

WYKORZYSTANIE SZEREGÓW CZASOWYCH DO OCENY RÓŻNIC WARTOŚCI TEMPERATURY GLEBY MIERZONEJ DWIEMA METODAMI

Joanna KAJEWSKA, Marian ROJEK

Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, Instytut Kształtowania i Ochrony Środowiska

Słowa kluczowe: stacja automatyczna, szeregi czasowe, temperatura gleby, termometry rtęciowe

Streszczenie

W pracy przedstawiono wyniki pomiarów temperatury gleby na głębokości 10 cm pod powierzchnią gleby pod trawnikiem i gleby nieporośniętej. Porównywano dane uzyskane metodą standardową (rtęciowe termometry kolankowe) i za pomocą stacji automatycznej Campbell CR23X. Wykorzystano wartości dobowe z pomiarów wykonanych w Obserwatorium UP Wrocław-Swojec w latach 2000–2009. Średnią dobową temperaturę gleby, mierzoną metodą standardową, obliczano na podstawie 3 terminów pomiarów: godz. 7, 13 i 19 CET. Wartości ze stacji automatycznej były średnią arytmetyczną z 24 raportów godzinnych. Przeprowadzono analizę autokorelacji i autokorelacji cząstkowej wartości różnic dobowych. Analiza autokorelacji cząstkowej potwierdziła istnienie sezonowości. Dekompozycję szeregów czasowych przeprowadzono wykorzystując model addytywny. Wyizolowano składnik sezonowy, trend, wahania długookresowe oraz składnik losowy. Otrzymany wskaźnik sezonowości wynosił $-0,8^{\circ}\text{C}$ oraz $0,8^{\circ}\text{C}$, w zależności od pory roku i rodzaju powierzchni. Spośród wszystkich składowych szeregów czasowych, największe wartości uzyskano dla składnika losowego. Wykazano, że skutecznym sposobem sprawdzania homogeniczności serii obserwacyjnych jest ocena częstości występowania różnic między wynikami pomiarów wykonanych za pomocą obu rodzajów stacji. Sezonowość różnic dobowych wartości temperatury gleby wyrażała się wzrostem wielkości różnic w okresie letnim w przypadku temperatury gleby pod powierzchnią nieporośniętą i ich spadkiem w tej samej porze roku pod powierzchnią trawnika; w okresie zimowym zależności były odwrotne.

WSTĘP

Automatyczne stacje meteorologiczne mają wiele zalet, które spowodowały, że na większości stacji meteorologicznych prowadzi się obecnie równoczesne pomiary wielu parametrów meteorologicznych przyrządami klasycznymi i za pomocą stacji automatycznych. Coraz częściej też pomiary ze stacji automatycznych są danymi podstawowymi, natomiast metody standardowe (klasyczne) są stosowane do monitorowania, kalibracji i kontroli systemów automatycznych.

Korzystanie z automatycznych stacji meteorologicznych ułatwia zbieranie, gromadzenie, archiwizację i przetwarzanie danych pomiarowych [ŁOMOTOWSKI, ROJEK... 2001]. Wartości zagregowane, powstające na bazie znacznie większej częstotliwości pomiarów, są dokładniejsze i umożliwiają stosowanie nowoczesnych metod modelowania [LICZNAR, ROJEK 2004; ROJEK, ROJEK 2004]. Prace przedstawiające wyniki pomiarów temperatury gleby różnymi metodami są rzadkością w literaturze krajowej i zagranicznej. Zdecydowana większość z nich zawiera dane zebrane podczas jednego roku, wybranych miesięcy lub nawet dni. Wyjątkiem są prace autorów ośrodka wrocławskiego [ROJEK i in. 2001; KAJEWSKA, ROJEK 2010]. Nigdzie dotąd Autorzy nie znaleźli jednak pracy, w której wykorzystano analizę szeregów czasowych.

Zmiany danego zjawiska w czasie (zbiór wartości cechy w następujących po sobie okresach) określane są mianem dyskretnego procesu stochastycznego, czyli szeregu czasowego. Jego analiza statystyczna znajduje zastosowanie w konstruowaniu i ocenie modeli, które te zmiany opisują, czyli umożliwia ujawnienie prawdziwości, jakim podlega badany proces. Szeregi czasowe mogą być również wykorzystywane do tworzenia prognoz analizowanych zmiennych w przyszłości [ŻĄDŁO, WYWIAŁ 2008].

Głównym celem niniejszej pracy była próba stworzenia metodyki korygowania danych ze stacji automatycznej oraz dostosowania ich do średnich wartości otrzymywanych przyrządami klasycznymi i odwrotnie. Cel ten osiągnięto porównując wyniki pomiarów (średnie dobowe) temperatury gleby mierzonej rtęciowymi termometrami kolankowymi (metoda klasyczna) i za pomocą automatycznej stacji meteorologicznej oraz częstości występowania różnic w przyjętych przedziałach klasowych z wykorzystaniem analizy szeregów czasowych.

MATERIAŁ I METODY BADAŃ

W pracy wykorzystano wyniki pomiarów temperatury gleby pod dwiema powierzchniami – glebą pod trawnikiem (t_{tr}) i glebą nieporośniętą (t_g) na głębokości 10 cm, prowadzonych na terenie Obserwatorium UP Wrocław-Swojec w okresie 10-letnim (2000–2009). Pomiary metodą standardową (rtęciowymi termometrami kolankowymi) były wykonywane trzy razy na dobę (o godzinach: 7, 13 i 19 CET),

zgodnie z instrukcją obowiązującą w sieci IMGW. Średnią dobową obliczano jako średnią arytmetyczną z trzech terminów pomiaru. Równocześnie prowadzono pomiary temperatury gleby za pomocą stacji automatycznej Campbell CR23X, wyposażonej m.in. w termistor 107, umieszczony w odległości ok. 30 cm od stanowiska termometrów rtęciowych. Stacja automatyczna została zaprogramowana na próbkowanie z częstotliwością co minutę przez całą dobę. Średnie dobowe wartości temperatury gleby ze stacji automatycznej były obliczane jako średnie ze wszystkich 24 wartości godzinnych, czyli 1440 pomiarów.

W niniejszej pracy za szereg czasowy uznano różnice między średnimi dobowymi wartościami temperatury pod powierzchnią gleby nieporośniętej i pod trawnikiem na głębokości 10 cm, mierzonych metodą klasyczną i automatyczną, w okresie od 1 stycznia 2000 r. do 31 grudnia 2009 r. Każdy szereg czasowy jest określany dwiema składowymi: systematyczną i przypadkową (losową), która komplikuje ustalenie, jaką strukturę ma analizowane zjawisko, ponieważ niemożliwe jest wyznaczenie wszystkich zdarzeń, mogących mieć wpływ na jego przebieg zwłaszcza, że najczęściej pojawiają się one nieregularnie. Składową systematyczną można dodatkowo podzielić na trend, składową stałą oraz wahania okresowe.

WYNIKI BADAŃ I DYSKUSJA

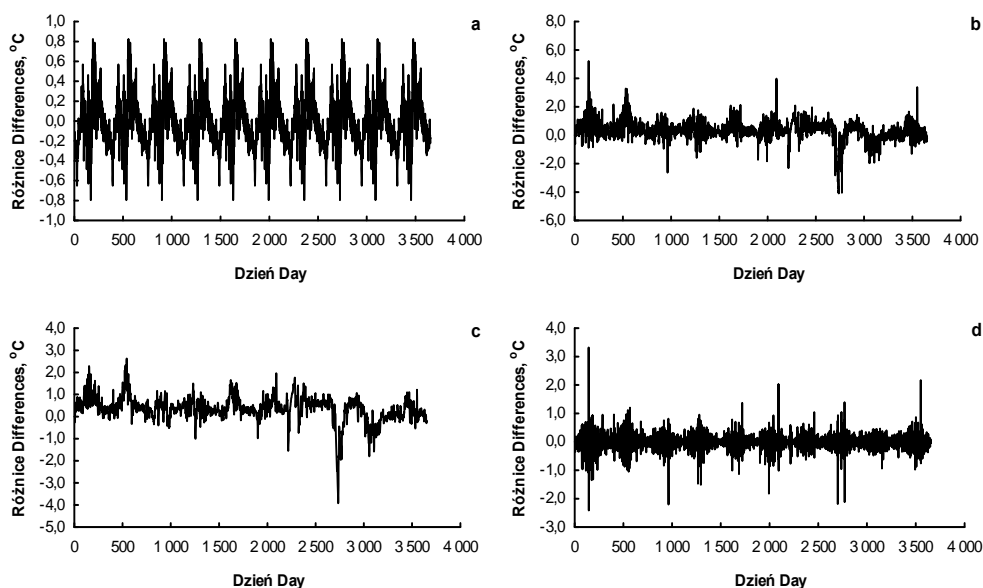
Na podstawie wizualnej oceny wykresów ilustrujących przebieg dobowych różnic między badanymi parametrami termicznymi gleby, mierzonymi z wykorzystaniem termometrów rtęciowych i czujników elektronicznych, w kolejnych dniach okresu 2000–2009, zamieszczonymi we wcześniejszej pracy Autorów [KAJEWSKA, ROJEK 2010] stwierdzono, że badane szeregi czasowe cechowała roczna sezonowość.

W celu zweryfikowania tej hipotezy, przeprowadzono analizę autokorelacji i autokorelacji cząstkowej. Funkcja autokorelacji (ACF) określa korelację szeregu czasowego z nim samym, tzn. zależność między wartościami w danym momencie i wcześniejszymi. Natomiast funkcja autokorelacji cząstkowej (PACF) opisuje relację między wynikami z różnych okresów, bez uwzględniania zależności od wszystkich elementów pośrednich. Należy zwrócić uwagę, że autokorelacje dla kolejnych opóźnień są zależne, tzn. jeśli pierwszy dzień jest ściśle skorelowany z drugim, a drugi z trzecim, to wartość w pierwszym dniu musi być także pośrednio związana z trzecim.

Z wykresów autokorelacji (nie zamieszczonych w niniejszej pracy, ze względu na jej ograniczoną objętość) wynika, że analizowane szeregi czasowe różnic średniej dobowej temperatury gleby charakteryzowały się roczną sezonowością. Współczynniki autokorelacji zdecydowanie przekraczały granicę dwóch odchyłek standardowych, natomiast ich wartości dla opóźnienia 1 były bardzo duże i wynosiły 0,9 (t_{r10}) oraz 0,7 (t_{g10}).

Analiza autokorelacji cząstkowej potwierdziła również istnienie sezonowości w badanych szeregach czasowych. Współczynniki autokorelacji cząstkowej dla opóźnienia 1 przyjmowały istotnie wysokie, bliskie jedności, wartości.

W celu wyizolowania poszczególnych składowych badanych szeregów, przeprowadzono dekompozycję sezonową dla okresu jednego roku, wykorzystując model addytywny. Z danych wyizolowano składnik sezonowy oraz składnik losowy różnic między wartościami temperatury, która była mierzona z wykorzystaniem obu metod oraz przedstawiono szereg pozbawiony wahań sezonowych (rys. 1 i 2).

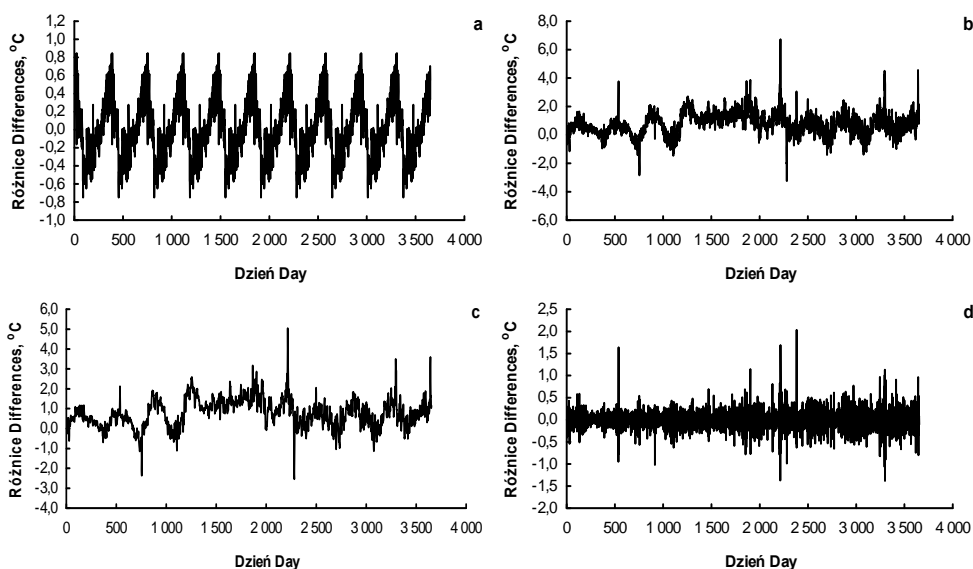


Rys. 1. Dekompozycja szeregu czasowego różnic między dobowymi wartościami t_{g10} , mierzonej z wykorzystaniem stacji klasycznej i automatycznej; a – składnik sezonowy, b – pozbawiony wahań sezonowych, c – trend, d – składnik losowy; źródło: wyniki własne

Fig. 1. Decomposition of the time series of differences between daily values of t_{g10} , measured with the standard and automatic station; a – seasonal component, b – without seasonal fluctuation, c – trend, d – random component; source: own studies

Wskaźnik sezonowy jest obliczany w modelach addytywnych jako średnia dla każdego punktu w sezonie [ŻADŁO, WYWIAŁ 2008]. Jego fluktuacje w latach 2000–2009 odzwierciedlały roczną sezonowość różnic między dobowymi wartościami temperatury gleby pod analizowanymi powierzchniami, mierzonej różnymi metodami (rys. 1a i 2a). Wartości tego składnika wskazują, o ile przeciętnie rzeczywiste różnice odbiegają od tych, które wynikają z trendu.

W przypadku temperatury gleby pod powierzchnią nieporośniętą (t_{g10}) wahały się one od $-0,8^{\circ}\text{C}$ w miesiącach zimowych do $0,8^{\circ}\text{C}$ w miesiącach letnich. Ozna-



Rys. 2. Dekompozycja szeregu czasowego różnic między dobowymi wartościami t_{tr10} , mierzonej z wykorzystaniem stacji klasycznej i automatycznej; a – składnik sezonowy, b – pozbawiony wahań sezonowych, c – trend, d – składnik losowy; źródło: wyniki własne

Fig. 2. Decomposition of the time series of differences between daily values of t_{tr10} , measured with the standard and automatic station, a – seasonal component, b – without seasonal fluctuation, c – trend, d – random component; source: own studies

cza to, że w okresie letnim wartości różnic były o $0,8^{\circ}\text{C}$ wyższe, natomiast w zimie o $0,8^{\circ}\text{C}$ niższe od wartości wynikających z trendu (rys. 1a).

Odmienne rezultaty otrzymano w przypadku temperatury gleby pod trawnikiem. W miesiącach letnich obserwowano większe, a w zimowych mniejsze wartości od tych, jakie wynikały z trendu. Maksymalne różnice były takie same jak w glebie bez pokrywy roślinnej i wynosiły $-0,8^{\circ}\text{C}$ w lecie oraz $0,8^{\circ}\text{C}$ w okresie zimowym (rys. 2a).

Badane szeregi zostały następnie pozbawione sezonowości. Eliminuje się ją z pierwotnego szeregu przez odjęcie od niego wskaźnika sezonowości (rys. 1b, 2b).

Kolejnym etapem dekompozycji było wyizolowanie z danych pomiarowych trendu za pomocą metody średniej ruchomej. Trend różnic temperatury gleby pod powierzchnią nieporośniętą (t_{g10}) w całym dziesięcioletnim okresie badań wykazywał niewielką tendencję spadkową (rys. 1c), natomiast w przypadku temperatury gleby pod trawnikiem (t_{tr10}) tendencję wzrostową (rys. 2c).

Ostatnią składową szeregu czasowego, wyznaczoną dzięki dekompozycji był składnik losowy. Izoluje się go przez odjęcie składnika określającego wahania długookresowe (trend) od szeregu skorygowanego sezonowo. Wahania składnika losowego różnic t_{g10} mieściły się w przedziale od $-2,5$ do $3,4^{\circ}\text{C}$ (rys. 1d). Pod po-

wierzchnią trawnika wartości tego składnika były niższe i zawierały się w granicach od $-1,5$ do $2,0^{\circ}\text{C}$ (rys. 2d).

Fluktuacje wskaźnika losowego wskazują, że w poszczególnych latach różny był wpływ zjawisk przypadkowych na występowanie różnic między parametrami termicznymi gleby mierzonymi obiema metodami. Zidentyfikowanie wszystkich czynników losowych, które wpływają na badane zjawisko jest niemożliwe. Prawdopodobnie na wielkość różnic wpływała aktualna sytuacja meteorologiczna oraz zabiegi agrotechniczne i inne prace wykonywane w pobliżu stanowisk pomiarowych. Z uwagi na bardzo duży wpływ pory roku na przebieg różnic między obiema metodami pomiaru analizowanych parametrów termicznych gleby, transformację danych przeprowadzono na podstawie sezonowej zmienności t_g i t_{tr} .

Wartości temperatury gleby, mierzonej metodą klasyczną, podzielono na przedziały co $2,0^{\circ}\text{C}$ od $-6,0$ do $32,0^{\circ}\text{C}$ (t_{g10}) oraz od $-6,0$ do $26,0^{\circ}\text{C}$ (t_{tr10}). Dla każdego z tych przedziałów obliczono średnią różnicę między wartościami temperatury mierzonej z wykorzystaniem obu metod i potraktowano ją jako poprawkę dla danych dobowych otrzymanych za pomocą czujników elektronicznych (tab. 1 i 2). Oprócz przeciętnej różnicy, podano również liczbę zdarzeń w danej klasie oraz obliczono odchylenie standardowe (σ) i błąd standardowy (SE).

W przypadku gleby nieporośniętej, na głębokości 10 cm ekstremalne wartości poprawek wynosiły $-1,6^{\circ}\text{C}$ w przedziale $[-6,0; -4,0)$ – w klasie tej znalazły się 4 przypadki – oraz $0,0^{\circ}\text{C}$ w przedziale $[0,0; 0,2)$. W tym przedziale temperatury obserwowano najwięcej (356) zdarzeń (tab. 1). Podobnie dużo, ponad 250 przypadków, wystąpiło też w przedziałach $[-2,0; 0,0)$, $[2,0; 4,0)$, $[4,0; 6,0)$, $[18,0; 20,0)$ oraz $[20,0; 22,0)$. Najmniej zdarzeń stwierdzono w przedziałach skrajnych.

Pod powierzchnią gleby porośniętej trawnikiem (tab. 2) największa wartość poprawki, wynosząca $3,9^{\circ}\text{C}$, wystąpiła w klasie $[-6,0; -4,0)$. Najmniejszą poprawkę ($0,4^{\circ}\text{C}$) stwierdzono w przedziale $[22,0; 24,0)$. W przypadku tej powierzchni, ponad 300 zdarzeń notowano aż w pięciu wydzielonych klasach (tab. 2).

Po obliczeniu wartości korekty w poszczególnych przedziałach temperatury gleby, mierzonej metodą klasyczną, od różnicy między wynikami obu stacji odjęto jej wartość. Nieparametryczna funkcja wygładzania lowess w otrzymanych w ten sposób szeregach czasowych (rys. 3) w przypadku temperatury gleby nieporośniętej była znacznie bliższa zeru w porównaniu z wyrównaniem w szeregach nieskorygowanych [KAJEWSKA, ROJEK 2010].

Pod powierzchnią gleby porośniętej trawnikiem (rys. 4) skorygowane szeregi czasowe, wyrównane funkcją lowess, nadal odbiegały od wartości $0,0^{\circ}\text{C}$ (szczególnie dotyczy to okresu 2000–2004), jednak i w tym przypadku średnia różnica zmniejszyła się w porównaniu z wartościami bez poprawek.

Średnie różnice (w poszczególnych przedziałach temperatury gleby) dodano do dobowych wartości t_{g10} i t_{tr10} , otrzymanych z pomiarów czujnikami elektronicznymi, ponieważ „oryginalne” wartości temperatury gleby, mierzonej za pomocą stacji automatycznej były mniejsze od danych klasycznych. Mimo że skorygowany prze-

Tabela 1. Średnia różnica między t_{g10} (°C), mierzoną z wykorzystaniem stacji klasycznej i automatycznej w przedziałach t_{g10} według stacji klasycznej

Table 1. Mean difference between t_{g10} (°C), measured with the standard and automatic station at intervals of t_{g10} according to standard station

Parametry Parameters	Przedziały Intervals				
Klasa Class, °C	[-6,0; -4,0)	[-4,0; -2,0)	[-2,0; 0,0)	[0,0; 2,0)	[2,0; 4,0)
Różnica Difference, °C	-1,6	-0,3	0,1	0,0	0,3
Liczba obserwacji Number of events	4	24	256	356	272
σ , °C	1,5	0,9	0,3	0,3	0,3
SE, °C	0,8	0,2	0,02	0,02	0,02
Klasa Class, °C	[4,0; 6,0)	[6,0; 8,0)	[8,0; 10,0)	[10,0; 12,0)	[12,0; 14,0)
Różnica Difference, °C	0,3	0,3	0,4	0,3	0,3
Liczba obserwacji Number of events	283	248	218	152	151
σ , °C	0,3	0,4	0,5	0,5	0,5
SE, °C	0,02	0,03	0,03	0,04	0,04
Klasa Class, °C	[14,0; 16,0)	[16,0; 18,0)	[18,0; 20,0)	[20,0; 22,0)	[22,0; 24,0)
Różnica Difference, °C	0,4	0,5	0,4	0,6	0,6
Liczba obserwacji Number of events	203	258	294	271	206
σ , °C	0,6	0,7	0,9	1,0	0,9
SE, °C	0,04	0,04	0,05	0,06	0,06
Klasa Class, °C	[24,0; 26,0)	[26,0; 28,0)	[28,0; 30,0)	[30,0; 32,0)	
Różnica Difference, °C	0,7	0,8	0,9	1,4	
Liczba obserwacji Number of events	145	62	16	13	
σ , °C	0,9	0,9	0,7	0,3	
SE, °C	0,08	0,1	0,2	0,08	

Objaśnienia: σ – odchylenie standardowe, SE – błąd standardowy.

Explanations: σ – standard deviation, SE – standard error.

Źródło: wyniki własne. Source: own studies.

bieg różnic tych parametrów, wyrównany funkcją lowess, nie był idealnie dopasowany do przebiegu t_g i t_{tr} według pomiarów klasycznych, to jednak wykonanie takiej transformacji spowodowało, że średnie wartości mierzone sensorami elektronicznymi, były bliższe średnim dobowym z pomiarów klasycznych (rys. 5, 6). Lepsze dopasowanie danych z pomiarów standardowych do automatycznych otrzymano dla temperatury gleby nieporośniętej (rys. 5).

Po przeprowadzeniu wyżej opisanej transformacji danych, ponownie wykonano ocenę częstości występowania różnic między obiema metodami pomiaru temperatury gleby (tabel analogicznych do tabel 1 i 2 nie zamieszczono w pracy).

Tabela 2. Średnia różnica między t_{tr10} (°C), mierzona z wykorzystaniem stacji klasycznej i automatycznej w przedziałach t_{tr10} według stacji klasycznej

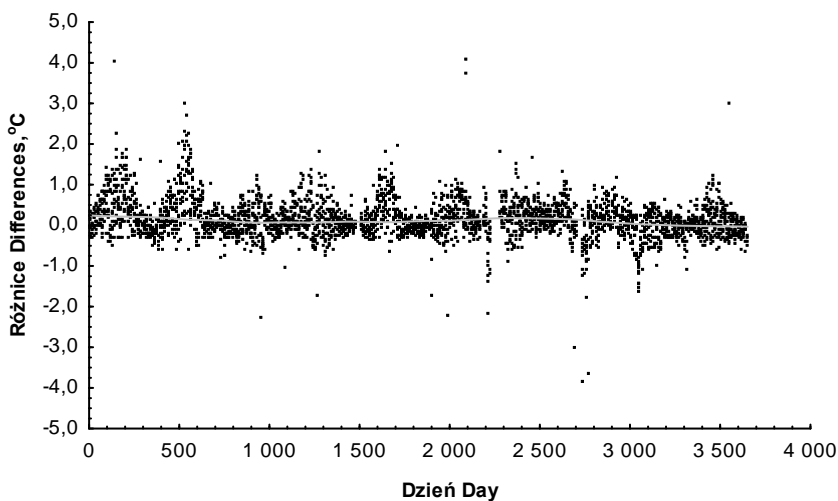
Table 2. Mean difference between t_{tr10} (°C), measured with the standard and automatic station at intervals of t_{tr10} according to standard station

Parametry Parameters	Przedziały Intervals					
Klasa Class, °C	[-6,0; -4,0)	[-4,0; -2,0)	[-2,0; 0,0)	[0,0; 2,0)	[2,0; 4,0)	[4,0; 6,0)
Różnica Difference, °C	3,9	1,6	1,0	1,1	1,1	0,9
Liczba obserwacji Number of events	1	16	185	357	274	374
σ , °C	0,0	2,3	1,3	1,0	0,8	0,7
SE, °C	0,0	0,6	0,1	0,05	0,05	0,04
Klasa Class, °C	[6,0; 8,0)	[8,0; 10,0)	[10,0; 12,0)	[12,0; 14,0)	[14,0; 16,0)	[16,0; 18,0)
Różnica Difference, °C	0,8	0,8	0,6	0,6	0,6	0,7
Liczba obserwacji Number of events	292	218	200	299	302	337
σ , °C	0,7	0,7	0,7	0,7	0,6	0,6
SE, °C	0,04	0,05	0,05	0,04	0,03	0,03
Klasa Class, °C	[18,0; 20,0)	[20,0; 22,0)	[22,0; 24,0)	[24,0; 26,0)		
Różnica Difference, °C	0,6	0,6	0,4	3,3		
Liczba obserwacji Number of events	398	263	54	1		
σ , °C	0,7	0,7	0,9	0,0		
SE, °C	0,04	0,04	0,1	0,0		

Objaśnienia, jak pod tabelą 1. Explanations as in Tab. 1.

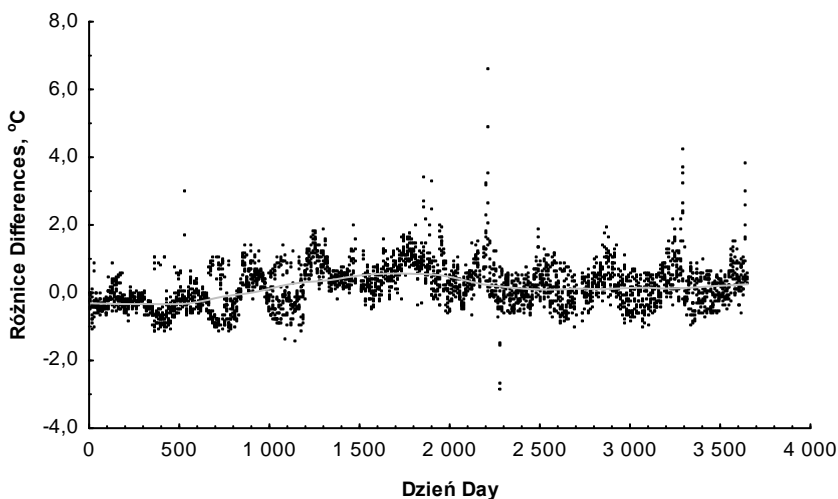
Źródło: wyniki własne. Source: own studies.

Wyraźnie zmienił się procentowy udział w najliczniejszych wcześniej przedziałach. Pod powierzchnią gleby nieporośniętej, w klasie o największej częstotliwości $[-1,0; 1,0)$, liczba przypadków zwiększyła się z 84 do 91%. Liczebność w drugim co do wielkości przedziale $[1,0; 3,0)$ zmniejszyła się z 14 do 4%. Pod powierzchnią trawnika liczba przypadków w przedziale $[-1,0; 1,0)$ jeszcze bardziej się zwiększyła – z 63 do 88%, co nastąpiło kosztem procentowego udziału w kolejnej klasie $[1,0; 3,0)$, który zmniejszył się z 35 do 8%. W przypadku obu powierzchni, w środkowym przedziale odchyień $[-1,0; 1,0)$ nowa częstość występowania przekraczała więc 85%.



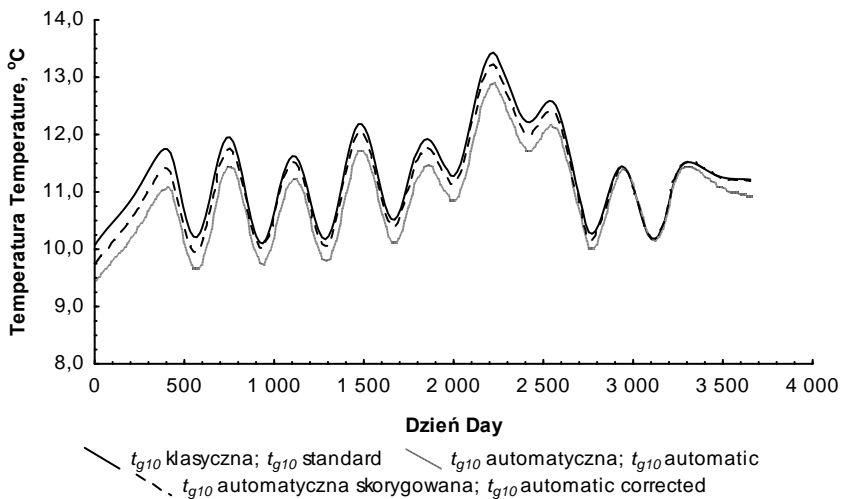
Rys. 3. Skorygowany przebieg różnic między dobowymi wartościami t_{g10} , mierzonej z wykorzystaniem stacji klasycznej i automatycznej w kolejnych dniach okresu 2000–2009, wygładzony funkcją lowess; źródło: wyniki własne

Fig. 3. Corrected course of differences between daily values of t_{g10} , measured with the standard and automatic station in subsequent days of the period 2000–2009, smoothed with the lowess function; source: own results



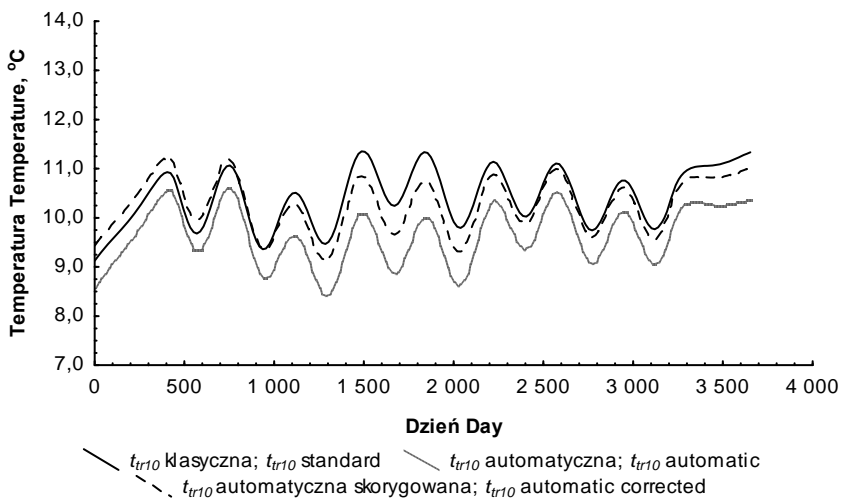
Rys. 4. Skorygowany przebieg różnic między dobowymi wartościami t_{tr10} , mierzonej z wykorzystaniem stacji klasycznej i automatycznej w kolejnych dniach okresu 2000–2009, wygładzony funkcją lowess; źródło: wyniki własne

Fig. 4. Corrected course of differences between daily values of t_{tr10} , measured with the standard and automatic station in subsequent days of the period 2000–2009, smoothed with the lowess function; source: own results



Rys. 5. Przebieg t_{g10} , mierzonej z wykorzystaniem stacji klasycznej i automatycznej w kolejnych dniach okresu 2000–2009, wygładzony funkcją lowess; źródło: wyniki własne

Fig. 5. The course of t_{g10} , measured with the standard and automatic station in subsequent days of the period 2000–2009, smoothed with the lowess function; source: own results



Rys. 6. Przebieg t_{tr10} , mierzonej z wykorzystaniem stacji klasycznej i automatycznej w kolejnych dniach okresu 2000–2009, wygładzony funkcją lowess; źródło: wyniki własne

Fig. 6. The course of t_{tr10} , measured with the standard and automatic station in subsequent days of the period 2000–2009, smoothed with the lowess function; source: own results

WNIOSKI

1. Spośród czterech analizowanych składowych szeregów czasowych różnic dobowych wartości temperatury gleby, największe wartości uzyskano dla składnika losowego.

2. Sezonowość różnic dobowych wartości temperatury gleby wyrażała się wzrostem ich wartości w okresie letnim, w przypadku temperatury gleby pod powierzchnią nieporośniętą i spadkiem w tej samej porze roku pod powierzchnią trawnika; w okresie zimowym zależności były odwrotne.

3. Wskaźnik sezonowości – w zależności od pory roku i rodzaju powierzchni – wynosił $-0,8$ oraz $0,8^{\circ}\text{C}$.

4. Nieparametryczne funkcje wygładzania lowess, po uwzględnieniu obliczonych dla wydzielonych przedziałów temperatury gleby poprawek, były bliższe zeru w porównaniu z danymi „surowymi” różnic.

5. Po przeprowadzeniu transformacji danych, procentowy udział różnic temperatury gleby w klasie $[-1,0; 1,0)$ zwiększył się do ponad 85% pod obiema powierzchniami.

Praca naukowa finansowana ze środków budżetowych na naukę w latach 2009–2011 jako projekt badawczy promotorski nr N N305 066836.

LITERATURA

- KAJEWSKA J., ROJEK M. 2010. Porównanie temperatury gleby mierzonej rtęciowymi termometrami glebowymi i za pomocą stacji automatycznej. *Woda Środowisko Obszary Wiejskie*. T. 10 z. 4(32) s. 79–94.
- LICZNAR P., ROJEK M. 2004. Ocena warunków termicznych profilu glebowego przy wykorzystaniu sztucznych sieci neuronowych. *Acta Agrophysica*. Vol. 3(2) s. 317–323.
- ROJEK M., ROJEK M.S. 2004. Modelowanie dobowej zmienności temperatury gleby i powietrza przy pomocy funkcji wielomianowych. *Acta Agrophysica*. Vol. 3(2) s. 367–373.
- ROJEK M., ROJEK M.S., ŁOMOTOWSKI J. 2001. Porównanie danych meteorologicznych uzyskiwanych przy wykorzystaniu klasycznej i automatycznej stacji meteorologicznej. *Annales UMCS*. Vol. 55/56 sec. B s. 299–307.
- Wybrane zagadnienia z zakresu pomiarów i metod opracowania danych automatycznych stacji meteorologicznych. 2001. Pr. zbior. Red. J. Łomotowski, M. Rojek. *Zeszyty Naukowe Akademii Rolniczej we Wrocławiu*. Nr 428. Monografie 25 ss. 87.
- ŻADŁO T., WYWIĄŁ J. 2008. Prognozowanie szeregów czasowych za pomocą pakietu SPSS. Kraków. SPSS Polska ss. 160.

Joanna KAJEWSKA, Marian ROJEK

**USING TIME SERIES TO ASSESS THE DIFFERENCES IN SOIL TEMPERATURE
MEASURED BY TWO METHODS**

Key words: automatic station, mercury thermometers, soil temperature, time series

S u m m a r y

The paper presents the results of soil temperature measured at a depth of 10 cm under the bare soil and under the lawn. Compared data were obtained from standard methods (mercury thermometers) and using the automatic station Campbell CR23X. Daily measurements were taken at the Observatory UP Wrocław-Swojec in the period 2000-2009. Standard mean daily soil temperature was calculated based on three terminal measurements: at 7, 13 and 19 CET. Daily value according to the automatic station was the arithmetic mean of the 24-hour reports. An analysis of autocorrelation and partial autocorrelation of daily differences was conducted. Partial autocorrelation analysis confirmed the seasonality. The decomposition of time series was carried out using an additive model. Seasonal component, trend, long-term fluctuation and irregular component were isolated. Obtained seasonal index amounted to -0.8 and 0.8°C , depending on season and the type of surface. From among all time series components, the highest values were obtained for the random component. Performed analysis proved that the assessment of the frequency of differences between results of measurements with both types of stations was an effective way to check the homogeneity of observation series. Seasonality of differences in daily values of soil temperature manifested itself by increasing differences in the summer under bare soil and decreasing differences at the same time under the lawn, in the winter period the relation was reversed.

Praca wpłynęła do Redakcji 16.06.2011 r.