

PRACE ORYGINALNE

Przegląd Naukowy – Inżynieria i Kształtowanie Środowiska nr 2 (48), 2010: 3–22

(Prz. Nauk. Inż. Kszt. Środ. 2 (48), 2010)

Scientific Review – Engineering and Environmental Sciences No 2 (48), 2010: 3–22

(Sci. Rev. Eng. Env. Sci. 2 (48), 2010)

Grzegorz MAJEWSKI, Wiesława PRZEWOŹNICZUK,

Małgorzata KLENIEWSKA

Zakład Meteorologii i Klimatologii SGGW w Warszawie

Division of Meteorology and Climatology WULS – SGGW

Warunki opadowe na stacji meteorologicznej Ursynów SGGW w latach 1960–2009

Precipitation at the meteorological station in Ursynów WULS – SGGW in 1960–2009

Słowa kluczowe: opad atmosferyczny, zmienność opadu, liczba dni z opadem, opad maksymalny

Key words: atmospheric precipitation, coefficient of variability, number of days with precipitation, maximum precipitation

Wprowadzenie

Opad atmosferyczny jest elementem meteorologicznym zmiennym w czasie i przestrzeni, szczególnie na terenach zurbanizowanych. Obszar miasta, ze względu na podwyższoną emisję zanieczyszczeń powietrza, powierzchnię o dużej szorstkości oraz wymuszanie prądów konwekcyjnych, stanowi strefę zwiększonych opadów. Istotny wpływ na funkcjonowanie infrastruktury miejskiej mają opady atmosferyczne o dużych sumach dobowych oraz dużym natężeniu. Ulewne deszcze, trwające czasem

nie dłużej niż kilkanaście minut, mogą powodować przeciążenia systemów kanalizacyjnych, powstawanie podtopień i gwałtownych wezbrań małych cieków w obszarach zurbanizowanych, co prowadzi do powstawania znacznych strat materialnych (Gradowski i Banasik 2007, Bełt i in. 2008). W Polsce najbardziej obfite opady pochodzą z chmur cumulonimbus, powstających w jednoodnorodnych masach powietrza i w strefach frontu chłodnego oraz z chmur nimbostratus frontu ciepłego i niżowych układów barycznych (Bogdanowicz i Stachy 1998).

Zagadnienie zmienności opadów w warunkach ocieplenia klimatu było wielokrotnie badane przez klimatologów. Opracowania dotyczyły całego kraju lub poszczególnych regionów, w tym obszarów silnie zurbanizowanych (Kozuchowski 1985, Lorenc 1991, Wibig 1998, Lo-

renc i Mazur 2003, Banaszekiewicz i in., 2004, Siedlecki i Pawlak 2004, Olechnowicz-Bobrowska i in., 2005, Uscka-Kowalkowska i Klejna 2009). Dotychczasowe badania nie wykazały trwałej tendencji zmian opadów w czasie, związanej z ociepleniem klimatu (Górski 2002, Żmudzka 2002, 2004, 2009, Zmienność opadów... 2004), lecz pewną tendencję w rozkładzie przestrzennym, polegającą na ich przesunięciu w kierunku północnym (Koflanovits 1977, Niedźwiedz i Twardosz 2004, za: Zmienność opadów... 2004), polegającą na tym, że opady na północ od Karpat i Sudetów wzrosły, a na południe zmalały.

Celem podjętego opracowania było dokonanie charakterystyki miesięcznych, sezonowych i rocznych sum opadów atmosferycznych w południowej części Warszawy, w latach 1960–2009, oraz obliczenie ich zmienności. W związku z tym, że na funkcjonowanie infrastruktury miejskiej istotny wpływ mają opady o dużych sumach dobowych oraz dużym natężeniu, przeanalizowano również maksima dobowe opadów w latach 1980–2009. Wybór tego okresu podyktowany był faktem, że lata 1979–1980 stanowiły okres przelomowy w sensie oddziaływania zabudowy na klimat miejscowy, gdyż ukończono wówczas budowę osiedli: Imielin, Stokłosy, Wolica, położonych w odległości około 1 km od stacji meteorologicznej Ursynów SGGW. We wcześniejszych pracach dotyczących tego rejonu wykazano, że w miarę wzrostu zabudowy wokół stacji, od 1980 roku następowało stopniowo zwiększenie wysokości opadu w porównaniu ze stacją na Okęciu, szczególnie wyraźne w pierwszej połowie roku (Łykowski 2001, 2002, Łykowski

i in. 2005). Przyrost ten wynosił około 6% i był mniejszy od wartości podawanych w literaturze. Ursynów leży w tej części Warszawy, która jest najuboższą w opady. Z badań nad rozkładem przestrzennym opadów w latach 1976–1985 (Lorenc i Mazur 2003) wynika, że zróżnicowanie opadów na obszarze miasta jest bardzo duże i wynosi średnio 116 mm w ciągu roku (między najuboższą i najbogatszą w opady jego częścią).

Material i metody

Podstawę opracowania stanowiły dobowe sumy opadów atmosferycznych z lat 1960–2009, pochodzące ze stacji meteorologicznej Ursynów SGGW, prowadzonej przez Zakład Meteorologii i Klimatologii SGGW, zlokalizowanej w południowej części Warszawy (λ_E 21°02'52" φ_N 52°09'38", wysokość n.p.m. 102,5 m).

W pracy przeanalizowano miesięczne sumy opadów w latach 1960–2009. Obliczono sumy roczne opadów oraz współczynnik zmienności opadów, zbadano ich trend liniowy. Zastosowano metodę Kaczorowskiej (1962) do klasyfikacji miesięcy i lat pod względem ilości opadu.

Pojęcie dużej sumy opadów (maksimum opadowego) nie jest jednoznaczne. Przyjmuje się, że jest to największa suma dobowych opadów atmosferycznych zanotowana w ciągu miesiąca wraz z datą ich wystąpienia. Analizując wielkość opadów dobowych, często wykorzystuje się klasyfikację dni z opadem Olechnowicz-Bobrowskiej (1970). Według opracowanej przez autorkę klasyfikacji, za wysoki (często określane również jako ekstre-

malny, silny) przyjmuje się opad $\geq 10,1$ mm. Kryterium to zostało zastosowane w wielu pracach, m.in Lorenc (1991) i Kirschenstein (2001). W niniejszej pracy za opady dobowe wysokie uznano opady $\geq 10,1$ mm.

Dla maksimów dobowych opadów w latach 1980–2009 określono:

- wartości średnie i zakresy zmienności w poszczególnych miesiącach,
- procentowy udział maksimów dobowych w sumach miesięcznych oraz rozkład częstości tych udziałów,
- prawdopodobieństwo występowania maksimów dobowych w 10-milimetrowych przedziałach wielkości,
- prawdopodobieństwo występowania maksimów dobowych opadu w poszczególnych miesiącach i porach roku.

Dla uzupełnienia charakterystyki maksimów opadowych w okresie 1980–2009 podano również liczbę dni z opadem $\geq 0,1$ mm, ≥ 1 mm i ≥ 10 mm.

Wyniki i dyskusja

Charakterystyka miesięcznych sum opadów w latach 1960–2009

W badanym 50-leciu 1960–2009 średnia suma roczna opadów na stacji Ursynów SGGW wynosiła 541,7 mm, a lata o największych sumach rocznych, większych od 700 mm, to 1997 rok (725,7 mm) i 2009 rok (766,0 mm). Najmniejsza suma roczna wystąpiła w 1969 roku – 350,2 mm (tab. 1). Sumy roczne opadów mniejsze od średniej wieloletniej i większe od niej występowały z taką samą częstością. Odchylenie standardowe rocznych sum opadów atmosferycznych wyniosło 97,4 mm.

TABELA 1. Podstawowe statystyki miesięcznych, sezonowych i rocznych sum opadów atmosferycznych na stacji Ursynów-SGGW w latach 1960–2009
TABLE 1. Statistical characteristics of monthly, seasonal and annual precipitation totals at Ursynów WULS – SGGW station in 1960–2009

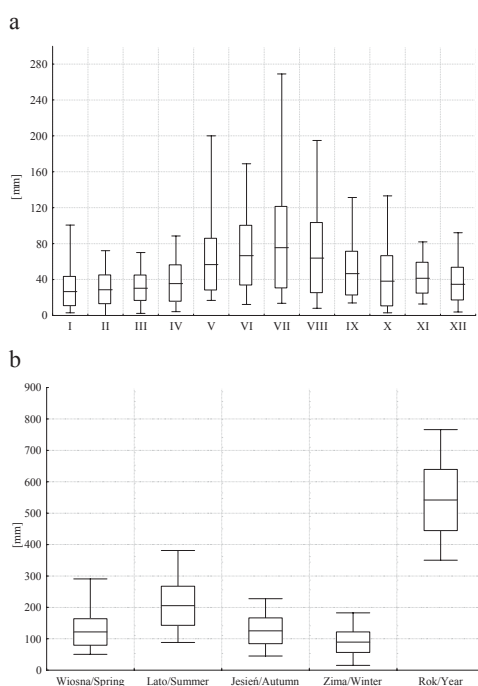
Wyszególnienie Specification	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Wiosna Spring	Lato Summer	Jesień Autumn	Zima Winter	Rok Year
Średnia arytmetyczna / Mean	26,4	28,4	30,0	35,3	56,4	66,4	75,3	63,7	46,4	37,9	41,2	34,5	121,8	205,3	125,5	89,3	541,9
Procent opadów rocznych Percent of annual precipitation totals	4,9	5,2	5,5	6,5	10,4	12,2	13,9	11,7	8,6	7,0	7,6	6,4	22,5	37,9	23,2	16,5	100,0
Odchylenie standardowe Standard deviation	17,1	16,9	14,9	21,0	29,6	33,9	46,1	39,8	25,1	28,8	17,9	19,0	41,9	62,2	41,0	32,6	97,4
Minimum	2,9	0,0	2,3	4,2	16,8	12,3	13,6	8,0	13,9	3,0	12,8	3,8	50,4	88,2	45,1	15,5	350,2
Maximum	100,6	72,1	70,1	88,5	200,0	168,9	269,0	194,9	131,4	133,2	81,9	92,2	290,9	381,1	227,6	182,8	766,0
Skośność / Skewness	2,0	0,7	0,4	0,7	2,3	0,6	1,6	1,4	0,9	1,5	0,6	0,5	1,7	0,61	0,25	0,36	0,2
Współczynnik zmienności Coefficient of variation	0,65	0,60	0,50	0,60	0,52	0,51	0,61	0,63	0,54	0,76	0,43	0,55	0,34	0,34	0,33	0,37	0,18
Średnia obfitość opadów Precipitation density	2,1	2,3	2,6	3,4	4,9	5,5	6,4	5,9	4,3	3,4	3,1	2,5					

Średnia wieloletnia suma opadów w latach 1891–1930 w Warszawie wyniosła 554 mm (Wiszniewski 1953). Badania przeprowadzone w latach 1961–1980 wykazały, że średnie sumy opadów w Warszawie wahają się od poniżej 550 mm w południowo-zachodniej części miasta do powyżej 600 mm w części wschodniej (H. Lorenc, za: Kozłowska-Szczęсна i in. 1996).

Na rysunku 1 przedstawiono podstawowe statystyki miesięcznych sum opadów w wieloleciu 1960–2009 – wartości średnie, zakresy zmienności, odchylenia standardowe. Jest tam również widoczny średni roczny przebieg opadów, charak-

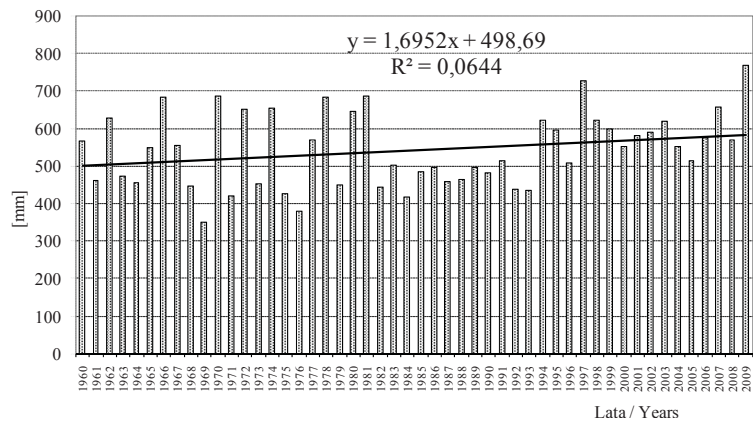
terystyczny dla naszego klimatu, z przewagą opadów letnich nad zimowymi, z maksimum w lipcu i minimum w styczniu. W badanym 50-leciu średni opad w lipcu wynosił 75,3 mm, a w styczniu – 26,4 mm (tab. 1). Największe sumy miesięczne to: 269,0 mm w lipcu 1997 roku, 200,0 mm w maju 1962 roku, 194,0 mm w sierpniu 2006 roku i 168,9 w czerwcu 1999 roku. Najmniejsze sumy miesięczne wystąpiły w lutym 1976 roku – 0 mm, oraz w październiku 2000 roku 3 mm. Miesiące lipiec i sierpień charakteryzowały się największym zróżnicowaniem sum miesięcznych opadów. Odchylenie standardowe dla tych miesięcy wyniosło odpowiednio 46,1 i 39,8 mm, a w lutym i marcu – 16,9 i 14,9 mm (tab. 1). Największe sumy sezonowe notowane były w okresie letnim. Średnia 50-letnia suma opadów w okresie lata (VI–VIII) wyniosła 205,3 mm. Opady letnie w badanym okresie stanowiły średnio około 40% sumy rocznej, a zimowe – 16%, a opady półrocza ciepłego (IV–IX) – 63%. Stosunek opadów zimy do lata w badanym wieloleciu wyniósł 0,43 i był zbliżony do obliczonego przez Kirchenstein i Baranowskiego (2005) dla lat 1951–1995 dla tej części Polski – 0,45. Stosunek opadów jesieni do wiosny wyniósł 1,03. Warszawa bowiem leży, jak podają Kirchenstein i Baranowski, w obszarze zrównania sum jesieni i wiosny, spowodowanego zanikaniem ocieplającego wpływu Bałtyku na opady jesieni.

Na rysunku 2 przedstawiono przebieg sum rocznych opadów w wieloleciu 1960–2009. Widać na nim dużą zmienność opadów z roku na rok – obliczony współczynnik zmienności rocznych sum opadów wyniósł 18%. Podobne wyniki uzyskali też inni badacze, opierający się



RYSUNEK 1. Podstawowe statystyki opadów atmosferycznych na stacji Ursynów SGGW w latach 1960–2009: a – sum miesięcznych, b – sum sezonowych i rocznych

FIGURE 1. Basic statistics of precipitation totals at Ursynów WULS – SGGW station in 1960–2009: a – monthly, b – seasonal and annual



RYSUNEK 2. Zmiany sum opadów atmosferycznych z roku na rok oraz ich trend na stacji Ursynów SGGW w latach 1960–2009

FIGURE 2. Year-by-year changes in the precipitation sums and their trend at Ursynów WULS – SGGW station in the years 1960–2009

na danych dotyczących drugiej połowy XX wieku i różnych rejonów Polski: dla Łodzi – 17%, dla Wrocławia i Suwałk – 18% (Kozuchowski 2004), dla Garlicy Murowanej położonej na Wyżynie Krakowsko-Częstochowskiej – 18% (Olechnowicz-Bobrowska 2005). Największe wartości współczynnika zmienności opadów wystąpiły w październiku – 76%, natomiast najmniejsze w listopadzie – 43% (tab. 1).

Na przestrzeni badanych 50 lat sumy opadów atmosferycznych wykazują trend rosnący – przyrost rocznych sum opadów atmosferycznych wynosi 16,9 mm na 10 lat. Należy jednak dodać, że trend ten nie jest istotny statystycznie. Taka wartość trendu jest spowodowana znacznym przyrostem sum opadów w ostatnich 20 latach. W ostatniej dekadzie XX wieku średnia roczna suma opadów na stacji Ursynów SGGW wzrosła o 6,3% w stosunku do wielolecia 1960–1989, a w pierwszej dekadzie XXI wieku – o 15%. Trend opadów obliczony dla ostatnich czterdziestu lat XX wieku wykazał przyrost opadów o 6,2 mm na

10 lat. Większość autorów stwierdza, że od połowy lat dziewięćdziesiątych nastąpił wzrost opadów (Olechnowicz-Bobrowska i Kozuchowski 2004, Żmudzka 2009), a scenariusze zmian klimatu przewidują dalszy wzrost opadów w XXI wieku (Zmienność opadów... 2004). Z pomiarów na stacji Ursynów SGGW wynika, że przyrost rocznych sum opadów był kontynuowany również w pierwszych latach XXI wieku.

W tabeli 1 przedstawiono również średnią obfitość (gęstość) opadów, obliczoną jako stosunek średniej miesięcznej sumy opadów do średniej liczby dni z opadem. Największa obfitość opadów obserwowana jest w półroczu ciepłym – od maja do sierpnia, z maksimum w lipcu (6,4). W okresie tym najczęściej występują opady o charakterze nawałnym, które związane są m.in. z przejściem frontów atmosferycznych, tworzeniem się chmur konwekcyjnych, jak również z występowaniem burz. Najmniejsza obfitość jest charakterystyczna dla miesięcy zimowych, spowodowane jest to najmniejszą w skali roku sumą opadów

miesięcznych, pomimo największej liczby dni z opadem w tym okresie. Najmniejszą wartość obliczonego współczynnika obfitości opadów uzyskano dla stycznia – 2,1.

Klasyfikację poszczególnych lat badanego okresu pod względem ilości opadów przeprowadzono według metody Kaczorowskiej (tab. 2). Z przeprowadzonej analizy wynika, że w badanym wieloleciu 1960–2009 nie zanotowano lat skrajnie suchych i szczególnie wilgotnych: 16 lat zostało zaliczonych do suchych, 18 – do przeciętnych, a 9 – do wilgotnych. Lata 1969 i 1976 były bardzo suche, natomiast lata 1966, 1970, 1981, 1997 i 2009 były bardzo wilgotne. Należy podkreślić, że w ostatnim dziesięcioleciu (2000–2009) nie było, według kryterium Kaczorowskiej, lat suchych, lecz 7 przeciętnych, 2 wilgotne (2003 i 2007 rok) i jeden rok bardzo wilgotny (2009 rok). We wszystkich analizowanych miesiącach (600 przypadków), 5,5% (33 przypadki) stanowiły miesiące skrajnie suche, a 4,2% (25 przypadków) – miesiące szczególnie wilgotne (tab. 2). Miesiące klasyfikowane jako skrajnie suche i szczególnie wilgotne występowały przeważnie w okresie zimowym i wczesnowiosennym. Dziesięciokrotnie w badanym 50-leciu pojawiły się lata, w których wystąpiły zarówno miesiące skrajnie suche, jak i szczególnie wilgotne, co wynika z dużej zmienności czasowej opadów. Najbardziej zróżnicowane warunki opadowe występowały w październiku – aż 9-krotnie został on zakwalifikowany jako skrajnie suchy i 4-krotnie jako szczególnie wilgotny, listopad i maj zaś najczęściej bywały przeciętne. Najbardziej stabilnymi latami pod względem opadowym były lata

1961, 1962, 1965, 1968, 1978, 1985 i 2009, w których wystąpiło po 7 miesięcy przeciętnych (tab. 2).

Wzrost opadów na stacji Ursynów SGGW może być efektem nałożenia się dwóch zjawisk: rozwoju urbanizacji Warszawy, w tym okolicy terenu stacji, i ocieplenia klimatu. Należy jednak dodać, że wielu naukowców uważa, że współczesne ocieplenie klimatu może w dużym stopniu wynikać z przyczyn naturalnych. Autorzy prac: Boryczka i in. (1992), Boryczka i Stopa-Boryczka (2004) i Łykowski i Demidowicz (2002), zwracają uwagę na złożone zjawisko nakładania się oddziaływania okresów o różnej długości, w wyniku czego mogą wystąpić okresy szczególnie wyraźnego ocieplenia lub ochłodzenia klimatu. Ostatnie wyniki badań Żmudzkiej (2009) nad zmiennością czasową elementów klimatu Polski w latach 1951–2000 wykazały, że oddziaływaniem cyrkulacji atmosferycznej i wielkością zachmurzenia można wyjaśnić do 80% zmienności temperatury powietrza i opadów atmosferycznych.

Rozwój urbanizacji Warszawy, w tym rejonu opracowania, bezspornie pociąga za sobą modyfikację klimatu miasta. Obserwowany wzrost temperatury powietrza (również na stacji Ursynów SGGW – ponad 50 lat pomiarów temperatury powietrza) wywołuje wiele istotnych zmian, do których należy zaliczyć m.in. pojawienie się wyspy ciepła i wzrost konwekcji termicznej powietrza, co w obecności aktywnych jąder kondensacji (zanieczyszczenia powietrza – aerozole) prowadzi do zwiększenia sum opadów atmosferycznych, w tym opadów o charakterze lokalnym. Wzrost temperatury powietrza pociąga

TABELA 2. Charakterystyka warunków opadowych na stacji na stacji Ursynów SGGW w latach 1960–2009

TABLE 2. Precipitation at Ursynów WULS – SGGW station in 1960–2009

Rok Year	Miesiące / Months												Rok Year
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1960	w	p	p	p	bs	p	bw	w	p	bw	p	p	p
1961	p	s	p	p	p	p	p	p	bs	ss	bw	s	s
1962	s	p	w	w	sw	w	bs	p	w	ss	p	bs	w
1963	ss	sw	bs	p	w	bs	bs	p	bw	w	p	ss	s
1964	ss	p	p	bs	s	w	ss	w	s	p	bw	s	s
1965	s	ss	bs	p	p	p	p	w	p	ss	p	p	p
1966	s	p	p	s	w	p	p	bw	p	bw	bw	w	bw
1967	p	bw	bw	sw	s	w	ss	p	s	p	p	bw	p
1968	bw	s	s	p	p	p	p	ss	p	p	p	ss	s
1969	bs	s	s	bs	bs	s	bs	p	bs	s	p	p	bs
1970	w	p	s	bw	bw	s	sw	bs	p	w	bw	p	bw
1971	p	s	s	p	p	p	ss	s	p	w	s	p	s
1972	bs	ss	s	w	p	bw	w	sw	bw	s	p	ss	w
1973	bs	w	s	bs	p	p	p	bs	bs	w	p	p	s
1974	p	bw	ss	bs	p	p	p	s	p	sw	p	bw	w
1975	p	ss	p	s	bs	p	bw	s	s	p	bs	bs	s
1976	w	ss	s	ss	p	bs	s	s	p	s	p	p	bs
1977	s	sw	p	p	s	bs	p	sw	p	ss	bs	s	p
1978	p	p	p	sw	p	s	p	sw	bw	p	p	bw	w
1979	bw	bs	p	s	bs	bs	w	p	bs	ss	p	bw	s
1980	bs	bs	p	bw	p	w	w	s	p	sw	s	p	w
1981	p	s	bw	bs	p	bw	w	p	p	bw	bw	w	bw
1982	p	ss	ss	w	p	w	bs	p	bs	s	s	w	s
1983	w	bw	bw	p	w	s	bs	p	bs	p	bs	p	p
1984	p	s	p	ss	w	s	p	bs	bw	bs	s	ss	s
1985	s	p	p	p	p	p	p	bs	p	s	bs	bw	s
1986	p	bs	s	s	w	s	s	bw	p	p	bs	w	p
1987	p	s	s	s	w	p	s	s	s	s	p	w	s
1988	p	p	w	ss	bs	bw	bs	w	bs	ss	s	p	s
1989	s	s	bs	bw	bs	bw	s	p	bs	p	p	p	p
1990	bs	p	p	bw	bs	s	p	p	bw	bs	p	bs	s
1991	s	p	bs	s	p	bw	p	p	p	ss	w	p	p

cd. tabeli 2 / Table 2, cont.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1992	bs	p	w	p	bs	s	bs	bs	bw	w	w	s	s
1993	bw	s	p	bs	s	s	p	bs	p	s	bs	bw	s
1994	bw	bs	sw	sw	bw	ss	s	p	w	p	p	bw	w
1995	p	bw	p	w	p	bw	s	p	sw	bs	s	s	p
1996	bs	p	bs	s	bw	p	w	s	bw	p	p	bs	p
1997	ss	s	p	p	s	p	sw	bs	p	sw	w	w	bw
1998	p	w	w	bw	p	bw	p	p	s	bw	p	p	w
1999	p	p	p	sw	p	sw	bs	s	s	w	p	s	p
2000	p	bw	w	bs	p	bs	bw	p	p	ss	bw	p	p
2001	p	p	w	bw	s	s	bw	s	bw	p	p	p	p
2002	w	sw	w	s	w	p	s	w	s	bw	s	bs	p
2003	bw	s	bs	p	p	s	w	w	w	bw	s	w	w
2004	w	sw	bw	bw	p	s	p	p	bs	p	w	bs	p
2005	w	bw	w	s	p	p	p	ss	s	ss	p	sw	p
2006	p	w	bs	p	p	bs	bs	sw	s	p	w	s	p
2007	sw	w	p	s	w	w	p	s	bw	p	p	bs	w
2008	sw	p	w	p	s	bs	w	w	p	s	s	w	p
2009	p	w	bw	ss	w	bw	bw	w	bs	sw	bw	bw	bw

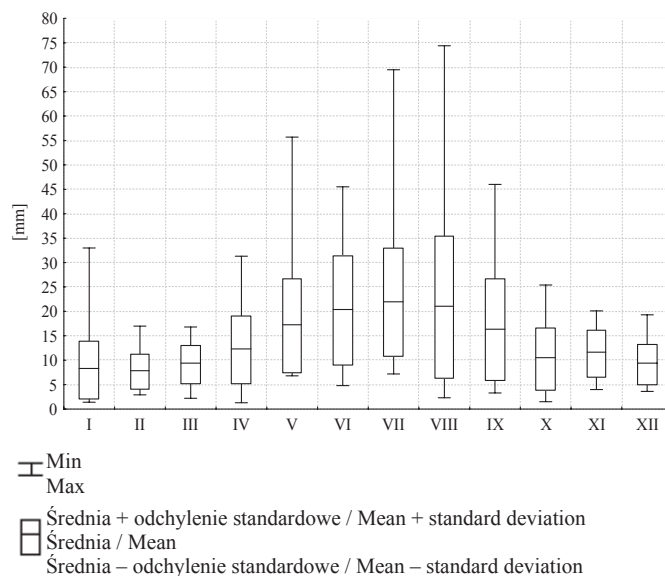
Legenda-Legend:

ss – skrajnie suchy / excessively dry, bs – bardzo suchy / very dry, s – suchy / dry, p – przeciętny / average, w – wilgotny / wet, bw – bardzo wilgotny / very wet, sw – szczególnie wilgotny / excessively wet; **sw** – miesiące, w których wystąpiły największe w 30-leciu dobowe sumy opadów.

za sobą wzrost zgromadzonej w atmosferze energii i dynamiki zachodzących w niej zjawisk. Skutkiem rozładowywania zgromadzonej w ten sposób energii jest zwiększenie intensywności zjawisk pogodowych, w tym m.in. opadów konwekcyjnych. Wpływ miasta na intensywniejsze opady jest jednak trudny do oszacowania ze względu na ich lokalny charakter i losową naturę pola opadów konwekcyjnych (Fortuniak 2003).

Charakterystyka maksimów opadowych w latach 1980–2009

Maksymalne opady dobowe w badanym okresie 1980–2009 wraz z datą ich wystąpienia przedstawiono w tabeli 3, a charakterystyki statystyczne dobowych maksimów opadowych w analizowanym okresie przedstawiono na rysunku 3. Przebieg roczny średnich maksimów dobowych jest podobny do średniego prze-



RYSUNEK 3. Charakterystyki statystyczne dobowych maksimów opadowych na stacji Ursynów SGGW w latach 1980–2009

FIGURE 3. Statistical characteristic of daily maximum of precipitation at Ursynów WULS – SGGW-station in 1980–2009

biegu rocznego opadów w wieloleciu. Największe maksima dobowe występują w półroczu ciepłym, co spowodowane jest przede wszystkim występowaniem w tym okresie opadów o charakterze burzowym, które w krótkim czasie dostarczają do powierzchni ziemi ogromnych ilości wody opadowej. Na rysunku 3 widać, jak duży jest zakres zmienności maksimów opadowych od maja do września, a szczególnie w lipcu i sierpniu. Stosunkowo duży zakres zmienności w styczniu spowodowany jest jednorazowym wystąpieniem maksimum dobowego 33 mm 22 stycznia 2008 roku (tab. 3). W miesiącach zimowych natężenie opadów atmosferycznych jest niewielkie, maksima dobowe opadów przeważnie nie przekraczają 10 mm. Najniższe w analizowanym okresie 1980–2009 mak-

simum dobowe wystąpiło 31 stycznia 1997 roku (1,4 mm), najwyższe zaś (74,4 mm) – 5 sierpnia 2006 roku.

Ważną charakterystyką jest prawdopodobieństwo występowania wysokich opadów dobowych (w niniejszej pracy przyjęto $\geq 10,1$ mm). W badanym 30-leciu spośród 360 maksimów dobowych 197 zaklasyfikowano jako opady wysokie. Najczęściej występowały maksima dobowe z przedziału 10,1–20,0 mm (131 przypadków). W 44 przypadkach (22,3%) zanotowano maksima w przedziale 20,1–30,0 mm, w 14 przypadkach (7,1%) w przedziale 30,1–40,0 mm. Prawdopodobieństwo występowania maksimów dobowych > 40 mm jest niewielkie. Opady dobowe $> 60,1$ mm stanowią tylko 1% wszystkich badanych przypadków (rys. 4).

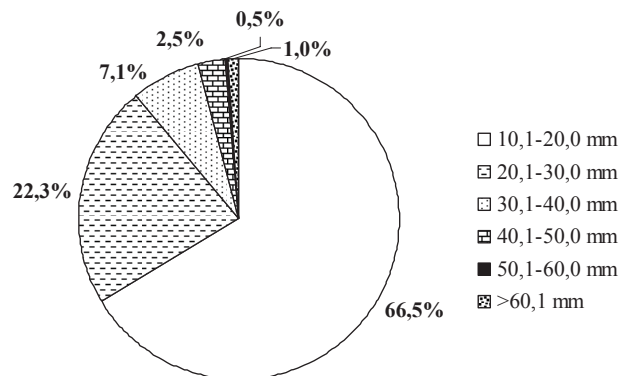
TABELA 3. Maksymalne opady dobowe na stacji Ursynów SGGW w latach 1980–2009 [mm]
 TABLE 3. Maximum daily precipitation at Ursynow WULS – SGGW station in 1980–2009 [mm]

Rok / Data Year / Date	Miesiące / Months											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1980	3,5	4,5	7,0	20,1	19,0	21,6	19,4	6,2	13,5	25,4	7,6	11,0
	25.01	4.02	28.03	28.04	31.05	18.06	6.07	21.08	26.09	14.10	15.11	11.12
1981	16,5	2,9	16,5	8,4	11,8	43,3	24,8	25,4	23,6	15,4	12,0	12,0
	3.01	7.02	11.03	30.04	5.05	21.06	14.07	16.08	14.09	31.10	2.11	8.12
1982	8,4	3,2	3,2	15,0	12,8	35,8	16,0	20,0	12,6	7,6	18,0	9,2
	3.01	8.02	4.03	21.04	22.05	27.06	4.07	20.08	23.09	12.10	14.11	8.12
1983	11,0	15,0	11,0	14,5	15,8	23,0	7,2	17,6	3,3	7,3	4,7	8,5
	4.01	12	6.03	7.04	2.05	27.06	21.07	7.08	25.09	6.10	28.11	27.12
1984	9,7	4,2	16,8	1,3	16,0	10,2	30,6	16,3	21,2	3,7	16,2	3,6
	25.01	4.02	31.03	12.04	23.05	6.06	12.07	13.08	7.09	3.10	23.11	10.12
1985	3,4	9,2	11,0	7,8	13,2	16,2	14,7	9,5	15,2	8,2	4,0	17,4
	2.01	1.02	3.03	23.04	30.05	6.06	21.07	17.08	25.09	14.10	10.11	15.12
1986	4,6	4,0	5,7	7,6	19,2	11,2	14,2	34,5	11,6	6,6	8,5	8,0
	24.01	17.02	23.03	18.04	28.05	5.06	24.07	8.08	10.09	20.10	24.11	11.12
1987	4,0	4,5	5,6	8,2	25,5	30,6	18,0	7,6	7,0	10,3	13,8	8,5
	5.12.01	21.02	31.03	25.04	18.05	14.06	11.07	11.08	20.09	13.10	27.11	22.12
1988	7,0	4,2	9,6	3,0	10,9	31,6	9,5	31,7	8,8	2,7	5,0	8,5
	31.01	23.02	26.03	13.04	21.05	9.06	19.07	30.08	16.09	7.10	18.11	11.12
1989	5,4	4,0	5,4	23,5	7,5	25,0	16,9	28,9	9,0	6,7	7,5	8,5
	10.01	15. 19.02	31.03	17.04	10.05	7.06	19.07	28.08	15.09	9.10	4.11	14.12
1990	3,6	5,7	11,0	10,0	7,0	15,6	16,5	13,3	21,4	5,2	9,0	4,0

	28.01	11.02	6.03	27.04	14.05	30.06	4.07	12.08	2.09	29.10	24.11	12.12
1991	5,8	5,8	6,4	8,8	14,5	45,5	23,9	14,0	25,0	4,0	17,0	10,0
	4.01	13.02	22.03	19.04	23.05	17.06	25.07	17.08	30.09	27.10	20.11	19.12
1992	4,4	5,6	7,0	11,5	6,8	17,5	11,8	8,7	45,4	11,6	7,7	5,0
	16.01	14.02	3.03	5.04	28.05	10.06	14.07	26.08	6.09	18.10	24.11	6.12
1993	8,0	8,3	14,5	9,0	8,4	6,4	19,5	10,6	6,0	5,6	4,0	8,8
	24.01	21.02	28.03	18.04	22.05	29.06	20.07	10.08	12.09	24.10	6.11	31.12
1994	6,7	3,6	13,0	24,0	23,6	4,8	18,2	21,0	18,0	9,8	12,0	16,5
	23.01	8.02	1.03	2.04	23.05	5.06	8.07	9.08	20.09	25.10	18	12.12
1995	5,2	8,5	5,7	11,0	12,5	22,0	14,5	37,3	46,0	4,4	6,5	8,7
	12.01	20.02	3.03	8.04	9.05	29.06	16.07	28.08	3.09	20.10	3.11	22.12
1996	3,4	8,6	2,2	4,6	26,8	18,8	30,2	13,1	28,0	17,5	12,6	5,5
	2.01	21.02	15.03	12.04	15.05	23.06	30.07	16.08	28.09	19.10	20.11	15.12
1997	1,4	7,3	12,4	12,3	9,1	18,5	69,5	12,2	10,5	11,8	18,8	16,2
	31.01	19.02	16.03	11.04	20.05	15.06	28.07	6.08	11.09	5.10	15.11	11.12
1998	4,7	11,9	6,7	11,1	24,3	35,4	28,5	11,5	8,8	8,9	18,6	8,3
	9.01	12.02	4.03	19.04	5.05	15.06	24.07	15.08	29.09	29.10	2.11	14.12
1999	6,5	5,1	8,2	31,3	14,8	36,0	12,8	20,5	5,5	13,3	13,7	6,3
	9.01	25.02	10.03	20.04	9.05	23.06	15.07	22.08	27.09	5.10	24.11	26.12
2000	10,0	12,5	5,8	12,3	22,2	11,7	26,7	21,6	17,9	1,5	20,1	5,6
	31.01	5.02	15.03	6.04	19.05	1.06	26.07	22.08	2.09	27.10	5.11	15.12
2001	6,4	7,5	15,7	8,4	13,5	17,6	28,4	9,6	23,6	10,5	6,8	8,4
	8.01	6.02	20.03	23.04	16.05	25.06	18.07	8.08	28.09	30.10	28.11	24.12
2002	7,7	17,0	8,1	10,4	55,7	15,5	16,4	39,5	10,2	12,9	13,1	9,6
	28.01	12.02	20.03	21.04	28.05	8.06	4.07	6.08	28.09	28.10	12.11	1.12

cd. tabeli 3 / Table 3, cont.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
2003	5,7 30.01	7,8 6.02	6,4 12.03	14,7 11.04	19,9 14.05	9,0 27.06	24,4 29.07	24,8 1.08	21,2 30.09	23,8 6.10	9,7 19.11	11,7 15.12
2004	7,0 2.01	11,6 5.02	13,7 24.03	28,5 8.04	10,5 3.05	8,1 24.06	23,4 20.07	13,0 3.08	5,1 15.09	24,8 17.10	11,5 19.11	3,9 24.12
2005	11,8 4.01	12,0 13.02	12,1 18.03	10,0 10.04	23,5 5.05	11,4 5.06	19,7 29.07	2,3 13.08	13,3 17.09	3,6 24.10	7,2 28.11	19,3 7.12
2006	9,5 3.01	6,0 21.02	4,5 29.03	11,8 11.04	12,8 1.05	6,4 28.06	20,9 13.07	74,4 5.08	16,4 20.09	7,2 2.10	17,0 5.11	5,3 13.12
2007	16,8 28.01	9,3 8.02	8,1 21.03	7,3 8.04	28,0 15.05	17,0 9.06	18,5 22.07	15,2 10.08	21,8 5.09	10,6 19.10	10,6 7.11	3,7 1.12
2008	33,0 22.01	7,4 7.02	7,6 2.03	9,9 20.04	8,3 19.05	9,5 28.06	27,0 14.07	44,6 16.08	11,1 8.09	7,7 17.10	9,6 20.11	10,2 20.12
2009	7,8 22.01	9,5 14.02	11,8 23.03	7,2 18.04	16,4 23.05	28,4 26.06	32,5 17.07	22,4 27.08	6,0 4.09	18,6 14.10	17,3 12.11	11,8 7.12
Najniższe maksima opadowe The lowest precipitation	1,4	2,9	2,2	1,3	6,8	4,8	7,2	2,3	3,3	1,5	4,0	3,6
Najwyższe maksima opadowe The highest precipitation	33,0	17,0	16,8	31,3	55,7	45,5	69,5	74,4	46,0	25,4	20,1	19,3



RYSUNEK 4. Prawdopodobieństwo występowania wysokich maksimumów dobowych w 10-milimetro-
wych przedziałach wielkości na stacji Ursynów SGGW w latach 1980–2009

FIGURE 4. Probability of high daily maximum in 10 mm ranges at Ursynów WULS – SGGW station
in the period 1980–2009

W celu dokładnego zbadania rozkładu częstości występowania maksimumów dobowych w poszczególnych miesiącach roku podzielono je na 10-milimetrowe przedziały wielkości. Wyniki przedstawiono w tabeli 4. Maksima opadowe (< 10 mm) najczęściej występowały w miesiącach zimowych – stanowiły średnio 78% wszystkich przypadków, nieco rzadziej w przejściowych porach roku – 37%, a najrzadziej w lipcu – 7% przypadków. Maksima dobowe, zaklasyfikowane do przedziału 10,1–20,0 mm, występowały prawie równomiernie w ciągu całego roku. Średnia częstość ich występowania w cieplej porze roku (IV–IX) wynosiła 43%, a w chłodnej porze roku – 31%. Natomiast maksima dobowe przekraczające wysokość 20 mm nie występowały w miesiącach zimowych (I, II, XII), poza jednym przypadkiem – w styczniu 2008 roku. Wysokie maksima dobowe, przekraczające 30 mm, pojawiały się w miesiącach od kwietnia do września, a ich średnia częstość występowania w danym miesiącu wynosiła 15%. Maksima większe od 50 mm wystąpiły

w badanym 30-leciu incydentalnie i spowodowane były opadem o charakterze nawalnym. Takie opady w mieście powodują niekiedy duże straty materialne, na przykład opady w dniu 17.07.2009 roku. Wystarczyło kilkanaście minut intensywnych opadów deszczu, aby sparaliżować południowo-zachodnią część stolicy (tab. 5). Najbardziej ucierpiały południowe dzielnice Warszawy: Ursynów, Wilanów, Mokotów, Włochy i Bielany. Gwałtowna burza, która przeszła w tym dniu nad Warszawą, unieruchomiła metro. Zalane zostały stacje metra Wilanowska i Służew, tunele, parkingi podziemne i piwnice. Przeciążenie systemów kanalizacyjnych spowodowało, że wiele ulic zamieniło się w jeziora (rys. 5).

Następnym etapem pracy było określenie, jaki wpływ mają maksima dobowe opadów na charakterystykę opadową miesięcy. Obliczono udziały procentowe maksymalnych opadów dobowych w sumach miesięcznych. Wyniki przedstawiono na rysunku 6. Udział maksimumów dobowych w miesięcznych sumach

TABELA 4. Częstość występowania maksimów dobowych opadów w 10-milimetrowych przedziałach wielkości na stacji Ursynów SGGW w latach 1980–2009 [%]

TABLE 4. Frequency of daily maximum precipitation in 10 mm intervals at Ursynów WULS – SGGW station in 1980–2009 [%]

Przedziały wielkości maksimów Intervals [mm]	Miesiąc / Month											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Poniżej 10,0	83,3	80,0	60,0	20,0	20,0	20,0	6,7	20,0	30,0	56,7	46,7	70,0
10,1–20,0	13,3	20,0	40,0	40,0	53,3	40,0	50,0	36,7	36,7	33,3	50,0	30,0
20,1–30,0	0,0	0,0	0,0	16,7	23,3	16,7	30,0	23,3	26,7	10,0	3,3	0,0
30,1–40,0	3,3	0,0	0,0	16,7	0,0	16,7	10,0	13,3	0,0	0,0	0,0	0,0
40,1–50,0	0,0	0,0	0,0	6,7	0,0	6,7	0,0	3,3	6,7	0,0	0,0	0,0
50,1–60,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Powyżej 60,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,3	3,3	0,0	0,0	0,0	0,0

TABELA 5. Przebieg opadu w 10-minutowych przedziałach w dniu 17.07.2009 roku na stacji Ursynów SGGW

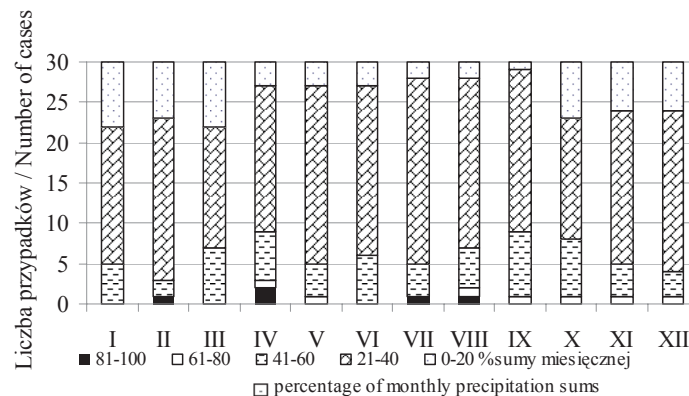
TABLE 5. Precipitation at Ursynów WULS – SGGW station (10-minute gauging intervals) on 17.07.2009

17.07.2009 rok, godzina	13:10	13:20	13:30	13:40	13:50	Σ
Suma opadu [mm] Precipitation sums [mm]	6,1	8,5	6,9	9,3	1,5	32,3



RYSUNEK 5. Ulica Śródziennomska (dzielnica Mokotów) po intensywnych opadach deszczu, 17.07.2009 rok (fot. G. Majewski)

FIGURE 5. Śródziennomska Street (Mokotów district) after intensive rainfall on 17.07.2009



RYSUNEK 6. Liczba przypadków maksimów dobowych o określonych udziałach w sumach opadów miesięcznych na stacji Ursynów SGGW w latach 1980–2009

FIGURE 6. Number of daily maximum precipitation cases, having particular share in monthly precipitation sums at Ursynów WULS – SGGW station in 1980–2009

opadów w badanym 30-leciu waha się od 11,8 do 91,4%. Te udziały procentowe podzielono na 5 kategorii – co 20%. Na podstawie 360 analizowanych maksimów można stwierdzić, że w ciągu roku najczęściej maksima dobowe mają 21–40% udziału w sumach opadów miesięcznych. Tak jest w 64% analizowanych przypadkach. W tym przedziale mieszczą się również ekstremalne przypadki zanotowane w badanym 30-leciu. Po porównaniu otrzymanych wyników z tabelą 2 okazało się, że większość miesięcy, w których maksimum dobowe opadu miało udział w sumie miesięcznej większy od 41%, było zaklasyfikowanych (według kryterium Kaczorowskiej) do przeciętnych. W ciągu roku wyraźnie zmienia się liczba maksimów, których udział w sumach miesięcznych jest $\leq 20\%$ – najczęściej takich przypadków występuje w półroczu chłodnym. We wszystkich miesiącach pojawiają się maksima dobowe, stanowiące 41–60% sum miesięcznych – najczęściej takich opadów wystąpiło we wrześniu. W badanym okresie maksima dobowe o udziale

81–100% w sumie miesięcznej wystąpiły zaledwie 5 razy – w lutym, kwietniu (2 razy), lipcu i sierpniu.

Dopełnieniem charakterystyki maksimów opadowych w latach 1980–2009 jest analiza liczby dni charakterystycznych przedstawiona w tabeli 6. W badanym okresie liczba dni z opadem wynosiła od 99 (w 1982 roku) do 204 (2009 roku). W ciągu roku najwięcej dni z opadem występuje w półroczu chłodnym, maksimum roczne przypada na grudzień – średnio 14,4 dnia z takim opadem. Najmniej dni z opadem $\geq 0,1$ mm występuje w kwietniu i sierpniu – odpowiednio 10,5 i 10,7. Opady atmosferyczne $\geq 1,0$ mm występują od 70 dni (w 1982 roku) do 122 dni (w 2007 roku), średnio w wieloleciu jest to 97 dni. Maksimum liczby dni z takim opadem przypada na czerwiec i lipiec – średnio po 9 dni w miesiącu. Najmniej dni z opadem $\geq 1,0$ mm występuje w styczniu, lutym i kwietniu – średnio 7 dni w miesiącu. Opady atmosferyczne ≥ 10 mm pojawiają się w ciągu roku stosunkowo rzadko. W analizowanym okresie 1980–2009

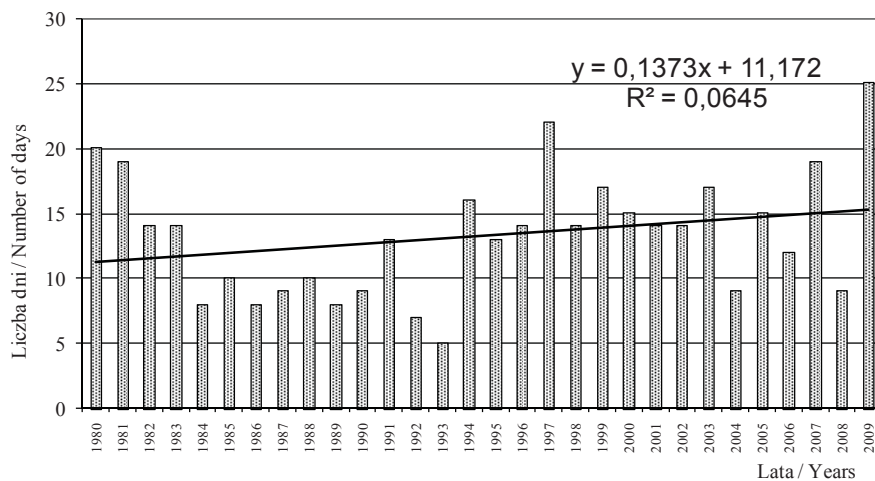
TABELA 6. Liczba dni z opadem atmosferycznym $\geq 0,1$ mm, $\geq 1,0$ mm, ≥ 10 mm na stacji Ursynów SGGW w latach 1980–2009
 TABLE 6. Number of days with the precipitation $\geq 0,1$ mm, $\geq 1,0$ mm, ≥ 10 mm at Ursynów WULS – SGGW station in 1980–2009

Rok/Year	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994
Liczba dni $\geq 0,1$ Number of days ≥ 0.1	143	167	99	148	132	152	129	147	142	153	145	125	123	130	144
Liczba dni ≥ 1 Number of days ≥ 1	101	114	70	97	75	100	95	96	94	96	90	83	91	102	117
Liczba dni ≥ 10 Number of days ≥ 10	20	19	14	14	8	10	8	9	10	8	9	13	7	5	16
Rok/Year	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Liczba dni $\geq 0,1$ Number of days ≥ 0.1	138	142	168	168	134	145	167	140	142	168	140	155	183	174	204
Liczba dni ≥ 1 Number of days ≥ 1	98	86	101	108	90	96	102	92	93	112	91	98	122	103	115
Liczba dni ≥ 10 Number of days ≥ 10	13	14	22	14	17	15	14	14	17	9	15	12	19	9	25

najwięcej dni z takim opadem zanotowano w bardzo wilgotnym 2009 roku – 25 dni, a tylko 5 dni w 1993 roku. Średnio w ciągu roku opad ≥ 10 mm występuje 13 dni w roku. Liczba dni z opadem $\geq 10,0$ mm charakteryzuje się powolnym wzrostem, jednakże nie jest on istotny statystycznie (rys. 7). Zdecydowana większość opadów ≥ 10 mm przypada na półrocze ciepłe (76,3%). Maksimum roczne przypada na lipiec i czerwiec – średnio 2,3 dnia z takim opadem. Najmniej opadów $\geq 10,0$ mm występuje w styczniu i lutym – 0,3 dnia. W półroczu chłodnym w miesiącach styczniu, listopadzie i grudniu występuje więcej dni z opadem niż dni bez opadu (rys. 8). Największy stosunek liczby dni z opadem do całkowitej liczby dni w miesiącu występuje w grudniu – 59,4% a najmniej w kwietniu i sierpniu – odpowiednio 48,3 i 50%. Zauważyć można odwrotną zależność występowania dni z opadem $\geq 0,1$ mm i $\geq 10,0$ mm. Opady $\geq 0,1$ mm występują w całym roku z przewagą w półroczu chłodnym. Udział liczby dni z opadem w poszczególnych miesiącach jest jednak mało zróżnicowany i waha się od 7,1% w kwietniu i sierpniu do 9,7% w grudniu. Opady $\geq 10,0$ mm, występujące także we wszystkich miesiącach, wykazują znacznie większe zróżnicowanie. W styczniu i lutym ich udział jest minimalny i wynosi około 2%. Maksymalny udział występuje w lipcu – 19,0%.

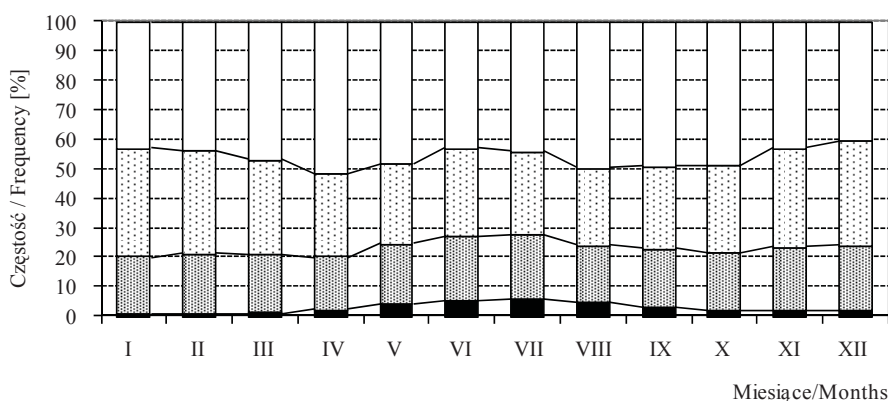
Posumowanie i wnioski

W badanym 50-leciu 1960–2009 uśredniona suma roczna opadów na stacji meteorologicznej Ursynów SGGW wynosiła 541,9 mm. Najniższe opady



RYSUNEK 7. Roczna liczba dni z opadem >10 mm wraz z trendem zmian na stacji Ursynów SGGW w latach 1980–2009

FIGURE 7. Number of days with annual precipitation ≥ 10 mm and the trend of changes at Ursynów WULS – SGGW station in 1980–2009



RYSUNEK 8. Przebieg roczny częstości dni z opadem $\geq 0,1$ mm, ≥ 1 mm, $\geq 10,0$ mm na stacji Ursynów SGGW w latach 1980–2009

FIGURE 8. The annual course of number of days with precipitation $\geq 0,1$ mm, ≥ 1 mm, $\geq 10,0$ mm frequency at Ursynów WULS – SGGW station in 1980–2009

wystąpiły w styczniu – średnia 50-letnia suma miesięczna wynosiła 26,4 mm, a najwyższe w lipcu – 75,3 mm. Opady letnie w badanym okresie stanowiły średnio około 40% sumy rocznej, opady zimowe – 16%, a opady półrocza ciepłego (IV–IX) – 63%.

Współczynnik zmienności rocznych sum opadów w latach 1960–2009 wyniósł 18%. Najbardziej suchy był 1969 rok, o sumie rocznej 350 mm, stanowiącej 64,5% średniej wieloletniej, a najbardziej wilgotny – 2009 rok, o sumie rocznej 766 mm, stanowiącej 141% sumy

wieloletniej. Największą zmiennością sum miesięcznych charakteryzował się październik, a najmniejszą – listopad.

Na przestrzeni badanych 50 lat sumy roczne opadów atmosferycznych wykazują trend rosnący – przyrost rocznych sum opadów atmosferycznych wynosi 16,9 mm na 10 lat, ale nie jest on istotny statystycznie. Był on większy od podawanego w literaturze (Zmienność opadów... 2004), obliczonego dla II połowy XX wieku. Na taki wynik miało wpływ zapewne ostatnie dziesięciolecie (2000–2009), w którym nie było ani jednego roku suchego (według klasyfikacji Kaczorowskiej), a w dziewięciu latach suma roczna opadów przekraczała średnią 50-letnią.

Maksima dobowe opadów, analizowane w latach 1980–2009, miały duży zakres zmienności – od 1,4 mm w styczniu 1997 roku do 74,4 mm w sierpniu 2006 roku. Za duże sumy dobowe opadów uznano opady >10 mm. Wśród nich 66,5% stanowiły opady należące do przedziału 10,1–20,0 mm, występujące w ciągu całego roku. Maksima > 50 mm, mogące wywoływać straty materialne w mieście, stanowiły zaledwie 1,5% wszystkich przypadków i występowały w okresie od maja do sierpnia.

Udziały maksimów dobowych w sumach miesięcznych opadów przeważnie (w 80% przypadków) nie przekraczały 40%. Dotyczyło to również tych miesięcy, w których wystąpiły największe w 30-leciu maksima dobowe. Jednak te miesiące były (według klasyfikacji Kaczorowskiej) zakwalifikowane przeważnie jako szczególnie wilgotne (8 przypadków na 12) i bardzo wilgotne (2 przypadki). Na charakterystykę opadową miesięcy ma bowiem istotny

wpływ również liczba dni z opadem wysokim.

W związku z nieregularnością pojawiania się określonej wartości maksimów dobowych w przebiegu rocznym nie występuje ścisła zależność między wielkością udziału a miesiącem, w którym opad atmosferyczny wystąpił.

Ponieważ wielkość maksimów dobowych opadów atmosferycznych oraz sum miesięcznych jest uzależniona od typów cyrkulacji atmosferycznej, jaka zalega nad badanym obszarem, należałoby przeanalizować, z jakimi typami cyrkulacji najczęściej związane jest występowanie określonej wysokości opadów dobowych.

Analiza liczby dni z opadem $\geq 10,0$ mm w ciągu badanego 30-lecia wykazała, że nastąpił znaczny przyrost liczby tych dni. Trend zmian liczby dni z opadem $\geq 10,0$ mm nie jest wprawdzie statystycznie istotny, ale nie można go ignorować w hydrologicznych rozważaniach, zwłaszcza w tych przypadkach, gdy wzrost liczby dni z opadem wiąże się ze znacznymi zmianami w charakterze opadu.

Literatura

- BANASZKIEWICZ B., GRABOWSKA K., SZWEJKOWSKI Z. 2004: Charakterystyka opadów atmosferycznych na terenie województwa warmińsko-mazurskiego w latach 2000–2002. *Acta Agrophysica* 3(1): 5–11.
- BEBŁOT G., HOŁDA I., RORBEBEK K. 2008: Opady o dużej wydajności w Katowicach w okresie 1962–2006. Ekstrema pogodowe w Polsce. IMGW, Warszawa.
- BOGDANOWICZ E., STACHY J. 1998: Maksymalne opady deszczu w Polsce. Charakterystyki projektowe. IMGW, Warszawa.

- BORYCZKA J., STOPA-BORYCZKA M. 2004. Cykliczne wahania temperatury i opadów w Polsce w XIX–XXI wieku. *Acta Agrophysica* 3(1): 21–33.
- BORYCZKA J., STOPA-BORYCZKA M., BŁAŻEK E., SKRZYPCZUK J. 1992: Atlas współzależności parametrów meteorologicznych i geograficznych w Polsce. Zmiany wiekowe klimatu Polski. Cz. VII. Wydawnictwo UW, Warszawa.
- FORTUNIAK K. 2003: Miejska wyspa ciepła. Podstawy energetyczne, studia eksperymentalne, modele numeryczne i statystyczne. Wydawnictwo Uniwersytetu Łódzkiego, Łódź.
- GÓRSKI T. 2002: Współczesne zmiany agroklimatu Polski. *Pamiętnik Puławski* 130(1): 251–260.
- GRADOWSKI L., BANASIK K. 2007: Wpływ zbiornika Staw Berensewicza na redukcję fali wezbraniowej Potoku Służewieckiego. *Prz. Nauk. Inż. Kszt. Środ.* XVII, 2(40): 13–25.
- KACZOROWSKA Z. 1962: Opady w Polsce w przekroju wieloletnim. *Prace Geogr. IG PAN* 33.
- KIRSCHENSTEIN M. 2001: Charakterystyka częstości występowania wysokich dobowych sum opadów w zależności od typu cyrkulacji atmosferycznej na obszarze północo-zachodniej Polski. *Prace i Studia Geograficzne* 29: 253–259.
- KIRCHENSTEIN M., BARANOWSKI D. 2005: Sumy opadów atmosferycznych w Polsce w latach 1951–1995. Badania fizjograficzne nad Polską Zachodnią. Seria A – *Geografia Fizyczna* 56: 55–72.
- KOZŁOWSKA-SZCZĘSNA T., BŁAŻEJCZYK K., KRAWCZYK B. 1996: Atlas Warszawy 4, Środowisko fizycznogeograficzne – niektóre zagadnienia, IGiPZ PAN, Warszawa.
- KOŻUCHOWSKI K. 1985: Zmienność opadów atmosferycznych w Polsce w stuleciu 1881–1980. *Acta Univ. Lodz. Folia Geogr.* 48.
- LORENC H. 1991: Wpływ urbanizacji Warszawy na zmienność opadów atmosferycznych. *Wiad. IMGW XIV*, 1–4: 109–126.
- LORENC H., MAZUR A. 2003: Współczesne problemy klimatu Warszawy. IMGW, Warszawa.
- ŁYKOWSKI B. 2001: Wpływ osiedli Ursynów – Natolin na opady atmosferyczne. *Prz. Nauk. Inż. Kszt. Środ.* 21: 99–104.
- ŁYKOWSKI B. 2002: Wpływ urbanizacji na opady atmosferyczne w południowej części Warszawy. *Prz. Nauk. Inż. Kszt. Środ.* XI, 2(25): 187–192.
- ŁYKOWSKI B., DEMIDOWICZ G. 2002: Naturalne zmiany klimatyczne w Polsce. *Prz. Nauk. Inż. Kszt. Środ.* XI, 2(32): 120–125.
- ŁYKOWSKI B., GOŁASZEWSKI D., ROZBICKI T. 2005: Wpływ rozbudowy miasteczka akademickiego SGGW w Ursynowie na wysokość opadu atmosferycznego. *Prz. Nauk. Inż. Kszt. Środ.* XI, 2(32): 120–125.
- NIEDZWIEDŹ T., TWARDOSZ R. 2004: Long-term precipitation variability for selected stations in Central Europe. *Geographia Polonica* 11: 73–100.
- OLECHNOWICZ-BOBROWSKA B. 1970: Częstość dni z opadem w Polsce. *Prace Geogr. IG PAN* 86.
- OLECHNOWICZ-BOBROWSKA B., SKOWERA B., WOJKOWSKI J., ZIERNICKA-WOJTASZEK A. 2005: Warunki opadowe na stacji agrometeorologicznej w Garlicy Murawanej. *Acta Agrophysica* 6(2): 455–463.
- USCKA-KOWALKOWSKA J., KLEJNA M. 2009: Zmienność warunków termiczno-opadowych w Koniczynie (Pojezierze Chełmińskie) w okresie 1994–2007. *Acta Agrophysica* 14(1): 203–219.
- PLENZLER W., FARAT R. 1981: Prawdopodobieństwo wystąpienia wysokich wartości opadów dobowych na terenie zlewni górnej Noteci. *Wiad. IMGW* 3–4: 41–53.
- SIEDLECKI M., PAWŁAK W. 2004: Sumy miesięczne opadów atmosferycznych w Łodzi w latach 1903–2003. *Acta Geographica Lodziensia*. 100-lat obserwacji meteorologicznych w Łodzi. 89: 73–86.
- WIBIG J. 1998: Precipitation in the Łódź in the period 1931–1995. *Acta Univ. Lodz., Folia Geogr. Phys.* 3: 433–442.
- WISZNIEWSKI W. 1953: Atlas opadów atmosferycznych w Polsce. Wydaw. Komunikacyjne, Warszawa.
- Zmienność opadów atmosferycznych w Polsce w XX i XXI wieku 2004. Red. K. Kożuchowski. W: Skala, uwarunkowania i perspektywy współczesnych zmian klimatycznych w Polsce. Biblioteka, Łódź: 47–58.

- ŻMUDZKA E. 2002: O zmienności opadów atmosferycznych na obszarze Polski nizinnej w drugiej połowie XX wieku. *Wiad. IMGW*, XXV (XLVI), 4: 23–38.
- ŻMUDZKA E. 2004: The climatic background of agriculture production in Poland (1951–2000). *Miscellanea Geographica* 11: 127–137.
- ŻMUDZKA E. 2009: Współczesne zmiany klimatu Polski. *Acta Agrophysica* 13 (2): 555–568.
- analysed. The coefficient of the variability of yearly precipitation sums was calculated and the linear trend of yearly precipitation sums was examined. The method of Kaczorowska (1962) was applied to classify months and years in respect of precipitation quantity. A detailed analysis was performed also on daily maximum precipitation sums for years 1980–2009. The probability of maximum daily precipitation occurrence was calculated for various intervals of the precipitation and for different seasons of the year.

Summary

Precipitation at the meteorological station in Ursynów WULS – SGGW in 1960–2009. In this paper, monthly precipitation sums, measured at Ursynów WULS – SGGW station in the period 1960–2009 were

Authors' address:

Grzegorz Majewski, Wiesława Przewoźniczuk,
Małgorzata Kleniewska
Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego
Zakład Meteorologii i Klimatologii
ul. Nowoursynowska 159, 02-776 Warszawa
Poland
e-mail: grzegorz_majewski@sggw.pl