

## **Porównanie temperatury powietrza w klatce meteorologicznej i wewnątrz osłony firmy Trax-Elektronik**

### **Wstęp**

Jednorodność klimatologiczną<sup>1</sup> szeregów obserwacyjnych poszczególnych elementów i zjawisk meteorologicznych zapewnia międzynarodowy standard obserwacji meteorologicznych. Został on opracowany na przełomie XIX i XX wieku, w wyniku wieloletniej współpracy międzynarodowej<sup>2</sup> w celu ujednoczenia metod pomiarowych w meteorologii, jest zatem dostosowany do ówczesnych technik pomiarowych i wynikającej z nich organizacji obserwacji, opartej głównie na pomiarach terminowych. Od połowy

---

<sup>1</sup>Przez pojęcie szereg jednorodny klimatologicznie rozumiano taki szereg obserwacyjny, w którym bieg danych w kolejnych latach lub innych dowolnych okresach zależy wyłącznie od przebiegu pogody w tych latach i okresach, a nie od metod, instrukcji i warunków pomiarowych (Conrad, Polak 1950; Drozolov 1957).

<sup>2</sup>Drugi Kongres Meteorologiczny (Rzym, 1873 r.) powołał Międzynarodowy Komitet Meteorologiczny, który w tymże roku doprowadził do utworzenia Międzynarodowej Organizacji Meteorologicznej, przekształconej w 1950 r. w Światową Organizację Meteorologiczną, będącą wyspecjalizowaną agendą ONZ z siedzibą w Genewie (Marciniak 1990).

XX wieku zaczęto stopniowo wprowadzać do obserwacji meteorologicznych nowe techniki pomiarowe (radary, lidary, sodary, automatyczne stacje meteorologiczne, rakiety i satelity meteorologiczne) dostarczając nowych jakościowo danych, tworząc tzw. izolowane szeregi obserwacyjne.

Zgodnie z międzynarodowym standardem obserwacji meteorologicznych temperaturę powietrza mierzy się termometrami cieczowymi o stosunkowo dużej inercji, umieszczonymi w drewnianej klatce meteorologicznej, zabezpieczającej termometry przed opadami atmosferycznymi i bezpośrednim oddziaływaniem promieniowania słonecznego w ciągu dnia oraz przed nadmiernym wypromieniowaniem ciepła w nocy i jednocześnie umożliwiającą swobodny przepływ powietrza wokół termometrów.

W automatycznych stacjach meteorologicznych temperaturę powietrza mierzy się czujnikami strunowymi lub platynowymi czujnikami rezystancyjnymi o małej inercji, zainstalowanymi wewnątrz przewiewnej osłony, mającej zastąpić klatkę meteorologiczną. Istnieje obecnie duża różnorodność tych osłon, przy czym

różnią się one między sobą zarówno budową, jak i materiałem, z którego zostały wykonane.

Inne właściwości cieplne drewna i materiału użytego do budowy osłony czujnika powodują, że klatka meteorologiczna nagrzewa się i stygnie inaczej niż osłona, a zatem temperatura powietrza w klatce może odbiegać od temperatury powietrza wewnątrz osłony, zwłaszcza przy pogodzie wyżowej, sprzyjającej silnemu oddziaływaniu termicznemu osłony na przylegające do niej powietrze i na czujnik.

Od 12 VI 1994 r. na stacji meteorologicznej Zakładu Meteorologii i Klimatologii SGGW pracują platynowe czujniki rezystancyjne wchodzące w skład automatycznej stacji pomiarowej RC-10 firmy Trax-Elektronik. Jeden z tych czujników rejestruje temperaturę powietrza w standardowej klatce meteorologicznej, drugi wewnątrz firmowej osłony czujnika. Powstała więc możliwość porównania temperatury powietrza zmierzonej identycznymi czujnikami w standardowych warunkach pomiarowych i wewnątrz osłony czujnika.

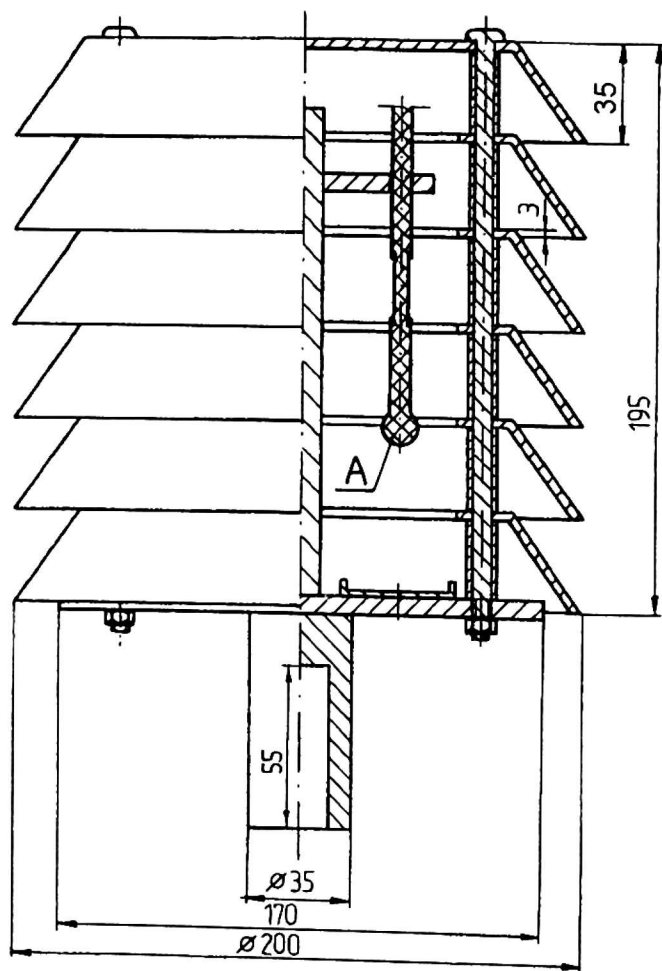
W niniejszym przyczynku przedstawiono wstępne wyniki pierwszego etapu badań, podjętych w celu określenia wpływu termicznego osłony czujnika na dokładność pomiaru temperatury powietrza.

## Metoda opracowania

W pierwszym etapie badań uwzględniono w opracowaniu tylko 48 dni z pogodą wyżową występującą w Warszawie od 12 VI do 31 XII 1994 r. Dla każdego z tych dni obliczono trzy średnie dziesięciominutowe temperatury powie-

trza w standardowej klatce meteorologicznej i trzy średnie dziesięciominutowe temperatury powietrza wewnątrz przewiewnej, polakierowanej na biało, metalowej osłony firmy Trax-Elektronik. Budowę tej osłony oraz miejsce umieszczenia w niej czujnika pokazano na rysunku.

Każdą średnią licząco ze stu wartości pomiarowych (pomiar co 6 sekund). Początek dziesięciominutowego okresu, dla którego licząco średnią, odpowiadał kolejno: rannemu, popołudniowemu i wieczornemu terminowi standardowego pomiaru temperatury powietrza termometrem cieczowym, a zatem godzinom 7<sup>00</sup>,



RYSUNEK. Ogólny widok i budowa osłony wchodzącej w skład automatycznej stacji pomiarowej firmy Trax-Elektronik oraz miejsce umieszczenia w niej platynowego czujnika rezystancyjnego (A) do pomiaru temperatury powietrza.

13<sup>00</sup> i 19<sup>00</sup> CSE<sup>3</sup>. Powyższe średnie posłużyły do wyliczenia przeciętnych różnic między temperaturą powietrza w klatce i wewnątrz osłony. Różnice te analizowano oddzielnie dla każdego z trzech okresów uśredniania. Porównanie temperatury powietrza w klatce meteorologicznej i wewnątrz osłony firmy Trax-Elektronik przeprowadzone jedynie na podstawie próbek różnic jest uzasadnione tym, że wyniki pomiarów w obu próbkach stanowią pary przyporządkowanych sobie liczb, odnoszących się do tego samego elementu meteorologicznego w tym samym miejscu i momencie czasu.

W celu wyjaśnienia przyczyn znacznej dyspersji wielkości tych różnic w każdym z rozpatrywanych okresów uśredniania posłużono się analizą regresji i korelacji. W tej części opracowania wykorzystano dane wysokości słońca nad horyzontem (w °) o godz. 7<sup>00</sup>, 13<sup>00</sup> i 19<sup>00</sup> CSE w poszczególnych dniach uwzględnionych w opracowaniu.

## Wyniki

Zestawione w tabeli 1 miary statystyczne odzwierciedlają indywidualne cechy zmienności średnich dziesięciminutowych różnic między temperaturą powietrza w standardowej klatce meteorologicznej i wewnątrz metalowej osłony firmy Trax-Elektronik, występujących przy pogodzie wyżowej, w poszczególnych porach dnia, reprezentowanych przez dziesięciminutowy okres uśredniania. Próbką pochodząca z ранego terminu uśredniania wyróżnia się najmniej-

<sup>3</sup> Strefowy czas środkowoeuropejski.

szą dyspersją, niewielką skośnością lewostronną i znaczną stromością rozkładu (tab. 1). Średnia arytmetyczna liczona z całej tej próbki różni się istotnie od zera ( $|t| = 12,96 > 2,69$ ) i od wartości średniej wyznaczonej z próbki pochodzącej z popołudniowego terminu uśredniania ( $|t| = 60,43 > 1,99$ ).

Rozpatrywane średnie różnice temperatury powietrza w popołudniowym terminie ich uśredniania mają największą dyspersję, znaczną skośność lewostronną i silną stromość rozkładu (tab. 1). Średnia arytmetyczna z całej tej próbki istotnie różni się od zera ( $|t| = 15,85 > 2,69$ ) i od średniej z ранego terminu uśredniania ( $|t| = 60,43 > 1,99$ ). Porównywane próbki pochodzą z terminów uśredniania, w których przy pogodzie wyżowej drewniana klatka meteorologiczna nagrzewa się wolniej od metalowej osłony czujnika. Dlatego występuje znaczne podobieństwo tych rozkładów.

Zdecydowanie odmiennym rozkładem wyróżnia się próbka średnich różnic z wieczornego okresu ich uśredniania, w którym standardowa klatka meteorologiczna oziębia się znacznie wolniej od metalowej osłony czujnika. Próbką ta charakteryzuje się zatem silną skośnością prawostronną i silną stromością rozkładu (tab. 1). Średnia arytmetyczna liczona z całej tej próbki różni się istotnie od zera ( $|t| = 4,35 > 2,69$ ).

O wielkości występującego przy pogodzie wyżowej zróżnicowania temperatury powietrza wewnątrz drewnianej klatki meteorologicznej i metalowej osłony czujników decyduje czynnik solarny, uwzględniony w tym przyczynku jedynie przez kąt wzniesienia Słońca nad hory-

TABELA 1. Wybrane charakterystyki statystyczne różnicy między średnią dziesięciminutową temperaturą powietrza w standardowej klatce meteorologicznej i wewnątrz osłony firmy Trax-Elektronik, wyznaczone dla dni z pogodą wyżową w Warszawie 12 VI–31 XII 1994 r.

Miara statystyczna	Okres uśredniania		
	ranny 7 <sup>00</sup> –7 <sup>10</sup>	popołudniowy 13 <sup>00</sup> –13 <sup>10</sup>	wieczorny 19 <sup>00</sup> –19 <sup>10</sup>
Liczebność próbek	48	48	48
Średnia arytmetyczna	-0,66	-1,11	0,26
Mediana	-0,6	-1,05	0,15
Moda	-0,4	-0,7	0
Wariancja	0,12	0,23	0,16
Odchylenie standardowe	0,35	0,48	0,41
Błąd standardowy	0,05	0,07	0,06
Wartość najniższa w próbce	-1,4	-2,3	-0,3
Wartość najwyższa w próbce	0,1	-0,3	1,0
Obszar zmienności w próbce	1,5	2,0	1,3
Skośność rozkładu	-0,14	-0,30	0,54
Skośność standaryzowana	-0,40	-0,84	1,54
Kurtoza	-0,62	-0,59	-1,09
Kurtoza standaryzowana	-0,88	-0,84	-1,54

TABELA 2. Zależność wielkości różnicy między średnią dziesięciminutową temperaturą powietrza w standardowej klatce meteorologicznej i wewnątrz metalowej osłony firmy Trax-Elektronik ( $y$  w °C) od wysokości Słońca nad horyzontem w pierwszej minucie okresu uśredniania ( $x_1$  w °) i temperatury powietrza w okresie uśredniania ( $x_2$  w °C) dla 48 dni z pogodą wyżową w Warszawie, w okresie 12 VI – 31 XII 1994 r.

Okres uśredniania	Postać równania	$r$	$r^2$	$R$	$R^2$	$S$	$F$ obl.
Ranny 7 <sup>00</sup> – 7 <sup>10</sup>	$\hat{y}_i = -0,3036 - 0,0263x_{1i}$ $\hat{y}_i = -0,3606 - 0,0239x_{2i}$ $\hat{y}_i = -0,3228 - 0,1249x_{1i} -$ $-0,01339x_{2i}$	0,6997 0,7039	0,4895 0,4955			0,25 0,25 0,25	44,1157 45,1840 23,4530
Popo- łudnio- wy 13 <sup>00</sup> – 13 <sup>10</sup>	$\hat{y}_i = -0,2947 - 0,0182x_{1i}$ $\hat{y}_i = -0,6069 - 0,052x_{2i}$ $\hat{y}_i = -0,3272 - 0,0158x_{1i} - 0,0038x_{2i}$	0,6234 0,5909	0,3887 0,3492			0,38 0,39 0,38	29,2437 24,6804 14,3114
Wieczo- rny 19 <sup>00</sup> – 19 <sup>10</sup>	$\hat{y}_i = 0,0636 + 0,0280x_{1i}$ $\hat{y}_i = -0,0542 + 0,0191x_{2i}$ $\hat{y}_i = -0,4994 - 0,0323x_{1i} + 0,0327x_{2i}$	0,3807 0,5432	0,1449 0,2951			0,38 0,34 0,33	7,7976 19,2572 11,4873

$r$  i  $r^2$  – współczynniki korelacji i determinacji całkowitej,  $R$  i  $R^2$  – adiustowane współczynniki korelacji i determinacji wielokrotnej,  $S$  – standardowy błąd estymacji,  $F$  – test istotności równania.

TABELA 3. Terminy wschodu i zachodu Słońca (w czasie CSE) oraz wysokości Słońca nad horyzontem w pierwszym i ostatnim dniu z pogodą wyżową w Warszawie 12 VI – 31 XII 1994 r.

Dzień	Wschód Słońca	Wysokość Słońca			Zachód Słońca
		7 <sup>00</sup> CSE	13 <sup>00</sup> CSE	19 <sup>00</sup> CSE	
12 VI	4 <sup>04</sup>	23,5°	59,5°	12,8É	20 <sup>44</sup>
3 XII	8 <sup>34</sup>	–	14,3°	–	16 <sup>23</sup>

zontem w pierwszej minucie terminu uśredniania. Okazało się, że za pomocą wielkości tego kąta można wyjaśnić 49% zmienności elementów w próbce z ранego okresu uśredniania, 39% zmienności w próbce z okresu południowego i tylko 14% z wieczornego okresu uśredniania (tab. 2). O słabej sile związku między wielkością rozpatrywanych średnich różnic temperatury z okresu wieczornego a czynnikiem solarnym decyduje niski kąt wzniesienia Słońca w tym terminie oraz znaczna liczba dni, gdy termin ten padał już w nocy (tab. 3).

W rozpatrywanych warunkach pogodowych powietrze opływające w godzinach rannych i popołudniowych metalową osłonę czujnika i przemieszczające się przez jej przewiewne wnętrze jest chłodniejsze od osłony, a zatem odbiera część ciepła uzyskiwanego przez nią w wyniku napromienienia. Z kolei w godzinach wieczornych i nocą powietrze stykające się z oziębiającą się wówczas osłoną jest od niej cieplejsze, a zatem oddaje jej część ciepła, zmniejszając tym samym efekt oziębienia radiacyjnego osłony.

<sup>4</sup>Za temperaturę powietrza przyjęto zgodnie z jej definicją, temperaturę w standardowej klatce meteorologicznej.

Rozpatrzono więc związek między wielkością omawianych średnich różnic temperatury powietrza a średnią temperaturą powietrza<sup>4</sup> w okresie uśredniania, w poszczególnych dniach z pogodą wyżową w Warszawie od 12 VI do 31 XII 1994 r. Z danych zestawionych w tabeli 2 wynika, że rozpatrywana współzależność jest wystarczająco silna, by i tę zmienną objaśniającą zmienność rozpatrywanych różnic uwzględnić w następnym etapie badań.

## Podsumowanie

Aż 50% zaobserwowanej zmienności średnich dziesięciominutowych różnic między temperaturą powietrza w standardowej klatce meteorologicznej i wewnątrz metalowej osłony Trax-Elektro nie zostało wyjaśnionych warunkami solarnymi i termicznymi w tych dniach. Nie oznacza to jednak, że cały obszar zmienności niewyjaśnionej jest spowodowany wyłącznie innymi elementami i zjawiskami meteorologicznymi, wysokość Słońca nad horyzontem daje bowiem jedynie pierwsze przybliżenie natężenia napromienienia.

## Literatura

- CONRAD V., POLLAK W. 1950: *Methods in climatology*. Cambridge.  
 DROZDOV O.A. (red.) 1957: *Mietody klimatologiczieskiej obrabotki mieteorologiczieskich nabljudenij*. Hidromieteorolog Izdat. Leningrad; 492.  
 MARCINIAK K. 1990: *Zarys historii: obserwacji meteorologicznych*: 8–31 [w:] Kożuchowski K. (red.): *Materiały do poznania historii klimatu w okresie obserwacji instrumentalnych*. Wydaw. UŁ, Łódź; 452.

## Summary

### **Comparison of the meteorological screen air temperature and the Trax-Elektronic screen air temperature.**

The paper presents statistic of the distributions of differences between mean ten minutes air temperature measured inside the meteorological screen and the temperature measured inside (presented in fig. 1) the Trax-Elektronic metal screen (tab. 1). These distributions arise from morning, afternoon and measured times and they concern to the days characterised high pressure type of weat-

her in Warsaw; period between 12th june and 31st december 1995. Regression and correlation analysis made to explain variability of the air temperature.

#### Authors' address

R. Madany, D. Gołaszewski

Warsaw Agricultural University – SGGW

02-787 Warszawa, ul. Nowoursynowska 166

Poland