

ZMIENNOŚĆ TEMPERATURY POWIETRZA  
W OBSERWATORIUM WROCŁAW-SWOJEC W LATACH 1964-2001

*Elżbieta Musiał<sup>1</sup> Edward Gąsiorek<sup>1</sup>, Marian Stanisław Rojek<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Katedra Matematyki, Akademia Rolnicza, ul. Grunwaldzka 53, 50-357 Wrocław  
e-mail: musial@ozi.ar.wroc.pl

<sup>2</sup>Instytut Kształtowania i Ochrony Środowiska, Akademia Rolnicza  
Pl. Grunwaldzki 24, 50-363 Wrocław

**Streszczenie.** Praca zawiera opis zmian temperatury powietrza na podstawie pomiarów przeprowadzonych na Swojcu w latach 1964-2001. Zmiany temperatury badane są w poszczególnych miesiącach w roku, w sezonach: wiosennym, letnim, jesiennym i zimowym oraz w ciepłym (IV-IX) i chłodnym (X-III) półroczu, a także w całym okresie badawczym. Średnie miesięczne wartości temperatury powietrza pomierzone na Swojcu w okresie 1964-2001 tworzą szereg czasowy. Dla tak utworzonego szeregu czasowego zbudowano model uwzględniający istotne cechy średniej miesięcznej wartości temperatury powietrza w latach 1964-2001, tzn.: liniowy trend, wahania sezonowe i składnik losowy. Zbudowany model pozwala opracować prognozę temperatury powietrza dla Swojca na lata 2002-2022.

**Słowa kluczowe:** temperatura powietrza, trend, szereg czasowy, prognozowanie

WSTĘP

Jedną z podstawowych cech charakteryzujących warunki klimatyczne danego terenu jest struktura bilansu cieplnego powierzchni czynnej, Prawo zachowania energii pozwala na przedstawienie składników bilansu cieplnego powierzchni czynnej przy pomocy następującego równania [5]:

$$R_n + LE + H + G = 0 \quad (1)$$

gdzie:  $R_n$  – saldo promieniowania ( $W \cdot m^{-2}$ ),  $LE$  – gęstość strumienia ciepła utajonego ( $W \cdot m^{-2}$ ),  $H$  – gęstość strumienia ciepła jawnego ( $W \cdot m^{-2}$ ),  $G$  – gęstość strumienia ciepła glebowego ( $W \cdot m^{-2}$ ).

Z ogólnej ilości energii, która dochodzi do powierzchni czynnej część energii jest przeznaczona na parowanie (ciepło utajone), część do ogrzania atmosfery (ciepło jawne), oraz do ogrzania gleby (ciepło glebowe). Wymienione strumienie ciepła nie są niezależne. Niektóre z wymienionych strumieni decydują o tym, jakie wartości przyjmą inne. W przyrodzie obowiązuje zasada priorytetu parowania [5]. Zasada ta mówi, że jeżeli tylko w podłożu jest dostateczna ilość wody, to najpierw zapas energii pokrywa potrzeby procesu parowania, a dopiero potem ogrzewania powietrza i gleby. W przypadku, gdy zapas energii jest za mały, następuje odwrócenie kierunku przepływu ciepła jawnego oraz glebowego, które zamiast płynąć od powierzchni czynnej ku atmosferze, a także w głąb gleby, płyną z głębi gleby i z wyższych warstw atmosfery do silnie parującej powierzchni czynnej. Jednym ze sposobów liczbowego ujęcia zależności pomiędzy strumieniami ciepła jawnego i utajonego jest zaproponowany przez Bowena współczynnik Bowena, który jest ilorazem dwóch strumieni: ciepła jawnego i ciepła utajonego.

$$\beta = \frac{H}{LE} = \gamma \frac{K_H}{K_V} \frac{\frac{\partial T}{\partial z}}{\frac{\partial e}{\partial z}} \quad (2)$$

gdzie:  $K_H$ ,  $K_V$ , współczynniki turbulencyjnej wymiany ciepła i pary wodnej,  $\gamma$  – stała psychrometryczna ( $\gamma = 0,655 \text{ hPa} \cdot \text{K}^{-1}$ ),  $T$  – temperatura powietrza (K),  $e$  – ciśnienie pary wodnej (hPa),  $z$  – wysokość (m).

W ostatnich kilku dziesiątkach lat w wyniku działalności człowieka skład chemiczny atmosfery ulega szybkim zmianom [5]. Zmiany te są tak szybkie, że naturalne mechanizmy przyrody nie mogą ich zneutralizować. Przejawiają się one głównie wzrostem zawartości  $\text{CO}_2$  w atmosferze, spadkiem ilości ozonu w stratosferze i szybkim wzrostem zawartości innych gazów, głównie metanu, tlenków azotu i freonów, działających jak  $\text{CO}_2$ , tylko o wiele silniej. Zmiany zawartości w atmosferze gazów szklarniowych powodują zmiany bilansu promieniowania, a te z kolei powodują zmiany systemu, którego ten bilans jest kluczowym elementem. Choć wielu badaczy uważa, że zgodnie z zasadą funkcjonowania układu ziemia-atmosfera zachodzące zmiany mieszczą się ciągle w obszarze stabilności obecnego stanu stacjonarnego, to jednak nałożenie się wielu zjawisk czyni prawdopodobnym pojawienie się dużych zmian klimatycznych.

W naszej strefie klimatycznej należy się spodziewać zmian w strukturze bilansu cieplnego powierzchni czynnej wyrażających się wzrostem strumienia ciepła jawnego kosztem zmniejszenia strumienia ciepła utajonego. Przeprowadzone badania w oparciu o dane pochodzące ze stacji meteorologicznej Wrocław-Swojec nad zmiennością struktury bilansu cieplnego dla zbóż jarych [8] wskazują na to, że z ogólnej ilości

ciepła, jaka dochodzi do powierzchni czynnej przy rosnącym cieple jawnym maleje ilość ciepła przeznaczonego na parowanie. Wyniki przeprowadzonych badań dla łąn zbóż jarych dowodzą, że więcej ciepła opuszcza powierzchnię czynną w postaci ciepła, które przeznaczone jest na ogrzanie atmosfery, co prowadzi do wzrostu temperatury powietrza. Celem pracy jest zbudowanie modelu przebiegu temperatury dla Swojca w okresie 1964-2001, a następnie opracowanie prognozy temperatury powietrza dla tego obszaru na lata 2002-2022.

### MATERIAŁ I METODY

Zagadnieniom zmienności temperatury powietrza w Polsce poświęcono wiele prac [6,9,10]. Przedstawiana praca zawiera opis zmian temperatury powietrza na podstawie pomiarów przeprowadzonych w Obserwatorium Wrocław-Swojec w latach 1964-2001. W celu scharakteryzowania zmian temperatury powietrza w całym okresie badawczym wyznaczono podstawowe charakterystyki statystyczne dla średnich rocznych temperatur powietrza, średnich dla półroczy: ciepłego i chłodnego, średnich sezonowych oraz średnich miesięcznych. Następnie dla uśrednionych wartości miesięcznych, sezonowych, półrocznych i rocznych wyznaczono także trendy, które reprezentują ogólny kierunek zmian temperatury powietrza w rozpatrywanym okresie 1964-2001.

Następnie założono, że średnie miesięczne wartości temperatury powietrza mierzone na Swojcu w latach 1964-2001 tworzą szereg czasowy. Szereg czasowy jest zbiorem obserwacji następujących po sobie w czasie, jest procesem stochastycznym [1], który definiuje się przy pomocy dwóch elementów: czasu  $t$  przebiegającego pewien zbiór  $T$  (w tej pracy  $T$  jest zbiorem miesięcy w okresie 1964-2001 ponumerowanym chronologicznie liczbami naturalnymi od 1 do 444 oraz zmiennej losowej  $X_t$ , która określa wartość mierzonej wielkości w chwili  $t$  (wartościami zmiennej losowej  $X_t$  w tej pracy są średnie miesięczne wartości temperatury powietrza w okresie 1964-2001).

Strukturę szeregu czasowego, który tworzą średnie miesięczne wartości temperatury powietrza można opisać za pomocą następujących składowych [2-4,7]:

1. trendu, który reprezentuje ogólny kierunek rozwoju procesu w czasie i nie powtarza się w odcinku czasu, z którego pochodzą dane,
2. wahań sezonowych, które są regularnie powtarzającymi się wahaniami zjawiska w określonym czasie nieprzekraczającym jednego roku (w tej pracy jednym wahanieniem sezonowym są średnie miesięczne wartości temperatury w ciągu jednego roku),
3. wahań przypadkowych traktowanych jako czynnik losowy.

Identyfikacja poszczególnych składowych szeregu czasowego daje dekompozycję szeregu na efekt trendu, efekt sezonowy i zmienność przypadkową. Zakłada się ponadto, że pomiędzy trendem, wahaniami sezonowymi i wahaniami losowymi nie występują interakcje.

Zależność funkcyjna pomiędzy wymienionymi trzema składowymi może przybierać różne formy. Wprowadźmy następujące oznaczenia:

1.  $x_t$  – zaobserwowana wartość szeregu czasowego w momencie  $t$ ,  $t = 1 \dots n_t$
2.  $f_t$  – funkcja czasu charakteryzująca trend,
3.  $w_t$  – funkcja czasu charakteryzująca wahaniami sezonowe,
4.  $\varepsilon_t$  – składnik losowy.

Jeżeli wymienione składowe łączą się następująco:

$$x_t = f_t + w_t + \varepsilon_t \quad (3)$$

tzn. że mamy do czynienia z modelem addytywnym.

Ponadto w modelu addytywnym zakłada się, że:

1.  $w_{t+d} = w_t$  i  $\sum_{j=1}^d w_j = 0$ , gdzie  $d$  jest długością cyklu wahań sezonowych,
2.  $\varepsilon_t$  jest procesem słabo stacjonarnym (tzn.  $\text{Cov}(\varepsilon_{t+h}, \varepsilon_t)$  jest dla każdego  $h$  niezależna od  $t$  i  $E(\varepsilon_t)$  jest niezależna od  $t$ ) spełniającym warunek  $E(\varepsilon_t) = 0$ .

Jeżeli zależność pomiędzy wymienionymi składowymi szeregu czasowego przybiera postać:

$$x_t = f_t w_t \varepsilon_t \quad (4)$$

to znaczy, że mamy do czynienia z modelem multiplikatywnym.

Ponadto w modelu multiplikatywnym zakłada się, że:

1.  $w_{t+d} = w_t$  i  $\sum_{j=1}^d w_j = d$ , gdzie  $d$  jest długością cyklu wahań sezonowych,
2.  $\varepsilon_t$  jest procesem słabo stacjonarnym (tzn.  $\text{Cov}(\varepsilon_{t+h}, \varepsilon_t)$  jest dla każdego  $h$  niezależna od  $t$  i  $E(\varepsilon_t)$  jest niezależna od  $t$ ) spełniającym warunek  $E(\varepsilon_t) = 1$ .

Hipotezę dotyczącą postaci funkcji trendu można oprzeć na przesłankach teoretycznych odnoszących się do określonego mechanizmu rozwojowego analizowanego procesu. Prezentacja graficzna materiału badawczego znacznie ułatwia sformułowanie hipotezy dotyczącej postaci analitycznej funkcji trendu.

Określenie wielkości wahań sezonowych sprowadza się do obliczenia odpowiednich wskaźników sezonowości [3,4,7]. Wskaźniki sezonowości wyznacza się oddzielnie dla modelu addytywnego i dla modelu multiplikatywnego. Wahaniami sezonowymi dla modeli addytywnych eliminuje się z szeregu przez odjęcie od wartości pierwotnych szeregu, czyli od danych pomiarowych wskaźników sezonowości. Dla modeli multiplikatywnych wahaniami sezonowymi eliminuje się

z szeregu pierwotnego poprzez podzielenie kolejnych danych pomiarowych przez wskaźniki sezonowości dla modelu multiplikatywnego. W obu przypadkach otrzymuje się szereg skorygowany sezonowo.

Proces prognozowania na podstawie istniejącego szeregu czasowego polega na przetworzeniu informacji o przebiegu badanego procesu poprzez budowę formalnego modelu. Zbudowany model zachowuje istotne cechy procesu, tzn. trend, wahania sezonowe oraz wahania losowe. Przejście od informacji zawartej w modelu do prognozy odbywa się przez dobór odpowiednich reguł prognozowania. Jedną z metod prognozowania jest prosty model wyrównywania wykładniczego [2-4,7].

Szereg czasowy temperatury powietrza mierzonej w Obserwatorium na Swojcu można opisać przy pomocy następujących składowych: liniowego trendu, wahań sezonowych oraz wahań losowych. Prognozowanie odbywa się za pomocą modelu wygładzania wykładniczego metodą Wintersa [2-4,7].

Oceną dobroci dopasowania modelu do danych empirycznych jest procentowy średni błąd absolutny:

$$MAEP = \frac{100}{n} \sum_t \left| \frac{x_t - P_t}{x_t} \right| \quad (5)$$

gdzie:  $x_t$  – jest wartością szeregu czasowego w momencie  $t$ ,  $P_t$  – jest wyznaczoną prognozą w momencie  $t$ ,  $n$  – jest liczbą elementów w szeregu czasowym. Procentowy średni błąd absolutny jest jednocześnie oceną trafności prognoz  $P_t$ .

## WYNIKI I DYSKUSJA

Z tabeli 1 wynika, że miesiącami z najniższą średnią temperaturą miesięczną na Swojcu są styczeń ( $-1,06^{\circ}\text{C}$ ), luty ( $0,10^{\circ}\text{C}$ ) i grudzień ( $0,48^{\circ}\text{C}$ ). Grudzień jest miesiącem o wysokiej asymetrii lewostronnej (współczynnik skośności =  $-0,91$ ), co oznacza, że większość średnich miesięcznych temperatur dla tego miesiąca w czasie całego okresu badawczego to temperatury powyżej średniej. Podobnie sytuacja ma się ze styczniem i lutym. Marzec i listopad są na Swojcu miesiącami o prawie takiej samej średniej w całym okresie i podobnej asymetrii lewostronnej. Maj ( $13,65^{\circ}\text{C}$ ) i wrzesień ( $13,62^{\circ}\text{C}$ ) są miesiącami o prawie identycznych średnich w badanym okresie, ale o różnych asymetriach. Maj charakteryzuje się asymetrią lewostronną, co oznacza, że większość średnich miesięcznych temperatur mają to temperatury powyżej średniej dla tego miesiąca, natomiast we wrześniu było odwrotnie. Najcieplejszymi miesiącami w okresie 1964-2001 na Swojcu są: czerwiec ( $16,68^{\circ}\text{C}$ ) lipiec ( $18,32^{\circ}\text{C}$ ) i sierpień ze średnią ( $17,76^{\circ}\text{C}$ ). Miesiące te charakteryzują się asymetrią prawostronną.

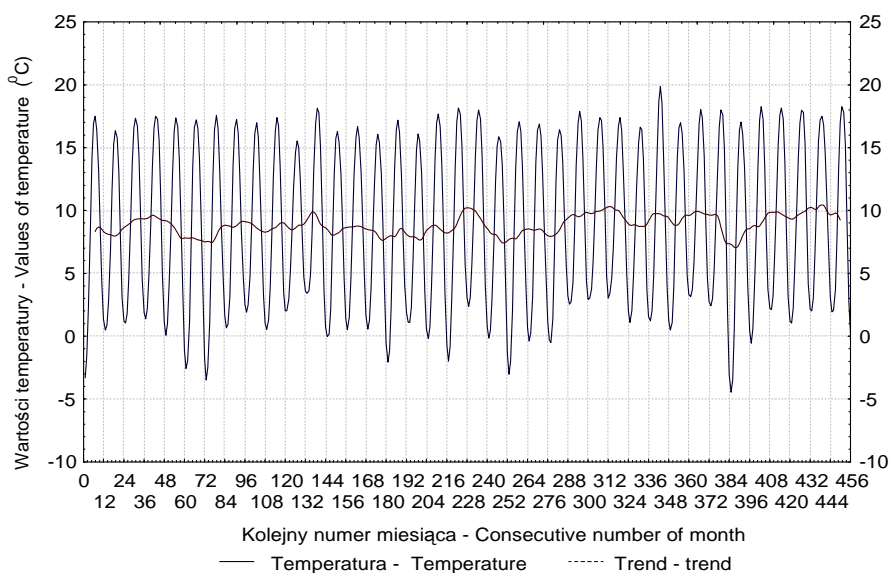
**Tabela 1.** Podstawowe charakterystyki statystyczne dla temperatury powietrza mierzonej w obserwatorium Wrocław-Swojec w okresie 1964-2001**Table 1.** Basic statistical characteristics of air temperature measured at Wrocław-Swojec Observatory during 1964-2001 period

Okresy Periods	$\bar{X}$	$\sigma$	A	$T_{MAX}$	$T_{MIN}$	Równania prostych regresji Linear Regression equation	Tendencje Tendency w – in °C/100lat
Miesiące – Months							
Styczeń – January	-1,06	3,27	-0,57	-9,6	4,10	$Y = 0,076X + 2,534$	7,6*
Luty – February	0,10	3,04	-0,52	-8,4	5,50	$Y = 0,049X + 0,865$	4,9*
Marzec – March	3,60	2,22	-0,48	-0,9	7,70	$Y = 0,0435X + 2,76$	4,35*
Kwiecień – April	8,24	1,35	0,67	6,2	12,20	$Y = 0,0455X + 7,352$	4,55
Maj – May	13,65	1,45	-0,67	10,2	16,10	$Y = 0,0431x + 12,82$	4,31
Czerwiec – June	16,68	1,11	0,25	14,4	19,10	$Y = -0,0025x + 16,73$	-0,25*
Lipiec – July	18,32	1,51	0,43	15,8	22,20	$Y = 0,0327x + 17,68$	3,27*
Sierpień – August	17,76	1,29	0,66	15,5	21,90	$Y = 0,0579x + 16,63$	5,79
Wrzesień – September	13,62	1,35	0,21	10,8	16,80	$Y = 0,0016x + 13,59$	0,16*
Październik – October	9,07	1,62	0,42	6,2	12,60	$Y = 0,0336x + 8,41$	3,36*
Listopad November	3,81	1,72	-0,55	-0,2	7,00	$Y = -0,0171x + 4,15$	-1,71*
Grudzień – December	0,48	2,34	-0,91	-6,6	4,00	$Y = 0,0101x + 0,29$	1,01*
Sezony – Seasons							
Wiosna (III–V) Spring	8,50	1,09	-0,14	6,17	10,93	$Y = 0,0440x + 7,64$	4,40
Lato (VI–VIII) Summer	17,59	0,89	0,82	15,87	20,47	$Y = 0,0294x + 17,02$	2,94
Jesień (IX–XI) Autumn	8,83	0,83	0,27	7,17	10,87	$Y = 0,0062x + 8,71$	0,62*
Zima (XII–II) Winter	-0,103	2,11	-0,53	-4,77	3,40	$Y = 0,0443x - 0,97$	4,43*
Półrocza – Half-years							
Pora ciepła (IV–IX) Warm half-year	14,71	0,77	0,07	13,10	16,47	$Y = 0,0298x + 14,13$	2,98
Pora chłodna (X–III) Cold half-year	2,70	1,26	-0,42	0,00	5,15	$Y = 0,0269x + 2,18$	2,69*
Lata – Years	8,74	0,83	0,11	7,33	10,49	$Y = 0,0312x + 8,13$	3,12

$\bar{X}$  – średnia miesięczna, sezonowa, półroczna, roczna temperatura powietrza – mean monthly, seasonal, half-yearly, yearly air temperature,  $\sigma$  – odchylenie standardowe – standard deviation  $T_{MAX}$  – średnia miesięczna, sezonowa, półroczna, roczna najwyższa temperatura powietrza – the highest mean monthly, seasonal, half-yearly, yearly air temperature,  $T_{MIN}$  – średnia miesięczna, sezonowa, półroczna, roczna najniższa temperatura powietrza – the lowest highest mean monthly, seasonal, half-yearly, yearly air temperature, A – współczynnik skośności – skewness coefficient,

\*) – statystycznie nieistotne dla  $\alpha = 0,05$  – statistically insignificant for  $\alpha = 0.05$ .

W tabeli 1 podano również obliczone wartości trendu dla średnich miesięcznych, średnich sezonowych (wiosna, lato, jesień, zima), średnich półrocznych (półrocze ciepłe i chłodne) i rocznych wartości temperatury powietrza za cały 38-letni okres obserwacyjny dla Swojca. Analiza tej części wyników tabeli 1 wskazuje na to, że na tendencję rosnącą średniej rocznej temperatury powietrza na Swojcu największy wpływ mają miesiące kwiecień ( $4,55^{\circ}\text{C}/100\text{lat}$ ), maj ( $4,31^{\circ}\text{C}/100\text{lat}$ ) i sierpień ( $5,79^{\circ}\text{C}/100\text{lat}$ ) (współczynniki regresji dla kwietnia maja i sierpnia są statystycznie istotne na poziomie  $\alpha = 0,05$ ). Pozostałe miesiące wykazują nieistotny statystycznie trend ujemny temperatury i są to następujące miesiące: czerwiec ( $-0,25^{\circ}\text{C}/100\text{lat}$ ) i listopad ( $-1,71^{\circ}\text{C}/100\text{lat}$ ), albo statystycznie nieistotny trend dodatni: styczeń ( $7,6^{\circ}\text{C}/100\text{lat}$ ), luty ( $4,9^{\circ}\text{C}/100\text{lat}$ ), marzec ( $4,35^{\circ}\text{C}/100\text{lat}$ ), lipiec ( $3,27^{\circ}\text{C}/100\text{lat}$ ), wrzesień ( $0,16^{\circ}\text{C}/100\text{lat}$ ) oraz październik ( $3,36^{\circ}\text{C}/100\text{lat}$ ) i grudzień ( $1,015^{\circ}\text{C}/100\text{lat}$ ). Spośród sezonów największy statystycznie istotny wpływ na tendencję rosnącą średniej rocznej temperatury powietrza mają: wiosna ( $4,4^{\circ}\text{C}/100\text{lat}$ ) oraz lato ( $2,94^{\circ}\text{C}/100\text{lat}$ ). Zarówno jesień jak i zima na Swojcu charakteryzują się statystycznie nieistotnym trendem dodatnim wzrostu temperatury powietrza. Przy podziale roku na półrocze ciepłe i chłodne wyniki zawarte w tabeli 1 wskazują na to, że wzrost temperatury powietrza na Swojcu w półroczu ciepłym jest dodatnim statystycznie istotnym trendem z tendencją o przyroście  $2,98^{\circ}\text{C}/100\text{lat}$ . Półrocze chłodne w obserwatorium na Swojcu wykazuje statystycznie nieistotny trend dodatni.

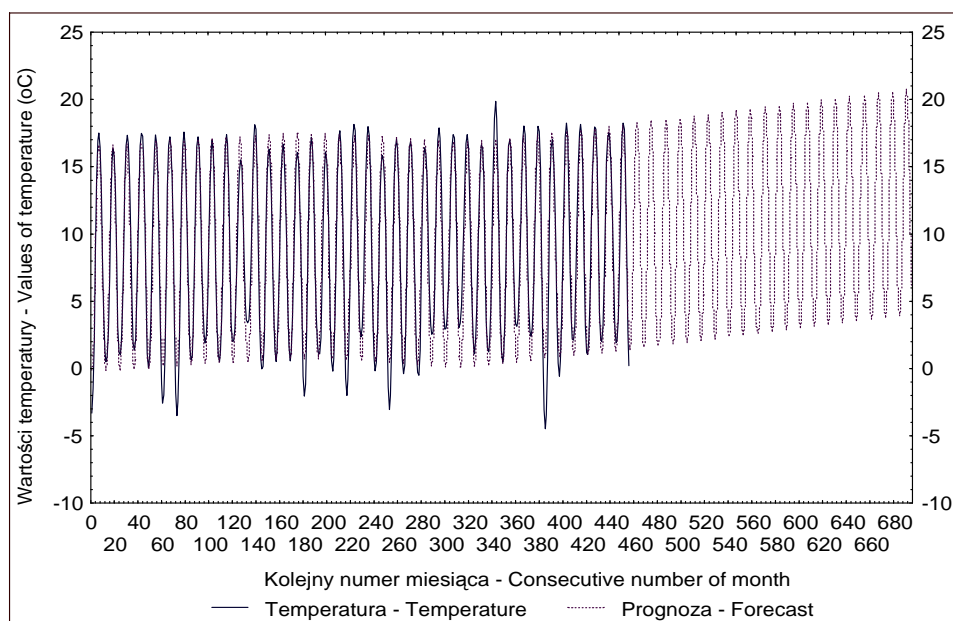


**Rys. 1.** Wyodrębniony trend dla średnich miesięcznych wartości temperatury za pomocą średniej ruchomej (Swojec 1964-2001)

**Fig. 1.** Trend of mean monthly values of temperature determined by moving average (Swojec 1964-2001)

Przebieg temperatury powietrza w Obserwatorium na Swojcu w latach 1964-2001 ilustruje rysunek 1. Na rysunku tym przedstawiono trend omawianego procesu, jakim jest temperatura powietrza, który został wyznaczony w oparciu o średnie ruchome scentrowane. Prognoza temperatury powietrza dla Obserwatorium na Swojcu na lata 2002-2022 wyznaczona metodą Wintersa na podstawie 38-letniego materiału obserwacyjnego wykazuje tendencję wzrostową (rys. 2). Addytywny model Wintersa wraz z liniowym trendem, wahaniami sezonowymi oraz wahaniami losowymi dopasowuje się do danych empirycznych z procentowym średnim błędem absolutnym 6,02%. Błąd ten jest jednocześnie oceną trafności prognozy.

Równanie regresji liniowej dla średnich rocznych w 20 letniej prognozie ma postać  $Y = 0,0322X + 9,18$ . Statystycznie istotny współczynnik regresji w tym równaniu równy 0,0322, wskazuje na wzrost temperatury o  $0,0322^{\circ}\text{C}$  na rok, a w przypadku utrzymania się tendencji wzrostowej o  $0,322^{\circ}\text{C}$  na 10 lat.



**Rys. 2.** Szereg czasowy miesięcznych wartości temperatury powietrza wyrównany wykładniczo metodą Wintersa wraz z prognozą dla Swojca na lata 2002-2022

**Fig. 2.** Time series of monthly values of air temperature smoothed by exponential Winters method with forecast for Swojec 2002-2022



## WNIOSKI

1. Na rosnącą tendencję średniej rocznej temperatury powietrza na Swojcu największy wpływ wywierał statystycznie istotny rosnący trend kwietnia, maja i sierpnia.
2. Statystycznie istotny rosnący trend temperatury powietrza stwierdzono na wiosnę i w lecie.
3. Na podstawie analizy 38-letniej serii średnich rocznych temperatur powietrza na Swojcu stwierdzono ocieplenie na tym obszarze, które opisuje statystycznie istotny rosnący trend o wzroście  $0,31^{\circ}\text{C}/10$  lat.
4. Addytywny model Wintersa uwzględniający liniowy trend, wahania sezonowe oraz wahania losowe dla średniej miesięcznej temperatury powietrza na Swojcu w okresie 1964-2001 został dopasowany z błędem równym 6,02%.
5. Z prognozy uzyskanej na bazie modelu wynika, że należy oczekiwać wzrostu średniej temperatury rocznej na Swojcu w wysokości  $0,32^{\circ}\text{C}$  na 10 lat. Prognoza ta jest niemal identyczna z uzyskaną na podstawie trendu wyznaczonego dla średnich rocznych temperatur powietrza w latach 1964-2001 na Swojcu.

## PIŚMIENICTWO

1. **Box G.E., Jenkins G.M.:** Analiza szeregów czasowych. Warszawa. PWN, 1983.
2. **Brockwell P., Davis R.:** Introduction to time series and forecasting. Springer, 1996.
3. **Brown R.G.:** Statistical forecasting for inventory control. New York, McGraw-Hill, 1959.
4. **Gardner E. S.:** Exponential smoothing. The state of the art, Journal of Forecasting, 1985.
5. **Kędziora A.:** Podstawy agrometeorologii. PWRiL, Poznań, 1999.
6. **Lorenc H.:** Studia nad 220-letnią serią temperatury powietrza w Warszawie oraz ocena jej wiekowych tendencji. Materiały Badawcze IMGW, Meteorologia, 2000.
7. **Makridakis S., Wheelwright S.:** Forecasting Methods for Management. John Wiley & Sons, 1989.
8. **Musiak E.:** Modelowanie procesu ewapotranspiracji rzeczywistej i prognozowanie jego tendencji. Zesz. Nauk. AR we Wrocławiu, nr 412, Rozprawy CLXXXII, 2001.
9. **Pyka J.:** Temperatura i opady atmosferyczne we Wrocławiu w latach 1881-1980, Acta Universitatis Wratislaviensis, No 1237, Prace Instytutu Geograficznego, Seria A, t VI, 1991.
10. **Trepińska J.:** Wahania klimatu w Krakowie (1792-1995). Inst. Geogr. UJ, 1997.

VARIABILITY OF AIR TEMPERATURE AT WROCŁAW-SWOJEC  
METEOROLOGICAL STATION IN YEARS 1964-2001

*Elżbieta Musiał<sup>1</sup>, Edward Gąsiorek<sup>1</sup>, Marian Stanisław Rojek<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Department of Mathematics, University of Agriculture  
ul. Grunwaldzka 53, 50-357 Wrocław  
e-mail: musial@ozi.ar.wroc.pl

<sup>2</sup>Department of Agro-and Hydrometeorology, University of Agriculture  
Pl. Grunwaldzki, 2450-364 Wrocław

**Abstract.** The study contains the description of changes in air temperature based on measurements performed at Swojec in years 1964-2001. These changes are measured in separate months, seasons (spring, summer, autumn and winter), in warm half-years (IV-IX) and in cold half-years (X-III). Then it was assumed that mean monthly air temperature values from the period 1964-2001 create a time series. A model built for this time series includes essential properties of this process such as linear trend, seasonal variations and random factor. This model allows to forecast air temperature for Swojec in years 2002-2022.

**Key words:** air temperature, trend, time series, forecasting