

Wpłynęło 13.11.2012 r.
Zrecenzowano 04.12.2012 r.
Zaakceptowano 21.12.2012 r.

A – koncepcja
B – zestawienie danych
C – analizy statystyczne
D – interpretacja wyników
E – przygotowanie maszynopisu
F – przegląd literatury

PORÓWNANIE ŚREDNIEJ DOBOWEJ TEMPERATURY I WILGOTNOŚCI POWIETRZA MIERZONYCH I OBLICZANYCH METODAMI STANDARDOWĄ I AUTOMATYCZNĄ

Joanna KAJEWSKA-SZKUDLAREK^{BCDEF}, **Marian ROJEK**^{ADE}

Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, Instytut Kształtowania i Ochrony Środowiska

Streszczenie

W pracy analizowano średnie dobowe wartości temperatury, wilgotności względnej oraz niedosytu wilgotności powietrza uzyskane podczas trzech lub czterech w okresie doby pomiarów przyrządami klasycznymi oraz czujnikami elektronicznymi z tych samych terminów i z wszystkich 24 godzin. Pomiaru standardowe wykonywano za pomocą termometru stacyjnego i psychrometru Augusta. Niedosyt wilgotności powietrza odczytywano z tablic psychrometrycznych. Średnią dobową obliczano na podstawie pomiarów z 7, 13 i 19 CET dla niedosytu wilgotności powietrza i z 1, 7, 13 i 19 CET dla temperatury i wilgotności względnej powietrza. Automatyczną stację meteorologiczną CR23X zaprogramowano na rejestrowanie raportów godzinnych. Średnie wartości dobowe według pomiarów automatycznych były średnią arytmetyczną z 24 wartości godzinnych lub z tych samych terminów, w których wykonywano obserwacje manualne. Do oceny, czy zmiana sposobu obliczania średnich powoduje zmniejszenie różnic między obiema metodami, wykorzystano analizę regresji liniowej, ocenę częstości i istotności różnic oraz analizę szeregów czasowych (tj. analizę autokorelacji i dekompozycję sezonową).

Obliczanie średniej dobowej temperatury i wilgotności względnej powietrza według stacji automatycznej z czterech pomiarów terminowych zamiast 24 wartości godzinnych nie spowodowało zmniejszenia różnic między obiema metodami pomiaru tych elementów meteorologicznych. Jedynie w przypadku niedosytu wilgotności powietrza wartości średnie obliczone z trzech dziennych terminowych pomiarów czujnikami elektronicznymi były bardziej zbliżone do danych otrzymanych metodą klasyczną niż średnie z wszystkich 24 godzin. Wynika to z pomijania we wzorze na średnią dobową według metody klasycznej wartości z godzin nocnych i skutkuje jego zawyżaniem w stosunku do danych otrzymywanych na podstawie automatycznych pomiarów ciągłych.

Do cytowania For citation: Kajewska-Szkudlarek J., Rojek M. 2013. Porównanie średniej dobowej temperatury i wilgotności powietrza mierzonych i obliczanych metodami standardową i automatyczną. Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie. T. 13. Z. 1(41) s. 59–73.

Słowa kluczowe: metoda klasyczna, parametry termiczne i wilgotnościowe powietrza, stacja automatyczna, szeregi czasowe, średnie dobowe

WSTĘP

W ostatnich latach znaczna część stacji sieci meteorologicznej rezygnuje z klasycznych (manualnych) przyrządów, zastępując je nowoczesnymi stacjami automatycznymi, wyposażonymi w elektroniczne czujniki pomiarowe. Zdecydowanie poprawia to dokładność danych pomiarowych, ale może również prowadzić do zerwania homogeniczności wieloletnich ciągów obserwacyjnych otrzymywanych dotychczas przyrządami standardowymi (metoda klasyczna) [ŁOMOTOWSKI, ROJEK 2001; METE 2008].

Niniejsza praca jest kontynuacją wcześniejszych badań Autorów, dotyczących porównania klasycznych i automatycznych sposobów pomiaru podstawowych parametrów meteorologicznych [KAJEWSKA, ROJEK 2009; 2010b; 2011]. Zgodnie z metodyką IMGW, średnią dobową wartość z pomiarów klasycznych oblicza się, w zależności od analizowanego parametru meteorologicznego, z trzech bądź czterech terminowych obserwacji w ciągu doby. W przypadku stacji automatycznej średnia jest wartością przeciętną, obliczaną z wszystkich 24 godzin.

Autorzy niniejszej pracy porównywali dane otrzymane w ten sposób na podstawie pomiarów w Obserwatorium Agro- i Hydrometeorologii UP Wrocław-Swojec w okresie dziesięcioletnim (2000–2009). Okazało się, że wartości mierzone za pomocą klasycznej metody manualnej i nowoczesnych czujników elektronicznych różnią się. Ponadto stwierdzono, że obu metod nie powinno się stosować zamiennie, a zachowanie jednorodności wieloletnich ciągów pomiarowych bez stosowania matematycznych metod transformacji danych nie jest – w większości przypadków – możliwe [KAJEWSKA 2011; KAJEWSKA, ROJEK 2010b].

W literaturze można znaleźć opinie, że główną przyczyną występowania różnic między danymi otrzymywanymi przyrządami klasycznymi i czujnikami elektronicznymi (stacja automatyczna) jest odmienna metodyka obliczania wartości średnich dobowych [ŁABĘDZKI i in. 2001]. Jednak brakuje potwierdzenia tych poglądów w postaci badań empirycznych dla długich ciągów obserwacyjnych. Uważa się, że obliczanie średniej dobowej według stacji automatycznej z tych samych terminów, w których były wykonywane obserwacje manualne, mogłoby zmniejszyć różnice między obiema metodami [ROJEK i in. 2001; SZWEJKOWSKI 1999; WANG i in. 2006]. Oznaczałoby to jednak świadomą rezygnację z dużo bardziej dokładnych danych, pochodzących z pomiarów ciągłych, wykonywanych z dowolnym krokiem czasowym i byłoby niezgodne z ideą dążenia do nowej, lepszej jakości pomiarów parametrów meteorologicznych.

Niniejsza praca jest próbą odpowiedzi na pytanie, czy sposób obliczania wartości średnich dobowych ma wpływ na wielkość różnic występujących między pomiarami standardowymi (manualnymi) i automatycznymi.

METODY BADAŃ

W pracy porównywano wyniki pomiarów temperatury (t_p) oraz wilgotności względnej (f) i niedosytu wilgotności powietrza (d), prowadzonych z wykorzystaniem stacji klasycznej i automatycznej w dziesięcioletnim okresie 2000–2009 na terenie Obserwatorium Agro- i Hydrometeorologii Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu-Swojcu.

Standardowe obserwacje temperatury i wilgotności względnej wykonywano z wykorzystaniem termometru stacyjnego oraz psychrometru Augusta, umieszczonych w klatce meteorologicznej 2 m nad powierzchnią gruntu. Średnie dobowe tych elementów meteorologicznych – zgodnie z metodyką IMGW dla stacji klimatycznych – obliczano z czterech terminów pomiarowych: 1, 7, 13, 19 CET, czyli wg wzoru obowiązującego do 1996 r. Termohigrogramy dobowe wykorzystano do odczytania wartości z godziny 1 w nocy. Zgodnie z obowiązującą instrukcją IMGW, średni dobowy niedosyt wilgotności powietrza wyznaczano na podstawie temperatury i wilgotności względnej z tablic psychrometrycznych A. Rojeckiego w trzech terminach pomiarowych (7, 13, 19), pomijając godziny nocne.

W celu zachowania zasady porównywalności miejsca pomiarów elektroniczny czujnik temperatury i wilgotności MP 100 A Rotronik umieszczono w tej samej klatce meteorologicznej, w której znajdowały się przyrządy standardowe.

Średnie wartości dobowe według stacji automatycznej obliczano w dwojaki sposób:

- 1) na podstawie wszystkich 24 godzin;
- 2) z tych samych terminów, w których wykonywane były obserwacje manualne, czyli z czterech pomiarów w przypadku temperatury i wilgotności względnej powietrza oraz z trzech dla niedosytu wilgotności powietrza.

Otrzymane dane dobowe z terminowych pomiarów (zarówno klasycznych, jak i automatycznych) zestawiano z wartościami obliczonymi na podstawie automatycznych obserwacji 24-godzinnych. Porównywano je z wykorzystaniem analizy regresji i współczynników korelacji, określano częstość i istotność różnic między obiema metodami oraz przeprowadzono analizę szeregów czasowych.

W niniejszej pracy szeregiem czasowym nazwano różnice między średnimi dobowymi wartościami temperatury, wilgotności względnej a także niedosytu wilgotności powietrza, które były mierzone metodą klasyczną i za pomocą stacji automatycznej, w okresie od 1 stycznia 2000 do 31 grudnia 2009 r. Dla każdego parametru uzyskano dwa szeregi czasowe, ponieważ od średnich według stacji klasycznej odejmowano średnie pochodzące z terminowych pomiarów automatycznych oraz ze wszystkich 24 godzin doby.

Badanie szeregów czasowych polegało na przeprowadzeniu analizy autokorelacji, w celu znalezienia sezonowości ciągów różnic, oraz na dekompozycji sezonowej tych parametrów meteorologicznych, które się nią charakteryzowały (oba parametry wilgotnościowe powietrza). Posłużyła ona do wyizolowania poszcze-

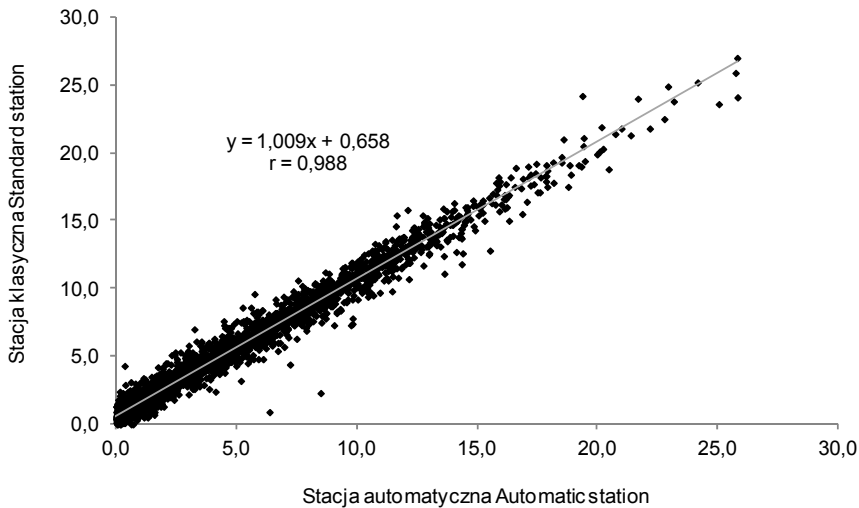
gólnych składowych analizowanych szeregów czasowych, takich jak: składnik sezonowy, trend i wahania długookresowe oraz składnik losowy.

Wszystkie analizy statystyczne wykonano w programie Statistica 9.0.

WYNIKI BADAŃ I Dyskusja

Obliczanie średnich wartości dobowych na podstawie terminowych pomiarów automatycznych, zamiast wszystkich 24 godzin, miało wpływ na niewielką poprawę wyników analizy regresji. Przy tak dużej liczbie danych (prawie 4000 dla jednego parametru mierzonego jedną metodą) różnica między wartościami współczynników korelacji nie mogła być zbyt duża, jednak okazało się, że były one wyższe dla średnich terminowych.

Największą poprawę, wynikającą z nowego sposobu obliczania średniej dobowej, stwierdzono w przypadku niedosytu wilgotności powietrza. Wartość współczynnika korelacji, która wcześniej dla średnich klasycznych i automatycznych z pomiarów ciągłych wynosiła 0,965 zwiększyła się do 0,988 (rys. 1), natomiast współczynniki korelacji między obiema metodami pomiaru t_p i f były większe o odpowiednio 0,001 i 0,005.

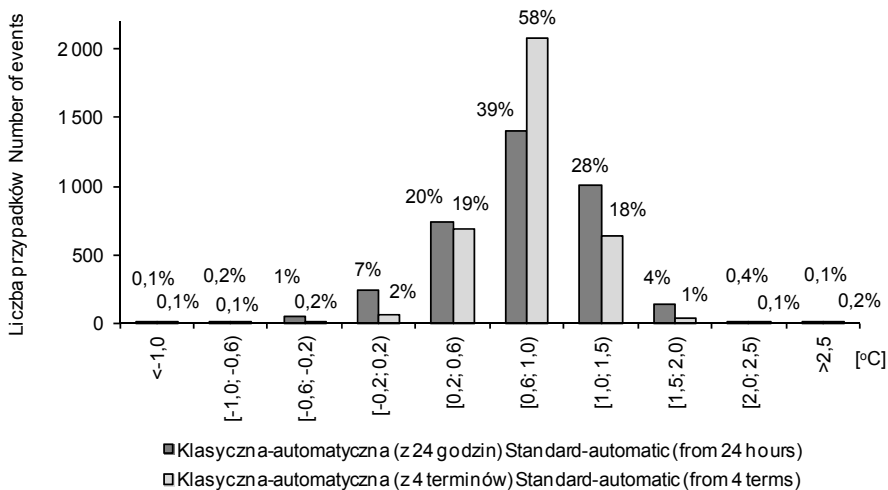


Rys. 1. Zależność między dobowymi wartościami niedosytu wilgotności powietrza (hPa), obliczonymi na podstawie pomiarów terminowych według stacji klasycznej i automatycznej w okresie 2000–2009; źródło: wyniki własne

Fig. 1. The relationship between daily values of saturation deficit (hPa), calculated from fixed-term measurements according to the standard and automatic station during the period 2000–2009; source: own studies

Analiza częstości występowania różnic między obiema metodami posłużyła do oceny, czy zmiana sposobu obliczania wartości średnich dobowych miała wpływ na homogeniczność badanych serii pomiarowych. Według metodyki proponowanej przez LORENC [2006], serię można uznać za jednorodną, gdy 90% wszystkich wartości znajduje się w środkowej klasie częstości.

Najliczniejszym dla temperatury powietrza pozostał przedział różnic $[0,6; 1,0)$ a częstość w nim zwiększyła się z 39 do 58%. Liczebność klasy centralnej $[-0,2; 0,2)$, która na początku stanowiła niewielki odsetek wszystkich różnic, zmniejszyła się jeszcze bardziej, z 7 do 2%. Wymagany 90-procentowy próg częstości nie został spełniony bez względu na to, jaki wzór do obliczania średniej dobowej według metody automatycznej został zastosowany (rys. 2).



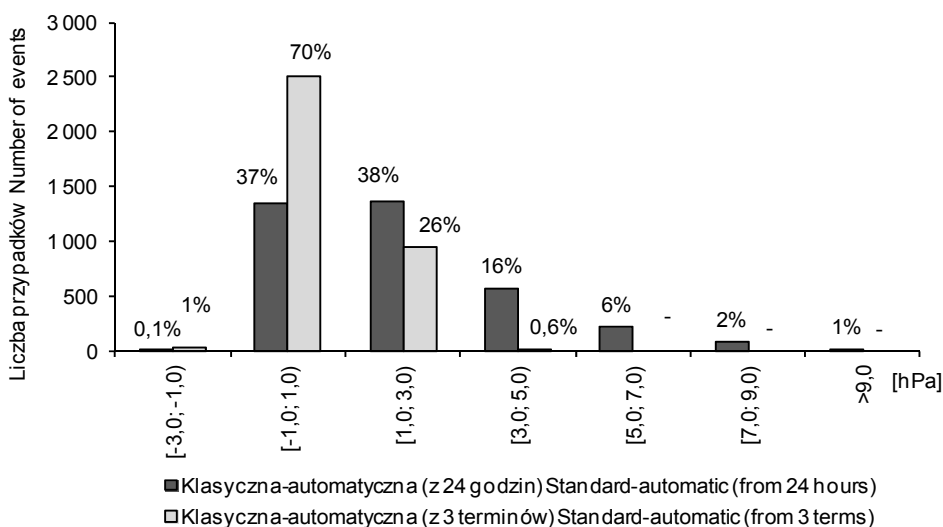
Rys. 2. Częstość występowania różnic między dobowymi wartościami temperatury powietrza (°C), mierzonej z wykorzystaniem stacji klasycznej i automatycznej w okresie 2000–2009; źródło: wyniki własne

Fig. 2. The frequency of occurrence of differences between daily values of air temperature (°C) measured with the standard and automatic station in the period 2000–2009; source: own studies

Rozkład częstości występowania różnic między obiema metodami pomiaru wilgotności względnej powietrza pozostał bez zmian. Zarówno dla różnic między średnimi otrzymanymi metodą klasyczną i automatyczną z 24 godzin, jak i średnimi terminowymi według obu stacji liczba przypadków w sąsiadujących klasach różniła się niewiele i rozpoczynając od najliczniejszej $[-3; -1)$, w której znalazło się ich 18%, systematycznie malała ku dodatnim i ujemnym różnicom jedynie o kilka procent.

Różnice wartości niedosytu wilgotności powietrza między średnimi z klasycznych pomiarów terminowych i ciągłych automatycznych najbardziej licznie występowały w dwóch sąsiadujących przedziałach $[-1,0; 1,0)$ oraz $[1,0; 3,0)$, odpowiednio 37 i 38%. W klasie $[3,0; 5,0)$ znalazło się 16% przypadków i 6% w V klasie $[5,0; 7,0)$. Różnice powyżej 7,0 hPa jak również poniżej $-1,0$ hPa, zdarzały się sporadycznie i stanowiły łącznie jedynie 3%.

Zmiana wzoru do obliczania średnich dobowych spowodowała ponad dwukrotny (do 70%) wzrost wartości w klasie środkowej $[-1,0; 1,0)$, kosztem występowania różnic w pozostałych przedziałach. Zanikły także całkiem różnice powyżej 5,0 hPa, których wcześniejszy udział wynosił prawie 10% (rys. 3).

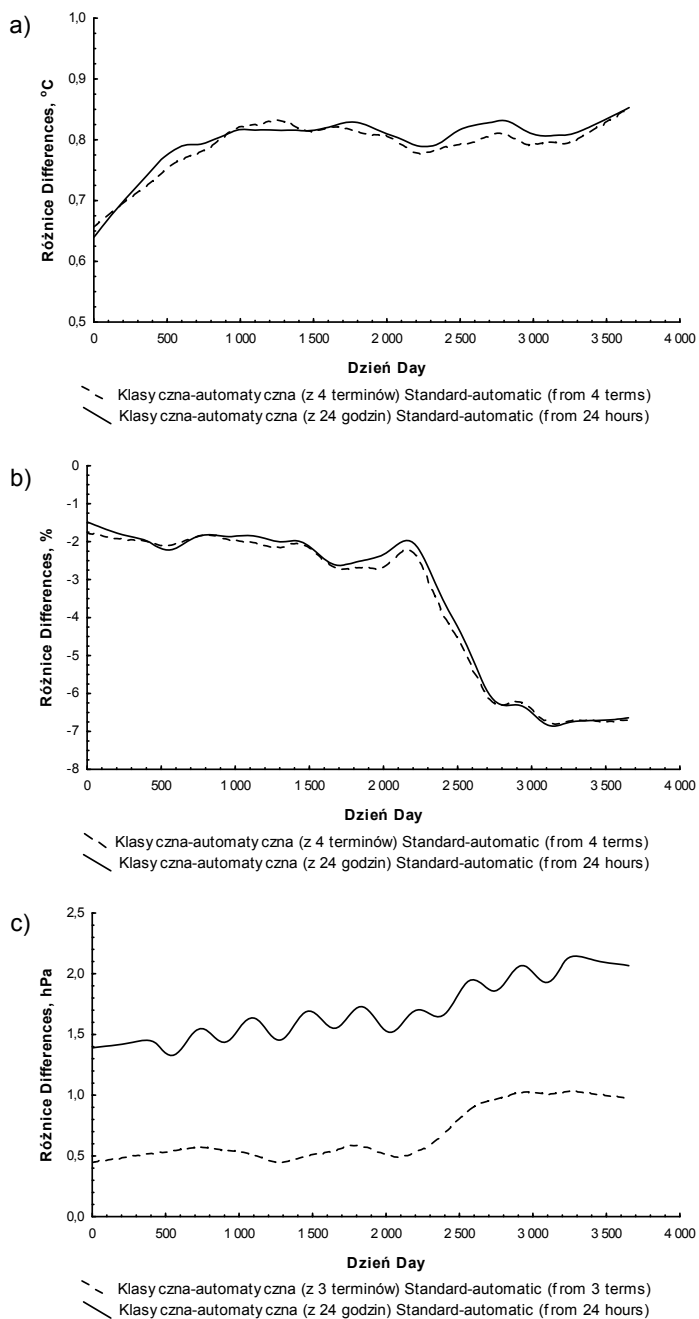


Rys. 3. Częstość występowania różnic między dobowymi wartościami niedosytu wilgotności powietrza (hPa), mierzonego z wykorzystaniem stacji klasycznej i automatycznej w okresie 2000–2009; źródło: wyniki własne

Fig. 3. The frequency of occurrence of differences between daily values of saturation deficit (hPa) measured with the standard and automatic station in the period 2000–2009; source: own studies

Na kolejnych rysunkach porównano przebieg różnic między średnimi terminowymi, według obu metod, oraz między średnimi obliczonymi na podstawie pomiarów klasycznych i automatycznych 24-godzinnych. Aby poprawić czytelność wykresów, zamiast danych oryginalnych, zestawiono średnie z 10-letniego okresu badań, wygładzone za pomocą odpornej regresji lokalnie ważonej (rys. 4a, b, c).

W przypadku temperatury i wilgotności względnej powietrza obie linie były bardzo do siebie zbliżone. Przeciętna różnica między dwiema metodami pomiaru t_p w obu przypadkach wynosiła ok. $0,8^{\circ}\text{C}$ i od 2002 r. utrzymywała się na stałym poziomie (rys. 4a), natomiast przebieg różnic między średnimi terminowymi warto-



Rys. 4. Dobowe wartości różnic: a) t_p , b) f , c) d , między średnimi według stacji klasycznej i automatycznej w kolejnych dniach okresu 2000–2009; źródło: wyniki własne

Fig. 4. Daily differences of: a) t_p , b) f , c) d between mean values according to the standard and automatic station on consecutive days of the period 2000–2009; source: own studies

ściami wilgotności względnej potwierdził zaobserwowany wcześniej wzrost średniej różnicy z ok. 2 do 7% w 2005 r. (rys. 4b). Odmienny obraz otrzymano dla niedosytu wilgotności powietrza. Pierwotny przebieg różnic (obliczanych na podstawie średnich dobowych według metody klasycznej i średnich z pomiarów automatycznych z 24 godzin) podlegał zmianom sezonowym najbardziej ze wszystkich analizowanych elementów. Sezonowość ta wyrażała się zwiększaniem się różnic dodatnich w miesiącach letnich i zmniejszaniem ich wartości w zimowych. Stała się ona o wiele mniej zauważalna dla różnic między średnimi z pomiarów terminowych. Ponadto, przeciętna różnica między obiema metodami zmniejszyła się średnio o 1,0 hPa – z ok. 1,6 do 0,6 hPa (rys. 4c).

W celu odpowiedzi na pytanie, czy obserwowane różnice są istotne, przeprowadzono ocenę ich istotności w poszczególnych miesiącach analizowanego dziesięciolecia (tab. 1). W tabelach zaznaczono istotne wartości różnic między średnimi dobowymi z pomiarów metodą klasyczną i automatyczną z 24 godzin, średnimi z klasycznych i automatycznych pomiarów terminowych oraz różnice istotne w obu tych przypadkach. W większości miesięcy różnice między t_p mierzona dwiema metodami były nieistotne. Istotne wartości notowano jedynie w lutym 2004 i w maju 2008 dla średnich terminowych oraz w sierpniu 2002 dla obu sposobów obliczania średnich dobowych (tab. 1). W przypadku wilgotności względnej, zmiana sposobu obliczania średnich dobowych nie wpłynęła na zmniejszenie liczby istotnych różnic. Szczególnie w trzech ostatnich latach badań w większości miesięcy obserwowano istotne różnice zarówno między średnimi otrzymanymi na podstawie pomiarów klasycznych i automatycznych z 24 godzin, jak i średnimi terminowymi (tab. 1). Istotne wartości różnic niedosytu wilgotności powietrza otrzymane dla średnich dobowych, pochodzących z pomiarów klasycznych i automatycznych z 24 godzin nie potwierdziły się dla średnich terminowych. Nie dotyczyło to chłodnej połowy roku, gdyż w miesiącach jesienno-zimowych istotne różnice obserwowano bez względu na sposób obliczania średnich dobowych (tab. 1).

We wcześniejszych pracach Autorów, na podstawie analizy autokorelacji szeregów czasowych różnic między średnimi dobowymi wartościami z pomiarów klasycznych i automatycznych z 24 godzin stwierdzono, że w odróżnieniu od wilgotności względnej i niedosytu wilgotności powietrza, szereg otrzymany dla temperatury nie podlega fluktuacjom sezonowym [KAJEWSKA 2011]. Analogiczną analizę przeprowadzono dla średnich terminowych, pochodzących z pomiarów obiema metodami.

Wykresy autokorelacji przedstawiają zależność w funkcji opóźnienia (przyjęto okres 365 dni, czyli roku). Na rysunkach, w kolejnych kolumnach od lewej, zamieszczono: opóźnienie, współczynnik autokorelacji dla danego opóźnienia, błąd standardowy, współczynnik Q Boxa i Ljunga oraz poziom istotności wyniku. Na osi poziomej znajduje się przedział ufności (0,05).

Wykresy autokorelacji dla szeregów czasowych różnic niedosytu wilgotności powietrza, obliczanych na podstawie średnich dobowych z pomiarów klasycznych

Tabela 1. Istotność różnic: t_p (°C), f (%), d (hPa) między średnimi według stacji klasycznej i automatycznej w okresie 2000–2009

Table 1. The significance of differences of: t_p (°C), f (%), d (hPa) between mean values according to the standard and automatic station in the period 2000–2009

Miesiąc Month	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Temperatura powietrza t_p , °C Air temperature t_p , °C										
Styczeń January										
Luty February										
Marzec March										
Kwiecień April										
Maj May										
Czerwiec June										
Lipiec July										
Sierpień August										
Wrzesień September										
Październik October										
Listopad November										
Grudzień December										
Wilgotność względna powietrza f , % Relative air humidity f , %										
Styczeń January										
Luty February										
Marzec March										
Kwiecień April										
Maj May										
Czerwiec June										
Lipiec July										
Sierpień August										
Wrzesień September										
Październik October										
Listopad November										
Grudzień December										
Niedosyt wilgotności d , hPa Saturation deficit d , hPa										
Styczeń January										
Luty February										
Marzec March										
Kwiecień April										
Maj May										
Czerwiec June										
Lipiec July										
Sierpień August										
Wrzesień September										

cd. tab. 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Październik October										
Listopad November										
Grudzień December										



statystycznie istotne dla klasyczna–automatyczna (z 24 godzin)
significant for standard–automatic (from 24 hours)

statystycznie istotne dla klasyczna–automatyczna (z 4 terminów)
significant for standard–automatic (from 4 terms)

statystycznie istotne dla klasyczna–automatyczna (z 24 godzin) oraz klasyczna–automatyczna (z 4 terminów)
significant for standard–automatic (from 24 hours) and standard–automatic (from 4 terms)

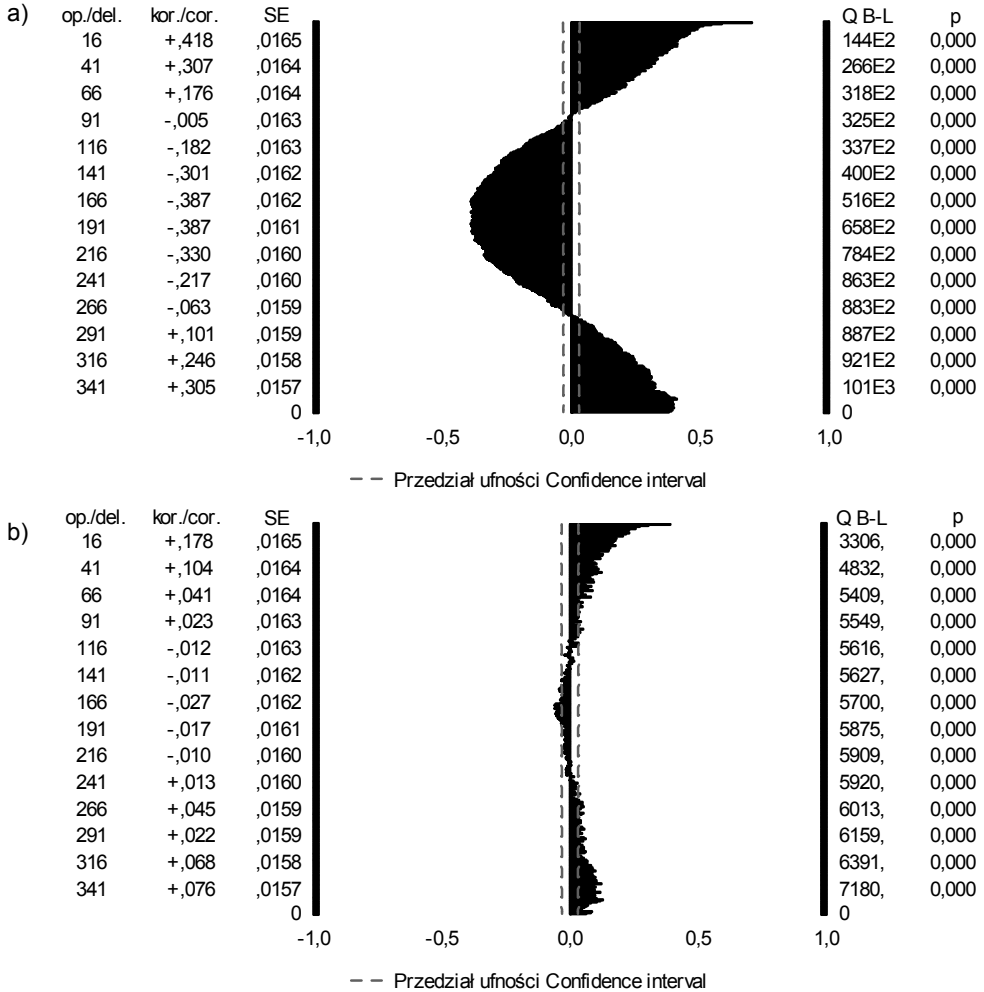
Źródło: wyniki własne. Source: own results.

i automatycznych z 24 godzin przedstawia rysunek 5a, natomiast z pomiarów terminowych wykonywanych obiema metodami rysunek 5b. Wykresów dla t_p i f nie zamieszczono, ponieważ zmiana sposobu obliczania średniej dobowej według obu metod nie wniosła istotnych zmian. Otrzymany dla średniej temperatury powietrza szereg czasowy pozbawiony był wahań sezonowych, natomiast różnice między wilgotnością względną mierzoną obiema metodami charakteryzowała roczna sezonowość.

W przypadku niedosytu wilgotności powietrza obliczanie średniej dobowej według stacji automatycznej z pomiarów terminowych zamiast wszystkich 24 godzin, zdecydowanie zmieniło wynik analizy autokorelacji (rys. 5a, b). Na początku wartości współczynników określających zależność autokorelacyjną dla różnic między średnimi z pomiarów klasycznych i automatycznych ciągłych były bardzo duże, nawet do 0,8 (rys. 5a). Współczynniki autokorelacji szeregów czasowych różnic między średnimi terminowymi były niższe, jednak nadal przekraczały wartość dwóch odchyłeń standardowych, co świadczyło o występowaniu rocznej sezonowości (rys. 5b).

Następnie szeregi czasowe, dla których analiza autokorelacji potwierdziła występowanie rocznej sezonowości (f i d), poddano dekompozycji sezonowej, w celu wyizolowania ich poszczególnych składowych (składnik sezonowy, trend i wskaźnik losowy). Porównano wykresy otrzymane dla różnic między średnimi dobowymi obliczonymi na podstawie pomiarów klasycznych i automatycznych ciągłych (rys. 6a, 7a, 8a) z wykresami dekompozycji sezonowej szeregów czasowych różnic między średnimi z klasycznych i automatycznych pomiarów terminowych (rys. 6b, 7b, 8b).

W pierwszym przypadku wartości składnika sezonowego dla niedosytu wilgotności wahały się od $-1,5$ hPa w okresie zimowym do $4,0$ hPa w letnim. Oznacza to, że w lecie wartości niedosytu wilgotności względnej powietrza były o $4,0$ hPa większe, a w zimie o $1,5$ hPa mniejsze niż wartości wynikające z trendu. Zmiana sposobu obliczania średnich dobowych spowodowała, że składnik sezonowy

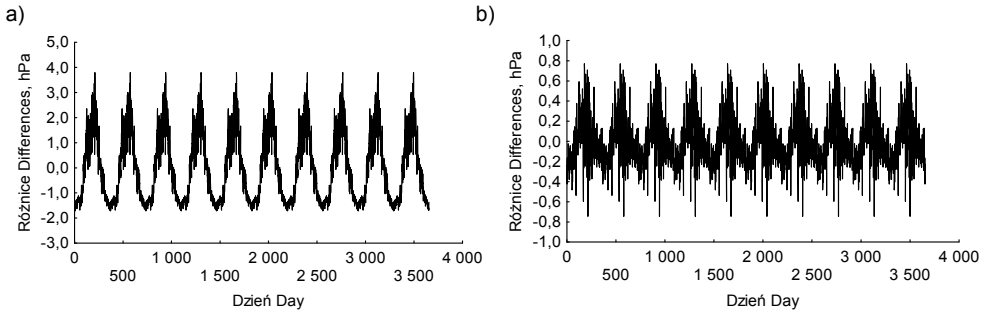


Rys. 5. Wykresy autokorelacji dla różnic między dobowymi wartościami niedosytu wilgotności powietrza (hPa), mierzonego z wykorzystaniem stacji klasycznej i automatycznej; źródło: wyniki własne

Fig. 5. Graphs of autocorrelation for differences between daily values of saturation deficit (hPa) measured with the standard and automatic station; source: own studies

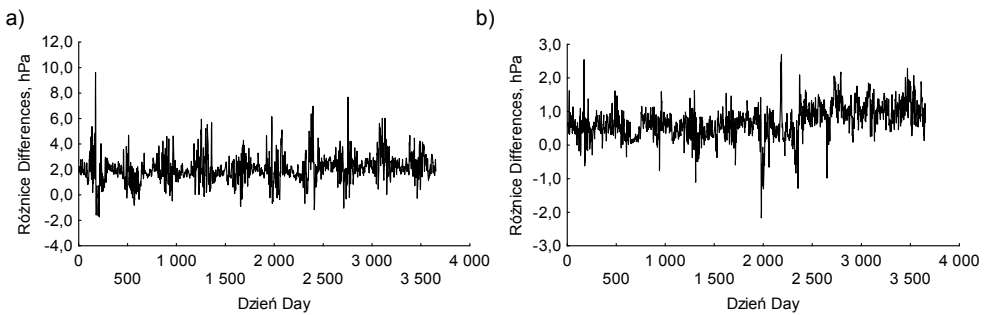
przyjmował zdecydowanie mniejsze wartości i oscylował między $-0,8$ a $0,8$ hPa (rys. 6a, b). Oba wykresy obrazujące fluktuacje składnika sezonowego otrzymanego dla wilgotności względnej były bardzo podobne. Zawierał się on w zakresie od -4% w zimie do 6% w lecie. Z powodu ograniczonej objętości pracy rysunków tych nie zamieszczono.

Linia trendu dla różnic między średnimi dobowymi z pomiarów klasycznych i automatycznych z 24 godzin odzwierciedlała niewielką tendencję wzrostową



Rys. 6. Składnik sezonowy szeregu czasowego różnic między dobowymi wartościami niedosytu wilgotności powietrza, mierzonego z wykorzystaniem stacji klasycznej i automatycznej; źródło: wyniki własne

Fig. 6. Seasonal component of a time series of differences between daily values of saturation deficit measured with the standard and automatic station; source: own studies



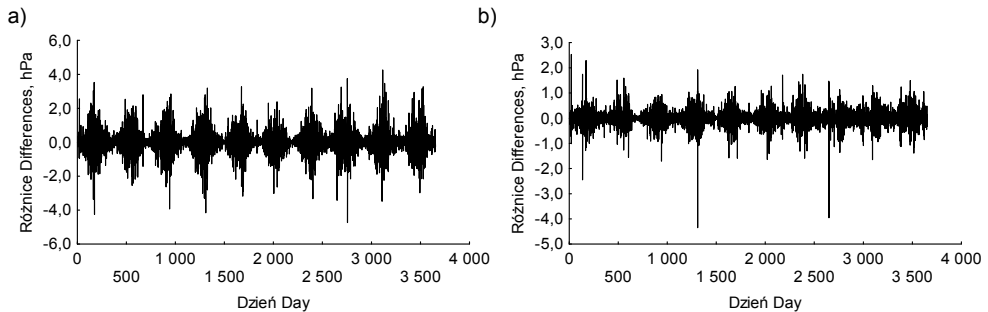
Rys. 7. Trend szeregu czasowego różnic między dobowymi wartościami niedosytu wilgotności powietrza, mierzonego z wykorzystaniem stacji klasycznej i automatycznej; źródło: wyniki własne

Fig. 7. Trend of a time series of differences between daily values of saturation deficit measured with the standard and automatic station; source: own studies

w całym dziesięcioletnim okresie badań i zauważalną różnicę między wartościami otrzymywanymi w okresie letnim a zimowym; wartości zawierały się w przedziale od $-2,0$ do $10,0$ hPa (rys. 7a). Na drugim wykresie ogólny trend rosnący został zachowany, natomiast wahania były o wiele mniejsze i wynosiły od $-2,0$ do $2,5$ hPa (rys. 7b). Wyizolowana z danych linia trendu różnic wilgotności względnej w obu przypadkach odzwierciedlała tendencję spadkową w czterech ostatnich latach badań. Maksymalnie, nawet o 15%, wyższe były wskazania uzyskane czujnikiem stacji automatycznej w porównaniu z psychrometrem Augusta.

Ostatnią wyizolowaną składową szeregów czasowych wyznaczoną dzięki dekompozycji był wskaźnik losowy, określający wszystkie przypadkowe zdarzenia, mające wpływ na występowanie różnic między klasyczną i automatyczną metodą pomiaru parametrów meteorologicznych. Dla różnic między niedosytem wilgotności powietrza z pomiarów klasycznych i ciągłych automatycznych wahał się od

–4,0 do 4,0 hPa, jednak większość wartości znajdowała się w przedziale od –2,0 do 2,0 hPa (rys. 8a). W drugim przypadku najczęściej notowano wartości z zakresu od –1,0 do 1,0 hPa, ale zdarzały się także odchylenia do –4,0 i 2,5 hPa (rys. 8b). Składnik losowy różnic wilgotności względnej zawierał się w przedziale od –5 do 5%, natomiast maksymalnie osiągał nawet wielkość do –10 oraz 10%, niezależnie od sposobu obliczania średniej dobowej wartości f .



Rys. 8. Składnik losowy szeregu czasowego różnic między dobowymi wartościami niedosytu wilgotności powietrza, mierzonego z wykorzystaniem stacji klasycznej i automatycznej; źródło: wyniki własne

Fig. 8. Random component of a time series of differences between daily values of saturation deficit measured with the standard and automatic station; source: own studies

WNIOSKI

1. Obliczanie średnich dobowych wartości temperatury i wilgotności względnej powietrza według stacji automatycznej z czterech pomiarów terminowych zamiast 24 wartości godzinnych nie przyniosło zamierzonego efektu w postaci wyraźnego zmniejszenia różnic między obiema metodami pomiaru tych elementów meteorologicznych.

Stosowanie takiego wzoru oznaczałoby niepotrzebną rezygnację z dużo bardziej dokładnych danych, pochodzących z obserwacji ciągłych z dowolnym krokiem czasowym.

Uwzględnianie we wzorze na średnią dobową według stacji klasycznej godziny 1 w nocy powoduje, że wartości temperatury i wilgotności względnej powietrza nie różnią się znacznie od średnich z 24 godzin z pomiarów automatycznych.

2. Pomijanie we wzorze na średni dobowy niedosyt wilgotności powietrza, według metody klasycznej, wartości z godzin nocnych skutkuje jego zawyżaniem w stosunku do danych otrzymywanych na podstawie automatycznych pomiarów 24-godzinnych. Dotyczy to głównie cieplej połowy roku.

Średnie dobowe, obliczone z trzech dziennych terminowych pomiarów czujnikami elektronicznymi, były o wiele bardziej zbliżone do danych otrzymanych metodą klasyczną niż średnie z wszystkich 24 godzin.

Wprowadzenie takiego rozwiązania byłoby jednak sprzeczne z ideą dążenia do nowej, lepszej jakości danych meteorologicznych. Bardziej wskazanym sposobem dopasowania wartości klasycznych do automatycznych i odwrotnie wydaje się stosowanie metod korekty danych, tworzonych na podstawie równoległych pomiarów obiema metodami.

LITERATURA

- KAJEWSKA J. 2011. Ocena wybranych parametrów agrometeorologicznych mierzonych przyrządami klasycznymi i za pomocą stacji automatycznej. Rozprawa doktorska. Maszynopis. Dostępny w Bibliotece Głównej Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu ss. 158.
- KAJEWSKA J., ROJEK M. 2009. Porównanie temperatury powietrza mierzonej przy wykorzystaniu klasycznej i automatycznej stacji meteorologicznej w Obserwatorium Wrocław-Swojec. *Acta Agrophysica*. Vol. 13(3) s. 713–723.
- KAJEWSKA J., ROJEK M. 2010b. Porównanie temperatury gleby mierzonej rtęciowymi termometrami kolankowymi i za pomocą stacji automatycznej w Obserwatorium Wrocław-Swojec. *Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie*. T. 10. Z. 4(32) s. 79–93.
- KAJEWSKA J., ROJEK M. 2010a. Statistical analysis of relative air humidity and saturation deficit measurement results according to standard and automatic methods in Wrocław-Swojec Observatory from the period 2000–2009. *Acta Agrophysica. Meteorology and Climatology Research*. Rozprawy i Monografie. Nr 184 s. 66–81.
- KAJEWSKA J., ROJEK M. 2011. Wykorzystanie szeregów czasowych do oceny różnic wartości temperatury gleby mierzonej dwiema metodami. *Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie*. T. 11. Z. 4(36) s. 149–160.
- LORENC H. 2006. Ocena jakości danych meteorologicznych po wprowadzeniu automatycznych przyrządów rejestrujących na sieci IMGW. *Annales UMCS*. Vol. 61. Nr 30. Sect. B s. 256–266.
- ŁABĘDZKI L., ROGUSKI W., KASPERSKA W. 2001. Ocena pomiarów meteorologicznych prowadzonych stacją automatyczną. *Przegląd Naukowy Wydziału Inżynierii i Kształtowania Środowiska SGGW*. Nr 21 s. 195–201.
- ŁOMOTOWSKI J., ROJEK M. (red.) 2001. Wybrane zagadnienia z zakresu pomiarów i metod opracowania danych automatycznych stacji meteorologicznych. Monografie. Vol. 25. Nr 428. Wrocław. Wydaw. AR Wrocław. ISBN 83-87866-68-7 ss. 87.
- METE M. 2008. Implementation of Automatic Weather Observing Systems (AWOS) in the mountainous areas. [online]. WMO Technical Conference on Instruments and Methods of Observations. St. Petersburg. [Dostęp 10.01.2011]. Dostępny w Internecie: www.wmo.int/pages/prog/www/IMOP/publications/IOM-96_TECO-2008/_PROGRAMME.HTML
- ROJEK M., ROJEK M. S., ŁOMOTOWSKI J. 2001. Porównanie danych meteorologicznych uzyskiwanych przy wykorzystaniu klasycznej i automatycznej stacji meteorologicznej. *Annales UMCS*. Vol. 55/56. Sect. B. Nr 37 s. 299–307.
- SZWEJKOWSKI Z. 1999. Porównanie wyników pomiarów dokonywanych za pomocą klasycznej i automatycznej stacji meteorologicznej. *Folia Universitatis Agriculture Stetinensis*. Nr 201. Agricultura. Nr 89 s. 199–202.
- WANG Y., LIU X., REN Z. 2006. Initial analysis of AWS-observed temperature. WMO Technical Conference on Instruments and Methods of Observations [online]. Geneva. [Dostęp 15.09.2012]. Do-

stępny w Internecie: [www.wmo.int/pages/prog/www/IMOP/publications/IOM-94-TECO2006/P3\(06\)_Wang-Ying-Mrs_China.pdf](http://www.wmo.int/pages/prog/www/IMOP/publications/IOM-94-TECO2006/P3(06)_Wang-Ying-Mrs_China.pdf)

Joanna KAJEWSKA-SZKUDLAREK, Marian ROJEK

DAILY MEAN VALUES OF AIR TEMPERATURE AND HUMIDITY MEASURED AND CALCULATED WITH THE STANDARD AND AUTOMATIC METHOD

Key words: *air thermal and humidity parameters, automatic station, daily mean values, standard method, time series*

S u m m a r y

The study presents the results of an analysis of mean daily values of air temperature, relative humidity and saturation deficit from three or four (depending on the parameter) measurements a day with standard devices and from 24 hourly records made with electronic sensors recording on the same days. Data were obtained from Wrocław-Swojec Observatory during the period 2000–2009. Standard measurements were made using the station thermometer and August psychrometer, placed in a meteorological screen 2 m above the terrain surface. Saturation deficit was read from psychrometer tables. Daily mean values were calculated based on three fixed-term measurements (at 7, 13 and 19 CET) for air saturation deficit and on four measurements (1, 7, 13 and 19 CET) for temperature and relative humidity, the values for 1 a. m. were read from daily thermohygraphs.

Electronic temperature and humidity sensors were placed in the same meteorological screen and programmed to record hourly data. The sensors were components of a CR23X automatic meteorological station. Automatic mean daily values were calculated from 24 hours and from the same terms, when standard observations were conducted. Linear regression, frequency and significance of differences, time series analysis (i.e. autocorrelation analysis and seasonal decomposition using the additive model) were performed to determine whether a change in the method of calculating mean daily values might decrease the differences between the two methods.

Calculating the mean daily temperature and relative humidity recorded by automatic station during four measurements instead of using 24 hourly data did not decrease differences between the two methods of meteorological elements measurement. Only in the case of the deficit of air humidity, the daily means calculated from three automatic records were much more similar to those obtained with the standard method than those from all 24 hourly records. This was caused by neglecting night records when calculating the saturation deficit of air humidity according to the standard method. This in turn resulted in the overestimation of these data compared with those obtained from continuous automatic measurements.

Adres do korespondencji: dr J. Kajewska-Szkudlarek, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, Instytut Kształtowania i Ochrony Środowiska, pl. Grunwaldzki 24, 50-363 Wrocław; tel. +48 71 320-19-48; e-mail: Joanna.Kajewska@up.wroc.pl