

Urszula Kossowska-Cezak, Jolanta Wawer

Uniwersytet Warszawski, Wydział Geografii i Studiów Regionalnych,

Zakład Klimatologii

e-mail: jgwawer@uw.edu.pl

SKRAJNOŚCI TERMICZNE W KLIMACIE WARSZAWY (1947-2013)

Thermal extremalities of the climate in Warsaw (1947-2013)

Słowa kluczowe: temperatura średnia dobowa, temperatura maksymalna, temperatura minimalna, wartości skrajne, dni upalne, dni bardzo mroźne, fale upałów, fale silnych mrozów

Key words: average daily temperature, maximum temperature, minimum temperature, extreme values, hot days, very cold days, heat waves, very cold waves

Sorry, taki mamy klimat...

Min. Elżbieta Bienkowska

WSTĘP

Temperatura powietrza w Warszawie była przedmiotem bardzo licznych opracowań, co wynika nie tylko z rangi miasta w skali Polski, ale przynajmniej w równym stopniu także z faktu, że tu były dokonywane jedne z pierwszych pomiarów temperatury na ziemiach polskich (1655 – sieć florentyńska, 1725-1728 – Guettard; Rojecki, 1968; Lipska, 1986). Ciągła seria takich pomiarów została jednak rozpoczęta znacznie później – jesienią 1825 roku przy Obserwatorium Astronomicznym Uniwersytetu Warszawskiego w Alejach Ujazdowskich; została ona zamknięta w końcu XX wieku ze względu na drastyczną zmianę warunków otoczenia. Przed uruchomieniem stacji meteorologicznej przy Obserwatorium były jednak też wykonywane pomiary temperatury powietrza w Warszawie przez księdza Jowina Bończę-Bystrzyckiego (1779-1799) i Antoniego Magiera (1803-1828). Czytelników zainteresowanych historią obserwacji meteorologicznych w Warszawie odsyłamy do prac całkowicie poświęconych temu tematowi – przede wszystkim do artykułów W. Gorczyńskiego (1913), A. Rojeckiego (1968) i A. Lipskiej (1986). Tutaj zaś tylko chcemy zwrócić uwagę, że podjęty tu temat stanowi nawiązanie do wielu wcześniejszych prac, których wykonanie było możliwe dzięki istnieniu długiej serii pomiarów temperatury. Oczywiście wspomniane serie nie były jed-

norodne, ale trud opracowania jednorodnej serii wartości średnich miesięcznych temperatury z lat 1779-1998 podjęła H. Lorenc (2000), dając tym niezwykle cenny materiał do poznania warunków termicznych w Warszawie. Nieco później H. Lorenc (2007) opublikowała ponad 100-letnią serię średniej miesięcznej i absolutnej temperatury maksymalnej i minimalnej.

Jak wspomniano, temperatura powietrza w Warszawie była tematem wielu opracowań, poczynając od takich pozycji, jak *Klimatologia ziem polskich* R. Merckiego (1914) i *O temperaturze powietrza w Polsce* W. Gorczyńskiego i S. Kosińskiej (1916). Zestawienie spisu literatury na ten temat mogłoby być tematem osobnego opracowania, w którym znalazłyby się też artykuły autorek – m.in. Kossowska-Cezak 1977, 2005; Kicińska, Wawer 2005, 2010; Wawer 1997 i innych autorów z Zakładu Klimatologii UW (np. Boryczka 1992; Stopa-Boryczka 1992) czy PAN (m.in. Błażejczyk 2002), a także z IMGW (m.in. Lorenc 2000, 2007) i innych ośrodków (np. Kożuchowski 1992). Zestawienie takie nie jest jednak celem opracowania – chodzi tu jedynie o ukazanie szerokiego zakresu prac, do którego niniejsze opracowanie nawiązuje, a jednocześnie o odpowiednie naświetlenie celu, dla którego zostało podjęte.

Celem opracowania jest bowiem ukazanie warunków termicznych w Warszawie od strony możliwych warunków ekstremalnych – wartości najwyższych i najniższych temperatury powietrza, jakie pojawiają się wyjątkowo, przedstawionych na tle warunków przeciętnych. Zagadnienie skrajności termicznych wydaje się szczególnie ważne teraz, w okresie wyraźnego ocieplenia, ale przeplatane go okresami chłodnymi.

Opracowanie dotyczy obszaru niezabudowanego, praktycznie znajdującego się poza ocieplającym wpływem zabudowy miejskiej, ponieważ jest oparte na danych pomiarowych ze stacji lotniskowej Warszawa-Okęcie (Wawer 1997; Kossowska-Cezak 2002). Wykorzystano najdłuższą możliwą serię pomiarową, tj. od czasu uruchomienia stacji po działaniach wojennych jesienią 1946 roku do końca ostatniego zakończzonego roku kalendarzowego, tj. roku 2013. Seria obejmuje zatem pełne 67 lat.

W tych latach stacja uległa tylko niewielkiemu przesunięciu w granicach lotniska. Uległy też zmianie terminy obserwacji i sposób liczenia wartości średniej dobowej temperatury. Ponieważ jednak większa część pracy dotyczy temperatury maksymalnej i minimalnej, wspomniane zmiany nie mają istotnego znaczenia. Jeśli zaś chodzi o temperaturę średnią dobową, to wyniki opracowania Lorenc i Boguckiej (1995) pozwalają przypuszczać, że będące w dyspozycji wartości codzienne mogą być użyte bez obawy otrzymania wyników prowadzących do błędnych wniosków.

Dane wykorzystane w opracowaniu w ogromnej większości (95%) pochodzą z materiałów archiwalnych PIHM i IMGW oraz z kilku ostatnich lat z bazy danych ze strony internetowej *European Climate Assessment and Dataset* (ECA&D).

W opracowaniu rozpatrzono wartości średnie miesięczne wieloletnie i skrajne (tj. najwyższe i najniższe) oraz wartości codzienne temperatury średniej dobowej,

maksymalnej i minimalnej, liczbę dni najcieplejszych, tj. z temperaturą maksymalną powyżej 30,0°C ($t_{max} > 30,0^\circ\text{C}$) i z minimalną powyżej 20,0°C ($t_{min} > 20,0^\circ\text{C}$), oraz dni najchłodniejszych, tj. z temperaturą maksymalną poniżej -10,0°C ($t_{max} < -10,0^\circ\text{C}$) i minimalną poniżej -20,0°C ($t_{min} < -20,0^\circ\text{C}$), a także fale upałów i silnych mrozów.

WARTOŚCI ŚREDNIE MIESIĘCZNE

Średnie wieloletnie (1947-2013) wartości miesięczne temperatury powietrza (\bar{t}_{sr}) w Warszawie na Okęciu wahały się od -2,7°C w styczniu do 18,6°C w lipcu (tab. 1). W miesiącach od maja do października były to wartości podobne jak w serii 220-letniej 1779-1998 (Lorenc, 2000) – różnice wyniosły $\pm 0,2^\circ\text{C}$, a od listopada do kwietnia były niższe o 0,4-1,1°C. Temperatura średnia roczna wyniosła 8,1°C i była wyższa niż w serii historycznej o 0,4°C. Średnia amplituda roczna temperatury wyniosła 21,3°C.

Najwyższa miesięczna \bar{t}_{sr} w 67-leciu (tab. 1) zmieniała się od 3,7°C w styczniu (2007) do 23,5°C w lipcu (2006). W 9 miesiącach spośród 12 była niższa od odpowiednich wartości w serii historycznej. Szczególnie duża różnica na niekorzyść 67-lecia, ponad 2°C, wystąpiła w czerwcu i sierpniu; obydwie te niezwykle ciepłe miesiące były na początku XIX wieku. Tylko styczeń, lipiec i grudzień w latach 1947-2013 zdarzyły się cieplejsze (o 0,7-0,8°C) niż w latach 1779-1998 i wszystkie te miesiące były już w XXI wieku. Najwyższa \bar{t}_{sr} w 9 miesiącach spośród 12 wystąpiła w ostatnim okresie 67-lecia, poczynając od roku 1990.

Gdyby wszystkie najcieplejsze miesiące wystąpiły w tym samym roku, temperatura średnia roczna wyniosłaby 12,4°, a warunki termiczne w Warszawie byłyby wówczas takie jak w klimacie śródziemnomorskim, np. w Wenecji albo Jałcie. Według przyjętych w Polsce kryteriów (Merecki, 1914) nie byłoby w tym roku zimy termicznej, lato trwałoby 5 miesięcy, a amplituda roczna temperatury wyniosłaby 19,8°C.

Najniższa \bar{t}_{sr} miesięczna w 67-leciu (tab. 1) mieściła się w zakresie od -12,4°C w styczniu (1963) do 15,2°C w sierpniu (1987) i wartości we wszystkich 12 miesiącach były wyższe niż w serii 220-letniej. Szczególnie duża różnica zaznaczyła się w grudniu (6,3°C) oraz w marcu i październiku (3,9 i 3,6°C). Te najzimniejsze miesiące w 220-leciu wystąpiły nie później niż w połowie XIX wieku. W 67-leciu najchłodniejsze miesiące przypadały w większości na lata 1950. i 1960., a tylko jeden miesiąc – najchłodniejszy październik – był w XXI wieku.

Gdyby wszystkie najchłodniejsze miesiące przypadły na ten sam rok, temperatura średnia roczna wyniosłaby 3,0°C, a amplituda roczna osiągnęłaby 27,6°C. Według „polskich” kryteriów (Merecki, 1914) zima termiczna trwałaby ponad 5 miesięcy, a lato termiczne zaledwie około jednego miesiąca. Warunki takie byłyby podobne do tych, jakie panują w północnej Szwecji (np. Haparanda) czy północno-zachodniej Rosji (np. Pietrozawodsk), tzn. na Okęciu byłoby wówczas niewiele

Tabela 1. Charakterystyki średnie i skrajne temperatury średniej dobowej
Table 1. Average and extreme characteristics of daily mean air temperature
 (Warszawa-Okęcie, 1947-2013)

Charakterystyki Characteristics	Rok												
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Najwyższa t_{sr} The highest t_{on}	11,3 10'07	11,4 26'89	15,1 26'10	21,9 30'12	25,4 29'05	26,8 22'00	29,1 29'13	28,6 8'13	22,6 7'51	20,1 3'01	13,5 5'10	12,7 5'61	29,1 29 VII'13
Najwyższa \bar{t}_{sr} The highest \bar{t}_{on}	3,7 2007	4,7 1990	7,2 2007	12,4 2000	17,5 2002	20,0 1964	23,5 2006	21,5 1992	16,4 1967	11,6 2000	6,3 1963	3,9 2006	23,5 VII'06
Średnia wieloletnia \bar{t}_{sr} Multianual average \bar{t}_{on}	-2,7	-2,0	1,9	8,2	13,7	17,0	18,6	17,9	13,4	8,2	3,3	-0,6	8,1
Najniższa \bar{t}_{sr} The lowest \bar{t}_{on}	-12,4 1963	-12,2 1956	-3,0 1952	4,5 1958	9,9 1980	14,4 1984	15,0 1979	15,2 1987	10,4 1996	5,4 2003	-2,7 1993	-8,5 1969	-12,4 I'63
Najniższa t_{sr} The lowest t_{on}	-24,6 31'56 14'87	-24,0 1'56 8'56	-14,3 4'71	-2,5 8'03	1,8 2'70	6,6 6'58	10,6 6'64	9,6 19'49	4,1 28'77	-5,5 31'56	-13,6 22'98	-21,3 21'69	-24,6 31'56 14'87

cieplej niż w Archangielsku.

Zakres wahań \bar{t}_{sr} miesięcznej był największy w lutym i styczniu – odpowiednio 16,9 i 16,1°C, a najmniejszy w czerwcu i wrześniu – 5,4 i 5,8°C. W 67-leciu \bar{t}_{sr} miesięczna w Warszawie wahała się od -12,4°C do 23,5°C, tzn. w zakresie 35,9°C.

Średnia wieloletnia (1947-2013) miesięczna temperatura maksymalna (\bar{t}_{sr} , tab. 2) wyniosła od 0,0°C w styczniu do 24,0°C w lipcu; średnia roczna 12,4°C. Najwyższa miesięczna \bar{t}_{max} osiągnęła wartości od 6,4°C w styczniu (2007) do 30,0°C w lipcu (2006). Spośród 12 najwyższych wartości \bar{t}_{max} aż 10 wystąpiło nie wcześniej niż w roku 1990, a 8 – poczynając od roku 2000. W 9 miesiącach najwyższa \bar{t}_{max} była w tym samym roku co \bar{t}_{sr} (w tab. 2 miesiące te oznaczono gwiazdkami).

Najniższa w 67-leciu średnia miesięczna \bar{t}_{max} wyniosła od -8,6°C w styczniu (1963) do 20,3°C w sierpniu (1956 i 1987). Spośród 12 najniższych wartości średnich miesięcznych 7 wystąpiło w latach 1950. i 1960. i tylko jedna w XXI wieku (październik 2003). Podobnie jak najwyższa średnia miesięczna \bar{t}_{max} jak i najniższa w większości przypadków wystąpiła w tym samym roku co najniższa \bar{t}_{sr} (w tab. 2 miesiące oznaczone gwiazdkami).

Zakres zmienności średniej miesięcznej \bar{t}_{max} , podobnie jak \bar{t}_{sr} , był największy w lutym (17,0°C), a najmniejszy w czerwcu (6,9°C) i z wyjątkiem stycznia i grudnia był większy niż w przypadku \bar{t}_{sr} . Zakres zmienności \bar{t}_{max} w 67-leciu wyniósł 38,6°C.

Średnia wieloletnia (1947-2013) miesięczna temperatura minimalna (\bar{t}_{min} , tab. 3) wyniosła od 5,4°C w styczniu do 13,3°C w lipcu; średnia roczna 4,0°C. Najwyższa w wieloleciu \bar{t}_{min} osiągnęła wartości od 1,2°C w styczniu (2007) do 16,9°C w lipcu (2010). Najwyższe wartości w 8 miesiącach spośród 12 wystąpiły w latach 2000-2013. W 7 miesiącach były one w tych samych latach co najwyższa \bar{t}_{sr} (w tab. 3 wartości oznaczone gwiazdką), w tym w 5 miesiącach również najwyższa \bar{t}_{max} . Wszystkie te przypadki wystąpiły w ostatnich kilkunastu latach: styczeń i marzec 2007, kwiecień 2000, maj 2002 i grudzień 2006.

Najniższa średnia miesięczna \bar{t}_{min} wyniosła od -17,4°C w lutym (1956) do 10,8°C w lipcu (1979). Wszystkie te najniższe wartości wystąpiły w wieku XX, w tym najwięcej (4) w latach 1970. Spośród 12 wartości tylko 6 wystąpiło wraz z najniższą \bar{t}_{sr} , w tym w 5 miesiącach również wraz z najniższą \bar{t}_{max} . Były to: styczeń 1963, luty 1956, lipiec 1979, listopad 1993 i grudzień 1969.

Zakres wahań średniej miesięcznej \bar{t}_{min} był największy w lutym i styczniu – odpowiednio 18,6 i 18,1°C, a najmniejszy w kwietniu, czerwcu i wrześniu – 5,4-5,6°C. Zakres zmienności \bar{t}_{min} tylko w miesiącach zimowych był wyraźnie większy niż \bar{t}_{sr} (od grudnia do lutego), a w pozostałych miesiącach podobny lub mniejszy. Całkowity zakres zmienności średniej miesięcznej \bar{t}_{min} wyniósł 34,5°, był więc mniejszy niż w przypadku \bar{t}_{sr} i \bar{t}_{max} .

Tabela 2. Charakterystyki średnie i skrajne temperatury maksymalnej
Table 2. Average and extreme characteristics of maximum air temperature
 (Warszawa-Okęcie, 1947-2013)

Charakterystyki Characteristics	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Rok
	t_{max} absolutna The highest t_{max}	13,8 12'93	17,2 25'90	22,9 21'74	30,5 30'50	31,6 31'79	35,1 22'00	35,9 30'94 29'13	37,0 8'13	31,4 3'53	25,9 5'66	18,9 1'01	15,4 5'61
Najwyższa T_{max} The highest T_{max}	6,4 2007*	9,1 1990*	11,7 2007*	18,4 2000*	23,3 2002*	26,0 1979	30,0 2006*	28,6 1992*	22,3 1975	17,1 2000*	9,5 2000	6,6 2006*	30,0 VII'06
Średnia wielo- letnia T_{max} Multiannual average T_{max}	0,0	1,1	6,0	13,3	19,2	22,3	24,0	23,4	18,6	12,7	6,0	1,7	12,4
Najniższa T_{max} The lowest T_{max}	-8,6 1963*	-7,9 1956*	-0,3, 1964	7,9 1958*	14,2 1965	19,1 1984*	19,8 1979*	20,3 1956 1987*	14,1 1996*	8,9 2003*	0,1 1993*	-5,5 1969*	-8,6 I'63
Najniższa t_{max} The lowest t_{max}	-20,2 14'87	-20,4 1'56	-11,7 3'87	-1,0 8'03	4,5 1'62	9,5 3'76	11,9 4'60	12,0 27'65	6,2 30'10	-2,2 31'56	-10,4 18'65	-17,5 31'78	-20,2 1 II'56

*skrajna wartość T_{max} i T_{sr} w tym samym roku

*extreme values of T_{max} and T_{sr} in the same year

Tabela 3. Charakterystyki średnie i skrajne temperatury minimalnej
Table 3. Average and extreme characteristics of minimum temperature
 (Warszawa-Okęcie, 1947-2013)

Charakterystyki Characteristics	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Rok
	t_{\min} absolutna The highest t_{\min} t (°C) data date	9,5 10'07	9,3 26'89	11,4 26'10	13,3 22'50	18,6 29'07	20,1 12'10	22,1 29'13	21,4 9'13	18,2 11'05	15,6 4'11	11,7 4'69	10,0 12'94
Najwyższa T_{\min} The highest T_{\min} t (°C) rok year	1,2 2007*	1,2 1989	2,6 2007*	6,1 2000*	11,3 2002*	14,2 2013	16,9 2010	15,4 2010	11,6 1967*	7,3 1966	3,9 1963*	1,3 2006	16,9 VII'10
Średnia wielo- letnia T_{\min} Multi annual average T_{\min} t (°C)	-5,4	-4,9	-1,7	3,3	8,2	11,5	13,3	12,6	8,8	4,4	0,8	-3,0	4,0
Najniższa T_{\min} The lowest T_{\min} t (°C) rok year	-16,9 1963*	-17,4 1956*	-7,4 1952*	0,5 1997	4,8 1980*	8,8 1976	10,8 1979*	9,4 1976	6,1 1959	1,0 1979	-5,5 1993*	-11,9 1969*	-17,4 II'56
Najniższa t_{\min} The lowest t_{\min} t (°C) data date	-30,7 8'87	-27,6 1'70	-22,6 1'63	-7,3 22'92	-3,1 1'71	1,8 2'75	4,6 6'64	3,0 27'73	-1,6 28'77	-9,6 31'88	-17,0 29'89	-24,8 21'69	-30,7 8'87

*skrajna wartość T_{\min} i T_{sr} w tym samym roku

*extreme values of T_{\min} and T_{sr} in the same year

Ogólnie można stwierdzić, że skrajnie wysoka lub niska \bar{t}_{sr} w danym miesiącu jest bardziej powiązana z \bar{t}_{max} niż \bar{t}_{min} . Dotyczy to zwłaszcza cieplej pory roku, kiedy dzień jest dłuższy niż w zimie, a zatem na temperaturę średnią dobową (\bar{t}_{sr}) bardziej wpływają warunki termiczne panujące w ciągu dnia, związane z insolacją. Zgodność wystąpienia w tym samym miesiącu skrajnie niskiej \bar{t}_{sr} i \bar{t}_{min} natomiast częściej zdarza się zimą, kiedy to na temperaturę średnią dobową bardziej wpływają warunki termiczne panujące w nocy, związane z wypromieniowaniem ciepła z podłoża. Ponieważ na wielkość tego wypromieniowania decydujący wpływ ma wielkość zachmurzenia, bardzo zmienny element pogody, zakres zmienności temperatury minimalnej \bar{t}_{min} w zimie jest wyraźnie większy niż \bar{t}_{sr} i \bar{t}_{max} (por. tab. 1, 2 i 3).

MIESIĄCE NAJCIEPLEJSZE I NAJCHŁODNIEJSZE

Przegląd lat, w których wystąpiły najcieplejsze i najchłodniejsze poszczególne miesiące kalendarzowe w latach 1947-2013 (razem 24 wartości, tab. 1), wykazał, że większość tych pierwszych była w ostatnich latach wielolecia (poczynając od 1990), a tych drugich w latach 1950. i 1960. W celu sprawdzenia, czy taki rozkład czasowy miesięcy o skrajnych wartościach \bar{t}_{sr} nie jest przypadkowy, zestawiono po 10% (tj. po 7 przypadków) najcieplejszych i najchłodniejszych kolejnych miesięcy kalendarzowych wraz z rokiem ich wystąpienia (tab. 4 i 5). Miesiące najcieplejsze uszeregowano od najcieplejszego wraz z malejącą \bar{t}_{sr} (tab. 4), miesiące najchłodniejsze odwrotnie – od najchłodniejszego wraz z rosnącą \bar{t}_{sr} (tab. 5). Wartości z pierwszego wiersza w obu tabelach oczywiście odpowiadają stosownym wierszom w tab. 1.

Ponieważ ostatnia wartość w kolumnie tabeli niekiedy się powtarzała, tzn. taka sama \bar{t}_{sr} występowała w różnych latach, wartości najwyższych przytoczono 90 (tab. 4). Ich rozkład czasowy w dużym stopniu potwierdza wcześniejsze spostrzeżenia – skokowy wzrost ich częstości nastąpił po roku 1990. W ciągu pierwszych 44 lat (1947-1990) była niespełna połowa najcieplejszych miesięcy – 48%, a w ostatnich 23 latach (1991-2013) pozostałe 52%. Zdecydowanie najwięcej ich było w 10-leciu 2001-2010 – 29%, chociaż w kolejnych 3 latach ich częstość też była znaczna – 10%.

Rozkład czasowy najchłodniejszych 10% miesięcy (85 przypadków – tab. 5) natomiast nie potwierdza wcześniejszych spostrzeżeń opartych na analizie tylko 12 miesięcy. Okazuje się, że żadne 10-lecie nie wyróżniło się zwiększoną ich częstością, ale po roku 1990 częstość najchłodniejszych miesięcy zaczęła się stopniowo zmniejszać – do roku 1990 było ich 76%, a w latach 1991-2013 pozostałe 24%. W latach 1991-2000 było 11 spośród rozpatrywanych 85 miesięcy, 2001-2010 – 7 miesięcy, a 2011-2013 tylko 2; były to bardzo chłodny luty 2012 roku i marzec 2013, które z resztą zamykają listę 10% najchłodniejszych miesięcy (tab. 5).

Tabela 4. Najcieplejsze miesiące w 67-leciu
Table 4. The warmes tmonths during the 67 year period
 (Warszawa-Okęcie, 1947-2013)

	Styczeń January		Luty February		Marzec March		Kwiecień April		Maj May		Czerwiec June	
	<i>t</i> (°C)	rok_year	<i>t</i> (°C)	rok_year	<i>t</i> (°C)	rok_year	<i>t</i> (°C)	rok_year	<i>t</i> (°C)	rok_year	<i>t</i> (°C)	rok_year
1.	3,7	2007	4,7	1990	7,2	2007	12,4	2000	17,5	2002	20,0	1964
2.	3,2	1983	4,0	1989	6,6	1990	11,3	2009	16,5	1993	19,8	1979
3.	2,6	1975	3,6	2002	5,5	1989	11,1	2011	15,7	1950	19,2	1954
4.	2,1	1994	3,1	1995	5,4	1977	10,8	1952	15,7	1963	19,0	2007
5.	2,0	1989	3,1	2008	5,3	1961	10,5	1962	15,7	2003	19,0	2011
6.	1,8	1990	3,0	1998	5,0	1967	10,1	1948	15,7	2007	18,9	1947
7.	1,1	1948 2008	2,6	1957	4,7	2012	9,8	1999	15,6	1947 1983	18,9	2008
	Lipiec July		Sierpień August		Wrzesień September		Październik October		Listopad November		Grudzień December	
	<i>t</i> (°C)	rok_year	<i>t</i> (°C)	rok_year	<i>t</i> (°C)	rok_year	<i>t</i> (°C)	rok_year	<i>t</i> (°C)	rok_year	<i>t</i> (°C)	rok_year
1.	23,5	2006	21,5	1992	16,4	1967	11,6	2000	6,3	1963	3,9	2006
2.	22,1	1994	20,7	2002	16,1	2006	11,3	1967	5,9	2000	3,1	1971
3.	21,9	2010	20,4	1951	15,9	2005	11,0	1966	5,9	2006	2,9	1960
4.	21,1	2002	19,7	2010	15,8	1947	10,9	2001	5,8	1951	2,7	1954
5.	21,1	2012	19,7	2013	15,6	1975	10,7	2006	5,8	2010	2,6	2011
6.	21,0	1959	19,5	1971	15,5	1951	10,4	2013	5,8	2012	2,4	1947
7.	20,7	1972 1999 2001	19,3	1982 2001	15,5	2009	10,3	1984 1989	5,7	1996	2,4	2013

Ocieplanie się klimatu pod koniec rozpatrywanego wielolecia zaznaczyło się zatem w stopniowym zmniejszaniu się częstości miesięcy bardzo chłodnych oraz skokowym wzroście częstości miesięcy bardzo ciepłych po roku 1990, a jeszcze wyraźniejszym w XXI wieku.

LATA NAJCIEPLEJSZE I NAJCHŁODNIEJSZE

Jak wspomniano na początku, średnia wieloletnia (1947-2013) temperatura roczna wyniosła 8,1°C. W poszczególnych latach wahała się od 6,1°C (1956) do 9,8°C (2008). Warto tu zwrócić uwagę, że w serii 220-letniej z Obserwatorium Astronomicznego (Lorenc, 2000) najwyższa wartość była taka sama 9,8°C, ale w najchłodniejszych latach \bar{t}_{sr} była znacznie niższa niż w 67-leciu, nawet tylko 4,7°C. W tabeli 6 zestawiono po 10% najcieplejszych i najchłodniejszych lat; wśród tych pierwszych tylko 2 lata wystąpiły przed rokiem 1990, a 3 lata już w XXI wieku. Żaden rok spośród najchłodniejszych natomiast nie pojawił się w XXI wieku i tylko jeden w latach 1990. Żadnego nie było również w latach 1970.

W roku zaliczanym do 10% najcieplejszych było po 2-4 miesiące zaliczane do takiej samej kategorii (głównie miesiące zimowe). Podobnie było w latach najchłodniejszych – o niskiej średniej temperaturze rocznej przesądzała zwykle obecność 3 miesięcy spośród 10% najchłodniejszych i to też przeważnie z chłodnej części roku (por. tab. 4, 5 i 6).

Jak się okazuje, \bar{t}_{sr} roczna zależy głównie od temperatury w najchłodniejszych miesiącach roku. Jest to związane z największym zakresem wahań temperatury powietrza w tych miesiącach.

WARTOŚCI DOBOWE TEMPERATURY POWIETRZA

Temperatura średnia dobowa (t_{sr}) w poszczególnych miesiącach wykazuje zakres zmienności 2-3-krotnie większy niż wartości średnie miesięczne (t_{sr}). Najwyższe wartości t_{sr} w 67-leciu wahały się od 11,3°C w styczniu (10 I 2007) do 29,1°C w lipcu (29 VII 2013), a najniższe odpowiednio od -24,6°C (31 I 1956 i 14 I 1987) do 10,6°C (6 VII 1964) (tab. 1). Oznacza to, że zakres wartości t_{sr} w 67-leciu wyniósł 53,7°C. Od grudnia do lutego zakres zmienności t_{sr} sięgał 34-36°C, a od lipca do września malał poniżej 20°C. Należy też zwrócić uwagę, że najniższa temperatura średnia dobowa t_{sr} w najcieplejszym miesiącu roku – lipcu była niższa (10,6°C) od najwyższej t_{sr} w najchłodniejszym miesiącu roku – styczniu (11,3°C). To oznacza, że w klimacie Polski, mimo wyraźnie zaznaczonych pór roku, w pojedynczych dniach zarówno zimy, jak i lata może występować taka sama temperatura średnia dobowa około 11°C, co pozostaje poza powszechną świadomością. Jest to jednak sytuacja zupełnie wyjątkowa.

Również wyjątkowo pojawia się skrajnie niska t_{sr} ; chociaż najniższa wartość osiągnęła -24,6°C (tab. 1), to dni z t_{sr} poniżej -20,0°C zanotowano tylko 20 w ciągu 67 lat. Bardzo wysoka t_{sr} pojawia się znacznie częściej – najwyższa wartość

Tabela 5. Najchłodniejsze miesiące w 67-leciu
Table 5. The coldest months during the 67 year period
 (Warszawa-Okecie, 1947-2013)

	Styczeń January		Luty February		Marzec March		Kwiecień April		Maj May		Czerwiec June	
	<i>t</i> (°C)	rok_year	<i>t</i> (°C)	rok_year	<i>t</i> (°C)	rok_year	<i>t</i> (°C)	rok_year	<i>t</i> (°C)	rok_year	<i>t</i> (°C)	rok_year
1.	-12,4	1963	-12,2	1956	-3,0	1952	4,5	1958	9,9	1980	14,4	1984
2.	-12,3	1987	-10,7	1947	-3,0	1964	4,7	1955	10,1	1965	14,7	1974
3.	-8,3	1985	-9,6	1954	-2,9	1958	4,9	1997	10,8	1991	14,8	1962
4.	-8,3	2006	-9,6	1986	-2,2	1987	5,2	1954	10,9	1957	14,8	1985
5.	-8,0	2010	-9,2	1985	-2,0	1969	5,6	1982	11,0	1962	15,2	1949
6.	-7,8	1947	-8,1	1963	-1,8	1996	5,9	1956	11,3	1974	15,2	1976
7.	-7,8	1954	-6,1	2012	-1,8	2013	5,9	1981	11,4	1955	15,2	2001
	Lipiec July		Sierpień August		Wrzesień September		Pazdziernik October		Listopad November		Grudzień December	
	<i>t</i> (°C)	rok_year	<i>t</i> (°C)	rok_year	<i>t</i> (°C)	rok_year	<i>t</i> (°C)	rok_year	<i>t</i> (°C)	rok_year	<i>t</i> (°C)	rok_year
1.	15,0	1979	15,2	1987	10,4	1996	5,4	2003	-2,7	1993	-8,5	1969
2.	15,7	1984	15,5	1956	11,1	1971	5,6	1992	-1,9	1998	-6,6	2002
3.	15,8	1974	15,7	1965	11,1	1978	5,8	1997	-1,1	1965	-5,6	1996
4.	16,2	1961	15,8	1976	11,1	1990	5,9	1947	-0,6	1956	-5,4	2010
5.	16,2	1962	15,9	1978	11,2	1977	6,1	1972	-0,2	1995	-5,2	1963
6.	16,2	1978	16,1	1977	11,2	1986	6,1	1979	0,1	1988	-5,2	1995
7.	16,3	1977	16,2	1957 1961	11,7	1959	6,1	2010	0,7	1985	-4,5	1962

Tabela 6. Lata najcieplejsze (A) i najchłodniejsze (B)**Table 6.** The warmest (A) and the coldest (B) years

(Warszawa-Okęcie, 1947-2013)

	A		B	
	t (°C)	rok year	t (°C)	rok year
1.	9,8	2008	6,1	1956
2.	9,6	2000	6,6	1965
3.	9,6	2007	6,6	1980
4.	9,5	1989	6,6	1987
5.	9,4	1990	6,7	1985
6.	9,3	2002	6,7	1996
7.	9,1	1975 1983	6,9	1963

wyniosła 29,1°C, ale dni z t_{sr} powyżej 25,0°C było 124. Rekordowy pod tym względem okazał się rok 2006, w którym takich dni było 14, chociaż najwyższa t_{sr} wystąpiła w roku 2013.

Temperatura maksymalna. Najwyższe wartości t_{max} w pojedynczych dniach kolejnych miesięcy, tzn. miesięczne maksima absolutne, zmieniały się w 67-leciu od 13,8°C w styczniu (12 I 1993) do 37,0°C w sierpniu (8 VIII 2013; tab. 2). Najniższa zanotowana t_{max} wahała się od -20,4°C w lutym (1 II 1956) do 12,0°C w sierpniu (27 VIII 1965) i 11,9°C w lipcu (4 VII 1960). Z podanych wartości wynika, że w najcieplejszym dniu stycznia t_{max} może być wyższa o około 2°C niż w najchłodniejszym dniu lipca lub sierpnia, a występowanie dni z t_{max} z zakresu 11,9-13,8°C jest możliwe w ciągu całego roku.

Porównanie miesięcznych maksimów absolutnych w 67-leciu z odpowiednimi wartościami w serii z lat 1897-2000 (Lorenc 2007) wykazuje, że w 10 miesiącach z 12 te drugie były nieznacznie niższe – o około 0,5°C, tylko w październiku niższe o 2,1°C. Tylko w lutym i sierpniu maksimum absolutne było nieznacznie wyższe w 67-leciu, przy czym maksimum sierpniowe było zarazem maksimum absolutnym w całym 67-leciu. Jego wartość była tylko o 0,1°C niższa od maksimum absolutnego w okresie 1897-2000.

Temperatura maksymalna w poszczególnych dniach 67-lecia wahała się od -20,4°C do 37,0°C, a zatem w granicach 57,4°C, tzn. w większym zakresie niż temperatura średnia dobowa. Zakres wahań t_{max} w poszczególnych miesiącach był podobny jak t_{sr} lub większy, szczególnie w najcieplejszych miesiącach roku.

Data wystąpienia najwyższej/najniższej wartości t_{max} w kolejnych miesiącach na ogół była inna niż data najwyższej/najniższej t_{sr} . Zgodność taką stwierdzono tylko w 4 przypadkach wartości najwyższych i było to w miesiącach letnich oraz również w 4 przypadkach wartości najniższych i było to w miesiącach zimowych.

Temperatura minimalna (t_{min}) najwyższe wartości zanotowane w kolejnych miesiącach roku osiągnęła od 9,3°C w lutym (26 II 1989) i 9,5°C w styczniu (10 I 2007) do 22,1°C w lipcu (29 VII 2013; tab. 3). Najniższe wartości t_{min} w miesiącach, a więc miesięczne minima absolutne, zmieniały się od -30,7°C w styczniu (8 I 1987) do 4,6°C w lipcu (6 VII 1964). Zatem podobnie jak w przypadku t_{sr} i t_{max} istnieje pewien zakres wartości t_{min} , które mogą wystąpić podczas całego roku. Są to wartości od 4,6 do 9,5°C. To znaczy, że podczas bardzo chłodnej nocy letniej t_{min} może być nawet o 4-5°C niższa od tej, jaka może wystąpić podczas bardzo ciepłej nocy zimowej.

Zestawienie miesięcznych minimów absolutnych z lat 1947-2013 i 1897-2002 (Lorenc 2007) ujawnia, że w połowie miesięcy te pierwsze były wyższe i w połowie te drugie, nie wykazując żadnej regularności w znaku ani wartości różnic między nimi w ciągu roku. Na uwagę zasługują tu szczególnie miesiące styczeń i luty oraz listopad i grudzień. W 67-leciu minimum absolutne o wartości -30,7°C wystąpiło w styczniu (1987) i było niższe niż w serii 104-letniej o 1,4°C, podczas gdy minimum absolutne z lat 1897-2002 zanotowano w lutym (1929), o wartości -32,6°C. Obydwie podane wartości były jedynymi poniżej -30,0°C w obydwu seriach. W 67-leciu znacznie wyższe niż w 104-leciu było minimum absolutne w listopadzie – odpowiednio -17,0° i -25,0°C (1919). Ta ostatnia wartość była nawet niższa niż w grudniu (-23,4°C w roku 1933), podczas gdy w 67-leciu wyniosła -24,8°C (1969).

Tylko w 7 przypadkach stwierdzono wystąpienie najwyższej/najniższej t_{min} w tym samym dniu co najwyższej/najniższej t_{sr} ; zdarzyło się to w różnych porach roku (por. tab. 1 i 3). W ciągu 67 lat zdarzył się tylko jeden przypadek pojawienia się w tym samym dniu wszystkich trzech rozpatrywanych ekstremów miesięcznych: maksimum absolutnego, najwyższej t_{sr} i t_{min} – był to 29 lipca 2013, a wymienione wartości wyniosły: 35,9, 29,1 i 22,1°C. Temperatura średnia dobowa i minimalna były zarazem rekordowo wysokie w całym 67-leciu, ale maksimum absolutne wystąpiło w innym terminie – 8 VIII 2013 i wyniosło 37,0°C.

Zakres wahań wartości t_{min} największy był w styczniu, kiedy osiągnął 40,2°C, lutym, marcu i grudniu wyniósł 34-37°C, a od czerwca do września malał poniżej 20°C. W poszczególnych dniach 67-lecia t_{min} wahała się od -30,7 do 22,1°C, tzn. w granicach 52,7°C. Był to zakres nieco mniejszy niż w przypadku t_{max} i t_{sr} .

Zakres wahań temperatury powietrza w Warszawie w latach 1947-2013 osiągnął 67,7°C od minimum absolutnego -30,7°C do maksimum absolutnego 37,0°C.

Minimum absolutne wystąpiło przy antycyklonalnej cyrkulacji północno-wschodniej, w masie powietrza polarnego kontynentalnego, a maksimum absolutne przy antycyklonalnej cyrkulacji południowo-wschodniej, w masie powietrza zwrotnikowego (typy cyrkulacji według Lityńskiego 1969). Fakty te dobitnie potwierdzają rolę nie tylko kierunku adwekcji – z sektora północnego bądź południowego – i typu napływającej masy powietrza, ale też układu barycznego, w obrębie którego to zachodzi. W obydwu przytoczonych przypadkach istotna była też rola układu wysokiego ciśnienia, które nie sprzyja rozwojowi zachmurzenia, a zatem

nocą przyczynia się do wychłodzenia radiacyjnego (zwłaszcza podczas długiej zimowej nocy), a w dzień do silnego nagrzania dzięki insolacji (szczególnie podczas długiego dnia letniego).

NAJCIEPLEJSZE DNI W ROKU

Pod pojęciem najcieplejszych dni w roku będą rozumiane dwa rodzaje dni: z $t_{max} > 30,0^{\circ}\text{C}$, czyli tzw. dni upalne, i dni z $t_{min} > 20,0^{\circ}\text{C}$, nazywane nocami gorącymi albo tropikalnymi (Twardosz 2009; Kossowska-Cezak 2014).

Dni z temperaturą maksymalną $> 30,0^{\circ}\text{C}$ pojawiają się wyłącznie od kwietnia do września (tab. 7). W latach 1947-2013 zanotowano 372 takie dni, tzn. średnio w roku niespełna 6. Najwcześniej dzień upalny pojawił się 29 kwietnia (2012), a najpóźniej 17 września (1947). Najwięcej ich było w lipcu i sierpniu, średnio po około 2.

Dni z $t_{max} > 30,0^{\circ}\text{C}$ pojawiały się z bardzo zróżnicowaną częstością: w 7 latach 67-lecia nie było ich w ogóle, w 5 latach był tylko 1 dzień, w 7 latach po 2 dni, ale w 12 latach było ich więcej niż po 10. Zdecydowanie największą liczbą dni upalnych wyróżnił się rok 2006 – 22 dni, liczne też były w latach: 1994 – 18, 1992 i 2010 – 17, 2012 – 16, 1963 – 15. Warto tu zwrócić uwagę, że tylko jeden rok spośród wymienionych był przed rokiem 1990. Liczba dni upalnych w wieloleciu wzrastała – w 60-leciu 1951-2010 wzrost ten wyniósł 0,4 dnia na 10 lat (nieistotny statystycznie; Kossowska-Cezak, 2014).

W niektórych spośród dni upalnych t_{max} przekraczała $35,0^{\circ}\text{C}$; były to dni bardzo upalne. Dni takich było 15 w ciągu 67 lat, tzn. średnio jeden dzień na 5 lat (tab. 7). Najwcześniej dzień bardzo upalny wystąpił 22 czerwca (2000), a najpóźniej 29 sierpnia (1992). Dni z $t_{max} > 35,0^{\circ}\text{C}$ pojawiły się tylko w 9 latach, przeważnie po jednym dniu w roku, tylko w roku 1994 było ich 4, a w 1992 – 3 dni. W roku 2013 były tylko 2 dni bardzo upalne, ale w jednym z nich wystąpiło maksimum absolutne temperatury powietrza w 67-leciu (tab. 2). Jak widać z załączonego kalendarza (tab. 8) dni bardzo upalnych, do lat 1990. pojawiały się one bardzo rzadko, a 12 spośród 15 tych dni przypadło na ostatnie 22 lata. Dni te zdarzyły się głównie przy antycyklonalnej i zerowej cyrkulacji atmosferycznej (według Lityńskiego 1969) o składowej południowej (85%), w masach powietrza zwrotnikowego lub polarnego kontynentalnego.

Doby z temperaturą minimalną $> 20,0^{\circ}\text{C}$ również należą w Warszawie do rzadkości – w ciągu 67 lat zanotowano ich 24 (tab. 7). Kalendarz tych dni, wraz z charakterystykami termicznymi, podano w tab. 9. Najwcześniej przypadek nocy gorącej, nazywanej także tropikalną, pojawił się 12 czerwca, najpóźniej 15 sierpnia i obydwa te dni wystąpiły w roku 2010. W tym roku też takich nocy było najwięcej w ciągu 67 lat – 6. Znaczną ich liczbą (4) wyróżnił się też rok 2013, kiedy to 29 lipca zanotowano najwyższą temperaturę minimalną w wieloleciu $22,1^{\circ}\text{C}$. Jak wynika z tab. 9, noce tropikalne wystąpiły tylko w 10 latach i, podobnie jak dni upalne, stały się wyraźnie częstsze od roku 1990. W pierwszych 43 latach (1947-1990)

było ich tylko 3, w kolejnym 10-leciu 1991-2000 również 3, ale w następnym 2001-2010 już 11, a w ciągu 3 lat 2011-2013 – 7¹. Wzrost częstości nocy gorących w ostatnich latach jest więc nawet wyraźniejszy niż wzrost częstości dni upalnych czy bardzo upalnych.

Dni z $t_{min} > 20,0^{\circ}\text{C}$ w większości (18 z 24) były zarazem dniami z $t_{max} > 30,0^{\circ}\text{C}$; dni takie nazwano „dobami tropikalnymi” (Twardosz 2009). W kalendarzu nocy gorących (tab. 9) doby takie oznaczono gwiazdkami. Jak widać, ich częstość gwałtownie wzrosła już w XXI wieku: w latach 1947-2000 były zaledwie 3, 2001-2010 – 11 i 2011-2013 już 7. Najwięcej ich było w roku 2010 – 6 i 2013 – 4. W tym ostatnim zanotowano nie tylko najwyższą t_{min} , ale również jedyny przypadek dnia bardzo upalnego z nocą tropikalną – 29 lipca 2013 (tab. 2, 8 i 9). Doby tropikalne zdarzały się najczęściej (ponad 80%) w antycyklonalnej cyrkulacji z sektora południowego lub wschodniego, w bardzo ciepłych masach powietrza zwrotnikowego lub polarnego kontynentalnego.

Godne uwagi jest zestawienie średnich wartości charakterystyk termicznych dni bardzo upalnych ($t_{max} > 35,0^{\circ}\text{C}$; tab. 8) i dni z nocami tropikalnymi ($t_{min} > 20,0^{\circ}\text{C}$; tab. 9). Okazuje się, że w tych pierwszych t_{sr} była wyższa o $2,3^{\circ}\text{C}$ niż w drugich (odpowiednio $27,5$ i $25,2^{\circ}\text{C}$), a amplituda dobową wyniosła średnio odpowiednio $17,6$ i $10,4^{\circ}\text{C}$. Dni bardzo upalne są zatem jednocześnie dniami o największych wahaniami dobowych temperatury powietrza, niekiedy dochodzących do 20°C . Warto dodać, że podczas „dób tropikalnych” średnie wartości temperatury wyniosły: $t_{max} = 32,1^{\circ}\text{C}$, $t_{min} = 20,8^{\circ}\text{C}$, $t_{sr} = 25,7^{\circ}\text{C}$, amplituda dobową temperatury $11,3^{\circ}\text{C}$.

FALE UPAŁÓW

Dni upalne ($t_{max} > 30,0^{\circ}\text{C}$) najczęściej pojawiały się pojedynczo, niekiedy jednak występowały dzień po dniu. Ciąg przynajmniej trzech kolejnych dni, w których t_{max} przekroczyła $30,0^{\circ}\text{C}$, przyjęto za falę upałów, zgodnie z wcześniejszą propozycją jednej z autorek (Kossowska-Cezak 2010).

Okazało się, że w ciągu 67 lat spośród 372 dni upalnych 213 dni (57%) wystąpiło pojedynczo lub jako 2 kolejne dni (tab. 10). Pozostałe 159 dni (43%) weszły w skład ciągów 3-dniowych i dłuższych, tworząc łącznie 39 fal upałów. Najwięcej było fal najkrótszych – 3-dniowych (21) i 4-dniowych (11), ale fale najdłuższe sięgały 8-10 dni. Najwcześniejsza fala upałów rozpoczęła się 28 maja (2005; 3 dni), najpóźniej skończyła się 31 sierpnia (1992; 4 dni). Ponieważ w latach 1947-2013 wzrastała częstość dni upalnych, zwiększała się również częstość fal upałów: do roku 1990 było ich 14 (w tym dwie długie fale – 8 i 9 dni), w latach 1991-2000 było ich 9 (w tym najdłuższa fala 10-dniowa), 2001-2010 – 12 fal (w tym 9-dniowa) i 2011-2013 – 4 fale (tylko 3-4 dni). Kalendarz 7 najdłuższych fal upałów (5-10 dni) wraz z charakterystykami termicznymi podano w tab. 11. Z kalendarza typów

¹ O nadzwyczajności pojawienia się takich dni w początkowej części 67-lecia świadczą artykuły W. Chełchowskiego (1963, 1967).

Tabela 7. Liczba dni z $t_{max} > 30,0^{\circ}\text{C}$, $t_{max} > 35,0^{\circ}\text{C}$ i $t_{min} > 20,0^{\circ}\text{C}$ – sumy i wartości średnie 67-letnie

Table 7. Number of days with $t_{max} > 30,0^{\circ}\text{C}$, $t_{max} > 35,0^{\circ}\text{C}$ and $t_{min} > 20,0^{\circ}\text{C}$ – sums and 67 year mean values

(Warszawa-Okęcie, 1947-2013)

Dni Days		IV	V	VI	VII	VIII	IX	IV-IX
$t_{max} > 30,0^{\circ}\text{C}$	Suma <i>Sum</i>	3	14	69	165	111	10	372
	Średnia <i>Mean</i>	0,0	0,2	1,0	2,5	1,7	0,2	5,6
$t_{max} > 35,0^{\circ}\text{C}$	Suma <i>Sum</i>	-	-	1	8	6	-	15
	Średnia <i>Mean</i>	-	-	0,0	0,1	0,1	-	0,2
$t_{min} > 20,0^{\circ}\text{C}$	Suma <i>Sum</i>	-	-	1	17	6	-	24
	Średnia <i>Mean</i>	-	-	0,0	0,3	0,1	-	0,4

Tabela 8. Charakterystyki termiczne ($^{\circ}\text{C}$) dni bardzo upalnych ($t_{max} > 35,0^{\circ}\text{C}$)

Table 8. Thermal characteristics ($^{\circ}\text{C}$) of very heat days ($t_{max} > 35,0^{\circ}\text{C}$)

(Warszawa-Okęcie, 1947-2013)

	Data Date	t_{max}	t_{min}	t_{sr}
1.	7 VIII 1952	35,1	17,0	24,6
2.	13 VII 1959	35,1	17,3	27,2
3.	25 VII 1963	35,3	18,3	28,4
4.	9 VIII 1992	35,2	18,2	27,1
5.	10 VIII 1992	36,0	19,7	28,0
6.	29 VIII 1992	35,9	19,7	28,0
7.	29 VII 1994	35,1	15,3	26,9
8.	30 VII 1994	35,9	17,2	28,0
9.	31 VII 1994	35,8	17,9	27,9
10.	1 VIII 1994	36,4	18,0	27,6
11.	22 VI 2000	35,1	16,2	26,8
12.	10 VII 2006	35,3	17,1	27,2
13.	17 VII 2007	35,7	17,8	27,6
14.	29 VII 2013	35,9	22,1	29,1
15.	8 VIII 2013	37,0	19,7	28,6
	Średnio <i>Mean</i>	35,7	18,1	27,5

Tabela 9. Charakterystyki termiczne (°C) dób z „nocą tropikalną” ($t_{min} > 20,0^{\circ}\text{C}$)
Table 9. Thermal characteristics (°C) of days with “tropical nights” ($t_{min} > 20,0^{\circ}\text{C}$)
 (Warszawa-Okęcie, 1947-2013)

	Data Date	t_{max}	t_{min}	t_{sr}		Data Date	t_{max}	t_{min}	t_{sr}
1.	*8 VIII 1963	30,6	20,7	23,4	13.	*12 VII 2010	31,8	20,7	26,6
2.	*16 VII 1972	30,8	20,1	25,6	14.	*16 VII 2010	34,5	21,6	27,5
3.	17 VII 1972	29,3	20,6	25,4	15.	*17 VII 2010	35,0	21,8	28,6
4.	*14 VII 1994	30,9	20,8	26,2	16.	*18 VII 2010	30,8	20,9	23,1
5.	7 VIII 1994	28,5	20,2	24,5	17.	*15 VIII 2010	32,0	20,7	25,3
6.	3 VIII 1998	28,9	20,5	23,7	18.	*1 VIII 2012	34,6	20,1	26,5
7.	17 VII 2002	25,5	20,1	22,0	19.	*6 VII 2012	33,2	21,4	26,0
8.	*31 VII 2002	32,4	20,1	26,1	20.	*29 VII 2012	30,9	20,5	25,1
9.	*27 VII 2006	30,6	20,7	25,5	21.	*29 VII 2013	35,9	22,1	29,1
10.	30 VII 2006	27,2	20,2	22,3	22.	*30 VII 2013	31,8	21,0	24,6
11.	*18 VII 2009	30,7	20,2	26,0	23.	5 VIII 2013	29,7	20,8	24,8
12.	*12 VI 2010	30,3	20,1	23,6	24.	*9 VIII 2013	30,9	21,4	23,7
						Średnio Mean	31,1	20,7	25,2

* „doby tropikalne” ($t_{max} > 30,0^{\circ}\text{C}$)

* “tropical days” ($t_{max} > 30,0^{\circ}\text{C}$)

cyrkulacji Lityńskiego wynika, że najdłuższe fale upałów zdarzyły się w układach antycyklonalnych, zwłaszcza z sektora południowego i wschodniego.

Wśród tych fal szczególną uwagę zwraca 10-dniowa fala upałów z roku 1994 – nie tylko jako fala najdłuższa, ale również z najwyższą średnią t_{max} i t_{sr} . Podczas tej fali znalazł się jedyny ciąg 4 dni bardzo upalnych od 29 lipca do 1 sierpnia (por. tab. 8), co kazałoby określić go jako falę „super upałów”. Fala ta towarzyszyła układowi wyżowemu z cyrkulacją z sektora od wschodu do południa. Wyższą średnią w fali t_{max} wyróżniły się jednak dwie krótkie fale: 4-dniowa, od 6 do 9 sierpnia 2013 – $34,8^{\circ}\text{C}$ i 3-dniowa, od 24 do 26 lipca 1963 – $34,2^{\circ}\text{C}$. Podczas wspomnianej fali 4-dniowej z 2013 roku wystąpiła również bardzo wysoka średnia t_{min} $19,6^{\circ}\text{C}$, chociaż jeszcze wyższa – $20,6^{\circ}\text{C}$ – była podczas 3-dniowej fali upałów od 28 do 30 lipca tego samego roku 2013. Fali tej sprzyjała cyrkulacja z południo-wschodu, w bardzo ciepłej masie powietrza zwrotnikowego.

Największą liczbę fal upałów stwierdzono podczas bardzo gorącego lata 2010 – 4 fale, łącznie 14 dni. Po 3 fale było w latach 1963 (razem 14 dni) i 1992 (razem 12 dni); podobną liczbę dni obejmowały ponadto 2 fale upałów w roku 1994 (14 dni). Podsumowując zagadnienie najcieplejszych dni, jakie pojawiły się w latach 1947-2013 w Warszawie, wypada stwierdzić, że są to dni z temperaturą powietrza podobną jak w strefie podzwrotnikowej. Aczkolwiek zdarzają się rzadko, mają bardzo

Tabela 10. Ciągi dni upalnych ($t_{max} > 30,0^{\circ}\text{C}$)**Table 10.** Series of heat days ($t_{max} > 30,0^{\circ}\text{C}$)

(Warszawa-Okęcie, 1947-2013)

Długość ciągu (liczba dni) <i>Lenght of duration (number of days)</i>	Fale upałów <i>Heat waves</i>										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	3-10
Liczba ciągów <i>Number of series</i>	127	43	21	11	2	1	-	1	2	1	39
Liczba dni w ciągach <i>Number of days within series</i>	127	86	63	44	10	6	-	8	18	10	159
% dni w ciągach <i>Percentage of days within series</i>	34,1	23,1	16,9	11,8	2,7	1,6	-	2,2	4,8	2,7	42,7

Tabela 11. Charakterystyki termiczne fal upałów 5-dniowych i dłuższych**Table 11.** Thermal characteristics of the heat waves of 5 days and longer ones

(Warszawa-Okęcie, 1947-2013)

	Daty <i>Dates</i>	Liczba dni <i>Number of days</i>	Średnia temperatura ($^{\circ}\text{C}$) <i>Mean temperature ($^{\circ}\text{C}$)</i>			Najwyższa t_{max} ($^{\circ}\text{C}$) <i>The highest t_{max} ($^{\circ}\text{C}$)</i>
			t_{max}	t_{min}	t_{sr}	
1.	1-8 VIII 1963	8	32,1	18,1	25,3	33,9
2.	27 VII-4 VIII 1971	9	32,1	16,8	25,0	33,3
3.	7-11 VIII 1992	5	33,3	17,2	25,2	36,0
4.	24 VII-2 VIII 1994	10	34,0	16,3	26,4	36,4
5.	28VII-2 VIII 2002	6	31,6	18,1	24,9	32,7
6.	5-13 VII 2006	9	33,0	16,8	25,6	35,3
7.	23-27 VII 2006	5	31,2	18,7	25,4	32,9

istotne znaczenie, ponieważ przynoszą warunki bardzo uciążliwe dla samopoczucia człowieka (Bell i in., 2004; Kozłowska-Szczęśna i in., 2004).

Dni o bardzo wysokiej temperaturze powietrza ($t_{sr} > 25,0^{\circ}\text{C}$, $t_{max} > 30,0^{\circ}\text{C}$, $t_{min} > 20,0^{\circ}\text{C}$) po roku 1990, a tym bardziej w wieku XXI zdarzają się coraz częściej, ponieważ jednak przyczyna tego nie jest znana, nie ma podstaw do przewidywań, czy ta tendencja utrzyma się w latach następnych.

NAJCHŁODNIEJSZE DNI W ROKU

Do najchłodniejszych dni w roku zaliczono dni z $t_{max} < -10,0^{\circ}\text{C}$, czyli tzw. dni bardzo mroźne, oraz dni z $t_{min} < -20,0^{\circ}\text{C}$.

Dni z temperaturą maksymalną $< -10,0^{\circ}\text{C}$, tzn. z temperaturą powietrza przez całą dobę utrzymującą się poniżej $-10,0^{\circ}\text{C}$, w latach 1947-2013 w Warszawie zanotowano 155, tzn. średnio w roku nieco więcej niż 2 (tab. 12). Najwcześniej taki dzień pojawił się 18 listopada (1965), a najpóźniej 4 marca (1971). Najwięcej dni bardzo mroźnych było w styczniu.

Dni z $t_{max} < -10,0^{\circ}\text{C}$ wystąpiły tylko w połowie zim (33) od 1946/7 do 2012/3. Nie było ich zatem podczas 34 zim, a podczas 10 zim zanotowano tylko jeden taki dzień i podczas 7 zim po 2 dni. Najwięcej dni z $t_{max} < -10,0^{\circ}\text{C}$ było podczas bardzo ostrych zim 1946/7 i 1962/3 (por. tab. 5) – po 15, poza tym 12 dni podczas zimy 1986/7 i po 10 dni podczas zim 1953/4, 1955/6 i 1984/5. Najwięcej dni bardzo mroźnych było w latach 1961/2-1971/2 – średnio w sezonie 4, ale ogólnie ich liczba zmniejszała się. W 60-leciu 1951-2010 spadek ich liczby wyniósł 0,5 dnia na 10 lat (spadek nieistotny statystycznie; Kossowska-Cezak 2014).

W pojedynczych dniach t_{max} spadała nawet poniżej $-20,0^{\circ}\text{C}$. W ciągu 67 lat zanotowano 3 takie doby, podczas których temperatura utrzymywała się poniżej tej wartości (tab. 13).

Spośród 155 dni bardzo mroźnych dni z $t_{max} < -15,0^{\circ}\text{C}$ było 23. W tabeli 13 zestawiono 15 dni o najniższej t_{max} , wraz z charakterystykami termicznymi; 14 spośród tych dni wystąpiło do roku 1987. Dni te, według klasyfikacji typów cyrkulacji Lityńskiego, zdarzały się głównie w układach antycyklonalnych i zerowych, przy adwekcji ze wschodu i południo-wschodu.

Dni z temperaturą minimalną poniżej $-20,0^{\circ}\text{C}$ (tab. 12). Podczas dni bardzo mroźnych ($t_{max} < -10,0^{\circ}\text{C}$) t_{min} może spadać poniżej $-20,0^{\circ}\text{C}$, aczkolwiek takie spadki t_{min} mogą występować również w dniach z t_{max} powyżej $-10,0^{\circ}\text{C}$. Tu jako zupełnie wyjątkowy można przytoczyć dzień 12 stycznia 1947, w którym t_{min} wyniosła $-24,6^{\circ}\text{C}$, a t_{max} $0,0^{\circ}\text{C}$. Dni z $t_{min} < -20,0^{\circ}\text{C}$ w 67-leciu było 127, tzn. średnio w roku niespełna 2. W rzeczywistości wystąpiły tylko podczas 27 zim, najwcześniej 14 grudnia (1963), a najpóźniej 5 marca (1971). W 4 zimach było tylko po jednym takim dniu, a w 10 zimach po 2 dni. Najwięcej dni z $t_{min} < -20,0^{\circ}\text{C}$ było podczas zimy 1962/3 – 16 dni, poza tym 1969/70 – 12 dni oraz 1955/6 i 1986/7 – po 11 dni; wszystkie te zimy wyróżniły się również dużą częstością dni bardzo mroźnych. Najwięcej dni z $t_{min} < -20,0^{\circ}\text{C}$ było w latach 1961/2-1971/2 (średnio w sezonie 4), a najmniej w latach 1987/8-2001/2 (średnio 0,5). Najniższa t_{min} , tj. minimum absolutne 67-lecia wyniosło $-30,7^{\circ}\text{C}$ (1987) i był to jedyny dzień z $t_{min} < -30,0^{\circ}\text{C}$ (tab. 14). Dni z $t_{min} < -20,0^{\circ}\text{C}$, według typologii cyrkulacji Lityńskiego (1969), były związane z układami antycyklonalnymi (80%) lub zerowymi oraz kierunkiem adwekcji południowo-wschodnim i wschodnim ($>70\%$).

Tabela 12. Liczba dni z $t_{max} < -10,0^{\circ}\text{C}$ i $t_{min} < -20,0^{\circ}\text{C}$ – sumy i wartości średnie 67-letnie
Table 12. Number of days with $t_{max} < -10,0^{\circ}\text{C}$ and $t_{min} < -20,0^{\circ}\text{C}$ – sums and 67 year mean values

(Warszawa-Okęcie, 1947-2013)

Dni Days		XI	XII	I	II	III	XI-III
$t_{max} < -10,0^{\circ}\text{C}$	Suma Sum	1	35	78	39	2	155
	Średnia Mean	0,0	0,5	1,2	0,6	0,0	2,3
$t_{min} < -20,0^{\circ}\text{C}$	Suma Sum	-	17	69	38	3	127
	Średnia Mean	-	0,3	1,0	0,6	0,0	1,9
W tym: Among them: $t_{max} < -10,0^{\circ}\text{C}$ i and $t_{min} < -20,0^{\circ}\text{C}$	Suma Sum	-	11	47	20	-	78
	Średnia Mean	-	0,2	0,7	0,3	-	1,2

Tabela 13. Charakterystyki termiczne ($^{\circ}\text{C}$) dni o najniższej temperaturze maksymalnej
Table 13. Thermal characteristics ($^{\circ}\text{C}$) of days with the lowest values maximum air temperature

(Warszawa-Okęcie, 1947-2013)

	Data Date	t_{max}	t_{min}	t_{sr}
1.	1 II 1956*	-20,4	-25,8	-24,0
2.	14 I 1987*	-20,2	-29,6	-24,6
3.	31 I 1956*	-20,1	-27,1	-24,6
4.	11 I 1950	-20,0	-23,1	-21,5
5.	11 I 1987	-19,4	-23,6	-21,4
6.	31 I 1954	-18,1	-25,1	-21,3
7.	10 I 1987*	-17,6	-26,7	-23,5
8.	31 XII 1978	-17,5	-21,5	-19,9
9.	1 I 1979	-17,5	-20,5	-18,6
10.	21 XII 1969	-17,3	-24,8	-21,3
11.	5 I 1947	-17,1	-22,4	-19,6
12.	11 II 1985	-16,7	-22,4	-20,2
13.	23 I 2006*	-16,7	-26,8	-22,2
14.	7 I 1985	-16,5	-21,4	-19,5
15.	31 XII 1969	-16,3	-23,8	-20,1
	Średnio Mean	-18,1	-24,3	-21,5

* dnio o najniższej temperaturze zarówno maksymalnej, jak i minimalnej (por. tabela 14)

* days with the lowest maximum temperature as well as minimum temperature (see table 14)

W połowie dni bardzo mroźnych ($t_{max} < -10,0^{\circ}\text{C}$) t_{min} spadała poniżej $-20,0^{\circ}\text{C}$ (tab. 12); najczęściej zdarzało się to w styczniu. Spośród 127 dni z $t_{min} < -20,0^{\circ}\text{C}$ tylko w 20 dniach t_{min} spadała poniżej $-25,0^{\circ}\text{C}$; w tab. 14 zestawiono 15 najchłodniejszych spośród nich. Okazuje się, że tylko 5 dni znalazło się w obu zestawieniach – tab. 13 i 14, w tym wszystkie 3 dni z $t_{max} < -20,0^{\circ}\text{C}$. Okazało się też, że w obydwu grupach dni „najzimniejszych”, wyróżnionych tak na podstawie najniższej wartości t_{max} (tab. 13), jak i t_{min} (tab. 14), była taka sama średnia temperatura dobowa ($t_{sr} = -21,5^{\circ}\text{C}$), ale w tych drugich była prawie dwukrotnie większa ($12,0^{\circ}\text{C}$) średnia amplituda dobowa niż w tych pierwszych ($6,2^{\circ}\text{C}$).

FALE SILNYCH MROZÓW

Za falę silnych mrozów przyjęto ciąg przynajmniej 3 dni z $t_{max} < -10,0^{\circ}\text{C}$. Okazało się, że spośród 155 takich dni 69 wystąpiło pojedynczo lub jako kolejne 2 dni, a pozostałe 88 dni (tzn. 55,5%) utworzyło fale silnych mrozów trwające od 3 do 10 dni (tab. 15). Fal takich było 18, a wśród nich najwięcej 4-dniowych. Fale trwające więcej niż 6 dni były tylko 2 – 7 i 10 dni. Najwcześniejsza fala silnych mrozów zaczęła się 18 grudnia (2009; 3 dni), najpóźniejsza skończyła się 13 lutego (1956; 5 dni).

Częstość fal silnych mrozów w ciągu 67-lecia nie wykazała wyraźnych zmian, mimo stwierdzonego niewielkiego spadku liczby dni z $t_{max} < -10,0^{\circ}\text{C}$. Co prawda, już podczas pierwszej zimy rozpatrywanego wielolecia 1946/7 pojawiły się 2 fale (6-dniowe), ale w kolejnych 10-leciach od 1949/50 do 1989/90 było ich po 2-3, głównie 3-5-dniowe, ale też jedyna 10-dniowa (tab. 16). Po roku 1990 fal silnych mrozów było 5, w tym po roku 2010 jedna 6-dniowa. Kalendarz fal silnych mrozów 5-dniowych i dłuższych, wraz z charakterystyką termiczną podano w tab. 16. Okazało się, że te długie fale silnych mrozów występowały najczęściej podczas utrzymywania się nad Polską układów antycyklonalnych z adwekcją z wycinka od północo-wschodu, przez wschód, do południa, w masach powietrza polarnego kontynentalnego.

Najdłuższa, 10-dniowa fala silnych mrozów ze stycznia 1987 była też zarazem „najzimniejsza” – to podczas tej fali wystąpiło minimum absolutne temperatury powietrza w Warszawie w rozpatrywanym wieloleciu. Równie niska średnia t_{max} ($-15,1^{\circ}\text{C}$) i t_{min} ($-23,4^{\circ}\text{C}$) była podczas 5-dniowej fali w styczniu 2006 roku, a t_{sr} nawet o $0,4^{\circ}\text{C}$ niższa ($-19,6^{\circ}\text{C}$) – najniższa spośród wszystkich fal 5-dniowych i dłuższych (tab. 16). Najniższa średnia t_{min} ($-25,4^{\circ}\text{C}$) i t_{sr} ($-20,7^{\circ}\text{C}$) wystąpiła jednak podczas 4-dniowej fali z 16-19 stycznia 1963 (t_{max} $-14,6^{\circ}\text{C}$), a najniższa t_{max} ($-15,8^{\circ}\text{C}$) podczas 3-dniowej fali z przełomu lat 1978/9 (30 grudnia – 1 stycznia).

Dla celów porównawczych rozpatrzono ewentualne ciągi dni $t_{min} < -20,0^{\circ}\text{C}$. Okazało się, że dni z tak głębokimi spadkami temperatury powietrza najczęściej występują pojedynczo lub jako kolejne 2 dni – łącznie 74 spośród 127 dni, tzn. ponad 58%, a więc częściej niż dni z $t_{max} < -10,0^{\circ}\text{C}$. Tworzone przez nie ciągi były głów-

Tabela 14. Charakterystyki termiczne ($^{\circ}\text{C}$) dni o najniższej temperaturze minimalnej
Table 14. Thermal characteristics ($^{\circ}\text{C}$) of days with the lowest values of minimum temperature
 (Warszawa-Okęcie, 1947-2013)

	Data Date	t_{max}	t_{min}	t_{sr}
1.	8 I 1987	-15,0	-30,7	-22,2
2.	14 I 1987*	-20,2	-29,6	-24,6
3.	19 I 1963	-15,1	-28,8	-23,2
4.	30 I 1987	-13,0	-28,4	-19,4
5.	1 II 1970	-13,1	-27,6	-20,7
6.	31 I 1956*	-20,1	-27,1	-24,6
7.	27 II 1963	-11,6	-27,1	-18,4
8.	24 I 2006	-15,0	-27,1	-20,5
9.	17 I 1963	-15,5	-27,0	-19,0
10.	23 I 2006*	-16,7	-26,8	-22,2
11.	10 I 1987*	-17,6	-26,7	-23,5
12.	9 II 1956	-14,0	-26,1	-16,6
13.	8 II 1956	-9,5	-26,0	-24,0
14.	13 I 1987	-14,5	-26,0	-20,1
15.	1 II 1956*	-20,4	-25,8	-24,0
	Średnio <i>Mean</i>	-15,4	-27,4	-21,5

* dni o najniższej temperaturze zarówno maksymalnej, jak i minimalnej (por. tabela 13)

* days with the lowest maximum temperature as well as minimum temperature (see table 13)

Tabela 15. Ciągi dni bardzo mroźnych ($t_{max} < -10,0^{\circ}\text{C}$)

Table 15. Series of very cold days ($t_{max} < -10,0^{\circ}\text{C}$)

(Warszawa-Okęcie, 1947-2013)

	Fale silnych mrozów <i>Frosts waves</i>											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	3-10	
Długość ciągu (liczba dni) <i>Lenght of duration</i> (number of days)												
Liczba ciągów <i>Number of series</i>	41	14	4	6	3	3	1	-	-	1	18	
Liczba dni w ciągach <i>Number of days</i> <i>within series</i>	41	28	12	24	15	18	7	-	-	10	86	
% dni w ciągach <i>Percentage of days</i> <i>within series</i>	26,4	18,1	7,7	15,5	9,7	11,6	4,5	-	-	6,5	55,5	

Tabela 16. Charakterystyki termiczne fal silnych mrozów 5-dniowych i dłuższych
Table 16. Thermal characteristics of frosts waves of 5 days and longer ones
 (Warszawa-Okęcie, 1947-2013)

	Daty Dates	Liczba dni Number of days	Średnia temperatura (°C) Mean temperature (°C)			Najniższa t_{min} (°C) The lowest t_{min} (°C)
			t_{max}	t_{min}	t_{sr}	
1.	4-9 I 1947	6	-13,0	-19,3	-14,4	-22,4
2.	7-12 II 1947	6	-12,1	-19,1	-15,1	-25,3
3.	9-13 II 1956	5	-10,9	-23,0	-17,3	-26,1
4.	19-23 XII 1969	5	-13,7	-20,8	-17,6	-24,8
5.	8-17 I 1987	10	-15,1	-23,4	-19,2	-30,7
6.	26 XII 1996-1 I 1997	7	-12,9	-19,5	-16,8	-21,6
7.	20-24 I 2006	5	-15,1	-23,4	-19,6	-27,1
8.	1-6 II 2012	6	-13,3	-20,1	-16,9	-23,1

nie 3-4-dniowe i tylko dwa 6-dniowe. Pierwszy z nich zbiegł się ze wspomnianą 4-dniową falą silnych mrozów w styczniu 1963, a drugi z 10-dniową w styczniu 1987.

Z porównania tego wyniku, że utrzymywanie się pogody bardzo mroźnej, z całodobową temperaturą powietrza poniżej $-10,0^{\circ}\text{C}$, ma tendencję do większej długotrwałości, co wynika z adwekcji bardzo zimnego powietrza arktycznego lub polarne kontynentalnego w układach wysokiego ciśnienia. Silne spadki temperatury minimalnej mają natomiast charakter bardziej przypadkowy, gdyż są w dużym stopniu uwarunkowane wielkością zachmurzenia, wpływającą na wielkość nocnego wychłodzenia.

Występowanie fal silnych mrozów jest groźnym zjawiskiem zarówno dla człowieka, jak i jego gospodarki. Są one tym bardziej godne uwagi, że mimo ogólnego ocieplenia klimatu, ich częstość w ostatnich latach nie uległa zmniejszeniu.

PODSUMOWANIE

Przedstawiony przegląd najcieplejszych i najchłodniejszych lat, miesięcy i dni, skrajnych wartości temperatury powietrza, a także długości okresów z najwyższą i najniższą temperaturą w latach 1947-2013 w Warszawie wykazuje, że chociaż Warszawa, tak jak cała Polska, leży w strefie klimatu zwanego umiarkowanym, to jednak od czasu do czasu pojawiają się okresy lub tylko pojedyncze dni, w których temperatura jest daleka od jakiegokolwiek „umiarkowania” i przypomina klimat obszarów bądź to leżących na południu Europy, bądź to na jej północy.

Pojawienie się takich okresów lub dni zwykle wywołuje wśród osób niezorien-

towanych wielką sensacją, a w ślad za tym żądanie od klimatologów zapewnienia, że jest to niezwykła anomalia, a jeszcze lepiej – że zdarza się to po raz pierwszy. Jakkolwiek silne upały i ostre mrozy, a także bardzo łagodne zimy i chłodne pory letnie, czy w ogóle wszystkie miesiące roku o skrajnych cechach termicznych, zdarzają się rzadko, to jednak stanowią naturalną cechę naszego klimatu, kształtowanego przez podlegającą ciągłym zmianom cyrkulację atmosferyczną, przynoszącą masy powietrzne różnego pochodzenia, a zatem o różnej temperaturze. Już 100 lat temu R. Merecki (1914) pisał: „Bogactwo postaci przejawów atmosferycznych jest, jak przypuszczam, zasadniczą cechą naszego klimatu ...”.

W tym miejscu chcemy zwrócić uwagę, że w opracowaniu w zasadzie nie szukano przyczyn skrajnych warunków termicznych w rozpatrywanych dniach czy miesiącach. Uczyniono tak z dwóch powodów. Po pierwsze, nie było to celem opracowania, a badanie warunków cyrkulacyjnych według przyjętej ich klasyfikacji w wyróżnionych miesiącach i dniach o skrajnych warunkach termicznych mogłoby stanowić temat osobnej pracy; ograniczono się wyłącznie do ogólnej informacji o charakterze cyrkulacji w wybranych dniach. Po wtóre – trudno oczekiwać, żeby takie badanie przyniosło jakąś zupełnie nową wiedzę na ten temat. O roli cyrkulacji w kształtowaniu warunków termicznych pisał bowiem już 100 lat temu wspomniany R. Merecki (1914), a także ponad 60 lat temu R. Gumiński (1952) i wielu innych.

Chcemy też zwrócić uwagę, że w opracowaniu nie było używane pojęcie anomalii temperatury, które – być może – dodałoby dramatyzmu niektórym opisywanym przypadkom. To również uczyniono świadomie, ponieważ pojęcie anomalii wymaga zawsze zdefiniowania. Nie każde odchylenie od wartości średniej czy warunków przeciętnych jest bowiem anomalią, a w zależności od przyjętego kryterium stwierdza się różną częstość anomalii (Warakomski 1989/1990). Ponieważ opracowanie ma charakter informacyjny, a nie metodyczny, przyjęto za słuszne nie kwalifikować żadnego przypadku, czy jest anomalią czy też nie, lecz poprzestać na podaniu odpowiednich wartości liczbowych.

Poza przytoczonym na początku stwierdzeniem dotyczącym wielkiej zmienności temperatury powietrza w klimacie Warszawy wynika jeszcze kilka innych wniosków.

- I tak, zaskakującym wynikiem tej zmienności jest fakt, że pewien zakres temperatury powietrza jest możliwy w ciągu całego roku, a nawet wyjątkowo w najcieplejszej porze roku może pojawić się dzień chłodniejszy niż najcieplejszy w porze najchłodniejszej.
- Wahania dobowe temperatury średnio w zimie są mniejsze (około 5°C) niż w lecie (około 10-11°C), co wynika z mniejszej długości dnia i mniejszej wysokości Słońca niż w lecie, ale zakres zmienności temperatury w pojedynczych miesiącach, a tym bardziej dniach (odpowiednio 12-17 i 34-36°C) jest w zimie zdecydowanie większy niż w lecie (odpowiednio 5-8°C i 18-20°C). Wynika to z kontrastów termicznych między masami powietrznymi napływającymi w tym czasie – ciepłymi znad Atlantyku i mroźnymi znad Skandynawii lub

wschodniej Europy.

- Współczesne ocieplenie znajduje wyraz w zmniejszeniu w XXI wieku częstości najchłodniejszych miesięcy i w – jeszcze wyraźniejszym – zwiększeniu frekwencji miesięcy najcieplejszych. Podobna prawidłowość dotyczy także lat najcieplejszych i najchłodniejszych. Ocieplenie klimatu wyraźniej zaznacza się również we wzroście częstości najcieplejszych dni w roku, tzn. dni upalnych i nocy gorących, oraz fal upałów niż w zmniejszeniu częstości dni najchłodniejszych, tzn. dni bardzo mroźnych, i fal silnych mrozów.
- Ponieważ podstawą opracowania są wyniki obserwacji ze stacji położonej poza zabudową miejską, poza zasięgiem miejskiej wyspy ciepła (Wawer, 1997; Kossowska-Cezak, 2002), uzyskane wyniki są reprezentatywne raczej dla otwartych obszarów Kotliny Warszawskiej i Równiny Warszawskiej niż obszaru miasta. Tutaj bowiem należałoby się spodziewać nieco wyższej temperatury średniej dobowej (o 0,3-0,5°C) i wyższej temperatury minimalnej (około 1°C), a w konsekwencji mniejszej częstości dni przymrozkowych, jak i będących tematem opracowania dni bardzo mroźnych.

Literatura

- Bell P.A., Greene Th.C., Fisher J. D., Baum A., 2004, *Psychologia środowiskowa*, Gdańskie Wyd. Psychologiczne, Gdańsk.
- Błazejczyk K., 2002, Znaczenie czynników cyrkulacyjnych i lokalnych w kształtowaniu klimatu i bioklimatu aglomeracji warszawskiej, *Dokumentacja Geograficzna* 26, IGiPZ PAN, Warszawa.
- Boryczka J., 1992, Naturalny i antropogeniczny trend temperatury i opadów w Warszawie, *Prace i Studia Geograficzne* 11, UW, 123-133.
- Chelchowski W., 1963, Rzadki przypadek nocy gorącej („tropikalnej”) w Polsce, *Gazeta Obserwatora PIHM* 8, 3-5.
- Chelchowski W., 1967, Jeszcze o nocach gorących w Polsce, *Gazeta Obserwatora PIHM* 9, 3-6.
- Gorczyński W., 1913, Notatka historyczna o dostrzeżeniach warszawskich nad temperaturą powietrza, Sprawozdania Tow. Naukowego Warszawskiego 2.
- Gorczyński W., Kosińska S., 1916, O temperaturze powietrza w Polsce, *Pamiętnik Fizjograficzny* 23, Warszawa.
- Gumiński R., 1952, Materiały do poznania genezy i struktury klimatu Polski (fakty i problemy), *Przegląd Geograficzny*, 24, 3. Przedruk: 1998, *Prace i Studia Geograficzne* 22, UW, 119-144.
- Kicińska B., Wawer J., 2005, Urban climate 8. Weather and air conditions, [w:] M. Gutry-Korycka (red.) *Urban Sprawl Warsaw Agglomeration case study*, Wyd. UW, Warszawa, 155-174.
- Kicińska B., Wawer J., 2010, Wpływ urbanizacji na warunki klimatyczne w Warszawie, [w:] *Atlas współzależności parametrów meteorologicznych i geograficznych w Polsce*, t. 24, Klimat Warszawy i miejscowości strefy podmiejskiej, Wyd. UW, 279-298.

- Kossowska U., 1977, Warunki termiczne Warszawy, *Prace i Studia IG UW, Klimatologia* 9, 5-37.
- Kossowska-Cezak U., 2005, Zmiany różnicy temperatury powietrza między śródmieściem a peryferiami Warszawy od 1933 do 2000 roku, *Przegląd Geofizyczny* 47, 3-4, 203-209.
- Kossowska-Cezak U., 2005, Współczesne ocieplenie a codzienne wartości temperatury średniej dobowej w Warszawie, [w:] *Ekstremalne zjawiska hydrologiczne i meteorologiczne*, PTGeof./IMGW, Warszawa, 64-69.
- Kossowska-Cezak U., 2010, Występowanie pogody gorącej w Warszawie, *Przegląd Geofizyczny* 55, 1-2, 62-75.
- Kossowska-Cezak U., 2014, Zmiany wieloletnie liczby termicznych dni charakterystycznych w Warszawie (1951-2010), *Prace Geograficzne UJ* 136, 9-30.
- Kozłowska-Szczęśna T., Krawczyk B., Kuchcik M., 2004, Wpływ środowiska atmosferycznego na zdrowie i samopoczucie człowieka, Monografie, 4, IGPZ PAN, Warszawa.
- Kożuchowski K., 1992, Klimat termiczny Warszawy na podstawie pomiarów od 1779 roku, *Przegląd Geograficzny* 64, 1-2, 135-142.
- Lipska A., 1986, Instrumentalne obserwacje meteorologiczne w Warszawie, *Przegląd Geofizyczny* 31, 1, 77-93.
- Lityński J., 1969, Liczbowa klasyfikacja typów cyrkulacji i typów pogody dla Polski, *Prace PIHM* 97.
- Lorenc H., 2000, Studia nad 220-letnią (1779-1998) seria temperatury powietrza w Warszawie oraz oceną jej wiekowej tendencji, *Materiały Badawcze, Meteorologia* 31, IMGW.
- Lorenc H., 2007, Zmienność i tendencje maksymalnej i minimalnej temperatury powietrza w Warszawie w okresie 1897- 2002, *Wiadomości Met., Hydr. i Gosp. Wodnej* 1 (51), 4, 3-37.
- Lorenc H., Bogucka M., 1995, Metody obliczania średniej dobowej temperatury i wilgotności względnej powietrza i wyniki badań dla ujednoczenia systemu obserwacji na posterunkach meteorologicznych w Polsce, *Materiały Badawcze, Meteorologia*, 24, IMGW.
- Merecki R., 1914, *Klimatologia ziem polskich*, J. Cotty, Warszawa.
- Rojecki A., 1968, O obserwacjach meteorologicznych w Warszawie w wiekach XVII-XIX, Część I. *Przegląd Geofizyczny* 13, 1, 13-41.
- Stopa-Boryczka M., 1992, Deformacja pól zmiennych meteorologicznych przez zabudowę, *Prace i Studia Geograficzne* 11, 39-73.
- Twardosz R., 2009, Fale niezwykłych upałów w Europie na początku XXI wieku, *Przegląd Geofizyczny* 54, 3-4, 193-204.
- Warakomski W., 1989/1990, W poszukiwaniu koncepcji anomalii klimatycznych, *Annales UMCS*, sectio B, 44/45, 11, 24-223.
- Wawer J., 1997, Miejska wyspa ciepła w Warszawie, *Prace i Studia Geograficzne* 20, 145-197.

Summary

The paper looks at the maximum and minimum air temperature in Warsaw. Average monthly and daily temperatures were derived from the daily maximum, minimum and average values as recorded at the Warszawa-Okęcie airport during

the period 1947-2013. This data record begins with the reopening of the weather station after the Second World War and ends with the last complete calendar year. The air temperatures used are quoted in Tables 1-3.

The study found that during the 67 years the average monthly temperature ranged between -12.4°C (January 1963) and 23.5°C (July 2013) and the average daily temperature ranged between -24.6°C (31 January 1956 and 14 January 1987) and 29.1°C (29 July 2013). In spite of the annual seasonality of the air temperature the coolest days of summer proved to be colder than the warmest days of winter (average temperature of $10\text{-}11^{\circ}\text{C}$). The absolute minimum temperature recorded was -30.7°C (8 January 1987) and the absolute maximum was 37.0°C (8 August 2013). During the period, there were 372 days with maximum temperatures higher than 30.0°C and some of these contributed to 39 heat waves, which were 3-9 days long. There were also 15 days with a maximum temperature higher than 35.0°C and 24 days with a minimum temperature higher than 20.0°C . There were 155 days with a maximum temperature lower than -10.0°C . Some of these coldest days formed 18 cold waves which were 3 to 10 days long. There were 127 days with a minimum temperature below -20.0°C , half of which were days with a maximum temperature $<-10.0^{\circ}\text{C}$.

During the study period, there was an overall shift towards the warmest weather conditions and away from the coolest ones which began in the 1990s. Specifically, there was an increase in days with $t_{max} > 30.0^{\circ}\text{C}$ and $t_{min} > 20.0^{\circ}\text{C}$, i.e. the warmest months and years, as well as an increase in the frequency of heat waves, beginning in the 1990s and accelerating in the 21st century. The coldest months, years and days with $t_{max} < -10.0^{\circ}\text{C}$ and $t_{min} < -20.0^{\circ}\text{C}$ were clearly less frequent from the 1990s onwards, but this change has been less strong, as cold winter months and cold waves continue to occur in alternation with months of mild winter weather.

