

## POGODA UPALNA W ZAKOPANEM (1986–2015)

MAŁGORZATA PAJEWSKA

Uniwersytet Warszawski, Wydział Geografii i Studiów Regionalnych,  
Zakład Klimatologii  
ul. Krakowskie Przedmieście 30, 00–927 Warszawa

**Abstract:** This paper presents the characteristics of hot weather in Zakopane in 1986–2015. The data on air temperature obtained from the NCDC NOAA public databases was the source material for this research. In 1986–2015, there were 18 very hot days, 97 very warm days, 2 tropical nights and 6 very warm nights. During that period there were 3 heat waves (in 2000, 2013 and 2015). The thermal characteristics indicate that since 1990, there has been a distinct increase in the frequency of extreme weather events.

**Keywords:** very hot days, heat waves, tropical nights, Zakopane

### WSTĘP

Od początku lat 90. XX w. wzrasta zainteresowanie występowaniem ekstremalnych zjawisk pogodowych, w tym zjawisk związanych ze zmianami temperatury powietrza. Temperatura powietrza jest to niewątpliwie jeden z najważniejszych parametrów meteorologicznych, który stanowi podstawę wielu prac badawczych współczesnej meteorologii i klimatologii (Bartoszek i in. 2014; Kossowska-Cezak 2010; Kossowska-Cezak, Skrzypczuk 2011; Tomczyk 2015; Więclaw 2015). W zmianach temperatury powietrza na świecie zauważane są pewne tendencje. Od około 30 lat obserwuje się wzrost średniej rocznej temperatury powietrza na Ziemi (Bartoszek i in. 2014). Odnotowywane zmiany mają jednak charakter niejednorodny i wykazują zmienność czasowo-przestrzenną (Grabowska i in. 2007). Jednym z przejawów zmian temperatury powietrza jest występowanie ekstremalnych zjawisk pogodowych, do których należą m.in. fale upałów (Kuchcik 2006). Istnieje wiele przyczyn, które mogą wpływać na te zmiany. Są to m.in. aktywność Słońca, cyrkulacja atmosferyczna i cyrkulacja oceaniczna, a także działalność człowieka. Jednym z głównych czynników oddziałujących na występowanie fal upałów jest cyrkulacja atmosferyczna (Black i in. 2004). Szczególnie ważną rolę pełnią układy wysokiego ciśnienia, charakteryzujące się jednocześnie dużą trwałością, co powoduje występowanie ekstremalnych zjawisk pogodowych takich jak np. fale upałów (Tomczyk, Bednorz 2016). Rozkład przestrzenny wartości temperatury powietrza na danym

obszarze zależy również od położenia geograficznego. Położenie geograficzne wraz z aktywnymi ośrodkami niskiego i wysokiego ciśnienia nad Europą powoduje intensywną wymianę powietrza, a także zmienność napływających mas powietrza (Ustrnul, Czekierda 2009).

Od początku XXI w. w Europie wystąpiło kilka ekstremalnych zjawisk związanych ze zmianami temperatury powietrza, głównie fal upałów oraz fal mrozów, zagrażających zdrowiu i życiu człowieka (Jarzyna 2012). Najbardziej znane fale upałów to fale, które wystąpiły w Europie w sierpniu 2003 r., lipcu 2006, a także w lipcu i sierpniu 2010 r. (Jóźwiak i in. 2010; Twardosz 2009). W Polsce ostatnie 20-lecie również charakteryzowało się częstym występowaniem fal upałów (Twardosz 2009; Kossowska-Cezak 2010). Falami upałów w Polsce zajmowali się m.in. Kossowska-Cezak (2010), Kossowska-Cezak i Skrzypczuk (2011), Krzyżewska i Wereski (2011), Kuchcik (2006), a także Tomczyk (2012). Według Raportu IPCC (2013) w ciągu najbliższych kilkudziesięciu lat nastąpi wzrost częstości ekstremalnych zjawisk pogodowych na świecie.

Celem niniejszego opracowania jest charakterystyka pogody upalnej w Zakopanem w latach 1986–2015.

## MATERIAŁY ŹRÓDŁOWE I METODY BADAŃ

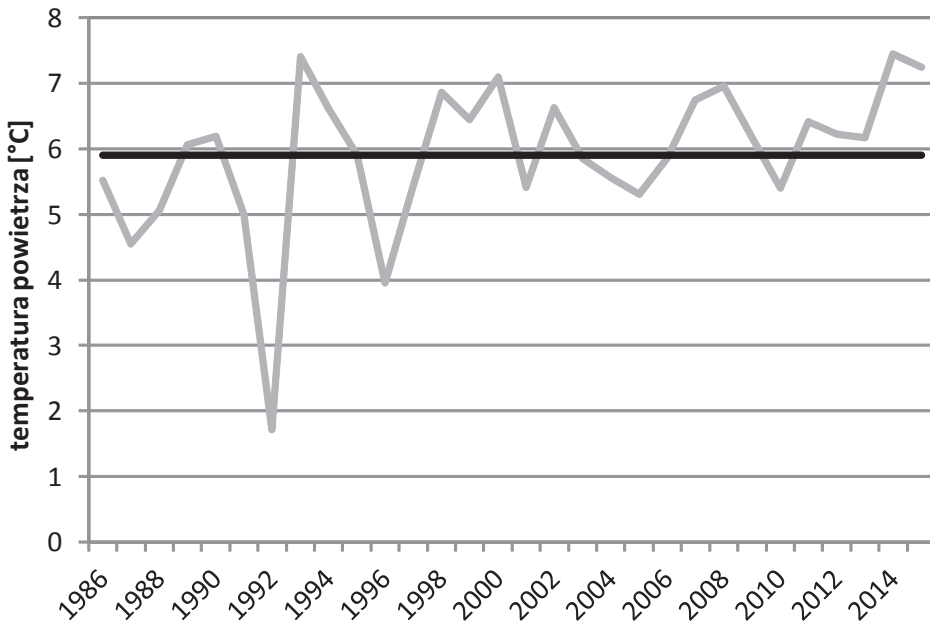
Materiał źródłowy stanowi średnia, maksymalna i minimalna temperatura powietrza w ciągu doby w Zakopanem w wieloleciu 1986–2015. Dane pochodzą z ogólnodostępnych baz danych NCDC NOAA. Krzyżewska (Krzyżewska, Wereski 2011) wykazała, że dane dotyczące temperatury powietrza uzyskane z baz NCDC NOAA są najbardziej zbliżone do danych pomiarowych IMGW-PIB. Na pierwszym etapie prac obliczono średnią temperaturę powietrza w poszczególnych latach, miesiącach oraz średnią wieloletnią, a następnie policzono liczbę dni upalnych, dni gorących, nocy tropikalnych oraz liczbę nocy bardzo ciepłych. Wyznaczono regresję liniową i zbadano istotność statystyczną uzyskanych wyników (poziom progowy 0,05).

W niniejszym opracowaniu za dzień upalny przyjęto dzień z temperaturą maksymalną powyżej 30°C, za dzień gorący dzień z temperaturą maksymalną powyżej 25°C, noce gorące (tropikalne) i bardzo ciepłe zaś stanowią dni z temperaturą minimalną w ciągu doby odpowiednio: powyżej 20°C i powyżej 18°C. Analizy przeprowadzono dla półrocza ciepłego – od 1 kwietnia do 30 września (Kossowska-Cezak, Skrzypczuk 2011). Za falę upałów przyjęto ciąg co najmniej trzech kolejno następujących po sobie dni z temperaturą maksymalną powyżej 30°C. W analizie wzięto pod uwagę inny sposób wydzielenia dni upalnych (wartość progowa 99 percentyla, czyli 1% najwyższych wyników spośród wszystkich wartości maksymalnej temperatury powietrza). Zauważono, iż traktowanie fali upałów jako kilkudniowego okresu z temperaturą maksymalną powietrza

powyżej 30°C powoduje, że wszelkie okresy gorące pojawiające się m.in. na obszarach nadmorskich czy górskich nie są brane pod uwagę lub występują sporadycznie, a przecież także na takich obszarach panują warunki, które mieszkańcy zaadaptowani do nieco niższej temperatury powietrza odczuwają jako upały. Podejście wykorzystujące do wyznaczania dni upalnych metodę percentyli jest uzasadnione szczególnie wtedy, gdy badany obszar jest zróżnicowany pod względem warunków klimatycznych. Warto w kolejnych analizach wykorzystać powyższą metodą oraz porównać wybrane stacje różniące się pod względem klimatycznym. Taki sposób wydzielenia fal upałów polecany jest przez zespół badawczy European Climate Assessment & Dataset (Ustrnul, Wypych 2011).

## WYNIKI

Średnia roczna temperatura powietrza w Zakopanem w latach 1986–2015 wyniosła 6,0°C (ryc. 1). Wahała się od 1,7°C w roku 1992 do 7,5°C w 2014. Za sezon letni przyjęto okres od kwietnia do września (ze względu na charakterystyczne ciepłe termiczne dni występujące jeszcze we wrześniu).



Ryc. 1. Przebieg średniej temperatury powietrza w ciągu roku w Zakopanem w latach 1986–2015 (czerwona linia oznacza średnią wieloletnią)

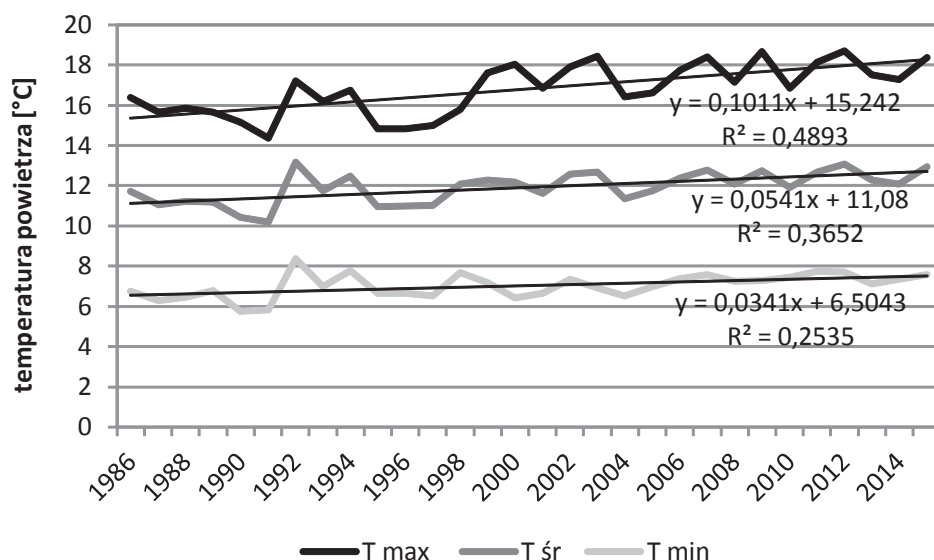
Fig. 1. The course of the average temperature of the year in Zakopane in the years 1986–2015 (red line is long-term average)

W poszczególnych latach zauważono odchylenia od średniej wieloletniej: najniższe odchylenie ujemne wystąpiło w 1992 r. (o  $4,3^{\circ}\text{C}$  od średniej), najwyższe zaś odchylenie dodatnie zaobserwowano w roku 2014 (o  $1,5^{\circ}\text{C}$ ). Wyznaczono trend liniowy (istotny statystycznie) i zaobserwowano, że w analizowanym 30-leciu średnia temperatura powietrza systematycznie wzrasta.

Średnia maksymalna temperatura powietrza w półroczu ciepłym (IV–IX) wynosiła  $16,9^{\circ}\text{C}$  (ryc. 2). Średnia temperatura maksymalna wahała się od  $14,4^{\circ}\text{C}$  (1991) do  $18,7^{\circ}\text{C}$  (2012). Maksimum temperatury w analizowanym wieloleciu wystąpiło 8 VIII 2013 r. i wynosiło  $32,7^{\circ}\text{C}$ . Średnia temperatura minimalna w ciepłej porze roku wyniosła  $7,0^{\circ}\text{C}$  i zmieniała się od  $-11,3^{\circ}\text{C}$  (2013) do  $21,2^{\circ}\text{C}$  (2011). Zauważono istotny statystycznie wzrost maksymalnej, minimalnej oraz średniej dobowej temperatury powietrza w półroczu ciepłym w wieloleciu 1986–2015.

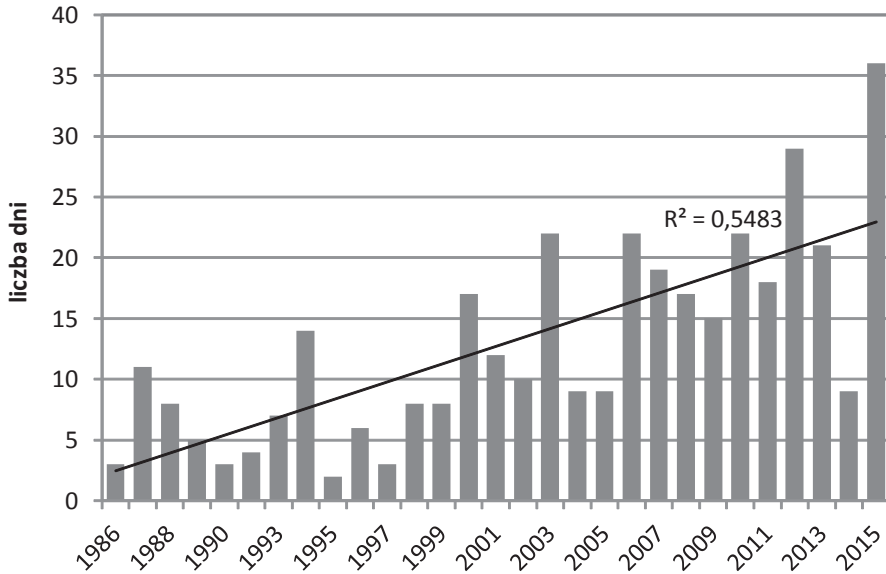
W wieloleciu 1986–2015 wystąpiło łącznie 369 dni gorących, z czego 18 stanowiły dni upalne. Średnio w roku występowało 13 dni gorących. W poszczególnych latach liczba dni gorących wahała się od 2 w roku 1995 do 36 w roku 2015 (ryc. 3). Dni gorące występowały od kwietnia do września. Najwięcej dni gorących odnotowano w lipcu (40,1% wszystkich dni gorących). Liczba dni gorących w analizowanym wieloleciu wykazywała tendencję wzrostową.

Liczba dni upalnych w poszczególnych latach była zróżnicowana (ryc. 4). Najwięcej dni upalnych (5) wystąpiło w roku 2015. Wzrost ich liczby nastąpił

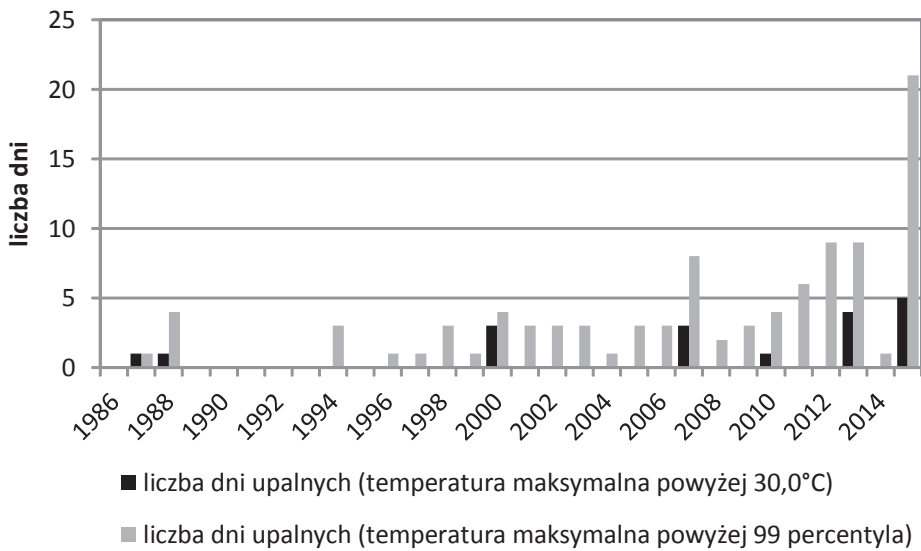


Ryc. 2. Przebieg temperatury maksymalnej, minimalnej oraz średniej w sezonie letnim w Zakopanem w latach 1986–2015

Fig. 2. The course of the average maximal, minimal and average daily temperature of the summer season in Zakopane in the years 1986–2015



Ryc. 3. Liczba dni gorących ( $t_{\max} > 25^{\circ}\text{C}$ ) w Zakopanem w latach 1986–2015  
 Fig. 3. Number of the hot days ( $t_{\max} > 25^{\circ}\text{C}$ ) in Zakopane in the years 1986–2015



Ryc. 4. Liczba dni upalnych ( $t_{\max} > 30^{\circ}\text{C}$ ) w Zakopanem w latach 1986–2015  
 Fig. 4. Number of the very hot days ( $t_{\max} > 30^{\circ}\text{C}$ ) in Zakopane in the years 1986–2015

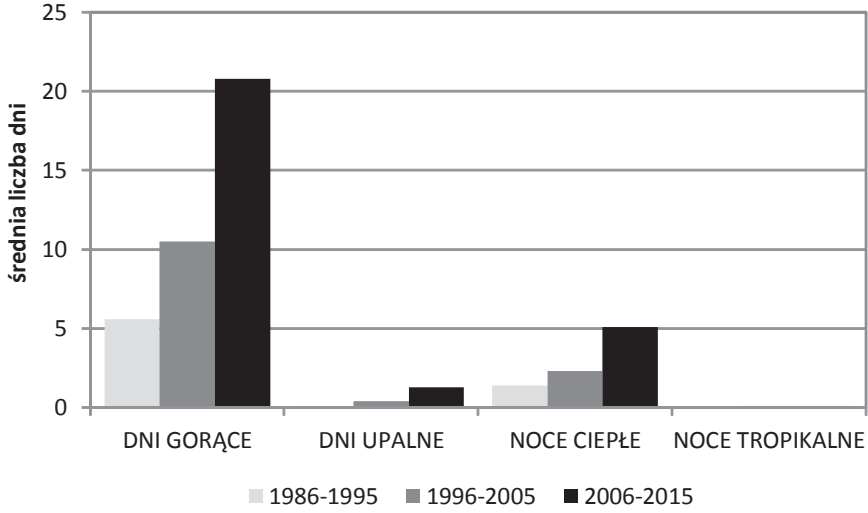
po roku 2000. Większość dni upalnych, bo 15 z 18 przypadków, odnotowano w latach 2000–2015. Dni upalne występowały od maja do października. Najwięcej odnotowano ich w lipcu i sierpniu (77% wszystkich dni upalnych). Dni bardzo upalne (z temperaturą maksymalną powyżej 35°C) na stacji Zakopane nie wystąpiły. W Zakopanem w latach 1986–2015 zaobserwowano zaledwie trzy fale upałów (w roku 2000, 2013, 2015). Wszystkie fale upałów stanowiły fale trzydniowe (19–21 VIII 2000, 6–8 VIII 2013, 30 VIII–1 IX 2015). Najwyższa średnia temperatura maksymalna wystąpiła podczas trzydniowej fali 6–8 VIII 2013 (32,8°C). Porównując dni upalne wyznaczone metodą powszechnie przyjętą w klimatologii (maksymalna temperatura powietrza powyżej 30°C) oraz metodą związaną z określeniem 99 percentyla, zauważyć można, że zdecydowanie więcej wystąpiło dni upalnych wyznaczonych metodą percentyli (97). Ponadto bardziej zaznacza się trend rosnący. Natomiast wyznaczanie dni upalnych za pomocą pierwszej metody wskazuje na brak wyraźnego trendu. Uzyskane wyniki są istotne statystycznie.

W Zakopanem w analizowanym wieloleciu pojawiły się noce bardzo ciepłe i gorące, które w umiarkowanych szerokościach geograficznych stanowią na ogół rzadko występujące zjawisko. Nocy bardzo ciepłych odnotowano łącznie 6, nocy gorących zaś zaledwie 2 w ciągu 30 lat. Ostatnim rokiem, w którym wystąpiła noc gorąca, był rok 2011, kiedy zanotowano najwyższą minimalną temperaturę powietrza w ciągu doby, tj. 21,2°C (27 VIII 2011). Noce bardzo ciepłe występowały od czerwca do sierpnia. W latach 1986–2015 odnotowano zaledwie jedną dobę tropikalną (doba z nocą gorącą i dniem upalnym). Pojawiła się ona 3 VIII 1998 r. Maksymalna temperatura powietrza wyniosła wówczas 30,4°C, a minimalna temperatura 21,0°C. Analizując wybrane termiczne dni charakterystyczne w podziale na 10-lecia, zauważyć można wzrost liczby nocy bardzo ciepłych w ostatnim badanym 10-leciu, tj. 2006–2015 (ryc. 5). Również wzrostowy trend zauważalny jest w przypadku dni gorących. Wzrost liczby dni upalnych w okresach 10-letnich był nieznaczny (z 1 na 13 przypadków).

W analizowanym wieloleciu najchłodniejsze półrocza ciepłe wystąpiły w pięcioleciu 1986–1990 (średnio 11,1°C), najcieplejsze zaś w pięcioleciu 2011–2015 (średnio 12,6°C). (ryc. 6). W pięcioleciach 1991–1995 i 2001–2005 dni upalne nie wystąpiły. Niska frekwencja występowania nocy bardzo ciepłych (średnio 1 w ciągu roku) była charakterystyczna dla całego okresu badawczego. Wzrost częstości dni upalnych nastąpił po roku 2006. W analizowanych latach 1986–2015 nastąpił wzrost średniej temperatury powietrza o 1,5°C.

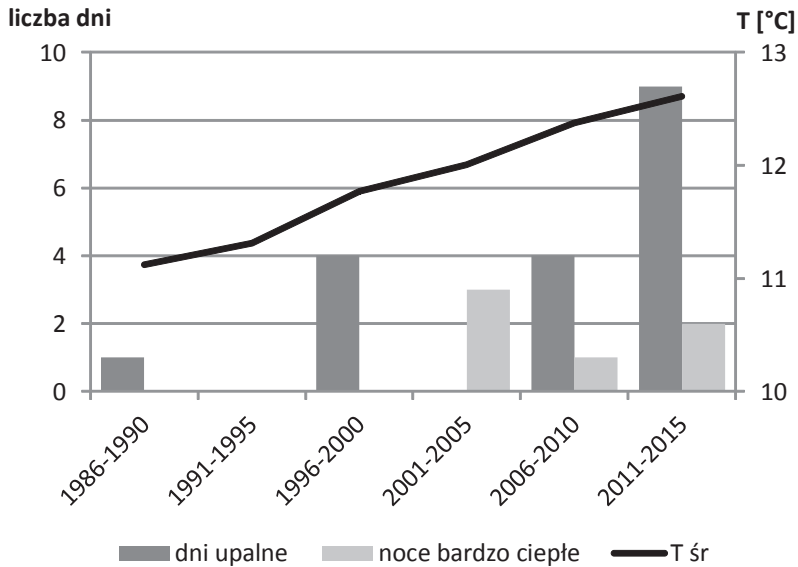
## DYSKUSJA I PODSUMOWANIE

W analizowanym wieloleciu 1986–2015 wystąpiło znaczne zróżnicowanie warunków termicznych. Fale upałów pojawiały się rzadko (zaledwie trzy fale



Ryc. 5. Średnia liczba dni gorących, dni upalnych, nocy bardzo ciepłych i tropikalnych w okresach dziesięcioletnich

Fig. 5. Average number of hot days, very hot days, very warm and tropical nights in ten years periods



Ryc. 6. Średnie pięcioletnie wartości liczby dni upalnych ( $t_{\max} > 30^{\circ}\text{C}$ ), nocy bardzo ciepłych ( $t_{\min} > 18^{\circ}\text{C}$ ) i temperatury powietrza w ciepłej porze roku ( $t_{\text{sr IV-IX}}$ ) (Zakopane 1986–2015)

Fig. 6. 5-year mean values number of very hot days ( $t_{\max} > 30^{\circ}\text{C}$ ), of very warm nights ( $t_{\min} > 18^{\circ}\text{C}$ ) and of air temperature in summer ( $t_{\text{sr IV-IX}}$ ) (Zakopane 1986–2015)

upałów w ciągu 30 lat), jednak wzrost częstości termicznych dni charakterystycznych oraz wzrost maksymalnej, minimalnej oraz średniej temperatury powietrza w ciągu roku świadczą o nasileniu się ekstremów również na obszarach górskich. Wszystkie uwzględnione charakterystyki termiczne wskazują, że po roku 1990 nastąpił wyraźny wzrost częstości dni upalnych i dni gorących oraz bardzo ciepłych nocy w Zakopanem. Liczba dni gorących w analizowanym okresie w półroczu ciepłym wahała się od 2 do 36, dni upalnych zaś od 1 do 5. Liczba nocy bardzo ciepłych wyniosła 6, a nocy tropikalnych 2. W analizowanym wieloleciu wystąpiły trzy fale upałów, spośród których najdłuższą odnotowano w 2015 r. (30 VIII–1 IX 2015). Fale upałów występowały głównie w sierpniu.

Kossowska-Cezak i Skrzypczuk (2011), Kuchcik (2006) oraz Tomczyk (2012) badając pogodę upalną, stwierdzili wzrost liczby dni gorących, dni upalnych oraz fal upałów w Polsce w ostatnich dziesięcioleciach. W niniejszym opracowaniu, podobnie jak w opracowaniach innych autorów (Kossowska-Cezak, Skrzypczuk 2011; Tomczyk 2012), stwierdzono również wzrost maksymalnej, minimalnej i średniej temperatury powietrza.

Powstaje zatem pytanie, czy jest to efekt współczesnego ocieplenia, czy może wpływ cyrkulacji atmosferycznej nad Europą i innych czynników. Wzrost wartości średniej temperatury maksymalnej w ostatnich latach nie wskazuje na globalne ocieplenie. W celu weryfikacji należało by przeanalizować również inne wskaźniki. Natomiast wartym uwagi zjawiskiem jest wzrost minimalnej temperatury powietrza.

## LITERATURA

- Bartoszek K., Węgrzyn A., Sienkiewicz E., 2014: *Częstość występowania i uwarunkowania cyrkulacyjne nocy ciepłych, bardzo ciepłych oraz gorących w okolicach Lublina i Nałęczowa*, Przegląd Naukowy – Inżynieria i Kształtowanie Środowiska, nr 66, 410–420.
- Black E.M., Blackburn M., Harrison G., Hoskins B., Methven J., 2004: *Factors contributing to the summer 2003 European heatwave*, Weather, 59, 217–223.
- Grabowska K., Panfil M., Olba-Zięty E., 2007: *Ekstremalne warunki termiczne w latach 1951–2005 w Polsce północno-wschodniej*, Acta Agrophysica, 10(2), 341–347.
- Jarzyna K., 2012: *Zróźnicowanie stresu gorąca na Wyżynie Kieleckiej w czasie fal upałów na początku XXI wieku*, Monitoring Środowiska Przyrodniczego, Vol. 13, 41–50.
- Jóźwiak M., Jarzyna K., Kozłowski R., Szwed M., 2010: *Przebieg, przyczyny i skutki środowiskowe ekstremalnego zdarzenia pogodowego w Górach Świętokrzyskich w 2006 roku*, Monitoring Środowiska Przyrodniczego, 11, 49–54.
- Kossowska-Cezak U., 2010: *Fale upałów i okresy upalne – metody ich wyróżniania i wyniki zastosowania*, Prace Geograficzne, 123, 143–149.
- Kossowska-Cezak U., Skrzypczuk J., 2011: *Pogoda upalna w Warszawie (1947–2010)*, Prace i Studia Geograficzne, 47, 139–146.
- Krzyżewska A., Wereski S., 2011: *Fale upałów i mrozów w wybranych stacjach Polski na tle regionów bioklimatycznych (2000–2010)*, Przegląd Geofizyczny, 56, 1–2, 99–109.



- Kuchcik M., 2006: *Fale upałów w Polsce w latach 1993–2002*, Przegląd Geograficzny, 78, 3, 397–412.
- Tomczyk A.M., 2012: *Pogoda upalna w Poznaniu w latach 1980–2011*, Słupskie Prace Geograficzne, 9, 155–162.
- Tomczyk A.M., 2015: *Najdłuższa fala upałów oraz fala mrozów w Poznaniu na tle cyrkulacji atmosferycznej*, Acta Geographica Silesiana, 19, 67–71.
- Tomczyk A.M., Bednorz E., 2016: *Heat waves in Central Europe and their circulation conditions*, International Journal of Climatology, 36, 770–782.
- Twardosz R., 2009: *Fale niezwykłych upałów w Europie na początku XXI wieku*, Przegląd Geofizyczny, 54, 3–4.
- Ustrnul Z., Czekerda D., 2009: *Atlas ekstremalnych zjawisk meteorologicznych oraz sytuacji synoptycznych w Polsce*, IMGW, Warszawa.
- Ustrnul Z., Wypych A., 2011: *Ekstremalne wartości temperatury powietrza w Polsce w świetle różnych klasyfikacji typów cyrkulacji*, Prace i Studia Geograficzne, t. 47, 87–95.
- Więclaw M., 2015: *Bardzo ciepłe i gorące noce w północno-zachodniej Polsce*, Journal of Education, Health and Sport, 5(12), 31–40.