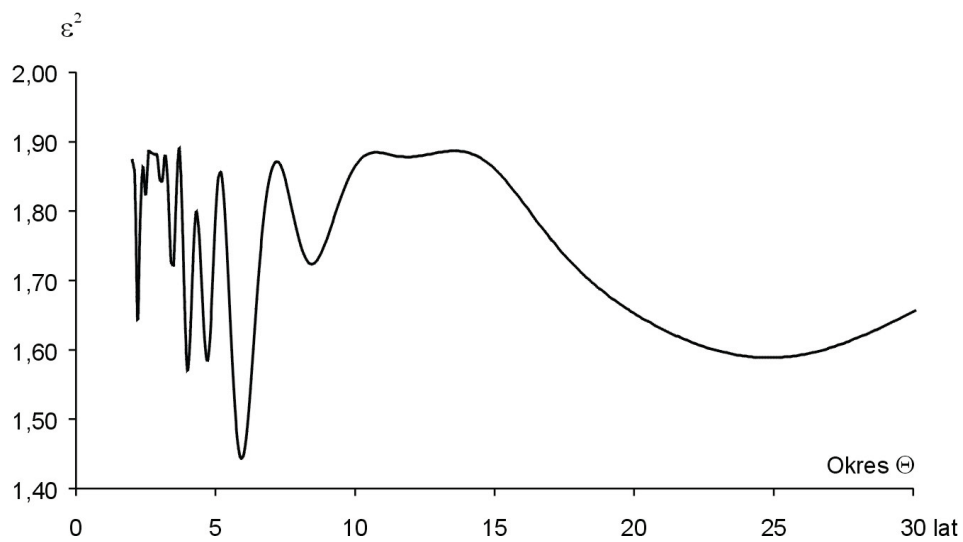
Rys. 193. Widmo liczby dni z dobową sumą opadów atmosferycznych ≥ 10 mm w Krakowie w latach 1966-2000 – wrzesień

Fig. 193. Spectrum of numbers of days with daily precipitation sums ≥ 10 mm in Cracow in years 1966-2000 – September



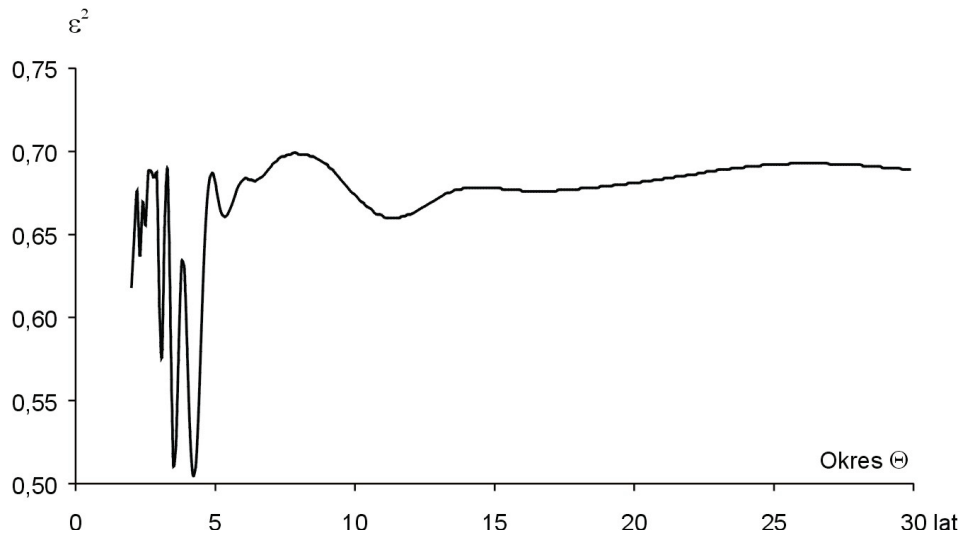
Rys. 194. Widmo liczby dni z dobową sumą opadów atmosferycznych ≥ 10 mm w Warszawie w latach 1966-1995 – październik

Fig. 194. Spectrum of numbers of days with daily precipitation sums ≥ 10 mm in Warsaw in years 1966-1995 – October



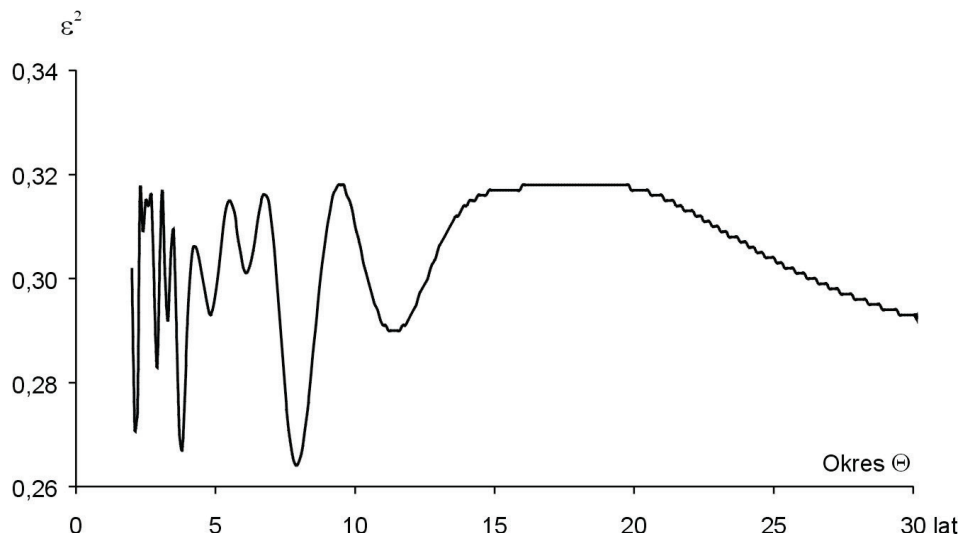
Rys. 195. Widmo liczby dni z dobową sumą opadów atmosferycznych ≥ 10 mm w Krakowie w latach 1966-2000 – październik

Fig. 195. Spectrum of numbers of days with daily precipitation sums ≥ 10 mm in Cracow in years 1966-2000 – October



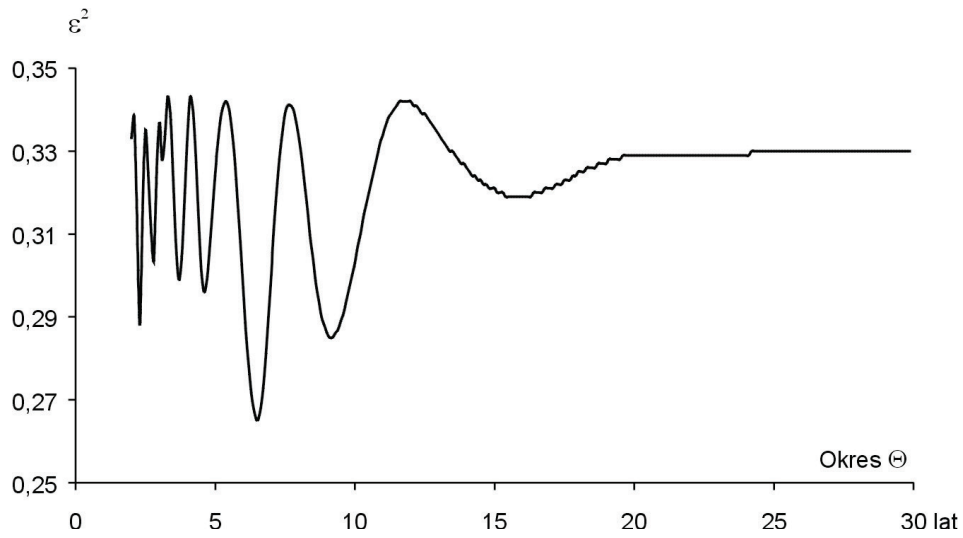
Rys. 196. Widmo liczby dni z dobową sumą opadów atmosferycznych ≥ 10 mm w Warszawie w latach 1966-1995 – listopad

Fig. 196. Spectrum of numbers of days with daily precipitation sums ≥ 10 mm in Warsaw in years 1966-1995 – November



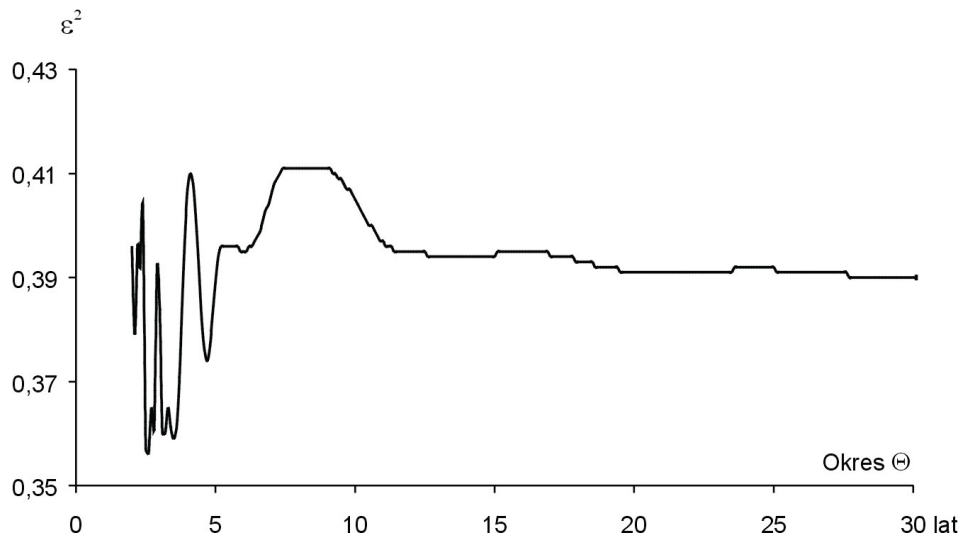
Rys. 197. Widmo liczby dni z dobową sumą opadów atmosferycznych ≥ 10 mm w Krakowie w latach 1966-2000 – listopad

Fig. 197. Spectrum of numbers of days with daily precipitation sums ≥ 10 mm in Cracow in years 1966-2000 – November



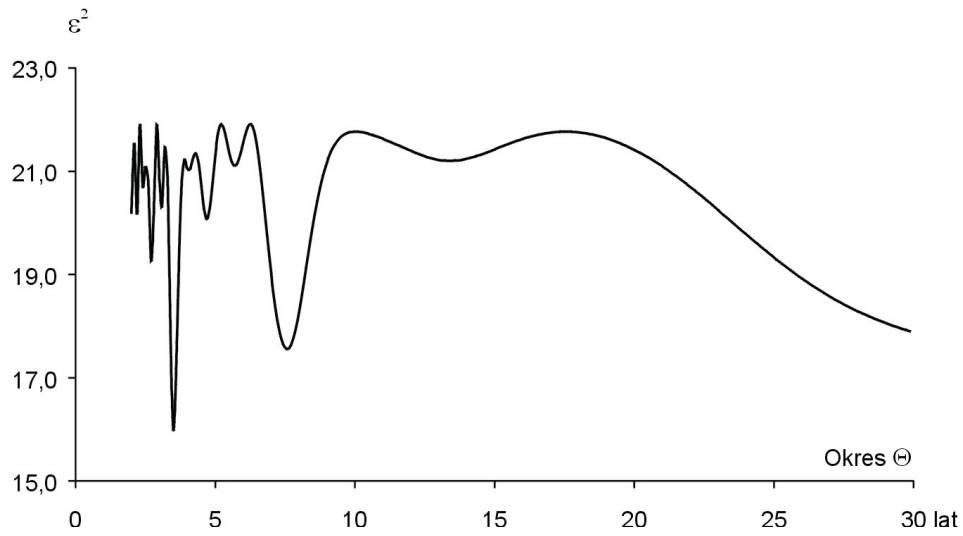
Rys. 198. Widmo liczby dni z dobową sumą opadów atmosferycznych ≥ 10 mm w Warszawie w latach 1966-1995 – grudzień

Fig. 198. Spectrum of numbers of days with daily precipitation sums ≥ 10 mm in Warsaw in years 1966-1995 – December



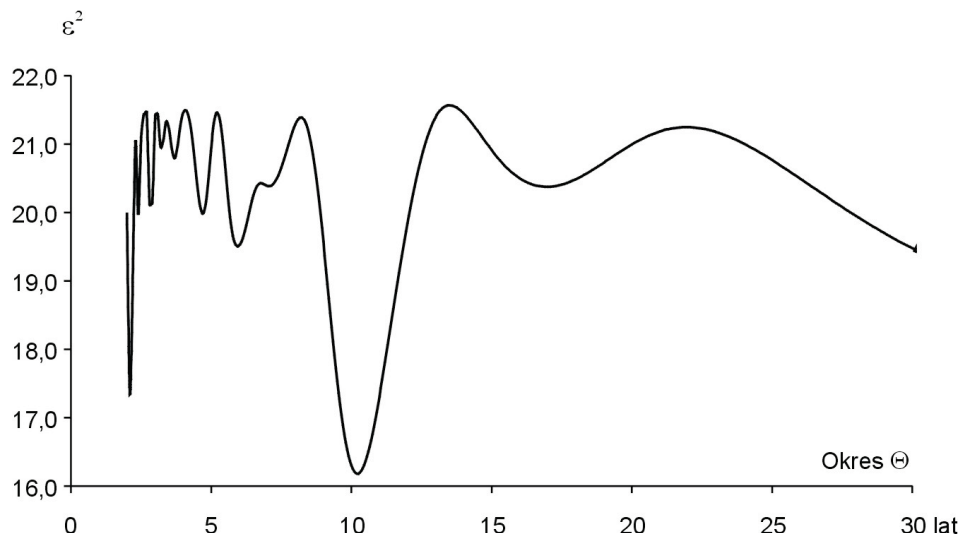
Rys. 199. Widmo liczby dni z dobową sumą opadów atmosferycznych ≥ 10 mm w Krakowie w latach 1966-2000 – grudzień

Fig. 199. Spectrum of numbers of days with daily precipitation sums ≥ 10 mm in Cracow in years 1966-2000 – December



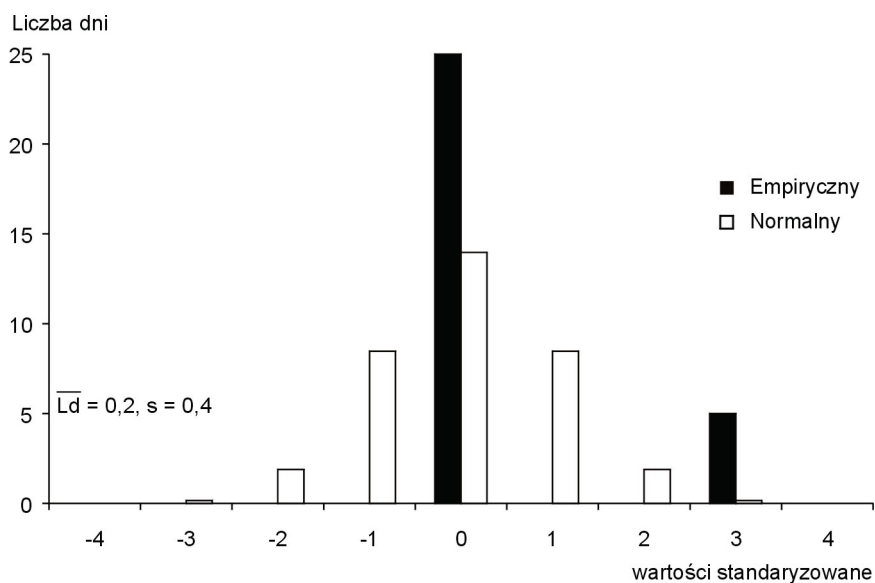
Rys. 200. Widmo liczby dni z dobową sumą opadów atmosferycznych ≥ 10 mm w Warszawie w latach 1966-1995 – rok

Fig. 200. Spectrum of numbers of days with daily precipitation sums ≥ 10 mm in Warsaw in years 1966-1995 – year



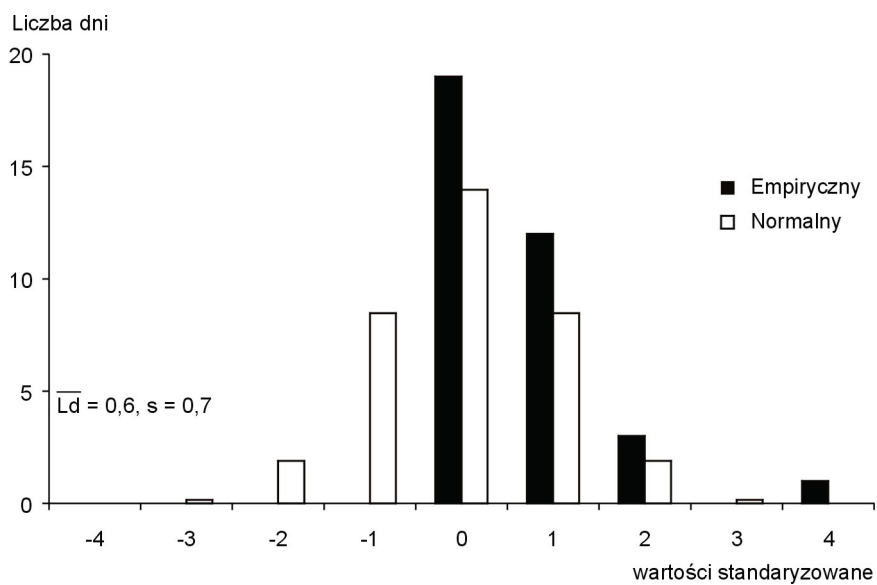
Rys. 201. Widmo liczby dni z dobową sumą opadów atmosferycznych ≥ 10 mm w Krakowie w latach 1966-2000 – rok

Fig. 201. Spectrum of numbers of days with daily precipitation sums ≥ 10 mm in Cracow in years 1966-2000 – year



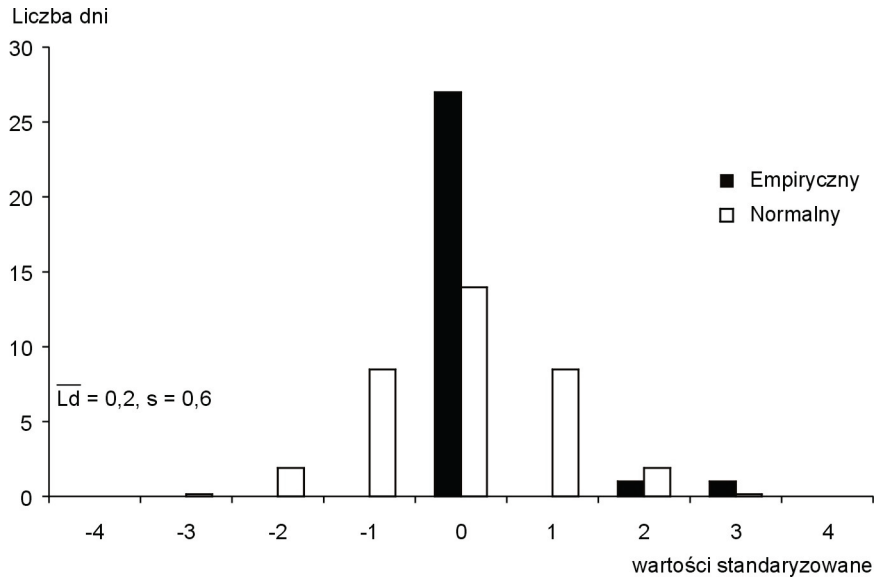
Rys. 202. Histogramy liczby dni z dobową sumą opadów atmosferycznych ≥ 10 mm w Warszawie w latach 1966-1995 – styczeń

Fig. 202. The histograms of numbers of days with daily precipitation sums ≥ 10 mm in Warsaw in years 1966-1995 – January



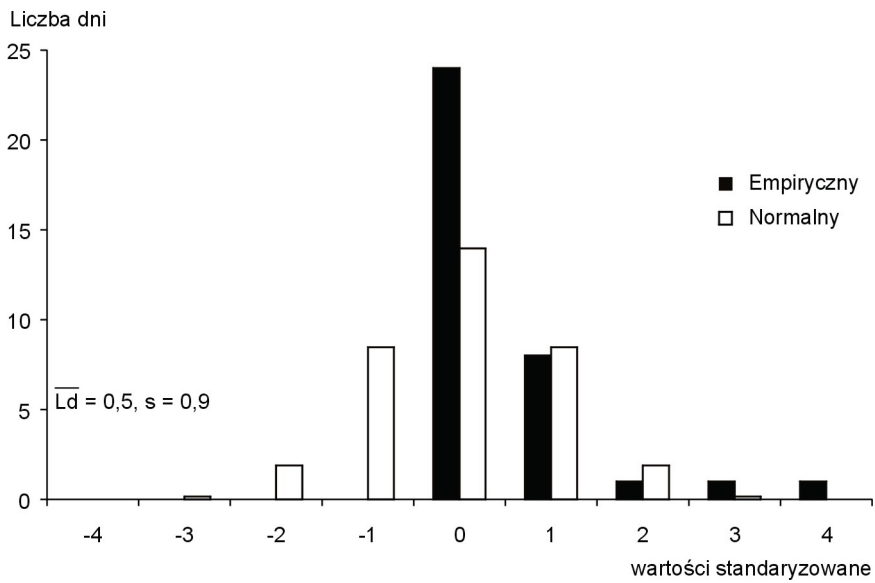
Rys. 203. Histogramy liczby dni z dobową sumą opadów atmosferycznych ≥ 10 mm w Krakowie w latach 1966-2000 – styczeń

Fig. 203. The histograms of numbers of days with daily precipitation sums ≥ 10 mm in Cracow in years 1966-2000 – January



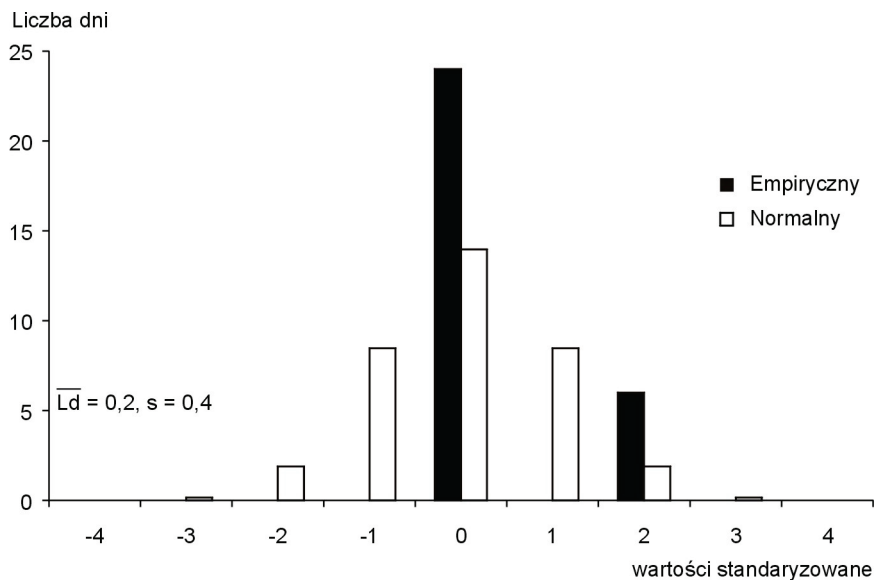
Rys. 204. Histogramy liczby dni z dobową sumą opadów atmosferycznych ≥ 10 mm w Warszawie w latach 1966-1995 – luty

Fig. 204. The histograms of numbers of days with daily precipitation sums ≥ 10 mm in Warsaw in years 1966-1995 – February



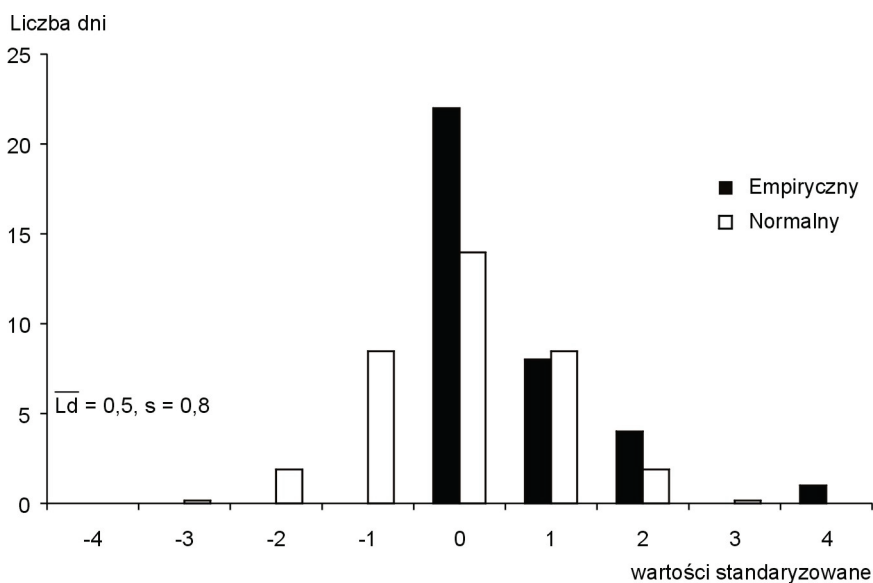
Rys. 205. Histogramy liczby dni z dobową sumą opadów atmosferycznych ≥ 10 mm w Krakowie w latach 1966-2000 – luty

Fig. 205. The histograms of numbers of days with daily precipitation sums ≥ 10 mm in Cracow in years 1966-2000 – February



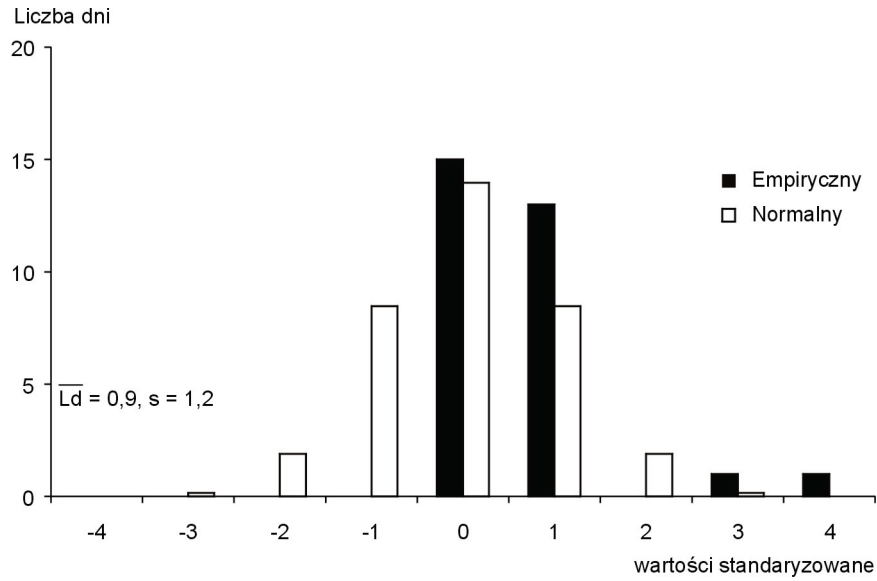
Rys. 206. Histogramy liczby dni z dobową sumą opadów atmosferycznych ≥ 10 mm w Warszawie w latach 1966-1995 – marzec

Fig. 206. The histograms of numbers of days with daily precipitation sums ≥ 10 mm in Warsaw in years 1966-1995 – March



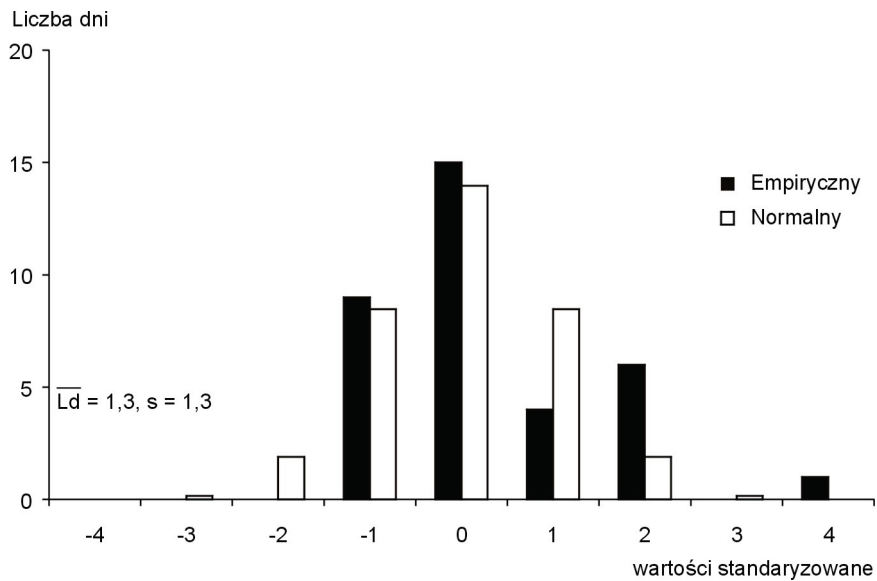
Rys. 207. Histogramy liczby dni z dobową sumą opadów atmosferycznych ≥ 10 mm w Krakowie w latach 1966-2000 – marzec

Fig. 207. The histograms of numbers of days with daily precipitation sums ≥ 10 mm in Cracow in years 1966-2000 – March



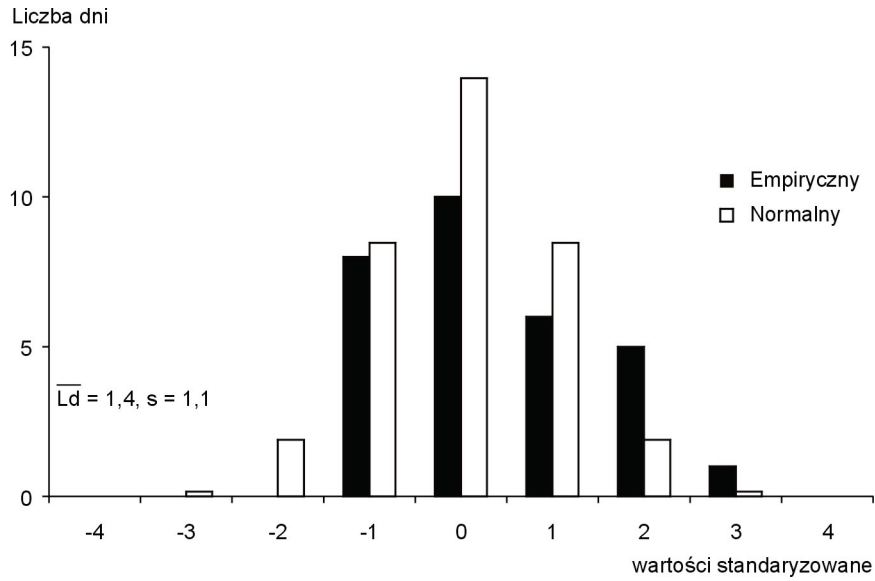
Rys. 208. Histogramy liczby dni z dobową sumą opadów atmosferycznych ≥ 10 mm w Warszawie w latach 1966-1995 – kwiecień

Fig. 208. The histograms of numbers of days with daily precipitation sums ≥ 10 mm in Warsaw in years 1966-1995 – April



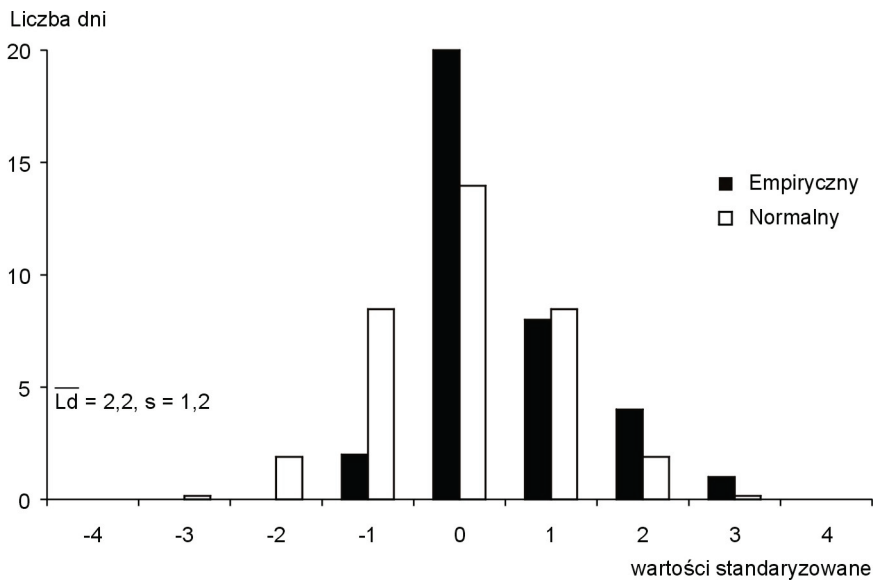
Rys. 209. Histogramy liczby dni z dobową sumą opadów atmosferycznych ≥ 10 mm w Krakowie w latach 1966-2000 – kwiecień

Fig. 209. The histograms of numbers of days with daily precipitation sums ≥ 10 mm in Cracow in years 1966-2000 – April



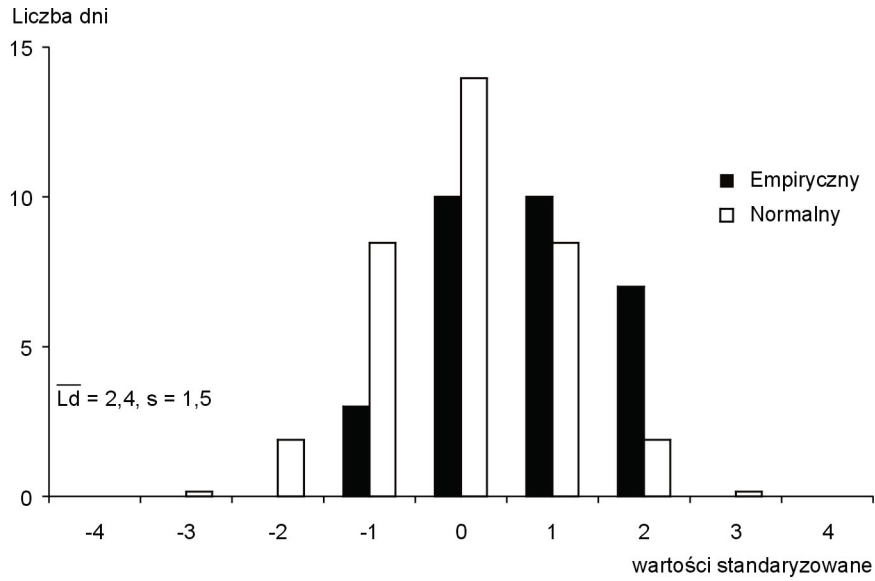
Rys. 210. Histogramy liczby dni z dobową sumą opadów atmosferycznych ≥ 10 mm w Warszawie w latach 1966-1995 – maj

Fig. 210. The histograms of numbers of days with daily precipitation sums ≥ 10 mm in Warsaw in years 1966-1995 – May



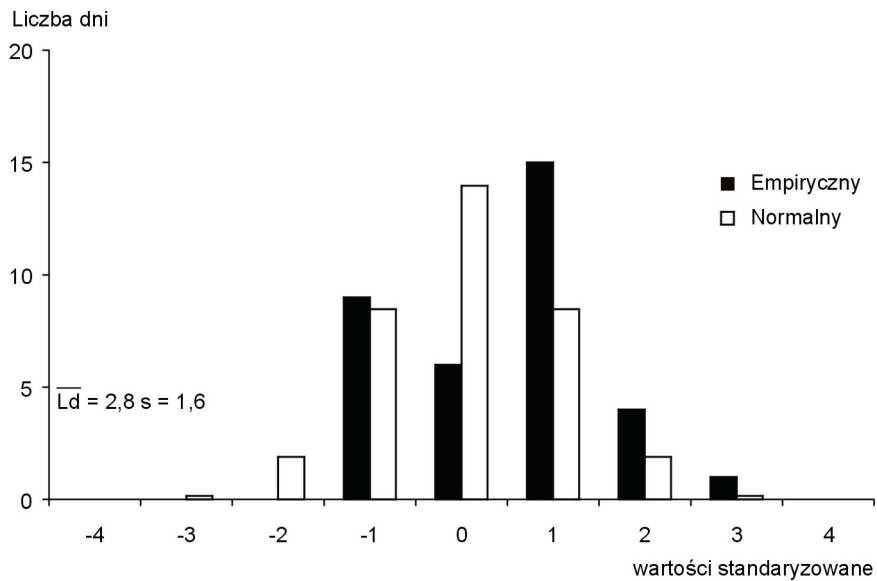
Rys. 211. Histogramy liczby dni z dobową sumą opadów atmosferycznych ≥ 10 mm w Krakowie w latach 1966-2000 – maj

Fig. 211. The histograms of numbers of days with daily precipitation sums ≥ 10 mm in Cracow in years 1966-2000 – May



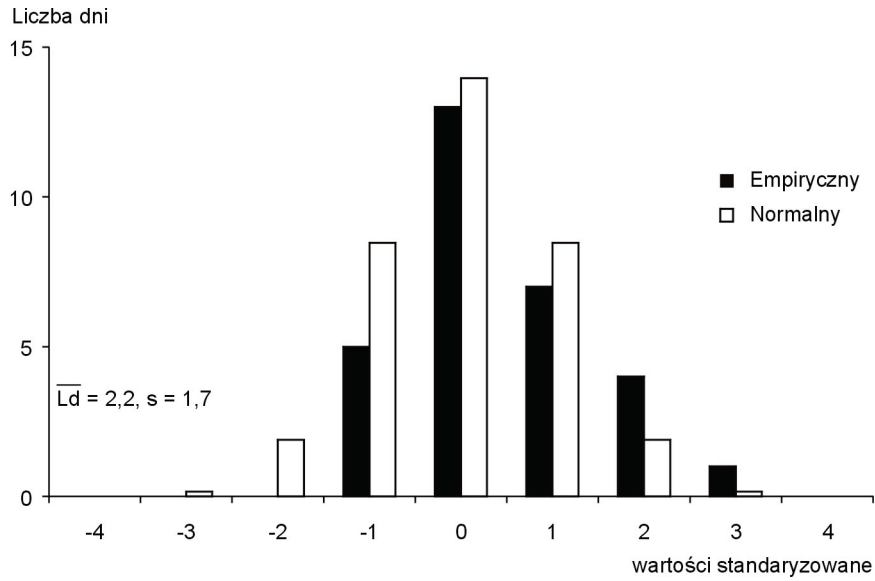
Rys. 212. Histogramy liczby dni z dobową sumą opadów atmosferycznych ≥ 10 mm w Warszawie w latach 1966-1995 – czerwiec

Fig. 212. The histograms of numbers of days with daily precipitation sums ≥ 10 mm in Warsaw in years 1966-1995 – June



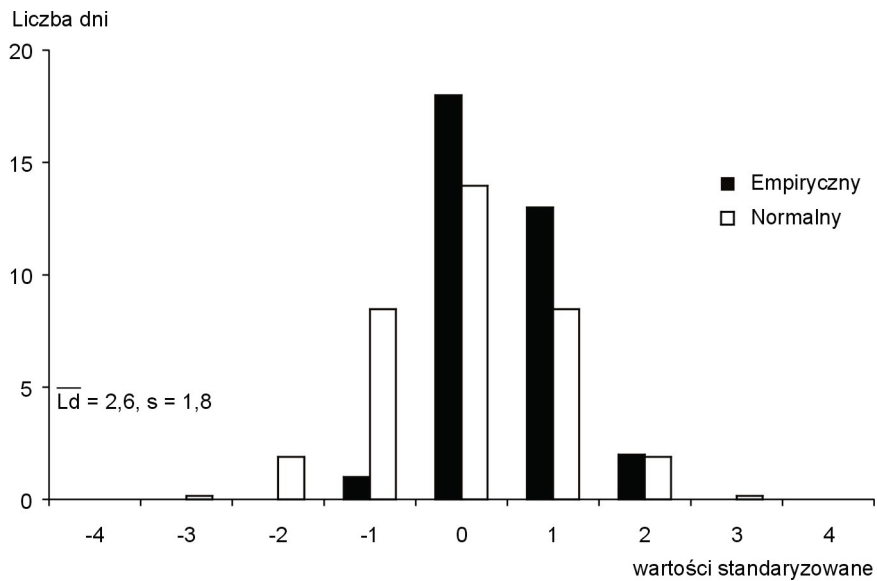
Rys. 213. Histogramy liczby dni z dobową sumą opadów atmosferycznych ≥ 10 mm w Krakowie w latach 1966-2000 – czerwiec

Fig. 213. The histograms of numbers of days with daily precipitation sums ≥ 10 mm in Cracow in years 1966-2000 – June



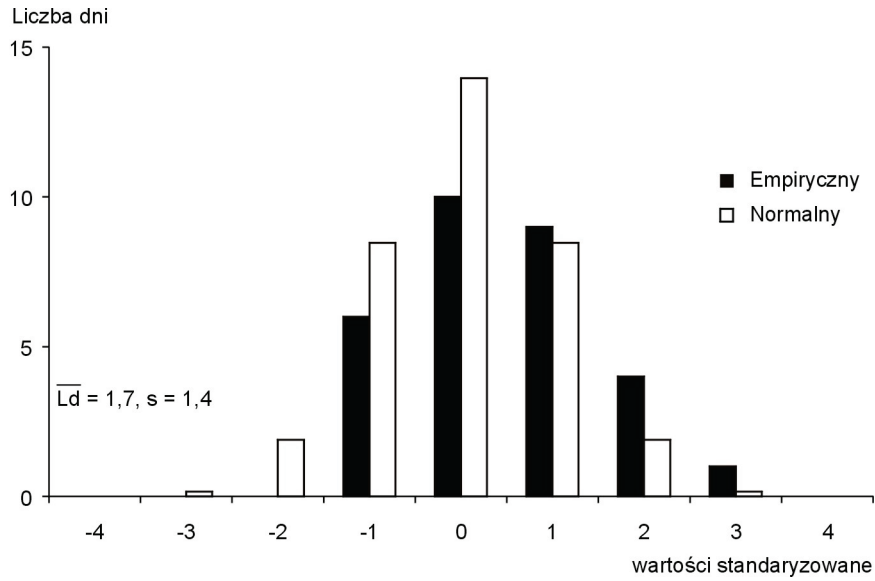
Rys. 214. Histogramy liczby dni z dobową sumą opadów atmosferycznych ≥ 10 mm w Warszawie w latach 1966-1995 – lipiec

Fig. 214. The histograms of numbers of days with daily precipitation sums ≥ 10 mm in Warsaw in years 1966-1995 – July



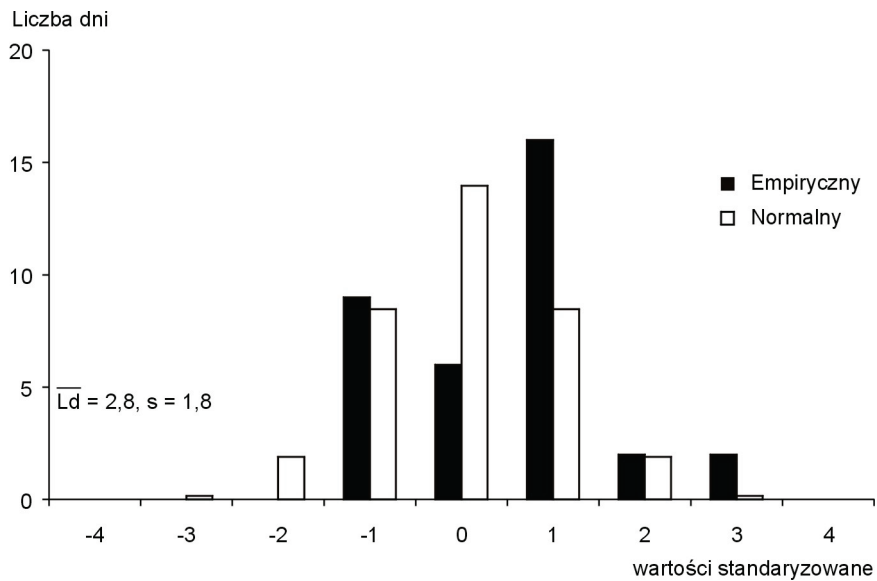
Rys. 215. Histogramy liczby dni z dobową sumą opadów atmosferycznych ≥ 10 mm w Krakowie w latach 1966-2000 – lipiec

Fig. 215. The histograms of numbers of days with daily precipitation sums ≥ 10 mm in Cracow in years 1966-2000 – July



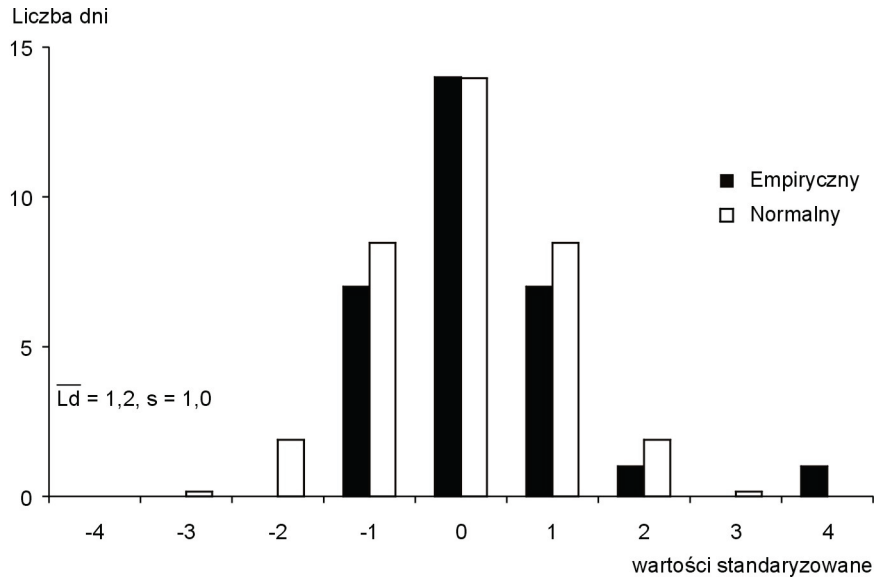
Rys. 216. Histogramy liczby dni z dobową sumą opadów atmosferycznych ≥ 10 mm w Warszawie w latach 1966-1995 – sierpień

Fig. 216. The histograms of numbers of days with daily precipitation sums ≥ 10 mm in Warsaw in years 1966-1995 – August



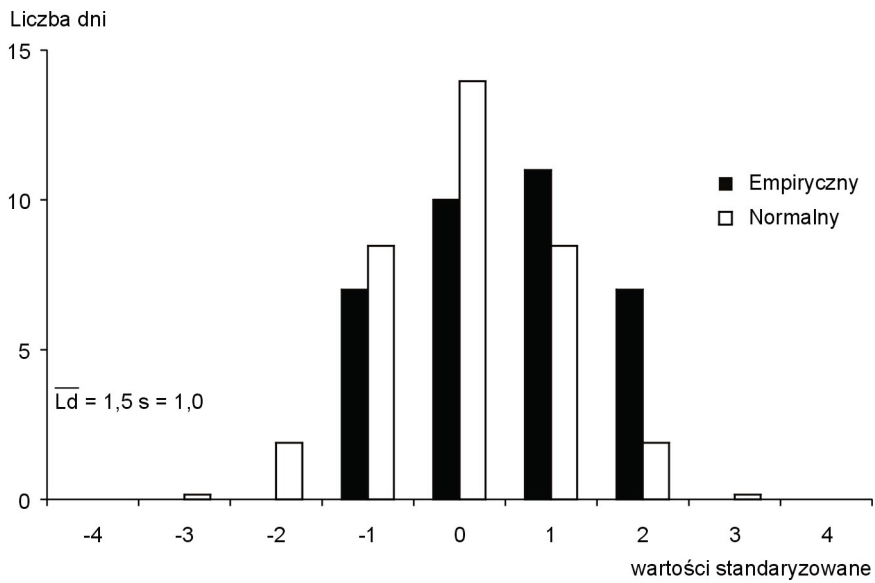
Rys. 217. Histogramy liczby dni z dobową sumą opadów atmosferycznych ≥ 10 mm w Krakowie w latach 1966-2000 – sierpień

Fig. 217. The histograms of numbers of days with daily precipitation sums ≥ 10 mm in Cracow in years 1966-2000 – August



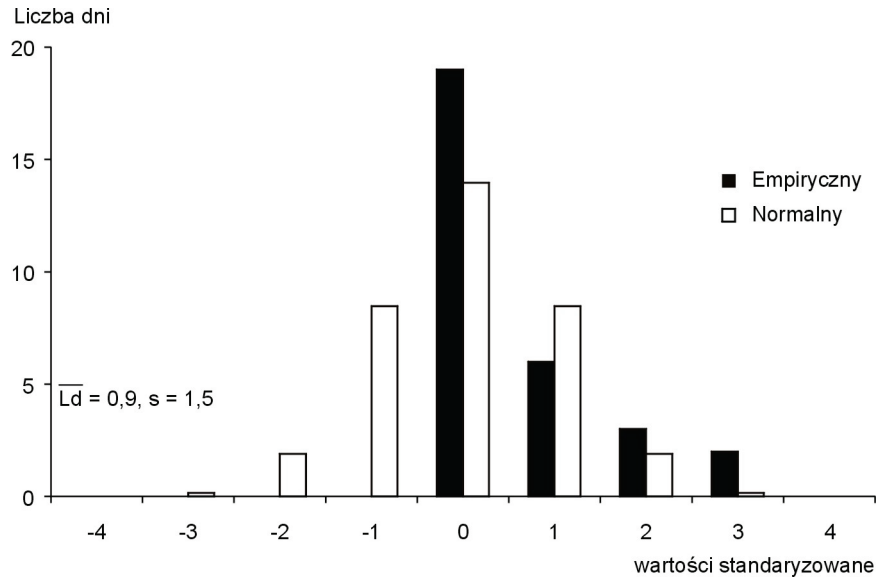
Rys. 218. Histogramy liczby dni z dobową sumą opadów atmosferycznych ≥ 10 mm w Warszawie w latach 1966-1995 – wrzesień

Fig. 218. The histograms of numbers of days with daily precipitation sums ≥ 10 mm in Warsaw in years 1966-1995 – September



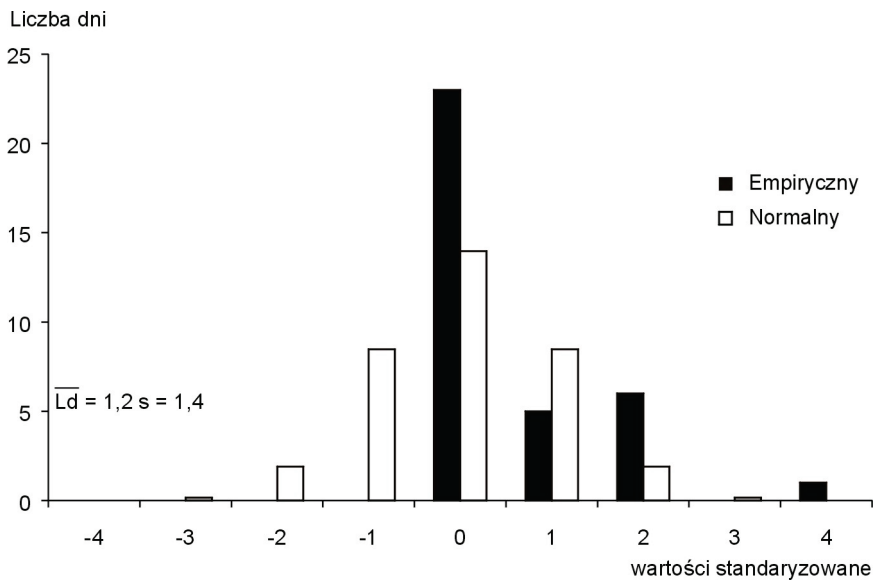
Rys. 219. Histogramy liczby dni z dobową sumą opadów atmosferycznych ≥ 10 mm w Krakowie w latach 1966-2000 – wrzesień

Fig. 219. The histograms of numbers of days with daily precipitation sums ≥ 10 mm in Cracow in years 1966-2000 – September



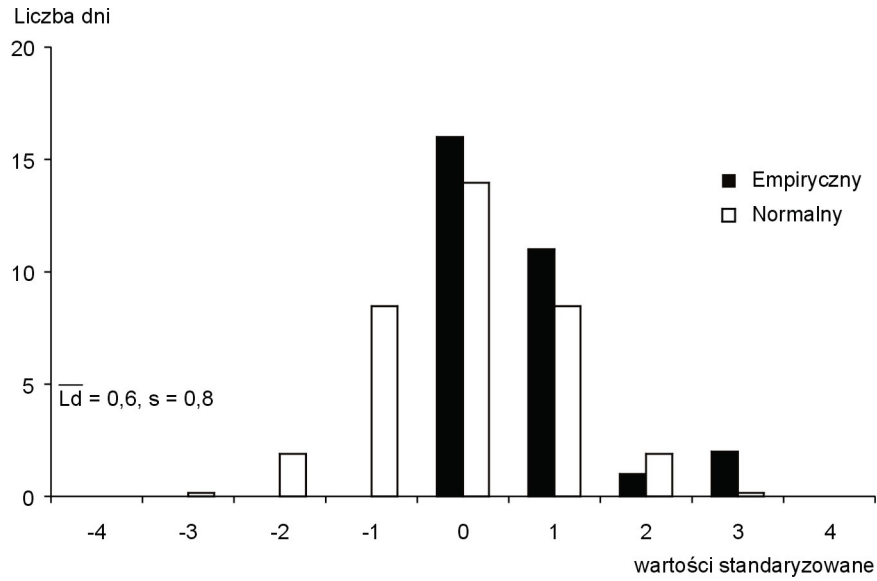
Rys. 220. Histogramy liczby dni z dobową sumą opadów atmosferycznych ≥ 10 mm w Warszawie w latach 1966-1995 – październik

Fig. 220. The histograms of numbers of days with daily precipitation sums ≥ 10 mm in Warsaw in years 1966-1995 – October



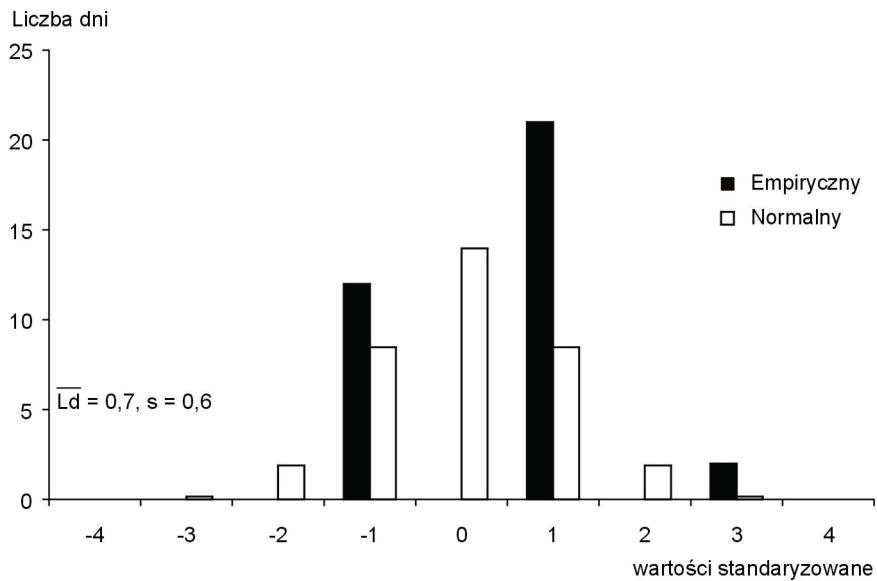
Rys. 221. Histogramy liczby dni z dobową sumą opadów atmosferycznych ≥ 10 mm w Krakowie w latach 1966-2000 – październik

Fig. 221. The histograms of numbers of days with daily precipitation sums ≥ 10 mm in Cracow in years 1966-2000 – October



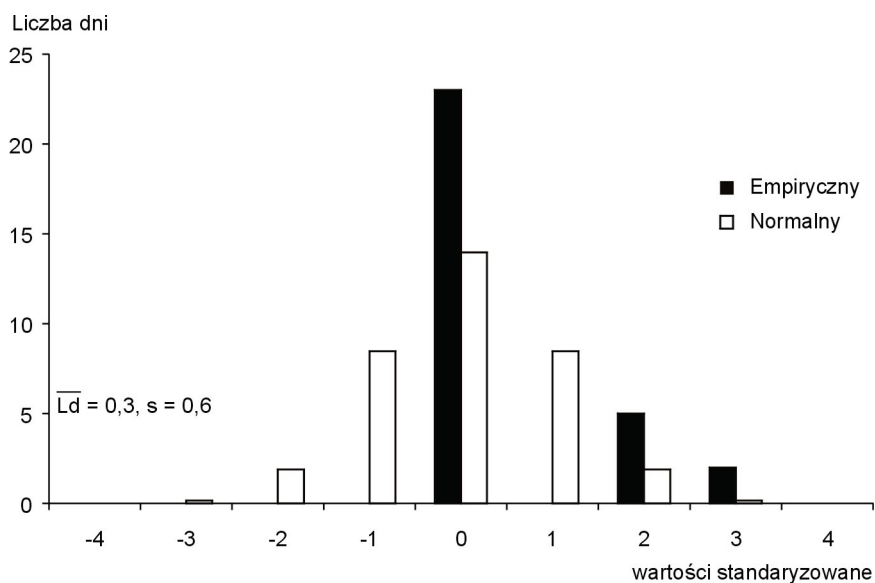
Rys. 222. Histogramy liczby dni z dobową sumą opadów atmosferycznych ≥ 10 mm w Warszawie w latach 1966-1995 – listopad

Fig. 222. The histograms of numbers of days with daily precipitation sums ≥ 10 mm in Warsaw in years 1966-1995 – November



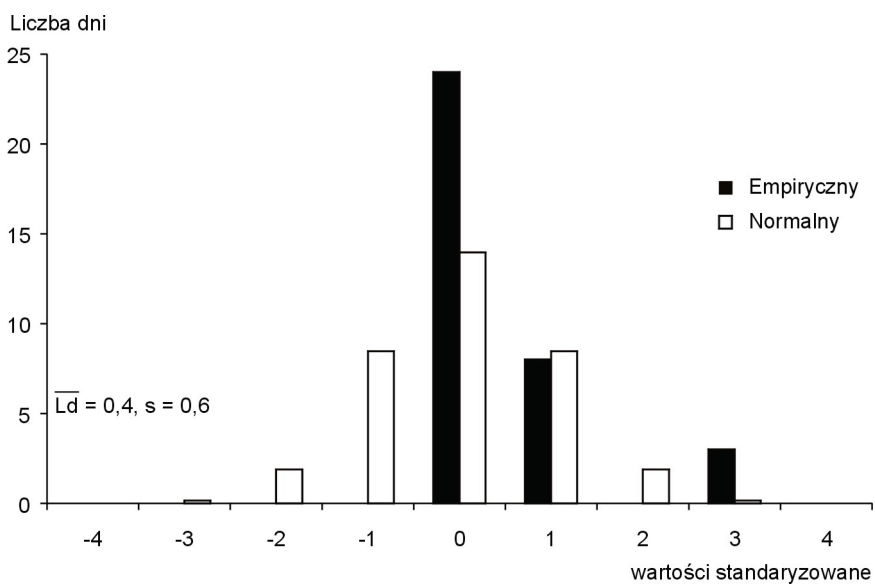
Rys. 223. Histogramy liczby dni z dobową sumą opadów atmosferycznych ≥ 10 mm w Krakowie w latach 1966-2000 – listopad

Fig. 223. The histograms of numbers of days with daily precipitation sums ≥ 10 mm in Cracow in years 1966-2000 – November



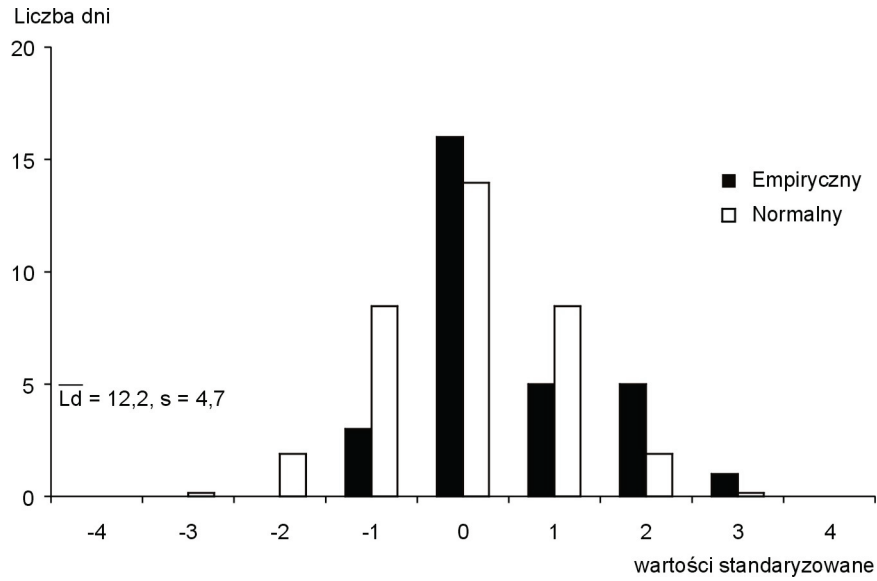
Rys. 224. Histogramy liczby dni z dobową sumą opadów atmosferycznych ≥ 10 mm w Warszawie w latach 1966-1995 – grudzień

Fig. 224. The histograms of numbers of days with daily precipitation sums ≥ 10 mm in Warsaw in years 1966-1995 – December



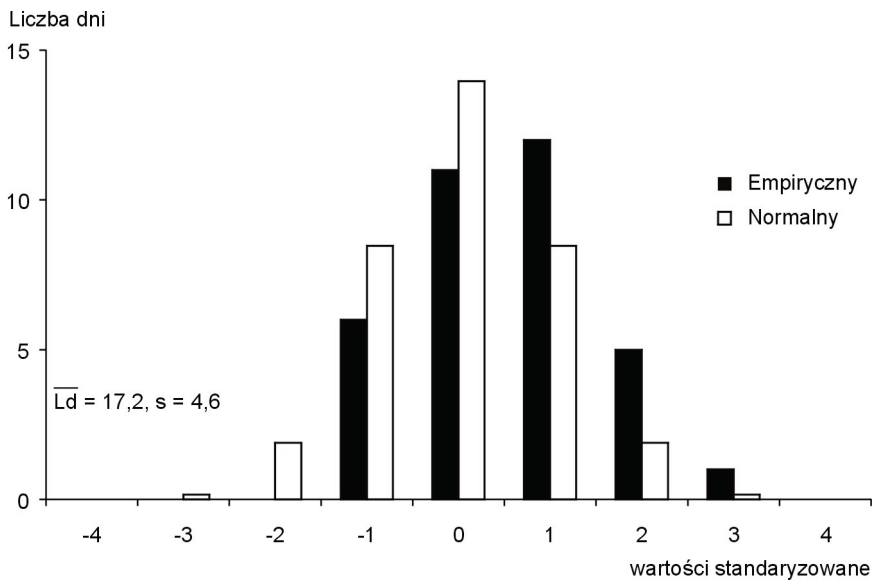
Rys. 225. Histogramy liczby dni z dobową sumą opadów atmosferycznych ≥ 10 mm w Krakowie w latach 1966-2000 – grudzień

Fig. 225. The histograms of numbers of days with daily precipitation sums ≥ 10 mm in Cracow in years 1966-2000 – December



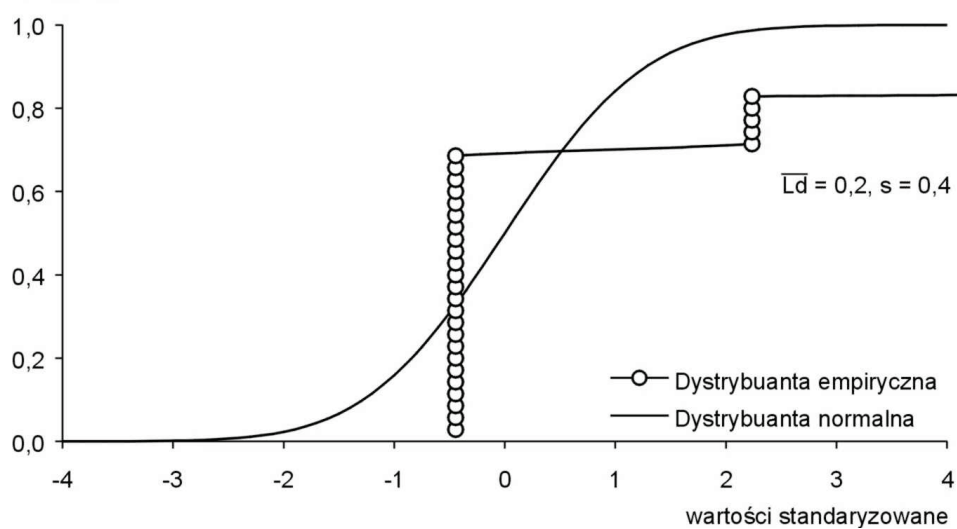
Rys. 226. Histogramy liczby dni z dobową sumą opadów atmosferycznych ≥ 10 mm w Warszawie w latach 1966-1995 – rok

Fig. 226. The histograms of numbers of days with daily precipitation sums ≥ 10 mm in Warsaw in years 1966-1995 – year



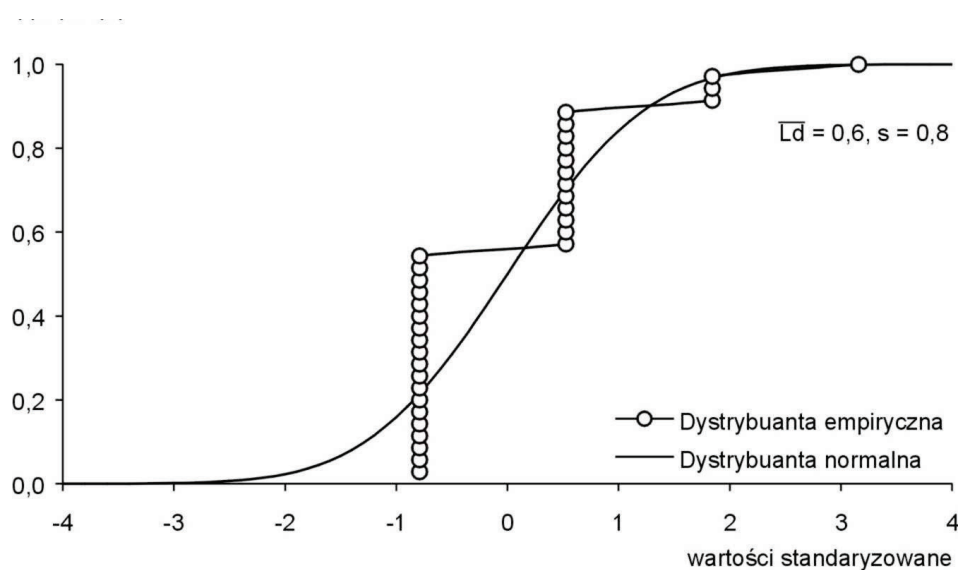
Rys. 227. Histogramy liczby dni z dobową sumą opadów atmosferycznych ≥ 10 mm w Krakowie w latach 1966-2000 – rok

Fig. 227. The histograms of numbers of days with daily precipitation sums ≥ 10 mm in Cracow in years 1966-2000 – year



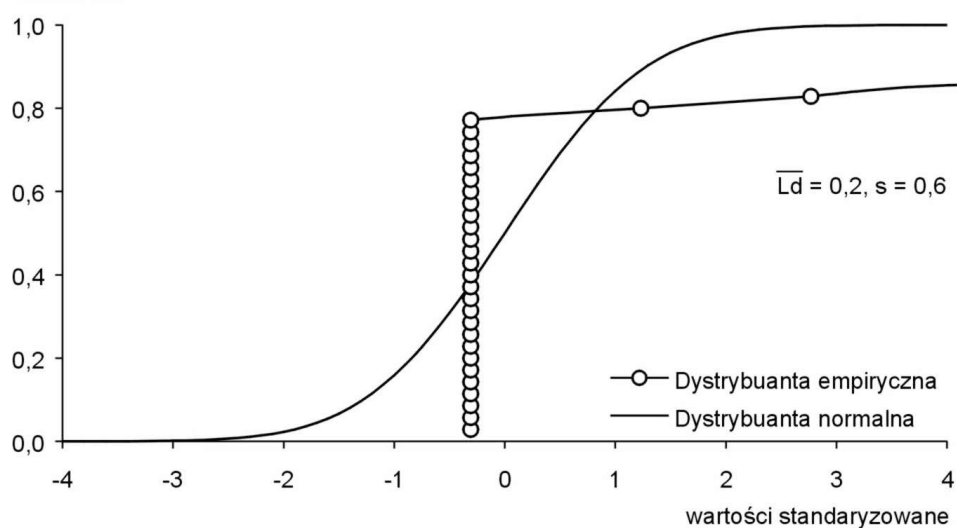
Rys. 228. Prawdopodobieństwo liczby dni z dobową sumą opadów atmosferycznych ≥ 10 mm w Warszawie w latach 1966-1995 – styczeń

Fig. 228. Probability of numbers of days with daily precipitation sums ≥ 10 mm in years 1966-1995 – January

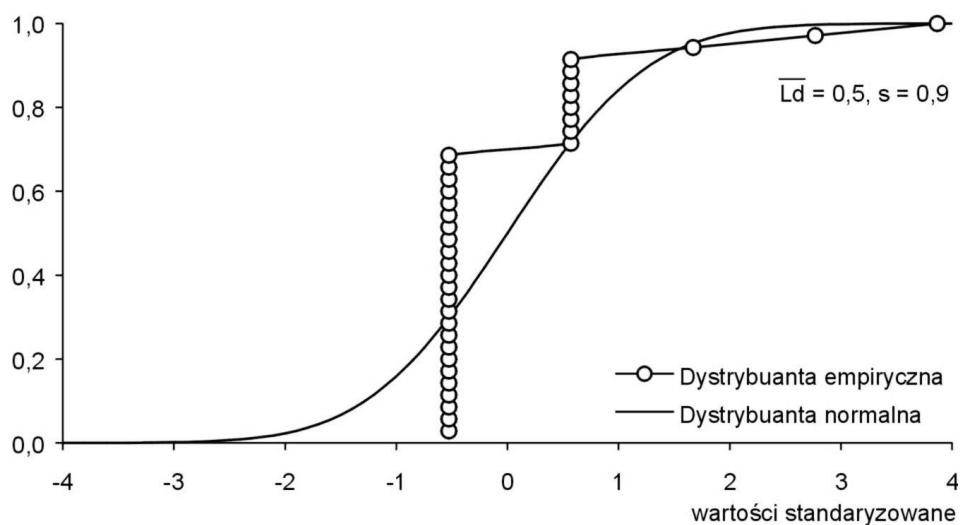


Rys. 229. Prawdopodobieństwo liczby dni z dobową sumą opadów atmosferycznych ≥ 10 mm w Krakowie w latach 1966-2000 – styczeń

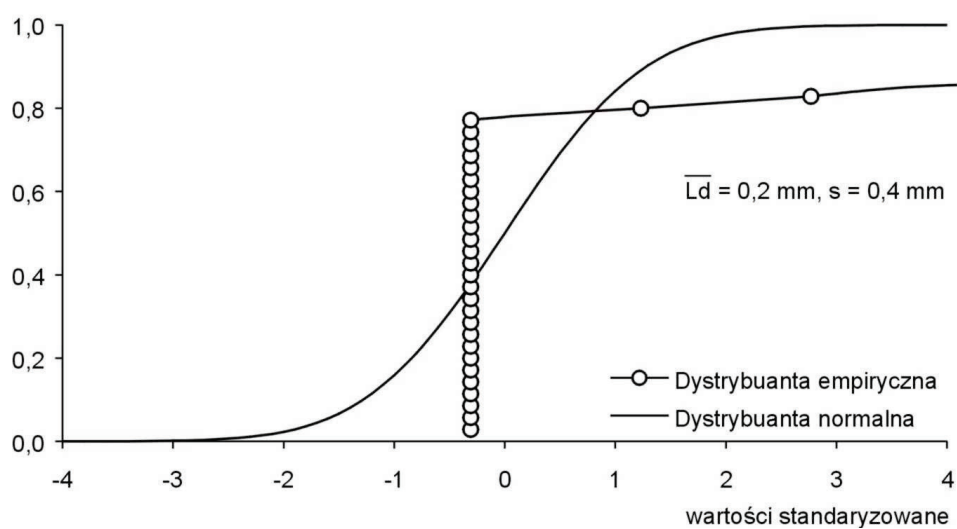
Fig. 229. Probability of numbers of days with daily precipitation sums ≥ 10 mm in Cracow in years 1966-2000 – January



Rys. 230. Prawdopodobieństwo liczby dni z dobową sumą opadów atmosferycznych ≥ 10 mm w Warszawie w latach 1966-1995 – luty
 Fig. 230. Probability of numbers of days with daily precipitation sums ≥ 10 mm in years 1966-1995 – February

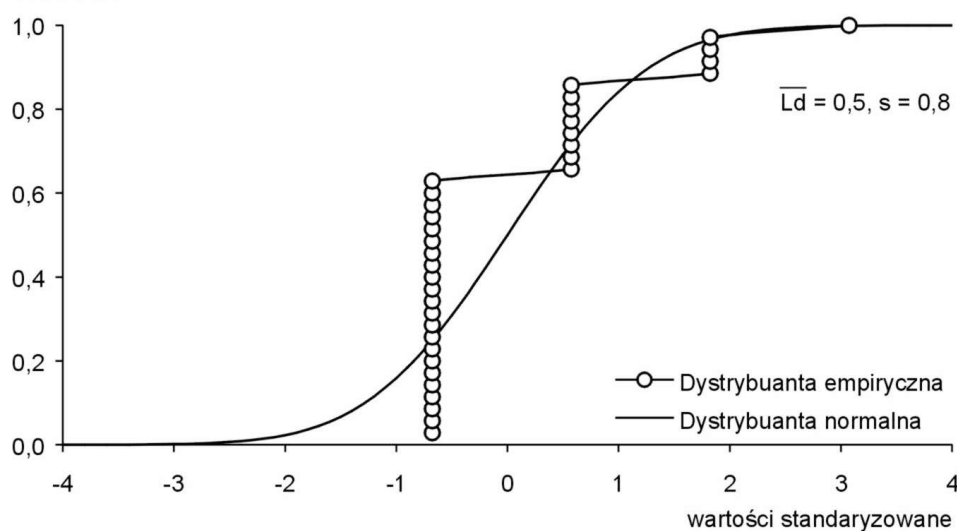


Rys. 231. Prawdopodobieństwo liczby dni z dobową sumą opadów atmosferycznych ≥ 10 mm w Krakowie w latach 1966-2000 – luty
 Fig. 231. Probability of numbers of days with daily precipitation sums ≥ 10 mm in Cracow in years 1966-2000 – February



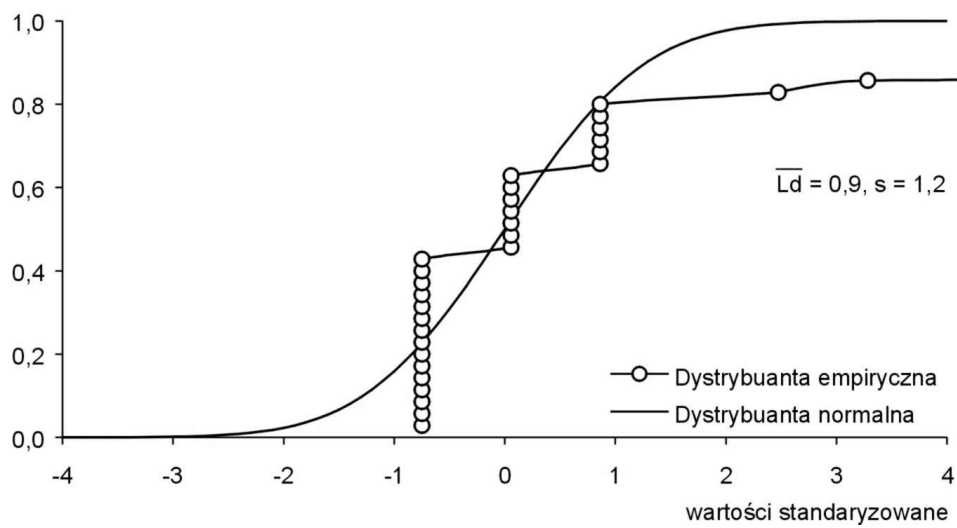
Rys. 232. Prawdopodobieństwo liczby dni z dobową sumą opadów atmosferycznych ≥ 10 mm w Warszawie w latach 1966-1995 – marzec

Fig. 232. Probability of numbers of days with daily precipitation sums ≥ 10 mm in years 1966-1995 – March



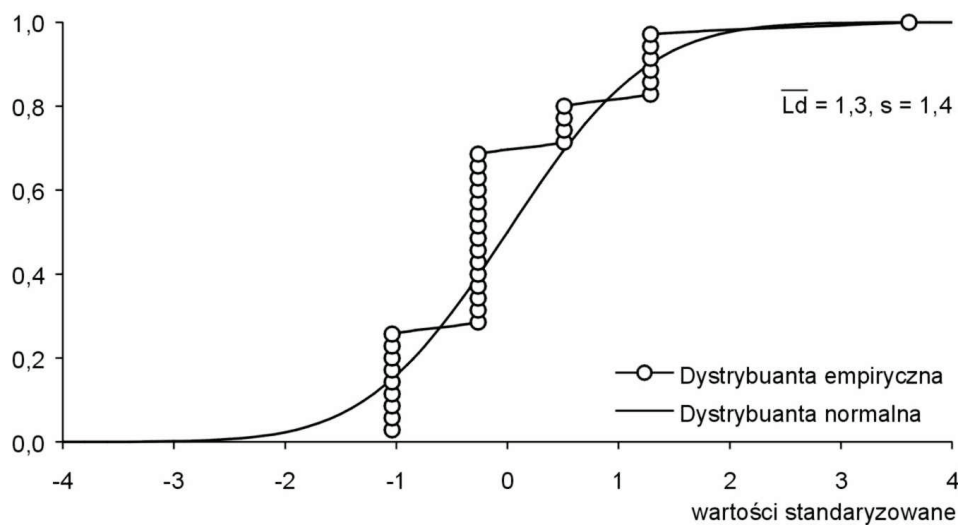
Rys. 233. Prawdopodobieństwo liczby dni z dobową sumą opadów atmosferycznych ≥ 10 mm w Krakowie w latach 1966-2000 – marzec

Fig. 233. Probability of numbers of days with daily precipitation sums ≥ 10 mm in Cracow in years 1966-2000 – March



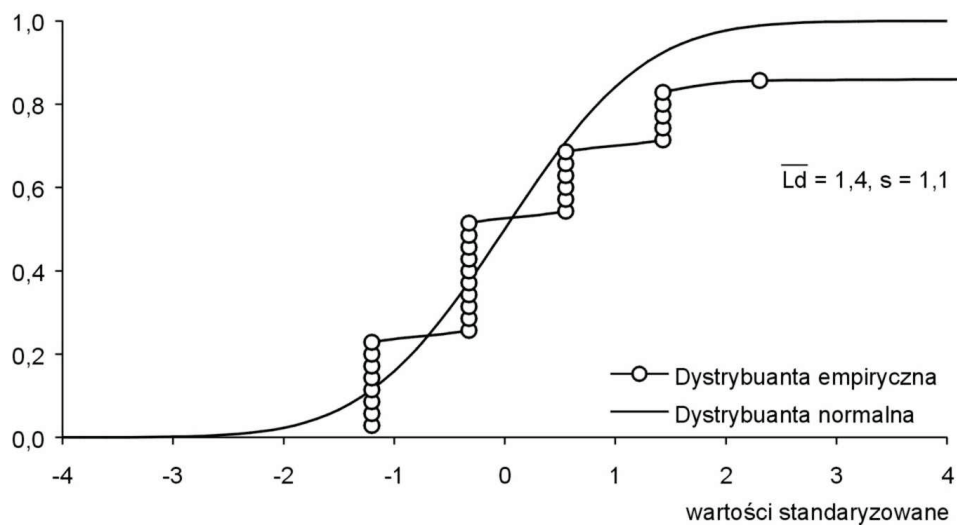
Rys. 234. Prawdopodobieństwo liczby dni z dobową sumą opadów atmosferycznych ≥ 10 mm w Warszawie w latach 1966-1995 – kwiecień

Fig. 234. Probability of numbers of days with daily precipitation sums ≥ 10 mm in years 1966-1995 – April



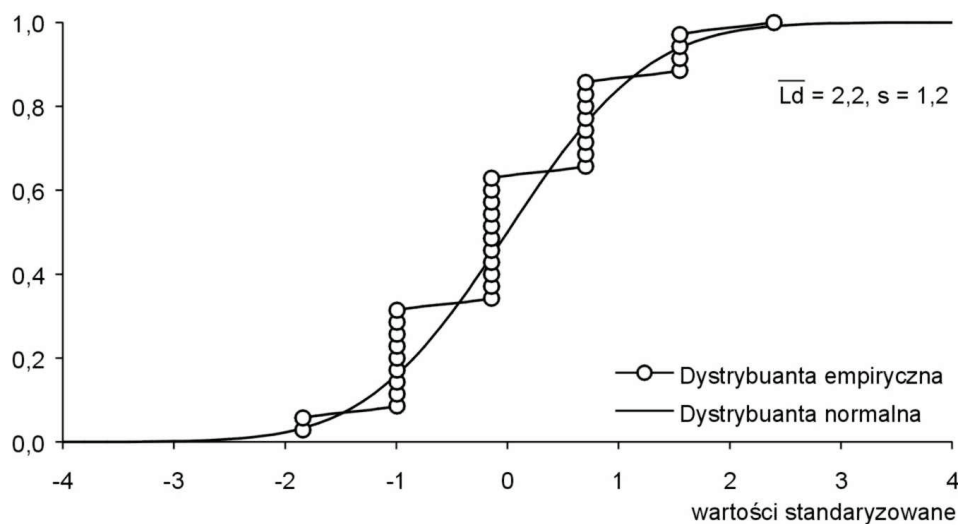
Rys. 235. Prawdopodobieństwo liczby dni z dobową sumą opadów atmosferycznych ≥ 10 mm w Krakowie w latach 1966-2000 – kwiecień

Fig. 235. Probability of numbers of days with daily precipitation sums ≥ 10 mm in Cracow in years 1966-2000 – April



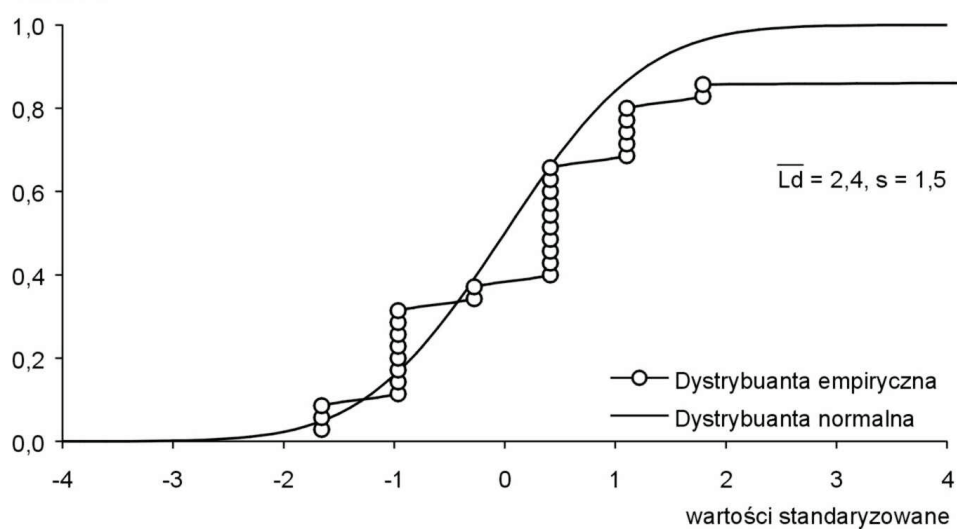
Rys. 236. Prawdopodobieństwo liczby dni z dobową sumą opadów atmosferycznych ≥ 10 mm w Warszawie w latach 1966-1995 – maj

Fig. 236. Probability of numbers of days with daily precipitation sums ≥ 10 mm in years 1966-1995 – May



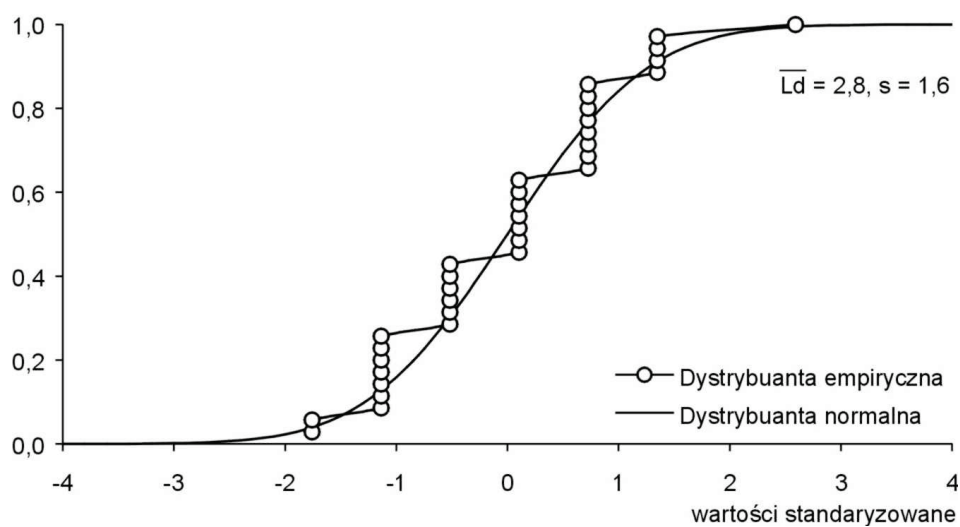
Rys. 237. Prawdopodobieństwo liczby dni z dobową sumą opadów atmosferycznych ≥ 10 mm w Krakowie w latach 1966-2000 – maj

Fig. 237. Probability of numbers of days with daily precipitation sums ≥ 10 mm in Cracow in years 1966-2000 – May



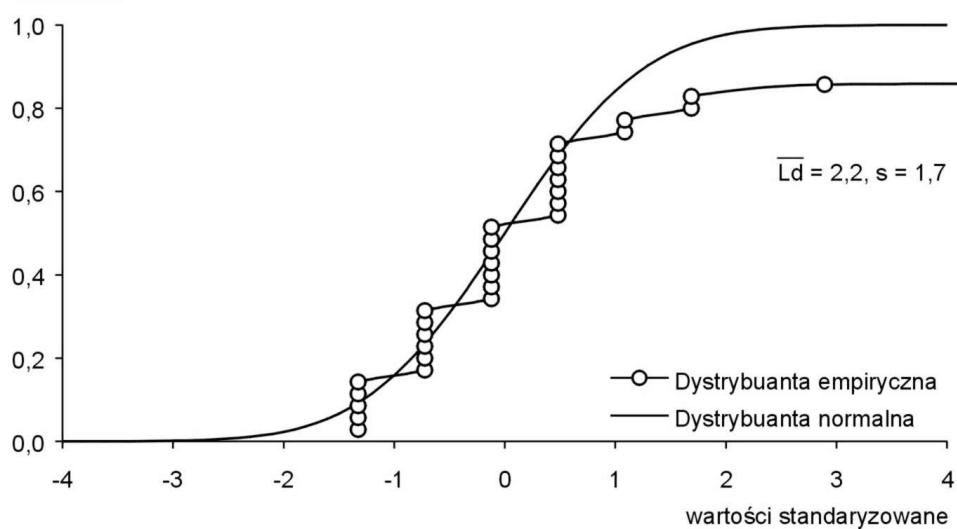
Rys. 238. Prawdopodobieństwo liczby dni z dobową sumą opadów atmosferycznych ≥ 10 mm w Warszawie w latach 1966-1995 – czerwiec

Fig. 238. Probability of numbers of days with daily precipitation sums ≥ 10 mm in years 1966-1995 – June



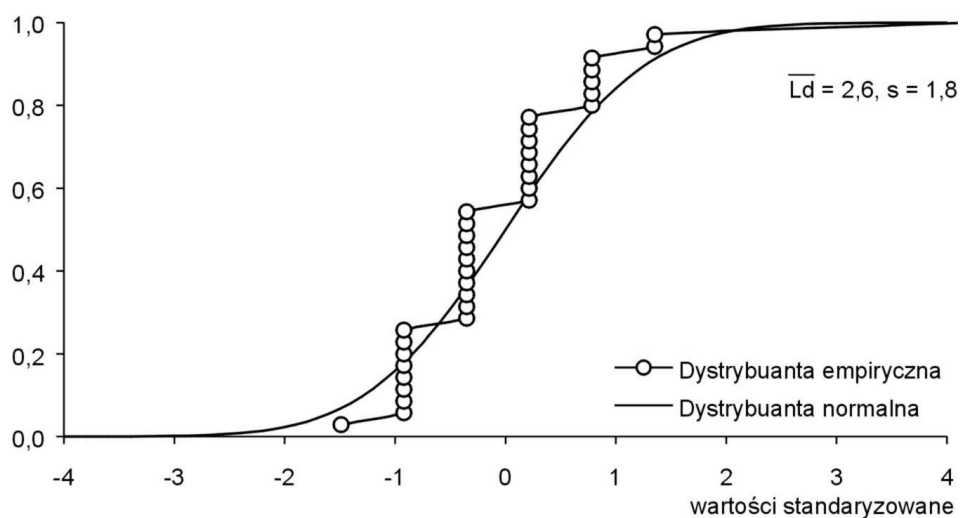
Rys. 239. Prawdopodobieństwo liczby dni z dobową sumą opadów atmosferycznych ≥ 10 mm w Krakowie w latach 1966-2000 – czerwiec

Fig. 239. Probability of numbers of days with daily precipitation sums ≥ 10 mm in Cracow in years 1966-2000 – June



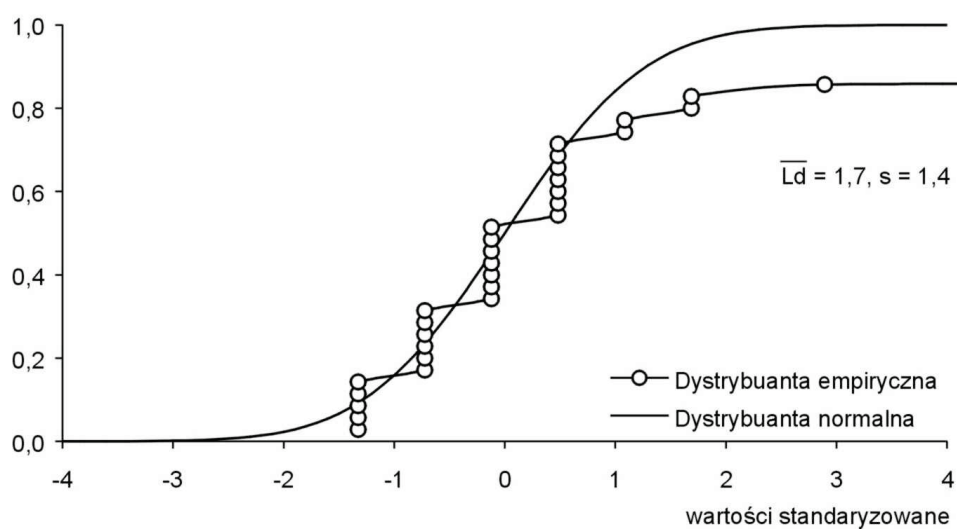
Rys. 240. Prawdopodobieństwo liczby dni z dobową sumą opadów atmosferycznych ≥ 10 mm w Warszawie w latach 1966-1995 – lipiec

Fig. 240. Probability of numbers of days with daily precipitation sums ≥ 10 mm in years 1966-1995 – July



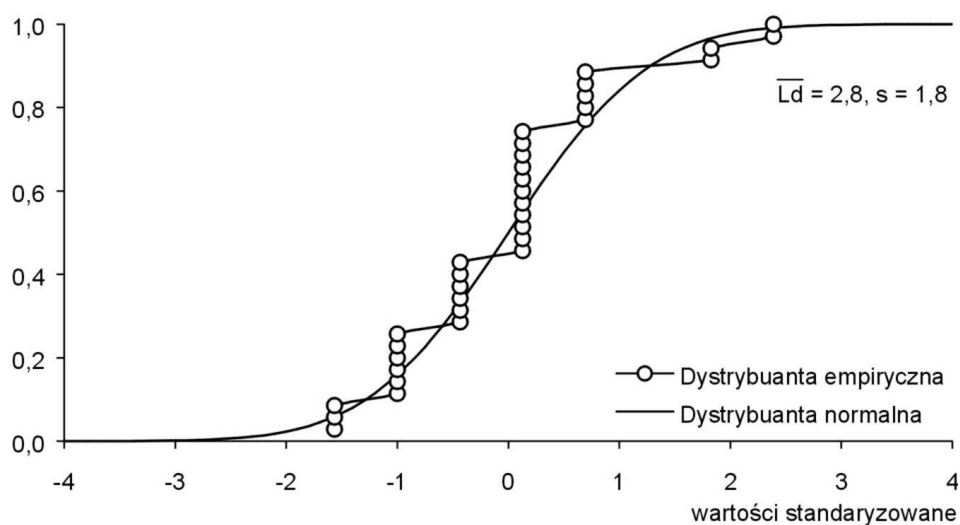
Rys. 241. Prawdopodobieństwo liczby dni z dobową sumą opadów atmosferycznych ≥ 10 mm w Krakowie w latach 1966-2000 – lipiec

Fig. 241. Probability of numbers of days with daily precipitation sums ≥ 10 mm in Cracow in years 1966-2000 – July



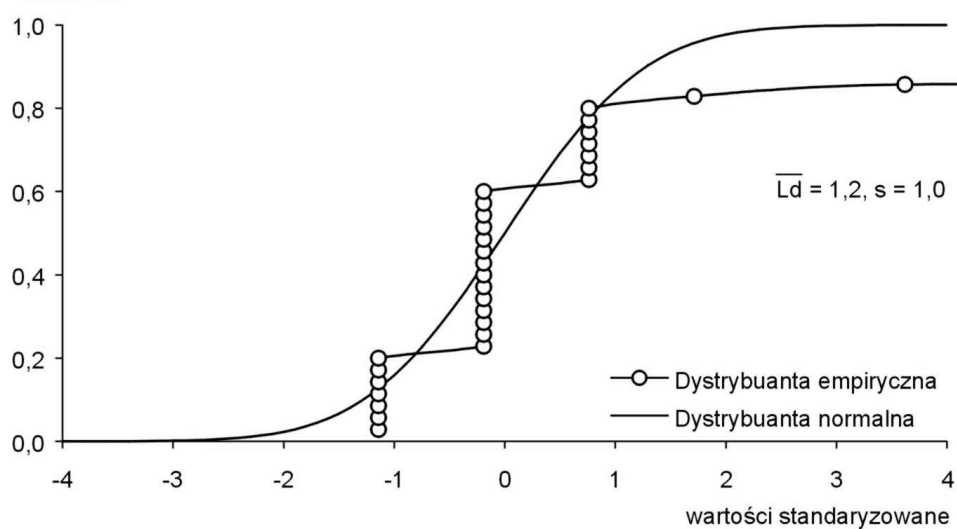
Rys. 242. Prawdopodobieństwo liczby dni z dobową sumą opadów atmosferycznych ≥ 10 mm w Warszawie w latach 1966-1995 – sierpień

Fig. 242. Probability of numbers of days with daily precipitation sums ≥ 10 mm in years 1966-1995 – August



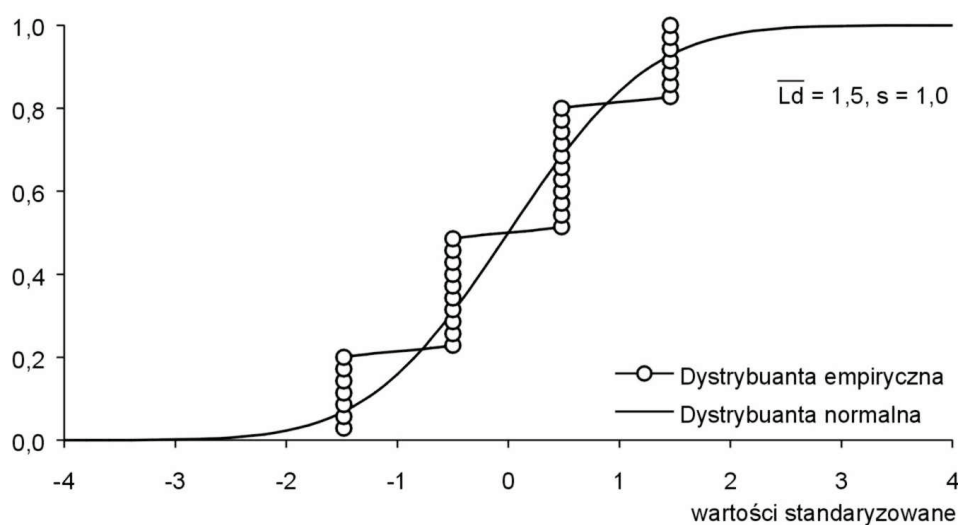
Rys. 243. Prawdopodobieństwo liczby dni z dobową sumą opadów atmosferycznych ≥ 10 mm w Krakowie w latach 1966-2000 – sierpień

Fig. 243. Probability of numbers of days with daily precipitation sums ≥ 10 mm in Cracow in years 1966-2000 – August



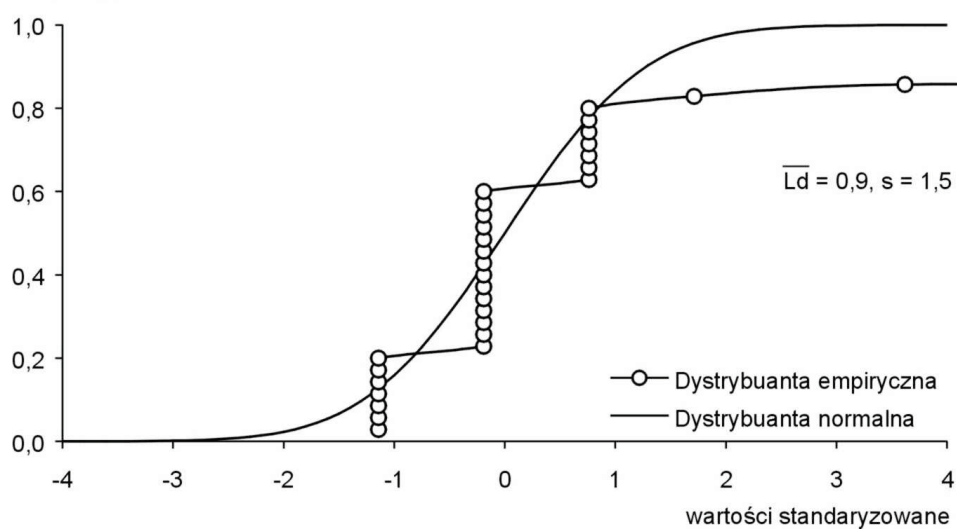
Rys. 244. Prawdopodobieństwo liczby dni z dobową sumą opadów atmosferycznych ≥ 10 mm w Warszawie w latach 1966-1995 – wrzesień

Fig. 244. Probability of numbers of days with daily precipitation sums ≥ 10 mm in years 1966-1995 – September



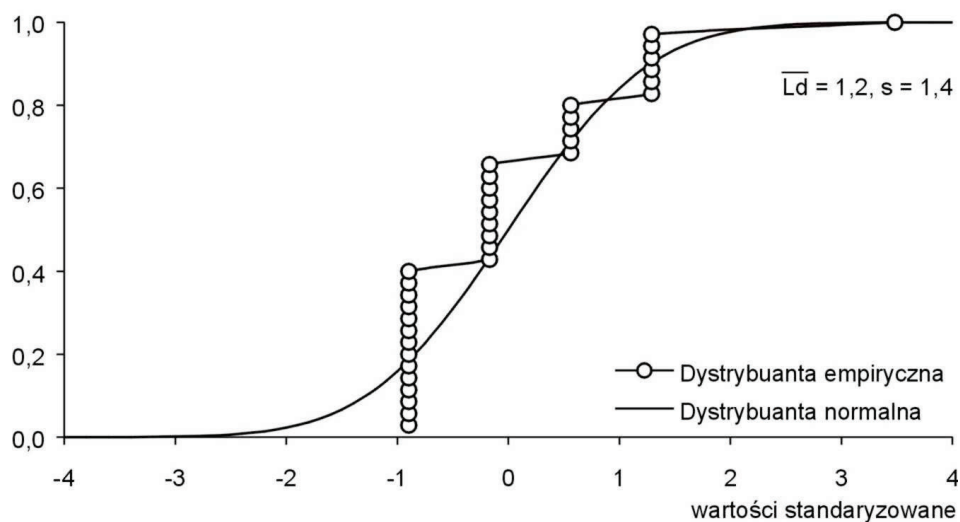
Rys. 245. Prawdopodobieństwo liczby dni z dobową sumą opadów atmosferycznych ≥ 10 mm w Krakowie w latach 1966-2000 – wrzesień

Fig. 245. Probability of numbers of days with daily precipitation sums ≥ 10 mm in Cracow in years 1966-2000 – September



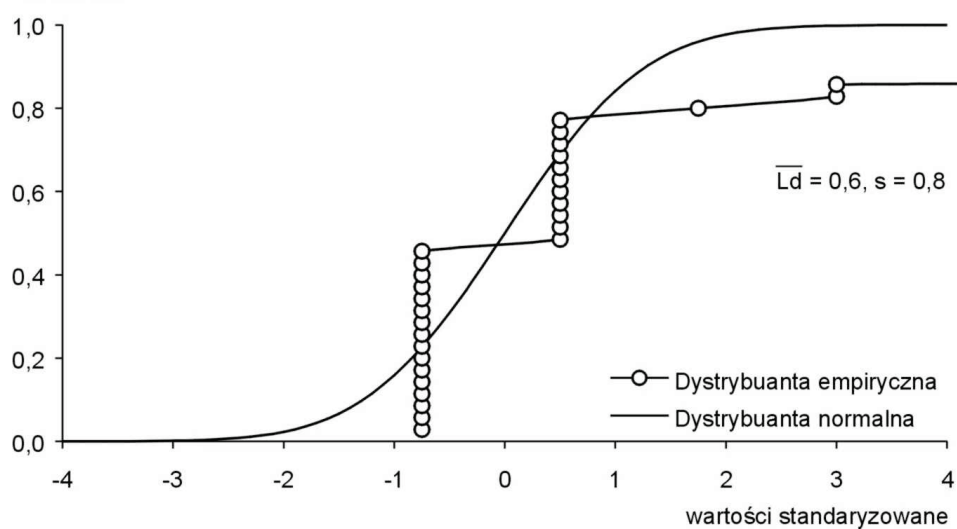
Rys. 246. Prawdopodobieństwo liczby dni z dobową sumą opadów atmosferycznych ≥ 10 mm w Warszawie w latach 1966-1995 – październik

Fig. 246. Probability of numbers of days with daily precipitation sums ≥ 10 mm in years 1966-1995 – October



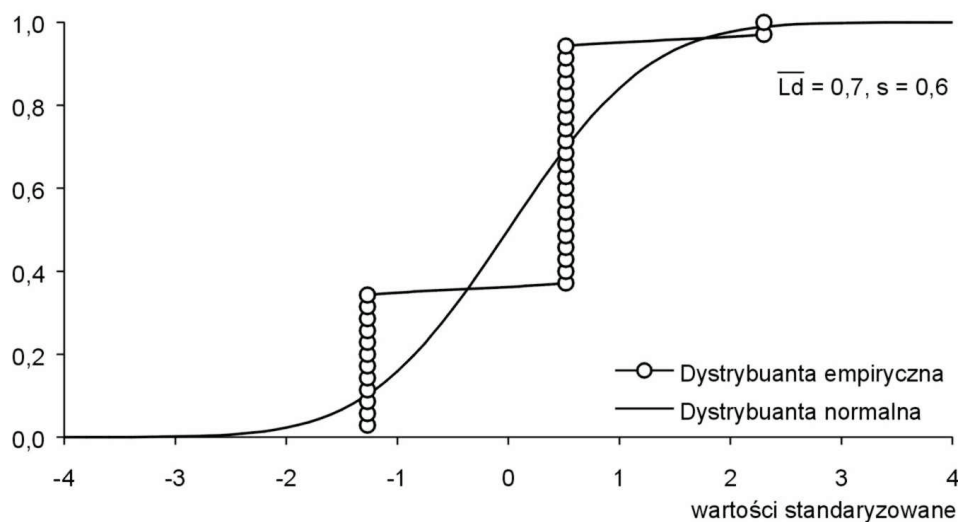
Rys. 247. Prawdopodobieństwo liczby dni z dobową sumą opadów atmosferycznych ≥ 10 mm w Krakowie w latach 1966-2000 – październik

Fig. 247. Probability of numbers of days with daily precipitation sums ≥ 10 mm in Cracow in years 1966-2000 – October



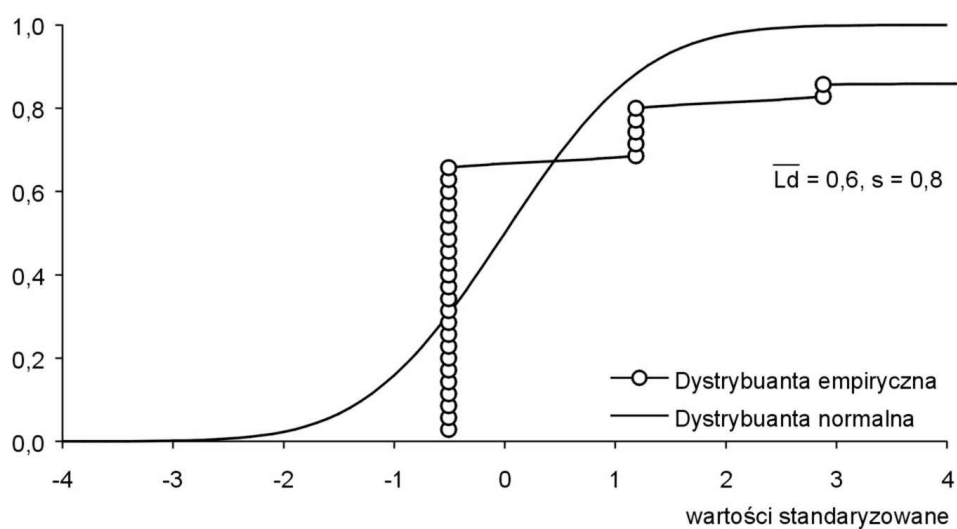
Rys. 248. Prawdopodobieństwo liczby dni z dobową sumą opadów atmosferycznych ≥ 10 mm w Warszawie w latach 1966-1995 – listopad

Fig. 248. Probability of numbers of days with daily precipitation sums ≥ 10 mm in years 1966-1995 – November



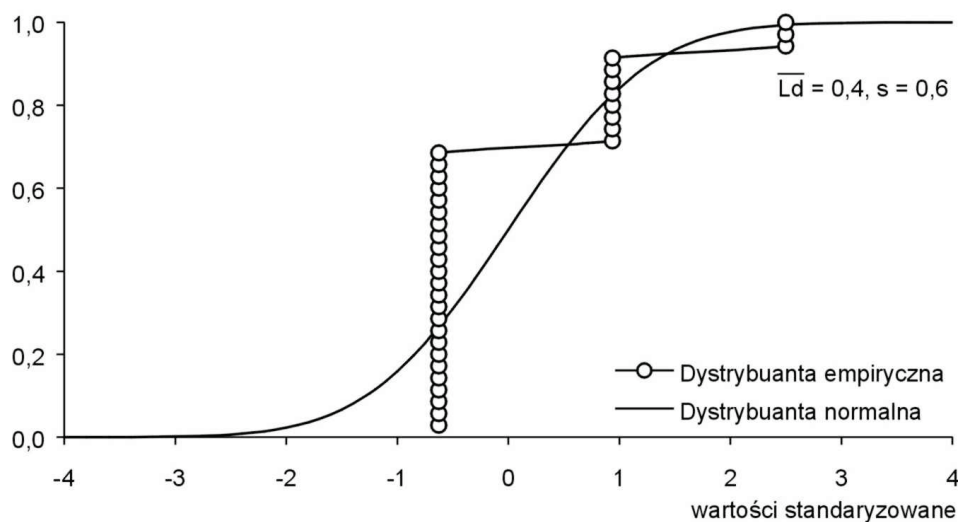
Rys. 249. Prawdopodobieństwo liczby dni z dobową sumą opadów atmosferycznych ≥ 10 mm w Krakowie w latach 1966-2000 – listopad

Fig. 249. Probability of numbers of days with daily precipitation sums ≥ 10 mm in Cracow in years 1966-2000 – November



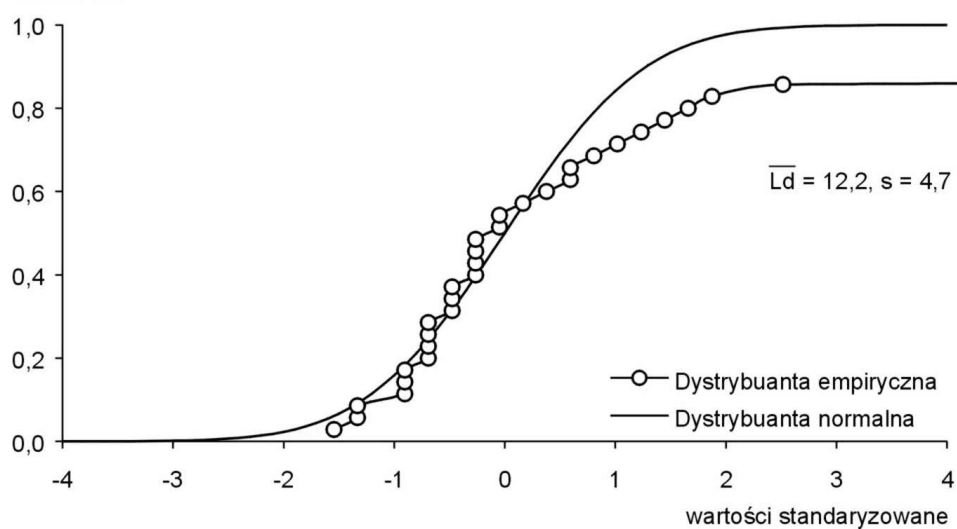
Rys. 250. Prawdopodobieństwo liczby dni z dobową sumą opadów atmosferycznych ≥ 10 mm w Warszawie w latach 1966-1995 – grudzień

Fig. 250. Probability of numbers of days with daily precipitation sums ≥ 10 mm in years 1966-1995 – December



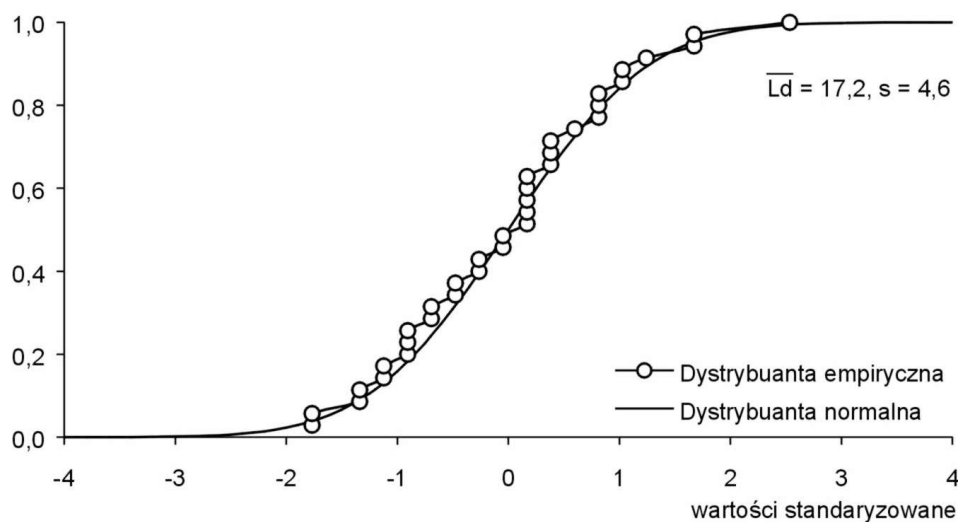
Rys. 251. Prawdopodobieństwo liczby dni z dobową sumą opadów atmosferycznych ≥ 10 mm w Krakowie w latach 1966-2000 – grudzień

Fig. 251. Probability of numbers of days with daily precipitation sums ≥ 10 mm in Cracow in years 1966-2000 – December



Rys. 252. Prawdopodobieństwo liczby dni z dobową sumą opadów atmosferycznych ≥ 10 mm w Warszawie w latach 1966-1995 – rok

Fig. 252. Probability of numbers of days with daily precipitation sums ≥ 10 mm in years 1966-1995 – year



Rys. 253. Prawdopodobieństwo liczby dni z dobową sumą opadów atmosferycznych ≥ 10 mm w Krakowie w latach 1966-2000 – rok

Fig. 253. Probability of numbers of days with daily precipitation sums ≥ 10 mm in Cracow in years 1966-2000 – year

VI. LICZBA DNI Z POKRYWĄ ŚNIEŻNĄ W WARSZAWIE I KRAKOWIE W LATACH 1966-2000

W naszej strefie klimatycznej pokrywa śnieżna jest zjawiskiem występującym okresowo w chłodnej połowie roku, najczęściej od listopada do marca. Przy czym jest elementem nieciągłym w czasie i przestrzeni głównie ze względu na dużą zmienność cyrkulacji atmosferycznej w sezonie zimowym.

Pokrywa śnieżna jest ważnym elementem klimatu i jednocześnie czynnikiem klimatotwórczym, kształtującym bilans energetyczny podłoża i przygruntowej warstwy powietrza. Pokrywa śnieżna, jako powierzchnia czynna wyróżnia się dużym albedo, małym współczynnikiem przewodnictwa cieplnego i swoistymi warunkami radiacyjnymi (duże promieniowanie odbite, duża zdolność emisyjna śniegu).

Temperatura gruntu pokrytego śniegiem jest wyższa od temperatury powietrza, zatem pokrywa śnieżna stanowi doskonałą izolację dla podłoża. Własności termoizolacyjne śniegu mają duże znaczenie dla rolnictwa, zwłaszcza w wysiewie roślin ozimych, zapobiegając ich wymarzaniu.

Woda zmagazynowana w pokrywie śnieżnej jest ważnym składnikiem bilansu wodnego. Jej rola jest najważniejsza w fazie topnienia śniegu i odpływu roztopowego. Ilość zmagazynowanej wody uzupełnić może niedostatki opadów z innych pór roku i decyduje o wilgotności gleby. Zbyt gwałtowne jej topnienie może być przyczyną powodzi.

Sama pokrywa śnieżna jest również ważnym elementem w transporcie i komunikacji (zakłócenia ruchu), jak i budownictwa (obciążenia konstrukcji budowlanych).

Obserwacji pokrywy śnieżnej w Europie rozpoczęły się w drugiej połowie XIX wieku, głównie w Wielkiej Brytanii, a w Polsce na przełomie XIX i XX wieku.

Najbardziej wszechstronne opracowania występowania pokrywy śnieżnej w Polsce pochodzą jednak z okresu po II wojnie światowej. Są to prace: W. Milaty (1950), K. Chomicza (1961, 1975, 1986), Paczora (1982, 1985), J. Chrzanowskiego (1986, 1989). Szereg prac dotyczy opracowań pokrywy śnieżnej w skali regionalnej lub lokalnej, przekładowe prace: R. Madany (1950), B. Leśniakowa (1967), J. Trepńska (1973), M. Niedźwiecki (1998) i inni.

W jednej z pierwszych prac W. Milata (1950) podaje średnią liczbę dni z pokrywą śnieżną w sezonie zimowym z okresu 1900-1914 oraz rozważa czynniki (meteorologia, położenie geograficzne, regionalne) wpływające na trwałość pokrywy śnieżnej.

Klasyfikacji śniegu i metodom badań nad szatą i pokrywą śnieżną w Polsce poświęcona jest praca K. Chomicza z 1962 r. Inne prace tego autora (1975, 1986) dotyczą

wszechstronnego opracowania pokrywy śnieżnej w Polsce. Autor analizuje zarówno liczbę dni, jak i grubość pokrywy śnieżnej w miesiącach i dekadach.

Podobnym zagadnieniom dotyczy publikacja J. Chrzanowskiego (1986). Autor przedstawił opracowanie pokrywy śnieżnej i dokonał próby jej regionalizacji na podstawie zim z okresu 1950-1980 z 42 stacji polskich.

Autorem dwóch ważnych opracowań dotyczących tematyki zim w okresie (1950-75) i pokrywy śnieżnej (w okresie 1950-1980) w Polsce jest S. Paczos (1982, 1985).

Pracach tych zostały przedstawione podstawowe charakterystyki pokrywy śnieżnej, a więc: liczba dni z pokrywą śnieżną, daty pierwszej i ostatniej pokrywy, a także scharakteryzowano różne typy rocznego przebiegu grubości pokrywy śnieżnej. S. Paczos przeanalizował również zimy w Polsce i dokonał klasyfikacji ich śnieżności. W pracy S. Paczosa z 1982 r. była badana także zależność występowania pokrywy śnieżnej od typów cyrkulacji.

J. Chrzanowski (1986) w opracowaniu poświęconemu pokrywie śnieżnej w Polsce przedstawił klasyfikację pokrywy śnieżnej ze względu na jej grubość oraz dokonał regionalizacji opierając się na subiektywnej analizie przebiegu rozkładu poszczególnych cech występowania pokrywy śnieżnej.

Szereg opracowań w literaturze polskiej dotyczy pokrywy śnieżnej w ujęciu regionalnym lub lokalnym.

Wymienić tu należy prace dotyczące Karpat: R. Madanego (1961) o opadach śniegu i szacie śnieżnej, czy M. Hessa (1967) o piętrach klimatycznych.

Pokrywę śnieżną we wschodnich Gorcach charakteryzowała B. Obrębska-Starkłowa (1968), w województwie krakowskim – B. Leśniakowa (1973), a w Krakowie J. Trepińska (1973) przedstawiając prawdopodobieństwo występowania pokrywy śnieżnej w zależności od temperatury powietrza i opadów.

Na podstawie struktury czasowej występowania pokrywy śnieżnej na Pomorzu M. Czarnecka (1986) dokonała próby jej regionalizacji.

Zagadnieniu prognozowania pokrywy śnieżnej w Warszawie dotyczy publikacja J. Chrzanowskiego (1989).

Z nowszych prac wymienić należy pracę M. Niedźwiedzkiego (1998) dotyczącą pokrywy śnieżnej w Łodzi wraz z określeniem zależności między warunkami termicznymi i śnieżnymi w sezonach zimowych oraz pracę E. Bednorz (2001), w której dokonano analizy rozkładu przestrzennego pokrywy śnieżnej w Polsce północno-zachodniej. Autorka dokonała również regionalizacji, a także powiązała zmiany pokrywy śnieżnej (zwłaszcza jej grubości) z kierunkami napływu mas powietrza.

Opad śniegu i pokrywa śnieżna są też istotne w charakterystyce warunków opadowych. W środkowej Polsce obserwuje się 40-50 dni ze śniegiem, na zachodzie – około 30, a na północo-wschodzie – około 70. W górach liczba dni ze śniegiem przekracza 100. Pierwszy śnieg pojawia się przeważnie w listopadzie, ostatni w kwietniu, w pojedynczych latach zdarzają się jednak duże odstępstwa.

Efektom tej postaci opadu jest pokrywa śnieżna (1951-1960) i czas jej zalegania. Daty pojawiania się i zaniku mają duże znaczenie nie tylko klimatyczne ale i gospodarcze. Pokrywa śnieżna utrzymuje się zaledwie przez 40-50 dni w rejonie Szczecina, Kołobrzegu i Koszalina oraz na Dolnym Śląsku. Czas jej trwania rośnie ku wschodowi do 70-80 dni a nawet do 90-100 na Pojezierzu Suwalskim i Puszczy Białowieskiej. Wysokość terenu wpływa również na długość zalegania pokrywy śnieżnej. Przykładem mogą być wyżyny południowe i Karpaty. W Zakopanem śnieg leży przeciętnie 116 dni a na

Kasprowym Wierchu dwukrotnie dłużej (233 dni). Mniejsza liczba dni na Śnieżce (ok. 180) wynika z nieco krótszej zimy i oddziaływania silnych wiatrów. W miejscach osłoniętych a więc kotlinach i dolinach górskich pokrywa śnieżna utrzymuje się dłużej. Podobnie jest na zboczach eksponowanych na północ oraz w lasach. W ostatnim 30-leciu 1971-2000 liczba dni z pokrywą śnieżną zmalała średnio o 10 dni w roku.

Liczbę dni z pokrywą śnieżną w Warszawie i Krakowie w latach 1966-2000 scharakteryzowano licznymi wykresami: przebiegi czasowe (wraz z równaniami prostych regresji) – rys. 254-265, widma – rys. 266-277, histogramy 278-289 i rozkłady prawdopodobieństwa – rys. 290-301, parametry cykli w roku – tab. 17-18.

Tab. 17. Cykle liczby dni z pokrywą śnieżną w Warszawie w latach 1966-2000 – rok
(Θ – okres, b – amplituda, c – przesunięcie fazowe, ε^2 – wariancja resztkowa, R – współczynnik korelacji)

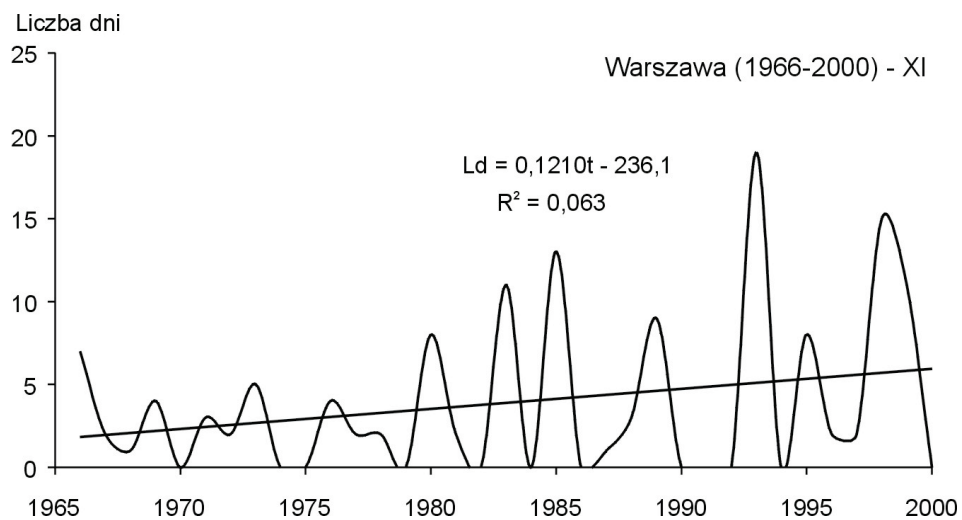
Tab. 17. The cycles of numbers of days with snow cover in Warsaw in years 1966-2000 – year
(Θ – period, b – amplitude, c – phase delay, ε^2 – rest variance, R – correlation coefficient)

Θ	b	c	ε^2	R
2,5	8,785	0,0373	504,730	0,287
2,9	6,590	-0,5488	509,766	0,270
3,3	11,548	2,7861	472,396	0,376
3,7	7,179	-0,2155	517,693	0,242
4,5	2,269	-0,8890	545,870	0,086
5,4	6,674	2,4614	524,280	0,216
8,6	14,105	1,5555	421,927	0,483
14,6	10,539	2,8735	475,028	0,369

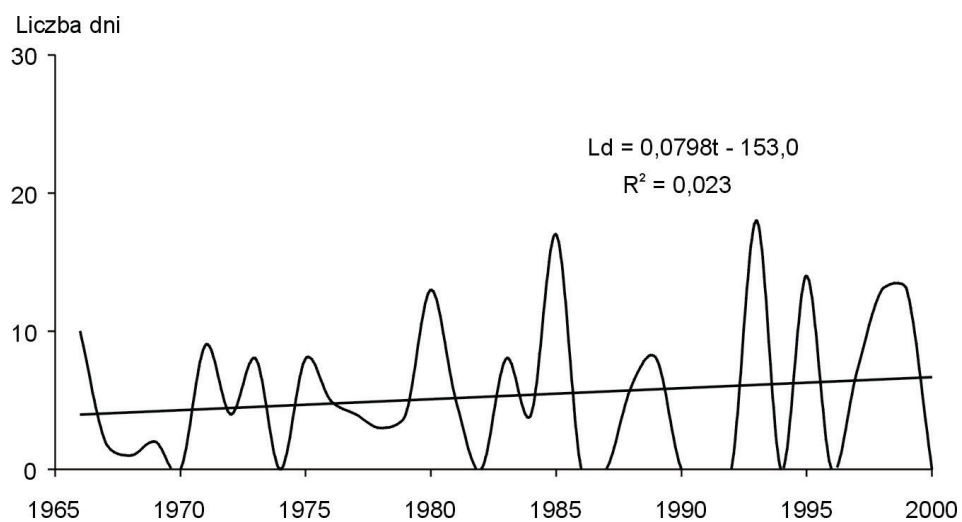
Tab. 18. Cykle liczby dni z pokrywą śnieżną w Krakowie w latach 1966-2000 – rok
(Θ – okres, b – amplituda, c – przesunięcie fazowe, ε^2 – wariancja resztkowa, R – współczynnik korelacji)

Tab. 18. The cycles of numbers of days with snow cover in Cracow in years 1966-2000 – year
(Θ – period, b – amplitude, c – phase delay, ε^2 – rest variance, R – correlation coefficient)

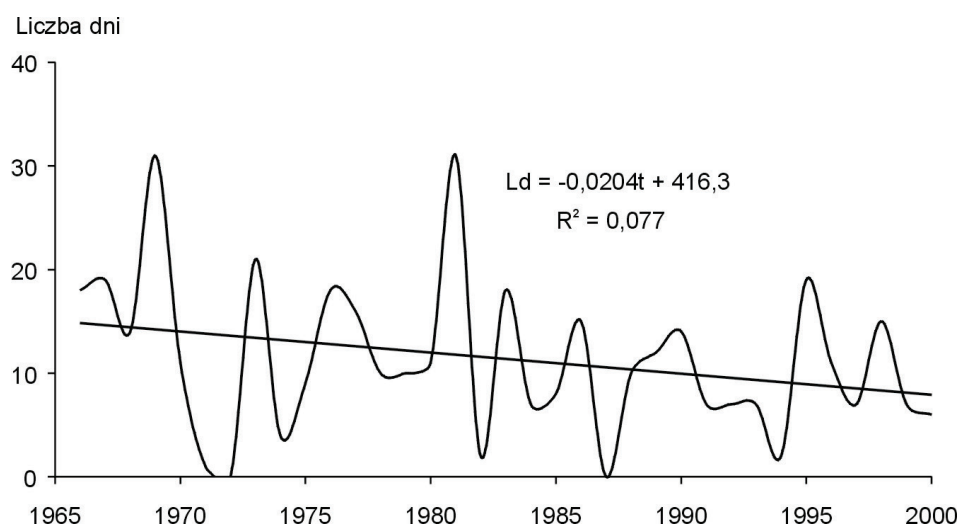
Θ	b	c	ε^2	R
2,5	8,264	0,2115	460,356	0,275
2,9	5,853	-0,4423	466,142	0,253
3,3	10,383	2,8573	423,915	0,386
3,8	8,860	0,6515	454,916	0,294
5,3	10,316	-3,1206	426,803	0,378
6,7	7,170	-0,1626	477,186	0,205
8,6	13,034	1,4709	382,557	0,482
13,7	11,543	-2,7904	410,858	0,418



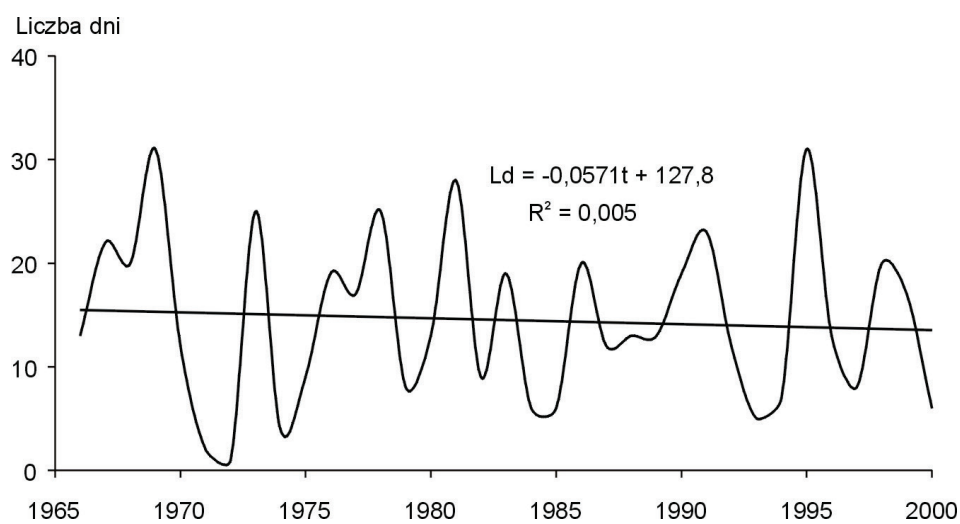
Rys. 254. Tendencje liczby dni z pokrywą śnieżną w Warszawie w latach 1966-2000 – listopad
 Fig. 254. The tendency of numbers of days with snow cover in Warsaw in years 1966-2000 – November



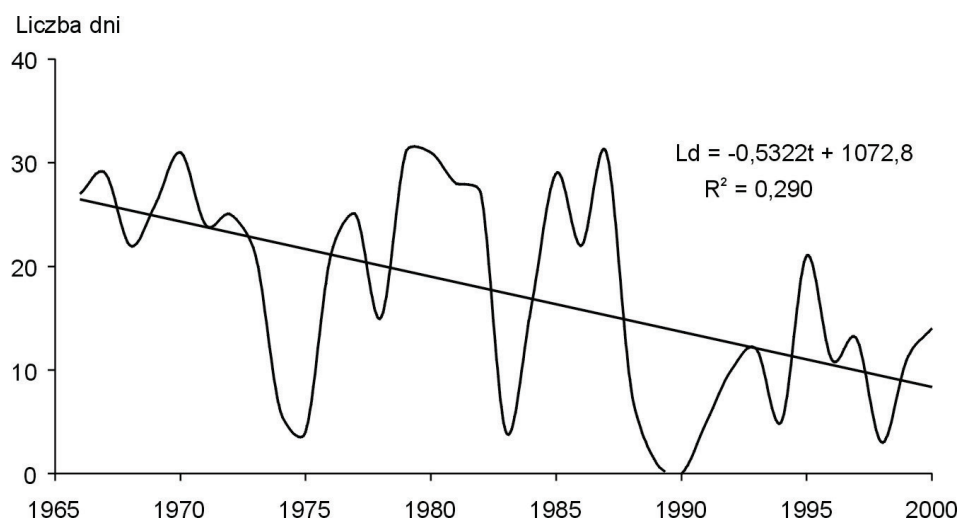
Rys. 255. Tendencje liczby dni z pokrywą śnieżną w Krakowie w latach 1966-2000 – listopad
 Fig. 255. The tendency of numbers of days with snow cover in Cracow in years 1966-2000 – November



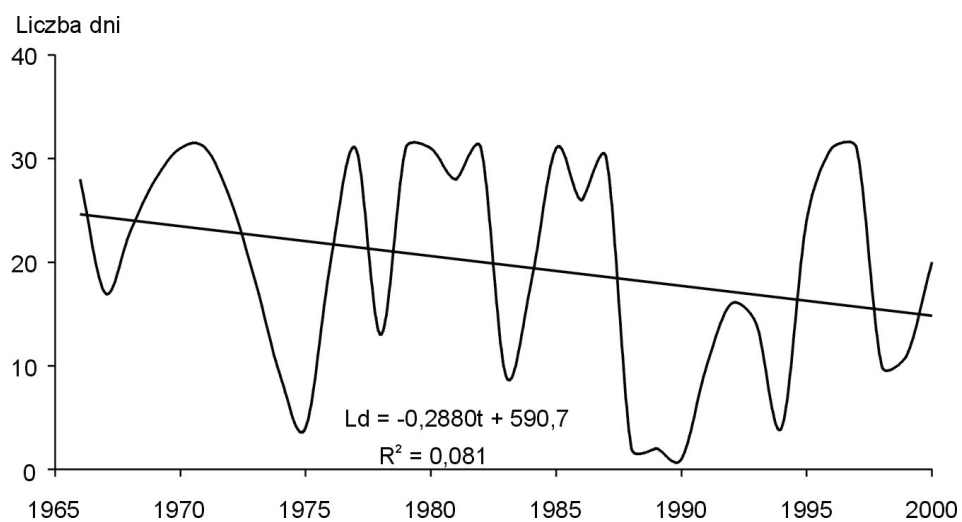
Rys. 256. Tendencje liczby dni z pokrywą śnieżną w Warszawie w latach 1966-2000 – grudzień
 Fig. 256. The tendency of numbers of days with snow cover in Warsaw in years 1966-2000 – December



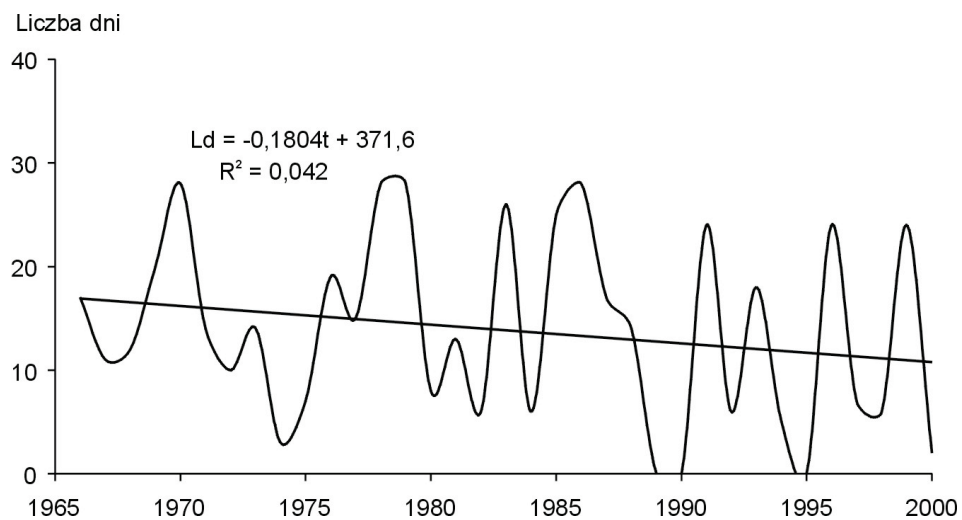
Rys. 257. Tendencje liczby dni z pokrywą śnieżną w Krakowie w latach 1966-2000 – grudzień
 Fig. 257. The tendency of numbers of days with snow cover in Cracow in years 1966-2000 – December



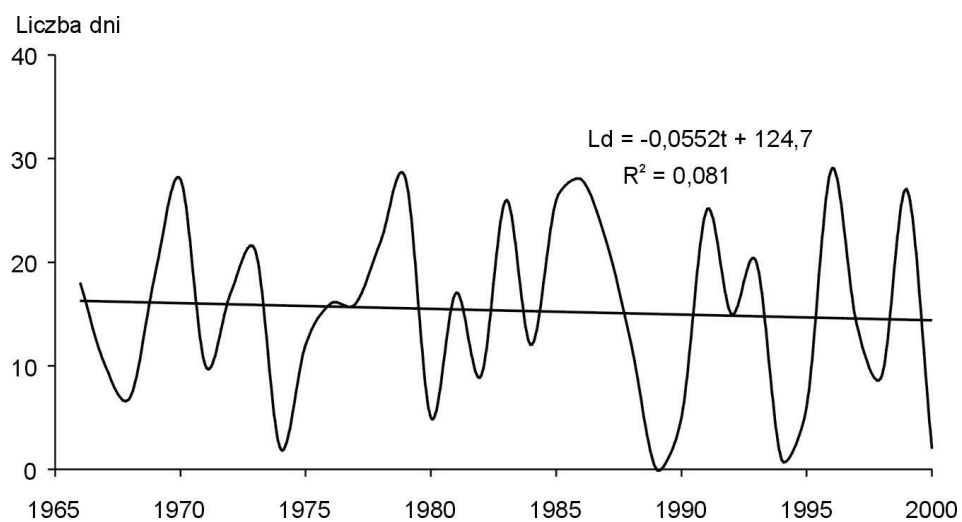
Rys. 258. Tendencje liczby dni z pokrywą śnieżną w Warszawie w latach 1966-2000 – styczeń
 Fig. 258. The tendency of numbers of days with snow cover in Warsaw
 in years 1966-2000 – January



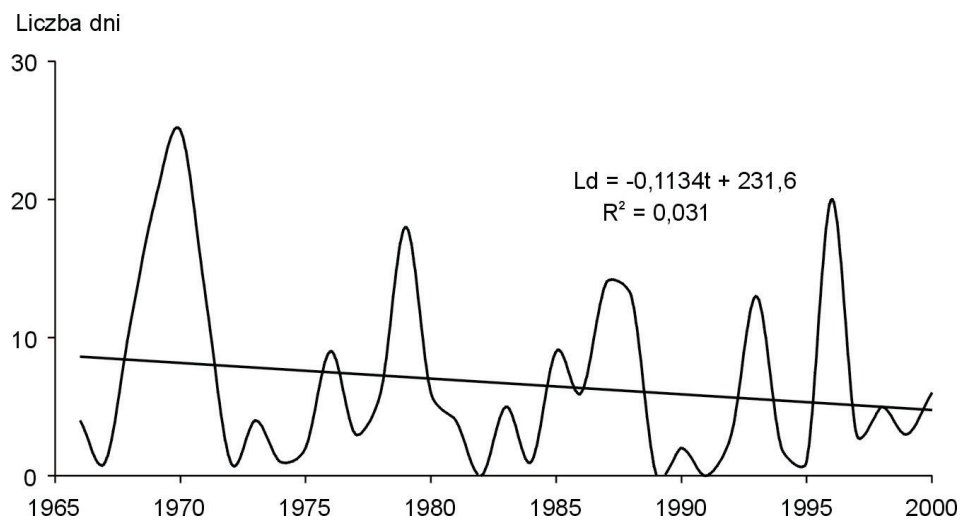
Rys. 259. Tendencje liczby dni z pokrywą śnieżną w Krakowie w latach 1966-2000 – styczeń
 Fig. 259. The tendency of numbers of days with snow cover in Cracow
 in years 1966-2000 – January



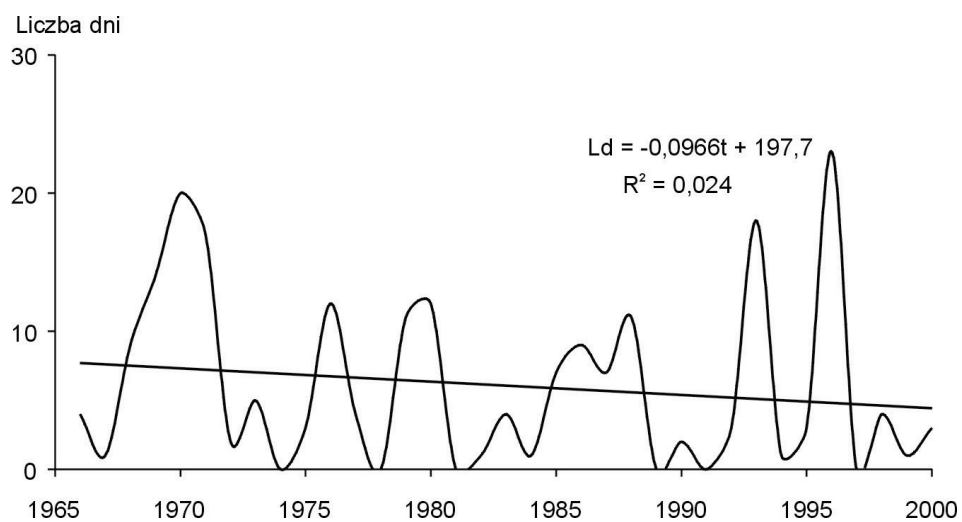
Rys. 260. Tendencje liczby dni z pokrywą śnieżną w Warszawie w latach 1966-2000 – luty
Fig. 260. The tendency of numbers of days with snow cover in Warsaw
in years 1966-2000 – February



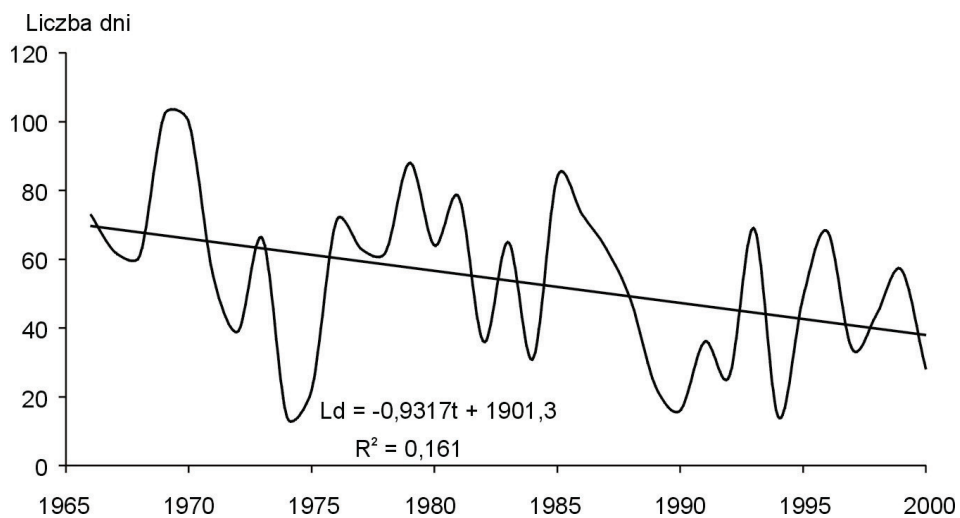
Rys. 261. Tendencje liczby dni z pokrywą śnieżną w Krakowie w latach 1966-2000 – luty
Fig. 261. The tendency of numbers of days with snow cover in Cracow
in years 1966-2000 – February



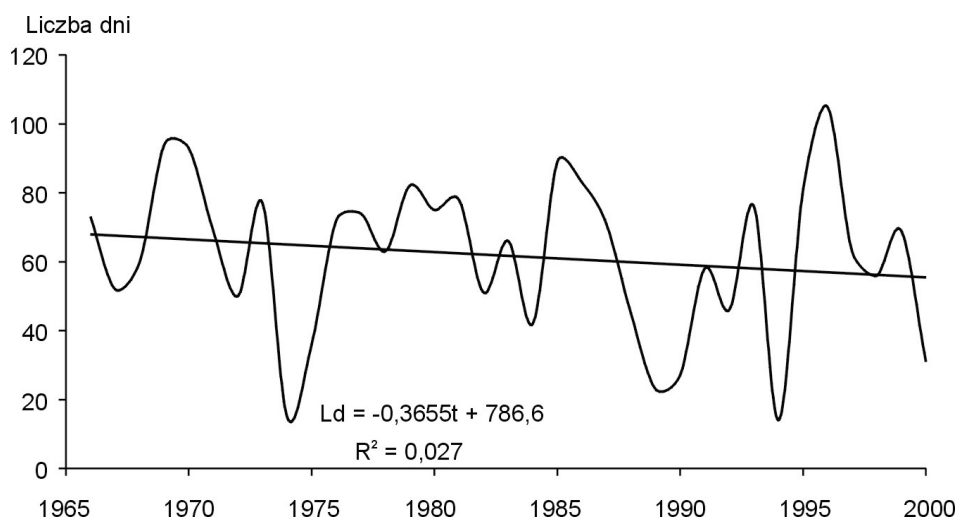
Rys. 262. Tendencje liczby dni z pokrywą śnieżną w Warszawie w latach 1966-2000 – marzec
Fig. 262. The tendency of numbers of days with snow cover in Warsaw
in years 1966-2000 – March



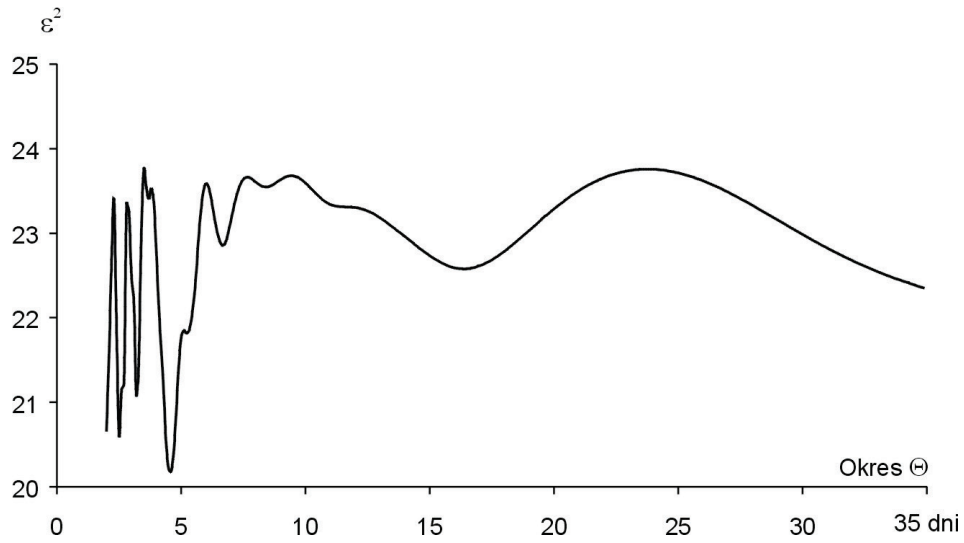
Rys. 263. Tendencje liczby dni z pokrywą śnieżną w Krakowie w latach 1966-2000 – marzec
Fig. 263. The tendency of numbers of days with snow cover in Cracow
in years 1966-2000 – March



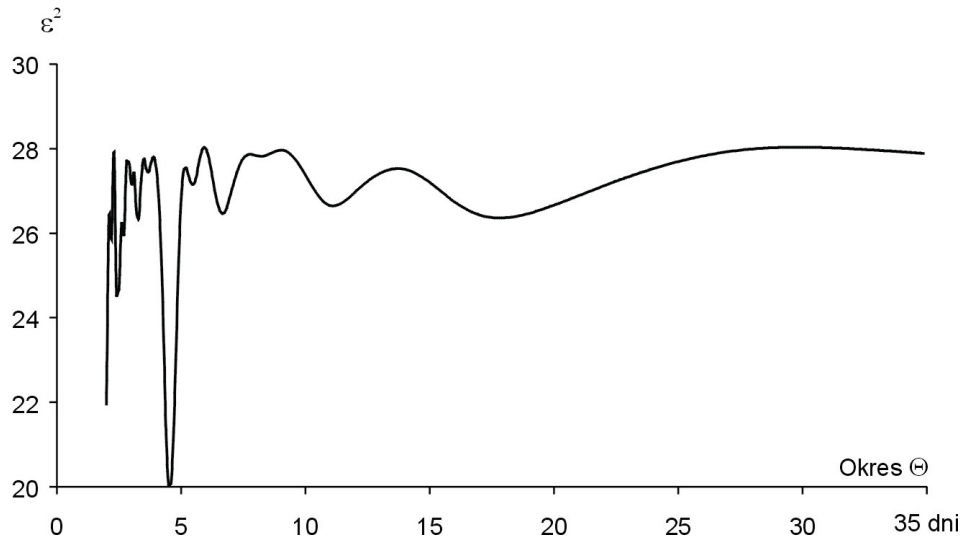
Rys. 264. Tendencje liczby dni z pokrywą śnieżną w Warszawie w latach 1966-2000 – rok
 Fig. 264. The tendency of numbers of days with snow cover in Warsaw
 in years 1966-2000 – year



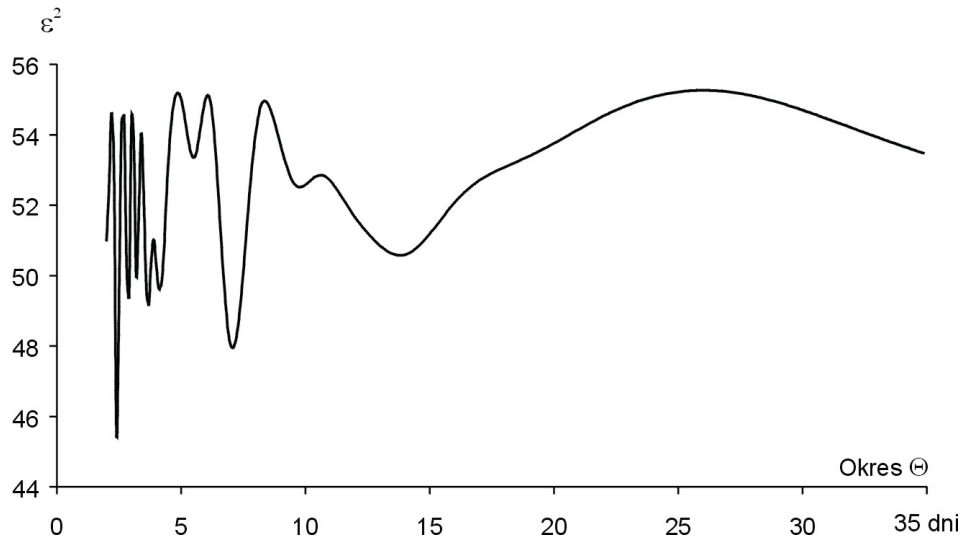
Rys. 265. Tendencje liczby dni z pokrywą śnieżną w Krakowie w latach 1966-2000 – rok
 Fig. 265. The tendency of numbers of days with snow cover in Cracow
 in years 1966-2000 – year



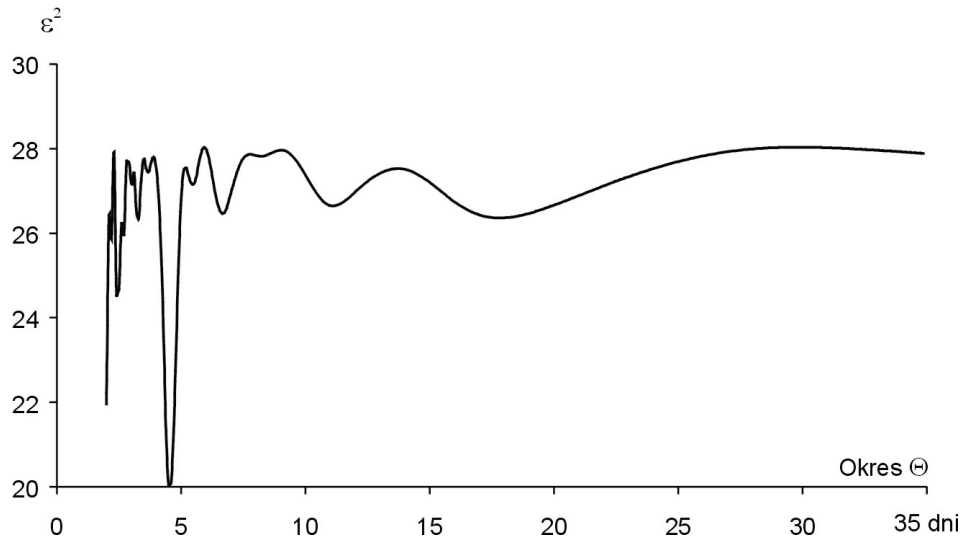
Rys. 266. Widmo liczby dni z pokrywą śnieżną w Warszawie w latach 1966-2000 – listopad
 Fig. 266. Spectrum of numbers of days with snow cover in Warsaw in years 1966-2000 – November



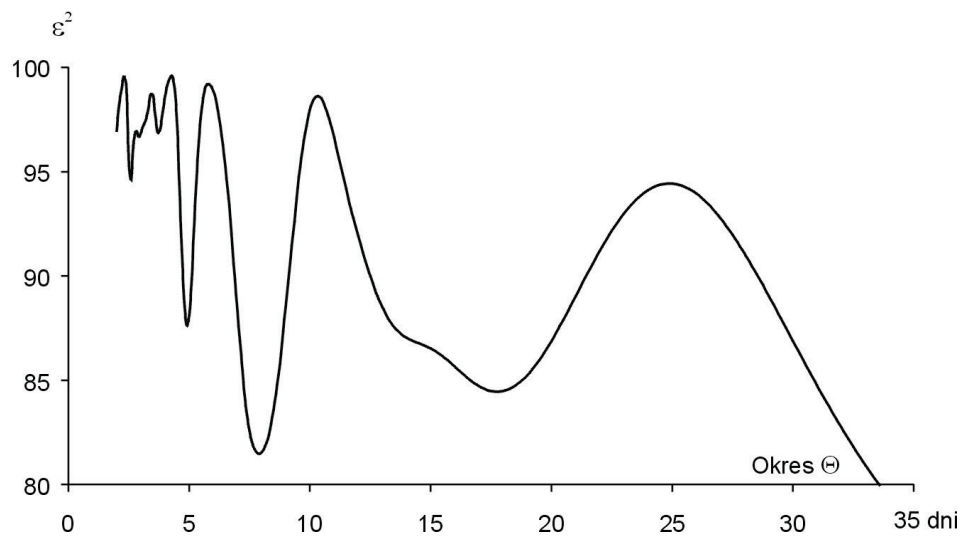
Rys. 267. Widmo liczby dni z pokrywą śnieżną w Krakowie w latach 1966-2000 – listopad
 Fig. 267. Spectrum of numbers of days with snow cover in Cracow in years 1966-2000 – November



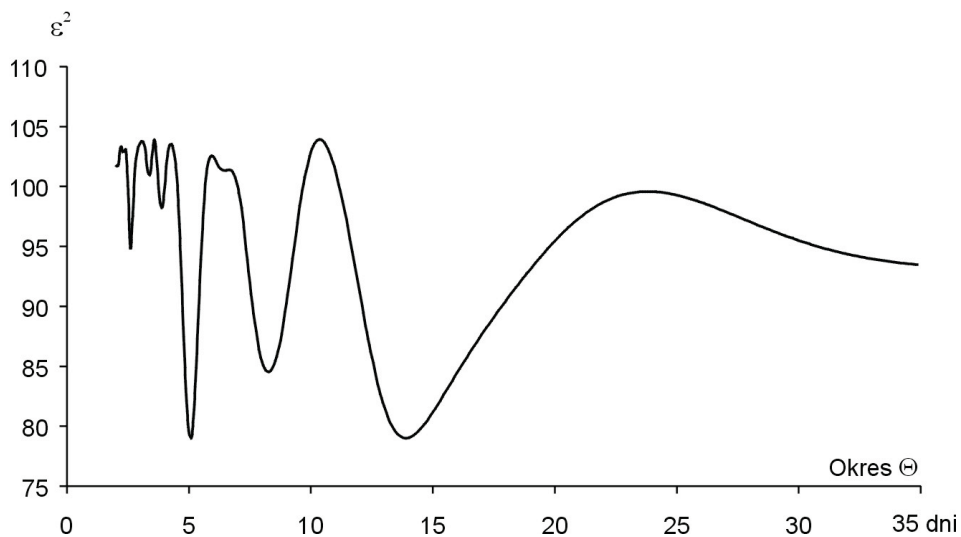
Rys. 268. Widmo liczby dni z pokrywą śnieżną w Warszawie w latach 1966-2000 – grudzień
 Fig. 268. Spectrum of numbers of days with snow cover in Warsaw in years 1966-2000 – December



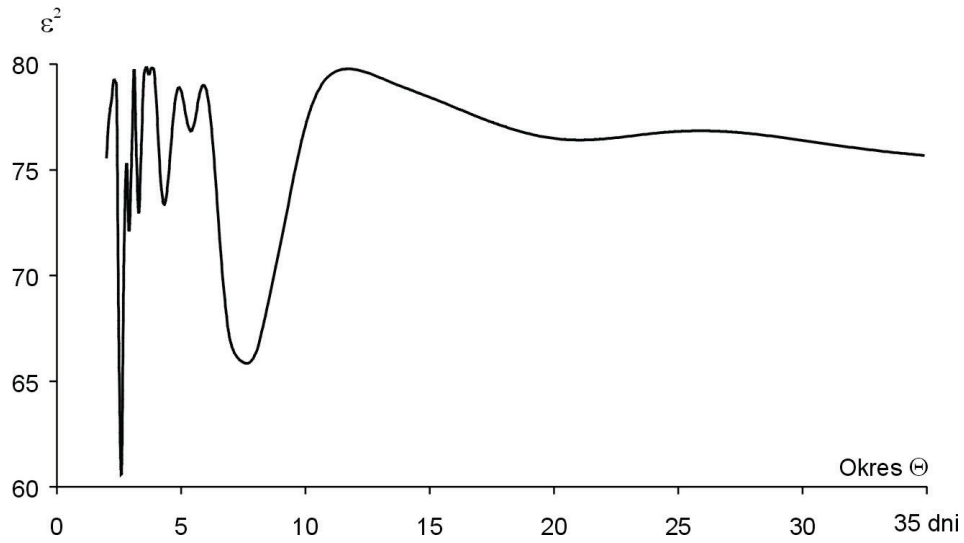
Rys. 269. Widmo liczby dni z pokrywą śnieżną w Krakowie w latach 1966-2000 – grudzień
 Fig. 269. Spectrum of numbers of days with snow cover in Cracow in years 1966-2000 – December



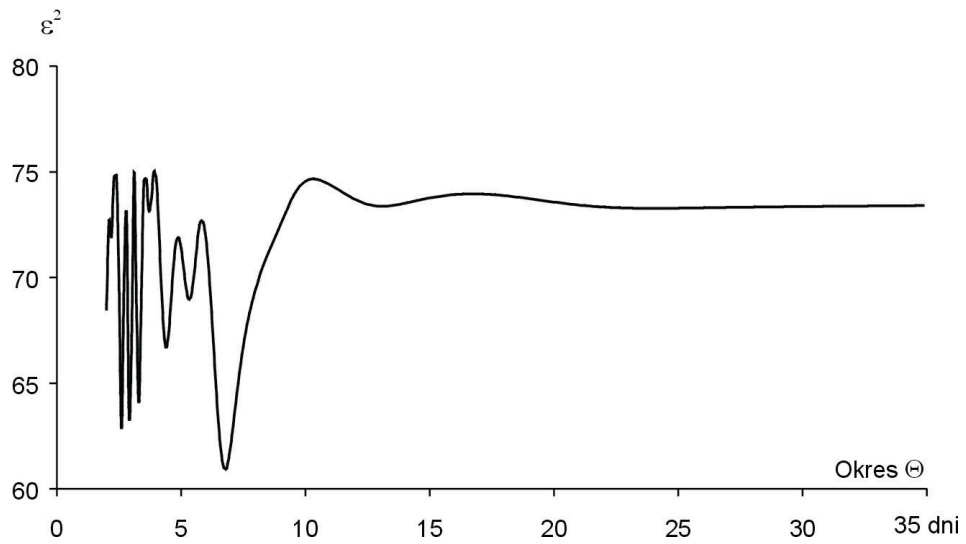
Rys. 270. Widmo liczby dni z pokrywą śnieżną w Warszawie w latach 1966-2000 – styczeń
 Fig. 270. Spectrum of numbers of days with snow cover in Warsaw in years 1966-2000 – January



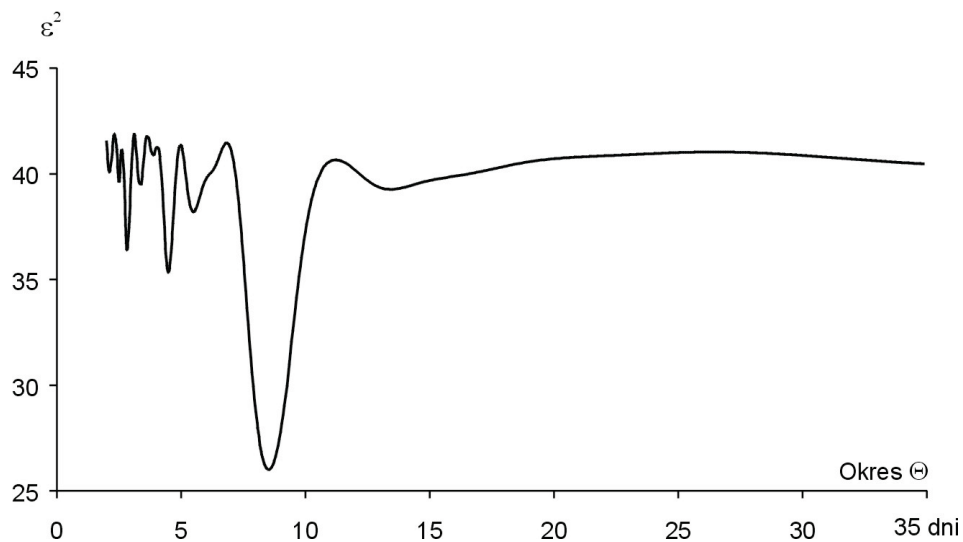
Rys. 271. Widmo liczby dni z pokrywą śnieżną w Krakowie w latach 1966-2000 – styczeń
 Fig. 271. Spectrum of numbers of days with snow cover in Cracow in years 1966-2000 – January



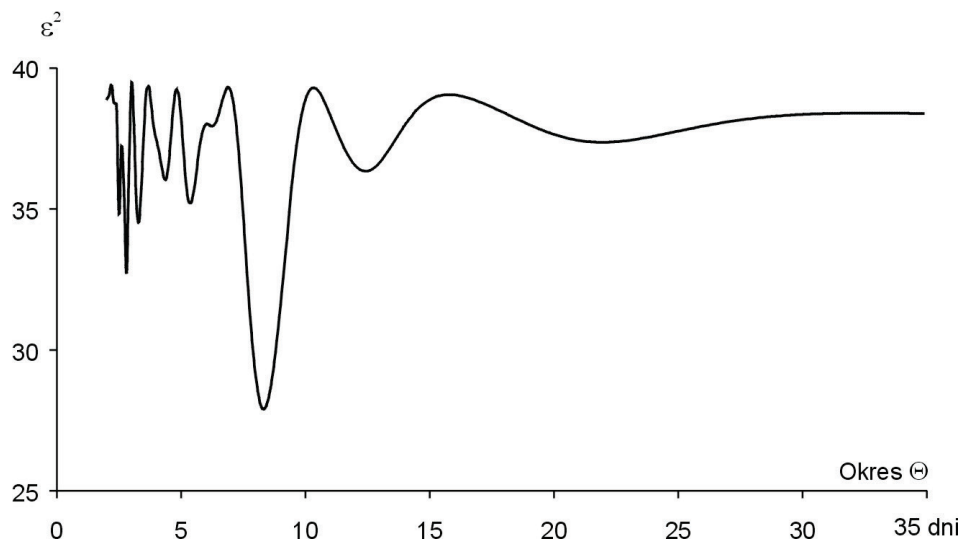
Rys. 272. Widmo liczby dni z pokrywą śnieżną w Warszawie w latach 1966-2000 – luty
 Fig. 272. Spectrum of numbers of days with snow cover in Warsaw in years 1966-2000 – February



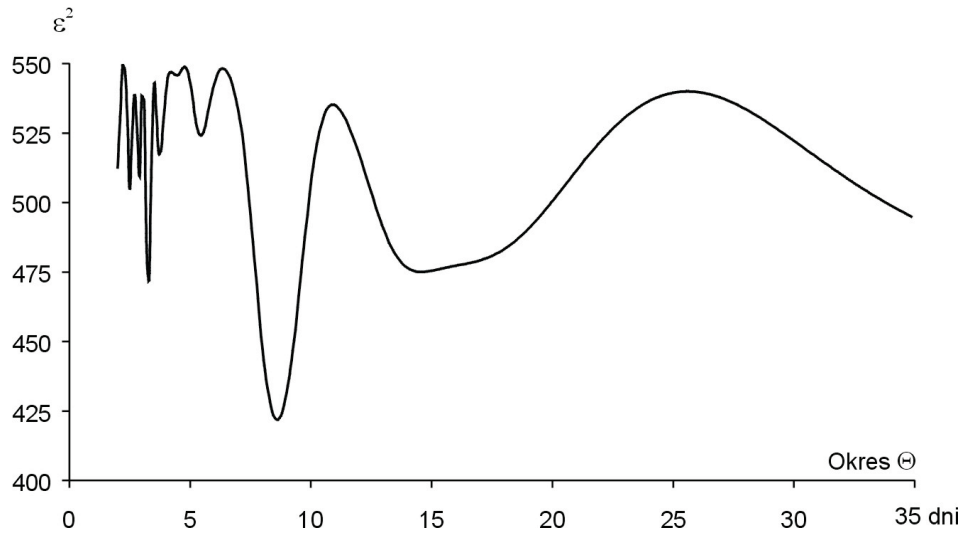
Rys. 273. Widmo liczby dni z pokrywą śnieżną w Krakowie w latach 1966-2000 – luty
 Fig. 273. Spectrum of numbers of days with snow cover in Cracow in years 1966-2000 – February



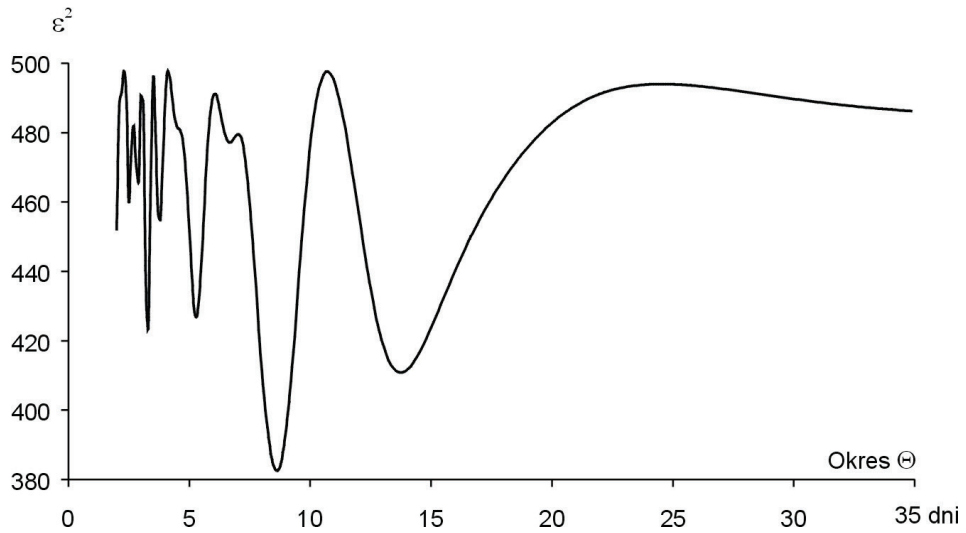
Rys. 274. Widmo liczby dni z pokrywą śnieżną w Warszawie w latach 1966-2000 – marzec
 Fig. 274. Spectrum of numbers of days with snow cover in Warsaw in years 1966-2000 – March



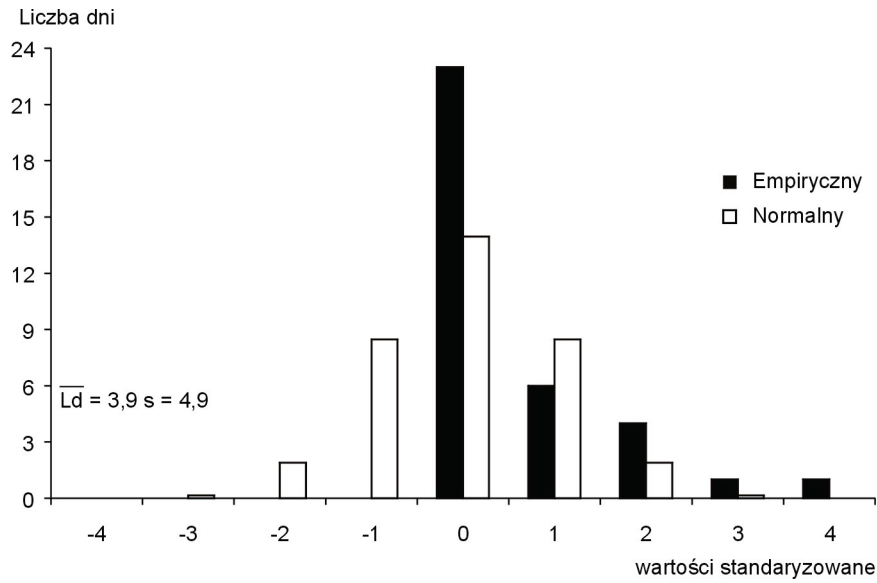
Rys. 275. Widmo liczby dni z pokrywą śnieżną w Krakowie w latach 1966-2000 – marzec
 Fig. 275. Spectrum of numbers of days with snow cover in Cracow in years 1966-2000 – March



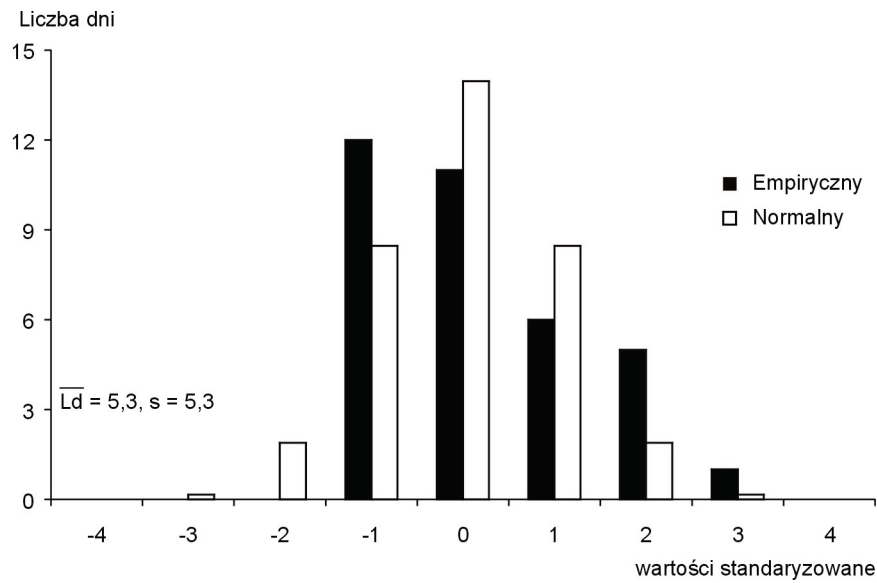
Rys. 276. Widmo liczby dni z pokrywą śnieżną w Warszawie w latach 1966-2000 – rok
 Fig. 276. Spectrum of numbers of days with snow cover in Warsaw in years 1966-2000 – year



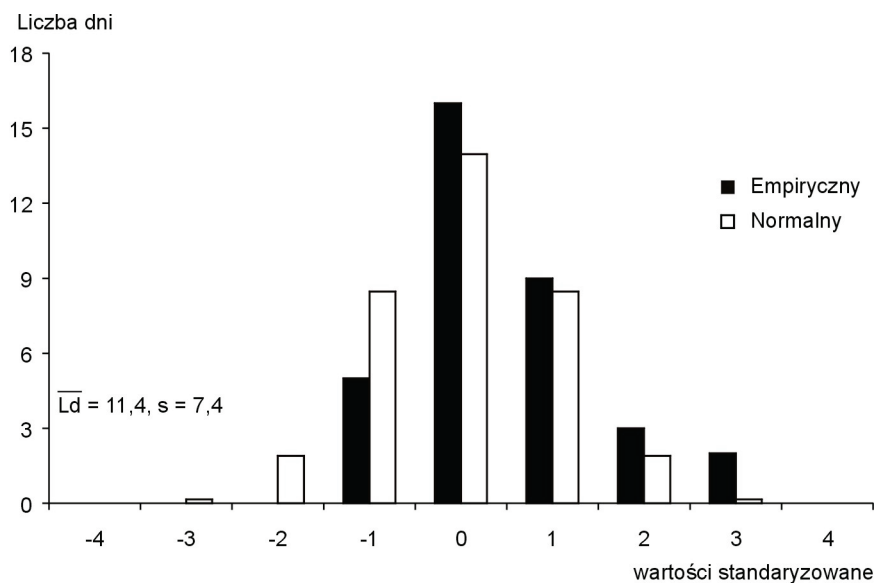
Rys. 277. Widmo liczby dni z pokrywą śnieżną w Krakowie w latach 1966-2000 – rok
 Fig. 277. Spectrum of numbers of days with snow cover in Cracow in years 1966-2000 – year



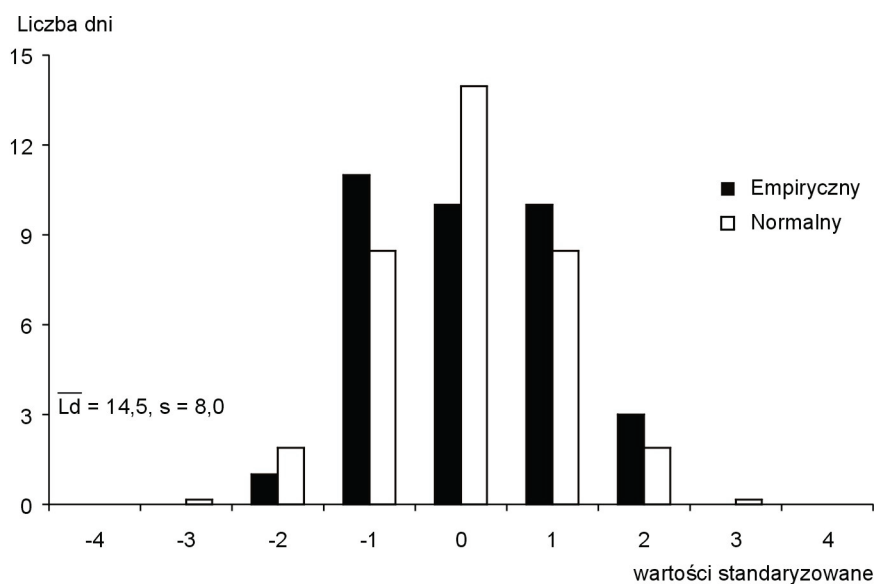
Rys. 278. Histogramy liczby dni z pokrywą śnieżną w Warszawie w latach 1966-2000 – listopad
 Fig. 278. The histograms of numbers of days with snow cover in Warsaw in years 1966-2000 – November



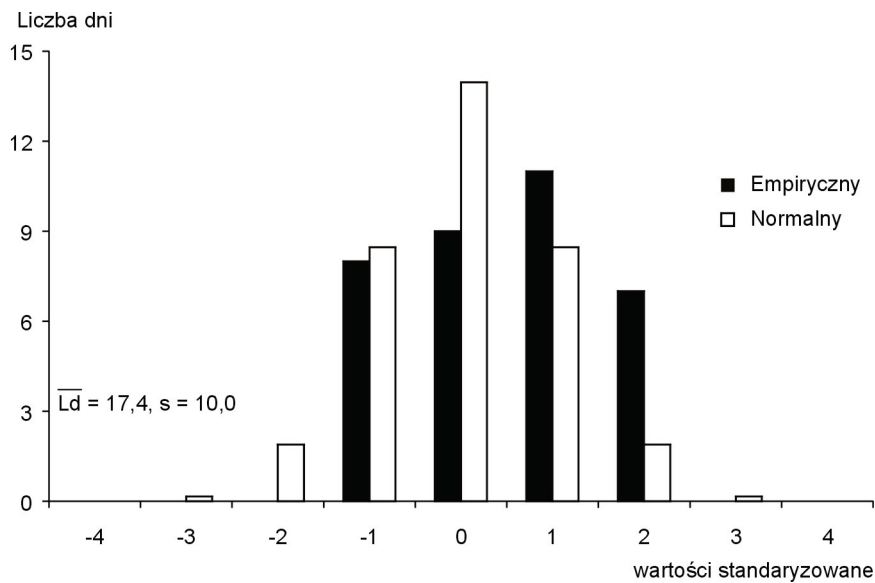
Rys. 279. Histogramy liczby dni z pokrywą śnieżną w Krakowie w latach 1966-2000 – listopad
 Fig. 279. The histograms of numbers of days with snow cover in Cracow in years 1966-2000 – November



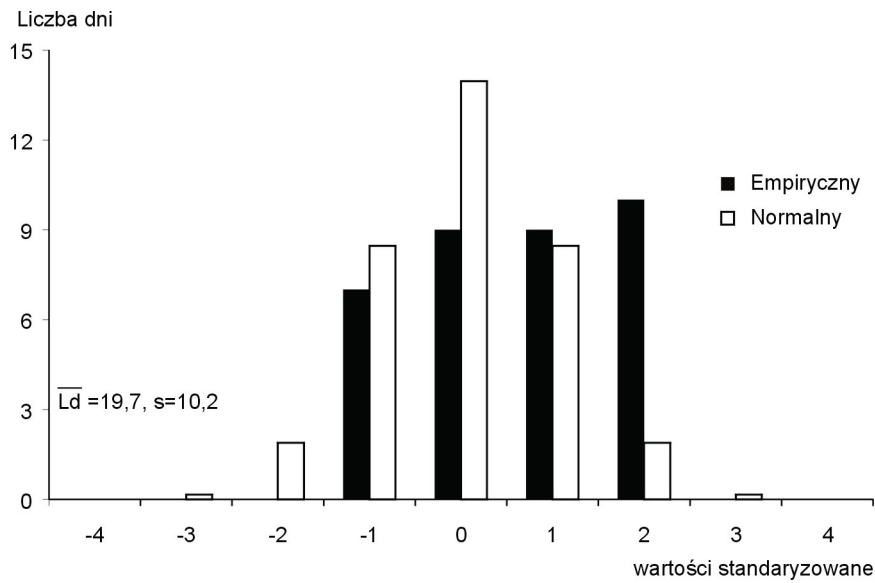
Rys. 280. Histogramy liczby dni z pokrywą śnieżną w Warszawie w latach 1966-2000 – grudzień
 Fig. 280. The histograms of numbers of days with snow cover in Warsaw in years 1966-2000 – December



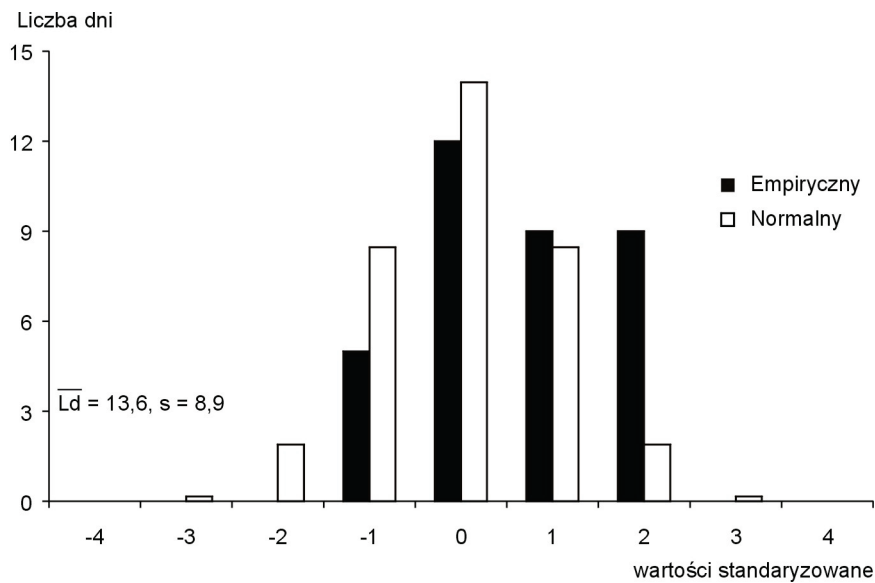
Rys. 281. Histogramy liczby dni z pokrywą śnieżną w Krakowie w latach 1966-2000 – grudzień
 Fig. 281. The histograms of numbers of days with snow cover in Cracow in years 1966-2000 – December



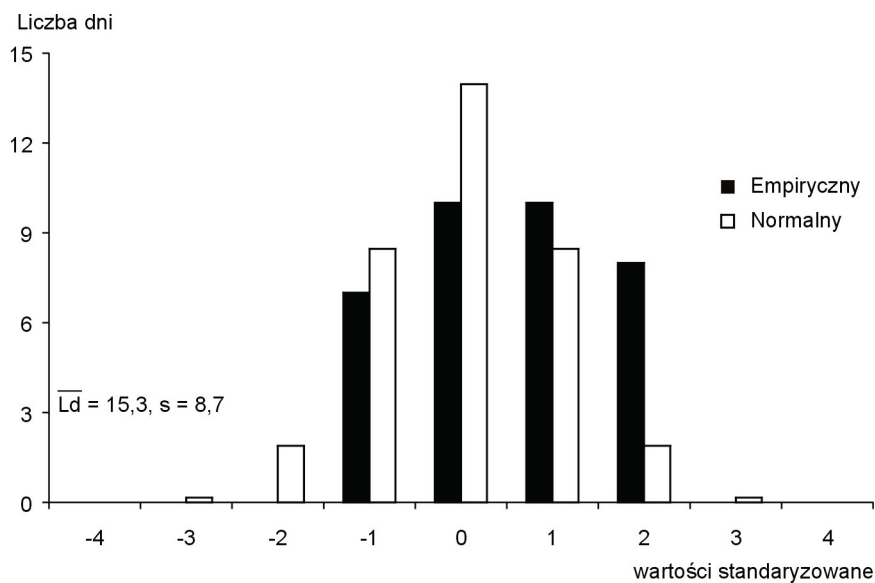
Rys. 282. Histogramy liczby dni z pokrywą śnieżną w Warszawie w latach 1966-2000 – styczeń
 Fig. 282. The histograms of numbers of days with snow cover in Warsaw in years 1966-2000 – January



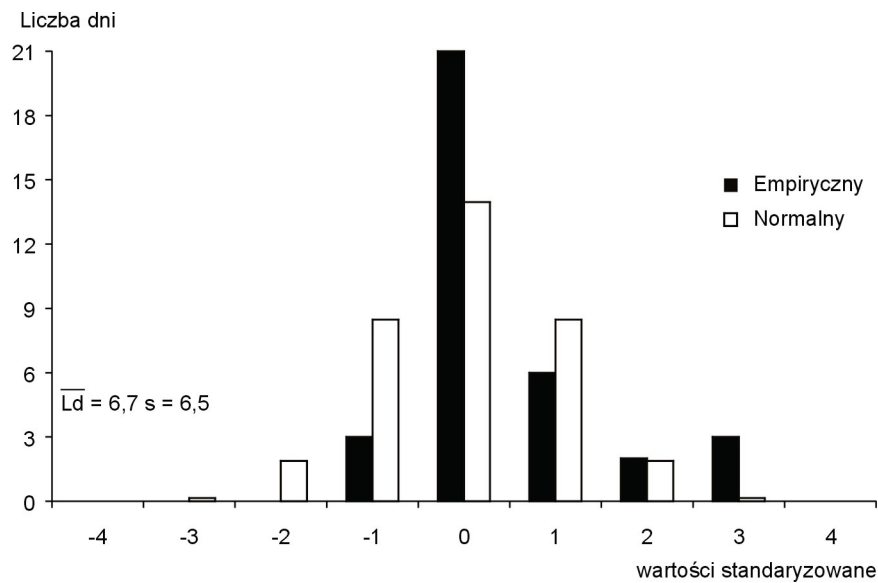
Rys. 283. Histogramy liczby dni z pokrywą śnieżną w Krakowie w latach 1966-2000 – styczeń
 Fig. 283. The histograms of numbers of days with snow cover in Cracow in years 1966-2000 – January



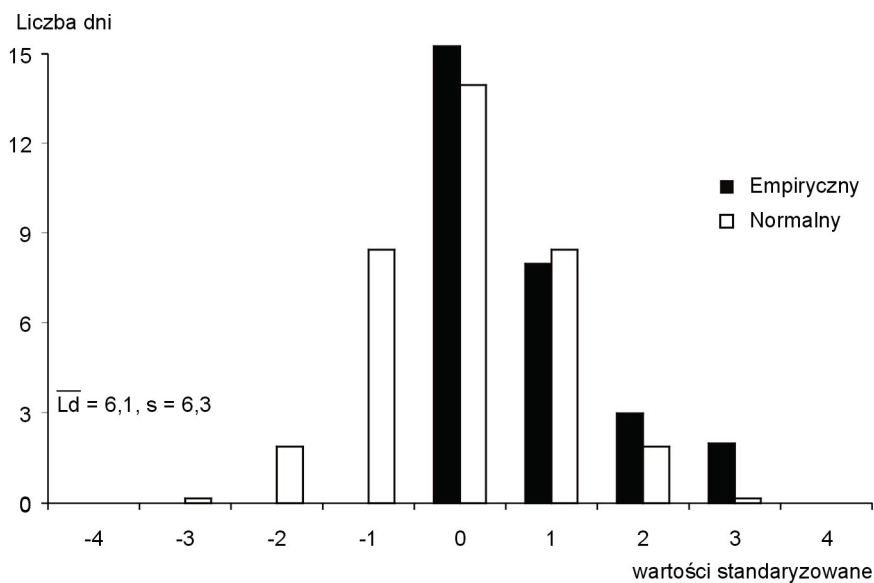
Rys. 284. Histogramy liczby dni z pokrywą śnieżną w Warszawie w latach 1966-2000 – luty
 Fig. 284. The histograms of numbers of days with snow cover in Warsaw in years 1966-2000 – February



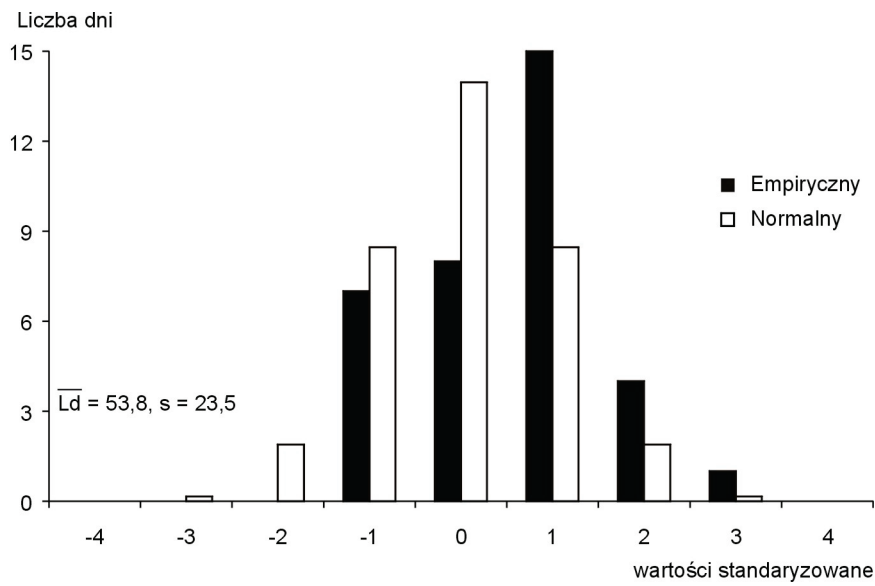
Rys. 285. Histogramy liczby dni z pokrywą śnieżną w Krakowie w latach 1966-2000 – luty
 Fig. 285. The histograms of numbers of days with snow cover in Cracow in years 1966-2000 – February



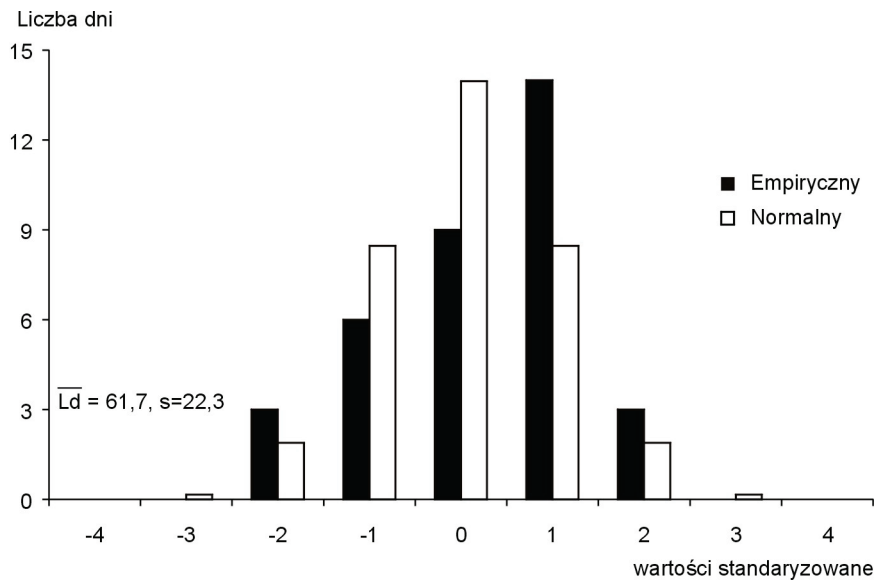
Rys. 286. Histogramy liczby dni z pokrywą śnieżną w Warszawie w latach 1966-2000 – marzec
 Fig. 286. The histograms of numbers of days with snow cover in Warsaw in years 1966-2000 – March



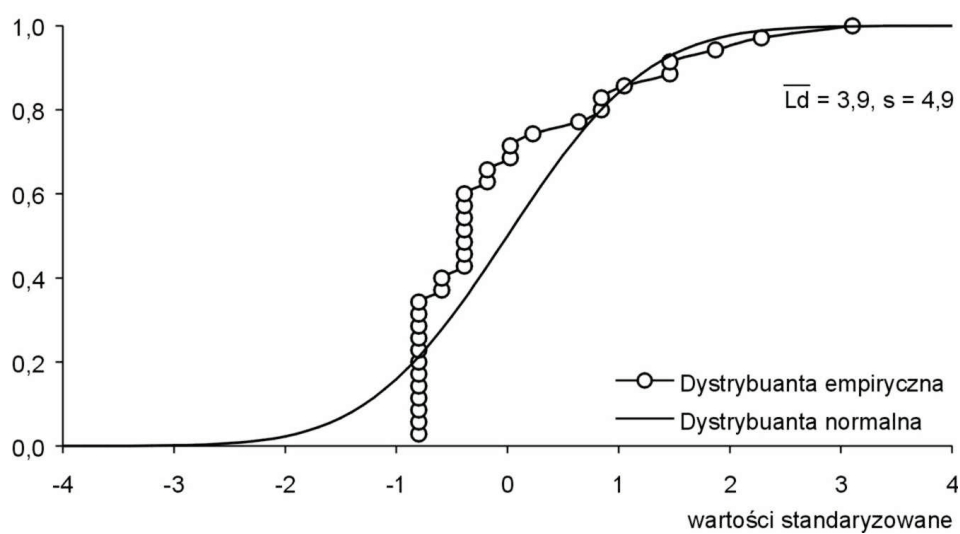
Rys. 287. Histogramy liczby dni z pokrywą śnieżną w Krakowie w latach 1966-2000 – marzec
 Fig. 287. The histograms of numbers of days with snow cover in Cracow in years 1966-2000 – March



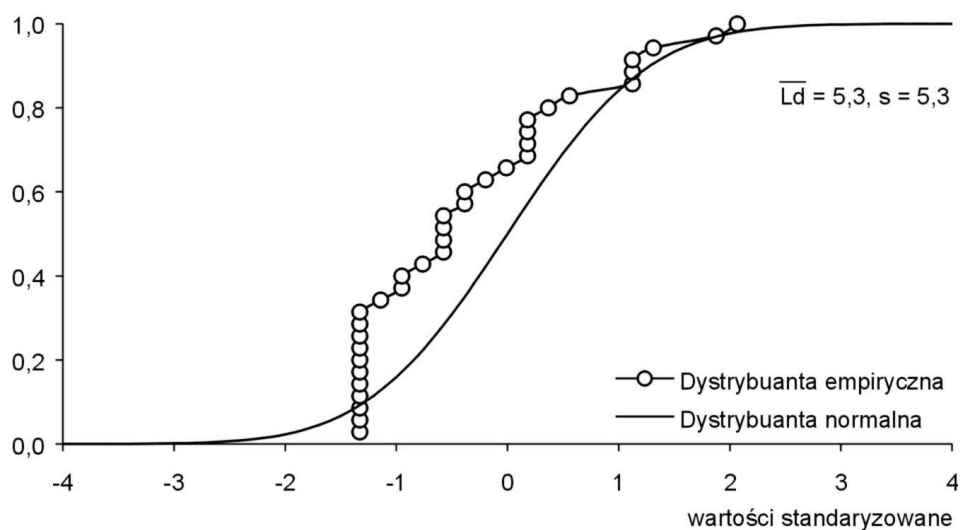
Rys. 288. Histogramy liczby dni z pokrywą śnieżną w Warszawie w latach 1966-2000 – rok
 Fig. 288. The histograms of numbers of days with snow cover in Warsaw in years 1966-2000 – year



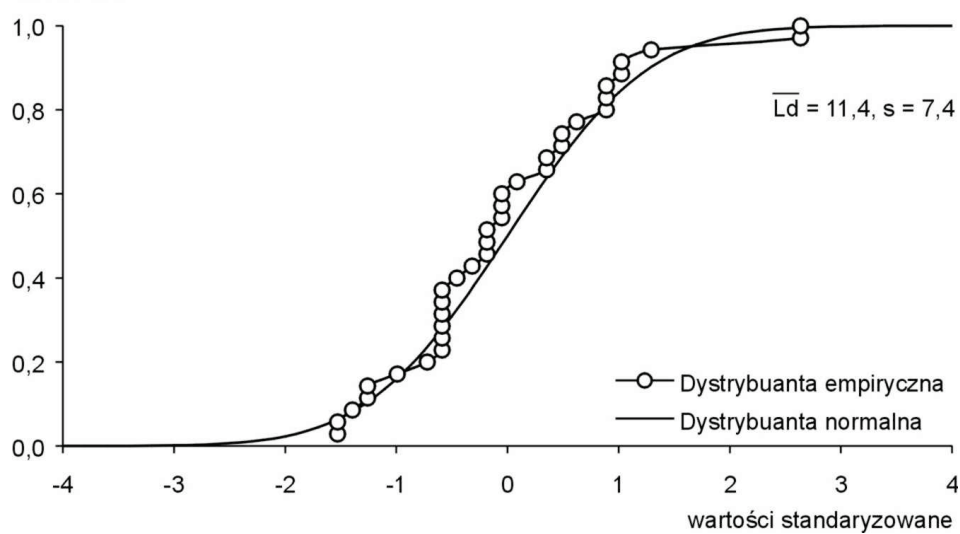
Rys. 289. Histogramy liczby dni z pokrywą śnieżną w Krakowie w latach 1966-2000 – rok
 Fig. 289. The histograms of numbers of days with snow cover in Cracow in years 1966-2000 – year



Rys. 290. Prawdopodobieństwo liczby dni z pokrywą śnieżną w Warszawie w latach 1966-2000 – listopad
 Fig. 290. Probability of numbers of days with snow cover in Warsaw in years 1966-2000 – November

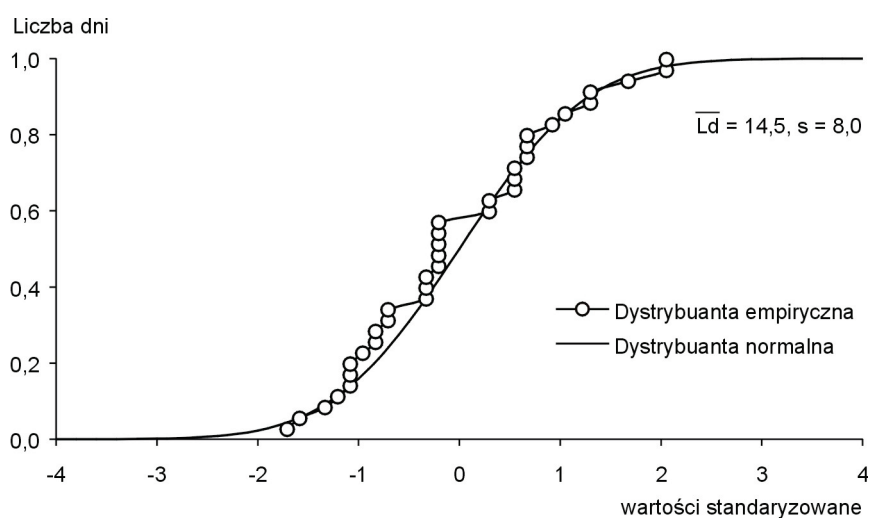


Rys. 291. Prawdopodobieństwo liczby dni z pokrywą śnieżną w Krakowie w latach 1966-2000 – listopad
 Fig. 291. Probability of numbers of days with snow cover in Cracow in years 1966-2000 – November



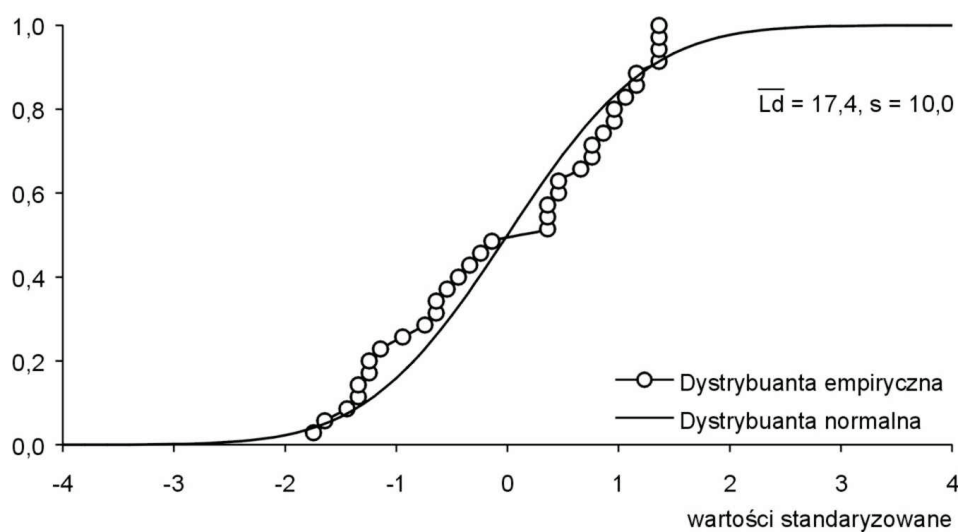
Rys. 292. Prawdopodobieństwo liczby dni z pokrywą śnieżną w Warszawie w latach 1966-2000 – grudzień

Fig. 292. Probability of numbers of days with snow cover in Warsaw in years 1966-2000 – December

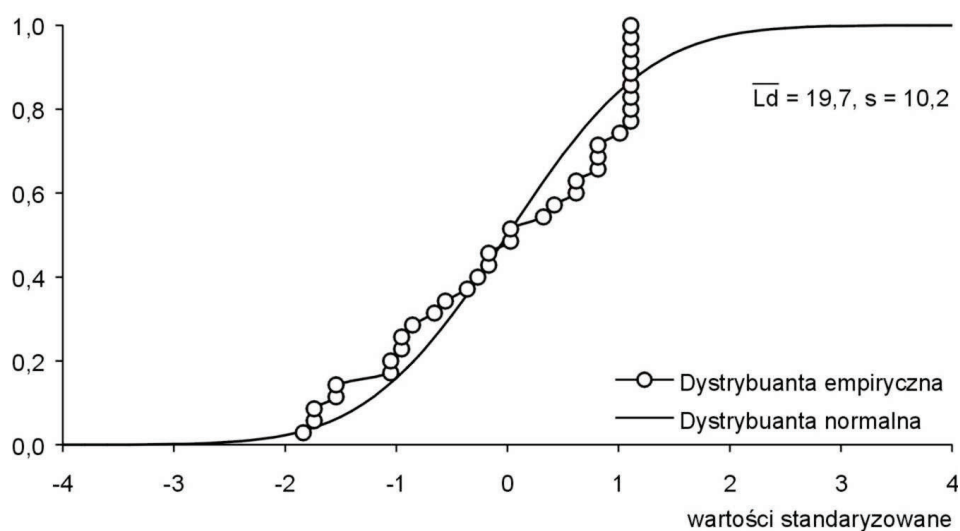


Rys. 293. Prawdopodobieństwo liczby dni z pokrywą śnieżną w Krakowie w latach 1966-2000 – grudzień

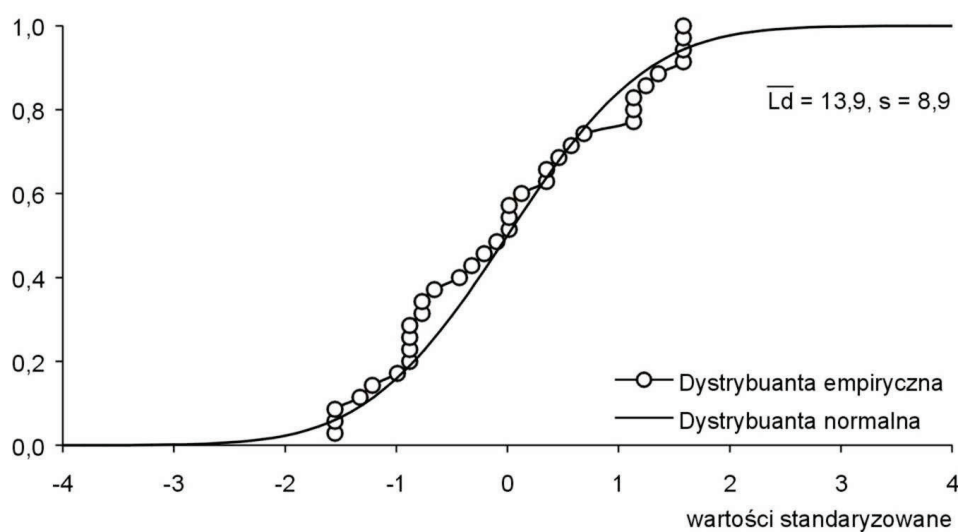
Fig. 293. Probability of numbers of days with snow cover in Cracow in years 1966-2000 – December



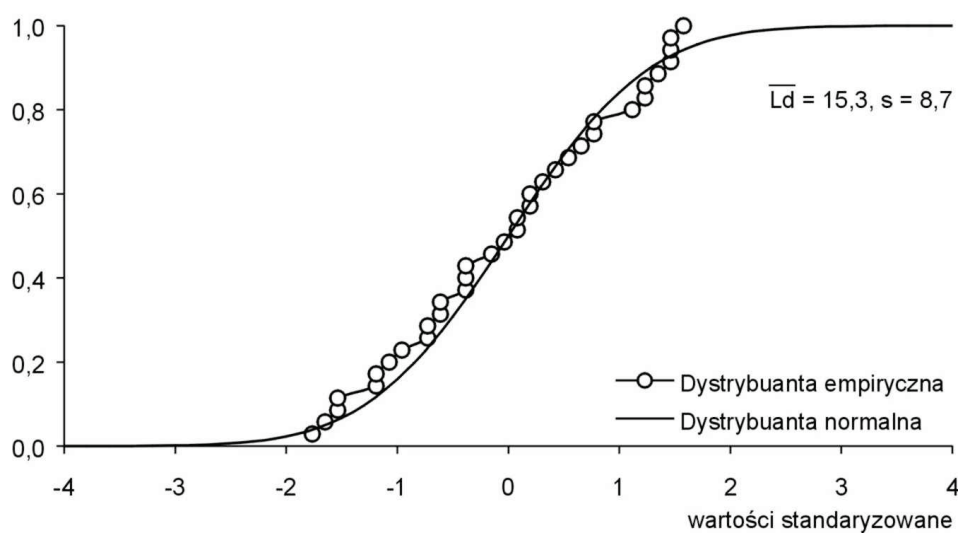
Rys. 294. Prawdopodobieństwo liczby dni z pokrywą śnieżną w Warszawie w latach 1966-2000 – styczeń
 Fig. 294. Probability of numbers of days with snow cover in Warsaw in years 1966-2000 – January



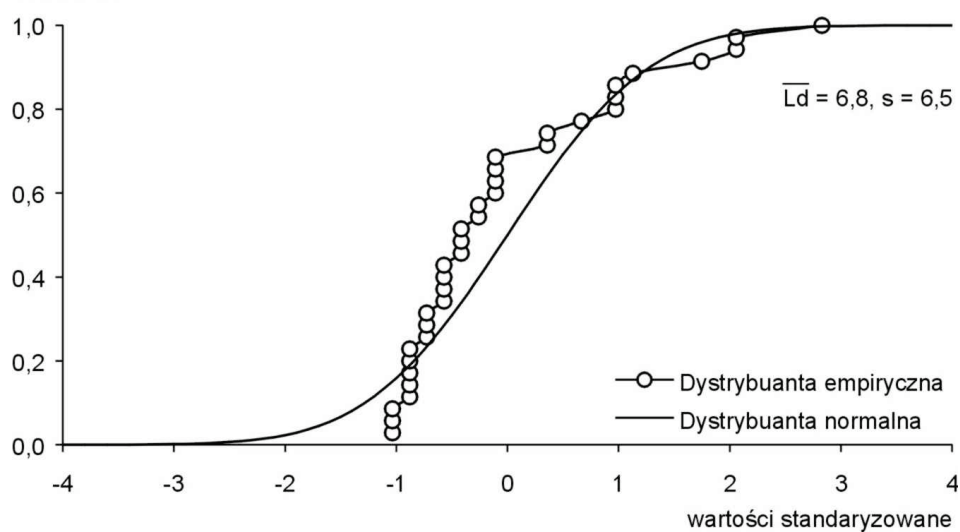
Rys. 295. Prawdopodobieństwo liczby dni z pokrywą śnieżną w Krakowie w latach 1966-2000 – styczeń
 Fig. 295. Probability of numbers of days with snow cover in Cracow in years 1966-2000 – January



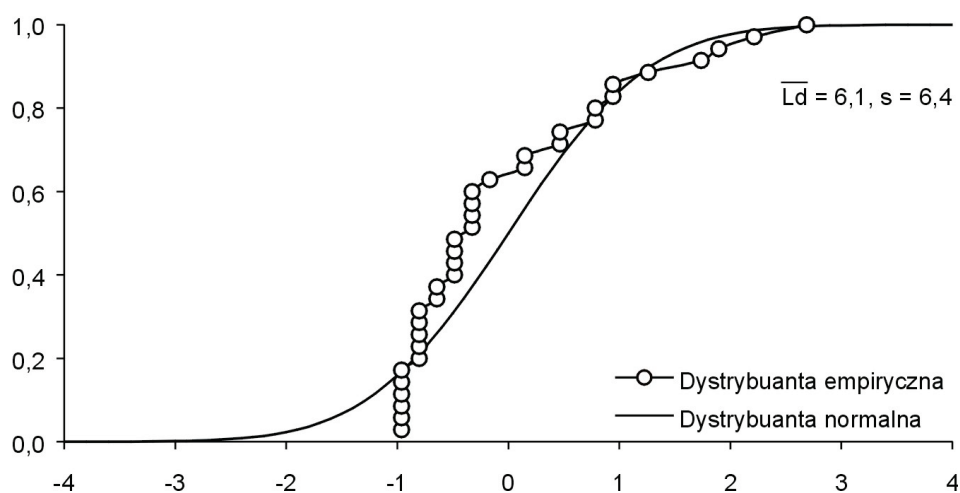
Rys. 296. Prawdopodobieństwo liczby dni z pokrywą śnieżną w Warszawie w latach 1966-2000 – luty
 Fig. 296. Probability of numbers of days with snow cover in Warsaw in years 1966-2000 – February



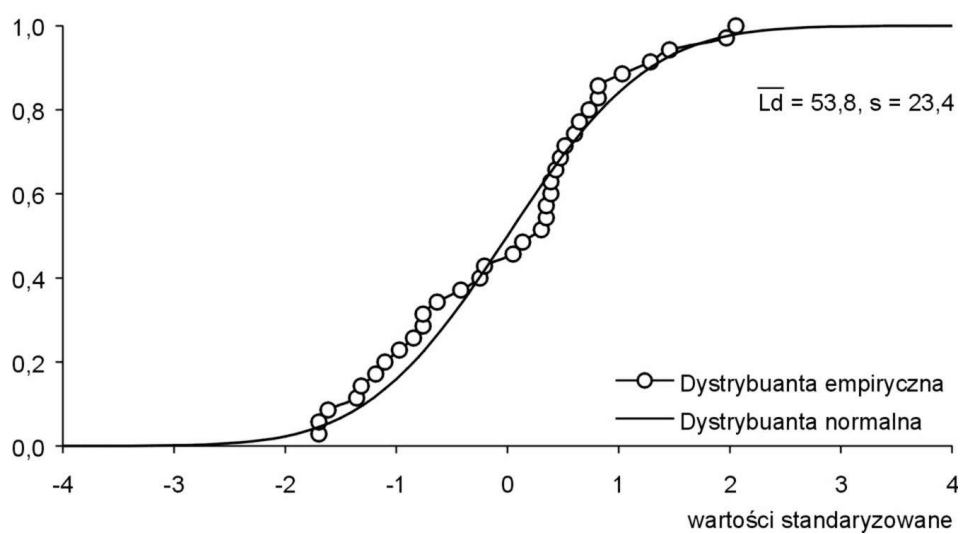
Rys. 297. Prawdopodobieństwo liczby dni z pokrywą śnieżną w Krakowie w latach 1966-2000 – luty
 Fig. 297. Probability of numbers of days with snow cover in Cracow in years 1966-2000 – February



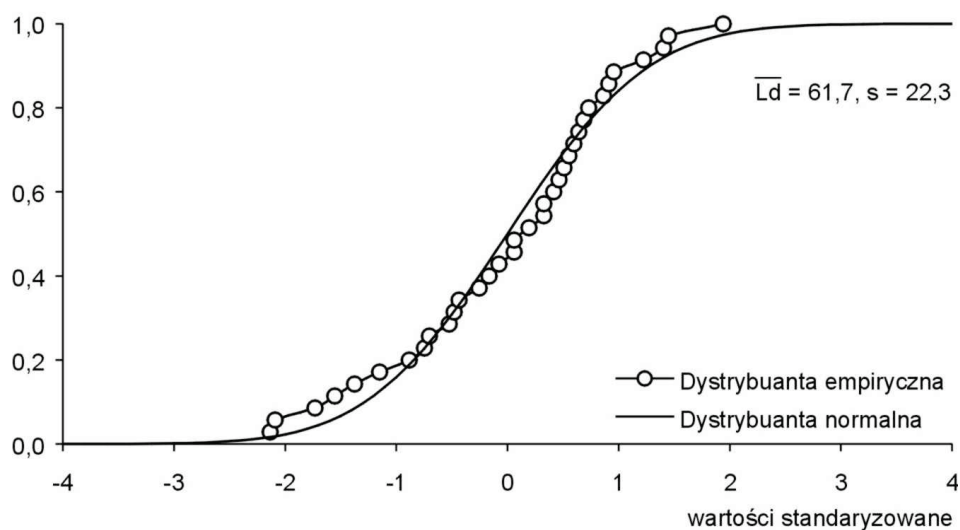
Rys. 298. Prawdopodobieństwo liczby dni z pokrywą śnieżną w Warszawie w latach 1966-2000 – marzec
 Fig. 298. Probability of numbers of days with snow cover in Warsaw in years 1966-2000 – March



Rys. 299. Prawdopodobieństwo liczby dni z pokrywą śnieżną w Krakowie w latach 1966-2000 – marzec
 Fig. 299. Probability of numbers of days with snow cover in Cracow in years 1966-2000 – March



Rys. 300. Prawdopodobieństwo liczby dni z pokrywą śnieżną w Warszawie w latach 1966-2000 – rok
 Fig. 300. Probability of numbers of days with snow cover in Warsaw in years 1966-2000 – year



Rys. 301. Prawdopodobieństwo liczby dni z pokrywą śnieżną w Krakowie w latach 1966-2000 – rok
 Fig. 301. Probability of numbers of days with snow cover in Cracow in years 1966-2000 – year

VII. ZAKOŃCZENIE

Z badań długich ciągów pomiarów wynika, że w Warszawie (1779-1998) i Krakowie (1826-1998) występuje kilka cykli temperatury powietrza o znaczących amplitudach. Są to cykle około 3-5, 7-8, 10-13, 73-113 lat i zbliżone do okresu planetarnego 178,9 lat.

Widma i cykle temperatury powietrza, opadów atmosferycznych, wskaźnika NAO i aktywności Słońca wyznaczono metodą „sinusoid regresji”:

$$y = a + b \cdot \sin\left(\frac{2\pi t}{\Theta} + c\right), \text{ zmieniając okres sinusoidy } \Theta \text{ co } 0,1 \text{ roku w przedziale od } 2,1 \text{ do } n.$$

Interesujące są wykresy czasowych zmian : aktywności Słońca i wskaźnika Oscylacji Północnego Atlantyku NAO wraz z prognozami sięgającymi po rok 2100. Rekonstrukcje i prognozy otrzymano na podstawie interferencji wykrytych cykli.

Ciągi czasowe temperatury powietrza w ostatnich stuleciach w Europie świadczą, że współczesne ocieplenie klimatu może w dużym stopniu wynikać z przyczyn naturalnych. Nie bez znaczenia są prawie przystające proste regresji standaryzowanych wartości aktywności Słońca i temperatury powietrza w Warszawie w latach 1779-2000.

W XVIII tomie *Atlasu* dominują nowe wyniki badań uzyskane na podstawie krótszych serii pomiarowych – z ostatniego 35-lecia 1966-2000. Dotyczą one groźnych zjawisk pogodowych: liczby dni z burzą, maksymalnych dobowych sum opadów atmosferycznych, częstości dobowych sum ≥ 10 mm i liczby dni z pokrywa śnieżną. Najpierw przedstawiono przebiegi czasowe badanych zjawisk w poszczególnych miesiącach i roku. Tendencje (A) zmian określają proste regresji i ich równania $y = A_0 + At$ oraz wartości współczynnika determinacji R^2 zamieszczone na odpowiednich rysunkach. Tendencje liczby dni z burzą w Warszawie i Krakowie w latach 1966-2000 są według testu t-Studenta nieistotne statystycznie na poziomie istotności 0,05 (wartości R^2 są zbliżone do zera). Po prostu przebieg czasowy liczby dni z burzą lepiej opisuje równanie wielomianu 2-go stopnia: $y = 0,020719t^2 - 82,1217t + 81396,83$ – z minimum $y_{\min} = 22,6$ dni w roku 1982. Istotna jest tendencja rosnąca 4,1 dni/10 lat – w przedziale 1982-2000, gdyż równanie prostej $y = 0,4088 t - 787,71$ opisuje część paraboli od $y_{\min} = 22,6$ (w 1982 r.) do $y_{\max} = 29,4$ dni (w 2000 r.).

Interesujące są widma, charakteryzujące okresowość tych groźnych zjawisk pogodowych. Największą amplitudą cechują się cykle liczby dni z burzą o okresach 5,7- ($R = 0,43$) i 3,7-letni ($R = 0,49$):

$$y = 26,1 + 3,453 \cdot \sin(2\pi t/5,7 + 0,4498) \text{ (Warszawa)}$$

$$y = 28,3 + 2,941 \cdot \sin(2\pi t/3,7 - 3,062) \text{ (Kraków)}$$

Liczba dni z pokrywą śnieżną w Warszawie i Krakowie wyróżnia się taką samą okresowością 8,6-letnią ($R = 0,48$, $R = 0,48$):

$$y = 53,8 + 14,105 \cdot \sin(2\pi t/8,6 + 1,5555) \text{ (Warszawa)}$$

$$y = 61,7 + 13,034 \cdot \sin(2\pi t/8,6 + 1,4709) \text{ (Kraków)}$$

Okresowość liczby dni z dobową sumą opadów atmosferycznych ≥ 10 mm opisują równania sinusoid regresji ($R = 0,45$, $R = 0,50$):

$$y = 12,2 + 2,684 \cdot \sin(2\pi t/7,6 - 1,8624) \text{ (Warszawa)}$$

$$y = 17,2 + 3,178 \cdot \sin(2\pi t/10,2 + 2,5206) \text{ (Kraków)}$$

Istotne znaczenie poznawcze i praktyczne ma porównanie empirycznych histogramów i dystrybuant z rozkładem teoretycznym (normalnym). Na ogół empiryczne rozkłady prawdopodobieństwa: liczby dni z burzą, maksymalnych dobowych sum opadów, częstości dobowych sum ≥ 10 mm i liczby dni z pokrywą śnieżną, dotyczące roku, są zbliżone do rozkładu normalnego (wg testu Kołmogorowa-Smirnowa $+D_n = \max |F_{\text{emp}} - F_{\text{teor}}|$ na poziomie 0,05). Upoważnia to do wyznaczania prawdopodobieństwa przekroczenia wartości progowych np. $\bar{x} + s$, $\bar{x} + 2s$, $\bar{x} + 3s$, które wynoszą 16,0 %, 2,3 %, 0,14 % (\bar{x} – średnia arytmetyczna, s – odchylenie standardowe). W przypadku liczby dni z burzą w ciągu roku w Warszawie: $\bar{x} = 26,1$ dni, $s = 5,2$ dni.

SUMMARY

The objective of the XVIII volume of the Atlas is to determine the periodicity and the trends of change in air temperature and precipitation in Poland in the time period of the 18th-20th centuries, together with the forecast for the 21st century. There are interesting diagrams of the temporal changes of solar activity and the North Atlantic Oscillation (NAO) indicator, with the forecasts reaching the year 2100. The forecasts were obtained on the basis of interpretations of the Wolf number and NAO indicator cycles, determined with the method of "regression sinusoids". The fluctuations of the air temperature during winter in Warsaw and in Cracow are closely correlated.

The essential purpose of the work reported is to identify the trends, the periodicity and the probabilities of some of the weather phenomena for the years 1966-2000. New research results dominate, obtained on the basis of the shorter measurement series, from the last 35 years, i.e. exactly 1966-2000. These time series concern the numbers of days with storms, the maximum daily precipitation totals, the frequencies of the daily precipitation totals of at least 10 mm, and the numbers of days with snow cover.

Side by side with the time diagrams, the trends of change (linear regression) and the spectra of the dangerous weather phenomena, the histograms are presented, related to the histograms from the normal distribution. An essential practical significance ought to be attached to the comparison of the empirical cumulative distribution functions with the theoretical ones (for the normal distribution). The probability distributions of the numbers of storms, maximum daily precipitation totals, frequency of the daily precipitation totals of at least 10 mm and of the numbers of days with snow cover are as a rule similar to the normal (Gaussian) probability distribution (this observation applying in a particular manner to the annual mean values). It is possible to determine the probability of appearance of the weather phenomena mentioned beyond the threshold values (within the interval of the standardised values (-4, +4) on the horizontal axis) on the basis of the provided diagrams of the cumulative density functions of the normal distribution (given the mean value and the standard deviation).

LITERATURA

- Bednorz E., 2001, *Pokrywa śnieżna a kierunki napływu mas powietrza w Polsce północno-zachodniej*, Wyd. Nauk. UAM, Poznań.
- Bielec Z., 2000, *Zróźnicowanie przestrzenne i zmienność wieloletnia występowania burz w Polsce (1949-1998)*, Praca doktorska, UŚ. Katowice.
- Boryczka J., 1984, *Model deterministyczno-stochastyczny wielookresowych zmian klimatu*, Rozprawy Uniwersytetu Warszawskiego, Nr 234, Warszawa.
- Boryczka J., 1993, *Naturalne i antropogeniczne zmiany klimatu Ziemi w XVII-XXI wieku*, Wyd. UW, Warszawa.
- Boryczka J., 1998, *Zmiany klimatu Ziemi*, Wyd. Akademickie DIALOG, Warszawa.
- Boryczka J., Stopa-Boryczka M., Kicińska B., Żmudzka E., 1992, *Atlas współzależności parametrów meteorologicznych i geograficznych w Polsce, cz. VII, Zmiany wiekowe klimatu Polski*, Wyd. UW, Warszawa.
- Boryczka J., Stopa-Boryczka M., Błażek E., Skrzypczuk J., 1998, *Atlas współzależności parametrów meteorologicznych i geograficznych w Polsce, cz. XI, Tendencje wiekowe klimatu miast w Europie*, Wyd. UW, Warszawa.
- Boryczka J., Stopa-Boryczka M., Błażek E., Skrzypczuk J., 1999, *Atlas współzależności parametrów meteorologicznych i geograficznych w Polsce, cz. XIII, Cykliczne zmiany klimatu miast w Europie*, Wyd. UW, Warszawa.
- Boryczka J., Stopa-Boryczka M., Lorenc H., Kicińska B., Błażek E., Skrzypczuk J., 2000, *Atlas współzależności parametrów meteorologicznych i geograficznych w Polsce, cz. XIV, Prognozy zmian klimatu Warszawy*, Wyd. UW, Warszawa.
- Boryczka J., Stopa-Boryczka M., Baranowski D., Grabowska K., Błażek E., Skrzypczuk J., 2002, *Atlas współzależności parametrów meteorologicznych i geograficznych w Polsce, cz. XVI, Prognozy zmian klimatu Polski*, Wyd. UW, Warszawa.
- Boryczka J., Stopa-Boryczka M., Baranowski D., Kirschenstein M., Błażek E., Skrzypczuk J., 2003, *Atlas współzależności parametrów meteorologicznych i geograficznych w Polsce, cz. XVII, Mroźne zimy i upalne lata w Polsce*, Wyd. UW, Warszawa.
- Brückner E., 1890, *Klimaschwankungen seit 1700 nebst Bemerkungen über die Klimaschwankungen der Diluvialzeit*, Geogr. Abh., H. 4/2, Wien.

- Czarnecka M., 1986, *Struktura czasowa pokrywy śnieżnej na Pomorzu*, Przegl. Geofiz., z. 1.
- Chomicz K., 1962, *Klasyfikacja śniegu i metodyka badań śniegowych w Polsce*, Prace PIHM, 71.
- Chomicz K., 1975, *Pokrywa śnieżna w Polsce*, Materiały badawcze, IMGW, Warszawa.
- Chomicz K., 1986, *Pokrywa śnieżna w Polsce*, IMGW, Warszawa.
- Chrzanowski J., 1986, *Pokrywa śnieżna w Polsce klasyfikacja jej grubości i regionalizacja*, Materiały Badawcze, IMGW, 2 Warszawa.
- Chrzanowski J., 1989, *Pokrywa śnieżna w Warszawie i próba jej prognozowania*, Materiały Badawcze, IMGW, 16, Warszawa.
- Grabowska K., 2002, *Burze w Polsce i ich uwarunkowania (1951-1990)*, (maszynopis rozprawy doktorskiej), Warszawa.
- Gutry-Korycka M., Boryczka J., 1989, *Long-term fluctuation of hydroclimate elements in North-Eastern Europe*, Global Change regional Research Centres: Scientific Problem and Concept Developments, September 25-29, Warszawa.
- Hess M., 1967, *Piętra klimatyczne w polskich Karpatach Zachodnich*, Prace Geograficzne UJ, 11, 33, Kraków.
- Jokiel P., Kożuchowski K., 1989, *Zmiany wybranych charakterystyk hydrologicznych Polski w bieżącym stuleciu*, Dok Geogr., 6.
- Jones P.D., Jonsson T., Wheeler D., 1997, *Extension to the North Atlantic Oscillation using early instrumental pressure observations from Gibraltar and South-West Iceland*, Int. J. Climatol., 17.
- Kaczorowska Z., 1962 *Opady w Polsce w przekroju wieloletnim*. Prace Geogr. PAN, 33.
- Kirschenstein M., 2000, *Wysokie dobowe sumy opadów atmosferycznych na obszarze północno-zachodniej Polski i ich uwarunkowania* (maszynopis rozprawy doktorskiej), Warszawa.
- Kondratiew K.J., Nikolski G.A., 1970, *Solar radiation and solar activity*, Quart. J. Roy. Meteor. Soc., no 96.
- Kożuchowski K., 1994, *Tendencje i wahania okresowe zlodzenia Bałtyku (1720-1992)*, [W:] *Współczesne zmiany klimatyczne. Klimat Polski i regionu Morza Bałtyckiego na tle zmian globalnych*. Rozprawy i Studia Uniw. Szczecin, (226) 152.
- Kożuchowski K., Boryczka J., 1997, *Cykliczne wahania i trendy czasowe zmian poziomu morza w Świnoujściu (1811-1990)*. Przegl. Geofiz., z. 1.
- Leśniakowa B., 1973, *O niektórych charakterystykach pokrywy śnieżnej w woj. Krakowskim*, Prace Geograf. UJ, 32, 54, Kraków.
- Malcher J., Schönwiese Ch.D., 1987, *Homogenity, spatial correlation and spectral variance analysis of long European and North American air temperature records*, Theor. Appl. Climat., 38.
- Madany R., 1961, *O opadach śniegu i szacie śnieżnej w Karpatach Polskich w latach 1950-1989*, Przegl. Geofiz., z. 3.
- Marsz A.A. (red.), 1999, *Wpływ stanu termicznego powierzchni oceanu na modyfikacje cyrkulacji atmosferycznej w wymiarze klimatologicznym*, Materiały Konferencji, Gdynia 6 V 1999.

- Michalska A., 1998, *Długookresowe zmiany opadów atmosferycznych w Polsce*, (maszynopis rozprawy doktorskiej), Warszawa.
- Milata W., 1950, *Trwałość pokrywy śnieżnej w Polsce*, Przegł. Geograf., z. 22.
- Niedźwiecka M., 1998, *Charakterystyka pokrywy śnieżnej w Łodzi w latach 1950-1989*, Acta Univer. Lodziensis, Folia Geographica Physica, 3, Łódź.
- Obreńska-Starkel B., 1968, *Pokrywa śnieżna we wschodniej części Gorców*, Prace Geograf. UJ, 18, 40, Kraków.
- Paczos S., 1982, *Stosunki termiczne i śnieżne zim w Polsce*, Wyd. UMC-S, Lublin.
- Paczos S., 1985, *Pokrywa śnieżna w Polsce*, Univer. Mariae Curie-Skłodowska, Sectio B, v. XI, 5, Lublin.
- Stopa M., 1962, *Burze w Polsce*, Prace Geogr. Inst. Geogr. PAN, 34, Warszawa.
- Stopa M., 1965, *Rejony burzowe w Polsce*, Dok. Geogr. Inst. Geogr. PAN, z. 1, Warszawa.
- Trepińska J., 1973, *Prawdopodobieństwo występowania pokrywy śnieżnej w Krakowie*, Przegł. Geofiz., z. 1-2.
- Żmudzka E., 1998, *Cykliczne zmiany temperatury powietrza w Polsce*, (maszynopis rozprawy doktorskiej), Warszawa.

KALENDARZ WAŻNIEJSZYCH WYDARZEŃ W ZAKŁADZIE KLIMATOLOGII UNIwersYTETU WARSZAWSKIEGO (2001-2004)

2001

Prace i Studia Geograficzne, t. 28, *50 lat działalności naukowej i dydaktycznej Zakładu Klimatologii Wydziału Geografii i Studiów Regionalnych Uniwersytetu Warszawskiego (1951-2000)*. Wyd. UW, Warszawa, ss. 334.

Postęp badań zmian klimatu i ich znaczenie dla życia i gospodarczej działalności człowieka. *Materiały Konferencji Jubileuszowej 50 lat działalności Zakładu Klimatologii Wydziału Geografii i Studiów Regionalnych Uniwersytetu Warszawskiego (1951-2001). 25-27 października 2001*. Wyd. WGiSR UW, Warszawa, ss. 68.

25-27 X 2001 – Ogólnopolska Konferencja w Warszawie nt. *Postęp badań zmian klimatu i ich znaczenie dla życia i gospodarczej działalności człowieka* (z udziałem gości zagranicznych i absolwentów specjalizacji klimatologicznej).

Prace i Studia Geograficzne, t. 29, *Postęp badań zmian klimatu i ich znaczenie dla życia i gospodarczej działalności człowieka*. Wyd. UW, Warszawa, ss. 312.

Badr Jaddoa A., *Wpływ czynników geograficznych na klimat Iraku*. [W:] Prace i Studia Geograficzne, t. 28, Wyd. UW, Warszawa.

Baranowski D., *Zróżnicowanie warunków atmosferycznych w Polsce w zależności od typu cyrkulacji* (maszynopis pracy doktorskiej nr 33, promotorzy: prof. dr hab. Andrzej Ewert, prof. dr hab. Maria Stopa-Boryczka).

Boryczka J., Stopa-Boryczka M., Baranowski D., Błażek E., Skrzypczuk J., *Atlas współzależności parametrów meteorologicznych i geograficznych w Polsce*, t. XV, *Prognozy zmian klimatu miast Europy*, Wyd. UW, Warszawa, ss. 250.

Boryczka J., *Postęp badań przyczyn zmian klimatu Ziemi w drugiej połowie XX wieku*. [W:] Prace i Studia Geograficzne, t. 28, Wyd. UW, Warszawa.

- Boryczka J., *Klimat Ziemi: przeszłość, teraźniejszość, przyszłość*. [W:] Prace i Studia Geograficzne, t. 29, Wyd. UW, Warszawa.
- Boryczka J., *Zmiany klimatu Warszawy od XVIII do XXI wieku*. [W:] Prace Geograficzne, nr 180, *Badania środowiska fizycznogeograficznego aglomeracji warszawskiej*. Wyd. IGPZ PAN, Warszawa.
- Fortuniak K., Kożuchowski K., Żmudzka E., *Trendy i okresowość zmian temperatury powietrza w Polsce w drugiej połowie XX wieku*. Przegląd Geofizyczny, z. 4.
- Górka A., *Pionowe gradienty temperatury powietrza w Sudetach*. [W:] Prace i Studia Geograficzne, t. 28, Wyd. UW, Warszawa.
- Grabowska K., *Zmiany aktywności burzowej w wybranych regionach geograficznych Polski*. [W:] *Materiały Konferencji Jubileuszowej 50 lat działalności Zakładu Klimatologii Wydziału Geografii i Studiów Regionalnych Uniwersytetu Warszawskiego (1951-2001), 25-27 października 2001*. Wyd. WGSR UW, Warszawa.
- Grabowska K., *Zmienność aktywności burzowej w niektórych regionach geograficznych Polski*. [W:] Prace i Studia Geograficzne, t.29, Wyd. UW, Warszawa.
- Kicińska B., *Wpływ cyrkulacji atmosferycznej na stężenie dwutlenku siarki w powietrzu w Polsce*. [W:] Prace i Studia Geograficzne, t. 28, Wyd. UW, Warszawa.
- Kicińska B., Olszewski K., Żmudzka E., *Badania topoklimatyczne Zakładu Klimatologii*. [W:] Prace i Studia Geograficzne, t. 28, Wyd. UW, Warszawa.
- Kicińska B., *Zanieczyszczenia powietrza dwutlenkiem siarki i dwutlenkiem azotu*. [W:] *Atlas klimatycznego ryzyka upraw roślin w Polsce*, Wyd. Akademii Rolniczej w Szczecinie, Szczecin, s. 8 (mapy i wykresy).
- Kicińska B., Olszewski K., Żmudzka E., *Uwagi o wykorzystaniu klasyfikacji J. Paszyńskiego kartowania topoklimatycznego (z doświadczeń Zakładu Klimatologii Uniwersytetu Warszawskiego)*. [W:] Dokumentacja Geograficzna, nr 23, *Współczesne badania topoklimatyczne*, Wyd. IGPZ PAN, Warszawa.
- Kopacz-Lembowicz M., *Aplikacyjny charakter opracowań Zakładu Klimatologii*. [W:] Prace i Studia Geograficzne, t. 28, Wyd. UW, Warszawa.
- Kossowska-Cezak U., *Zakład Klimatologii Uniwersytetu Warszawskiego (1951-2000)*. [W:] Prace i Studia Geograficzne, t. 28, Wyd. UW, Warszawa.
- Kossowska-Cezak U., Wawer J., *Wkład Zakładu Klimatologii w badania klimatu Warszawy*. [W:] Prace i Studia Geograficzne, t. 28, Wyd. UW, Warszawa.
- Kossowska-Cezak U., *Gospodarowanie zasobami naturalnymi w zgodzie z zasadami zrównoważonego rozwoju – Ogólnopolska Konferencja Naukowa (Mierki, 10-12 X 2001)*. Przegląd Geofizyczny, z. 4.
- Kossowska-Cezak U., *Kształcenie klimatologów w Uniwersytecie Warszawskim*. [W:] Prace i Studia Geograficzne, t. 29, Wyd. UW, Warszawa.

- Kossowska-Cezak U., *Miesięczne i sezonowe anomalie temperatury i opadów – metody wyznaczania i częstość występowania*. [W:] *Annales UMCS – sectio B – Geographia, Geologia, Mineralogia et Petrographia*. Wyd. UMCS, Lublin.
- Kowalewski M., *Automatyczna interpolacja pola temperatury – dobór parametrów*. [W:] *Materiały Konferencji Jubileuszowej 50 lat działalności Zakładu Klimatologii Wydziału Geografii i Studiów Regionalnych Uniwersytetu Warszawskiego (1951-2001), 25-27 października 2001*. Wyd. WGSR UW, Warszawa.
- Kowalewski M., *Automatyczna interpolacja pola temperatury – dobór parametrów*. [W:] *Prace i Studia Geograficzne*, t. 29, Wyd. UW, Warszawa.
- Kożuchowski K., Żmudzka E., *Assessment of relations between the normalised difference vegetation index (NDVI), frequency of forest fires, air temperature, sunshine, precipitation in Poland*. [W:] *Geographia Polonica*, vol. 74, no 2. Wyd. IGPZ PAN, Warszawa.
- Kożuchowski K., Żmudzka E., *Ocieplenie w Polsce: skala i rozkład sezonowy zmian temperatury powietrza w drugiej połowie XX wieku*. *Przegląd Geofizyczny*, z. 1-2.
- Kuchcik M., *Wpływ warunków aerosanitarnych i biometeorologicznych na zgony mieszkańców Warszawy*. [W:] *Prace i Studia Geograficzne*, t. 28, Wyd. UW, Warszawa.
- Marsz A.A., Żmudzka E., *Długoterminowa prognoza początku okresu wegetacyjnego w Polsce*. [W:] *Annales UMCS – sectio B – Geographia, Geologia, Mineralogia et Petrographia*. Wyd. UMCS, Lublin.
- Martyn D., *Mapy klimatyczne powstałe w Zakładzie Klimatologii*. [W:] *Prace i Studia Geograficzne*, t. 28, Wyd. UW, Warszawa.
- Michalska A., *Długookresowe zmiany opadów atmosferycznych w Polsce w latach 1861-1991*. [W:] *Prace i Studia Geograficzne*, t. 28, Wyd. UW, Warszawa.
- Stopa-Boryczka M., *Udział studentów w badaniach naukowych Zakładu Klimatologii*. [W:] *Prace i Studia Geograficzne*, t. 28, Wyd. UW, Warszawa.
- Stopa-Boryczka M., *Kierunki i ważniejsze wyniki badań naturalnych i antropogenicznych zmian klimatu Polski*. [W:] *Prace i Studia Geograficzne*, t. 28, Wyd. UW, Warszawa.
- Stopa-Boryczka M., Boryczka J., *Klimat Polski w pracach Andrzeja Ewerta, pierwszego doktora seminarium doktoranckiego Zakładu Klimatologii*. [W:] *Prace i Studia Geograficzne*, t. 28, Wyd. UW, Warszawa.
- Stopa-Boryczka M., Boryczka J., *Wiekowe zmiany temperatury powietrza i opadów w Warszawie*. [W:] *Atlas klimatycznego ryzyka upraw roślin w Polsce*, Wyd. Akademii Rolniczej w Szczecinie, Szczecin, (wykresy).
- Stopa-Boryczka M., Boryczka J., *Przewidywane średnie sezonowe i roczne zmiany temperatury powietrza na wybranych stacjach*. [W:] *Atlas klimatycznego ryzyka upraw roślin w Polsce*, Wyd. Akademii Rolniczej w Szczecinie, Szczecin, (wykresy).
- Stopa-Boryczka M., Boryczka J., *50 lat działalności naukowej i dydaktycznej Zakładu Klimatologii Uniwersytetu Warszawskiego*. [W:] *Prace i Studia Geograficzne*, t. 29, Wyd. UW, Warszawa.

Stopa-Boryczka M., Boryczka J., Kirschenstein M., *Wspomnienia pośmiertne, Andrzej Ewert (1938-2001)*. Przegląd Geofizyczny, z. 3.

Stopa-Boryczka, Kopacz-Lembowicz M., Wawer J., *Klimat Warszawy w pracach Zakładu Klimatologii Uniwersytetu Warszawskiego*. [W:] Prace Geograficzne, nr 180, *Badania środowiska fizycznogeograficznego aglomeracji warszawskiej*. Wyd. IGPZ PAN, Warszawa.

Żmudzka E., *Cykliczne zmiany temperatury powietrza w Polsce*. [W:] Prace i Studia Geograficzne, t. 28, Wyd. UW, Warszawa.

Żmudzka E., *Termiczny okres wegetacyjny w Polsce*. Geografia w Szkole, t. 274 (54), nr 4.

Żmudzka E., *50 lat Zakładu Klimatologii Wydziału Geografii i Studiów Regionalnych Uniwersytetu Warszawskiego – Konferencja ogólnopolska (Warszawa, 25-27 X 2001)*. Przegląd Geofizyczny, z. 4.

Żmudzka E., Dobrowolska M., *Zmienność termicznego okresu wegetacyjnego w Polsce w drugiej połowie XX wieku*. [W:] *Materiały Konferencji Jubileuszowej 50 lat działalności Zakładu Klimatologii Wydziału Geografii i Studiów Regionalnych Uniwersytetu Warszawskiego (1951-2001), 25-27 października 2001*. Wyd. WGSR UW, Warszawa.

Żmudzka E., Dobrowolska M., *Zmienność termicznego okresu wegetacyjnego w Polsce w drugiej połowie XX wieku*. [W:] Prace i Studia Geograficzne, t. 29, Wyd. UW, Warszawa.

Wieczorek T., *Usłonecznienie rzeczywiste i względne w Europie w latach 1961-1990 – praca magisterska nr 369 (D. Martyn)*.

W dniu 25 października prof. dr hab. M. Stopa-Boryczka została uhonorowana Medalem Imienia Jerzego Kondrackiego za zasługi dla Wydziału Geografii i Studiów Regionalnych UW.

2002

Baranowski D., *Zróżnicowanie warunków atmosferycznych w Polsce w zależności od typu cyrkulacji*. Promotor: prof. dr hab. Maria Stopa-Boryczka, recenzenci: prof. dr hab. Elżbieta Kupczyk, prof. dr hab. Gabriel Wójcik. Publiczna obrona pracy doktorskiej i nadanie stopnia doktora odbyły się 22 stycznia na posiedzeniu Rady Wydziału Geografii i Studiów Regionalnych UW.

Boryczka J., *The progres in the study of the causes of climate changes on the Earth*. *Miscellanea Geographica*, t. 10.

Boryczka J., Stopa-Boryczka M., Baranowski D., Grabowska K., Błażek E., Skrzypczuk J., *Atlas współzależności parametrów meteorologicznych i geograficznych w Polsce*, cz. XVI, *Prognozy zmian klimatu Polski*, Wyd. UW, Warszawa, ss. 212.

Degirmendźić J., Kożuchowski K., Żmudzka E., *Uwarunkowania cyrkulacyjne zmienności temperatury powietrza w Polsce w okresie 1951-2000*. Przegląd Geofizyczny, z. 1-2.

- Degirmendzić J., Kożuchowski K., Żmudzka E., *Variability in air temperature in Poland (1951–2000) and its conditioning in terms of atmospheric circulation*. Papers on Global Change IGBP, Global Change, t. 9.
- Grabowska K., *Burze w Polsce i ich uwarunkowania*. Promotor: prof. dr hab. Maria Stopa-Boryczka, recenzenci: prof. dr hab. Elżbieta Kupczyk, prof. dr hab. Czesław Koźmiński. Publiczna obrona pracy doktorskiej i nadanie stopnia doktora odbyły się 26 listopada na posiedzeniu Rady Wydziału Geografii i Studiów Regionalnych UW.
- Grabowska K., *The changes in the stormy activity in the selected geographical regions of Poland*. Miscellanea Geographica, t. 10.
- Kossowska-Cezak U., *Zmiany różnicy temperatury powietrza między śródmieściem a peryferiami Warszawy od 1933 do 2000 roku*. Przegląd Geofizyczny, z. 3-4.
- Kossowska-Cezak U., *Anomalous months and seasons in terms of temperature and precipitation in the second half of the 20th century in Warsaw*. Miscellanea Geographica, t. 10.
- Kożuchowski K., Żmudzka E., *Wiekowe serie średnich powierzchniowych temperatury i opadów w Polsce*. [W:] Abstract book, International Conference „Man and climate in the 20th century”, 13-15 VI 2002, Wrocław.
- Kożuchowski K., Żmudzka E., *Cyrkulacja atmosferyczna i jej wpływ na zmienność temperatury powietrza w Polsce*. Przegląd Geograficzny, t. 74, nr 4.
- Kożuchowski K., Żmudzka E., *The warming in Poland: the range and seasonality of the changes in air temperature in the second half of 20th century*. Miscellanea Geographica, t. 10.
- Marsz A. A., Żmudzka E., *Związki początku termicznego okresu wegetacyjnego w Polsce z anomaliami temperatury powierzchni wody na Atlantyku Północnym (problem prognozy długoterminowej)*. Przegląd Geofizyczny, z. 3-4.
- Richling A., Stopa-Boryczka M., *The study of the natural environment and the socio-economic relations of the surroundings of Pińczów (1959-2000)*. Miscellanea Geographica, t. 10.
- Stopa-Boryczka M., Boryczka J., *The 50 years of research and teaching activity of the Department of Climatology at the University of Warsaw*. Miscellanea Geographic, t. 10.
- Stopa-Boryczka M., Kopacz-Lembowicz M., Wawer J., *The climate of Warsaw according to research done by University of Warsaw Department of Climatology*. Miscellanea Geographica, t. 10.
- Zmiany klimatu i ich przyczyny. Hipotezy i fakty*, M. Stopa-Boryczka, J. Boryczka (red.). Materiały Zakładu Klimatologii Wydziału Geografii i Studiów Regionalnych Uniwersytetu Warszawskiego z VI Pikniku Naukowego Polskiego Radia BIS pod hasłem „Co nauka daje sztuce?”, 8 VI 2002, Warszawa.
- Żmudzka E., *Zmienność terminu wiosennego przejścia temperatury powietrza przez próg +5,0°C w Polsce oraz jego związki ze zmiennością wskaźnika NAO*. [W:] Materiały konferencji nt. „Oscylacja Północnego Atlantyku i jej rola w kształtowaniu zmienności warunków klimatycznych i hydrologicznych Polski”, 10-11.05.2002 r., Gdynia.

Żmudzka E., *The circulation-related conditioning for the variability of the spring date of air temperature passage through the +5.0°C threshold in Poland*. [W:] Abstract book, International Conference „Man and climate in the 20th century”, 13-15 VI 2002, Wrocław.

Żmudzka E., *O zmienności opadów atmosferycznych na obszarze Polski nizinnej w drugiej połowie XX wieku*. Wiadomości IMGW, t. 25 (46), nr 4.

Żmudzka E., *Zmienność terminu wiosennego przejścia temperatury powietrza przez próg +5°C w Polsce oraz jego związki ze zmiennością wskaźnika NAO*. [W:] A.A. Marsz, A. Styszyńska (red.), *Oscylacja północnego Atlantyku i jej rola w kształtowaniu zmienności warunków klimatycznych i hydrologicznych Polski*. Akademia Morska w Gdyni, Gdynia.

Stegienko D., *Ekstremalne wartości temperatury powietrza a cyrkulacja atmosferyczna w Warszawie (1966-1995)* – praca magisterska nr 370 (U. Kossowska-Cezak).

Wosik M., *Wpływ warunków meteorologicznych na bezpieczeństwo turystów w Tatrach w miesiącach letnich* – praca magisterska nr 371 (E. Żmudzka).

Wajkowski D., *Wpływ rzeźby terenu, na temperaturę i wilgotność względną powietrza w Obniżeniu Karłowim Gór Stołowych* – praca magisterska nr 372 (K. Olszewski).

Bołcun A., *Wpływ cyrkulacji atmosferycznej na stężenie dwutlenku siarki w południowo-wschodniej Polsce* – praca magisterska nr 373 (B. Kicińska).

Udział pracowników Zakładu Klimatologii WGiSR UW w VI Pikniku Naukowym Polskiego Radia BIS, który odbył się w dniu 8 czerwca w Warszawie pod hasłem *Co nauka daje sztuce?*

Z dniem 1 października mgr K. Grabowska została zatrudniona na stanowisku asystenta.

Z dniem 1 października dr B. Kicińska objęła funkcję zastępcy Dyrektora Instytutu Nauk Fizycznogeograficznych.

2003

Studies on the climate of Warsaw, M. Stopa-Boryczka (red.), Wyd. WGSR UW, Warszawa.

Bijak Sz., *Ekstremalne wahania temperatury powietrza w Tallinie i Warszawie w latach 1779-2002*. [W:] *Ekstremalne zjawiska hydrologiczne i meteorologiczne*. Materiały III Konferencji Naukowej, 8-9 XII 2003, IMGW, Warszawa.

Bednorz E., Bielec-Bąkowska Z., Bokwa A., Kicińska B., Kolendowicz L., Lewik P., Nowosad M., Ustrnul Z., Żelazny M., *Regionalizacje, typologie i sezony klimatyczne z zastosowaniem metod analizy skupień*, Przegląd Geofizyczny, t. 48, nr 1-2.

Boryczka J., *Changes in the climate of Warsaw from 18th to 21st century*, [W:] M. Stopa-Boryczka (red.), *Studies on the climate of Warsaw*, Wyd. WGSR UW, Warszawa.

- Boryczka J., Stopa-Boryczka M., *Cykliczne wahania temperatury i opadów w Polsce w XIX-XXI wieku*. Materiały Konferencji, Kraków, czerwiec 2003r.
- Boryczka J., Stopa-Boryczka M., Baranowski D., Kirschenstein M., Błażek E., Skrzypczuk J., *Atlas współzależności parametrów meteorologicznych i geograficznych w Polsce*, cz. XVII, *Mroźne zimy i upalne lata w Polsce*, Wyd. UW, Warszawa, ss. 297.
- Boryczka J., *Trends in climate change in Europe and their causes*. Studia Geograficzne, nr 75, Acta Universitatis Wratislaviensis, nr 2542, Wrocław.
- Grabowska K., *Storms in Warsaw against the background of other Polish towns*, M. Stopa-Boryczka (red.), *Studies on the climate of Warsaw*, Wyd. WGSR UW, Warszawa.
- Grabowska K., *Tendencje zmian i prognozy aktywności burzowej w Polsce*. [W:] *Ekstremalne zjawiska hydrologiczne i meteorologiczne*. Materiały III Konferencji Naukowej, 8-9 XII 2003, IMGW, Warszawa.
- Kicińska B., *The aerosanitary conditions in the towns of Poland*, M. Stopa-Boryczka (red.), *Studies on the climate of Warsaw*, Wyd. WGSR UW, Warszawa.
- Kicińska B., *Degradacja środowiska. Emisja związków siarki. Emisja tlenków azotu*, [W:] *Atlas. Odkrywamy Unię Europejską wraz z krajami kandydującymi*. WSiP SA, Warszawa.
- Kicińska B., Łęcka I., Plit J., Plit F., *Odkrywamy Unię Europejską. Kompendium wiedzy*. WSiP S.A., Warszawa.
- Kicińska B., *Ochrona środowiska. Udział powierzchni chronionej i wydatki na ochronę środowiska. Zasoby i pobór wody*, [W:] *Atlas. Odkrywamy Unię Europejską wraz z krajami kandydującymi*. WSiP SA, Warszawa.
- Kopacz-Lembowicz M., *The application-oriented character of the reports elaborated at the Department of Climatology concerning urban climate*, [W:] M. Stopa-Boryczka (red.), *Studies on the climate of Warsaw*. Wyd. WGSR UW, Warszawa.
- Kopacz-Lembowicz M., Kossowska-Cezak U., Martyn D., Olszewski K., *The influence of urban greenery on local climate*, [W:] M. Stopa-Boryczka (red.), *Studies on the climate of Warsaw*, Wyd. WGSR UW, Warszawa.
- Kossowska-Cezak U., *Współczesne ocieplenie a codzienne wartości temperatury średniej dobowej*. [W:] *Ekstremalne zjawiska hydrologiczne i meteorologiczne*. Materiały III Konferencji Naukowej, 8-9 XII 2003, IMGW, Warszawa.
- Kossowska-Cezak U., *The abrupt temperature increases and decreases in Warsaw in the second half of the 20th century*. [W:] M. Stopa-Boryczka (red.), *Studies on the climate of Warsaw*, Wyd. WGSR UW, Warszawa.
- Kossowska-Cezak U., *Uwarunkowania cyrkulacyjne dużych zmian temperatury z dnia na dzień w Warszawie*. [W:] *Postępy w badaniach klimatycznych i bioklimatycznych*. Prace Geograficzne, nr 188, IGiPZ PAN.

- Kossowska-Cezak U., *Współczesne ocieplenie a częstość dni charakterystycznych*. Balneologia Polska, t. 45, nr 1-2.
- Kossowska-Cezak U., Mikulski Z., *Jacka Krusińskiego „Rozprawa o dostrzeżeniach meteorologicznych” z 1803 r.* Przegląd Geofizyczny, nr 3-4.
- Kossowska-Cezak U., Wawer J., *The contribution of the Department of Climatology to the study of the climate of Warsaw*. [W:] M. Stopa-Boryczka (red.), *Studies on the climate of Warsaw*, Wyd. WGSR UW, Warszawa.
- Kożuchowski K., Żmudzka E., *100 year series of the areally averaged temperatures and precipitation totals in Poland*. Studia Geograficzne, nr 75, Acta Universitatis Wratislaviensis nr 2542, Wrocław.
- Nowicka B., Ostaszewska K., Tsermegas I., Żmudzka E., *Integrated Physico-Geographical Research as an Element of Teaching*. [W:] A. Kowalczyk (red.), *Theoretical and methodological aspects of geographical space at the turn of century*. WGSR UW, Warszawa.
- Olszewski K., *The acidity of precipitation in Warsaw*, [W:] M. Stopa-Boryczka (red.), *Studies on the climate of Warsaw*, Wyd. WGSR UW, Warszawa.
- Olszewski K., *Klimat Mazowsza*. A. Richling (red.), *Przyroda Mazowsza i jej antropogeniczne przekształcenia*, Wyd. Wyższej Szkoły Humanistycznej w Pułtusku, Pułtusk.
- Olszewski K., *Polska. Klimat*. [W:] *Atlas do przyrody – Świat w porach roku*. Wyd. DEMART, Warszawa.
- Stopa-Boryczka M., *Studies on the climate of Warsaw in the second half of the 20th century*. [W:] M. Stopa-Boryczka (red.), *Studies on the climate of Warsaw*, Wyd. WGSR UW, Warszawa.
- Stopa-Boryczka M., Boryczka J., *Cykliczne zmiany klimatu Warszawy i ich uwarunkowania*. [W:] *Postępy w badaniach klimatycznych i bioklimatycznych*. Prace Geograficzne, nr 188, IGiPZ PAN.
- Stopa-Boryczka M., Boryczka J., *The cyclic changes of the climate of Warsaw and their conditioning*. Stopa-Boryczka M. (red.), *Studies on the climate of Warsaw*, Wyd. WGSR UW, Warszawa.
- Stopa-Boryczka M., Boryczka J., *The influence of the man-made factors on the local climate of Warsaw*. [W:] M. Stopa-Boryczka (red.), *Studies on the climate of Warsaw*, Wyd. WGSR UW, Warszawa.
- Stopa-Boryczka M., Kopacz-Lembowicz M., Wawer J., *The findings of the research on the climate of Warsaw conducted at the Department of Climatology of Warsaw University*. [W:] M. Stopa-Boryczka (red.), *Studies on the climate of Warsaw*, Wyd. WGSR UW, Warszawa.
- Wawer J., *Dependence of the urban heat island on the atmospheric circulation types*. [W:] M. Stopa-Boryczka (red.), *Studies on the climate of Warsaw*, Wyd. WGSR UW, Warszawa.

Żmudzka E., *The variability of the growing season in Warsaw in the second half of the 20th century*. [W:] M. Stopa-Boryczka (red.), *Studies on the climate of Warsaw*, Wyd. WGSR UW, Warszawa.

Żmudzka E., *Anomalne wielkości zachmurzenia w Polsce a cyrkulacja atmosferyczna. (1951–2000)*. [W:] *Ekstremalne zjawiska hydrologiczne i meteorologiczne*. Materiały III Konferencji Naukowej, 8-9 XII 2003, IMGW, Warszawa.

Żmudzka E., *Circulation-related conditions of variability of cloudiness in Poland in the second half of the 20th century*. [W:] I. Bičík, T. Havlíček (red.), *European integration and regional development, Summaries*, 5th Czech-Slovak-Polish Conference, Prachatic, 8-12 VI 2003, Praha.

Żmudzka E., Kossowska-Cezak U., Dobrowolska M., *Circulation's requirements of the urban heat island variations in Warsaw*. [W:] K. Kłysik, T. Oke, K. Fortuniak, S. Grimmond, J. Wibig (red.), *Proceedings*, t. 1, 5th International Conference on Urban Climate, 1-5 IX 2003, Łódź.

Żmudzka E., *Les conditions de circulation propres à la variabilité de la nébulosité en Pologne, en 1951-2000*. Dokumentacja Geograficzna PAN IGiPZ, nr 29.

Żmudzka E., *The Circulation-Related Conditioning for the Variability of the Spring Date of Air Temperature passage through the +5.0°C threshold in Poland*. *Studia Geograficzne*, nr 75, *Acta Universitatis Wratislaviensis* nr 2542, Wrocław.

Żmudzka E., *Tło klimatyczne produkcji rolniczej w Polsce w drugiej połowie XX wieku*. [W:] *Meteorologia i klimatologia w kształtowaniu środowiska wiejskiego*. Zeszyt streszczeń, XXX Ogólnopolski Zjazd Agrometeorologów, 25-27 VI 2003, Kraków.

Żmudzka E., *Wielkość zachmurzenia w Polsce w drugiej połowie XX wieku*, *Przegląd Geofizyczny*, t. 48, nr 3-4.

Henzel M., *Wpływ cyrkulacji atmosferycznej na stężenie dwutlenku siarki i dwutlenku azotu w Krakowie w latach 1995-1997* – praca magisterska nr 374 (B. Kicińska).

Bocheński J., *Wpływ cyrkulacji nad Polską na ciśnienie atmosferyczne przykładzie Świdra (1981-1990)* – praca magisterska nr 375 (U. Kossowska-Cezak).

Górska M., *Zmiany opadów atmosferycznych w Warszawie w latach 1966-1995* – praca magisterska nr 376 (M. Stopa-Boryczka).

Przycka I., *Zależność stężenia dwutlenku siarki w atmosferze od warunków pogodowych na obszarze Pobrzeża Polski w latach 1994-1997* – praca magisterska nr 377 (K. Olszewski).

Tomaszewski Mariusz, *Synchroniczne wahania temperatury powietrza i opadów atmosferycznych w XIX i XX wieku w Polsce* – praca magisterska nr 378 (J. Boryczka).

Pietras M., *Tendencje zmian termicznych pór roku w Warszawie (1951-2000)* – praca magisterska nr 379 (J. Wawer).

- Papierska A., *Częstość burz na Śnieżce i ich uwarunkowania synoptyczne* – praca magisterska nr 380 (M. Stopa-Boryczka).
- Mrozek A., *Uwarunkowania klimatyczne lotniska Olsztyn-Dajtki* – praca magisterska nr 381 (M. Kopacz-Lembowicz).
- Hipnarowicz K., *Sytuacje synoptyczne sprzyjające występowaniu wysokich opadów w aglomeracji warszawskiej (w latach 1971-1980)* – praca magisterska nr 382 (J. Wawer).
- Trąbicka M., *Wpływ cyrkulacji atmosferycznej na występowanie wysokich opadów w Tatrach Polskich* – praca magisterska nr 383 (B. Kicińska).
- Toczyńska I., *Ocena klimatu Krainy Wielkich Jezior Mazurskich dla potrzeb turystyki* – praca magisterska nr 384 (K. Olszewski).
- Gietka A., *Zmiany zanieczyszczenia powietrza w Górnośląskim Okręgu Przemysłowym w latach 90. XX wieku* – praca magisterska nr 385 (B. Kicińska).
- Szulim M., *Cechy bioklimatu Polski na przykładzie wybranych uzdrowisk* – praca magisterska nr 386 (M. Kopacz-Lembowicz).
- Gałęcki P., *Pokrywa śnieżna w Warszawie w latach 1965-1995* – praca magisterska nr 387 (E. Żmudzka).
- Gołąb E., *Tendencje zmian liczby dni z burzą w Warszawie w latach 1966-1995* – praca licencjacka nr 1 (J. Wawer).
- Cebula M., *Cechy charakterystyczne cyrkulacji atmosferycznej nad Polską 1995* – praca licencjacka nr 2 (U. Kossowska-Cezak).
- Zalewska M., *Klimat Karkonoszy 1995* – praca licencjacka nr 3 (U. Kossowska-Cezak).
- Kosińska A., *Częstość występowania burz w Warszawie 1995* – praca licencjacka nr 4 (K. Grabowska).
- Kwiatkowska I., *Zmiany roczne temperatury powietrza w Warszawie w latach 1966-1995* – praca licencjacka nr 5 (E. Żmudzka).
- Kaniewska E., *Tendencje zmian liczby dni z pokrywą śnieżną w Warszawie w latach 1966-1995* – praca licencjacka nr 6 (E. Żmudzka).
- Pyłka K., *Zmiany roczne stężenia dwutlenku siarki w Warszawie w latach 1993-1998* – praca licencjacka nr 7 (D. Martyn).
- Piątkowska P., *Zmiany roczne prędkości wiatru w Warszawie w latach 1966-1995* – praca licencjacka nr 8 (D. Martyn).
- Zienowicz M., *Zmiany roczne zachmurzenia w Warszawie 1995* – praca licencjacka nr 9 (K. Olszewski).
- Potera M., *Częstość występowania rodzajów chmur w Warszawie w 1971 roku* – praca licencjacka nr 10 (K. Olszewski).

Maciejak Małgorzata, *Tendencja zmian wilgotności powietrza w Warszawie w latach 1966-1995* – praca licencjacka nr 11 (K. Olszewski).

Maciejak Marta, *Tendencje zmian ciśnienia atmosferycznego w Warszawie w latach 1966-1995* – praca licencjacka nr 12 (J. Boryczka).

Kostrzon K., *Zmiany roczne kierunku i prędkości wiatru w Warszawie* – praca licencjacka nr 13 (J. Boryczka).

Szurgot M., *Przebieg dobowy prędkości i kierunku wiatru w Warszawie w 1992 roku* – praca licencjacka nr 14 (J. Boryczka).

Styś K., *Tendencje zmian zachmurzenia w Warszawie w latach 1966-1995* – praca licencjacka nr 15 (K. Grabowska).

Pietrzak O., *Częstość występowania burz w Siedlcach* – praca licencjacka nr 16 (M. Stopa-Boryczka).

Szymański T., *Zmiany roczne ciśnienia atmosferycznego w Warszawie w latach 1966-1995* – praca licencjacka nr 17 (U. Kossowska-Cezak).

Citko U., *Tendencje zmian temperatury powietrza w Białymstoku i Warszawie w latach 1966-1995* – praca licencjacka nr 18 (J. Wawer).

Gozdecka M., *Tendencje zmian opadów atmosferycznych w Warszawie w latach 1966-1995* – praca licencjacka nr 19 (J. Wawer).

Dziedzic D., *Zmiany roczne opadów atmosferycznych w Warszawie w latach 1966-1995* – praca licencjacka nr 20 (J. Wawer).

Wojtulewicz B., *Zmiany dobowe burz w Polsce* – praca licencjacka nr 21 (M. Stopa-Boryczka).

Błachnio B., *Przebieg roczny i rozkład przestrzenny burz nad Polską* – praca licencjacka nr 22 (U. Kossowska-Cezak).

Rokicki B., *Tendencje zmian prędkości wiatru w Warszawie w latach 1966-1995* – praca licencjacka nr 23 (J. Boryczka).

Z dniem 1 stycznia dr U. Kossowska-Cezak i dr D. Martyn przeszły na emeryturę i zostały zatrudnione na ¼ etatu.

Z dniem 1 lutego dr K. Grabowska została mianowana na stanowisko adiunkta.

Udział pracowników Zakładu Klimatologii WGiSR UW w VII Pikniku Naukowym Polskiego Radia BIS, który odbył się w dniu 14 czerwca w Warszawie pod hasłem *DNA Twoje Życie*.

Boryczka J., *Mit efektu cieplarnianego*. Przegląd Geofizyczny, z. 1-2.

Boryczka J., Stopa-Boryczka M., Grabowska K., Wawer J., Błażek E., Skrzypczuk J., *Atlas współzależności parametrów meteorologicznych i geograficznych w Polsce*, cz. XVIII, *Groźne zjawiska pogodowe w Polsce*, Wyd. UW, Warszawa, ss. 217.

Boryczka J., Stopa Boryczka M., *Climate of the Europe – Past, Present, Future*. Miscellanea Geographica t. 11 (w druku).

Boryczka J., Stopa-Boryczka M., *Cykliczne wahania temperatury i opadów w Polsce w XIX-XXI wieku*, Acta Agrophysica, PAN, vol. 3 (1).

Boryczka J., Stopa-Boryczka M., Wawer J., *The influence of the North Atlantic Oscillations (NAO) on the climate of Warsaw and Lviv*. Proceedings Conference "Landscape Science – Traditions and Trends" September 8-12, Ivan Franko National University of Lviv, Lviv

Degirmendžić J., Kożuchowski K., Żmudzka E., *Changes of Air Temperature and Precipitation in Poland in the Period 1951-2000 and their Relationship to Atmospheric Circulation*. International Journal of Climatology, t. 24, no. 3.

Plit F., Kicińska B., Łęcka I., Plit J., Podgórski Z., Szewczyk I., Wroną J., *Geografia. Repetytorium dla maturzystów i kandydatów na wyższe uczelnie*, WSiP SA, Warszawa.

Kicińska B., Niewińska A., Piróg D., *Geografia. Repetytorium dla maturzystów i kandydatów na wyższe uczelnie* (płyta CD z zadaniami), WSiP SA, Warszawa.

Kicińska B., Olszewski K., *Strefy klimatyczne, Pory opadów, Opady roczne, Temperatura powietrza w styczniu, Temperatura powietrza w lipcu, Ciśnienie atmosferyczne w styczniu, Ciśnienie atmosferyczne w lipcu* (mapy świata), *Klimaty* (mapa Europy), *Opady roczne, Ciśnienie atmosferyczne w styczniu, Ciśnienie atmosferyczne w lipcu* (mapy Azji), *Temperatura powietrza w styczniu, Temperatura powietrza w lipcu, Ciśnienie atmosferyczne w styczniu, Ciśnienie atmosferyczne w lipcu* (mapy Afryki), [W:] *Atlas geograficzny. Gimnazjum*, Wyd. Demart, Warszawa.

Kicińska B., Olszewski K., *Temperatura powietrza w styczniu, Temperatura powietrza w lipcu, Opady roczne, Ciśnienie atmosferyczne w styczniu, Ciśnienie atmosferyczne w lipcu, Pory opadów* (mapy świata), *Klimat* (mapa Europy), *Opady roczne, Ciśnienie atmosferyczne w styczniu, Ciśnienie atmosferyczne w lipcu* (mapy Azji), *Temperatura powietrza w styczniu, Temperatura powietrza w lipcu, Ciśnienie atmosferyczne w styczniu, Ciśnienie atmosferyczne w lipcu* (mapy Afryki), [W:] *Atlas geograficzny. Świat Polska. Liceum*, Wyd. Demart, Warszawa.

Kicińska B., Olszewski K., *Relief; Administrative division; Agriculture, fishing; Industry, transport* (mapy), [W:] *Poland's relations with West Africa*, Wyd. Dialog, Warszawa.

Klimat Europy. Przeszłość – teraźniejszość – przyszłość, M. Stopa-Boryczka, J. Boryczka (red.), *Klimat Europy. Przeszłość – teraźniejszość – przyszłość*. Materiały Zakładu Klimatologii Wydziału Geografii i Studiów Regionalnych Uniwersytetu Warszawskiego z VIII Pikniku Naukowego Polskiego Radia BIS pod hasłem „Nauka bez granic”, 22 V 2004, Warszawa.

Kossowska-Cezak U., Bocheński J., *Ciśnienie atmosferyczne w środkowej Polsce a typy cyrkulacji atmosferycznej B. Osuchowskiej-Kelin*. Wiadomości IMGW, t. 27, nr 2.

Olszewski K., *Mapy Polski: Temperatura powietrza w styczniu, Temperatura powietrza w lipcu, Opady roczne, Pokrywa śnieżna, Burze* (mapy), Atlas Geograficzny Liceum – Świat – Polska, Wyd. Demart, Warszawa.

Olszewski K., *Mapy Polski: Klimat* (mapy), Atlas Geograficzny Gimnazjum, Wydawnictwo Demart, Warszawa.

Olszewski K., *Rola Narwi w dziejach i współczesności Mazowsza i Podlasia*. Łomżyńskie Tow. Nauk. im. Wagów (w druku).

Stopa-Boryczka M., Boryczka J., *Klimat*, (rozdział w nowym wydaniu podręcznika J. Kondrackiego *Geografia fizyczna Polski*).

Woronko D., Żmudzka E., *The influence of climate changes on hydrology and development of the Wielkie Batorowskie Peatland in Stolowe Mountains (South-West Poland)*. [W:] A. Herrmann (red.), *Landschaftsökologie und Umweltforschung*, nr 47, Extended Abstracts, International Conference on Hydrology of Mountain Environments, 27 IX – 1 X 2004, Berchtesgaden, Federal Republic of Germany.

Woronko D., Żmudzka E., *Wpływ zmian klimatu na rozwój Wielkiego Torfowiska Batorowskiego w Górach Stołowych*. [W:] A. Kostrzewski (red.), *Funkcjonowanie geosystemów Polski w warunkach zmian klimatu i różnokierunkowej antropopresji*. Przewodnik konferencyjny, XV Sympozjum Zintegrowanego Monitoringu Środowiska Przyrodniczego, 1-3 IX 2004, Międzyzdroje.

Żmudzka E., *Changes of Cloudiness in Poland in the Period 1951–2000 and their Relationship to Atmospheric Circulation*. [W:] Annual Meeting Abstracts, t. 1, Fourth Annual Meeting of the European Meteorological Society, Part and partner: 5th European Conference on Applied Climatology (ECAC), 26-30 IX 2004, Nice, France.

Żmudzka E., *Elementy klimatu Polski 1951-2000*. [W:] *Wielka Encyklopedia PWN*. T. 21, Wyd. Naukowe PWN, Warszawa.

Żmudzka E., *Tendencje zmian a zróżnicowanie przestrzenne elementów klimatu w Polsce w drugiej połowie XX wieku*. [W:] Michalczyk Z. (red.), *Badania geograficzne w poznawaniu środowiska*. Wyd. UMCS, Lublin.

Żmudzka E., *Tło klimatyczne produkcji rolniczej w Polsce w drugiej połowie XX w.* *Acta Agrophysica*, PAN, 105, t. 3(2).

Żmudzka E., *Warunki termiczne i opadowe produkcji roślinnej w Polsce w latach 1951-2000*. [W:] *Klimat-środowisko-człowiek*. Polski Klub Ekologiczny – Okręg Dolnośląski, Wydawnictwo APIS, Wrocław.

Żmudzka E., *Wybrane elementy klimatu Polski 1951-2000*. [W:] *Nowa Encyklopedia Powszechna*. T. 6, Wyd. Naukowe PWN, Warszawa.

Żmudzka E., *Wielkość zachmurzenia w Polsce a epoki cyrkulacyjne*. *Przegląd Geofizyczny*, z. 1-2.

Żmudzka E., *Uwarunkowania cyrkulacyjne zmienności zachmurzenia ogólnego w Polsce (1951-2000)*. *Czasopismo Geograficzne*, nr 1-2.

Żmudzka E., *Les conditions de circulation propres à la variabilité de la nébulosité en Pologne, en 1951-2000*. *Annales de l'A.I.C.* (w druku)

Żmudzka E., *Circulation-related conditions of variability of cloudiness in Poland in the second half of the 20th century*. (w druku)

Żmudzka E., *Anomalne wielkości zachmurzenia w Polsce a cyrkulacja atmosferyczna (1951-2000)*. [W:] *Ekstremalne zjawiska hydrologiczne i meteorologiczne*, IMGW. (w druku)

Żmudzka E., *The Climatic Background of Agricultural Production in Poland (1951-2000)*. *Miscellanea Geographica*. (w druku)

Górski P., *Wpływ zmian ciśnienia atmosferycznego na wypadki drogowe w Warszawie (2000 r.)* – praca magisterska nr 388 (J. Boryczka).

Świątek D., *Zanieczyszczenie powietrza w Szczawnie Zdroju w latach 1995-1999* – praca magisterska nr 389 (B. Kicińska, K. Olszewski).

Jatczak K., *Wpływ warunków pogodowych na wzrost stężenia ozonu troposferycznego w śródmieściu Warszawy (1996-2000)* – praca magisterska nr 390 (J. Wawer).

Bijak Sz., *Klimat Estonii* – praca magisterska nr 391 (D. Martyn).

Pietras K., *Zróźnicowanie klimatu lokalnego na Diablej Górze w Puszczy Boreckiej* – praca magisterska nr 392 (B. Kicińska).

Wolszczak K., *Zróźnicowanie klimatu lokalnego okolic Jeziora Żabinki* – praca magisterska nr 393 (K. Olszewski).

Odalska A., *Klimat lokalny okolic Krukłanek* – praca magisterska nr 394 (K. Olszewski).

Frankiewicz A., *Cyrkulacyjne uwarunkowania liczby dni z burzą w Terespolu w latach 1951-1990* – praca magisterska nr 395 (K. Grabowska).

Kielmer A., *Wpływ warunków meteorologicznych na stężenie zanieczyszczeń powietrza (na przykładzie Krakowa i Warszawy)* – praca magisterska nr 396 (J. Boryczka).

Antoniak Joanna, *Wpływ masy powietrza i typu cyrkulacji atmosferycznej na stężenie dwutlenku azotu na Pogórzu Izerskim* – praca magisterska nr 397 (D. Dobak).

Rudzińska U., *Wpływ topografii terenu na stężenie SO₂ w powietrzu na obszarze Sudetów Zachodnich i Pogórza Zachodniosudeckiego* – praca magisterska nr 398 (D. Dobak).

Żukowska D., *Wpływ zabudowy na zachmurzenie na przykładzie Warszawy (1961-1965)* – praca magisterska nr 399 (U. Kossowska-Cezak).

Sobótka A., *Zależność opadów atmosferycznych w Warszawie i okolicach od cyrkulacji atmosferycznej w latach 1966-1970* – praca magisterska nr 400 (U. Kossowska-Cezak).

Tońska M., *Zmiany roczne temperatury powietrza w Krakowie w latach 1966-2000* – praca licencjacka nr 24 (J. Wawer).

Tyniec T., *Zmiany roczne prędkości i kierunku wiatru w Krakowie w latach 1966-2000* – praca licencjacka nr 25 (J. Wawer).

Bajer A., *Zmiany roczne ciśnienia atmosferycznego w Krakowie w latach 1966-2000* – praca licencjacka nr 26 (U. Kossowska-Cezak).

Tomaszewski A., *Zmiany roczne wilgotności powietrza w Krakowie w latach 1966-2000* praca licencjacka nr 27 (D. Martyn).

Leszczyńska E., *Tendencje zmian opadów atmosferycznych w Krakowie w latach 1966-2000* praca licencjacka nr 28 (J. Boryczka).

Maksymiuk G., *Zmiany roczne opadów atmosferycznych w Krakowie w latach 1966-2000* praca licencjacka nr 29 (K. Grabowska).

Bogusz M., *Zróżnicowanie warunków termicznych i wilgotnościowych na terenie Nadziańskiego Parku Krajobrazowego* praca licencjacka nr 30 (E. Żmudzka).

Celiński R., *Zróżnicowanie warunków termicznych i wilgotnościowych na terenie Kobuzowskiego Parku Krajobrazowego* praca licencjacka nr 31 (E. Żmudzka).

Z dniem 1 stycznia prof. dr hab. M. Stopa-Boryczka przeszła na emeryturę i została zatrudniona na ¼ etatu.

Z dniem 1 stycznia dr M. Kopacz-Lembowicz przeszła na emeryturę.

Z dniem 1 stycznia prof. dr hab. J. Boryczka objął funkcję Kierownika Zakładu Klimatologii.

W dniu 15 kwietnia dr B. Kicińska została uhonorowana Medalem Edukacji Narodowej.

Udział pracowników Zakładu Klimatologii WGiSR UW w VIII Pikniku Naukowym Polskiego Radia BIS, który odbył się w dniu 8 czerwca w Warszawie pod hasłem *Nauka bez granic*.

Z dniem 1 października dr U. Kossowska-Cezak i dr D. Martyn przeszły na emeryturę.

Z dniem 1 października mgr K. Pietras została doktorantką zaocznych studiów doktoranckich na WGiSR.