

Arkadiusz Marek Tomczyk

Uniwersytet im. Adama Mickiewicza, Wydział Nauk Geograficznych i Geologicznych, ul. Dziegielowa 27, 61-680 Poznań;
e-mail: atomczyk@amu.edu.pl

NAJDŁUŻSZA FALA UPAŁÓW ORAZ FALA MROZÓW W POZNANIU NA TLE CYRKULACJI ATMOSFERYCZNEJ

Томчик А. М. Самые длинные периоды аномальной жары и аномальных морозов в г. Познань на фоне циркуляции атмосферы. Целью статьи является определение барических условий, вызывающих наступление самых длинных периодов аномальной жары и аномальных морозов в Познани в 1971–2010 гг. За анализируемый промежуток времени такой период жары был отмечен летом 1994 г., а морозов – зимой 1984–1985 гг. Доказано, что жара была связана с положительными аномалиями и давления на уровне моря (SLP) и 500 гПа, а морозы – с такими же аномалиями SLP, но с отрицательными 500 гПа.

Tomczyk A. M. The longest heat and frost waves in Poznań in connection to atmospheric circulation. This article aims at determining pressure conditions causing the occurrence of the longest heat and frost waves in Poznań between 1971 and 2010. Within the analysed period, the longest heat wave was observed during the summer of 1994, while the longest frost wave occurred in the winter season of 1984/85. The occurrence of the longest heat wave was connected with SLP and z500 hPa positive anomalies, while the frost wave was associated with SLP positive anomalies and z500 hPa negative anomalies.

Słowa kluczowe: cyrkulacja atmosferyczna, fala upałów, fala mrozów, Poznań

Ключевые слова: атмосферная циркуляция, тепловая волна, волна холода, Познань

Key words: atmospheric circulation, heat wave, frost wave, Poznań

Zarys treści

Celem niniejszej pracy jest określenie warunków barycznych, powodujących wystąpienie najdłuższej fali upałów i fali mrozów w Poznaniu w latach 1971–2010. W analizowanym okresie najdłuższą falę upałów stwierdzono podczas lata w 1994 roku, natomiast najdłuższą falę mrozów – w sezonie zimowym 1984/1985. Wystąpienie najdłuższej fali upałów związane było z dodatnimi anomaliami SLP oraz z500 hPa, natomiast fali mrozów – z dodatnimi anomaliami SLP oraz ujemnymi anomaliami z500 hPa.

WSTĘP

Ostatnia dekada XX oraz pierwsza XXI wieku charakteryzowała się częstszym występowaniem nie tylko niezwykle gorących miesięcy, ale także całych sezonów letnich (TWARDOSZ, KOSSOWSKA-CEZAK, 2013). Jak wskazują autorzy Raportów IPCC (2007, 2013), w najbliższym czasie nastąpi wzrost częstości ekstremalnego gorąca, fal ciepła oraz nawalnych opadów. Badania modelowe wskazują, iż fale upałów w XXI

wieku będą nie tylko częstsze, ale również dłuższe oraz bardziej intensywne (КИКТЕВ i in., 2003; МЕЕHL, TEBALDI, 2004; BENISTON i in., 2007; KÜRBIS i in., 2009; PONGRÁ CZ, BARTHOLY, BARTHA, 2013).

Wyraźny wzrost zainteresowania pogodą upalną nastąpił po gorącym lecie w 2003 roku w Europie Zachodniej i Południowej, które spowodowało ponad 35 000 ofiar śmiertelnych, w tym 14 000 we Francji (JOHNSON i in., 2005; POUMADERE i in., 2005). W Paryżu rekordową liczbę zgonów stwierdzono 13 sierpnia 2003 roku, która przekroczyła o 600% średnią dzienną (VANDENTORREN i in., 2004; TWARDOSZ, 2009). Z kolei w 2010 roku intensywne fale upałów odnotowano w Europie Wschodniej (GRUMM, 2011; OTTO i in., 2012).

Celem niniejszej pracy jest określenie cyrkulacji atmosferycznej podczas najdłuższej fali upałów oraz najdłuższej fali mrozów w Poznaniu w latach 1971–2010.

MATERIAŁY I METODY ANALIZY

W niniejszej pracy wykorzystano codzienne dane dotyczące maksymalnej (Tmax), minimalnej (Tmin) oraz średniej (Tś) temperatury powietrza w Poznaniu dla lat 1970–2010. Dane pozyskano ze zbiorów Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej – Państwowego Instytutu Badawczego.

Na podstawie powyższych danych wyznaczono dni upalne, spośród których wydzielono fale upałów i fale mrozów. Dzień upalny zdefiniowano jako dzień z temperaturą maksymalną powyżej wartości 95 rocznego percentyla, która wynosiła 27,8°C. Z kolei za dzień mroźny uznano dzień z temperaturą maksymalną poniżej wartości 5 rocznego percentyla, która wynosiła -1,7°C. Za falę upałów uznano ciąg przynajmniej 5 dni upalnych, natomiast za falę mrozów – ciąg przynajmniej 5 dni mroźnych.

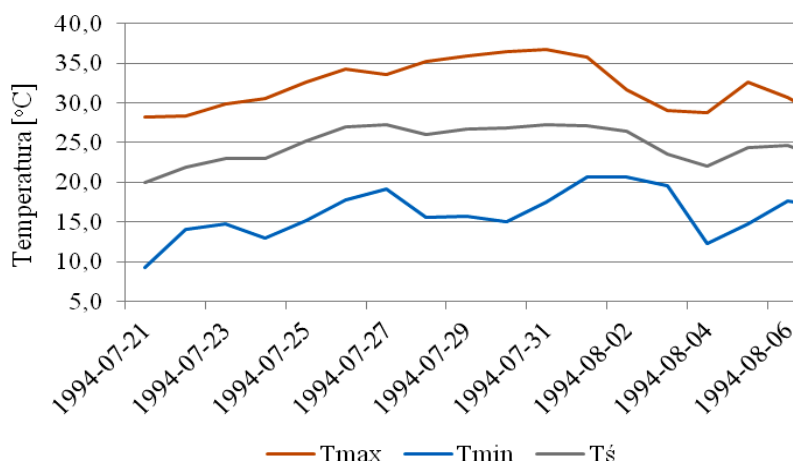
W celu określenia warunków barycznych powodujących wystąpienie najdłuższej fali upałów oraz fali mrozów w Poznaniu, wykorzystano codzienne wartości ciśnienia na poziomie morza (SLP) oraz wysokości powierzchni izobarycznej 500 hPa (z500 hPa). Dane pochodzą ze zbiorów National Center for Environmental Prediction/National Center for Atmospheric Research (NCEP/NCAR) Reanalysis (KALNAY

i in., 1996), które są dostępne w źródłach Climate Research Unit. Na podstawie powyższych danych, wykreślono mapy średniego SLP oraz z500 hPa dla wybranej fali upałów oraz fali mrozów i mapy anomalii. Anomalie wyliczono jako różnicę między średnią wartością SLP oraz z500 hPa dla fali upałów oraz fali mrozów a średnią wartością powyższych elementów odpowiednio w sezonie letnim (VI–VIII) oraz zimowym (XII–III).

WYNIKI

Fale upałów

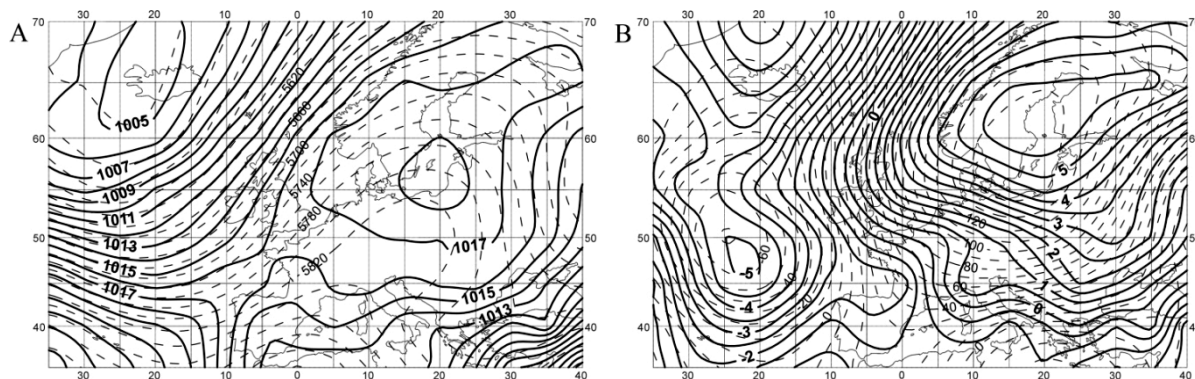
W latach 1971–2010 w Poznaniu odnotowano 34 fale upałów, które łącznie trwały 249 dni. W poszczególnych dekadach ich liczba zmieniała się z 5 w latach 1981–1990 do 11 w latach 2001–2010. Fale upałów występowały od przełomu maja i czerwca do sierpnia, lecz najczęściej były notowane w lipcu (52,9% wszystkich fal upałów). Najdłuższa z nich miała miejsce w 1994 roku i trwała od 21 lipca do 7 sierpnia (rys. 1). Podczas tej fali średnia Tś wynosiła 24,7°C, natomiast Tmax 32,1°C, a Tmin – 16,1°C. Najwyższą Tmax odnotowano 31 lipca (36,7°C), z kolei najwyższą Tmin – 1 i 2 sierpnia (20,6°C).



Rys. 1. Temperatura powietrza (Tś, Tmax, Tmin) podczas najdłuższej fali upałów w Poznaniu w latach 1971–2010
Рис. 1. Температура воздуха (Tś, Tmax, Tmin) во время самого длинного периода жары в г. Poznań в 1971–2010 гг.
Fig. 1. Air temperature (Tś, Tmax, Tmin) during the longest heat wave in Poznań between 1971 and 2010

Podczas najdłuższej fali upałów, Polska znajdowała się pod wpływem wyżu z centrum nad Morzem Bałtyckim (>1018 hPa). SLP nad obszarem badań było wyższe niż przeciętnie latem o około 3 hPa. Izohipsy powierzchni izobarycznej 500 hPa nad Europą Środkową wygięte były ku północo-wschodowi, tworząc wyraźne podwyższenie, co wskazuje na obecność ciepłych mas powietrza. Masy te cechują się mniejszą gęstością niż chłodne, stąd spadek ciśnie-

nia, wraz z wysokością, następuje wolniej. Anomalie z500 hPa nad obszarem badań wynosiły >130 m (rys. 2). Opisany układ ciśnienia powodował napływ w dolnej troposferze ciepłych, kontynentalnych mas powietrza ze wschodu oraz północo-wschodu. Na wyższych poziomach troposfery, stwierdzono adwekcje zwrotnikowego powietrza z południo-zachodu.



Rys. 2. Ciśnienie na poziomie morza i wysokość powierzchni izobarycznej 500 hPa (A) oraz mapa anomalii ciśnienia na poziomie morza i powierzchni izobarycznej 500 hPa (B) podczas najdłuższej fali upałów

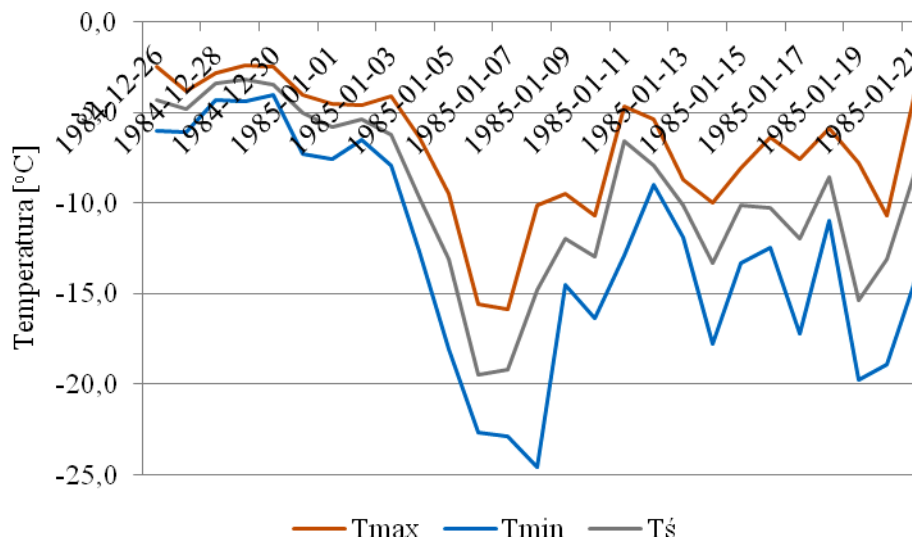
Рис. 2. Давление воздуха на уровне моря и высота изобарической поверхности 500 hPa (A), а также карта аномалий давления на уровне моря и изобарической поверхности 500 hPa (B) во время самого длинного периода жары

Fig. 2. Sea level pressure and height of isobaric surface 500 hPa (A) as well as the map of sea level pressure and isobaric surface 500 hPa anomalies (B) during the longest heat wave

Fale mrozów

W analizowanym wieloleciu, w Poznaniu odnotowano 44 fale mrozów, które łącznie trwały 406 dni. W poszczególnych dekadach ich liczba wahała się od 9 w latach 1990/1991–1999/2000 do 14 w latach 1970/1971–1979/1980. Fale mrozów najliczniej występowały w styczniu (54,5% wszystkich tych przy-

padków), aczkolwiek były notowane od listopada do marca. Najdłuższą falę mrozów stwierdzono zimą 1984/1985 i trwała ona od 26 grudnia do 21 stycznia (rys. 3). Podczas tej fali mrozów, średnia T_s wynosiła $-9,6^{\circ}\text{C}$, natomiast T_{max} : $-7,0^{\circ}\text{C}$, a T_{min} : $-12,8^{\circ}\text{C}$. Najniższą T_{max} odnotowano 7 stycznia ($-15,9^{\circ}\text{C}$), natomiast najniższą T_{min} – 8 stycznia ($-24,6^{\circ}\text{C}$).



Rys. 3. Temperatura powietrza (T_s , T_{max} , T_{min}) podczas najdłuższej fali mrozów w Poznaniu w latach 1971–2010

Рис. 3. Температура воздуха (T_s , T_{max} , T_{min}) во время самого длинного периода морозов в 1971–2010 гг.

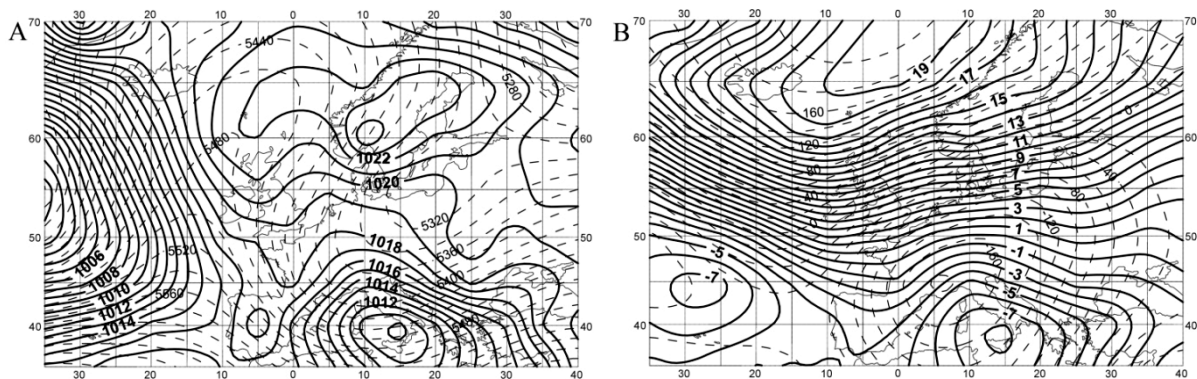
Fig. 3. Air temperature (T_s , T_{max} , T_{min}) during the longest frost wave in Poznań between 1971 and 2010

W analizowanych dniach Polska pozostawała pod wpływem ośrodka wysokiego ciśnienia z centrum nad południowym Półwyspem Skandynawskim (>1024 hPa). Nad obszarem badań SLP wynosiło około 1019 hPa i było wyższe o około 3 hPa aniżeli przeciętnie zimą. Centrum dodatnich anoma-

lii SLP położone było nad północnym Atlantykiem (>19 hPa), natomiast centrum ujemnych anomalii – nad Sycylią (<-8 hPa). Izohipsy powierzchni izobarycznej 500 hPa nad Europą Środkową wygięte były ku południo-zachodowi, tworząc wyraźne obniżenie, co wskazuje na zaleganie chłodnych mas powietrza

(книжю 4). Anomalie z500 hPa nad obszarem badań wynosiły około -140 m. Opisany powyżej układ ciśnienia powodował napływ w dolnej troposferze mroź-

nych i suchych mas powietrza z sektora wschodniego. W wyższych warstwach troposfery następowała adwekcja arktycznych mas powietrza z północy.



Rys. 4. Ciśnienie na poziomie morza i wysokość powierzchni izobarycznej 500 hPa (A) oraz mapa ciśnienia na poziomie morza i powierzchni izobarycznej 500 hPa (B) podczas najdłuższej fali mroźów

Рис. 4. Давление воздуха на уровне моря и высота изобарической поверхности 500 hPa (A), а также карта аномалий давления на уровне моря и изобарической поверхности 500 hPa (B) во время самого длинного периода морозов

Fig. 4. Sea level pressure and height of isobaric surface 500 hPa (A) as well as the map of sea level pressure and isobaric surface 500 hPa anomalies (B) during the longest frost wave

DYSKUSJA I PODSUMOWANIE

W analizowanym okresie stwierdzono w Poznaniu 34 fale upałów oraz 44 fale mroźów. Najdłuższa fala upałów wystąpiła w 1994 roku (18 dni), natomiast najdłuższa fala mroźów miała miejsce podczas zimy 1984/1985 roku (27 dni). Fala upałów z 1994 roku była również najdłuższą falą na przeważającym obszarze Europy Środkowej (TOMCZYK, BEDNORZ, 2015), a także m. in. na Ukrainie (SHEVCHENKO i in., 2014). Podczas fali upałów z 1994 roku, w Warszawie zanotowano wzrost umieralności ogólnej o 33% w porównaniu do tego samego okresu w 1995 roku (KUCHCIK, 2001).

Wyznaczone warunki baryczne, powodujące wystąpienie najdłuższej fali upałów oraz najdłuższej fali mroźów są zbieżne z warunkami barycznymi powodującymi występowanie fal upałów i chłodu na południowym wybrzeżu Morza Bałtyckiego (TOMCZYK, BEDNORZ, 2014). Fale upałów w Poznaniu mogą być związane zarówno z klinem wysokiego ciśnienia, zapewniającym napływ powietrza polarno-morskiego oraz zwrotnikowego, jak i z wyżem z centrum nad Morzem Norweskim, zapewniającym adwekcję powietrza polarnego kontynentalnego (TOMCZYK, 2014). Jak wykazała analiza USTRNULA, CZEKIERDY i WYPYCH (2010), występowanie najwyższych wartości temperatury w Polsce wiąże się z sytuacją antycyklonalną bez wyraźnej adwekcji, natomiast występowanie najniższych wartości temperatury z sytu-

acją wyżową z napływem powietrza z sektora wschodniego. Występowanie letnich fal ciepła w środkowej Polsce związane jest z dodatnimi anomaliami powierzchni izobarycznej 700 hPa i napływem mas powietrza z południowego wschodu, latem zwykle gorących i suchych (WIBIG, 2007).

KONKLUZJE

Wystąpienie najdłuższej fali upałów oraz najdłuższej fali mroźów związane było z ośrodkiem wysokiego ciśnienia położonym w rejonie Morza Bałtyckiego, warunkującym napływ mas powietrza ze wschodu oraz północno-wschodu w lecie ciepłych, natomiast w zimie mroźnych kontynentalnych mas powietrza. Podczas najdłuższej fali upałów notowano dodatnie anomalie SLP oraz z500 hPa, natomiast podczas najdłuższej fali mroźów dodatnie SLP oraz ujemne anomalie z500 hPa.

Praca została częściowo sfinansowana ze środków Narodowego Centrum Nauki przyznanych na podstawie umowy: UMO-2014/15/N/ST10/00717.

LITERATURA

Beniston M., Stephenson D. B., Christensen O. B., Ferro C. A. T., Frei C., Goyette S., Halsnaes K., Holt T., Jylha K., Koffi B., Palutikof J., Scholl R., Semmler T., Woth K., 2007: Future extreme events in European

- Climate: An exploration of regional climate model projections. *Climatic Change*, 81: 81–95.
- Grumm R. H., 2011: The Central European and Russian heat event of July – August 2010. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 92: 1285–1296.
- IPCC. 2007: Climate change: The physical science basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel in Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge.
- IPCC. 2013: Climate change: The physical science basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel in Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge.
- Johnson H., Kovats R. S., McGregor G., Stedman J., Gibbs M., Walton H., 2005: The impact of the 2003 heat wave on daily mortality in England and Wales and the use of rapid weekly mortality estimates. *Euro-surveillance*, 10 (7–9): 168–171.
- Kalnay E., Kanamitsu M., Kistler R., Collins W., Deaven D., Gandin L., Iredell M., Saha S., White G., Woollen J., Zhu Y., Leetmaa A., Reynolds R., Chelliah M., Ebisuzaki W., Higgins W., Janowiak J., Mo K. C., Ropelewski C., Wang J., Jenne R., Joseph D., 1996: The NMC/NCAR 40–Year Reanalysis Project. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 77: 437–471.
- Kiktev D., Sexton D. M. H., Alexander L., Folland C. K., 2003: Comparison of modeled and observed trends in indices of daily climate extremes. *Journal of Climate*, 16: 3560–3571.
- Kuchcik M., 2001: Mortality in Warsaw: is there Any connection with weather and air pollution? *Geographia Polonica*, 74 (1): 29–45.
- Kürbis K., Mudelsee M., Tetzlaff G., Brázdil R., 2009: Trends in extremes of temperature, dew point, and precipitation from long instrumental series from Central Europe. *Theoretical and Applied Climatology*, 98: 187–195.
- Meehl G. A., Tebaldi C., 2004: More intense, more frequent, and longer lasting heat waves in the 21st century. *Science*, 305: 994–997.
- Otto F. E. L., Massey N., van Oldenborgh G. J., Jones R. G., Allan M. R., 2012: Reconciling two approaches to attribution of the 2010 Russian heat wave. *Geophysical Research Letters*, 39, L04702. DOI: 10.1029/2011GL05042.
- Pongrácz R., Bartholy J., Bartha E. B., 2013: Analysis of projected changes in the occurrence of heat waves in Hungary. *Advances in Geosciences*, 35: 115–122.
- Poumadere M., Mays C., Le Mer S., Blong R., 2005: The 2003 Heat Waves in France: Dangerous Climate Change Here and Now. *Risk Analysis*, 25 (6): 1483–1494.
- Shevchenko O., Lee H., Snizhko S., Mayer H., 2014: Long-term analysis of heat waves in Ukraine. *International Journal of Climatology*, 34: 1642–1650.
- Tomczyk A. M., Bednorz E., 2014: Heat and cold waves on the southern coast of the Baltic Sea. *Baltica*, 27 (1): 45–53.
- Tomczyk A. M., Bednorz E., 2015: Heat waves in Central Europe and their circulation conditions. *International Journal of Climatology*, DOI: 10.1002/joc.4381.
- Twardosz R., 2009: Fale niezwykłych upałów w Europie na początku XXI wieku. *Przegląd Geofizyczny*, 54 (3–4): 192–204.
- Twardosz R., Kossowska-Cezak U., 2013: Exceptionally hot summers in central and eastern Europe (1951–2010). *Theoretical and Applied Climatology*, 112: 617–628.
- Ustrnul Z., Czekierda D., Wypych A., 2010: Extreme values of air temperature in Poland according to different atmospheric circulation classifications. *Physics and Chemistry of the Earth*, 35: 429–436.
- Vandentorren S., Suzan R., Medina S., Pascal M., Maulpoix A., Cohen J. C., Ledrans M., 2004: Mortality in 13 French cities during the August 2003 heat wave. *American Journal of Public Health*, 94 (9): 1518–1520.
- Wibig J., 2007: Fale ciepła i chłodu w środkowej Polsce na przykładzie Łodzi. *Acta Universitatis Lodziensis, Folia Geographica Physica*, 8: 27–61.