

IDENTYFIKACJA EKSTREMALNYCH WARTOŚCI TEMPERATURY POWIETRZA I OPADÓW ATMOSFERYCZNYCH NA PODSTAWIE ODCHYLEŃ OD NORMY I PRAWDOPODOBIENSTWA

Tadeusz ZAWORA

Akademia Rolnicza w Krakowie, Katedra Meteorologii i Klimatologii Rolniczej

Słowa kluczowe: opady atmosferyczne, temperatura, wartości ekstremalne

Streszczenie

Na podstawie 100-letnich (1901–2000) danych dotyczących średnich miesięcznych wartości temperatury powietrza i miesięcznych sum opadów atmosferycznych uśrednionych dla obszaru województwa podkarpackiego obliczono wartości odchylenia temperatury powietrza i procent normy opadów o empirycznym prawdopodobieństwie nieosiągnięcia i przewyższenia 1–5, 7 i 10% dla szeregów uporządkowanych rosnąco i malejąco. Umożliwiło to identyfikację ekstremalnych wartości średniej miesięcznej temperatury powietrza i miesięcznych sum opadów atmosferycznych, zwłaszcza w sytuacji obserwowanych zaburzeń ekologicznych i szkód gospodarczych. Uzyskane wyniki mogą być również uzupełnieniem charakterystyki zróżnicowania przebiegu pogody w krótkim, zazwyczaj kilkuletnim, okresie badań terenowych lub doświadczeń polowych jako punkt odniesienia nie tylko do normy, ale także do wartości ekstremalnych

WSTĘP

W większości istniejących klasyfikacji odchylenia temperatury i opadów od normy za punkt wyjścia bierze się wartość średnią wieloletnią danego elementu meteorologicznego. Wartość odchylenia temperatury od normy (°C), procent opadu

Adres do korespondencji: dr hab. T. Zawora, Akademia Rolnicza, Katedra Meteorologii i Klimatologii Rolniczej, al. Mickiewicza 24/28, 30-059 Kraków; tel. +48 (12) 662-41-26, e-mail: tzawora@ar.krakow.pl

średniego wieloletniego lub określona wartość odchylenia standardowego SD dają podstawy do zaklasyfikowania danego miesiąca do jednej z kategorii termicznych i opadowych, zaproponowanych przez autora. W odniesieniu do temperatury powietrza LORENC [2000] wydzieliła na przykład 11 takich kategorii, poczynając od miesiąca ekstremalnie ciepłego $>2,51SD$, do miesiąca ekstremalnie chłodnego ($<2,51SD$). Z kolei do oceny niedoboru i nadmiaru opadów w stosunku do normy KACZOROWSKA [1962] wydzieliła 7 kategorii – od miesiąca skrajnie suchego ($<25\%$ normy) do skrajnie wilgotnego ($>200\%$ normy). W Biuletynie Państwowej Służby Hydrologiczno-Meteorologicznej [2004] wydzielono tylko 5 kategorii temperatury i opadów – od znacznie poniżej normy ($<2,0^{\circ}C$ i $0-24\%$) do znacznie powyżej normy ($>2,0^{\circ}C$ i $>175\%$).

W ocenie wyników kilkuletnich fizycznogeograficznych lub rolniczych badań terenowych ważne jest, aby obserwacje i eksperymenty prowadzić w latach zbliżonych do typowych. Nie należy bowiem formułować zaleceń dla praktyki na podstawie eksperymentów polowych realizowanych w warunkach meteorologicznych odbiegających od przeciętnych. W pewnych szczególnych przypadkach wyniki eksperymentów przeprowadzonych w nietypowych, a nawet ekstremalnych warunkach meteorologicznych umożliwiają jednak ocenę wybranych cech użytkowych odmian (np. mrozoodporność i wytrzymałość na wyleganie) lub uchwycenie zjawisk morfogenetycznych, które nie ujawniają się w latach o zbliżonym do przeciętnego przebiegu pogody. Ocena zjawisk ekstremalnych, zwłaszcza hydrologicznych, jest ważna w odniesieniu do budowli hydrotechnicznych, które projektuje się na przepływy miarodajne o prawdopodobieństwie pojawienia się nawet raz na tysiąc lat [OZGA-ZIELIŃSKA, 1997]. Teoretyczne rozkłady prawdopodobieństwa opracowuje się wybranymi metodami statystycznymi na podstawie uporządkowanych, empirycznych, zazwyczaj kilkudziesięcioletnich, serii obserwacyjnych.

Przedstawione opracowanie jest wstępną próbą oceny częstości pojawienia się bardzo wysokich i bardzo niskich średnich miesięcznych wartości temperatury powietrza i miesięcznych sum opadów atmosferycznych na obszarze południowo-wschodniej Polski, obejmującej w przybliżeniu obszar dzisiejszego województwa podkarpackiego. Ma to ułatwić identyfikację ekstremalnych wartości wspomnianych elementów meteorologicznych, zwłaszcza kiedy mają one związek z obserwowanymi zaburzeniami ekologicznymi i szkodami gospodarczymi. Uzyskane wyniki mogą również stanowić uzupełnienie charakterystyki zróżnicowania przebiegu pogody w badanym, zazwyczaj kilkuletnim, okresie badań terenowych lub doświadczeń polowych jako punkt odniesienia nie tylko w stosunku do normy, ale przede wszystkim do wartości ekstremalnych na danym terenie.

METODY BADAŃ

W pracy wykorzystano dane dotyczące średnich miesięcznych wartości temperatury powietrza i miesięcznych sum opadów atmosferycznych z okresu 1901–2000 z obszaru dzisiejszego województwa podkarpackiego. Były to wartości średnie obszarowe ważone z 5 lub 7 stacji (w zależności od okresu) o długoletnim ciągu obserwacji. Wartości te przyjęto jako normę. Metodę uśredniania opisano w jednej z wcześniejszych publikacji [ZAWORA i in., 2000/2001]. Chronologiczne szeregi obserwacyjne uporządkowano w szeregi rosnące do określenia wartości najniższych i w szeregi malejące do określenia wartości najwyższych. Wartości progowe dla analizowanych prawdopodobieństw przyjęto na podstawie dystrybucyj empirycznej temperatury i opadów atmosferycznych z okresu 1901–2000 bez zakładania typu rozkładu. Przyjmując takie podejście, prawdopodobieństwo należy utożsamiać z powtarzalnością analizowanych zdarzeń klimatycznych w długim (100-letnim) okresie obserwacji. Metodę tę opisał HESS [1967] w charakterystyce klimatu miasta Kraków na podstawie 100-letniej (1864–1963) serii obserwacyjnej. Obliczono wartości odchylenia temperatury w °C lub % normy opadów o prawdopodobieństwie empirycznym 1, 2, 3, 4, 5, 7 i 10%, a więc raz na 100, 50, 33, 25, 20, 14 i 10 lat. Nie przyjęto wyraźnej granicy, po przekroczeniu której wartość elementu można uznać za ekstremalną. Bez większych zastrzeżeń za wartości graniczne można uznać te, które wystąpiły raz lub jeszcze rzadziej w ciągu życia jednego pokolenia, a więc o prawdopodobieństwie do 5%.

WYNIKI BADAŃ

Na obszarze dzisiejszego województwa podkarpackiego największe ujemne odchylenia temperatury od normy występowały w lutym 12,3°C i styczniu 9,1°C, natomiast najmniejsze w lipcu i sierpniu – w badanym stuleciu nie zdarzyły się odchylenia ujemne niższe niż 2,6°C (tab. 1). Raz na 20 lat ujemne odchylenia w styczniu osiągnęły wartość 5,9°C, w lutym 6,9°C, a w miesiącach letnich (VI–VIII) ok. 2,0°C. Odchylenie ujemne, wynoszące ok. 4,5°C, na przykład w listopadzie może się zdarzyć raz na 50 lat, w marcu – raz na 33 lata, a w grudniu – raz na 20 lat.

Dodatnie odchylenia temperatury od normy w okresie zimowym były mniejsze niż odchylenia ujemne. W styczniu i w lutym nie zdarzyły się odchylenia dodatnie większe od 6,2 i 6,5°C. Na ogół w każdym zakresie wyróżnionych prawdopodobieństw wartość odchylenia ujemnych zmniejszała się od miesięcy zimowych do letnich i zwiększała od letnich do zimowych. Na przykład z prawdopodobieństwem 5%, czyli w przybliżeniu raz na jedno pokolenie, można spodziewać się dodatnich odchylenia od normy zimą, wynoszących ok. 5,0°C (z wyjątkiem grudnia – 3,1°C), wiosną – 2,6–3,5°C, latem – 2,0–2,5°C i jesienią – 2,5–3,8°C (tab. 2).

Tabela 1. Ujemne odchylenia temperatury powietrza (°C) od normy na obszarze województwa podkarpackiego (1901–2000) obliczone dla określonego prawdopodobieństwa nieosiągnięcia (%)

Table 1. Negative deviations of air temperature (°C) from the standard in the Sub-Carpathian province (1901–2000) calculated for a specific probability (%) of undervalue

| Miesiąc Month | Odchylenie dla prawdopodobieństwa Deviation for the probability | | | | | | | Średnia Mean °C |
|------------------|--|-------|------|------|------|------|------|-----------------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 7 | 10 | |
| I | -9,1 | -8,9 | -8,4 | -7,6 | -5,9 | -5,5 | -4,2 | -3,6 |
| II | -12,3 | -10,5 | -8,0 | -7,1 | -6,9 | -6,2 | -4,9 | -2,4 |
| III | -6,3 | -5,5 | -4,5 | -4,4 | -4,3 | -4,2 | -3,5 | 1,9 |
| IV | -4,1 | -3,5 | -3,3 | -3,0 | -2,9 | -2,8 | -2,5 | 7,4 |
| V | -4,4 | -3,7 | -3,4 | -3,0 | -2,7 | -2,6 | -2,0 | 12,8 |
| VI | -3,6 | -2,4 | -2,2 | -2,2 | -2,1 | -2,0 | -1,7 | 15,9 |
| VII | -2,6 | -2,4 | -2,3 | -2,2 | -2,0 | -1,9 | -1,7 | 17,5 |
| VIII | -2,6 | -2,2 | -2,1 | -1,9 | -1,9 | -1,7 | -1,4 | 16,8 |
| IX | -4,5 | -3,3 | -3,0 | -2,6 | -2,5 | -2,3 | -2,2 | 13,1 |
| X | -4,4 | -3,9 | -3,9 | -3,7 | -3,6 | -2,9 | -2,0 | 8,0 |
| XI | -5,2 | -4,6 | -4,3 | -4,2 | -4,1 | -3,9 | -3,4 | 2,8 |
| XII | -6,1 | -5,7 | -5,6 | -4,9 | -4,5 | -3,8 | -3,3 | -1,3 |

Tabela 2. Dodatnie odchylenia temperatury powietrza (°C) od normy na obszarze województwa podkarpackiego (1901–2000) obliczone dla określonego prawdopodobieństwa przewyższenia (%)

Table 2. Positive deviations of air temperature (°C) from the standard in the Sub-Carpathian province (1901–2000) calculated for a specific probability (%) of overvalue

| Miesiąc Month | Odchylenie dla prawdopodobieństwa Deviation for the probability | | | | | | | Średnia Mean °C |
|------------------|--|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----------------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 7 | 10 | |
| I | 6,2 | 5,9 | 5,7 | 5,5 | 5,0 | 4,5 | 4,1 | -3,6 |
| II | 6,5 | 6,1 | 5,7 | 5,6 | 5,3 | 4,6 | 3,8 | -2,4 |
| III | 4,6 | 4,3 | 4,1 | 3,7 | 3,5 | 3,2 | 3,1 | 1,9 |
| IV | 4,5 | 4,3 | 4,1 | 3,4 | 3,1 | 2,9 | 2,8 | 7,4 |
| V | 3,7 | 3,6 | 2,9 | 2,7 | 2,6 | 2,5 | 2,0 | 12,8 |
| VI | 3,6 | 2,2 | 2,0 | 2,0 | 2,0 | 2,0 | 1,8 | 15,9 |
| VII | 2,9 | 2,9 | 2,8 | 2,5 | 2,5 | 2,4 | 1,8 | 17,5 |
| VIII | 4,2 | 2,9 | 2,8 | 2,3 | 2,1 | 1,9 | 1,4 | 16,8 |
| IX | 3,2 | 3,2 | 3,0 | 2,5 | 2,5 | 2,2 | 1,9 | 13,1 |
| X | 5,6 | 4,2 | 3,2 | 3,1 | 3,0 | 2,5 | 2,3 | 8,0 |
| XI | 6,0 | 4,5 | 4,4 | 4,0 | 3,8 | 3,1 | 2,8 | 2,8 |
| XII | 4,4 | 3,6 | 3,3 | 3,2 | 3,1 | 3,0 | 2,7 | -1,3 |

Najniższe relatywnie opady, rozumiane jako % opadu średniego wieloletniego w danym miesiącu (% normy), niezależnie od wartości bezwzględnej sumy wyrażonej w mm zanotowano w październiku, w którym raz na 100 lat mogą wystąpić opady stanowiące 2% normy, a raz na 33 lata – 10% normy. Miesiącami ocenianymi wg KACZOROWSKIEJ [1962] jako skrajnie suche (opady nie osiągają 25% normy) nie były: styczeń, kwiecień, czerwiec, lipiec i sierpień. W lutym prawdopodobieństwo ich wystąpienia można ocenić na 3–4%, w marcu – 7–8%, kwietniu – 1%, wrześniu – 1–2%, październiku – 7–8%, listopadzie i grudniu – ok. 3% (tab. 3).

Tabela 3. Procent normy opadów atmosferycznych na obszarze województwa podkarpackiego (1901–2000) o określonym prawdopodobieństwie nieosiągnięcia (%)

Table 3. Percent of the standard precipitation value in the Sub-Carpathian province (1901–2000) for a specific probability of undervalue (%)

| Miesiąc Month | Prawdopodobieństwo Probability | | | | | | | Średnia Mean mm |
|------------------|-----------------------------------|----|----|----|----|----|----|-----------------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 7 | 10 | |
| I | 27 | 30 | 32 | 35 | 38 | 41 | 43 | 37 |
| II | 3 | 9 | 23 | 26 | 29 | 34 | 37 | 35 |
| III | 3 | 5 | 16 | 18 | 21 | 24 | 32 | 38 |
| IV | 26 | 30 | 36 | 37 | 38 | 42 | 44 | 50 |
| V | 19 | 23 | 34 | 41 | 47 | 52 | 53 | 73 |
| VI | 25 | 33 | 41 | 46 | 47 | 52 | 55 | 91 |
| VII | 27 | 28 | 31 | 33 | 34 | 37 | 47 | 102 |
| VIII | 28 | 30 | 35 | 36 | 37 | 53 | 57 | 86 |
| IX | 15 | 25 | 28 | 30 | 31 | 33 | 38 | 61 |
| X | 2 | 8 | 10 | 11 | 12 | 24 | 28 | 50 |
| XI | 15 | 17 | 26 | 28 | 30 | 43 | 45 | 47 |
| XII | 19 | 21 | 24 | 29 | 40 | 43 | 52 | 42 |

Relatywnie najwyższe opady, rzędu 300% normy, mogą zdarzyć się tylko w październiku, dość wysokie w kwietniu (274%), lutym (269%) i lipcu (243%). W listopadzie natomiast najwyższe opady osiągnęły zaledwie 187% normy. Opady, stanowiące 200% normy, będące dolną granicą dla miesięcy skrajnie wilgotnych wg KACZOROWSKIEJ [1962], wystąpiły z częstością 1–2% w sierpniu, 2–3% w maju i czerwcu, 3% w styczniu i grudniu, 4% w marcu i kwietniu, 5% w lutym i lipcu, 6% we wrześniu i 9% w październiku (tab. 4).

Tabela 4. Procent normy opadów atmosferycznych na obszarze województwa podkarpackiego (1901–2000) o określonym prawdopodobieństwie przewyższenia (%)

Table 4. Percent of the standard precipitation value in the Sub-Carpathian province (1901–2000) for a specific probability of overvalue (%)

| Miesiąc Month | Prawdopodobieństwo Probability | | | | | | | Średnia Mean mm |
|------------------|-----------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----------------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 7 | 10 | |
| I | 238 | 214 | 197 | 195 | 181 | 173 | 159 | 37 |
| II | 269 | 229 | 209 | 206 | 203 | 174 | 157 | 35 |
| III | 232 | 216 | 205 | 200 | 189 | 187 | 168 | 38 |
| IV | 274 | 230 | 208 | 198 | 196 | 192 | 168 | 50 |
| V | 218 | 205 | 186 | 184 | 173 | 167 | 154 | 73 |
| VI | 229 | 214 | 181 | 173 | 170 | 157 | 154 | 91 |
| VII | 243 | 229 | 213 | 211 | 199 | 183 | 175 | 102 |
| VIII | 205 | 195 | 194 | 186 | 181 | 171 | 162 | 86 |
| IX | 246 | 230 | 213 | 211 | 205 | 192 | 174 | 61 |
| X | 302 | 246 | 244 | 238 | 234 | 230 | 192 | 50 |
| XI | 187 | 185 | 179 | 177 | 174 | 168 | 160 | 47 |
| XII | 226 | 207 | 200 | 188 | 176 | 174 | 162 | 42 |

DYSKUSJA WYNIKÓW

Prezentowane badania dają możliwość zorientowania się, jakie wartości odchylenia temperatury i opadów od normy można uznać za bardzo rzadkie, a więc pojawiające się z kilkuprocentowym prawdopodobieństwem. Zbliżoną metodę zastosował HESS [1967] do analizy temperatury w Krakowie z okresu stu lat. Spośród wartości temperatury, które można by uznać za ekstremalne, wziął pod uwagę tylko te, których powtarzalność wynosi 1, 5, 10, a także 90, 95 i 99%. Uwzględnił przy tym naturalną i zróżnicowaną zmienność temperatury powietrza w poszczególnych miesiącach. ZIERNICKA [2001] natomiast za wartości skrajne temperatury powietrza przyjęła wszystkie te, których prawdopodobieństwo nieosiągnięcia i przewyższenia jest mniejsze od 5 i większe od 95%. W charakterystyce termiczno-opadowej zalecanej w Biuletynie PSHM za znacznie poniżej normy uznaje się wartości o odchyleniu $<2,0^{\circ}\text{C}$, a powyżej normy $->2,0^{\circ}\text{C}$ oraz w zakresie 0–24% i $>175\%$ w odniesieniu do opadów. Jest to jednak zbyt uproszczony sposób, nieuwzględniający bardzo różnego zakresu wahań temperatury w poszczególnych miesiącach.

W przedstawionym wstępnym opracowaniu, opartym na 100-letnim ciągu obserwacji, przedstawiono empiryczne, a nie teoretyczne rozkłady prawdopodobieństwa temperatury i opadów atmosferycznych. Obliczenie krzywych teoretycznych może nieco zmodyfikować wyniki badań.

WNIOSKI

1. Identyfikacji meteorologicznych zjawisk ekstremalnych można dokonać przez określenie wartości odchylenia z rzadkim, kilkuprocentowym prawdopodobieństwem nieosiągnięcia i przewyższenia z długiej, przynajmniej kilkudziesięcioletniej serii obserwacyjnej.

2. Wartości odchylenia od normy zarówno temperatury powietrza, jak i opadów atmosferycznych o małym prawdopodobieństwie nieosiągnięcia i przewyższenia są zróżnicowane w poszczególnych porach roku i miesiącach.

LITERATURA

- Biuletyn Państwowej Służby Hydrologiczno-Meteorologicznej, 2004. Warszawa: IMGW ss. 12.
- HESS M., 1967. Klimat terytorium miasta Krakowa. Folia Geogr. Ser. Geogr. Phys. 1 s. 35–95.
- KACZOROWSKA Z., 1962. Opady w Polsce w przekroju wieloletnim. Pr. Geogr. IG PAN 33 ss. 102.
- LORENC H., 2000. Studia nad 220-letnią (1779–1998) serią pomiaru temperatury powietrza w Warszawie oraz ocena jej wiekowych tendencji. Mater. Bad. Ser. Meteorol. 31. Warszawa: IMGW ss. 104.
- OZGA-ZIELIŃSKA M., 1997. O konieczności określenia dla rzek polskich maksymalnych wiarygodnych wezbrań wywoływanych maksymalnymi wiarygodnymi opadami. W: Powódź 1997. Forum Nauk.-Tech. Ustroń k. Wisły, 10–12 września 1997. Warszawa: IMGW s. 1–9.
- ZAWORA T., JANUR E., OLSZAŃSKA A., SKOWERA B., 2000/2001. Porównanie norm opadów atmosferycznych na obszarze Polski. Ann. UMCS Sect. B t. 40/41 46 s. 391–398.
- ZIERNICKA A., 2001. Klasyfikacja odchylenia od normy temperatury powietrza w Polsce Południowo-Wschodniej. Zesz. Nauk. AR Krak. Inż. Środ. 22 s. 7–18.

Tadeusz ZAWORA

IDENTIFICATION OF EXTREME VALUES OF AIR TEMPERATURE AND PRECIPITATION BASED ON DEVIATIONS FROM THE NORM AND PROBABILITY

Key words: extreme phenomena, precipitation, temperature

S u m m a r y

For the sake of identification of extreme thermal and precipitation phenomena the paper presents deviations of mean monthly temperature from the norm and the per cent of mean precipitation of the probability of 1–5, 7 and 10 % in the period of 100-years. The study period concerned the years 1901–2000 and covered the area of south-eastern Poland.

Recenzenci:

dr inż. Wiesława Kasperska-Wołowicz
prof. dr hab. Marian Rojek

Praca wpłynęła do Redakcji 14.03.2005 r.