

Janina Trepńska

**TENDENCJE I ZMIENNOŚĆ TEMPERATURY POWIETRZA
W KRAKOWIE W LATACH 1792–1996**

**TENDENCIES AND VARIABILITY OF AIR TEMPERATURE
IN CRACOW IN THE PERIOD 1792–1996**

Podstawą opracowania jest seria pomiarów temperatury powietrza wykonywanych na stacji klimatologicznej Uniwersytetu Jagiellońskiego od 1792 r. Średnie wartości uzupełniono i zweryfikowano. Ogólnie w XIX w. temperatury miesięczne od listopada do marca były niższe niż obecnie. Maj, czerwiec i sierpień wykazują niewielki spadek temperatury powietrza. W lipcu, wrześniu i październiku wieloletnia tendencja jest bliska zeru. Przebiegi miesięczne temperatury powietrza wykazują znaczne wahania z roku na rok.

WPROWADZENIE

Krakowska seria obserwacji meteorologicznych została wydłużona o początkowe lata, podczas których spostrzeżenia wykonywano z przerwami, tj. o okres 1792–1825. Należało uzupełnić braki obserwacyjne z 14 lat oraz dokonać weryfikacji tych uzupełnień (Trepńska 1982). Nie wdając się w bliższe szczegóły wykonanego zadania, będącego jednym z przedmiotów projektu badawczego, finansowanego przez Komitet Badań Naukowych w latach 1994–1996, można stwierdzić, że osiągnięto to zamierzenie (Ustrnul 1997; Trepńska, Kowanetz 1997). Seria pomiarów temperatury powietrza została odtworzona i dzięki temu można przedstawić wyliczone średnie miesięczne i roczne wartości z 205 lat. Do tej pory korzystano z danych krakowskich od roku 1826 (Gorczyński, Kosińska 1916; Trepńska 1983).

TENDENCJE I FLUKTUACJE ŚREDNICH MIESIĘCZNYCH I ŚREDNIEJ ROCZNEJ

Tendencje termiczne w poszczególnych miesiącach wyliczono przez rozwiązanie równań regresji liniowej dla całego rozpatrywanego okresu, bez wydzielania podokresów o różnej liczbie lat, w których występowały wyraźne trendy rosnące lub malejące. W długim, bo w ponad 200-letnim, okresie liczne fluktuacje krótkookresowe mogą zacierać trend ogólny. Okazało się jednak, że w niektórych miesiącach kierunek trendu jest jednoznaczny. A więc zdecydowane ocieplenie, obrazowane wzrostem wartości średnich miesięcznych, przekraczające 2°C na 200 lat, wystąpiło w styczniu ($3,3^{\circ}$), marcu ($2,4^{\circ}$) i grudniu ($3,1^{\circ}$). Temperatura średnia w lutym wykazała przyrost $1,5^{\circ}$, w kwietniu $0,9^{\circ}$, w listopadzie $1,8^{\circ}$ na 200 lat. W maju, czerwcu i sierpniu zaznaczyło się słabe oziębienie ($0,3^{\circ}$ na 200 lat). W lipcu, wrześniu i październiku tendencja 200-letnia jest prawie zerowa. Średnia roczna temperatura wykazała przyrost $1,1^{\circ}$ na 200 lat ($0,5^{\circ}$ na 100 lat), co jeszcze raz potwierdza znany z wielu opracowań wynik, że na jej trend wpływa przede wszystkim kształtowanie się przebiegu temperatury miesięcy zimowych.

Tabela 1

Równania trendu średnich miesięcznych temperatur powietrza
w Krakowie (1792–1995)

Trend equations of mean monthly air temperatures in Cracow (1792–1995)

Miesiąc	Równanie	S_{200}
Styczeń	$y = -34,66 + 0,0166x$	3,30
Luty	$y = -16,44 + 0,0079x$	1,56
Marzec	$y = -20,49 + 0,0122x$	2,44
Kwiecień	$y = 1,6 + 0,0036x$	0,86
Maj	$y = 16,79 - 0,0015x$	-0,30
Czerwiec	$y = 19,74 - 0,0013x$	-0,26
Lipiec	$y = 18,47 + 0,0002x$	0,00
Sierpień	$y = 21,2 - 0,0016x$	-0,32
Wrzesień	$y = 12,79 + 0,0007x$	0,14
Październik	$y = 6,95 + 0,001x$	0,02
Listopad	$y = -14,7 + 0,009x$	1,78
Grudzień	$y = -30,4 + 0,0154x$	3,06
Rok	$y = -1,71 + 0,0053x$	1,04

Objaśnienia: $y = a + bx$ – równanie trendu (regresji), gdzie: x – rok, y – średnia temperatura, b – współczynnik regresji, S_{200} – przyrost lub spadek średniej temperatury na 200 lat (w $^{\circ}\text{C}$).

Explanations: $y = a + bx$ – trend (regression) equation, where: x – year, y – mean temperature, b – regression coefficient, increase or decrease of mean temperature per 200 years (in $^{\circ}\text{C}$).

W każdym ciągu średnich miesięcznych można zauważyć znaczne wahania, zarówno z roku na rok, jak i w wieloletniach. Uderzające są duże różnice między wartościami średnimi – największa w lutym, dochodząca do $18,8^{\circ}$, najmniejsze (ale także spore) w lipcu do $7,6^{\circ}$. W tak długiej serii można wyróżnić lata z większą i mniejszą zmiennością średnich. Bardzo upraszczając opis jakościowy i ilościowy, można zauważyć, że większą zmiennością termiki powietrza odznaczyły się końcowe lata XVIII w. – do lat pięćdziesiątych XIX w., a nieco mniejszą – następne dziesiątki lat, do lat dwudziestych XX w. Od lat trzydziestych obecnego stulecia fluktuacje ponownie nasiliły się. Rysunki 1–5 obrazują kształtowanie się średnich wartości temperatury w wybranych miesiącach, reprezentatywnych dla poszczególnych pór roku.

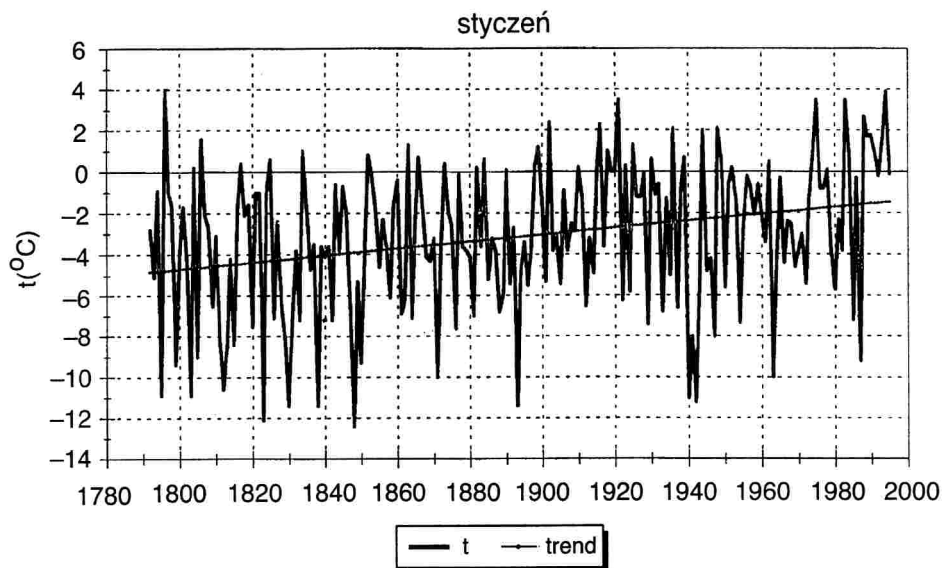
Szczególnie duże różnice między średnimi w styczniu dobrze przedstawiają niestabilność termiczną powietrza w Europie Środkowej. Warto zwrócić uwagę na początkowe i końcowe lata długiej serii, kiedy to występowały temperatury zarówno bardzo niskie, jak i znacznie wyższe. Wyraźnie jednak zaznaczyła się przewaga mroźnych zim w okresie schyłku małej epoki lodowej – do lat osiemdziesiątych XIX stulecia. Fenomenem, niedostatecznie wyjaśnionym, był proces współczesnego ocieplenia, ze zgrupowaniem cieplejszych zim na przełomie XIX i XX w. oraz powtórzeniem takiej osobliwej adwekcji cieplejszych mas powietrza w latach dziewięćdziesiątych XX w.

Średnie temperatury w kwietniu odznaczyły się dużym zróżnicowaniem z roku na rok od końca XVIII w. do lat czterdziestych XIX w. W latach późniejszych, aż do lat dwudziestych XX w., takich różnic nie zauważono. Jednakże później zmienność kwietniowych średnich wzrosła, wraz z ujawniającą się tendencją do pewnego wzrostu. Najcieplejszy kwiecień wystąpił w 1800 r. ($14,9^{\circ}$).

Końcowe lata XVIII w. i początkowe XIX w., do roku 1834, odznaczały się wyższymi niż później temperaturami lipca. W latach następnych lipce były chłodniejsze, dopiero w latach trzydziestych XX w. zaznaczyła się okresowa tendencja rosnąca średnich tego miesiąca, co potwierdziło się wyraźną anomalią termiczną w lipcu w latach 1992, 1994 i 1995. Średnie lipca w tych latach przekroczyły 21° , a lipiec w 1994 r. był najcieplejszy w całej 205-letniej serii.

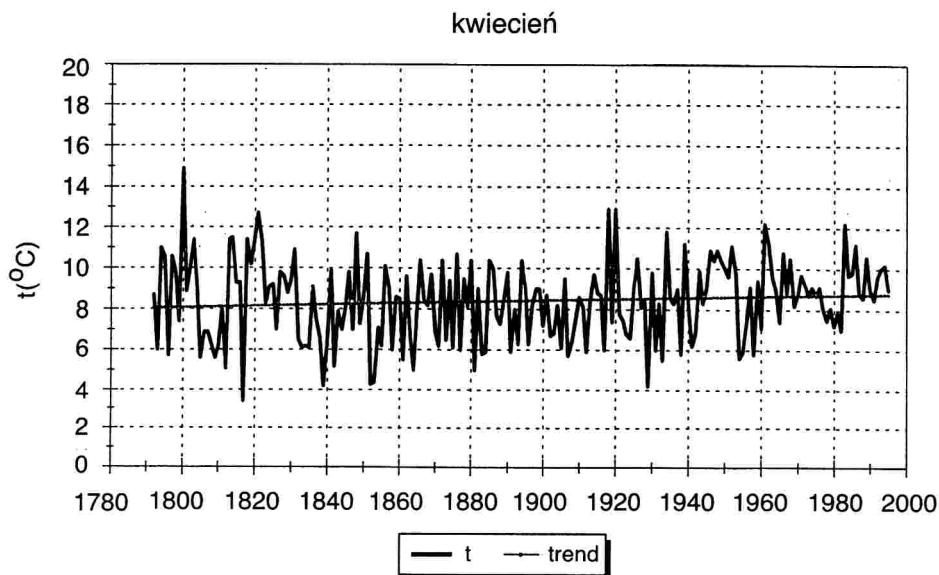
Średnie temperatury października wykazują pewną okresowość w przebiegu. Tu jednak ograniczamy się do przedstawienia trendów, a więc należy wspomnieć, że cieplejsze październiki występowały w początkowych latach XIX i XX w., w latach sześćdziesiątych i osiemdziesiątych XX w. Współcześnie, w latach dziewięćdziesiątych, obserwuje się zwiększoną częstość adwekcji chłodniejszego powietrza w październiku. Dotyczy to także września i listopada.

Średnia roczna temperatura w przekroju 200-lecia odznacza się wyraźnym trendem rosnącym. Jak już wspomniano, na ten wzrost wpłynęły przede wszystkim najbardziej podnoszące się temperatury miesięcy zimowych (T r e p i ń s k a 1983).



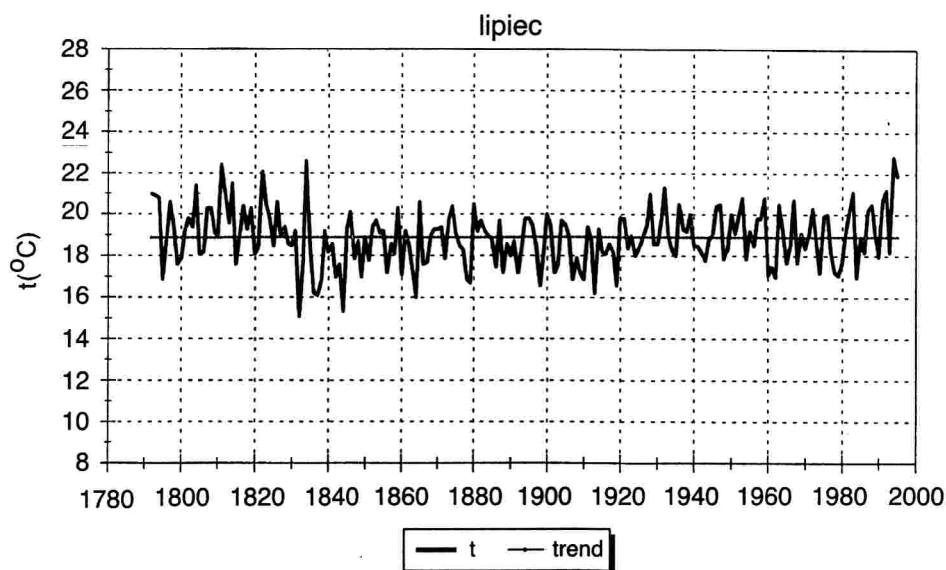
Rys. 1. Przebieg temperatury powietrza w Krakowie. Linia prosta – trend liniowy. Styczeń

Fig. 1. Course of air temperature in Cracow. Straight line – the linear trend. January



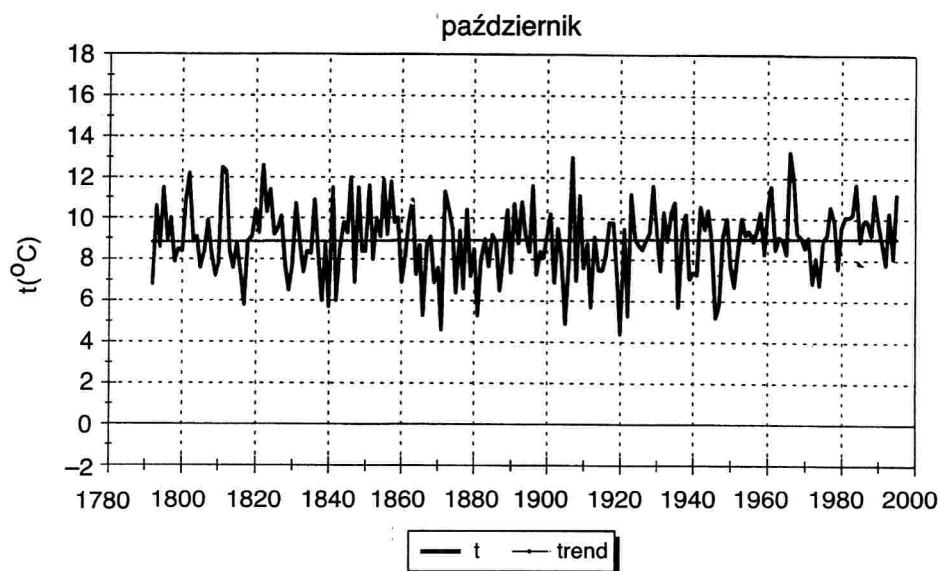
Rys. 2. Przebieg temperatury powietrza w Krakowie. Linia prosta – trend liniowy. Kwiecień

Fig. 2. Course of air temperature in Cracow. Straight line – the linear trend. April



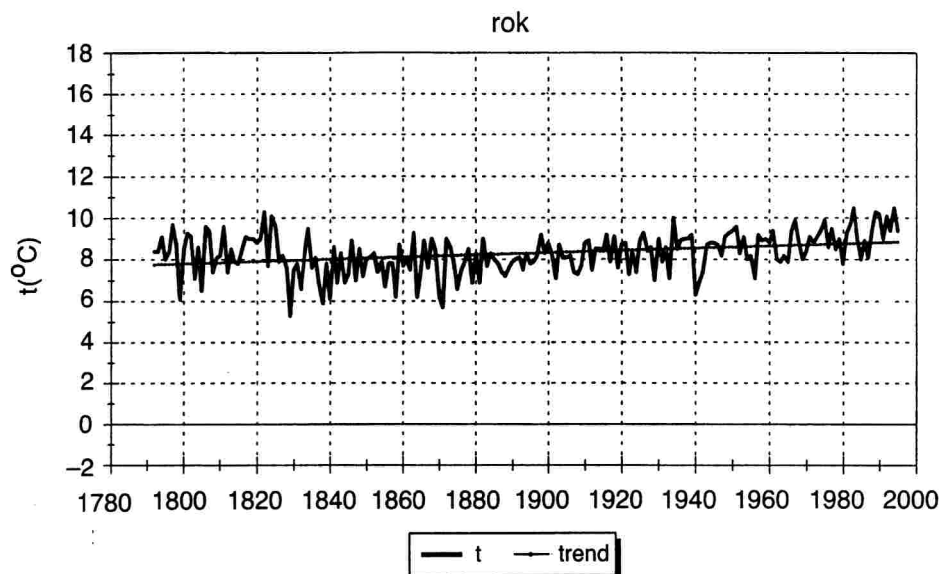
Rys. 3. Przebieg temperatury powietrza w Krakowie. Linia prosta – trend liniowy. Lipiec

Fig. 3. Course of air temperature in Cracow. Straight line – the linear trend. July



Rys. 4. Przebieg temperatury powietrza w Krakowie. Linia prosta – trend liniowy. Październik

Fig. 4. Course of air temperature in Cracow. Straight line – the linear trend. October



Rys. 5. Przebieg temperatury powietrza w Krakowie. Linia prosta – trend liniowy. Rok

Fig. 5. Course of air temperature in Cracow. Straight line – the linear trend. Year

W początkowej części serii, od końca wieku XVIII do lat czterdziestych XIX w., średnia roczna wykazywała spadek wartości, dopiero wyraźny jej wzrost zaznaczył się od połowy XIX w., o większym nasileniu od przełomu XIX i XX w. Ciągłe jest kwestią otwartą – czy miejskie położenie stacji krakowskiej wpłynęło na ten wzrost, czy jest to zagadnienie związane z makrocyrkulacją mas powietrza. Wydaje się, że przedstawione ogólnie przebiegi temperatury wg średnich miesięcznych mogą być tylko tłem do bardziej szczegółowych badań, zmierzających do określenia wpływu zmian w otoczeniu stacji na warunki termiczne tego otoczenia, które przedstawia wieloletnia seria pomiarów temperatury powietrza z jednego miejsca (Bednarz i in. 1994; Obrębska-Starkłowa i in. 1994).

ZMIENNOŚĆ RÓŻNIC MIĘDZY ŚREDNIMI MIESIĘCZNYMI TEMPERATURAMI

Dużą pomocą w badaniu zmienności w przebiegu temperatury w poszczególnych latach okazało się wyliczenie średniej zmienności temperatury z miesiąca na miesiąc. Utworzono ciąg różnic między średnimi miesięcznymi temperaturami dla całego 205-lecia (2460 wartości). Okazało się, że na tle

średniej zmienności zdarzały się bardzo interesujące przypadki, które można zakwalifikować jako anomalie klimatyczne, dość niezwykle jak na strefę klimatyczną, w której leży Polska. Przykładowo podano pewne niezwykle przypadki.

Tabela 2

Różnice między średnimi miesięcznymi temperaturami powietrza w Krakowie (°C)

Differences between mean monthly air temperatures in Cracow (°C)

Miesiące	Średnia różnica	Najwyższa dodatnia (rok)	Najniższa ujemna (rok)
Styczeń–grudzień	-2,0	8,3 (1856)	-11,5 (1826)
Luty–styczeń	1,7	13,6 (1848)	-11,0 (1956)
Marzec–luty	4,0	12,9 (1929)	-3,5 (1958)
Kwiecień–marzec	5,9	16,9 (1800)	-1,3 (1938)
Maj–kwiecień	5,6	12,5 (1817)	-1,1 (1876)
Czerwiec–maj	3,3	8,9 (1866)	-2,1 (1865)
Lipiec–czerwiec	1,6	5,6 (1928)	-5,7 (1923)
Sierpień–lipiec	-0,8	3,8 (1807)	-4,6 (1852)
Wrzesień–sierpień	-4,0	0,5 (1866)	-9,4 (1992)
Październik–wrzesień	-5,2	0,0 (1907)	-11,8 (1866)
Listopad–październik	-5,9	0,9 (1926)	-13,0 (1858)
Grudzień–listopad	-4,2	3,3 (1993)	-15,3 (1840)

Najwyższa różnica między średnią temperaturą grudnia i stycznia wyniosła 11,5°. O taką wartość styczeń w 1826 r. był zimniejszy od grudnia 1825 r. Jeszcze większa różnica wystąpiła między temperaturą stycznia i lutego w 1848 r. (o 13,6° luty był mroźniejszy od stycznia). W 1800 r. kwiecień od marca był cieplejszy aż o 16,9°. W innych miesiącach różnice między średnimi temperaturami wynosiły od 3 do 13°, ale warto przytoczyć kilka przypadków innego rodzaju anomalii. Aż w 10,2% przypadków marzec był zimniejszy od lutego. Dwa razy w 205-leciu kwiecień był zimniejszy od marca i dwa razy maj zimniejszy od kwietnia. Wrzesień cieplejszy od sierpnia zdarzył się tylko jeden raz (w 1866 r.), a średnia temperatura października była równa średniej września także jeden raz, w 1907 r. Listopad cieplejszy od października zdarzył się 2-krotnie (w 1926 i 1951 r.), a grudzień cieplejszy od listopada w 7,8% przypadków, w ostatnich latach w 1993 r. i to aż o 3,3°! Ale zdarzył się grudzień mroźniejszy od listopada nawet o 15,3° (w 1840 r.).

UWAGI KOŃCOWE

Wyjaśnienia trendów, wahań średnich temperatur miesięcznych i zmienności temperatury z miesiąca na miesiąc należy szukać w dużych zmianach cyrkulacji atmosfery typu wielkoprzestrzennego, właściwej dla strefy klimatycznej, obejmującej umiarkowane szerokości geograficzne. Podobnie jak w przypadku rozpatrywania trendów termicznych – jest sprawą trudną interpretacja lokalnych wpływów rozwijającego się miasta na liczne fluktuacje i powiązania tych wpływów z procesem współczesnego ocieplenia, widocznego przede wszystkim w miesiącach zimowych.

LITERATURA

- Bednarz Z., Niedźwiedź T., Obrębska-Starkłowa B., Olecki Z., Trepńska J., 1994, *Natural and Anthropogenic Fluctuations and Trends of Climate Change in Southern Poland*, Geogr. Pol., z. 62
- Gorczyński W., Kosińska S., 1916, *O temperaturze powietrza w Polsce*, Warszawa
- Obrębska-Starkłowa B., Olecki Z., Trepńska J., 1994, *The Diagnosis of Climate Change in Cracow Against a Background of Circulation and Local Conditions*, Geogr. Pol., z. 63
- Trepńska J., 1982, *Characterization of the Measurement Series at the Jagiellonian University Climatological Station*, Pr. Geogr., t. 55, Pr. IGUJ, z. 77
- Trepńska J., 1983, *Climatic Fluctuations in Cracow City, 1826–1975*, Geogr. Pol., z. 45
- Trepńska J., Kowanetz L., 1997, *Wieloletni przebieg średnich miesięcznych wartości temperatury powietrza w Krakowie, 1792–1995*, [w:] *Wahania klimatu w Krakowie (1792–1995)*, Wyd. IGUJ Kraków
- Ustrnul Z., 1997, *Uzupełnianie i weryfikacja danych krakowskiej serii pomiarowej temperatury i ciśnienia powietrza z lat 1792–1825*, [w:] *Wahania klimatu w Krakowie (1792–1995)*, Wyd. IGUJ Kraków

Zakład Klimatologii
Uniwersytetu Jagiellońskiego

SUMMARY

The base of the paper is series of the measurement of air temperature at the Jagiellonian University climatological station, collected since 1792. Average values were completed and verified. Generally, during the 19th century the monthly temperatures from November to March were lower than later. May, June and August showed the small air temperature fall. In July, September and October the long-term tendency is close on the point of nought. Each monthly course of the air temperature appears the considerable fluctuation from year to year.