

Katedra Agrometeorologii, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie
ul. Akademicka 15, 20-950 Lublin
e-mail: kskiba19@gmail.com
e-mail: m-cichy@o2.pl

KRZYSZTOF SKIBA, JÓZEF KOŁODZIEJ, MIECZYSLAW CICHON

Stratyfikacja ekstremalnych wartości temperatury powietrza w Felinie k. Lublina (1986–1995). Część I. Amplitudy dobowe

Stratification of air temperature extreme values
in Felin n. Lublin (1986–1995). Part I. Daily amplitudes

Streszczenie. Opracowanie niniejsze stanowi kontynuację badań skrajnych wartości temperatury powietrza w profilu pionowym. Wykorzystano tu wyniki badań prowadzonych od 1963 r. w Obserwatorium Agrometeorologicznym w Felinie k. Lublina. Dane obejmują maksymalną i minimalną temperaturę powietrza z termometrów cieczowych umieszczonych: w klatce meteorologicznej (200 cm), w klatkach systemu Geigera-Tomanka (20, 50 i 150 cm) oraz w drewnianej żaluzjowej osłonie radiacyjnej na czarnym ugorze (5 cm). Odczyty wykonywano w terminach: 7(8), 13(14), 19(20) odpowiednio w półroczu zimowym i letnim. Pomiar wykorzystane w pracy obejmują okres od 1 stycznia 1986 r. do 31 grudnia 1995 r. Zastosowano tu podstawowe miary statystyczne: średnią arytmetyczną, odchylenie standardowe, skośność, kurtozę oraz regresję wielokrotną. Ponadto w postaci wykresów ramkowych przedstawiono rozkłady amplitudy dobowej temperatury powietrza na wszystkich wysokościach. W badanym okresie najwyższe średnie wartości temperatury wystąpiły w lipcu oraz na wysokości 150 cm. Zawsze najniższą średnią minimalną temperaturę obserwowano na poziomie 5 cm. W cieplej połowie roku najwyższą średnią maksymalną temperaturę powietrza odnotowano na wysokości 20 cm, w połowie chłodnej najwyższe wartości wystąpiły na poziomie 50 cm. Największe amplitudy występowały w porze cieplej z maksimum w lipcu. Wysokość 5 cm odznaczała się największą średnią amplitudą w całym roku. Amplituda dobowa temperatury powietrza największą zmienność wykazuje na wysokości 5 cm; w miarę wzrostu wysokości jej zmienność maleje. W przebiegu rocznym największą zmienność obserwowano w lecie – do wysokości 50 cm, natomiast powyżej największą zmienność zarejestrowano wiosną i jesienią. Przez większość roku rozkład amplitudy jest normalny, jedynie w zimie staje się prawostronnie asymetryczny, a w styczniu ponadto silnie skoncentrowany. Zauważa się znaczące różnice w zmienności amplitudy dobowej w warstwach powietrza 5–50 cm oraz 150–200 cm. Wyraźniejszy wpływ zachmurzenia i wilgotności na amplitudę dobową notuje się w półroczu ciepłym, a najsłabszy w zimie. Na wiosnę (III) oraz w lecie (V–VII) wilgotność względna nie wpływa na wartości amplitudy temperatury powietrza.

Słowa kluczowe: stratyfikacja, maksimum, minimum, amplituda temperatury powietrza, zachmurzenie, wilgotność względna

WSTĘP

Informacje o ekstremalnych temperaturach powietrza w jego przygruntowej warstwie są istotne w planowaniu i prognozowaniu plonów roślin uprawnych, których główna masa znajduje się w tej właśnie warstwie powietrza (uprawy rolnicze, ogrodnicze i przemysłowe, gospodarka leśna). Wystawienie roślin na temperatury bliskie 0°C i niższe (w ostatnich latach może nasunąć się przypuszczenie, że niedługo równie istotne staną się temperatury najwyższe) w czasie ich rozwoju może powodować uszkodzenia upraw i spadek plonów [Kołodziej 1999, Gołaszewski 2004]. Pomiary temperatury powietrza na wysokości 5 i 200 cm prowadzone są w każdej stacji agrometeorologicznej, a także na obszarach leśnych, i z tego powodu stosunkowo często omawiane w literaturze rolniczej. Jednak pomiary te mogą nie wystarczyć do określania możliwych szkód w uprawach roślin, których wrażliwe części znajdują się znacznie powyżej 5 cm i poniżej 200 cm. Próbnymi uzupełnienia tych luk są badania dotyczące stratyfikacji ekstremalnych (z naciskiem na minimalne) wartości temperatury powietrza na wysokościach: 5, 20, 50, 150 i 200 cm [Kołodziej i in. 1986]. Niniejsze opracowanie stanowi kontynuację publikacji z tego zakresu.

MATERIAŁ I METODY

W opracowaniu wykorzystano wyniki badań prowadzonych w Obserwatorium Agrometeorologicznym w Felinie k. Lublina. Dane obejmują maksymalną i minimalną temperaturę powietrza z termometrów cieczowych umieszczonych: w klatce meteorologicznej (200 cm), w klatkach systemu Geigera-Tomanka (20, 50 i 150 cm) oraz w drewnianej żaluzjowej osłonie radiacyjnej na czarnym ugorze (5 cm). Odczyty wykonywano w terminach klimatologicznych – 7(8), 13(14), 19(20). Pomiary wykorzystane w niniejszej pracy obejmują okres od 1 stycznia 1986 roku do 31 grudnia 1995 r.

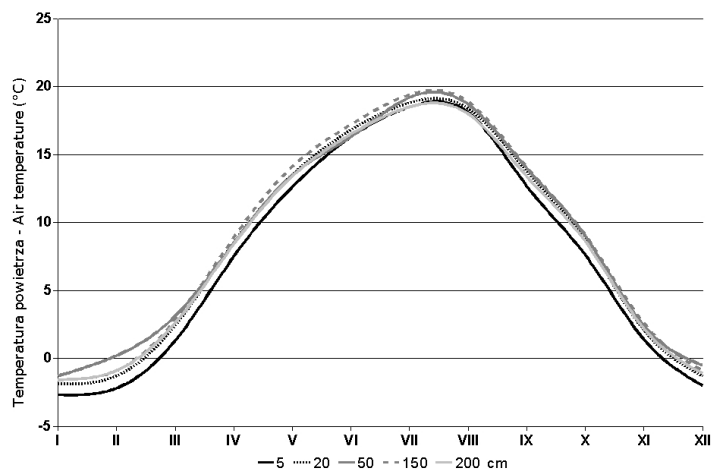
Wprawdzie głównym celem pracy było badanie amplitudy, ale obliczono także średnie wartości dobowe w celach orientacyjnych. Średnią dobową temperaturę wyznaczano na podstawie wartości skrajnych [Liniewicz 1969, Kołodziej i in. 1988, Lorenc i Suwałska-Bogucka 1995]. W analizie danych posługiwano się podstawowymi miarami statystycznymi: średnią arytmetyczną, odchyleniem standardowym, skośnością, kurtozą oraz regresją wielokrotną z użyciem średnich ruchomych 5-dniowych przy poziomie istotności $p = 0,05$. Ponadto w postaci wykresów ramkowych przedstawiono częstości dobowej amplitudy temperatury powietrza na wszystkich poziomach; wąsy – wartości skrajne niedostające, ramka – zakres między kwartylem dolnym (25%) i górnym (75%).

WYNIKI

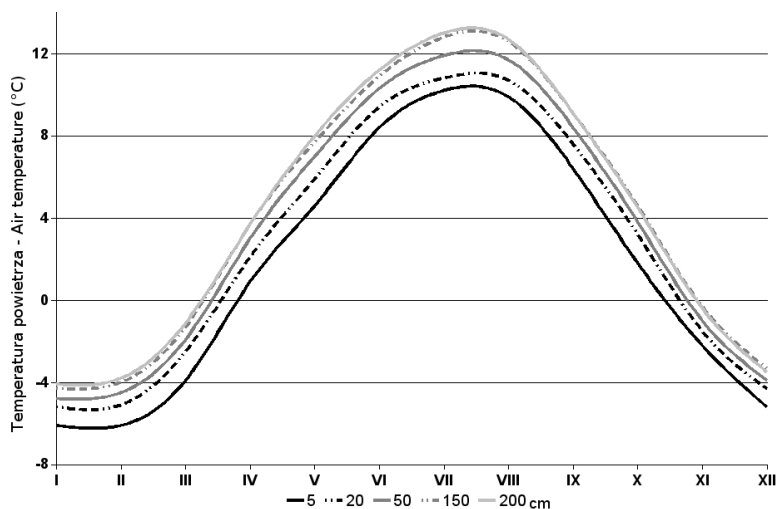
Wartości średnie

W analizowanym okresie średnia miesięczna temperatura powietrza charakteryzowała się najniższymi wartościami w miesiącach zimowych oraz na wysokości 5 cm nad powierzchnią czynną (-1,9°C w styczniu, -1,3°C w lutym i -1,2°C w grudniu). Przez większość roku temperatura na wysokości 5 cm była wyraźnie niższa niż na pozostałych poziomach, jedynie w lecie była zbliżona do tych wartości (rys. 1). Najwyższa średnia miesięczna wartość wystąpiła na poziomie 150 cm (lipiec – 19,4°C). W okresie V–X średnia

temperatura powietrza w profilu pionowym rosła do wysokości 150 cm, po czym nieco spadała. Najniższa średnia minimalna temperatura wystąpiła na wysokości 5 cm. Jej wartości rosły dość regularnie wraz z odległością od powierzchni czynnej, dopiero między poziomami 150 i 200 cm nie było prawie żadnej różnicy (rys. 2). W okresie XI–III ujemna temperatura minimalna wystąpiła na wszystkich poziomach. Najniższa średnia minimalna temperatura ($-6,1^{\circ}\text{C}$) pojawiła się w styczniu i lutym.



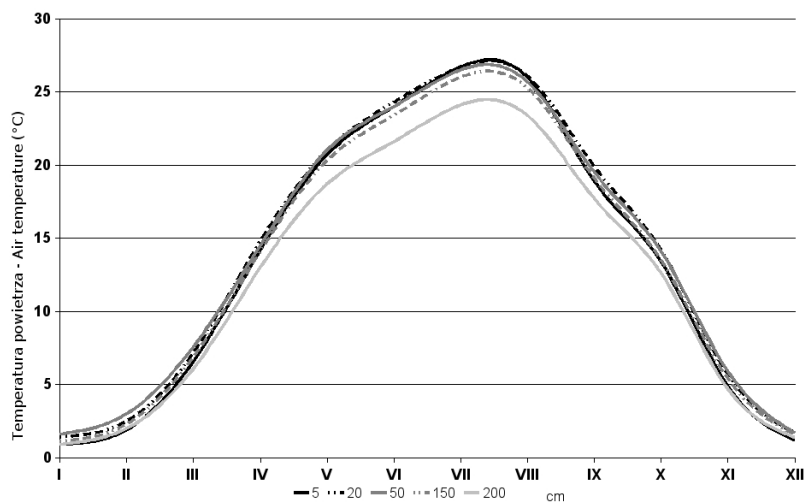
Rys. 1. Średnia miesięczna temperatura powietrza ($^{\circ}\text{C}$) w Felinie (1986–1995)
Fig. 1. Monthly mean air temperature ($^{\circ}\text{C}$) in Felin (1986–1995)



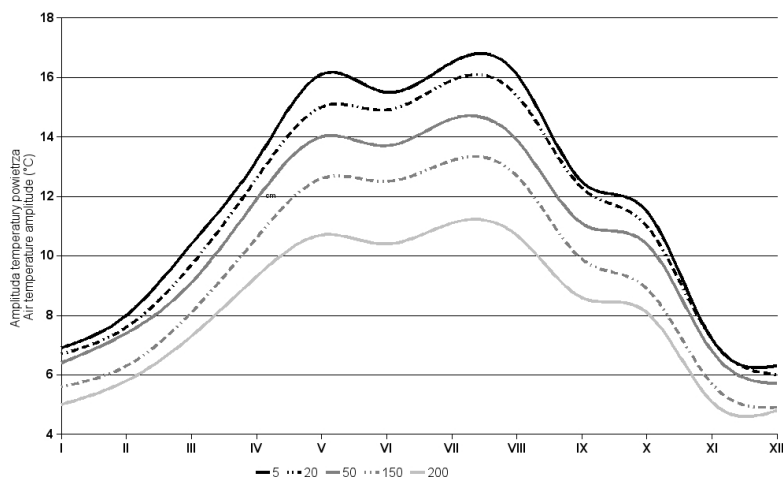
Rys. 2. Średnia miesięczna minimalna temperatura powietrza ($^{\circ}\text{C}$) w Felinie (1986–1995)
Fig. 2. Monthly mean minimum air temperature ($^{\circ}\text{C}$) in Felin (1986–1995)

Stosunkowo niewielką zmiennością średniej temperatury maksymalnej w profilu pionowym charakteryzowała się pora zimowa. W kolejnych miesiącach zakres zmienno-

ści rósł wraz ze wzrostem temperatury. Największą różnicę temperatury maksymalnej odnotowano między poziomami 150 i 200 cm (rys. 3). Różnica ta najwyraźniej widoczna była od maja do sierpnia (2,9°C w maju; 3,1°C w czerwcu; 2,0 w lipcu i 1,9°C w sierpniu). Średnia maksymalna temperatura powietrza na wysokościach 5, 20, 50 i 150 cm była dość podobna, natomiast na wysokości 200 cm była wyraźnie niższa w cieplejszej części roku (IV–X). Tak znaczne zróżnicowanie średniej maksymalnej temperatury mogło być spowodowane zmniejszaniem się odległości od powierzchni czynnej i wzmożonym działaniem ruchów turbulencyjnych.



Rys. 3. Średnia miesięczna maksymalna temperatura powietrza (°C) w Felinie (1986–1995)
Fig. 3. Monthly mean maximum air temperature (°C) in Felin (1986–1995)

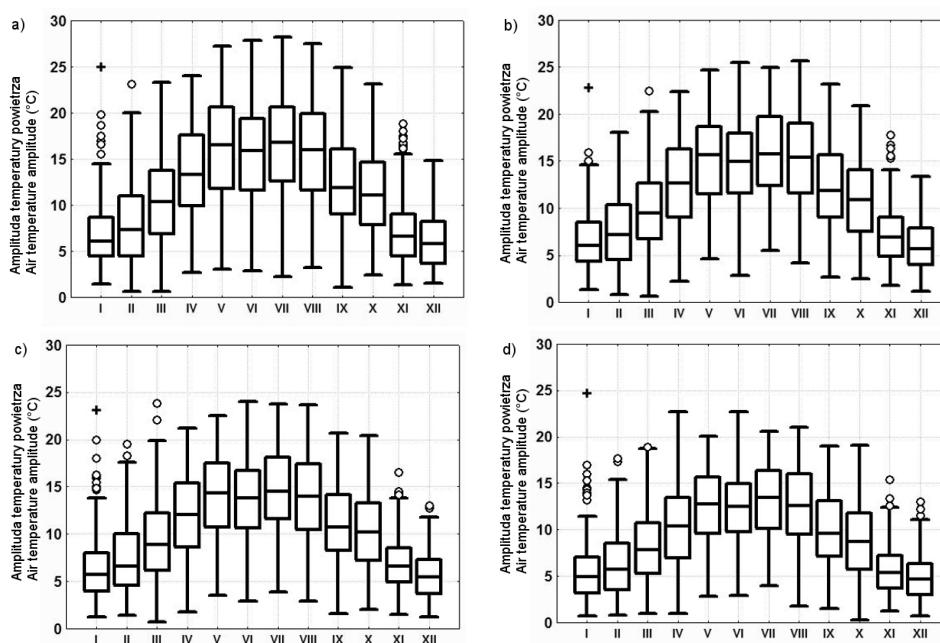


Rys. 4. Średnia miesięczna amplituda temperatury powietrza (°C) w Felinie (1986–1995)
Fig. 4. Monthly mean air temperature amplitude (°C) in Felin (1986–1995)

Najwyższe średnie amplitudy temperatury powietrza odnotowano w lipcu ze średnią miesięczną od 11,1°C (200 cm) do 16,5°C (5 cm), a najniższe – w grudniu, kiedy ich wartość wahała się od 4,8°C (200 cm) do 6,3°C (5 cm). Amplituda temperatury powietrza na wysokości 200 cm nad powierzchnią była niższa od amplitudy w warstwie przygruntowej (5 cm). W miarę zbliżania się do powierzchni czynnej wahania temperatury powietrza rosły (rys. 4).

Amplitudy dobowe

W wyniku analizy wykresów rozkładu częstości amplitudy dobowej stwierdzono, że rozkład na wszystkich badanych poziomach w ogólnym zarysie był podobny. Największe zakresy zmienności amplitudy przypadają na cieplejszą część roku, co najwyraźniej widoczne było na wysokości 5, 20 i 50 cm – tylko tutaj amplituda sięgała lub przekraczała 25°C (rys. 5a-c). Na wysokości 150 i 200 cm także było to widoczne, ale znacznie słabiej (rys. 5d-e). Zakres zmienności amplitudy w okresie od listopada do lutego był wyraźnie mniejszy niż od maja do sierpnia. Marzec i kwiecień oraz wrzesień i październik wykazywały cechy zbliżone do siebie. Wartość zakresu zmienności amplitudy upodabniała je do miesięcy ciepłych, natomiast znacznie niższa wartość mediany nawiązywała do chłodniejszego okresu.



Rys. 5. Zmienność dobowej amplitudy temperatury powietrza w Felinie w latach 1986–1995 na wysokości: a) 5 cm, b) 20 cm, c) 50 cm, d) 150 cm, e) 200 cm; ○ – wartości odstające, + – wartości ekstremalne

Fig. 5. Variability of daily amplitude of air temperature in Felin in 1986–1995 at height: a) 5 cm, b) 20 cm, c) 50 cm, d) 150 cm, e) 200 cm; ○ – outliers, + – extreme values

Rozkłady amplitudy na badanych poziomach najsilniej różnicowała górna granica zakresu zmienności (pomijamy wartości ekstremalne i odstające). Na wysokości 5 cm granica ta rosła od około 15°C w listopadzie, grudniu i styczniu aż po 27–28°C w okresie V–VIII (rys. 5a). Na wysokości 20 cm wartość ta sięgała prawie 15°C w zimie, zaś w okresie najcieplejszym zmieniała się wokół 25°C (rys. 5b). Na kolejnych poziomach (50, 150 i 200 cm) górna granica rozkładu w zimie malała stosunkowo nieznacznie (odpowiednio – około 14, 12 i 11°C), natomiast w okresie V–VIII zróżnicowanie to było znacznie wyraźniejsze (odpowiednio – około 24, 21 i 18°C – rys. 5c-e). W analogiczny sposób zmieniała się mediana – w zimie od około 7°C (5 cm) do 5°C (200 cm), w lecie zaś – od około 17°C (5 cm) do 12°C (200 cm).

Analiza współczynnika skośności i kurtozy wykazała istotną zmienność w przebiegu rocznym i niewielką w profilu pionowym. W okresie od listopada do lutego (najwyższa w styczniu – 1,1–2,0) na wszystkich poziomach skośność była wyraźnie dodatnia (prawostronna asymetria rozkładu), co oznacza, że przeważają wartości niższe od mediany. W okresie od kwietnia do września skośność przyjmowała wartości około 0,0–0,2, a więc rozkład był wtedy praktycznie symetryczny (tab. 1). Kurtoza przez większość roku była ujemna, w przedziale -0,8–0,8 (rozkład bliski normalnemu). Tylko w styczniu kurtoza była wyraźnie dodatnia (1,9–7,1), co oznacza większy udział wartości bliskich medianie niż w rozkładzie normalnym (tab. 1).

Tabela 1. Skośność i kurtoza amplitudy dobowej temperatury powietrza w Felinie (1986–1995)
Table 1. Skewness and kurtosis of air temperature daily amplitude in Felin (1986–1995)

Skośność Skewness	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
5 cm	1,3	0,6	0,3	0,0	-0,2	0,0	-0,1	0,0	0,2	0,3	1,0	0,6
20 cm	1,1	0,5	0,2	0,0	-0,2	-0,1	-0,1	0,0	0,1	0,1	0,6	0,5
50 cm	1,4	0,6	0,4	-0,1	-0,2	-0,1	-0,2	0,0	0,0	0,2	0,6	0,5
150 cm	1,7	0,7	0,5	0,0	-0,2	0,0	-0,2	-0,1	0,1	0,3	0,6	0,6
200 cm	2,0	0,8	0,6	0,2	-0,1	0,0	-0,2	-0,1	0,2	0,4	0,7	0,6
Kurtoza Kurtosis	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
5 cm	2,8	-0,1	-0,5	-0,8	-0,8	-0,5	-0,6	-0,7	-0,6	-0,7	0,8	-0,4
20 cm	1,9	-0,5	-0,4	-0,8	-0,8	-0,5	-0,8	-0,8	-0,6	-0,8	0,3	-0,4
50 cm	2,8	-0,1	0,1	-0,9	-0,8	-0,4	-0,8	-0,7	-0,5	-0,7	0,2	-0,3
150 cm	5,1	0,0	-0,2	-0,6	-0,7	-0,4	-0,8	-0,8	-0,6	-0,7	0,2	0,1
200 cm	7,1	0,3	0,2	-0,7	-0,5	-0,6	-0,8	-0,8	-0,7	-0,5	0,1	0,3

Odchylenie standardowe amplitudy dobowej wykazywało stosunkowo niewielką zmienność w ciągu roku. Największe wartości wystąpiły na wysokości 5 cm (od 3,0 w styczniu do 5,5 w sierpniu), potem malały ze wzrostem wysokości do 200 cm (od 2,3 w listopadzie i grudniu do 3,6 w kwietniu, sierpniu i wrześniu). W warstwie powietrza do 50 cm odchylenie standardowe było najwyższe w okresie kwiecień–sierpień, natomiast na wyższych poziomach największe odchylenie przypadło na kwiecień, sierpień, wrzesień i październik (tab. 2).

Tabela 2. Odchylenie standardowe amplitudy temperatury powietrza w Felinie (1986–1995)
Table 2. Standard deviation of air temperature amplitude in Felin (1986–1995)

Wyszczególnienie Specification	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
5 cm	3,5	4,2	4,6	5,1	5,3	5,2	5,4	5,5	5,0	4,7	3,4	3,0
20 cm	3,2	3,9	4,1	4,6	4,6	4,4	4,5	4,9	4,3	4,2	3,0	2,6
50 cm	3,4	3,8	4,1	4,4	4,2	4,1	4,3	4,5	4,1	4,0	2,8	2,5
150 cm	3,2	3,5	3,6	4,1	3,8	3,6	3,8	4,1	3,8	4,0	2,6	2,5
200 cm	2,9	3,1	3,3	3,6	3,4	3,2	3,3	3,6	3,6	3,5	2,3	2,3

Tabela 3. Zależność amplitudy dobowej temperatury powietrza od zachmurzenia i wilgotności powietrza w Felinie (1986–1995)

Table 3. Dependence of air temperature daily amplitude on cloudiness and air humidity in Felin (1986–1995)

R ²	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
5	0,26	0,36	0,31	0,41	0,44	0,37	0,54	0,58	0,45	0,58	0,52	0,24
20	0,21	0,35	0,24	0,42	0,41	0,30	0,51	0,52	0,40	0,58	0,32	0,07
50	0,20	0,32	0,28	0,31	0,38	0,32	0,51	0,58	0,37	0,63	0,34	0,06
150	0,19	0,30	0,30	0,39	0,36	0,31	0,51	0,55	0,40	0,67	0,32	0,09
200	0,15	0,35	0,35	0,42	0,48	0,34	0,50	0,63	0,36	0,64	0,37	0,06

Pogrubienie oznacza, że wilgotność względna nie była statystycznie istotna
Bold means that relative humidity was not statistically significant

Badanie zależności dobowej amplitudy temperatury powietrza od stopnia zachmurzenia i wilgotności względnej przy użyciu średnich ruchomych (5 dni) wykazało, że największy wpływ występował w okresie VII–X ($R^2 = 0,36–0,67$). Nieco mniej wyraźna była ta zależność w pozostałych miesiącach ($R^2 = 0,06–0,48$). Tylko w grudniu amplituda nie wykazywała zależności zarówno od zachmurzenia, jak i wilgotności względnej. Nie obserwowano zależności wartości R^2 od wysokości. Jedynie w grudniu i styczniu wartości R^2 były tym większe, im niżej. Ponadto okazało się, że w marcu, maju, czerwcu i lipcu wartość poziomu istotności wilgotności względnej przekraczała $p = 0,05$, co oznacza, że wpływ wilgotności względnej na amplitudę temperatury powietrza nie jest istotny statystycznie.

WNIOSKI

1. W badanym dziesięcioleciu najwyższe średnie wartości temperatury spośród badanych pięciu poziomów wystąpiły w ciągu roku w lipcu oraz na wysokości 150 cm.

2. Bez względu na porę roku najniższą średnią minimalną temperaturę powietrza obserwowano na poziomie 5 cm.

3. W cieplej porze roku najwyższą średnią maksymalną temperaturę powietrza odnotowano na wysokości 20 cm nad powierzchnią gruntu, w porze chłodnej maksymalne temperatury wystąpiły na poziomie 50 cm.

4. Największe amplitudy występowały w porze cieplej z maksimum w lipcu, miesiące zimowe wykazują najmniejsze amplitudy; spośród wszystkich badanych poziomów

przygruntowej warstwy powietrza poziom na wysokości 5 cm odznaczał się największą średnią amplitudą w ciągu całego roku.

5. Amplituda dobową temperatury powietrza wykazywała największą zmienność na wysokości 5 cm; w miarę wzrostu wysokości zmienność malała. W przebiegu rocznym największą zmienność była w lecie – do wysokości 50 cm, natomiast powyżej tego poziomu największą zmienność zarejestrowano wiosną i jesienią.

6. Przez większą część roku zmienność amplitudy dobowej wykazywała cechy rozkładu normalnego, jedynie zimą pojawiał się rozkład prawostronnie asymetryczny, w styczniu ponadto silnie skoncentrowany.

7. Zauważa się znaczące różnice w zmienności amplitudy dobowej w warstwach powietrza 5–50 cm oraz 150–200 cm.

8. Wyraźniejszy wpływ zachmurzenia i wilgotności na amplitudę dobową odnotowano w półroczu ciepłym, a najslabszy w zimie.

9. W marcu oraz w okresie maj–lipiec wilgotność względna nie wpływała na wartości amplitudy temperatury powietrza.

PIŚMIENNICTWO

- Gołaszewski D., 2004. Stratyfikacja termiczna w przygruntowej warstwie powietrza w wiosenne noce przymrozkowe na stacji SGGW Ursynów. *Acta Agroph.*, 3(2), 247–255.
- Kołodziej J., Liniewicz K., Samborski A., 1986. Z badań nad amplitudą temperatury w przygruntowej warstwie powietrza w Obserwatorium Agrometeorologicznym w Felinie koło Lublina (1971–80). *Folia Soc. Sci. Lubl., sec. D, Geogr.* 28, 2, 39–49.
- Kołodziej J., Liniewicz K., Wesołowska–Janczarek M., 1988. Ekstremalne wartości temperatury powietrza w okolicy Lublina (1951–1985). *Annales UMCS, Lublin, sec. B, Geographia, Gelogia etc.*, 43, 143–154.
- Kołodziej J., 1999. Próba określenia związku pomiędzy ekstremalnymi wartościami temperatury powietrza a długością faz rozwojowych na przykładzie jęczmienia jarego. *Folia Univ. Agric. Stet. Agric.*, Kraków, 79, 109–111.
- Liniewicz K., 1969. Sposoby obliczania średniej dobowej temperatury powietrza. *Gazeta Obserwatora*, 9, 3–8.
- Lorenc H., Suwalska-Bogucka M. 1995. Metody obliczania średniej dobowej temperatury i wilgotności względnej powietrza. *Mat. Bad. Ser. Meteorol.*, 24, 42–44.

Summary. This paper is the continuation of an earlier study on air temperature extreme values in vertical profile. The measurements were made at the Agrometeorological Observatory in Felin near Lublin. The research involved collecting data on maximal and minimal air temperature values taken by means of liquid thermometers put in the following places: a meteorological cage (200 cm), Geiger-Tomanek system cages (20, 50, 150 cm) and a wooden shuttered radiation shield on black earth (5 cm). Readouts were made at: 7(8), 13(14), 19(20) in the winter and summer parts of the year, respectively. Within the period of 10 years, that is from January 1, 1986 to December 31, 1995 the data were collected. The following basic statistic measures were applied: arithmetic mean, standard deviation, skewness, kurtosis and multiple regression. Box plots were used to present daily amplitude distributions at all levels. In the examined period, the highest mean temperature was taken in July and at the height 150 cm in vertical profile. On the other hand, the lowest mean minimal temperature was always measured at the level of 5 cm. The warm half of the year was characterized by the highest mean maximum air temperature at the level 20 cm, the cold

half of the year – by the highest values at the level of 50 cm. The highest amplitude was recorded in the warm season with the maximum in July. The lowest amplitude at all levels was noted in winter months. Daily air temperature amplitude showed the highest degree of variability at the level of 5 cm. As the level increased, the air temperature amplitude decreased. Within a year the greatest variability was observed in summer months up to the height of 50 cm, above this level; however, the highest degree of variability was recorded in spring and autumn. For the major part of the year, daily amplitude distribution was standard but in winter a right-handed asymmetry was noted. In January the distribution became highly concentrated. Finally, significant difference in daily air temperature amplitude variability was observed at the layers of 5–50 cm and 150–200 cm. The amplitude depended on cloudiness and air humidity in July, August, September and October to a large extent in December; however, to a lesser extent. In March, May, June and July air humidity did not affect temperature amplitude at all.

Key words: stratification, maximum, minimum, air temperature amplitude, cloudiness, relative humidity