

## **CECHY TERMICZNE KLIMATU EUROPY**

JERZY BORYCZKA  
MARIA STOPA-BORYCZKA  
KATARZYNA PIETRAS  
SZYMON BIJAK  
ELŻBIETA BŁAŻEK  
JAN SKRZYPCZUK

**XIX. THE THERMAL FEATURES OF EUROPE'S CLIMATE**

# **atlas**

OF INTERDEPENDENCE  
OF METEOROLOGICAL  
AND GEOGRAPHICAL  
PARAMETERS  
IN POLAND

**Warsaw 2005**

JERZY BORYCZKA  
MARIA STOPA-BORYCZKA  
KATARZYNA PIETRAS  
SZYMON BIJAK  
ELŻBIETA BŁAŻEK  
JAN SKRZYPCZUK

**XIX. CECHY TERMICZNE KLIMATU EUROPY**

# atlas

WSPÓLZALEŻNOŚCI  
PARAMETRÓW  
METEOROLOGICZNYCH  
I GEOGRAFICZNYCH  
W POLSCE

**Warszawa 2005**

Redakcja naukowa  
Maria STOPA-BORYCZKA  
Jerzy BORYCZKA

Redaktor  
Władysław ŻAKOWSKI

Opracowanie edytorskie  
Jan SKRZYPCZUK

© Copyright by Wydział Geografii i Studiów Regionalnych 2005

ISBN 83-89502-07-0

Skład i łamanie  
Jan SKRZYPCZUK

Druk i oprawa: Zakład Graficzny UW, zam. nr 426/06

## SPIS TREŚCI

|   |     |
|---|-----|
| I. WPROWADZENIE .....   | 7   |
| II. OKRESOWE ZMIANY AKTYWNOŚCI SŁOŃCA W LATACH 1700-2002 .....                        | 11  |
| 1. Daty minimów i maksimów plam słonecznych w cyklu 11-letnim .....                   | 11  |
| 2. Okresy aktywności Słońca wyznaczone metodą „sinusoid regresji” .....               | 14  |
| 3. Okresy wiekowe i dwuwiekowe aktywności Słońca .....                                | 15  |
| III. OKRESOWE ZMIANY OSCYLACJI PÓŁNOCNOATLANTYCKIEJ (NAO) W LATACH 1825-2000 .....    | 21  |
| 1. Okresowe zmiany Oscylacji Północnoatlantyckiej .....                               | 23  |
| 2. Tendencje zmian Oscylacji Północnoatlantyckiej .....                               | 25  |
| IV. OCHŁODZENIA I OCIEPLENIA KLIMATU EUROPY W OSTATNICH STULECIACH .....              | 29  |
| 1. Okresowe zmiany temperatury powietrza w Europie .....                              | 30  |
| 2. Mroźne i łagodne zimy oraz ciepłe i chłodne lata .....                             | 34  |
| 3. Zmiany temperatury powietrza w Europie w XVIII-XXI wieku . . .                     | 35  |
| V. CECHY OCEANICZNE I KONTYNETALNE KLIMATU EUROPY . .                                 | 131 |
| 1. Profile temperatury powietrza (południkowy, równoleżnikowy i hipsometryczny) ..... | 131 |
| 2. Gradienty horyzontalne w °C/100 km .....   | 137 |
| VI. ZAKOŃCZENIE .....   | 175 |
| SUMMARY .....   | 179 |
| LITERATURA .....  | 181 |

## I. WPROWADZENIE

Treść XIX tomu Atlasu nawiązuje bezpośrednio do tomu XVII dotyczącego mroźnych i łagodnych zim oraz najcieplejszych i chłodnych okresów letnich w Polsce na tle Europy i do tomu VIII poświęconego cechom oceanicznym klimatu Europy ze szczególnym uwzględnieniem Polski ( Boryczka, Stopa-Boryczka i inni 1994, 2003).

Celem tego tomu Atlasu jest określenie zmian cech termicznych klimatu Europy w XVIII-XIX wieku z wyeksponowaniem ich przyczyn.

Najpierw uaktualniono cykliczność i tendencje zmian aktywności Słońca na podstawie danych z lat 1700-2002 a potem okresowość Oscylacji Północnoatlantyckiej (NAO) w latach 1825-2000 (rozd. II i III).

Oryginalną część pracy stanowi rozdział IV pt. *Ochłodzenia i ocieplenia klimatu Europy*. Zawiera on wykresy widm i przebiegów wieloletnich temperatury powietrza wraz z prostymi regresjami, w miesiącach zimowych (w styczniu) i letnich (w lipcu) w 40 miejscowościach europejskich. Widma temperatury powietrza wyznaczono metodą sinusoid regresji, a tendencje zmian określono równaniami prostych regresji. Szczególne znaczenie mają jednak prognozy temperatury powietrza do 2100 roku na podstawie interferencji silniejszych cykli zawartych w widmach. Prognozy wskazują na naturalne ochłodzenie klimatu Europy w XXI wieku. Według tych prognoz, w XXI wieku można oczekiwać ochłodzenia (więcej mroźnych zim), które częściowo może być złagodzone przez czynniki antropogeniczne (efekt cieplarniany i miejskie wyspy ciepła). W prognozach przyjęto założenie, że ekstrema wykrytych cykli (obecnych w widmach temperatury powietrza) o dość dużych amplitudach (istotnych statystycznie) będą się powtarzać nadal, tak jak w XVIII-XX wieku.

W tabelach zestawiono po 10 najmroźniejszych i najchłodniejszych styczniów i po 10 najcieplejszych i najchłodniejszych lipców w XVIII -XX wieku.

Ochłodzenia i ocieplenia klimatu są kształtowane wahaniami dopływu energii słonecznej do powierzchni Ziemi, zależnej od aktywności Słońca (stałej słonecznej) i zawartości pyłów wulkanicznych w atmosferze – pochłaniających i rozpraszających promieniowanie słoneczne.

Najbardziej poznane (na podstawie danych instrumentalnych) jest ostatnie, największe ochłodzenie w Europie. Trzeba zauważyć, że wystąpiło ono podczas trzech najsłabszych, wydłużonych (12-13-letnich) cykli aktywności Słońca (1798-1833). Ochłodzenie to pojawiło się w czasie najsłabszego 13 letniego cyklu plam słonecznych (1811-1823), podczas absolutnego minimum wiekowego (od 1700 r.). To ostatnie globalne ochłodzenie klimatu (także w Europie) wystąpiło podczas wzmożonej aktywności wulkanicznej, po największych wybuchach wulkanów: 1803 – Cotopaxi, 1815 – Tambora, 1835 – Cosequina.

Temperatura powietrza podczas zim w Europie w 1830 roku wynosiła: -10,4 Lwów, -10,3 Kraków, -10,3 Wrocław, -10,1 Kijów, -9,7 Warszawa, -9,7 Wilno, -6,7 Wiedeń, -6,6 Berlin, -6,1 Praga, -5,4 Bazylea, -5,0 Budapeszt, -4,5 Kopenhaga, -3,5 Genewa.

Ocieplenie klimatu w XIX-XX wieku było wywołane wzrostem aktywności Słońca i spadkiem aktywności wulkanicznej na Ziemi oraz wzrostem efektu cieplarnianego atmosfery.

W Europie przede wszystkim zimy są coraz cieplejsze. Na przykład w Warszawie zimy są cieplejsze o  $1,1^{\circ}\text{C}/100$  lat, a lata chłodniejsze prawie o  $0,1^{\circ}\text{C}/100$  lat. Jeszcze większy wzrost temperatury powietrza podczas zimy występuje w Krakowie –  $1,5^{\circ}\text{C}/100$  lat i Moskwie –  $1,6^{\circ}\text{C}/100$  lat. Średnia roczna temperatura powietrza wzrasta w Warszawie – o  $0,6^{\circ}\text{C}$ ; Krakowie – o  $0,8^{\circ}\text{C}$ ; Moskwie – o  $0,7^{\circ}\text{C}$  na 100 lat.

Nie wiadomo jaka część postępującego ocieplenia klimatu jest efektem oddziaływania czynników naturalnych, a jaka – czynników antropogenicznych.

Do mroźnych okresów w drugiej połowie XX wieku można zaliczyć także zimę z 1963 r. – -9,7 Mińsk, -9,5 Warszawa, -8,4 Wrocław, -8,4 Lwów, -7,8 Oslo, -6,9 Praga, -6,9 Kraków, -5,7 Poczdam, -5,7 Innsbruck, -3,6 Zagrzeb.

Najłagodniejsze zimy wystąpiły w ostatniej dekadzie XX wieku: 1990 – Marsylia (9,7), Berlin (4,3), Poczdam (4,0), Wrocław (3,2), Odessa (2,9), Warszawa (2,3), Lwów (1,0), Kijów (0,9), Mińsk (0,0), 1998 – Wiedeń (3,6), Innsbruck (2,5), 2001 – Zagrzeb (5,2).

Najcieplejsze pory letnie wystąpiły: w 1811 – Budapeszt (24,1), Wiedeń (22,4), Warszawa (21,4), Wilno (20,6), Monachium (18,9), w 1992 – Wiedeń (21,7), Kijów (21,4), Wrocław (20,3), Poczdam (20,1), Kraków (20,1), Mińsk (19,2), w 1999 – Ateny (28,9), Odessa (23,5), Kijów (21,5), Mińsk (20,0).

Na klimat Europy dominujący wpływ mają dwa główne centra pola ciśnienia atmosferycznego: Niż Islandzki i Wyż Azorski. Te dwa centra ciśnienia związane z różnicą temperatury między wodą Atlantyku Północnego i lądem są w ciągu roku ze sobą ujemnie skorelowane. O wpływie aktywności Słońca na cyrkulację atmosfery (na dystrybucję ciepła na Ziemi) świadczą analogiczne cykle cyrkulacji atmosfery i liczb Wolfa, a także temperatury powietrza.

Wskaźnik NAO w latach 1825-2000 cechuje się okresowością 8-letnią, kilkunastoletnią i 106,3 letnią, a temperatura powietrza w Europie cechuje się okresowością 8, 11, 100 i 180-letnią.

Temperatura powietrza podczas zim w Warszawie i wskaźnik NAO cechuje analogiczna cykliczność z dominującym okresem 7, 8-letnim. Podobieństwo tych cykli świadczy, iż zimy w Warszawie są kształtowane przez okresowe wahania Oscylacji Północnoatlantyckiej NAO (cyrkulacji strefowej). Oto zimowe okresy około 8-letnie temperatury powietrza na innych stacjach w Europie i ich amplitudy: Kraków – 8,3 (1,87°C), Wrocław – 8,3 (1,53 °C), Lwów – 8,3 (1,30°C), Praga – 8,3 (1,06°C), Berlin – 7,7 (1,54°C), Genewa – 7,7 (0,62°C), Wiedeń – 8,3 (0,87°C), Rzym – 7,9 (0,30°C), Sztokholm – 7,8 (1,33°C), Kopenhaga – 7,8 (1,24°C), Moskwa – 7,9 (0,76°C).

W lecie okresowość jest zbliżona, amplitudy są prawie o połowę mniejsze.

Dużą rolę w kształtowaniu klimatu odgrywają długie cykle: 102 i 187 – letnie aktywności Słońca. Analogiczne okresy są obecnie w widmach temperatury powietrza. Oto zimowe cykle około 100-letnie temperatury powietrza w Europie: Warszawa – 113,4; Kraków – 90,0 ; Wrocław – 123,3; Lwów – 108,8; Praga – 116,3; Wiedeń – 89,8; Bazylea – 85,5; Kopenhaga – 80,5; Sztokholm – 86,3; Uppsala – 102,7.

W pracy (rozdział V) określono też najważniejsze cechy termiczne klimatu Europy, wynikające z jej położenia w umiarkowanych szerokościach geograficznych – w sąsiedztwie Oceanu Atlantyckiego i strefowego ukształtowania jej powierzchni.

W tym celu, pole temperatury powietrza w Europie w obszarze:  $15^{\circ}\text{N} < \varphi < 85^{\circ}\text{N}$ ,  $15^{\circ}\text{W} < \lambda < 180^{\circ}\text{E}$  opisano empirycznymi modelami – wielomianami regresji  $T(\varphi, \lambda, H)$  względem współrzędnych położenia ( $\varphi$  i  $\lambda$ ) oraz wysokości nad poziomem morza ( $H$ ).

Symulują one zarówno zmienność strefową temperatury powietrza (uwarunkowaną dopływem promieniowania słonecznego) jak też oddziaływanie Oceanu Atlantyckiego oraz wpływ wysokości nad poziomem morza.

Dobrym narzędziem badań ogólnych cech termicznych klimatu tego obszaru okazały się wielomiany pierwszego stopnia.

Zmiany południkowe temperatury powietrza spełniają zasadę strefowości klimatu w ciągu całego roku. Średni gradient południkowy na badanym obszarze wynosi  $-0,5^{\circ}\text{C}/1^{\circ}\varphi$ . To znaczy, że temperatura powietrza spada ze wzrostem szerokości geograficznej – średnio o  $0,5^{\circ}\text{C}/1^{\circ}\varphi$ .

Gradient równoleżnikowy temperatury powietrza charakteryzuje zmienność z zachodu na wschód – wzrost w  $^{\circ}\text{C}/1^{\circ}\lambda$ . Natomiast gradient hipsometryczny temperatury powietrza opisuje jej spadek o  $0,6^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$  ze wzrostem wysokości nad poziomem morza.

Cechy oceaniczne i kontynentalne klimatu Europy dobrze charakteryzuje profil równoleżnikowy amplitudy rocznej i jej gradient. Te średnie gradienty temperatury



powietrza – określone wielomianami pierwszego stopnia nie różnią się od znanych w literaturze. Gradient hipsometryczny –  $0,6^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$  jest zbliżony do gradientu wilgotnoadiabatyicznego w swobodnej atmosferze.

Na końcu zamieszczono mapy izoterm średnich wartości temperatury powietrza w poszczególnych miesiącach, porach roku i roku w latach 1961-1990.

Ciągi chronologiczne średnich miesięcznych wartości temperatury powietrza w niektórych miejscowościach europejskich w XVIII-XX wieku zaczerpnięto z internetu: [http://data.giss.nasa.gov/gistemp/station\\_data/](http://data.giss.nasa.gov/gistemp/station_data/).

## II. OKRESOWE ZMIANY AKTYWNOŚCI SŁOŃCA W LATACH 1700-2002

Jedną z głównych naturalnych przyczyn współczesnych zmian klimatu jest aktywność Słońca, tzn. wszystkie okresowe zjawiska na nim zachodzące.

Cykliczne zmiany zachodzące na Słońcu (zmienność promieniowania krótkofalowego i pola magnetycznego plam słonecznych) odgrywają największą rolę w kształtowaniu zmian klimatu Ziemi, głównie przez zmiany stałej słonecznej. Przenoszone są one także na Ziemię poprzez jonosferę, warunkującą cyrkulację atmosferyczną – ruch cyklonów i antycyklonów głównie w początkowej fazie ich rozwoju (Rakipowa 1960).

O wpływie aktywności Słońca na cyrkulację atmosferyczną (na dystrybucję ciepła na Ziemi) świadczą analogiczne cykle cyrkulacji (wschodniej, zachodniej, południkowej, strefowej i cyklonalnej) i liczb Wolfa, a także parametrów Układu Słonecznego. Na przykład najsilniejszy cykl 30,5 lat cyrkulacji zachodniej jest prawie taki sam, jak najsilniejszy cykl (29,5 lat) dyspersji masy planet względem ekliptyki.

Cykliczną zmienność plam słonecznych stwierdzono już dawno (Swabe 1843, Wolf 1869-72). Najbardziej rozpowszechnionym wskaźnikiem aktywności Słońca w badaniach statystycznych są tzw. liczby Wolfa (liczby względne):

$$W = k(10g + f)$$

gdzie:  $f$  – liczba pojedynczych (wyodrębnionych) plam słonecznych,

$g$  – liczba grup plam,

$k$  – współczynnik korygujący różne serie obserwacyjne.

### 1. Daty minimów i maksimów plam słonecznych w cyklu 11-letnim

Miesięczne wartości liczb Wolfa w latach 1749-1993 i średnie roczne liczby Wolfa w latach 1700–1993 przedstawiono we wcześniejszych publikacjach (Boryczka, Stopa-Boryczka i inni 1997).

Natomiast daty minimów ( $W_{\min}$ ) i maksimów ( $W_{\max}$ ) plam słonecznych oraz długości poszczególnych cykli około 11-letnich podano w tab. 2.1 (z pracy Boryczki 1998). Naj-

mniejszą aktywnością słoneczną cechował się cykl 13-letni (1811-1823), a największą – cykl 10-letni (1955-1964) o maksimum absolutnym (od 1700 roku) plam słonecznych  $W_{\max} = 189,9$  w roku 1957. Długość cykli wg obserwacji zmienia się od 9 do 14 lat.

Tab. 2.1. Cykle około 11-letnie liczb Wolfa: daty, długość, wartości ekstremalne  $W_{\min}$  i  $W_{\max}$

Tab. 2.1. The close-to-11-years cycles of the Wolf numbers: dates, lengths, extremal values  $W_{\min}$  and  $W_{\max}$

| Cykle            | Długość | $W_{\min}$ | $t_{\max}$  | $W_{\max}$ |
|------------------|---------|------------|-------------|------------|
| -1712            | –       | 5,0        | 1705        | 58,0       |
| 1713-1723        | 11      | 0,0        | 1717        | 63,0       |
| 1724-1733        | 10      | 11,0       | 1728        | 103,0      |
| 1734-1744        | 11      | 5,0        | 1738        | 111,0      |
| 1745-1755        | 11      | 5,0        | 1750        | 83,4       |
| 1756-1766        | 11      | 9,6        | 1761        | 85,9       |
| 1767-1775        | 9       | 11,4       | 1769        | 106,1      |
| 1776-1784        | 9       | 7,0        | 1778        | 154,4      |
| 1785-1798        | 14      | 10,2       | 1787        | 132,0      |
| <u>1799-1810</u> | 12      | 4,0        | 1804        | 47,5       |
| <u>1811-1823</u> | 13      | 0,0        | 1816        | 45,8       |
| 1824-1833        | 10      | 1,8        | 1830        | 71,0       |
| 1834-1843        | 10      | 8,5        | 1837        | 138,3      |
| 1844-1856        | 13      | 10,7       | 1848        | 124,9      |
| 1857-1867        | 11      | 4,3        | 1860        | 95,7       |
| 1868-1878        | 11      | 7,3        | 1870        | 139,1      |
| 1879-1889        | 11      | 3,4        | 1883        | 63,7       |
| 1890-1901        | 12      | 6,3        | 1893        | 84,9       |
| 1902-1913        | 12      | 2,7        | 1905        | 62,0       |
| 1914-1923        | 10      | 1,4        | 1917        | 103,9      |
| 1924-1933        | 10      | 5,8        | 1928        | 77,8       |
| 1934-1944        | 11      | 5,7        | 1937        | 114,4      |
| 1945-1954        | 10      | 9,6        | 1947        | 151,6      |
| <u>1955-1964</u> | 10      | 4,4        | <u>1957</u> | 189,9      |
| 1965-1976        | 12      | 10,2       | 1968        | 105,9      |
| 1977-1986        | 10      | 13,9       | 1979        | 155,3      |
| 1987-1996        | 10      | 11,0       | 1989        | 157,8      |
| 1997-2006        | 10      | 8,6        | 2000        | 119,5      |

W latach 1700-2000 wystąpiły dwa najsłabsze wydłużone cykle: 1799-1810, 1811-1823 (12 i 13-letnie) oraz dwa najsilniejsze skrócone cykle: 1945-1954, 1955-1964 (10-letnie, tab. 2.1).

Tab. 2.2. Zmiany aktywności Słońca podczas dwóch najsłabszych i dwóch najsilniejszych cykli około 11-letnich

Tab. 2.2. Changes of solar activity during two weakest and two strongest close-to-11-year cycles

| Cykle o maksimach 47,5 i 45,8 |             |             |             | Cykle o maksimach 151,6 i 189,9 |              |             |              |
|-------------------------------|-------------|-------------|-------------|---------------------------------|--------------|-------------|--------------|
|                               |             | 1811        | 1,4         | 1945                            | 3,32         | 1955        | 38,0         |
| 1799                          | 6,8         | 1812        | 5,0         | 1946                            | 92,6         | 1956        | 141,7        |
| 1800                          | 14,5        | 1813        | 12,2        | <u>1947</u>                     | <u>151,6</u> | <u>1957</u> | <u>189,9</u> |
| 1801                          | 34,0        | 1814        | 13,9        | 1948                            | 136,2        | 1958        | 184,8        |
| 1802                          | 45,0        | 1815        | 35,4        | 1949                            | 135,1        | 1959        | 159,0        |
| 1803                          | 43,1        | <u>1816</u> | <u>45,8</u> | 1950                            | 83,9         | 1960        | 122,3        |
| <u>1804</u>                   | <u>47,5</u> | 1817        | 41,1        | 1951                            | 69,4         | 1961        | 53,9         |
| 1805                          | 42,2        | 1818        | 30,4        | 1952                            | 31,4         | 1962        | 37,5         |
| 1806                          | 28,1        | 1819        | 23,9        | 1953                            | 13,9         | 1963        | 27,9         |
| 1807                          | 10,1        | 1820        | 15,7        | 1954                            | 4,4          | 1964        | 10,2         |
| 1808                          | 8,1         | 1821        | 6,6         |                                 |              |             |              |
| 1809                          | 2,5         | 1822        | 4,0         |                                 |              |             |              |
| 1810                          | 0,0         | 1823        | 1,8         |                                 |              |             |              |

W latach 1700-2002 zaobserwowano niecałe 28 cykli plam słonecznych, o nieco różnej długości i odmiennych maksimach. Aproxymując równaniem sinusoidy regresji (wg najmniejszych kwadratów):

$$W = a_0 + b \sin(2\pi t/\Theta + c)$$

przy zmiennym okresie  $\Theta$  co 0,1 roku w przedziale 2,1-250 lat, otrzymuje się pasmo 10,5-11,5 lat widma z maksimum  $\Theta_{\max} = 11,0$  lat, o amplitudzie  $b_{\max} = 24,94$  i fazie  $c = 1,1335$ . Są to więc średnie parametry sinusoidy w przedziale aproksymacji  $0 < t \leq 303$  ( $t = 0$  to rok 1699, nie średnie arytmetyczne). Szerokość pasma widma, w którym znajduje się minimum wariancji resztkowej  $\varepsilon^2$  (maksimum współczynnika korelacji  $R$ , maksimum amplitudy  $b$ ), jest miarą dyspersji okresu  $\Theta$ .

W sensie matematycznym liczba  $\Theta$  jest okresem funkcji  $y = f(t)$ , gdy  $f(t + \Theta) = f(t)$ . Okres zjawisk przyrodniczych wyznaczony wszystkimi metodami statystycznymi ma inny sens matematyczny:

$$f(t_i + \Theta) = f(t_i) + \varepsilon_i$$

gdzie:  $\varepsilon_i$  – jest resztą (składnikiem losowym).

## 2. Okresy aktywności Słońca wyznaczone metodą „sinusoid regresji”

Okresy liczb Wolfa, wyznaczone metodą „sinusoid regresji” z odstępem  $\Delta\Theta = 0,1$  roku w przedziale 2,1-250 lat znajdują się w X tomie *Atlasu współzależności meteorologicznych i geograficznych w Polsce* z wyodrębnionym podtytułem *Cykliczne zmiany aktywności Słońca i cyrkulacji atmosferycznej w Europie* (Boryczka, Stopa-Boryczka i inni 1997).

Widma średnich miesięcznych liczb Wolfa w latach 1749-2002 (styczeń, lipiec) przedstawiono na rys. 2.1, a średnich rocznych w latach 1749-2002 i 1700-2002 na rys. 2.2.

Okresy  $\Theta$  i maksima wartości współczynnika korelacji  $R = (1-\varepsilon^2/s^2)^{0,5}$  podane w tabeli 3.3 charakteryzują widma średnich rocznych liczb Wolfa w latach 1700-2002. Amplitudy  $b_j$  i fazy  $c_j$  dotyczą superpozycji cykli:

$$W = a_0 + at + \sum b_j \sin(2\pi t/\Theta_j + c_j)$$

ze składnikami liniowymi  $a_0 + at$  (1700-2002,  $R = 0,856$ ,  $a = 0,0747$ ; 1749-2002,  $R = 0,870$ ,  $a = 0,0964$ ):

Daty maksimów  $t_{\max}$ ,  $W_{\max}$ , i minimów  $t_{\min}$ ,  $W_{\min}$  cyklu o długości  $\Theta$  określają wzory:

$$t_{\max} = \left(\frac{\pi - c}{2}\right) \frac{\Theta}{2\pi}, \quad t_{\min} = \left(\frac{3\pi - c}{2}\right) \frac{\Theta}{2\pi}$$

i początek  $t = 0$  osi czasu (daty 1699, 1748); Data = 1699 +  $t$  lub Data = 1748 +  $t$ .

Tab. 2.3. Okresy, amplitudy ( $b$ ) i fazy ( $c$ ) aktywności Słońca w latach 1700-2002 i 1749-2002 ( $R$  – współczynnik korelacji)

Tab. 2.3. Periods, amplitudes ( $b$ ) and phases ( $c$ ) solar activity in the years 1700-2002 and 1749-2002 ( $R$  – correlation coefficient)

| 1700–2002   |              |               |         | 1749–2002   |              |               |         |
|-------------|--------------|---------------|---------|-------------|--------------|---------------|---------|
| $\Theta_j$  | $R_j$        | $B_j$         | $c_j$   | $\Theta_j$  | $R_j$        | $b_j$         | $c_j$   |
| 8,5         | 0,183        | 9,752         | -1,7774 | 8,5         | 0,230        | 10,851        | 0,2849  |
| 10,0        | 0,423        | 19,396        | 2,2885  | 10,0        | 0,433        | 20,417        | 2,4512  |
| 10,6        | 0,410        | 14,609        | -2,7747 | 10,6        | 0,402        | 17,400        | 2,8313  |
| <u>11,0</u> | <u>0,524</u> | <u>24,941</u> | 1,1335  | <u>11,0</u> | <u>0,500</u> | <u>31,455</u> | 1,1202  |
| 12,0        | 0,265        | 12,280        | -1,2397 | 11,8        | 0,277        | 15,918        | -2,5087 |
| 53,1        | 0,203        | 10,463        | -2,2096 | 54,0        | 0,201        | 10,625        | 1,2938  |
| 103,6       | 0,287        | 13,803        | 1,7921  | 105,0       | 0,277        | 16,507        | -3,0362 |
| 188,7       | 0,225        | 7,956         | -1,1696 | –           | –            | –             | –       |

Długość cyklu 11-letniego, wyznaczonego na podstawie serii obserwacji plam słonecznych 1700-2002 i 1749-2002, jest taka sama,  $\Theta = 11,0$  lat. Cykl ten nieco różni się amplitudą i oczywiście fazą:

|           | $\Theta$ | $2b$  | $c$    | $R$   |
|-----------|----------|-------|--------|-------|
| 1700-2002 | 11,0     | 49,9  | 1,1335 | 0,524 |
| 1749-2002 | 11,0     | 62,91 | 1,1202 | 0,500 |

Cykl 11-letni aktywności Słońca w latach 1700-2002 opisuje równanie sinusoidy regresji:  $W = 50,207 + 24,941 \sin(2\pi t / 11,0 + 1,1335)$  o zakresie wahań  $W_{\max} - W_{\min} = 49,88$ .

Wyodrębniając poszczególne miesiące (np. wszystkie styczenie z lat 1749-2002) otrzymuje się prawie taką samą długość cyklu 11,0 lat.). Zakres wahań liczb Wolfa w cyklu 11-letnim nieco różni się w poszczególnych miesiącach. Najmniej różnią się liczby Wolfa w ciągu roku podczas najsłabszego cyklu 13-letniego (1811-1823), a najbardziej w roku wystąpienia maksimum absolutnego (1957):

|      | I     | II           | III   | IV    | V     | VI    | VII   | VIII  | IX    | X     | XI    | XII   |
|------|-------|--------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1823 | 0,0   | 0,0          | 0,6   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,5   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 20,4  |
| 1957 | 165,0 | <u>130,2</u> | 157,4 | 175,2 | 164,6 | 200,7 | 187,2 | 158,0 | 235,8 | 253,8 | 210,3 | 239,4 |

Liczby Wolfa w październiku 1957 roku (253,8) są prawie o 100% większe niż w lutym tego roku (130,2). Przyczyna rozbieżności jest nieznana, częściowo możemy ją wytłumaczyć zmętnieniem atmosfery ziemskiej.

Cykl roczny aktywności Słońca w latach 1749-1980 o amplitudzie 0,94 cechuje się nieistotnym statystycznie współczynnikiem korelacji  $R = 0,015$ .

$$W = 50,54 + 0,936 \sin(2\pi t + 2,474)$$

Tak więc nie ma statystycznych błędów w obserwacjach plam słonecznych, zależnych od zmian rocznych zmętnienia atmosfery. Nie ma też istotnej zależności liczby plam słonecznych od grawitacyjnego oddziaływania Ziemi na Słońce w jej ruchu obiegowym po orbicie.

Okresem o połowę mniejszej amplitudzie jest cykl 12-letni:

|           | $\Theta$ | $2b$  | $c$     | $R$   |
|-----------|----------|-------|---------|-------|
| 1700-2002 | 12,0     | 24,56 | 1,4911  | 0,265 |
| 1749-2002 | 11,8     | 31,84 | -2,5067 | 0,266 |

bardzo zbliżony do okresu obiegu Jowisza (11,86 lat) dookoła Słońca.

### 3. Okresy wiekowe i dwuwiekowe aktywności Słońca

Dużą amplitudę ma także cykl wiekowy aktywności Słońca

$$W = 50,207 + 13,803 \sin(2\pi t / 103,6 + 1,7921)$$

Parametry tego cyklu wyznaczone na podstawie dwóch serii obserwacji mało się różnią:

|           | $\Theta$ | $R$   | $2b$   | $c$     |
|-----------|----------|-------|--------|---------|
| 1700-2002 | 103,6    | 0,287 | 27,606 | 1,7921  |
| 1749-2002 | 105,0    | 0,277 | 33,214 | -3,0321 |

Zbliżone są także daty ekstremów aktywności Słońca (minimów  $W_{\min}$  i maksimów  $W_{\max}$ ):

| 1700-2002  |            | 1749-2002  |            |
|------------|------------|------------|------------|
| $W_{\min}$ | $W_{\max}$ | $W_{\min}$ | $W_{\max}$ |
| 1602       | 1654       | 1599       | 1652       |
| 1706       | 1758       | 1704       | 1757       |
| 1810       | 1861       | 1809       | 1862       |
| 1913       | 1965       | 1914       | 1967       |
| 2017       | 2069       | 2019       | 2072       |

Aktywność Słońca w latach 1700-2002 w cyklu 103,6-letnim wahała się w przedziale  $a_0 \pm b$ , czyli od 36,7 do 63,7 ( $a_0 = 50,207$ ).

Na podstawie danych z lat 1700-2002 ( $n = 303$ ) wyznaczony został najdłuższy okres  $\Theta = 188,7$  lat, o najmniejszej amplitudzie:

$$W = 50,207 + 7,956 \sin(2\pi t/188,7 - 1,1696)$$

Oto daty minimów ( $W_{\min}$ ) i maksimów ( $W_{\max}$ ) aktywności Słońca w tym prawie dwuwiekowym cyklu:

| 1700-2002  |            |
|------------|------------|
| $W_{\min}$ | $W_{\max}$ |
| 1498       | 1592       |
| 1686       | 1781       |
| 1875       | 1969       |
| 2064       | 2158       |

Minimum w tym 189-letnim cyklu aktywności Słońca przypada na połowę przyszłego wieku (rok 2064).

Tendencje aktywności Słońca  $A$  w latach 1749-2002 i 1700-2002 określają równania prostych regresji  $W = A_0 + A t$  na rys. 2.3-2.6; rys. 2.3 – styczeń, rys. 2.4 – lipiec, rys. 2.5 – rok (1749-2002), rys. 2.6 – rok (1700-2002). Wykresy przedstawiają zarówno wartości zmierzone jak też wyznaczone z funkcji aproksymujących  $W = f(t)$ . Prognozowane zmiany aktywności Słońca w latach 2002-2100 wynikają z interferencji cykli liczb Wolfa (z uwzględnieniem składnika liniowego  $at$  i przy  $a = 0$ ).

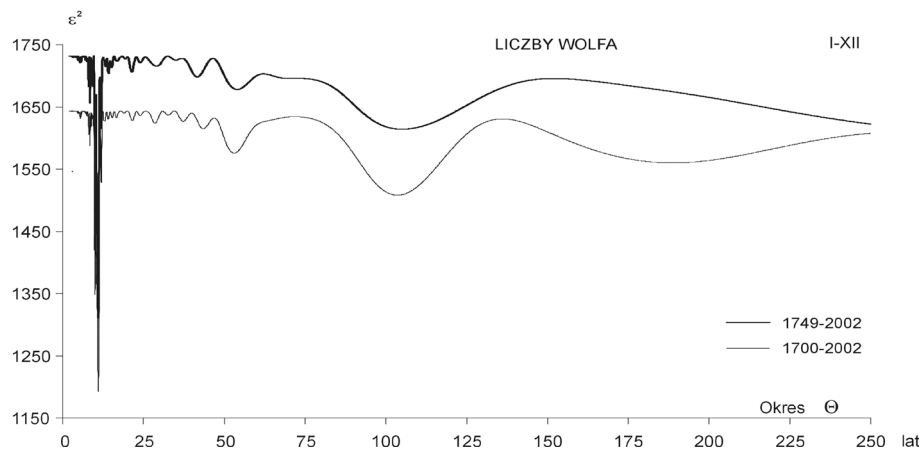
Roczne liczby Wolfa wzrastały w latach 1700-2002 i 1749-2000 – o 11,4/100 lat.

|           |                         |             |
|-----------|-------------------------|-------------|
| 1700-2002 | $W = 0,1141t - 160,959$ | $R = 0,246$ |
| 1749-2002 | $W = 0,1142t - 161,354$ | $R = 0,201$ |

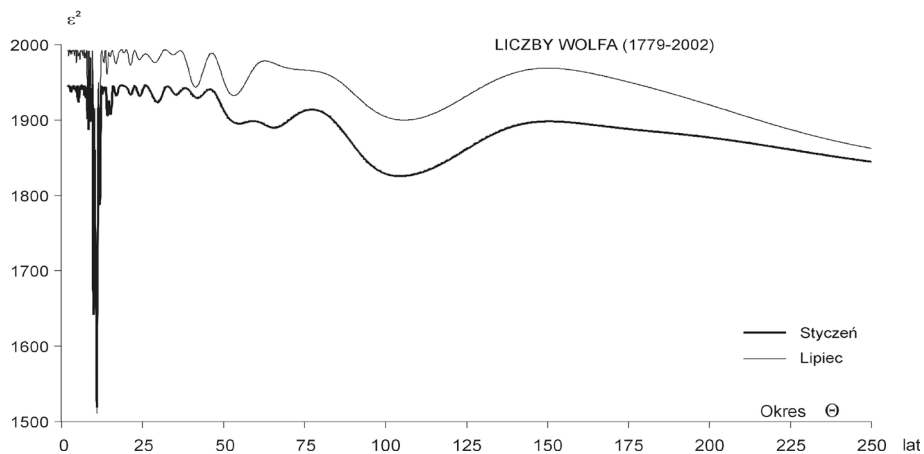
Tendencje miesięcznych liczb Wolfa (w latach 1749-2002 znacznie różnią się (wyrażone na 100 lat):

| I     | II    | III   | IV    | V    | VI    | VII   | VIII  | IX    | X     | XI   | XII   |
|-------|-------|-------|-------|------|-------|-------|-------|-------|-------|------|-------|
| 10,85 | 11,24 | 11,59 | 11,29 | 9,92 | 12,31 | 12,64 | 13,72 | 12,41 | 11,83 | 8,18 | 11,06 |

Wartości współczynnika regresji  $A$  zmieniają się od największej 13,7/100 lat w sierpniu do najmniejszej 8,2/100 lat w listopadzie. Interesująca jest pewna analogia cykliczności aktywności Słońca (liczb Wolfa) w latach 1701-1879 i 1879-2058 po przesunięciu o 178,9 lat. Maksimum absolutne plam słonecznych w 1957 r. (189,9) pokrywa się z maksimum w roku 1778 (154,4). W latach 1811 i 1990, odległych od siebie o 179 lat, Słońce znajdowało się najbliżej środka masy Układu Słonecznego – w odległościach  $0,140R_{\odot}$  i  $0,152R_{\odot}$  ( $R_{\odot}$  – promień Słońca). Przyspieszenie Słońca bezpośrednio przed tymi datami zmieniało się od -0,5 do 4,5; natomiast po tych datach malało od 4,5 do -0,5.

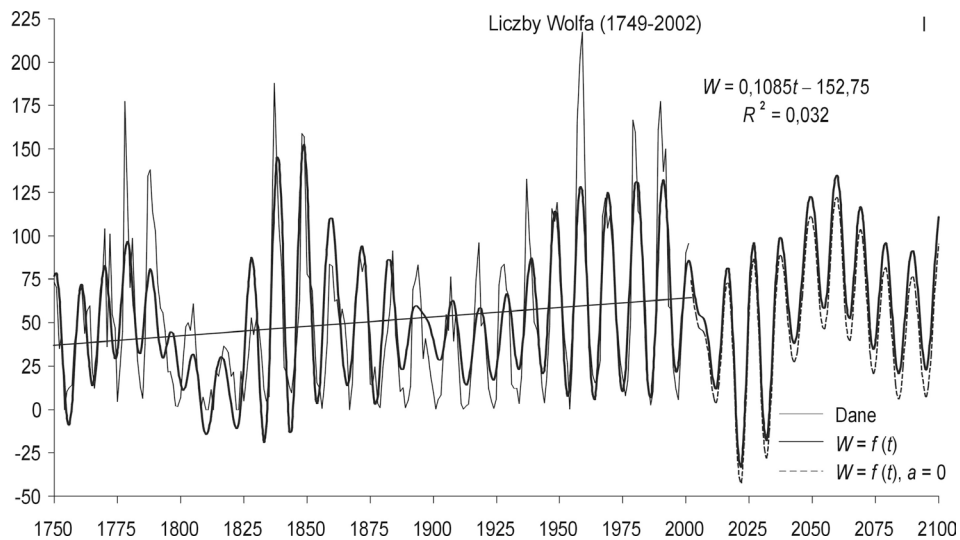


Rys. 2.1. Widma aktywności Słońca w latach 1749-2002 i 1700-2002 – rok  
 Fig. 2.1. Spectra of Sun activity in years 1749-2002 and 1700-2002 – year

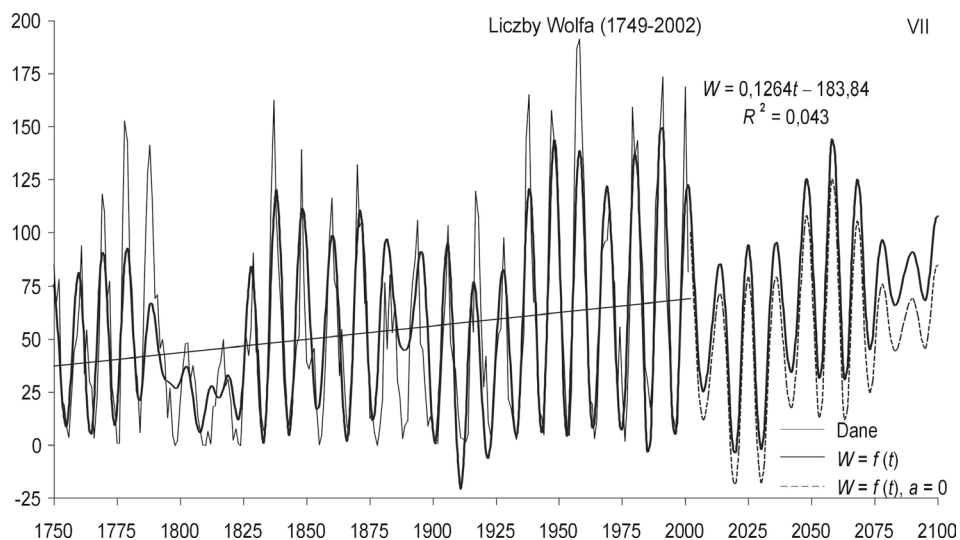


Rys. 2.2. Widma aktywności Słońca w latach 1749-2002 – styczeń, lipiec  
 Fig. 2.2. Spectra of Sun activity in years 1749-2002 – January, July

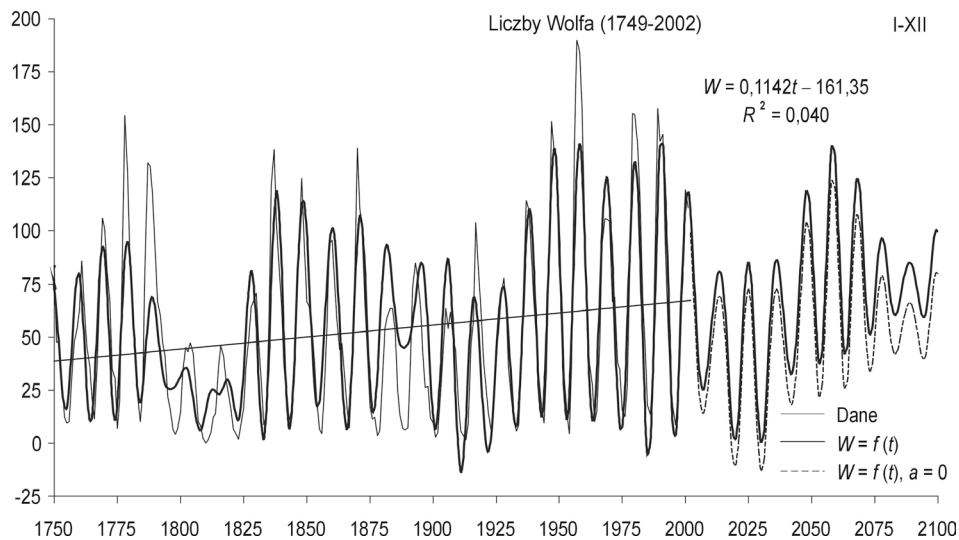




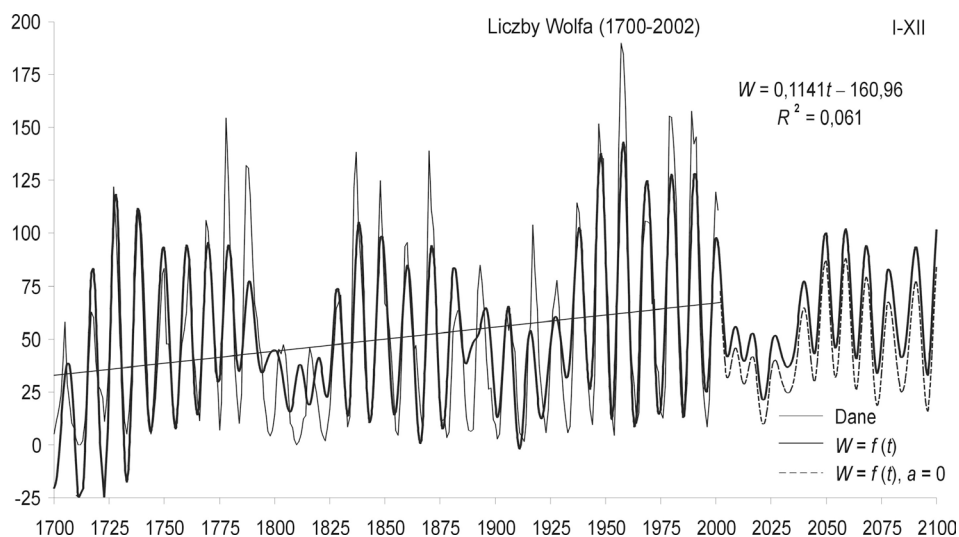
Rys. 2.3. Zmiany aktywności Słońca w latach 1749-2002 – prognoza w latach 2003-2100 – styczeń  
Fig. 2.3. Changes of Sun activity in years 1749-2002 – forecast in years 2003-2100 – January



Rys. 2.4. Zmiany aktywności Słońca w latach 1749-2002 – prognoza w latach 2003-2100 – lipiec  
Fig. 2.4. Changes of Sun activity in years 1749-2002 – forecast in years 2003-2100 – July



Rys. 2.5. Zmiany aktywności Słońca w latach 1749-2002 – prognoza w latach 2003-2100 – rok  
Fig. 2.5. Changes of Sun activity in years 1749-2002 – forecast in years 2003-2100 – year



Rys. 2.6. Zmiany aktywności Słońca w latach 1700-2002 – prognoza w latach 2003-2100 – rok  
Fig. 2.6. Changes of Sun activity in years 1700-2002 – forecast in years 2003-2100 – year

### III. OKRESOWE ZMIANY OSCYLACJI PÓŁNOCNOATLANTYCKIEJ (NAO) W LATACH 1825-2000

Na klimat Europy (i Polski) dominujący wpływ mają dwa główne centra pola ciśnienia atmosferycznego: Niz Islandzki i Wyż Azorski. W zimie decydujący wpływ na kształtowanie pogody w Polsce ma Niz Islandzki, który cechuje się najniższym ciśnieniem 995 hPa i sięga przez morza Norweskie i Barentsa, aż po Spitzbergen. Wtedy w centrum Wyżu Azorskiego ciśnienie wynosi ponad 1020 hPa, a przez środek Europy (przez południową Polskę) przebiega równoleżnikowo pas (wał) wysokiego ciśnienia, który przechodzi za południkiem 40°E w rozległy wyż kontynentalny z centrum nad Syberią. W lecie Niz Islandzki słabnie (do 1010 hPa), a uaktywnia się Wyż Azorski, w którym ciśnienie przekracza 1025 hPa. Wyż ten często wnika w głąb Europy, wzdłuż Alp, aż po Ukrainę, wzmagając napływ powietrza wilgotnego z Atlantyku (tzw. monsun europejski).

Te dwa centra ciśnienia związane z różnicą temperatury między wodą Atlantyku Północnego i lądem są w ciągu roku ze sobą ujemnie skorelowane. Jeżeli ciśnienie w Wyżu Azorskim maleje, to ciśnienie w Nizu Islandzkim – rośnie i przeciwnie. Jest to tzw. Oscylacja Północnego Atlantyku (North Atlantic Oscillation, NAO)

Przy dużej południkowej różnicy ciśnienia tj. dużym gradiencie ciśnienia skierowanym na północ, powietrze z Atlantyku przemieszcza się wzdłuż równoleżników z zachodu na wschód – nad obszar Polski. Natomiast podczas spadku ciśnienia w Wyżu Azorskim (i jednocześnie wzroście ciśnienia w Nizu Islandzkim) poziomy gradient ciśnienia może być skierowany na wschód lub zachód. Wtedy powietrze przemieszcza się wzdłuż południków (cyrkulacja południkowa) na południe lub północ. Wówczas nad obszar Polski napływa powietrze z północy lub południa.

Na dużych wysokościach przy izobarach równoległych, powietrze przemieszcza się wzdłuż izobar (wektor prędkości ruchu powietrza  $V$  jest równoległy do izobar). Jest to wynikiem równoważenia się sił: siły gradientowej ciśnienia  $G$  i siły Coriolisa  $C$  ( $G = C$ ). Siła gradientowa ciśnienia  $G = P_n \cdot \rho^{-1}$  jest prostopadła do izobar i skierowana w stronę niższego ciśnienia ( $P_n$  – gradient ciśnienia,  $\rho$  – gęstość powietrza). Wektor siły Coriolisa

$C = 2\omega v \sin\varphi$  – jest prostopadły do wektora prędkości  $V$  ( $\omega$  – prędkość kątowna Ziemi,  $v$  – prędkość wiatru,  $\varphi$  – szerokość geograficzna). W pobliżu powierzchni Ziemi, siła tarcia o podłoże  $T = -kV$  odchyła wektor prędkości  $V$  w stronę mniejszego ciśnienia, a lepkość turbulencyjna  $\mu$  nieco zmniejsza to odchylenie. W cyklonach (niżach) i antycyklonach (wyżach) należy uwzględnić dodatkową siłę odśrodkową  $F_r = v^2 \cdot r^{-1}$  ( $r$  – promień krzywizny).

Na większych wysokościach kierunek wiatru gradientowego jest deformowany przez pole temperatury powietrza – o poziomym gradiencie skierowanym ku biegunowi północnemu – przez wiatr tzw. termiczny (wiejący wzdłuż izoterm, a więc też wzdłuż równoleżników z zachodu na wschód).

Klimat Zachodniej i Środkowej Europy (także Polski) jest kształtowany przez cyrkulację strefową, uwarunkowaną południkowym gradientem ciśnienia atmosferycznego  $P_n \left(-\frac{\partial P}{\partial \varphi}\right)$ . W zimie obserwuje się zależność zmian cyrkulacji strefowej od pola tempe-

ratury wody Północnego Atlantyku. Jako miarę południkowego gradientu ciśnienia przyjęto wskaźnik NAO (North Atlantic Oscillation), zdefiniowany przez P.D. Jonesa i innych (1997). Jest to różnica ciśnienia atmosferycznego na poziomie morza między Gibraltarem i Południowo-Zachodnią Islandią. Wartości wskaźnika NAO określają równoleżnikowy transport mas powietrza: w kierunku wschodnim –  $NAO > 0$  i południkowym –  $NAO < 0$ .

O dużej zależności klimatu Europy od Oscylacji Północnoatlantyckiej w latach 1825-2000 świadczą istotne statystycznie współczynniki korelacji  $r$  między temperaturą powietrza np. w Warszawie i Lwowie a wskaźnikiem NAO (tab. 3.1).

Tab. 3.1. Zależność temperatury powietrza w Warszawie i Lwowie od Oscylacji Północnoatlantyckiej (NAO,  $r$  – współczynnik korelacji)

Tab. 3.1. The dependence of air temperature in Warsaw and Liv upon North Oscillation Atlantic (NAO,  $r$  – correlation coefficient)

| Miesiąc        | Warszawa    | Lwów        | Miesiąc         | Warszawa    | Lwów        |
|----------------|-------------|-------------|-----------------|-------------|-------------|
| <u>Styczeń</u> | <u>0,57</u> | <u>0,49</u> | Lipiec          | 0,13        | 0,15        |
| <u>Luty</u>    | <u>0,55</u> | <u>0,44</u> | Sierpień        | 0,08        | 0,16        |
| <u>Marzec</u>  | <u>0,49</u> | <u>0,40</u> | Wrzesień        | 0,27        | 0,22        |
| Kwiecień       | 0,12        | 0,12        | Październik     | 0,25        | 0,05        |
| Maj            | 0,13        | -0,02       | <u>Listopad</u> | <u>0,38</u> | <u>0,20</u> |
| Czerwiec       | 0,13        | 0,05        | <u>Grudzień</u> | <u>0,41</u> | <u>0,33</u> |

Dodatknie wartości współczynnika korelacji ( $r$ ) świadczą, że zimy są cieplejsze przy większych gradientach południkowych ciśnienia, a chłodniejsze – przy mniejszych.

Podczas intensywniejszej cyrkulacji strefowej (zachodniej) więcej ciepła zakumulowanego w wodach Północnego Atlantyku jest przekazywana atmosferze.

Pionowy strumień ciepła z oceanu do atmosfery deformuje globalną cyrkulację atmosferyczną. Zimowe wychłodzenie wód Północnego Atlantyku przy dużych południkowych gradientach ciśnienia (wskaźnika NAO) utrzymuje się nawet podczas całego lata.

### 1. Okresowe zmiany Oscylacji Północnoatlantyckiej

Okresowość Oscylacji Północnoatlantyckiej określono na podstawie średnich miesięcznych i rocznych wartości wskaźnika NAO w latach 1825-2000.

Parametry cykli: okresy  $\Theta$ , amplitudy  $b$ , fazy  $c$ , wyznaczono metodą „sinusoid regresji” J. Boryczki (1998), zmieniając okres z odstępem  $\Delta\Theta = 0,1$  roku w przedziale 2,0-200 lat:

$$y = a_0 + b \sin\left(\frac{2\pi}{\Theta}t + c\right)$$

Okresy ( $\Theta$ ) – to minima lokalne ciągu wariancji resztkowej  $\varepsilon^2$  (maksima lokalne współczynnika korelacji  $R$ ).

Wskaźnik NAO w latach 1825-2000 cechuje się okresowością kilku, kilkunastoletnią i około 100-letnią (tab. 3.2).

W widmach wskaźnika NAO w styczniu, lipcu i roku dominują cykle około 8-letnie (rys. 3.1-3.3).

Tab. 3.2. Okresy ( $\Theta$ ) Oscylacji Północnoatlantyckiej NAO w latach 1825-2000 ( $R$  – współczynnik korelacji)

Tab. 3.2. The periods ( $\Theta$ ) of North Oscillation Atlantic NAO in years 1825-2000 ( $R$  – correlation coefficient)

| Styczeń    |             | Lipiec     |             | Rok        |             |
|------------|-------------|------------|-------------|------------|-------------|
| $\Theta$   | $R$         | $\Theta$   | $R$         | $\Theta$   | $R$         |
| 3,7        | 0,20        | 2,9        | 0,19        | 4,0        | 0,21        |
| 6,1        | 0,23        | 4,3        | 0,21        | 5,0        | 0,22        |
| 7,8        | 0,21        | <u>4,6</u> | <u>0,24</u> | <u>7,8</u> | <u>0,29</u> |
| <u>8,3</u> | <u>0,23</u> | 5,5        | 0,19        | 9,0        | 0,19        |
| 9,3        | 0,18        | 5,8        | 0,19        | 11,2       | 0,18        |
| 10,0       | 0,17        | 9,9        | 0,16        | 13,1       | 0,20        |
| 14,2       | 0,17        | 12,4       | 0,16        | 15,6       | 0,15        |
| 21,4       | 0,22        | 29,6       | 0,09        | 29,3       | 0,14        |
| 28,7       | 0,18        | 48,1       | 0,14        | 119,9      | 0,12        |
| 36,8       | 0,13        | 134,5      | 0,07        |            |             |
| 67,3       | 0,20        |            |             |            |             |
| 151,0      | 0,17        |            |             |            |             |

Okresy ( $\Theta$ ) wskaźnika NAO w poszczególnych porach roku charakteryzuje tabela 3.3.

Tab. 3.3. Okresy ( $\Theta$ ) Oscylacji Północnoatlantyckiej (NAO) w latach 1825-1998 ( $R$  – współczynnik korelacji)

Tab. 3.3. The periods ( $\Theta$ ) of North Oscillation Atlantic (NAO) in years 1825-1998 ( $R$  – correlation coefficient)

| Wiosna   |      | Lato     |      | Jesień   |      | Zima       |             |
|----------|------|----------|------|----------|------|------------|-------------|
| $\Theta$ | $R$  | $\Theta$ | $R$  | $\Theta$ | $R$  | $\Theta$   | $R$         |
| 6,5      | 0,22 | 7,8      | 0,17 | 7,3      | 0,22 | <u>7,8</u> | <u>0,27</u> |
| 11,1     | 0,13 | 10,3     | 0,20 | 8,8      | 0,17 | 8,3        | 0,24        |
| 13,4     | 0,21 | 11,1     | 0,09 | 16,6     | 0,24 | 11,3       | 0,13        |
| 23,9     | 0,19 | 13,8     | 0,14 | 24,2     | 0,20 | 15,5       | 0,17        |
| 45,5     | 0,16 | 39,5     | 0,14 | 29,9     | 0,20 | 37,1       | 0,16        |
| 106,3    | 0,09 | 83,2     | 0,17 | 75,3     | 0,16 | 105,1      | 0,17        |

Interesujące jest porównanie dat maksimów zimowych cykli około 8-letnich NAO z zimowymi cyklami aktywności Słońca w latach 1825-1998:

$$\text{NAO } (R = 0,27) \quad \text{NAO} = 0,1315 + 0,4778 \sin\left(\frac{2\pi}{7,8}t - 0,1266\right),$$

$$\text{Liczby Wolfa } (R = 0,17) \quad W = 51,93 + 10,40 \sin\left(\frac{2\pi}{8,1}t + 2,8659\right),$$

Trzeba podkreślić, że w widmie przyspieszenia Słońca w jego ruchu dookoła środka masy Układu Słonecznego w latach 1749-1980 dominuje cykl 7,8-letni:

$$\ddot{s} = 0,667 + 1,130 \sin\left(\frac{2\pi}{7,75}t + 1,21\right)$$

Jest to okres, cechujący się największym współczynnikiem korelacji  $R = 0,245$ . Mało prawdopodobne jest, by ta zbieżność okresów i synchroniczność ekstremów w tych około 8-letnich cyklach: wskaźnika NAO, aktywności Słońca i przyspieszenia Słońca była przypadkowa.

W ciągach czasowych: wskaźnika NAO (zima – 11,3 lat,  $R = 0,14$ , lato – 10,3 lat,  $R = 0,20$ ) występuje również cykliczność około 11-letnia synchroniczna z cyklem 11,0-letniego plam słonecznych:

$$\text{NAO} = 0,135 + 0,2381 \sin\left(\frac{2\pi}{11,3}t + 2,2315\right), \quad R = 0,135$$

$$W = 51,68 + 29,89 \sin\left(\frac{2\pi}{11,0}t + 0,9238\right), \quad R = 0,488$$

Maksima NAO i liczb Wolfa ( $W$ ) występują prawie w tych samych latach:

|              |      |      |      |      |      |      |      |      |
|--------------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| NAO          | 1926 | 1937 | 1948 | 1959 | 1971 | 1982 | 1993 | 2005 |
| Liczby Wolfa | 1926 | 1937 | 1948 | 1959 | 1970 | 1981 | 1992 | 2003 |

Na uwagę zasługują zbliżone okresy Oscylacji Północnoatlantyckiej (NAO) i ak-

tywności Słońca (liczb Wolfa) w latach 1951-2000. Wyróżnia się zimowy około 8-letni najsilniejszy cykl wskaźnika NAO ( $\Theta = 8,1$  lat) i aktywności Słońca ( $\Theta = 8,1$  lat) o współczynnikach korelacji  $R = 0,40$  i  $R = 0,36$  (tab. 3.4).

Tab. 3.4. Okresy ( $\Theta$ ) Oscylacji Północnoatlantyckiej (NAO) i aktywności Słońca w latach 1951-2000  
Tab. 3.4. The periods ( $\Theta$ ) of North Oscillation Atlantic (NAO) and Sun activity in years 1951-2000

| Oscylacja Północnoatlantycka (NAO) |      |             |             |      |             | Aktywność Słońca |       |             |             |       |             |
|------------------------------------|------|-------------|-------------|------|-------------|------------------|-------|-------------|-------------|-------|-------------|
| Zima                               |      |             | Lato        |      |             | Zima             |       |             | Lato        |       |             |
| $\Theta$                           | $2b$ | $R$         | $\Theta$    | $2b$ | $R$         | $\Theta$         | $2b$  | $R$         | $\Theta$    | $2b$  | $R$         |
| 2,7                                | 1,13 | 0,32        | 2,9         | 0,69 | 0,29        | 3,3              | 11,4  | 0,07        | 3,9         | 14,0  | 0,11        |
| <u>4,7</u>                         | 1,16 | <u>0,36</u> | 5,9         | 0,82 | 0,360       | 5,3              | 26,8  | 0,18        | 5,3         | 17,2  | 0,14        |
| 6,8                                | 1,08 | 0,25        | <u>7,6</u>  | 0,65 | <u>0,30</u> | <u>8,1</u>       | 38,6  | <u>0,36</u> | <u>8,1</u>  | 41,0  | <u>0,42</u> |
| <u>8,1</u>                         | 1,38 | <u>0,40</u> | <u>10,5</u> | 0,67 | <u>0,33</u> | <u>10,8</u>      | 141,0 | <u>0,92</u> | <u>10,6</u> | 121,8 | <u>0,89</u> |
| <u>10,0</u>                        | 1,13 | <u>0,27</u> | 15,3        | 0,57 | 0,30        | 15,8             | 5,8   | 0,25        | 15,3        | 14,2  | 0,30        |
| 15,0                               | 0,96 | 0,20        | 22,3        | 0,17 | 0,12        | 25,5             | 27,2  | 0,26        | 25,6        | 29,6  | 0,27        |

## 2. Tendencje zmian Oscylacji Północnoatlantyckiej (NAO)

Tendencje oscylacji Północnoatlantyckiej (NAO) w latach 1825-1997 określają równania prostych regresji  $NAO = A_0 + A t$  (tab. 3.5).

Tab. 3.5. Tendencje Oscylacji Północnoatlantyckiej (NAO) w latach 1825-1997  
Tab. 3.5. The tendency of North Oscillation Atlantic (NAO) in years 1825-1997

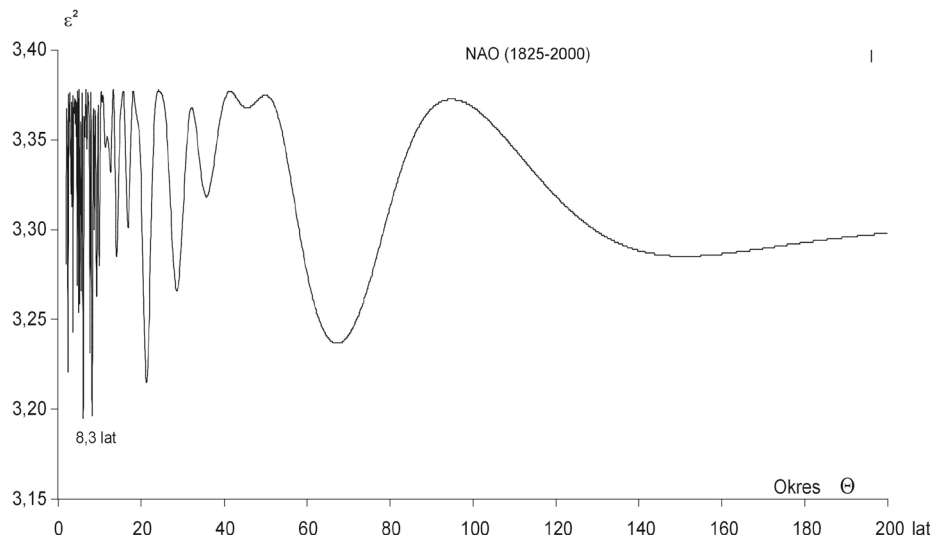
|         | $NAO = A_0 + A t$          | $A$ – na 10 lat | $r$           |
|---------|----------------------------|-----------------|---------------|
| Styczeń | $NAO = 0,404 + 0,001902 t$ | 0,019           | 0,051         |
| Lipiec  | $NAO = 1,082 - 0,006666 t$ | -0,067          | <u>-0,212</u> |
| Rok     | $NAO = 0,275 - 0,001192 t$ | -0,012          | -0,120        |

Tendencje wskaźnika NAO w latach 1825-1997 w miesiącach letnich są malejące: lipiec  $A = -0,07/10$  lat. Średnia roczne wartości wskaźnika NAO w latach 1825-1997 maleją nieznacznie – o  $0,012/10$  lat ( $R = -0,120$ ).

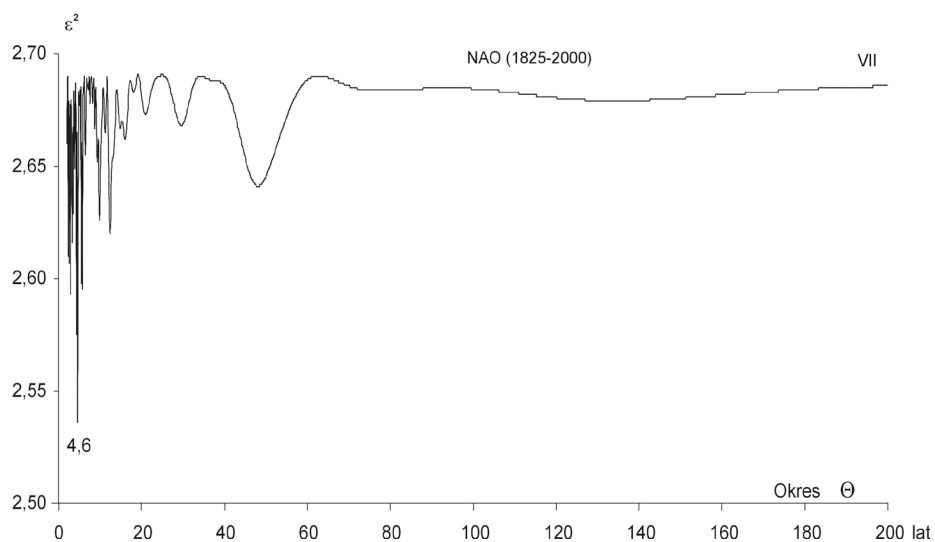
Tendencje zmian NAO wynikają z aproksymacji łuków sinusoid o omówionych wcześniej okresach. Jeżeli aproksymujemy sinusoidę równaniem prostej w przedziale od minimum do maksimum to tendencja  $\frac{\partial NAO}{\partial t} = a > 0$  (jest rosnąca). W przypadku aproksymacji linią prostą odcinka sinusoidy od maksimum do minimum – tendencja  $\frac{\partial NAO}{\partial t} = a < 0$  jest malejąca.

Zmiany wskaźnika Oscylacji Północnoatlantyckiej (NAO) w styczniu, lipcu i roku w latach 1825-2100 wraz z prostymi regresji i prognozami po rok 2100 przedstawiają

wykresy na rys. 3.4-3.6. Współczynniki regresji  $A$  wskazują prawie zerowe tendencje wskaźnika NAO w latach 1825-2000.

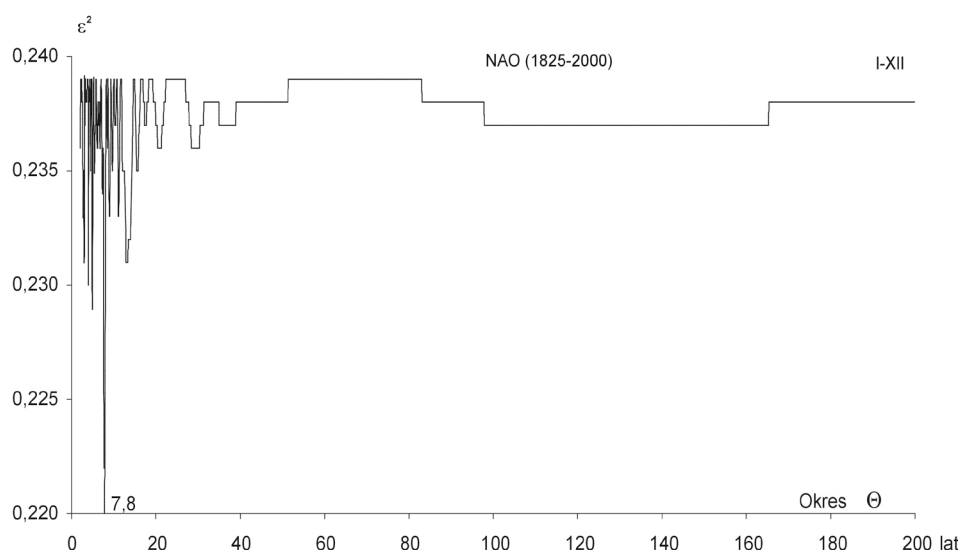


Rys. 3.1. Widma Oscylacji Północnoatlantyckiej (NAO) w latach 1825-2000 – styczeń  
 Fig. 3.1. Spectra of North Atlantic Oscillation (NAO) in years 1825-2000 – January

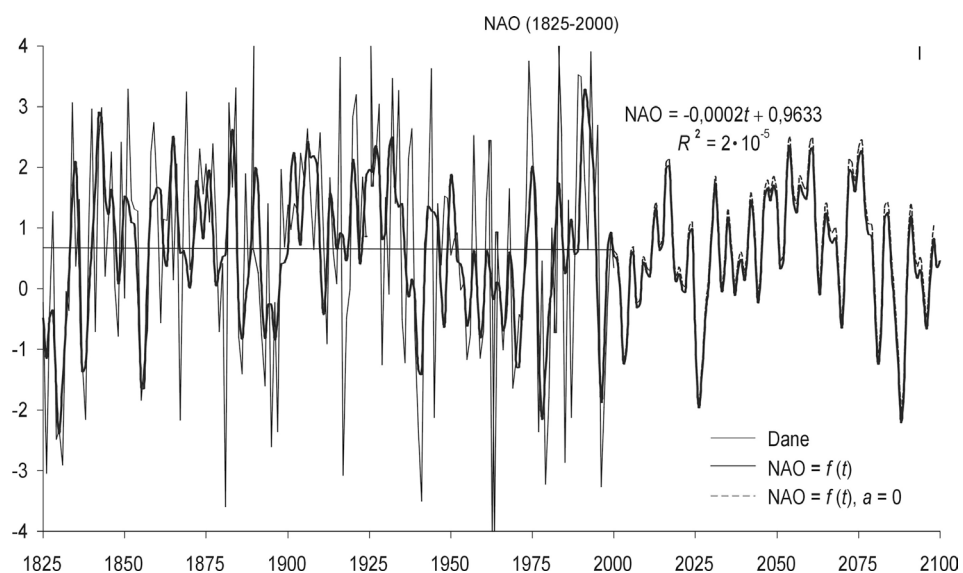


Rys. 3.2. Widma Oscylacji Północnoatlantyckiej (NAO) w latach 1825-2000 – lipiec  
 Fig. 3.2. Spectra of North Atlantic Oscillation (NAO) in years 1825-2000 – July

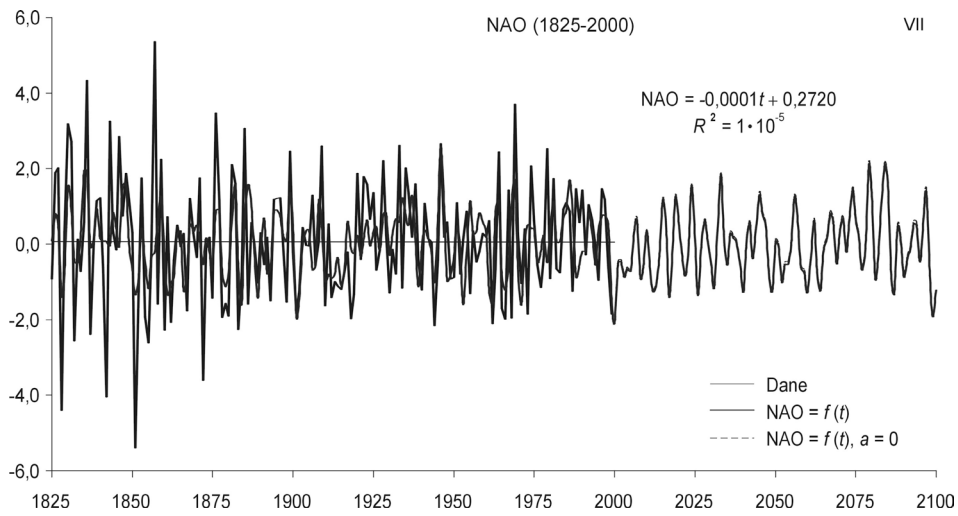




Rys. 3.3. Widma Oscylacji Północnoatlantyckiej (NAO) w latach 1825-2000 – rok  
 Fig. 3.3. Spectra of North Atlantic Oscillation (NAO) in years 1825-2000 – year

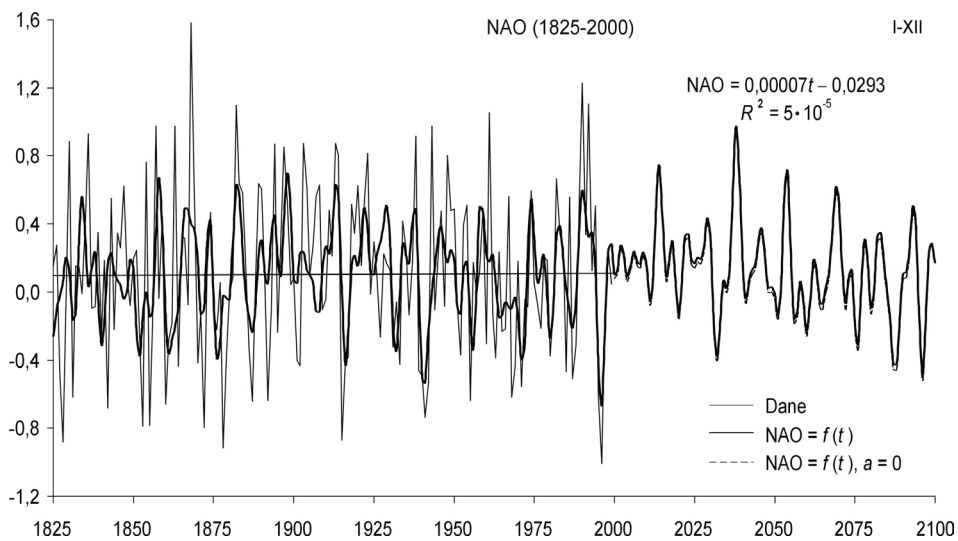


Rys. 3.4. Zmiany Oscylacji Północnoatlantyckiej (NAO) w latach 1825-2000 – prognoza w latach  
 2001-2100 – styczeń  
 Fig. 3.4. Changes of North Atlantic Oscillation (NAO) in years 1825-2000 – forecast in years  
 2001-2100 – January



Rys. 3.5. Zmiany Oscylacji Północnoatlantyckiej (NAO) w latach 1825-2000 – prognoza w latach 2001-2100 – lipiec

Fig. 3.5. Changes of North Atlantic Oscillation (NAO) in years 1825-2000 – forecast in years 2001-2100 – July



Rys. 3.6. Zmiany Oscylacji Północnoatlantyckiej (NAO) w latach 1825-2000 – prognoza w latach 2001-2100 – rok

Fig. 3.6. Changes of North Atlantic Oscillation (NAO) in years 1825-2000 – forecast in years 2001-2100 – year

#### **IV. OCHŁODZENIA I OCIEPLENIA KLIMATU EUROPY W OSTATNICH STULECIACH**

Rekonstrukcje temperatury powietrza w warstwie przyziemnej atmosfery w różnych miejscach Ziemi w ostatnim tysiącleciu (wg redukcji lodowców, szerokości pierścieni drzew i pomiarów bezpośrednich) wskazują trzy zasadnicze przedziały czasu: optimum czasów rzymskich – od -500 do 500 lat n.e., „optimum średniowieczne” – 800-1200, „mała epoka lodowa” – 1400-1900 oraz współczesne ocieplenie – od 1900 roku.

W ostatnich 400 latach wystąpiły trzy główne ochłodzenia klimatu Ziemi, o najmniejszej średniej globalnej temperaturze powietrza na półkuli północnej w pobliżu dat: 1600, 1700, 1830. Najbardziej poznane (na podstawie danych instrumentalnych) jest to ostatnie, największe ochłodzenie w Europie i Polsce (wg serii warszawskiej i krakowskiej). Trzeba zauważyć, że wystąpiło ono podczas trzech najsłabszych, wydłużonych (12-13-letnich) cykli aktywności Słońca (1798-1833). Ochłodzenie to pojawiło się w czasie najsłabszego 13-letniego cyklu plam słonecznych (1811-1823., podczas absolutnego minimum wiekowego (od 1700 r.).

Rok 1811 był wyjątkowy pod względem stanu Układu Słonecznego, kiedy to odległość Słońca od środka masy Układu była najmniejsza (0,14 część promienia Słońca), a przyspieszenie Słońca – największe. To ostatnie globalne ochłodzenie klimatu (także w Polsce) wystąpiło podczas wzmożonej aktywności wulkanicznej, po największych wybuchach wulkanów: 1803 – Cotopaxi, 1815 – Tambora, 1835 – Cosiguina.

Ochłodzenia i ocieplenia klimatu są kształtowane wahaniem dopływu energii słonecznej do powierzchni Ziemi, zależnej od stałej słonecznej i zawartości pyłów wulkanicznych w atmosferze – pochłaniających i rozpraszających promieniowanie słoneczne.

Na Słońcu obserwuje się wiele zjawisk o natężeniu okresowym m.in. plamy słoneczne od których zależy dopływ energii słonecznej do Ziemi.

Ciągi chronologiczne liczb Wolfa (liczb plam słonecznych) i temperatury powietrza wskazują, że podczas maksimów aktywności Słońca w cyklu 11-letnim jest cieplej niż

w czasie minimum (większe są również przyrosty drewna w lasach – grubsze słoje drzew). Jest to wynikiem zależności dystrybucji ciepła na powierzchni Ziemi od aktywności Słońca.

Cyrkulacja atmosferyczna warunkuje transport magazynowanej głównie w strefie międzyzwrotnikowej, energii słonecznej w stronę biegunów.

## 1. Okresowe zmiany temperatury powietrza w Europie

Temperatura powietrza w Europie (i Polsce) cechuje się cyklicznością około 8-, 11-, 100- i 180-letnią. Cykle wyznaczono metodą „sinusoid regresji” Boryczki (1998):

$$T = a_0 + b \sin(2\pi t/(\Theta+c)),$$

gdzie:  $\Theta$  – okres,  $b$  – amplituda,  $c$  – przesunięcie fazowe.

Widma temperatury powietrza w styczniu i lipcu w 40 miejscowościach Europy (ciągi wariancji resztkowej  $\epsilon_j^2$ , odpowiadające zadany okresom  $\Theta_j$ ) przedstawiono na rys. 4.1a-4.40b).

W Europie (i w Polsce) dominują około 8-letnie okresy temperatury powietrza o dużych amplitudach  $\Delta T = 2b = T_{\max} - T_{\min}$  (tab. 4.1 i 4.2).

Tab. 4.1. Okresy około 8-letnie temperatury powietrza podczas zimy i lata w Europie

Tab. 4.1. 8-years periods of air temperature in Europe in winter and summer

| Miejscowość | Zima     |            | Lato     |            | Miejscowość | Zima     |            | Lato     |            |
|-------------|----------|------------|----------|------------|-------------|----------|------------|----------|------------|
|             | $\Theta$ | $\Delta T$ | $\Theta$ | $\Delta T$ |             | $\Theta$ | $\Delta T$ | $\Theta$ | $\Delta T$ |
| Warszawa    | 8,3      | 1,59       | 7,1      | 0,66       | Genewa      | 7,7      | 0,62       | 7,8      | 0,40       |
| Kraków      | 8,3      | 1,87       | 7,8      | 0,33       | Wiedeń      | 8,3      | 0,87       | 8,4      | 0,38       |
| Wrocław     | 8,3      | 1,53       | 7,8      | 0,27       | Rzym        | 7,9      | 0,30       | 8,4      | 0,32       |
| Lwów        | 8,3      | 1,30       | 7,9      | 0,56       | Sztokholm   | 7,8      | 1,33       | 7,8      | 0,40       |
| Praga       | 8,3      | 1,06       | 7,8      | 0,44       | Kopenhaga   | 7,8      | 1,24       | 8,3      | 0,51       |
| Berlin      | 7,7      | 1,54       | 7,8      | 0,55       | Moskwa      | 7,9      | 0,76       | 8,3      | 0,60       |

Tab. 4.2. Okresy około 8-letnie temperatury powietrza w styczniu i lipcu w Europie

Tab. 4.2. 8-years periods of air temperature in Europe in January and July

| Miejscowość | Styczeń  |            | Lipiec   |            | Miejscowość | Styczeń  |            | Lipiec   |            |
|-------------|----------|------------|----------|------------|-------------|----------|------------|----------|------------|
|             | $\Theta$ | $\Delta T$ | $\Theta$ | $\Delta T$ |             | $\Theta$ | $\Delta T$ | $\Theta$ | $\Delta T$ |
| Warszawa    | 8,3      | 1,28       | 7,9      | 0,58       | Genewa      | 8,4      | 0,84       | 7,9      | 0,54       |
| Kraków      | 8,3      | 1,38       | 7,0      | 0,52       | Wiedeń      | 7,8      | 1,10       | 6,5      | 0,68       |
| Wrocław     | 8,3      | 1,50       | 6,4      | 0,52       | Rzym        | 7,3      | 0,76       | 8,2      | 0,42       |
| Lwów        | 8,3      | 1,28       | 7,3      | 0,62       | Sztokholm   | 6,6      | 1,48       | 6,8      | 0,78       |
| Praga       | 7,8      | 1,52       | 8,3      | 0,60       | Kopenhaga   | 7,8      | 1,22       | 8,3      | 0,62       |
| Berlin      | 7,7      | 1,94       | 8,2      | 0,58       | Moskwa      | 9,3      | 1,60       | 7,0      | 0,76       |

Zakres wahań temperatury powietrza np. w Warszawie w zimie w cyklu 8,3-letnim wynosi  $\Delta T = 1,5^\circ\text{C}$ , a średniej rocznej (okres 7,7 lat) –  $0,6^\circ\text{C}$ :

Od dawna znana jest cykliczność około 11-letnia temperatury powietrza, związana z cyklem 11-letnim plam słonecznych. Okresy około 11-letnie temperatury powietrza i amplitudy  $\Delta T$  (°C) w wybranych miejscowościach w zimie, lecie i roku zestawiono w tabelach 4.3-4.4.

Tab. 4.3. Okresy około 11-letnie temperatury powietrza podczas zimy i lata w Europie  
Tab. 4.3. 11-years periods of air temperature in Europe in winter and summer

| Miejscowość | Zima     |            | Lato     |            | Miejscowość | Zima     |            | Lato     |            |
|-------------|----------|------------|----------|------------|-------------|----------|------------|----------|------------|
|             | $\Theta$ | $\Delta T$ | $\Theta$ | $\Delta T$ |             | $\Theta$ | $\Delta T$ | $\Theta$ | $\Delta T$ |
| Warszawa    | 11,6     | 0,53       | 11,3     | 0,22       | Genewa      | 11,0     | 0,40       | 11,3     | 0,28       |
| Kraków      | 11,3     | 0,84       | 11,4     | 0,26       | Wiedeń      | 11,0     | 0,44       | 11,0     | 0,12       |
| Wrocław     | 11,4     | 0,74       | 11,5     | 0,42       | Rzym        | 11,8     | 0,44       | 10,7     | 0,39       |
| Lwów        | 11,2     | 1,11       | 10,7     | 0,06       | Sztokholm   | 11,3     | 0,29       | 11,6     | 0,38       |
| Praga       | 11,0     | 0,42       | 11,1     | 0,19       | Kopenhaga   | 11,1     | 0,26       | 11,5     | 0,48       |
| Berlin      | 11,0     | 0,42       | 11,6     | 0,18       | Moskwa      | 11,4     | 1,62       | 11,3     | 0,30       |

Tab. 4.4. Okresy około 11-letnie temperatury powietrza w styczniu i lipcu w Europie  
Tab. 4.4. 11-years periods of air temperature in Europe in January and July

| Miejscowość | Styczeń  |            | Lipiec   |            | Miejscowość | Styczeń  |            | Lipiec   |            |
|-------------|----------|------------|----------|------------|-------------|----------|------------|----------|------------|
|             | $\Theta$ | $\Delta T$ | $\Theta$ | $\Delta T$ |             | $\Theta$ | $\Delta T$ | $\Theta$ | $\Delta T$ |
| Warszawa    | 9,2      | 1,80       | 12,9     | 0,58       | Genewa      | 11,7     | 0,84       | 11,2     | 0,50       |
| Kraków      | 10,5     | 1,60       | 11,1     | 0,50       | Wiedeń      | 9,3      | 0,76       | 9,2      | 0,68       |
| Wrocław     | 9,3      | 2,16       | 11,3     | 0,32       | Rzym        | –        | –          | 10,9     | 0,60       |
| Lwów        | 10,3     | 1,80       | 8,0      | 0,38       | Sztokholm   | 9,2      | 1,98       | 9,1      | 0,72       |
| Praga       | 10,4     | 1,20       | 11,2     | 0,52       | Kopenhaga   | 9,2      | 1,34       | 12,4     | 0,64       |
| Berlin      | 9,2      | 1,68       | 11,1     | 0,52       | Moskwa      | 11,4     | 1,74       | 10,1     | 0,94       |

Zakres wahań temperatury powietrza w tym około 11-letnim cyklu jest na ogół większy w zimie niż w lecie .

Krótkookresowe zmiany aktywności Słońca (stałej słonecznej) nie odgrywają istotnej roli w kształtowaniu klimatu Ziemi, ze względu na bardzo powolne przenikanie ciepła do głębszych warstw Ziemi. Większą rolę odgrywają długie cykle: 102-letni i 187-letni aktywności Słońca (tab. 4.5). W otoczeniu maksimum plam słonecznych w tych cyklach kumulowane są duże ilości energii w głębszych warstwach lądów i oceanów. Energia magazynowana w oceanach wywiera wpływ na cyrkulację atmosferyczną.

Tab. 4.5. Okresy około 100- i 180- letnie: aktywności Słońca, stałej słonecznej i erupcji wulkanicznych (lata)

Tab. 4.5. 100- and 180-years periods: solar activity, xxx, and volcanic eruptions

| Zmienna                      | Okres | Okres |
|------------------------------|-------|-------|
| Aktywność Słońca (1700-2000) | 102,0 | 187,3 |
| Stała słoneczna (1700-2000)  | 102,0 | 187,0 |
| DVI/ $\Delta t$              | 91,5  | 206,0 |

Analogiczne okresy są obecne w seriach pomiarowych temperatury powietrza (tab. 4.6 i 4.7,  $\Delta T = 2b$  – amplituda)

Tab. 4.6. Okresy około 100-letnie temperatury powietrza podczas zimy i lata w Europie

Tab. 4.6. 100-years periods of air temperature in winter and summer

| Miejscowość | Zima     |            | Lato     |            | Miejscowość | Zima     |            | Lato     |            |
|-------------|----------|------------|----------|------------|-------------|----------|------------|----------|------------|
|             | $\Theta$ | $\Delta T$ | $\Theta$ | $\Delta T$ |             | $\Theta$ | $\Delta T$ | $\Theta$ | $\Delta T$ |
| Warszawa    | 113,4    | 1,22       | 75,0     | 0,88       | Bazylea     | 85,5     | 0,14       | 87,6     | 0,64       |
| Kraków      | 90,0     | 0,48       | 88,0     | 0,67       | Kopenhaga   | 80,5     | 0,22       | 89,6     | 0,27       |
| Wrocław     | 123,3    | 1,66       | 75,0     | 0,50       | Anglia      | 99,3     | 0,44       | 102,5    | 0,20       |
| Lwów        | 108,8    | 1,30       | 74,1     | 1,33       | Sztokholm   | 86,3     | 0,55       | 89,4     | 0,51       |
| Praga       | 116,3    | 1,44       | 118,3    | 0,68       | Uppsala     | 102,7    | 1,48       | 94,0     | 0,79       |
| Wiedeń      | 89,8     | 0,79       | 96,1     | 0,58       | Insbruk     | 69,9     | 0,80       | 84,6     | 0,50       |

Tab. 4.7. Okresy około 100-letnie temperatury powietrza w styczniu i lipcu w Europie

Tab. 4.7. 100-years periods of air temperature in Europe in January and July

| Miejscowość | Styczeń  |            | Lipiec   |            | Miejscowość | Styczeń  |            | Lipiec   |            |
|-------------|----------|------------|----------|------------|-------------|----------|------------|----------|------------|
|             | $\Theta$ | $\Delta T$ | $\Theta$ | $\Delta T$ |             | $\Theta$ | $\Delta T$ | $\Theta$ | $\Delta T$ |
| Warszawa    | 116,1    | 1,50       | 102,0    | 0,70       | Bazylea     | 127,2    | 0,42       | 89,6     | 0,66       |
| Kraków      | 102,0    | 0,86       | –        | –          | Kopenhaga   | 87,0     | 0,10       | –        | –          |
| Wrocław     | 129,0    | 2,20       | 148,0    | 0,72       | Anglia      | 95,1     | 0,22       | –        | –          |
| Lwów        | 118,0    | 1,14       | –        | –          | Sztokholm   | 87,8     | 0,46       | –        | –          |
| Praga       | 148,0    | 1,52       | 117,3    | 0,96       | Ryga        | 120,9    | 1,42       | 115,5    | 0,32       |
| Wiedeń      | 90,2     | 0,76       | 94,3     | 0,56       | Greenwich   | 98,8     | 0,36       | 79,9     | 0,72       |

Tab. 4.8. Okresy około 180-letnie temperatury powietrza podczas zimy i lata w Europie  
 Tab. 4.8. 180-years periods of air temperature in Europe in winter and summer

| Miejscowość | Zima     |            | Lato     |            | Miejscowość | Zima     |            | Lato     |            |
|-------------|----------|------------|----------|------------|-------------|----------|------------|----------|------------|
|             | $\Theta$ | $\Delta T$ | $\Theta$ | $\Delta T$ |             | $\Theta$ | $\Delta T$ | $\Theta$ | $\Delta T$ |
| Warszawa    | 218,3    | 0,44       | 208,2    | 0,66       | Bazylea     | –        | –          | 227,4    | 0,26       |
| Kraków      | 168,3    | 0,43       | –        | –          | Kopenhaga   | –        | –          | 211,6    | 1,19       |
| Lwów        | –        | –          | 195,3    | 1,00       | Anglia      | 166,9    | 0,48       | 204,6    | 0,34       |
| Genewa      | 144,1    |            | 248,3    | 1,09       | Sztokholm   | 184,6    | 0,49       | –        | –          |
| Berlin      | 212,8    | 1,18       | –        | –          | Uppsala     | 182,3    | 2,50       | 192,8    | 0,39       |
| Rzym        | –        | –          | 224,9    | 1,40       | Insbruck    | 169,8    | 1,45       | –        | –          |

Tab. 4.9. Okresy około 180-letnie temperatury powietrza w styczniu i lipcu w Europie  
 Tab. 4.9. 180-years periods of air temperature in Europe in January and July

| Miejscowość | Styczeń  |            | Lipiec   |            | Miejscowość | Styczeń  |            | Lipiec   |            |
|-------------|----------|------------|----------|------------|-------------|----------|------------|----------|------------|
|             | $\Theta$ | $\Delta T$ | $\Theta$ | $\Delta T$ |             | $\Theta$ | $\Delta T$ | $\Theta$ | $\Delta T$ |
| Warszawa    | –        | –          |          |            | Trondheim   | 207,7    | 2,29       | –        | –          |
| Kraków      | –        | –          | 179,8    | 0,58       | Kopenhaga   | –        | –          | 175,2    | 1,14       |
| Lwów        | –        | –          | 158,8    | 0,72       | Anglia      | 191,1    | 1,04       | –        | –          |
| Genewa      | 236,0    | 0,92       | 154,4    | 0,48       | Sztokholm   | –        | –          | 165,4    | 0,96       |
| Berlin      | 236,9    | 2,64       | 136,1    | 0,68       | Uppsala     | 193,3    | 0,62       | –        | –          |
| Odessa      | –        | –          | 168,0    | 0,36       | Insbruck    | 164,2    | 1,38       | –        | –          |

Dominujący wpływ na klimat ma pył wulkaniczny, absorbujący i rozpraszający promienie słoneczne. Promieniowanie słoneczne bezpośrednio po wybuchu wulkanu może zmniejszyć się przez kilka miesięcy o 10-20% (Katmai na Alasce w 1912 r.). Spadek promieniowania bezpośredniego po wybuchach wulkanów: Krakatau (Indonezja, 1883), Hekla (Islandia, 1970) miał charakter zmian planetarnych (globalnych). Po wybuchu wulkanu Tambora (Indonezja, 1815) pył osiągnął wysokość 60-70 km.

Wulkany typu eksplozywnego wyrzucają do atmosfery duże ilości pyłów i gazów (HCL, SO<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>, S i inne). Drobny pył wyrzucany do stratosfery może pozostawać w niej nawet przez kilkanaście lat.

Szczególne znaczenie w badaniach zmian klimatu mają gazy wulkaniczne wyrzucane do stratosfery, które w ciągu kilku miesięcy ulegają przemianom chemicznym i są rozprzestrzenione wokół całej Ziemi. Największy wpływ na rozproszenie promieniowania krótkofalowego, słonecznego mają cząsteczki siarczanów (aerozole siarczanowe), które powstają z gazów zawierających siarkę (np. SO<sub>2</sub>). Cząstki siarczanów absorbują i rozpraszają promieniowanie słoneczne. Powodują one ogrzanie się stratosfery, gdy w dolnych warstwach troposfery występuje ochłodzenie, wywołane spadkiem promieniowania dochodzącego do powierzchni Ziemi.

Pył wulkaniczny powoduje znaczny spadek promieniowania bezpośredniego i zwiększa promieniowanie rozproszone dochodzące do Ziemi.

Gdy w atmosferze znajduje się warstwa pyłów wulkanicznych, to spadki promieniowania bezpośredniego są większe przy mniejszych wysokościach Słońca (wyższych szerokościach geograficznych). Ten spadek jest jeszcze większy w przypadku promieniowania całkowitego. Maleje ono bardziej ze wzrostem szerokości geograficznej niż promieniowanie bezpośrednie. Ten stosunek na biegunie osiąga wartość 24%.

Spadek promieniowania całkowitego o 1,5-1,6% może doprowadzić do całkowitego zlodowacenia Ziemi – od biegunów do równika.

Niepokojące jest systematyczne ocieplanie się klimatu Ziemi w XIX-XX wieku. Średnia globalna temperatura powietrza w latach 1890-1985 wzrosła od 0,2°C w strefie okołorównikowej do 5°C w strefie polarnej, podczas zim. Wzrost średniej globalnej temperatury, obliczonej na podstawie pomiarów temperatury powietrza i powierzchni mórz w latach 1861-1991 wynosi średnio 0,5°C.

## 2. Mroźne i łagodne zimy oraz ciepłe i chłodne lata

Najniższa temperatura powietrza w Polsce występuje przeważnie w styczniu. Na przykład w Warszawie w latach 1779-1998, najmroźniejsze były styczenie: 1823 – -14,3°C, 1838 – -13,7, 1848 – -13,2, 1893 – -13,2, 1963 – -13,0, 1987 – -13,0. Wyjątkowo mroźny w Warszawie był luty w latach: 1929 – -14,1°C, 1956 – -12,4, 1855 – -11,6, 1870 – -11,5, 1799 – -10,5, 1845 – -10,5, 1986 – 1954 – -10,0, 1963 – -9,9. Najmroźniejszy był grudzień w latach 1788 (-15,0°C), 1829 (-12,4), 1812 (-11,1), 1969 (-9,6). Najcieplejszymi miesiącami zimowymi były: styczeń w roku 1983 (3,2°C), luty – w 1990 (4,6), grudzień 1971 (2,9). W Krakowie w latach 1827-1997 najmroźniejsze były styczenie: 1848 (-12,4), 1830 (-11,4), 1838 (-11,4°C), a we Wrocławiu: 1803 (-11,9), 1826 (-11,8), 1830 (-11,6°C). Natomiast najcieplejszymi miesiącami letnimi w Warszawie były: lipiec – 1834 (22,4), 1811 (22,3), 1826 (22,1), 1917 (20,3), 1964 (20,0), 1979 (19,6), sierpień – 1811 (22,3), 1994 (22,0), 2002 (21,1), 1959 (21,5), sierpień – 1807 (23,6), 1951 (20,7), 2002 (20,7). Po najchłodniejszym czerwcu w roku 1810 (12,6°C) wystąpił w następnym roku 1811 najcieplejszy lipiec (22,3°C). Do najcieplejszych lipców w Krakowie należą: 1834 (22,6), 1932 (21,3), 1983 (21,1°C), a we Wrocławiu – 1834 (22,5), 1994 (22,3), 1983 (21,8°C).

Najmroźniejsze i najłagodniejsze styczenie oraz najcieplejsze i najchłodniejsze lipce zestawiono w tab. 4.11-4.50. Najniższą temperaturę -41,0°C w Polsce zanotowano do tychczas 11 stycznia 1940 r. w Siedlcach (Kuziemska 1983). Spadek temperatury do -40,6°C wystąpił wcześniej 10 lutego 1929 r. w Żywcu.

Najwyższą zaś temperaturę 40,2°C zmierzono 29 lipca 1921 r. w Prószkowie (koło Poznania), a samym Poznaniu – 38,7°C. W Warszawie było najcieplej w czerwcu 1811 (22,2°C) i później w latach 1964 (20,0), 1979 (19,6). Do najcieplejszych lipców w Warszawie można zaliczyć 1864 (22,4°C), 1811 (22,3), 1959 (21,5), 1963 (20,9), 2002 (21,1), 2001 (20,7). W sierpniu najcieplej było w latach: 1807 (23,6°C), 1992 (21,5),



1951 (20,7), 2002 (20,7). Do najcieplejszych sezonów letnich należą: 1811 (21,4), 1992 (20,0), 2002 (19,8), a do najchłodniejszych: 1821 (14,6), 1923 (15,6), 1980 (16,1)

Skrajne wartości temperatury powietrza występują przy układach wyżowych.

Najmroźniejsze dni występują przy napływie powietrza kontynentalnego ze wschodu i północo-wschodu, przy adwekcji chłodnego powietrza pochodzenia arktycznego, podczas bezchmurnej pogody w nocy (silnym wypromieniowaniu ciepła z podłoża). Najcieplejsze dni w lecie są zwykle spowodowane adwekcją gorącego powietrza zwrotnikowego z południa i południo-zachodu lub napływu powietrza pochodzenia kontynentalnego z południo-wschodu i wschodu. W zimie przy napływie powietrza polarnomorskiego z Atlantyku mogą występować dni o dość wysokiej temperaturze – np. 4 stycznia 1925 r. w Zakopanem (+17,7°C) i Krakowie (+16,3°C).

### 3. Zmiany temperatury powietrza w Europie w XVIII-XXI wieku

Zmiany temperatury powietrza w styczniu i lipcu w XVIII-XXI w 40 miejscowościach Europy, z prognozą po rok 2100 przedstawiają wykresy na rys. 54-94 Są to wypadkowe z nakładania się (interferencji) cykli temperatury powietrza, wykrytych w ciągach chronologicznych wyników pomiarów.

W przedziale obserwacji są to wartości obliczone na podstawie superpozycji cykli tj. funkcji  $T = f(t)$ , a poza przedziałem pomiarów – wartości prognozowane  $T = f(t)$  i z uwzględnieniem składnika liniowego  $at$ . Na wykresach tych przedstawiono również zmierzone wartości temperatury powietrza  $T_i$

Tendencje temperatury powietrza w Europie określone według równań prostych regresji  $T = A_0 + At$  (współczynniki kierunkowe  $A$  w °C/100 lat) podano w tab. 4.10. Charakteryzują one średnie przyrosty temperatury powietrza na 100 lat w odpowiednich przedziałach czasowych. Na ogół tendencje temperatury powietrza w miastach europejskich w zimie są rosnące ( $A > 0$ ), a w lecie malejące ( $A < 0$ ).

W Europie (i Polsce) przede wszystkim zimy są coraz cieplejsze. Na przykład w Warszawie w latach 1779-1998 zimy są coraz cieplejsze – o 1,1°C na 100lat, a lata chłodniejsze prawie o 0,1°C. Jeszcze większy wzrost temperatury powietrza podczas zimy występuje w Krakowie – 1,5°C/100lat i Moskwie – 1,6°C/100lat. Średnia roczna temperatura powietrza wzrasta w: Warszawie – o 0,6, Krakowie – o 0,8, Moskwie – o 0,7°C na 100 lat.

Nie wiadomo, jaka część postępującego ocieplenia klimatu jest efektem oddziaływania czynników naturalnych, a jaka – czynników antropogenicznych.

Ocieplenie klimatu w XIX-XX wieku może być wywołane wzrostem aktywności Słońca i spadkiem aktywności wulkanicznej na ziemi.

Nie wiadomo jednak jaki w tym jest udział zmian aktywności Słońca (stałej słonecznej), pyłów wulkanicznych ograniczających dopływ energii słonecznej do powierzchni Ziemi i antropogenicznego efektu cieplarnianego atmosfery.

Tab. 4.10. Tendencje zmian temperatury powietrza w wybranych miastach Europy (°C/100 lat)  
 Tab. 4.10. The tendency of air temperature chosen cities in Europe (°C/100 lat)

| Miejscowość | Okres     | Styczeń | Zima | Lipiec | Lato  | Rok    |
|-------------|-----------|---------|------|--------|-------|--------|
| Warszawa    | 1779-1998 | 1,36    | 1,12 | 0,15   | -0,06 | 0,58   |
| Kraków      | 1827-1997 | 1,71    | 1,48 | 0,33   | 0,31  | 0,82   |
| Wrocław     | 1792-2002 | 1,10    | 0,69 | 0,34   | 0,25  | 0,52   |
| Lwów        | 1824-2002 | 0,53    | 0,53 | 0,20   | -0,22 | 0,20   |
| Praga       | 1771-1990 | 0,04    | 0,25 | -1,13  | -0,25 | -0,025 |
| Berlin      | 1769-1990 | 1,12    | 0,32 | 0,33   | -0,39 | 0,13   |
| Genewa      | 1769-1980 | 1,23    | 0,51 | 0,08   | -0,40 | 0,51   |
| Wiedeń      | 1775-2002 | 0,84    | 0,69 | 0,02   | -0,08 | 0,27   |
| Rzym        | 1811-1989 | 0,36    | 0,04 | 0,08   | -0,10 | 0,09   |
| Sztokholm   | 1756-1994 | 1,12    | 0,86 | 0,11   | -0,08 | 0,46   |
| Kopenhaga   | 1768-1991 | 1,13    | 0,94 | 0,01   | 0,05  | 0,55   |
| Moskwa      | 1881-2002 | 3,54    | 1,65 | 0,92   | -0,15 | 0,68   |

Wraz z postępującym ociepleniem klimatu podnosi się poziom mórz i oceanów. Rekonstrukcje dawnych linii brzegowych wskazują, iż poziom mórz i oceanów podczas ocieplenia klimatu jest znacznie wyższy niż w czasie ochłodzenia (złodowacenia Ziemi). W czasie ostatniej fazy złodowacenia würm 18 000 lat temu poziom Atlantyku obniżył się około 135m wraz z przyrostem pokrywy lodowej (Lamb, 1972-1977).

Ekwiwalentem obecnej pokrywy lodowej jest różnica poziomu oceanów 59,1-83,3 m. A więc obecna pokrywa lodowa na Ziemi (lody Arktyki, Antarktydy i lodowce górskie) stanowi 43,8-61,7% masy lodu sprzed 18 000 lat. Średnie tempo wzrostu poziomu oceanów w ciągu tych 18 000 lat wynosi zatem 75 cm/100 lat.

Wraz ze wzrostem średniej globalnej temperatury powietrza obserwuje się podnoszenie się poziomu oceanów – średnio o 10-25 cm w ostatnim stuleciu.

Poziom Morza Bałtyckiego wg stanów wody w Świnoujściu w latach 1811-1990 podnosi się średnio o 4,5 cm/100 lat.

W podnoszenie się poziomu mórz i oceanów w XIX-XX wieku ma też udział (oprócz topnienia pokrywy lodowej) rozszerzalność objętościowa wody. Objętość wód oceanów (bez mórz) obecnie wynosi 1370,4 mln km<sup>2</sup>, a średnia głębokość 3704 m. Przykładowo, wzrostowi temperatury wody o 1°C (od 4 do 5°C) odpowiada przyrost poziomu oceanów o 18 cm.

W prognozach zmian klimatu przyjęto założenie, że ekstrema wykrytych cykli temperatury powietrza będą się powtarzać nadal, tak jak w XVIII-XX wieku. Do przyjęcia takiego założenia upoważnia obecność analogicznych cykli w ciągach czasowych: aktywności Słońca, (stałej słonecznej) i parametrów Układu Słonecznego. Najdłuższe okresy około 100- i 200-letni powtarzają się wielokrotnie w ciągach chronologicznych paleotemperatury (<sup>18</sup>O/<sup>16</sup>O) i zawartości substancji organicznych zdeponowanych w osadach jeziornych.

Sprawdziły się dotychczasowe prognozy temperatury powietrza w Warszawie na podstawie danych z lat 1799-1980 – prognozowane minimum wiekowe średniej rocznej temperatury w roku 1980 (Boryczka, 1998). Średnia roczna temperatura 6,6°C w roku 1980, wg pomiarów ze stacji Warszawa-Okęcie, jest najmniejszą wartością w 30-leciu 1966-1996.

Najmroźniejsze zimy w Warszawie, o średniej temperaturze  $-4 \div -7^{\circ}\text{C}$  wystąpią prawdopodobnie w połowie tego stulecia – około roku 2050. Według wypadkowej letnich cykli temperatury powietrza chłodne lata wystąpią w pierwszych dwóch dekadach XXI wieku.

Najmroźniejsze zimy w Warszawie (około  $-4^{\circ}\text{C}$ ) wystąpią około roku 2050. Będą one nieco łagodniejsze niż na początku XIX wieku, ze względu na coraz większy udział czynników antropogenicznych. Natomiast lata chłodniejsze (około  $17,5-18,0^{\circ}\text{C}$ ) wystąpią wcześniej, w drugiej dekadzie XXI wieku.

Tab. 4.11. Mroźne styczenie i gorące lipce w Akureyri (1882-2002)

Tab. 4.11. The frosty Januarys and hot Julys in Akureyri (1882-2002)

| STYCZEŃ |       |        |     | LIPIEC |      |         |     |
|---------|-------|--------|-----|--------|------|---------|-----|
| chłodny |       | ciepły |     | ciepły |      | chłodny |     |
| 1918    | -13,5 | 1947   | 3,2 | 1933   | 14,6 | 1915    | 6,6 |
| 1886    | -10,0 | 1992   | 2,9 | 1927   | 13,6 | 1887    | 7,4 |
| 1902    | -6,2  | 1972   | 2,5 | 1945   | 13,4 | 1970    | 7,4 |
| 1975    | -6,0  | 1933   | 2,4 | 1926   | 13,2 | 1993    | 7,6 |
| 1936    | -5,8  | 1973   | 2,2 | 1955   | 13,2 | 1882    | 7,7 |
| 1959    | -5,7  | 1935   | 2,1 | 1894   | 13,1 | 1967    | 8,1 |
| 1971    | -5,5  | 1987   | 2,1 | 1941   | 13,0 | 1886    | 8,3 |
| 1979    | -5,5  | 1946   | 2,0 | 1919   | 12,7 | 1888    | 8,5 |
| 1892    | -5,1  | 1950   | 1,8 | 1934   | 12,7 | 1998    | 8,6 |
| 1920    | -5,1  | 1964   | 1,6 | 1984   | 12,7 | 1979    | 8,7 |

Tab. 4.12. Mroźne styczenie i gorące lipce w Anglii Środkowej (1660-1973)

Tab. 4.12. The frosty Januarys and hot Julys in England (1660-1973)

| STYCZEŃ |      |        |     | LIPIEC |      |         |      |
|---------|------|--------|-----|--------|------|---------|------|
| chłodny |      | ciepły |     | ciepły |      | chłodny |      |
| 1795    | -3,1 | 1916   | 7,5 | 1783   | 18,8 | 1816    | 13,4 |
| 1684    | -3,0 | 1796   | 7,3 | 1852   | 18,7 | 1695    | 13,5 |
| 1814    | -2,9 | 1921   | 7,3 | 1921   | 18,5 | 1802    | 13,5 |
| 1740    | -2,8 | 1834   | 7,1 | 1757   | 18,4 | 1879    | 13,6 |
| 1855    | -2,4 | 1733   | 6,9 | 1808   | 18,4 | 1888    | 13,7 |
| 1963    | -2,1 | 1898   | 6,6 | 1701   | 18,3 | 1922    | 13,7 |
| 1716    | -2,0 | 1686   | 6,5 | 1733   | 18,3 | 1725    | 13,8 |
| 1776    | -1,6 | 1884   | 6,5 | 1859   | 18,3 | 1840    | 13,8 |
| 1709    | -1,5 | 1736   | 6,4 | 1868   | 18,3 | 1841    | 13,8 |
| 1838    | -1,5 | 1875   | 6,4 | 1759   | 18,2 | 1919    | 13,9 |

Tab. 4.13. Mroźne stycznie i gorące lipce w Atenach (1858-2002)

Tab. 4.13. The frosty Januarys and hot Julys in Athens (1858-2002)

| STYCZEŃ |     |        |      | LPIEC  |      |         |      |
|---------|-----|--------|------|--------|------|---------|------|
| chłodny |     | ciepły |      | ciepły |      | chłodny |      |
| 1858    | 4,3 | 1936   | 13,5 | 2000   | 30,3 | 1913    | 25,3 |
| 1864    | 4,7 | 1948   | 12,6 | 2001   | 30,2 | 1992    | 25,5 |
| 1950    | 4,9 | 1955   | 12,2 | 1998   | 29,8 | 1969    | 25,6 |
| 1859    | 5,1 | 1915   | 12,0 | 2002   | 29,7 | 1971    | 25,7 |
| 1880    | 5,2 | 1895   | 11,9 | 1861   | 29,5 | 1911    | 25,8 |
| 1896    | 5,7 | 1939   | 11,6 | 1888   | 29,5 | 1976    | 25,9 |
| 1869    | 6,3 | 2001   | 11,6 | 1866   | 29,4 | 1982    | 26,0 |
| 1888    | 6,3 | 1867   | 11,5 | 1999   | 29,4 | 1885    | 26,1 |
| 1907    | 6,5 | 1886   | 11,5 | 1988   | 29,3 | 1903    | 26,1 |
| 1884    | 6,8 | 1919   | 11,5 | 1938   | 29,2 | 1972    | 26,1 |

Tab. 4.14. Mroźne stycznie i gorące lipce w Bazylei (1755-1980)

Tab. 4.14. The frosty Januarys and hot Julys in Basel (1755-1980)

| STYCZEŃ |      |        |     | LPIEC  |      |         |      |
|---------|------|--------|-----|--------|------|---------|------|
| chłodny |      | ciepły |     | ciepły |      | chłodny |      |
| 1830    | -8,8 | 1834   | 5,4 | 1952   | 21,7 | 1758    | 14,6 |
| 1766    | -7,8 | 1948   | 4,9 | 1859   | 21,5 | 1816    | 14,9 |
| 1795    | -7,4 | 1936   | 4,8 | 1921   | 21,3 | 1913    | 15,1 |
| 1779    | -7,0 | 1921   | 4,7 | 1903   | 21,2 | 1919    | 15,1 |
| 1826    | -7,0 | 1975   | 4,7 | 1904   | 21,2 | 1840    | 15,5 |
| 1940    | -6,5 | 1974   | 4,6 | 1807   | 21,1 | 1879    | 15,5 |
| 1848    | -6,4 | 1804   | 4,4 | 1911   | 21,1 | 1813    | 15,7 |
| 1810    | -6,2 | 1916   | 4,4 | 1928   | 21,1 | 1909    | 15,7 |
| 1893    | -6,2 | 1783   | 3,8 | 1947   | 21,1 | 1888    | 15,9 |
| 1763    | -6,0 | 1806   | 3,6 | 1950   | 21,1 | 1907    | 15,9 |

Tab. 4.15. Mroźne stycznie i gorące lipce w Berlinie (1769-1990)

Tab. 4.15. The frosty Januarys and hot Julys in Berlin (1769-1990)

| STYCZEŃ |       |        |     | LPIEC  |      |         |      |
|---------|-------|--------|-----|--------|------|---------|------|
| chłodny |       | ciepły |     | ciepły |      | chłodny |      |
| 1823    | -11,9 | 1796   | 6,5 | 1834   | 23,6 | 1979    | 15,1 |
| 1838    | -10,2 | 1921   | 5,0 | 1826   | 22,5 | 1954    | 15,4 |
| 1776    | -9,8  | 1975   | 5,0 | 1794   | 22,2 | 1815    | 15,5 |
| 1940    | -9,6  | 1983   | 4,8 | 1778   | 21,8 | 1962    | 15,5 |
| 1848    | -9,5  | 1866   | 4,3 | 1865   | 21,8 | 1898    | 15,6 |
| 1803    | -8,7  | 1873   | 4,1 | 1783   | 21,6 | 1832    | 15,7 |
| 1795    | -8,3  | 1902   | 4,1 | 1874   | 21,4 | 1965    | 15,8 |
| 1830    | -7,4  | 1916   | 4,1 | 1983   | 21,4 | 1974    | 15,8 |
| 1893    | -7,4  | 1944   | 4,0 | 1803   | 21,3 | 1844    | 15,9 |
| 1963    | -7,3  | 1990   | 3,9 | 1859   | 21,3 | 1984    | 16,2 |

Tab. 4.16. Mroźne stycznie i gorące lipce w Budapeszcie (1780-1991)

Tab. 4.16. The frosty Januarys and hot Julys in Budapest (1780-1991)

| STYCZEŃ |      |        |     | LPIEC  |      |         |      |
|---------|------|--------|-----|--------|------|---------|------|
| chłodny |      | ciepły |     | ciepły |      | chłodny |      |
| 1893    | -9,0 | 1983   | 5,1 | 1821   | 19,9 | 1811    | 24,7 |
| 1942    | -8,5 | 1921   | 4,6 | 1954   | 19,9 | 1928    | 24,7 |
| 1795    | -8,0 | 1796   | 4,5 | 1815   | 19,8 | 1983    | 24,8 |
| 1864    | -7,7 | 1806   | 4,4 | 1816   | 19,7 | 1859    | 24,9 |
| 1833    | -7,1 | 1948   | 4,2 | 1860   | 19,7 | 1874    | 24,9 |
| 1799    | -7,0 | 1936   | 4,0 | 1919   | 19,7 | 1788    | 25,0 |
| 1940    | -7,0 | 1916   | 3,8 | 1984   | 19,7 | 1797    | 25,0 |
| 1830    | -6,7 | 1791   | 3,6 | 1837   | 19,6 | 1865    | 25,0 |
| 1838    | -6,7 | 1804   | 3,6 | 1879   | 19,3 | 1794    | 26,5 |
| 1896    | -6,4 | 1975   | 3,5 | 1913   | 18,4 | 1834    | 26,6 |

Tab. 4.17. Mroźne stycznie i gorące lipce w Genewie (1768-1980)

Tab. 4.17. The frosty Januarys and hot Julys in Geneva (1768-1980)

| STYCZEŃ |      |        |     | LPIEC  |      |         |      |
|---------|------|--------|-----|--------|------|---------|------|
| chłodny |      | ciepły |     | ciepły |      | chłodny |      |
| 1830    | -6,2 | 1834   | 5,4 | 1952   | 23,4 | 1816    | 15,6 |
| 1795    | -5,9 | 1936   | 5,3 | 1794   | 23,2 | 1813    | 15,8 |
| 1802    | -5,5 | 1804   | 5,3 | 1928   | 23,2 | 1980    | 16,2 |
| 1812    | -5,4 | 1948   | 4,1 | 1859   | 23,0 | 1919    | 16,3 |
| 1838    | -5,4 | 1921   | 4,1 | 1881   | 22,7 | 1913    | 16,4 |
| 1826    | -5,2 | 1899   | 4,1 | 1793   | 22,6 | 1841    | 16,7 |
| 1810    | -4,4 | 1877   | 4,0 | 1782   | 22,3 | 1840    | 16,8 |
| 1891    | -4,4 | 1920   | 3,9 | 1950   | 22,3 | 1879    | 16,8 |
| 1779    | -4,3 | 1956   | 3,8 | 1870   | 22,2 | 1770    | 16,9 |
| 1848    | -4,2 | 1866   | 3,7 | 1783   | 22,0 | 1843    | 16,9 |

Tab. 4.18. Mroźne stycznie i gorące lipce w Greenwich (1763-1969)

Tab. 4.18. The frosty Januarys and hot Julys in Greenwich (1763-1969)

| STYCZEŃ |      |        |     | LPIEC  |      |         |      |
|---------|------|--------|-----|--------|------|---------|------|
| chłodny |      | ciepły |     | ciepły |      | chłodny |      |
| 1795    | -3,3 | 1796   | 8,1 | 1783   | 21,1 | 1816    | 13,9 |
| 1814    | -2,6 | 1921   | 7,8 | 1859   | 20,5 | 1767    | 14,2 |
| 1776    | -2,1 | 1916   | 7,7 | 1794   | 20,1 | 1919    | 14,2 |
| 1838    | -2,1 | 1834   | 6,9 | 1868   | 20,1 | 1817    | 14,3 |
| 1780    | -0,8 | 1930   | 6,7 | 1921   | 19,8 | 1841    | 14,3 |
| 1763    | -0,7 | 1932   | 6,7 | 1778   | 19,7 | 1823    | 14,4 |
| 1940    | -0,7 | 1944   | 6,7 | 1793   | 19,6 | 1888    | 14,4 |
| 1823    | -0,6 | 1804   | 6,6 | 1818   | 19,6 | 1802    | 14,5 |
| 1830    | -0,6 | 1884   | 6,6 | 1911   | 19,6 | 1910    | 14,5 |
| 1820    | -0,5 | 1898   | 6,5 | 1852   | 19,4 | 1879    | 14,6 |

Tab. 4.19. Mroźne styczenie i gorące lipce w Innsbrucku (1777-2000)  
 Tab. 4.19. The frosty Januarys and hot Julys in Innsbruck (1777-2000)

| STYCZEŃ |       |        |     | LIPIEC |      |         |      |
|---------|-------|--------|-----|--------|------|---------|------|
| chłodny |       | ciepły |     | ciepły |      | chłodny |      |
| 1779    | -11,9 | 1791   | 2,5 | 1780   | 21,9 | 1913    | 14,4 |
| 1795    | -10,1 | 1948   | 2,5 | 1807   | 21,7 | 1786    | 14,9 |
| 1799    | -9,8  | 1988   | 2,5 | 1792   | 21,6 | 1795    | 14,9 |
| 1891    | -9,5  | 1809   | 2,4 | 1788   | 21,4 | 1919    | 15,1 |
| 1893    | -8,3  | 1834   | 2,3 | 1827   | 21,3 | 1889    | 15,2 |
| 1945    | -8,2  | 1804   | 2,2 | 1983   | 21,2 | 1816    | 15,4 |
| 1929    | -7,9  | 1936   | 2,2 | 1995   | 21,2 | 1954    | 15,5 |
| 1940    | -7,8  | 1974   | 2,0 | 1994   | 21,1 | 1879    | 15,7 |
| 1812    | -7,6  | 1975   | 2,0 | 1928   | 20,9 | 1833    | 15,8 |
| 1833    | -7,6  | 1994   | 2,0 | 1828   | 20,7 | 1910    | 15,9 |

Tab. 4.20. Mroźne styczenie i gorące lipce w Kijowie (1812-2000)  
 Tab. 4.20. The frosty Januarys and hot Julys in Kiev (1812-2000)

| STYCZEŃ |       |        |      | LIPIEC |      |         |      |
|---------|-------|--------|------|--------|------|---------|------|
| chłodny |       | ciepły |      | ciepły |      | chłodny |      |
| 1838    | -15,2 | 1975   | 0,3  | 1936   | 25,3 | 1832    | 15,3 |
| 1942    | -15,2 | 1936   | 0,2  | 2001   | 24,6 | 1825    | 15,7 |
| 1861    | -14,8 | 1989   | 0,2  | 2002   | 23,9 | 1830    | 16,1 |
| 1893    | -14,8 | 1994   | 0,2  | 1959   | 23,2 | 1837    | 16,3 |
| 1963    | -14,0 | 1990   | -0,2 | 1999   | 22,7 | 1878    | 16,6 |
| 1987    | -13,9 | 1899   | -0,5 | 1841   | 22,6 | 1979    | 16,8 |
| 1954    | -12,7 | 1925   | -0,5 | 1885   | 22,6 | 1902    | 17,0 |
| 1950    | -12,6 | 1902   | -0,6 | 1938   | 22,5 | 1935    | 17,0 |
| 1823    | -12,2 | 1983   | -0,7 | 1992   | 22,5 | 1978    | 17,0 |
| 1862    | -12,2 | 2001   | -1,0 | 1882   | 22,4 | 1990    | 17,1 |

Tab. 4.21. Mroźne styczenie i gorące lipce w Kopenhadze (1768-1991)  
 Tab. 4.21. The frosty Januarys and hot Julys in Kopenhaga (1768-1991)

| STYCZEŃ |      |        |     | LIPIEC |      |         |      |
|---------|------|--------|-----|--------|------|---------|------|
| chłodny |      | ciepły |     | ciepły |      | chłodny |      |
| 1776    | -7,8 | 1975   | 5,0 | 1783   | 21,4 | 1841    | 13,0 |
| 1893    | -6,7 | 1989   | 5,0 | 1826   | 20,7 | 1802    | 13,5 |
| 1942    | -6,4 | 1983   | 4,9 | 1776   | 20,5 | 1844    | 13,9 |
| 1814    | -5,9 | 1990   | 4,4 | 1788   | 20,4 | 1856    | 14,1 |
| 1941    | -5,8 | 1988   | 3,8 | 1834   | 20,4 | 1862    | 14,2 |
| 1803    | -5,1 | 1925   | 3,7 | 1914   | 20,3 | 1863    | 14,2 |
| 1838    | -5,1 | 1873   | 3,4 | 1798   | 20,0 | 1898    | 14,2 |
| 1987    | -4,8 | 1898   | 3,3 | 1901   | 19,9 | 1821    | 14,3 |
| 1830    | -4,6 | 1930   | 3,3 | 1941   | 19,9 | 1965    | 14,5 |
| 1809    | -4,4 | 1921   | 3,2 | 1831   | 19,7 | 1867    | 14,6 |

Tab. 4.22. Mroźne stycznie i gorące lipce w Krakowie w lipcach (1827-1997)

Tab. 4.22. The frosty Januarys and hot Julys in Krakow (1827-1997)

| STYCZEŃ |       |        |     | LIPIEC |      |         |      |
|---------|-------|--------|-----|--------|------|---------|------|
| chłodny |       | ciepły |     | ciepły |      | chłodny |      |
| 1848    | -12,4 | 1921   | 3,5 | 1834   | 22,6 | 1832    | 15,1 |
| 1830    | -11,4 | 1975   | 3,5 | 1932   | 21,3 | 1844    | 15,3 |
| 1838    | -11,4 | 1994   | 2,7 | 1983   | 21,1 | 1864    | 16,0 |
| 1893    | -11,4 | 1902   | 2,4 | 1928   | 21,0 | 1837    | 16,1 |
| 1942    | -11,2 | 1916   | 2,3 | 1953   | 20,8 | 1836    | 16,2 |
| 1940    | -11,0 | 1936   | 2,1 | 1959   | 20,8 | 1913    | 16,2 |
| 1987    | -10,6 | 1948   | 2,1 | 1994   | 20,8 | 1898    | 16,6 |
| 1871    | -10,0 | 1944   | 2,0 | 1967   | 20,7 | 1919    | 16,6 |
| 1963    | -10,0 | 1983   | 1,7 | 1826   | 20,6 | 1996    | 16,6 |
| 1850    | -9,3  | 1988   | 1,6 | 1865   | 20,6 | 1879    | 16,7 |

Tab. 4.23. Mroźne stycznie i gorące lipce w Kramsmuenster (1767-1981)

Tab. 4.23. The frosty Januarys and hot Julys in Kramsmuenster (1767-1981)

| STYCZEŃ |       |        |     | LIPIEC |      |         |      |
|---------|-------|--------|-----|--------|------|---------|------|
| chłodny |       | ciepły |     | ciepły |      | chłodny |      |
| 1776    | -11,8 | 1921   | 4,0 | 1778   | 22,8 | 1860    | 14,8 |
| 1830    | -9,7  | 1916   | 3,8 | 1782   | 22,8 | 1833    | 15,0 |
| 1940    | -9,7  | 1785   | 3,4 | 1788   | 22,8 | 1840    | 15,0 |
| 1779    | -9,6  | 1834   | 2,5 | 1811   | 21,9 | 1879    | 15,2 |
| 1799    | -9,6  | 1920   | 2,4 | 1859   | 21,6 | 1913    | 15,2 |
| 1942    | -9,6  | 1948   | 2,4 | 1769   | 21,3 | 1954    | 15,6 |
| 1768    | -9,4  | 1944   | 2,3 | 1905   | 21,3 | 1816    | 15,7 |
| 1802    | -9,2  | 1791   | 2,0 | 1887   | 21,0 | 1856    | 15,8 |
| 1784    | -9,0  | 1975   | 2,0 | 1783   | 20,9 | 1919    | 15,8 |
| 1795    | -9,0  | 1902   | 1,9 | 1928   | 20,9 | 1815    | 16,0 |

Tab. 4.24. Mroźne stycznie i gorące lipce we Lwowie (1824-2002)

Tab. 4.24. The frosty Januarys and hot Julys in Lwow (1824-2002)

| STYCZEŃ |       |        |     | LIPIEC |      |         |      |
|---------|-------|--------|-----|--------|------|---------|------|
| chłodny |       | ciepły |     | ciepły |      | chłodny |      |
| 1942    | -12,6 | 1936   | 2,4 | 1838   | 16,1 | 1832    | 14,0 |
| 1838    | -12,3 | 1921   | 1,6 | 1974   | 16,1 | 1979    | 14,6 |
| 1963    | -12,2 | 1994   | 1,3 | 1993   | 16,1 | 1837    | 14,9 |
| 1893    | -11,6 | 1975   | 1,2 | 1913   | 16,0 | 1984    | 15,4 |
| 1954    | -11,2 | 1983   | 1,1 | 1978   | 15,9 | 1962    | 15,5 |
| 1987    | -11,1 | 1902   | 0,7 | 1962   | 15,5 | 1978    | 15,9 |
| 1830    | -10,5 | 1899   | 0,6 | 1984   | 15,4 | 1913    | 16,0 |
| 1850    | -10,4 | 1925   | 0,2 | 1837   | 14,9 | 1838    | 16,1 |
| 1941    | -9,4  | 1939   | 0,2 | 1979   | 14,6 | 1974    | 16,1 |
| 1950    | -9,2  | 1918   | 0,1 | 1832   | 14,0 | 1993    | 16,1 |

Tab. 4.25. Mroźne stycznie i gorące lipce w Marsylii (1838-2002)

Tab. 4.25. The frosty Januarys and hot Julys in Marsylia (1838-2002)

| STYCZEŃ |     |        |      | LIPIEC |      |         |      |
|---------|-----|--------|------|--------|------|---------|------|
| chłodny |     | ciepły |      | ciepły |      | chłodny |      |
| 1985    | 1,4 | 1936   | 23,1 | 1994   | 26,6 | 1932    | 19,8 |
| 1953    | 2,3 | 1932   | 21,7 | 1983   | 26,5 | 1888    | 20,0 |
| 1987    | 2,3 | 1939   | 21,2 | 1982   | 26,0 | 1890    | 20,0 |
| 1942    | 2,4 | 1834   | 21,0 | 1995   | 25,9 | 1919    | 20,1 |
| 1871    | 3,0 | 2002   | 21,0 | 1950   | 25,7 | 1879    | 20,2 |
| 1893    | 3,0 | 1826   | 20,9 | 1859   | 25,5 | 1913    | 20,3 |
| 1940    | 3,0 | 1920   | 20,7 | 1989   | 25,5 | 1909    | 20,4 |
| 1948    | 3,4 | 1882   | 20,6 | 1952   | 25,4 | 1910    | 20,4 |
| 1929    | 3,4 | 1931   | 20,6 | 1998   | 25,3 | 1841    | 20,9 |
| 1947    | 3,4 | 1938   | 20,4 | 1923   | 25,1 | 1875    | 20,9 |

Tab. 4.26. Mroźne stycznie i gorące lipce w Mińsku (1891-2002)

Tab. 4.26. The frosty Januarys and hot Julys in Minsk (1891-2002)

| STYCZEŃ |       |        |      | LIPIEC |      |         |      |
|---------|-------|--------|------|--------|------|---------|------|
| chłodny |       | ciepły |      | ciepły |      | chłodny |      |
| 1893    | -17,6 | 1989   | 0,5  | 2001   | 22,0 | 1935    | 14,6 |
| 1942    | -16,3 | 1990   | -0,5 | 2002   | 22,0 | 1979    | 14,6 |
| 1987    | -15,3 | 1925   | -0,6 | 1936   | 21,8 | 1920    | 14,9 |
| 1940    | -15,2 | 1975   | -0,6 | 1999   | 21,3 | 1904    | 15,2 |
| 1950    | -14,0 | 1983   | -0,6 | 1959   | 20,8 | 1962    | 15,4 |
| 1963    | -13,6 | 1994   | -0,8 | 1932   | 20,4 | 1943    | 15,6 |
| 1941    | -13,4 | 1998   | -1,3 | 1994   | 20,2 | 1977    | 15,7 |
| 1969    | -12,8 | 1902   | -2,0 | 1891   | 20,0 | 1984    | 15,7 |
| 1954    | -12,5 | 1936   | -2,0 | 1988   | 20,0 | 1956    | 15,8 |
| 1972    | -12,2 | 1899   | -2,1 | 1896   | 19,9 | 1990    | 15,8 |

Tab. 4.27. Mroźne stycznie i gorące lipce w Monachium (1781-1991)

Tab. 4.27. The frosty Januarys and hot Julys in Munich (1781-1991)

| STYCZEŃ |      |        |     | LIPIEC |      |         |     |
|---------|------|--------|-----|--------|------|---------|-----|
| chłodny |      | ciepły |     | ciepły |      | chłodny |     |
| 1830    | -9,5 | 1796   | 5,0 | 1911   | 20,1 | 1806    | 2,7 |
| 1940    | -9,4 | 1834   | 4,9 | 1921   | 20,1 | 1916    | 2,8 |
| 1942    | -9,4 | 1983   | 3,3 | 1928   | 20,1 | 1948    | 2,8 |
| 1893    | -8,3 | 1921   | 3,1 | 1887   | 20,0 | 1804    | 2,9 |
| 1963    | -8,0 | 1804   | 2,9 | 1967   | 20,0 | 1866    | 2,9 |
| 1838    | -7,5 | 1866   | 2,9 | 1797   | 19,9 | 1975    | 2,9 |
| 1795    | -7,4 | 1975   | 2,9 | 1811   | 19,9 | 1921    | 3,1 |
| 1929    | -7,1 | 1916   | 2,8 | 1905   | 19,9 | 1983    | 3,3 |
| 1848    | -7,0 | 1948   | 2,8 | 1950   | 19,9 | 1834    | 4,9 |
| 1826    | -6,9 | 1806   | 2,7 | 1964   | 19,8 | 1796    | 5,0 |



Tab. 4.28. Mroźne stycznie i gorące lipce w Moskwie (1779-2002)  
 Tab. 4.28. The frosty Januarys and hot Julys in Moscow (1779-2002)

| STYCZEŃ |       |        |      | LIPIEC |      |         |      |
|---------|-------|--------|------|--------|------|---------|------|
| chłodny |       | ciepły |      | ciepły |      | chłodny |      |
| 1893    | -21,7 | 1932   | -4,1 | 1904   | 14,5 | 1999    | 21,7 |
| 1942    | -20,3 | 1983   | -4,1 | 1912   | 14,6 | 1972    | 21,9 |
| 1940    | -19,5 | 1949   | -3,9 | 1935   | 15,1 | 1846    | 22,0 |
| 1783    | -19,1 | 1975   | -3,9 | 1956   | 15,2 | 1885    | 22,0 |
| 1848    | -18,3 | 1925   | -3,8 | 1911   | 15,4 | 2002    | 22,6 |
| 1950    | -18,1 | 1944   | -3,8 | 1921   | 15,6 | 1936    | 22,7 |
| 1891    | -17,7 | 1971   | -3,7 | 1968   | 15,7 | 1841    | 22,8 |
| 1850    | -17,6 | 1994   | -3,4 | 1923   | 15,8 | 1839    | 22,9 |
| 1987    | -17,6 | 1882   | -3,1 | 1950   | 15,8 | 2001    | 23,0 |
| 1838    | -17,2 | 1989   | -2,2 | 1783   | 16,0 | 1938    | 23,3 |

Tab. 4.29. Mroźne stycznie i gorące lipce w Odessie (1821-2002)  
 Tab. 4.29. The frosty Januarys and hot Julys in Odessa (1821-2002)

| STYCZEŃ |       |        |     | LIPIEC |      |         |      |
|---------|-------|--------|-----|--------|------|---------|------|
| chłodny |       | ciepły |     | ciepły |      | chłodny |      |
| 1861    | -10,9 | 1895   | 4,0 | 1936   | 26,6 | 1993    | 19,6 |
| 1893    | -10,2 | 1936   | 3,7 | 2001   | 26,0 | 1902    | 19,8 |
| 1942    | -9,9  | 1948   | 3,1 | 1938   | 25,8 | 1974    | 19,9 |
| 1848    | -9,8  | 1899   | 2,9 | 2002   | 25,6 | 1979    | 19,9 |
| 1963    | -9,4  | 1867   | 2,6 | 1999   | 25,3 | 1982    | 19,9 |
| 1847    | -9,0  | 1975   | 2,4 | 1882   | 24,8 | 1843    | 20,0 |
| 1896    | -9,0  | 1994   | 2,4 | 1959   | 24,8 | 1912    | 20,0 |
| 1954    | -9,0  | 1915   | 2,2 | 1839   | 24,6 | 1913    | 20,1 |
| 1830    | -8,5  | 1952   | 2,2 | 1883   | 24,6 | 1956    | 20,1 |
| 1858    | -8,5  | 1983   | 2,0 | 1845   | 24,5 | 1985    | 20,1 |

Tab. 4.30. Mroźne stycznie i gorące lipce w Oksfordzie (1828-1980)  
 Tab. 4.30. The frosty Januarys and hot Julys in Oxford (1828-1980)

| STYCZEŃ |      |        |     | LIPIEC |      |         |      |
|---------|------|--------|-----|--------|------|---------|------|
| chłodny |      | ciepły |     | ciepły |      | chłodny |      |
| 1963    | -3,0 | 1916   | 7,7 | 1921   | 19,7 | 1841    | 14,1 |
| 1838    | -2,2 | 1921   | 7,6 | 1911   | 19,6 | 1840    | 14,3 |
| 1940    | -1,3 | 1884   | 7,3 | 1976   | 19,6 | 1888    | 14,4 |
| 1881    | -1,0 | 1975   | 7,2 | 1859   | 19,4 | 1919    | 14,4 |
| 1879    | -0,6 | 1834   | 7,1 | 1868   | 19,3 | 1922    | 14,4 |
| 1830    | -0,5 | 1875   | 7,1 | 1852   | 19,2 | 1879    | 14,5 |
| 1829    | -0,2 | 1898   | 6,4 | 1934   | 19,1 | 1892    | 14,6 |
| 1979    | -0,1 | 1932   | 6,4 | 1870   | 19,0 | 1920    | 14,6 |
| 1880    | 0,2  | 1974   | 6,4 | 1876   | 18,8 | 1851    | 14,7 |
| 1842    | 0,5  | 1877   | 6,3 | 1900   | 18,8 | 1910    | 14,7 |

Tab. 4.31. Mroźne stycznie i gorące lipce w Oslo (1816-1991)

Tab. 4.31. The frosty Januarys and hot Julys in Oslo (1816-1991)

| STYCZEŃ |       |        |     | LPIEC  |      |         |      |
|---------|-------|--------|-----|--------|------|---------|------|
| chłodny |       | ciepły |     | ciepły |      | chłodny |      |
| 1941    | -13,0 | 1983   | 0,7 | 1901   | 22,7 | 1821    | 13,1 |
| 1942    | -12,1 | 1975   | 0,1 | 1914   | 21,8 | 1832    | 14,0 |
| 1917    | -10,9 | 1932   | 1,1 | 1955   | 21,3 | 1862    | 14,0 |
| 1867    | -10,3 | 1930   | 1,4 | 1855   | 20,8 | 1817    | 14,1 |
| 1850    | -10,1 | 1923   | 0,5 | 1925   | 20,0 | 1851    | 14,1 |
| 1820    | -10,0 | 1898   | 0,6 | 1834   | 19,9 | 1827    | 14,3 |
| 1841    | -8,8  | 1890   | 0,4 | 1899   | 19,9 | 1840    | 14,3 |
| 1861    | -8,8  | 1882   | 0,2 | 1897   | 19,6 | 1841    | 14,3 |
| 1881    | -8,7  | 1874   | 0,9 | 1868   | 19,4 | 1964    | 14,3 |
| 1875    | -8,6  | 1825   | 0,4 | 1896   | 19,2 | 1965    | 14,3 |

Tab. 4.32. Mroźne stycznie i gorące lipce w Paryżu (1757-1995)

Tab. 4.32. The frosty Januarys and hot Julys in Paris (1757-1995)

| STYCZEŃ |      |        |     | LPIEC  |      |         |      |
|---------|------|--------|-----|--------|------|---------|------|
| chłodny |      | ciepły |     | ciepły |      | chłodny |      |
| 1795    | -6,3 | 1796   | 7,8 | 1757   | 24,6 | 1919    | 15,2 |
| 1838    | -4,6 | 1975   | 7,4 | 1762   | 23,3 | 1795    | 15,5 |
| 1776    | -3,9 | 1974   | 7,2 | 1794   | 22,6 | 1816    | 15,6 |
| 1963    | -2,6 | 1834   | 7,1 | 1994   | 22,1 | 1879    | 15,6 |
| 1830    | -2,5 | 1988   | 7,1 | 1859   | 22,0 | 1888    | 15,7 |
| 1763    | -2,4 | 1916   | 7,0 | 1983   | 21,9 | 1909    | 15,7 |
| 1940    | -2,4 | 1921   | 7,0 | 1807   | 21,8 | 1860    | 15,8 |
| 1799    | -2,1 | 1993   | 6,9 | 1921   | 21,7 | 1841    | 16,1 |
| 1829    | -2,1 | 1948   | 6,8 | 1976   | 21,7 | 1965    | 16,1 |
| 1985    | -2,1 | 1764   | 6,7 | 1995   | 21,7 | 1913    | 16,3 |

Tab. 4.33. Mroźne stycznie i gorące lipce w Poczdamie (1894-1992)

Tab. 4.33. The frosty Januarys and hot Julys in Potsdam (1894-1992)

| STYCZEŃ |      |        |     | LPIEC  |      |         |      |
|---------|------|--------|-----|--------|------|---------|------|
| chłodny |      | ciepły |     | ciepły |      | chłodny |      |
| 1940    | -9,9 | 1975   | 4,8 | 1983   | 21,5 | 1898    | 14,4 |
| 1963    | -8,3 | 1983   | 4,5 | 1959   | 20,4 | 1907    | 14,7 |
| 1893    | -8,2 | 1921   | 4,2 | 1976   | 20,4 | 1954    | 15,2 |
| 1942    | -8,1 | 1916   | 3,5 | 1982   | 20,3 | 1979    | 15,2 |
| 1987    | -7,2 | 1944   | 3,5 | 1991   | 20,3 | 1962    | 15,4 |
| 1941    | -7,0 | 1988   | 3,4 | 1946   | 20,1 | 1902    | 15,6 |
| 1947    | -5,6 | 1990   | 3,4 | 1992   | 20,0 | 1965    | 15,7 |
| 1985    | -5,6 | 1902   | 3,3 | 1975   | 19,8 | 1919    | 15,8 |
| 1929    | -4,8 | 1974   | 3,3 | 1911   | 19,7 | 1974    | 15,9 |
| 1970    | -4,7 | 1936   | 3,2 | 1932   | 19,7 | 1984    | 16,0 |

Tab. 4.34. Mroźne styczenie i gorące lipce w Pradze (1771-2002)  
 Tab. 4.34. The frosty Januarys and hot Julys in Prague (1771-2002)

| STYCZEŃ |       |        |     | LPIEC  |      |         |      |
|---------|-------|--------|-----|--------|------|---------|------|
| chłodny |       | ciepły |     | ciepły |      | chłodny |      |
| 1799    | -10,4 | 1796   | 5,7 | 1834   | 24,1 | 1980    | 14,8 |
| 1838    | -9,2  | 1921   | 5,0 | 1788   | 23,2 | 1954    | 15,0 |
| 1784    | -9,0  | 1916   | 4,5 | 1794   | 23,0 | 1979    | 15,0 |
| 1823    | -8,7  | 1834   | 4,3 | 1811   | 22,8 | 1996    | 15,3 |
| 1848    | -8,6  | 1902   | 3,8 | 1859   | 22,7 | 1978    | 15,5 |
| 1963    | -8,6  | 1791   | 3,6 | 1826   | 22,6 | 2000    | 15,6 |
| 1776    | -8,2  | 1806   | 3,4 | 1874   | 22,5 | 1984    | 15,7 |
| 1830    | -8,2  | 1866   | 3,4 | 1865   | 22,2 | 1962    | 15,8 |
| 1893    | -7,9  | 1884   | 3,2 | 1778   | 21,9 | 1974    | 15,8 |
| 1795    | -7,8  | 1936   | 3,2 | 1807   | 21,9 | 1965    | 16,0 |

Tab. 4.35. Mroźne styczenie i gorące lipce w Rydze (1795-1990)  
 Tab. 4.35. The frosty Januarys and hot Julys in Ryga (1795-1990)

| STYCZEŃ |       |        |     | LPIEC  |      |         |      |
|---------|-------|--------|-----|--------|------|---------|------|
| chłodny |       | ciepły |     | ciepły |      | chłodny |      |
| 1803    | -17,1 | 1989   | 2,5 | 1826   | 22,5 | 1979    | 14,2 |
| 1809    | -14,7 | 1796   | 2,3 | 1914   | 22,4 | 1902    | 14,4 |
| 1893    | -14,7 | 1824   | 1,8 | 1798   | 21,2 | 1904    | 14,4 |
| 1987    | -14,5 | 1882   | 1,4 | 1865   | 21,1 | 1965    | 14,5 |
| 1942    | -13,2 | 1925   | 1,3 | 1805   | 20,7 | 1962    | 14,6 |
| 1940    | -12,7 | 1983   | 1,3 | 1861   | 20,5 | 1830    | 14,8 |
| 1848    | -12,6 | 1863   | 0,8 | 1927   | 20,5 | 1806    | 15,0 |
| 1861    | -12,3 | 1825   | 0,7 | 1868   | 20,4 | 1863    | 15,0 |
| 1941    | -12,0 | 1866   | 0,7 | 1972   | 20,3 | 1928    | 15,0 |
| 1950    | -11,8 | 1975   | 0,6 | 1855   | 20,2 | 1847    | 15,1 |

Tab. 4.36. Mroźne styczenie i gorące lipce w Rzymie (1811-1991)  
 Tab. 4.36. The frosty Januarys and hot Julys in Rome (1811-1991)

| STYCZEŃ |     |        |      | LPIEC  |      |         |      |
|---------|-----|--------|------|--------|------|---------|------|
| chłodny |     | ciepły |      | ciepły |      | chłodny |      |
| 1864    | 3,7 | 1988   | 10,9 | 1928   | 27,6 | 1980    | 22,0 |
| 1880    | 3,7 | 1955   | 10,8 | 1950   | 27,4 | 1909    | 22,1 |
| 1942    | 3,7 | 1845   | 10,4 | 1947   | 27,0 | 1843    | 22,2 |
| 1858    | 4,0 | 1856   | 10,4 | 1822   | 26,9 | 1913    | 22,2 |
| 1905    | 4,1 | 1977   | 10,1 | 1945   | 26,6 | 1966    | 22,3 |
| 1850    | 4,2 | 1970   | 9,9  | 1828   | 26,5 | 1910    | 22,4 |
| 1893    | 4,2 | 1982   | 9,7  | 1942   | 26,4 | 1948    | 22,4 |
| 1859    | 4,4 | 1821   | 9,6  | 1952   | 26,4 | 1815    | 22,5 |
| 1929    | 4,6 | 1974   | 9,6  | 1881   | 26,3 | 1833    | 22,5 |
| 1891    | 4,7 | 1971   | 9,4  | 1897   | 26,3 | 1816    | 22,7 |

Tab. 4.37. Mroźne styczenie i gorące lipce w Seantis (1883-1988)  
 Tab. 4.37. The frosty Januarys and hot Julys in Seantis (1883-1988)

| STYCZEŃ |       |        |      | LIPIEC |     |         |     |
|---------|-------|--------|------|--------|-----|---------|-----|
| chłodny |       | ciepły |      | ciepły |     | chłodny |     |
| 1895    | -14,3 | 1898   | -3,3 | 1942   | 8,7 | 1913    | 1,3 |
| 1953    | -13,4 | 1932   | -4,6 | 1928   | 8,5 | 1919    | 1,7 |
| 1944    | -12,0 | 1930   | -5,0 | 1911   | 7,8 | 1944    | 2,2 |
| 1929    | -11,9 | 1890   | -5,1 | 1887   | 7,7 | 1888    | 2,4 |
| 1917    | -11,8 | 1925   | -5,4 | 1905   | 7,5 | 1909    | 2,4 |
| 1935    | -11,8 | 1954   | -5,4 | 1904   | 7,4 | 1907    | 2,6 |
| 1915    | -11,7 | 1964   | -5,4 | 1921   | 7,4 | 1910    | 2,7 |
| 1891    | -11,6 | 1965   | -5,4 | 1923   | 7,4 | 1970    | 2,8 |
| 1893    | -11,5 | 1945   | -5,9 | 1949   | 7,3 | 1898    | 3,0 |
| 1969    | -11,3 | 1963   | -6,5 | 1957   | 7,3 | 1956    | 3,1 |

Tab. 4.38. Mroźne styczenie i gorące lipce w Sonnblick (1921-1980)  
 Tab. 4.38. The frosty Januarys and hot Julys in Sonnblick (1921-1980)

| STYCZEŃ |       |        |       | LIPIEC |     |         |     |
|---------|-------|--------|-------|--------|-----|---------|-----|
| chłodny |       | ciepły |       | ciepły |     | chłodny |     |
| 1963    | -18,5 | 1945   | -8,1  | 1941   | 4,2 | 1939    | 0,3 |
| 1954    | -16,9 | 1938   | -8,9  | 1952   | 3,9 | 1960    | 0,3 |
| 1948    | -16,6 | 1943   | -8,9  | 1967   | 3,0 | 1961    | 0,3 |
| 1968    | -16,1 | 1974   | -9,0  | 1963   | 2,8 | 1962    | 0,3 |
| 1942    | -15,6 | 1975   | -9,2  | 1934   | 2,7 | 1966    | 0,3 |
| 1966    | -15,4 | 1955   | -9,9  | 1936   | 2,5 | 1978    | 0,4 |
| 1979    | -15,1 | 1934   | -10,1 | 1953   | 2,5 | 1979    | 0,4 |
| 1935    | -14,8 | 1949   | -10,4 | 1958   | 2,4 | 1980    | 0,4 |
| 1952    | -14,8 | 1964   | -10,5 | 1959   | 2,4 | 1968    | 0,5 |
| 1959    | -14,8 | 1973   | -10,8 | 1971   | 2,4 | 1974    | 0,6 |

Tab. 4.39. Mroźne styczenie i gorące lipce w Stambule (1839-2002)  
 Tab. 4.39. The frosty Januarys and hot Julys in Istanbul (1839-2002)

| STYCZEŃ |     |        |      | LIPIEC |      |         |      |
|---------|-----|--------|------|--------|------|---------|------|
| chłodny |     | ciepły |      | ciepły |      | chłodny |      |
| 1880    | 0,8 | 1895   | 10,5 | 2002   | 26,6 | 1933    | 20,7 |
| 1864    | 1,6 | 1915   | 9,9  | 1882   | 26,3 | 1912    | 21,0 |
| 1858    | 1,7 | 1948   | 9,8  | 2001   | 26,1 | 1969    | 21,3 |
| 1942    | 1,7 | 1886   | 9,6  | 1879   | 26,0 | 1857    | 21,5 |
| 1954    | 1,9 | 1936   | 9,4  | 1885   | 25,7 | 1949    | 21,6 |
| 1947    | 2,1 | 1873   | 9,0  | 1858   | 25,6 | 1877    | 21,9 |
| 1896    | 2,2 | 1857   | 8,9  | 1883   | 25,4 | 1919    | 21,9 |
| 1869    | 2,3 | 1971   | 8,9  | 1999   | 25,4 | 1992    | 21,9 |
| 1950    | 2,5 | 1865   | 8,8  | 1847   | 25,3 | 1943    | 22,0 |
| 1964    | 2,8 | 1955   | 8,8  | 1880   | 25,2 | 1982    | 22,0 |

Tab. 4.40. Mroźne styczenie i gorące lipce w Sztokholmie (1756-1994)  
 Tab. 4.40. The frosty Januarys and hot Julys in Stockholm (1756-1994)

| STYCZEŃ |       |        |     | LIPIEC |      |         |      |
|---------|-------|--------|-----|--------|------|---------|------|
| chłodny |       | ciepły |     | ciepły |      | chłodny |      |
| 1814    | -14,3 | 1989   | 3,1 | 1855   | 21,4 | 1832    | 12,9 |
| 1987    | -12,6 | 1796   | 2,4 | 1901   | 21,2 | 1902    | 13,8 |
| 1809    | -12,1 | 1930   | 2,1 | 1783   | 21,1 | 1844    | 14,0 |
| 1774    | -11,7 | 1791   | 1,9 | 1826   | 21,1 | 1862    | 14,0 |
| 1767    | -11,2 | 1873   | 1,9 | 1914   | 21,1 | 1863    | 14,3 |
| 1942    | -10,6 | 1975   | 1,9 | 1994   | 21,1 | 1866    | 14,3 |
| 1760    | -10,5 | 1824   | 1,6 | 1818   | 20,8 | 1812    | 14,5 |
| 1941    | -10,4 | 1932   | 1,4 | 1764   | 20,6 | 1837    | 14,5 |
| 1803    | -9,8  | 1973   | 1,4 | 1941   | 20,5 | 1841    | 14,5 |
| 1867    | -9,1  | 1983   | 1,4 | 1819   | 20,2 | 1977    | 14,5 |

Tab. 4.41. Mroźne styczenie i gorące lipce w Tallinnie (1779-2002)  
 Tab. 4.41. The frosty Januarys and hot Julys in Tallinn (1779-2002)

| STYCZEŃ |       |        |      | LIPIEC |      |         |      |
|---------|-------|--------|------|--------|------|---------|------|
| chłodny |       | ciepły |      | ciepły |      | chłodny |      |
| 1942    | -15,2 | 1925   | 1,8  | 1914   | 20,8 | 1815    | 12,5 |
| 1803    | -14,8 | 1930   | 0,9  | 1826   | 20,3 | 1821    | 12,5 |
| 1809    | -14,5 | 1882   | 0,6  | 1927   | 20,3 | 1832    | 12,9 |
| 1838    | -13,9 | 1992   | 0,6  | 1858   | 20,0 | 1902    | 13,2 |
| 1987    | -13,4 | 1975   | 0,4  | 2001   | 19,9 | 1844    | 13,7 |
| 1861    | -13,3 | 1983   | 0,2  | 1855   | 19,8 | 1878    | 13,7 |
| 1829    | -13,1 | 1866   | 0,0  | 1789   | 19,7 | 1904    | 13,8 |
| 1850    | -13,1 | 1791   | -0,1 | 1972   | 19,5 | 1790    | 13,9 |
| 1893    | -13,0 | 1932   | -0,1 | 1834   | 19,4 | 1965    | 13,9 |
| 1848    | -12,9 | 1898   | -0,2 | 1865   | 19,4 | 1928    | 14,0 |

Tab. 4.42. Mroźne styczenie i gorące lipce w Trondheim (1761-1981)  
 Tab. 4.42. The frosty Januarys and hot Julys in Trondheim (1761-1981)

| STYCZEŃ |       |        |     | LIPIEC |      |         |      |
|---------|-------|--------|-----|--------|------|---------|------|
| chłodny |       | ciepły |     | ciepły |      | chłodny |      |
| 1867    | -10,3 | 1973   | 2,5 | 1826   | 19,0 | 1928    | 11,0 |
| 1814    | -9,8  | 1934   | 2,4 | 1819   | 18,8 | 1902    | 11,1 |
| 1823    | -9,5  | 1898   | 2,2 | 1855   | 18,7 | 1800    | 11,4 |
| 1776    | -9,1  | 1932   | 2,1 | 1901   | 18,1 | 1921    | 11,6 |
| 1838    | -9,0  | 1933   | 2,1 | 1914   | 18,1 | 1951    | 11,6 |
| 1942    | -8,9  | 1930   | 1,8 | 1831   | 18,0 | 1965    | 11,6 |
| 1809    | -8,6  | 1882   | 1,6 | 1798   | 17,8 | 1904    | 11,7 |
| 1767    | -8,4  | 1974   | 1,6 | 1941   | 17,8 | 1962    | 11,7 |
| 1774    | -8,3  | 1890   | 1,5 | 1834   | 17,7 | 1863    | 11,8 |
| 1841    | -8,0  | 1925   | 1,4 | 1925   | 17,6 | 1900    | 11,8 |

Tab. 4.43. Mroźne styczenie i gorące lipce w Uppsali (1739-1970)  
 Tab. 4.43. The frosty Januarys and hot Julys in Uppsala (1739-1970)

| STYCZEŃ |       |        |     | LPIEC  |      |         |      |
|---------|-------|--------|-----|--------|------|---------|------|
| chłodny |       | ciepły |     | ciepły |      | chłodny |      |
| 1941    | -12,6 | 1930   | 1,5 | 1914   | 21,4 | 1902    | 13,3 |
| 1942    | -12,5 | 1873   | 1,3 | 1901   | 21,2 | 1862    | 13,8 |
| 1875    | -11,0 | 1874   | 1,0 | 1855   | 20,5 | 1844    | 13,9 |
| 1867    | -10,9 | 1932   | 0,6 | 1941   | 20,0 | 1965    | 14,1 |
| 1917    | -10,0 | 1882   | 0,5 | 1925   | 19,4 | 1866    | 14,2 |
| 1861    | -9,6  | 1743   | 0,3 | 1752   | 19,3 | 1867    | 14,2 |
| 1838    | -9,2  | 1866   | 0,3 | 1927   | 19,3 | 1878    | 14,2 |
| 1881    | -8,8  | 1863   | 0,2 | 1899   | 19,2 | 1898    | 14,2 |
| 1893    | -8,8  | 1890   | 0,1 | 1865   | 19,1 | 1962    | 14,2 |
| 1970    | -8,6  | 1934   | 0,0 | 1757   | 18,9 | 1863    | 14,3 |

Tab. 4.44. Mroźne styczenie i gorące lipce w Vestmannaeyjar (1884-1981)  
 Tab. 4.44. The frosty Januarys and hot Julys in Vestmannaeyjar (1884-1981)

| STYCZEŃ |      |        |     | LPIEC  |      |         |     |
|---------|------|--------|-----|--------|------|---------|-----|
| chłodny |      | ciepły |     | ciepły |      | chłodny |     |
| 1918    | -3,4 | 1947   | 4,4 | 1889   | 12,8 | 1979    | 8,5 |
| 1979    | -1,9 | 1964   | 4,4 | 1891   | 12,7 | 1969    | 9,0 |
| 1886    | -1,8 | 1929   | 4,1 | 1917   | 12,7 | 1970    | 9,0 |
| 1945    | -1,3 | 1973   | 4,1 | 1904   | 12,5 | 1975    | 9,0 |
| 1956    | -1,3 | 1912   | 3,9 | 1893   | 12,3 | 1972    | 9,2 |
| 1949    | -1,2 | 1946   | 3,9 | 1908   | 12,3 | 1964    | 9,3 |
| 1952    | -1,2 | 1972   | 3,7 | 1919   | 12,3 | 1973    | 9,3 |
| 1936    | -0,9 | 1926   | 3,6 | 1894   | 12,2 | 1981    | 9,3 |
| 1959    | -0,8 | 1935   | 3,6 | 1895   | 12,2 | 1955    | 9,5 |
| 1958    | -0,7 | 1961   | 3,6 | 1912   | 12,1 | 1963    | 9,6 |

Tab. 4.45. Mroźne styczenie i gorące lipce w Warszawie (1779-1998)  
 Tab. 4.45. The frosty Januarys and hot Julys in Warsaw (1779-1998)

| STYCZEŃ |       |        |     | LPIEC  |      |         |      |
|---------|-------|--------|-----|--------|------|---------|------|
| chłodny |       | ciepły |     | ciepły |      | chłodny |      |
| 1838    | -13,5 | 1796   | 3,5 | 1811   | 22,4 | 1923    | 13,0 |
| 1803    | -13,2 | 1983   | 3,4 | 2002   | 21,1 | 1865    | 13,6 |
| 1823    | -13,0 | 1975   | 2,7 | 2001   | 20,7 | 1918    | 14,1 |
| 1848    | -13,0 | 1921   | 2,6 | 1866   | 20,6 | 1810    | 14,2 |
| 1940    | -12,1 | 1994   | 2,3 | 1875   | 20,6 | 1899    | 14,4 |
| 1893    | -12,0 | 1989   | 2,2 | 1999   | 20,6 | 1806    | 14,5 |
| 1987    | -12,0 | 1936   | 2,0 | 1917   | 20,5 | 1821    | 14,5 |
| 1850    | -11,7 | 1990   | 1,9 | 1979   | 20,5 | 1925    | 14,6 |
| 1963    | -11,6 | 1944   | 1,5 | 1964   | 20,4 | 1928    | 14,6 |
| 1942    | -10,9 | 1916   | 1,4 | 1783   | 20,0 | 1984    | 15,0 |

Tab. 4.46. Mroźne stycznie i gorące lipce w Wiedniu (1775-2002)  
 Tab. 4.46. The frosty Januarys and hot Julys in Vienna (1775-2002)

| STYCZEŃ |      |        |     | LIPIEC |      |         |      |
|---------|------|--------|-----|--------|------|---------|------|
| chłodny |      | ciepły |     | ciepły |      | chłodny |      |
| 1942    | -9,4 | 1983   | 5,1 | 1794   | 23,5 | 1913    | 16,0 |
| 1830    | -8,7 | 1916   | 4,7 | 1811   | 23,2 | 1837    | 16,2 |
| 1940    | -8,5 | 1921   | 4,7 | 1983   | 23,2 | 1860    | 16,7 |
| 1838    | -8,4 | 1796   | 4,6 | 1994   | 23,2 | 1919    | 16,7 |
| 1795    | -8,3 | 1994   | 4,4 | 1834   | 23,1 | 1856    | 17,0 |
| 1848    | -8,1 | 1834   | 3,8 | 1859   | 23,0 | 1879    | 17,0 |
| 1893    | -8,0 | 1975   | 3,5 | 1995   | 22,9 | 1833    | 17,1 |
| 1823    | -7,7 | 1791   | 3,4 | 1782   | 22,8 | 1844    | 17,2 |
| 1776    | -7,6 | 1944   | 3,4 | 1788   | 22,7 | 1907    | 17,2 |
| 1799    | -7,4 | 1902   | 3,2 | 1797   | 22,3 | 1909    | 17,4 |

Tab. 4.47. Mroźne stycznie i gorące lipce w Wilnie (1777-2002)  
 Tab. 4.47. The frosty Januarys and hot Julys in Wilno (1777-2002)

| STYCZEŃ |       |        |      | LIPIEC |      |         |      |
|---------|-------|--------|------|--------|------|---------|------|
| chłodny |       | ciepły |      | ciepły |      | chłodny |      |
| 1803    | -19,1 | 1989   | 1,1  | 1826   | 22,7 | 1979    | 13,3 |
| 1987    | -15,6 | 1791   | 0,8  | 1858   | 22,0 | 1832    | 14,7 |
| 1942    | -15,0 | 1866   | 0,5  | 1861   | 21,7 | 1974    | 14,9 |
| 1893    | -14,9 | 1882   | 0,5  | 1865   | 21,7 | 1977    | 15,0 |
| 1838    | -14,6 | 1863   | 0,4  | 1811   | 21,5 | 1984    | 15,2 |
| 1940    | -14,6 | 1925   | 0,3  | 1834   | 21,3 | 1844    | 15,3 |
| 1809    | -14,5 | 1990   | -0,1 | 1896   | 21,1 | 1876    | 15,3 |
| 1848    | -13,9 | 1983   | -0,2 | 1914   | 21,1 | 1878    | 15,3 |
| 1823    | -13,7 | 1975   | -0,3 | 1845   | 21,0 | 1978    | 15,3 |
| 1861    | -13,0 | 1994   | -0,4 | 1936   | 21,0 | 1996    | 15,4 |

Tab. 4.48. Mroźne stycznie i gorące lipce we Wrocławiu (1792-2002)  
 Tab. 4.48. The frosty Januarys and hot Julys in Wrocław (1792-2002)

| STYCZEŃ |       |        |     | LIPIEC |      |         |      |
|---------|-------|--------|-----|--------|------|---------|------|
| chłodny |       | ciepły |     | ciepły |      | chłodny |      |
| 1803    | -11,9 | 1796   | 4,6 | 1834   | 22,5 | 1795    | 14,8 |
| 1826    | -11,8 | 1921   | 4,3 | 1994   | 22,3 | 1844    | 15,2 |
| 1830    | -11,6 | 1983   | 4,3 | 1983   | 21,8 | 1832    | 15,4 |
| 1940    | -11,3 | 1975   | 3,4 | 1865   | 21,3 | 1979    | 15,4 |
| 1823    | -10,7 | 1902   | 3,3 | 1959   | 21,2 | 1815    | 15,5 |
| 1848    | -10,7 | 1916   | 3,2 | 1859   | 20,9 | 1821    | 15,6 |
| 1838    | -10,6 | 1994   | 3,2 | 1995   | 20,9 | 1898    | 15,7 |
| 1963    | -10,6 | 1944   | 3,1 | 1957   | 20,8 | 1820    | 15,9 |
| 1987    | -10,0 | 1936   | 2,9 | 1874   | 20,7 | 1837    | 15,9 |
| 1795    | -9,7  | 1988   | 2,6 | 1797   | 20,5 | 1860    | 15,9 |

Tab. 4.49. Mroźne styczenie i gorące lipce w Zagrzebiu (1862-2002)  
 Tab. 4.49. The frosty Januarys and hot Julys in Zagreb (1862-2002)

| STYCZEŃ |      |        |     | LPIEC  |      |         |      |
|---------|------|--------|-----|--------|------|---------|------|
| chłodny |      | ciepły |     | ciepły |      | chłodny |      |
| 1864    | -7,3 | 1936   | 6,6 | 1928   | 24,9 | 1913    | 18,3 |
| 1891    | -6,6 | 1948   | 5,9 | 1950   | 24,5 | 1919    | 18,7 |
| 1942    | -6,6 | 1975   | 5,3 | 1865   | 24,2 | 1898    | 19,3 |
| 1893    | -6,4 | 1921   | 5,1 | 1874   | 24,1 | 1954    | 19,3 |
| 1940    | -6,0 | 1994   | 5,0 | 1952   | 24,1 | 1960    | 19,3 |
| 1880    | -5,3 | 1863   | 4,7 | 1994   | 23,9 | 1984    | 19,3 |
| 1964    | -5,0 | 1988   | 4,7 | 1995   | 23,8 | 1987    | 19,3 |
| 1947    | -4,9 | 1899   | 4,3 | 1862   | 23,7 | 1948    | 19,4 |
| 1963    | -4,9 | 1939   | 4,3 | 1921   | 23,7 | 1978    | 19,4 |
| 1876    | -4,4 | 2001   | 4,3 | 1946   | 23,7 | 1962    | 19,6 |

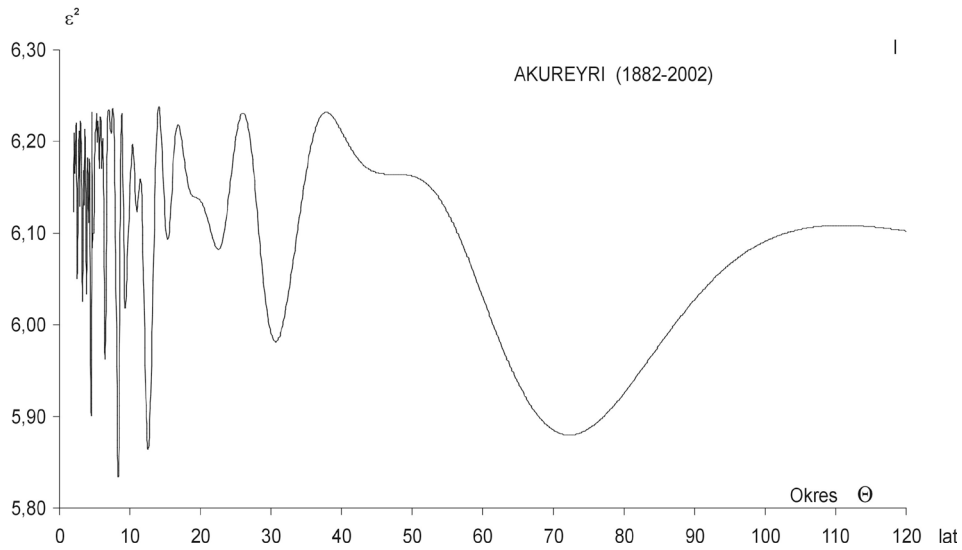
Tab. 4.50. Mroźne styczenie i gorące lipce w Zurichu (1864-1980)  
 Tab. 4.50. The frosty Januarys and hot Julys in Zurich (1864-1980)

| STYCZEŃ |      |        |     | LPIEC  |      |         |      |
|---------|------|--------|-----|--------|------|---------|------|
| chłodny |      | ciepły |     | ciepły |      | chłodny |      |
| 1953    | -6,2 | 1936   | 4,2 | 1874   | 21,1 | 1918    | 14,4 |
| 1864    | -5,9 | 1921   | 4,1 | 1881   | 21,1 | 1913    | 14,8 |
| 1893    | -5,9 | 1916   | 3,7 | 1928   | 21,1 | 1919    | 14,8 |
| 1940    | -5,5 | 1965   | 3,6 | 1911   | 20,8 | 1970    | 15,0 |
| 1891    | -5,4 | 1920   | 3,0 | 1870   | 20,7 | 1950    | 15,3 |
| 1880    | -5,2 | 1964   | 2,9 | 1873   | 20,6 | 1944    | 15,4 |
| 1895    | -4,6 | 1928   | 2,6 | 1942   | 20,6 | 1956    | 15,5 |
| 1929    | -4,5 | 1877   | 2,5 | 1869   | 20,5 | 1888    | 15,6 |
| 1871    | -4,4 | 1866   | 2,4 | 1904   | 20,5 | 1909    | 15,6 |
| 1885    | -4,1 | 1899   | 2,3 | 1905   | 20,5 | 1955    | 15,6 |



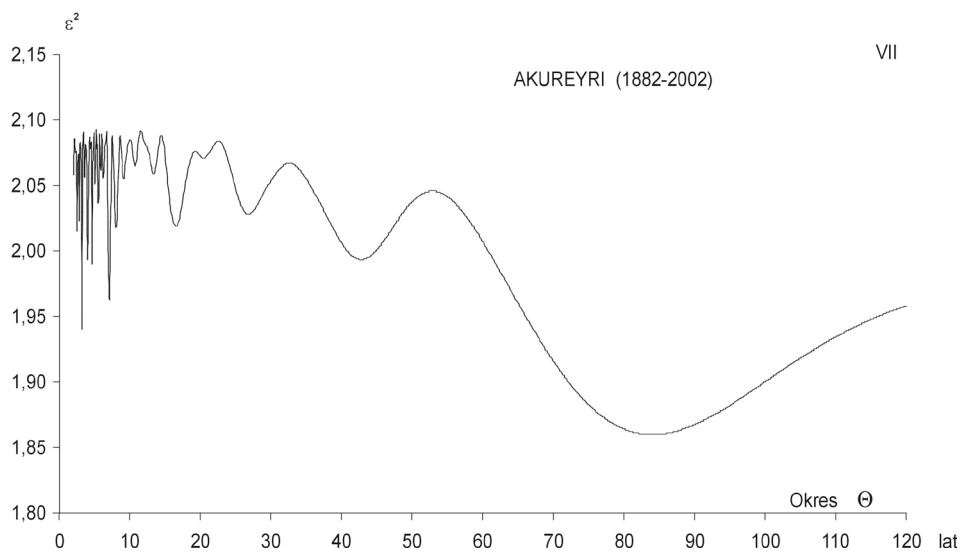
Tab. 51. Rozmieszczenie stacji meteorologicznych w Europie  
 Tab. 51. Location of meteorological stations in Europe

| Miejscowość     | Okres     | $\varphi$ | $\lambda$ | H    |
|-----------------|-----------|-----------|-----------|------|
| Akureyri        | 1882-2002 | 65°41'N   | 18°05'W   | 27   |
| Anglia Środkowa | 1660-1973 | –         | –         | –    |
| Ateny           | 1858-2002 | 37°58'N   | 23°43'E   | 107  |
| Bazylea         | 1755-1980 | 47°36'N   | 7°36'E    | 316  |
| Berlin          | 1769-1990 | 52°28'N   | 13°18'E   | 58   |
| Budapeszt       | 1780-1991 | 47°31'N   | 19°02'E   | 129  |
| Genewa          | 1768-1980 | 46°15'N   | 6°08'E    | 416  |
| Greenwich       | 1763-1969 | 51°30'N   | 0°00      |      |
| Innsbruck       | 1777-2000 | 48°24'N   | 17°09'E   | 207  |
| Kijów           | 1812-2000 | 50°24'N   | 30°34'E   | 167  |
| Kopenhaga       | 1768-1991 | 55°37'N   | 12°39'E   | 5    |
| Kraków          | 1827-1997 | 50°04'N   | 19°57'E   | 221  |
| Kremsmuenster   | 1767-1981 | 48°00'N   | 14°06'E   |      |
| Lwów            | 1824-2002 | 49°49'N   | 23°57'E   | 323  |
| Marsylia        | 1838-2002 | 43°27'N   | 5°14'E    | 36   |
| Mińsk           | 1891-2002 | 53°56'N   | 27°38'E   | 231  |
| Monachium       | 1781-1991 | 48°22'N   | 11°48'E   | 447  |
| Moskwa          | 1779-2002 | 55°50'N   | 37°37'E   | 156  |
| Odessa          | 1821-2002 | 46°26'N   | 30°46'E   | 42   |
| Oksford         | 1828-1980 | 51°42'N   | 1°12'E    | 63   |
| Oslo            | 1816-1991 | 59°57'N   | 10°43'E   | 96   |
| Paryż           | 1757-1995 | 48°58'N   | 2°27'E    | 65   |
| Poczdam         | 1984-1992 | 52°23'N   | 13°04'E   | 100  |
| Praga           | 1771-2002 | 50°06'N   | 14°15'E   | 365  |
| Ryga            | 1795-1990 | 56°58'N   | 24°03'E   | 7    |
| Rzym            | 1811-1991 | 41°48'N   | 12°36'E   | 46   |
| Saentis         | 1883-1988 | 47°15'N   | 9°21'E    | 2500 |
| Sonnblick       | 1921-1980 | 47°03'N   | 12°57'E   | 3109 |
| Stambuł         | 1839-2002 | 40°58'N   | 29°05'E   | 33   |
| Sztokholm       | 1756-1994 | 59°34'N   | 18°06'E   | 44   |
| Tallinn         | 1779-2002 | 59°23'N   | 24°35'E   | 34   |
| Trondheim       | 1761-1981 | 63°24'N   | 10°30'E   | 133  |
| Uppsala         | 1739-1970 | 59°54'N   | 17°36'E   |      |
| Vestmannaeyjar  | 1884-1981 | 63°24'N   | 20°17'E   | 124  |
| Warszawa        | 1779-1998 | 52°13'N   | 21°02'E   | 110  |
| Wiedeń          | 1775-2002 | 48°15'N   | 16°22'E   | 200  |
| Wilno           | 1777-2002 | 54°38'N   | 25°06'E   | 156  |
| Wrocław         | 1792-2002 | 51°08'N   | 16°59'E   | 116  |
| Zagrzeb         | 1862-2002 | 45°49'N   | 15°59'E   | 162  |
| Zurich          | 1864-1980 | 47°23'N   | 8°34'E    | 569  |



Rys. 4.1a. Widmo temperatury powietrza w Akureyri w latach 1882-2002  
(w paśmie 2,0-120 lat,  $\Delta\Theta = 0,1$ ) – styczeń

Fig. 4.1a. Spectrum of air temperature in Akureyri in the years 1882-2002  
(in the strip 2.0-120 years,  $\Delta\Theta = 0.1$ ) – January



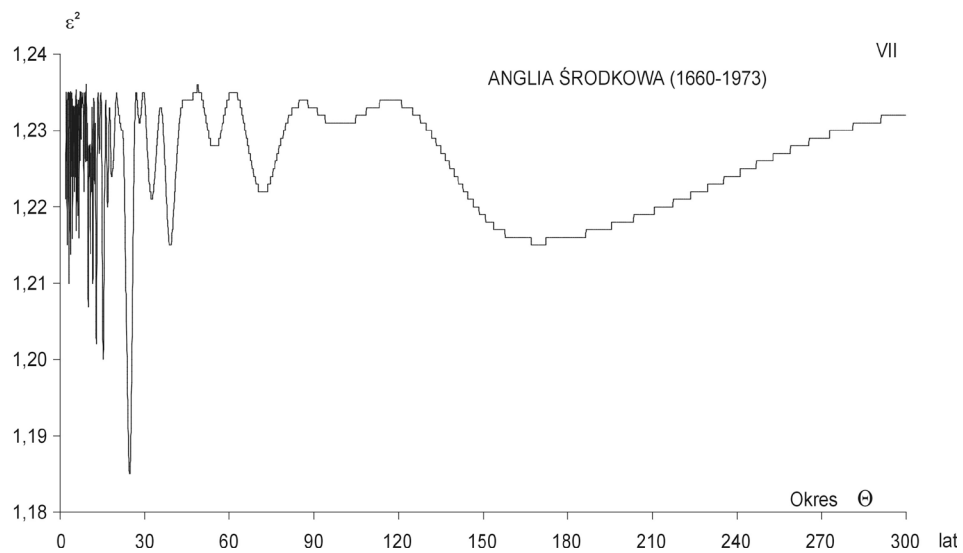
Rys. 4.1b. Widmo temperatury powietrza w Akureyri w latach 1882-2002  
(w paśmie 2,0-120 lat,  $\Delta\Theta = 0,1$ ) – lipiec

Fig. 4.1b. Spectrum of air temperature in Akureyri in the years 1882-2002  
(in the strip 2.0-120 years,  $\Delta\Theta = 0.1$ ) – July



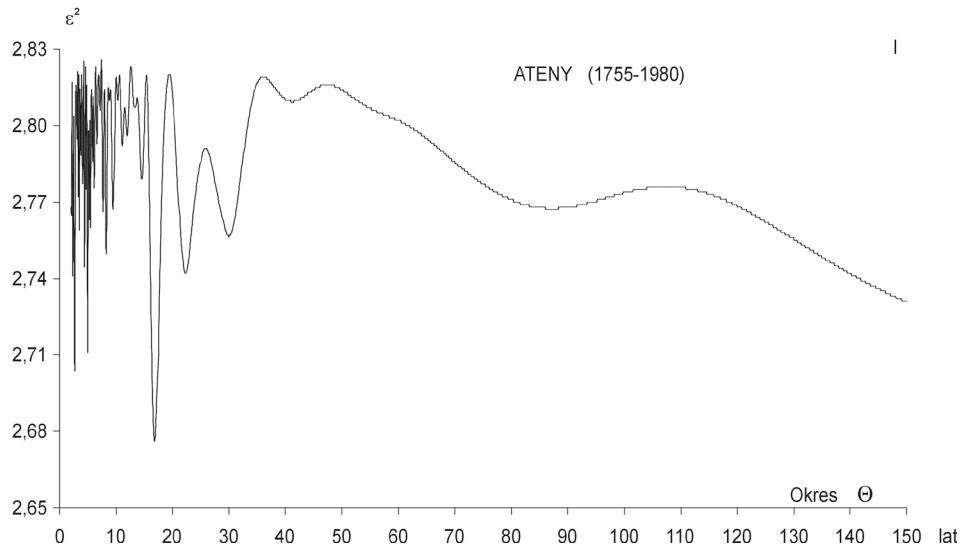
Rys. 4.2a. Widmo temperatury powietrza w Anglii w latach 1660-1973  
(w paśmie 2,0-300 lat,  $\Delta\Theta = 0,1$ ) – styczeń

Fig. 4.2a. Spectrum of air temperature in England in the years 1660-1973  
(in the strip 2.0-300 years,  $\Delta\Theta = 0.1$ ) – January



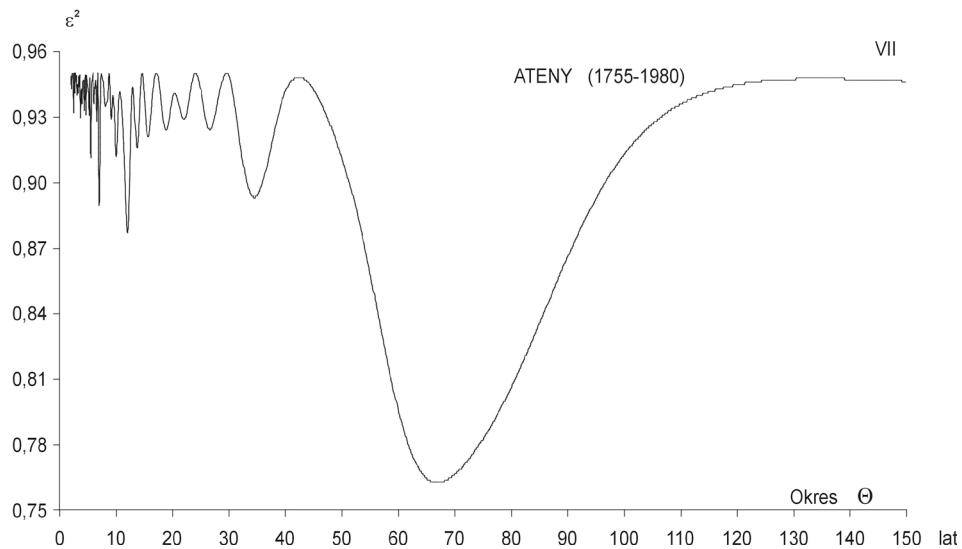
Rys. 4.2b. Widmo temperatury powietrza w Anglii Środkowej w latach 1660-1973  
(w paśmie 2,0-300 lat,  $\Delta\Theta = 0,1$ ) – lipiec

Fig. 4.2b. Spectrum of air temperature in England in the years 1660-1973  
(in the strip 2.0-300 years,  $\Delta\Theta = 0.1$ ) – July



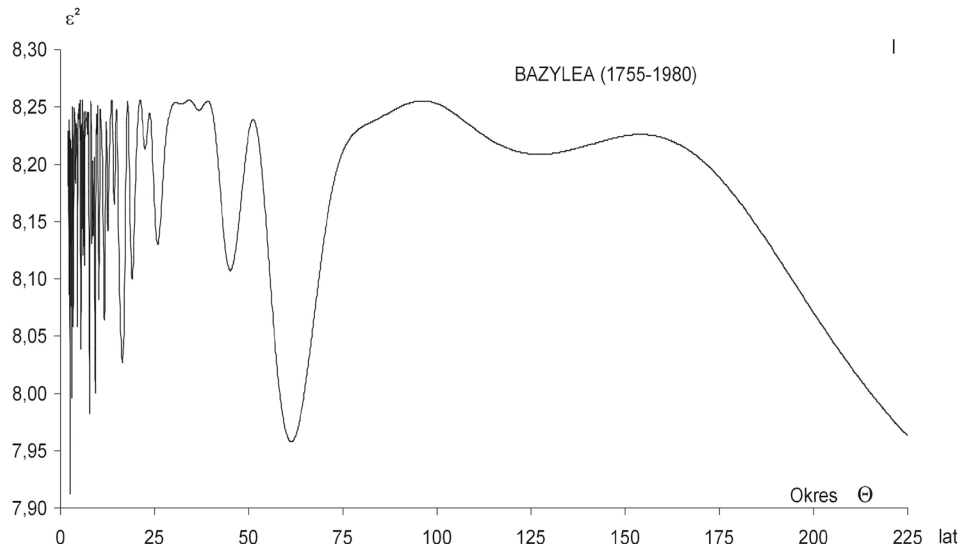
Rys. 4.3a. Widmo temperatury powietrza w Atenach w latach 1858-2002  
(w paśmie 2,0-150 lat,  $\Delta\Theta = 0,1$ ) – styczeń

Fig. 4.3a. Spectrum of air temperature in Athens in the years 1858-2002  
(in the strip 2.0-150 years,  $\Delta\Theta = 0.1$ ) – January



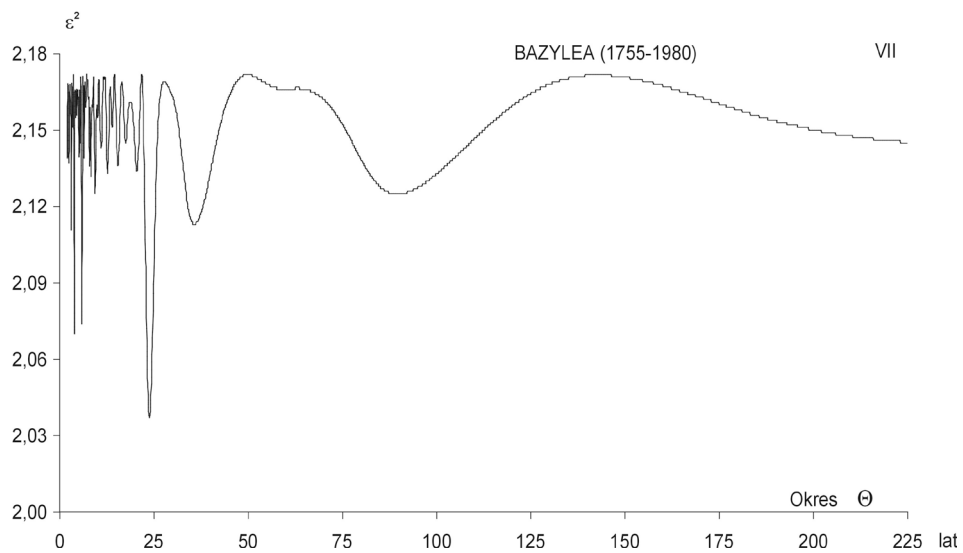
Rys. 4.3b. Widmo temperatury powietrza w Atenach w latach 1858-2002  
(w paśmie 2,0-150 lat,  $\Delta\Theta = 0,1$ ) – lipiec

Fig. 4.3b. Spectrum of air temperature in Athens in the years 1858-2002  
(in the strip 2.0-150 years,  $\Delta\Theta = 0.1$ ) – July



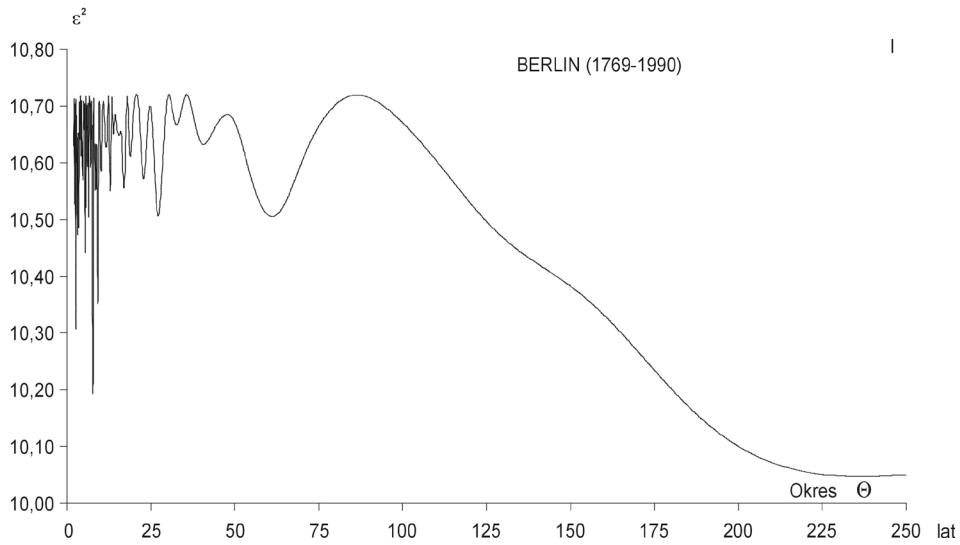
Rys. 4.4a. Widmo temperatury powietrza w Bazylei w latach 1755-1980  
(w paśmie 2,0-225 lat,  $\Delta\Theta = 0,1$ ) – styczeń

Fig. 4.4a. Spectrum of air temperature in Basel in the years 1755-1980  
(in the strip 2.0-225 years,  $\Delta\Theta = 0.1$ ) – January



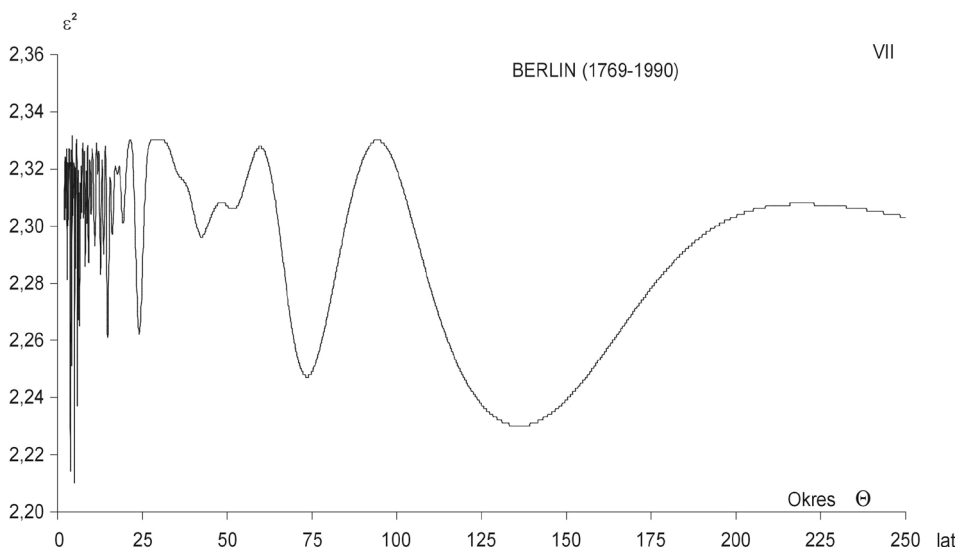
Rys. 4.4b. Widmo temperatury powietrza w Bazylei w latach 1755-1980  
(w paśmie 2,0-225 lat,  $\Delta\Theta = 0,1$ ) – lipiec

Fig. 4.4b. Spectrum of air temperature in Basel in the years 1755-1980  
(in the strip 2.0-225 years,  $\Delta\Theta = 0.1$ ) – July



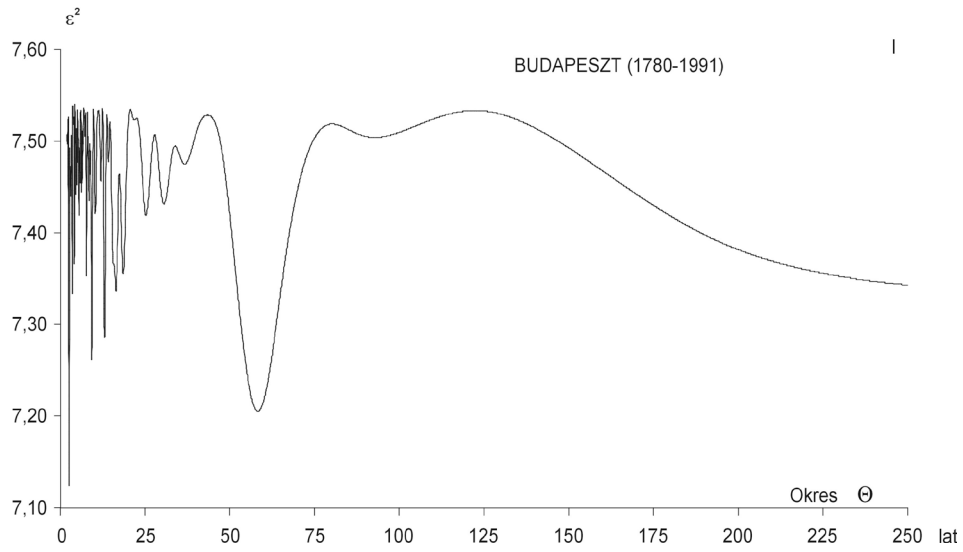
Rys. 4.5a. Widmo temperatury powietrza w Berlinie w latach 1769-1990  
(w paśmie 2,0-250 lat,  $\Delta\Theta = 0,1$ ) – styczeń

Fig. 4.5a. Spectrum of air temperature in Berlin in the years 1769-1990  
(in the strip 2.0-250 years,  $\Delta\Theta = 0.1$ ) – January



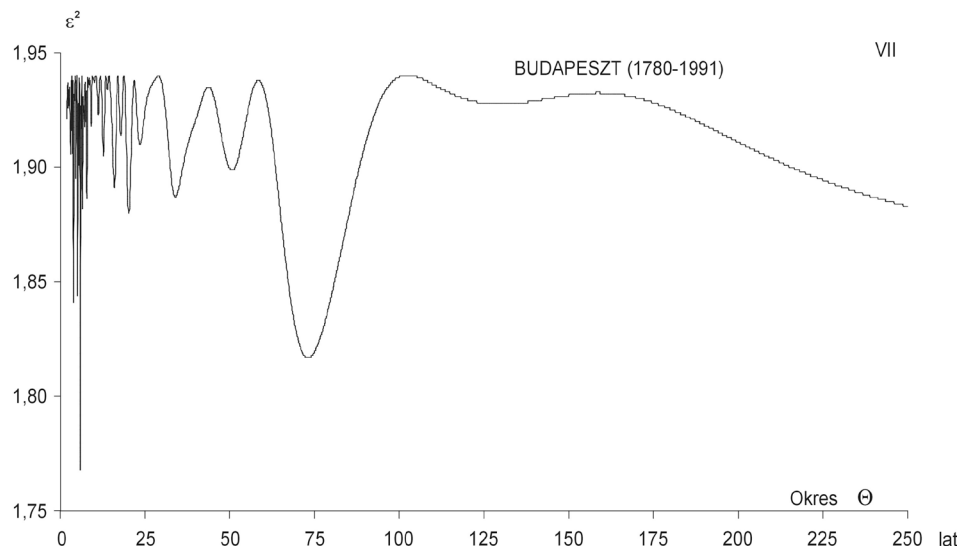
Rys. 4.5b. Widmo temperatury powietrza w Berlinie w latach 1769-1990  
(w paśmie 2,0-250 lat,  $\Delta\Theta = 0,1$ ) – lipiec

Fig. 4.5b. Spectrum of air temperature in Berlin in the years 1769-1990  
(in the strip 2.0-250 years,  $\Delta\Theta = 0.1$ ) – July



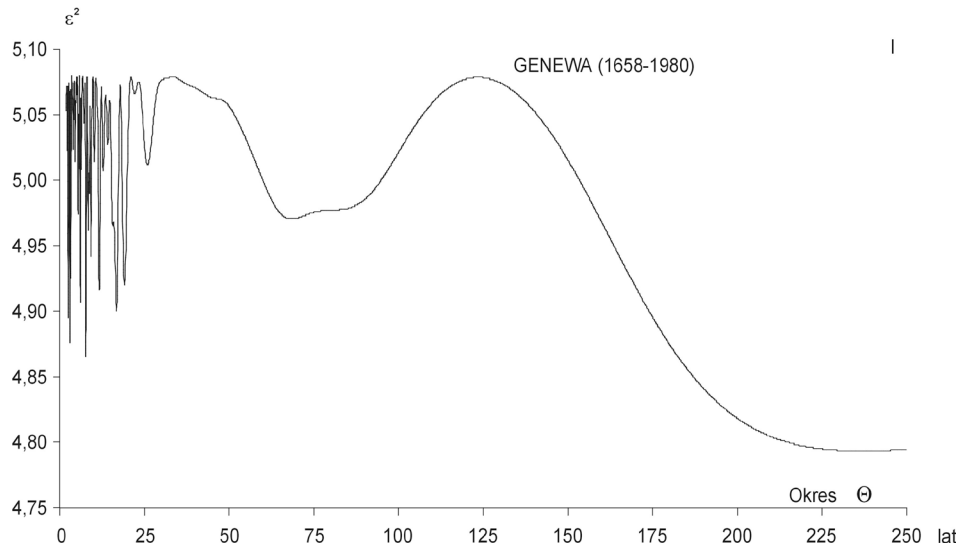
Rys. 4.6a. Widmo temperatury powietrza w Budapeszcie w latach 1780-1991  
(w paśmie 2,0-250 lat,  $\Delta\Theta = 0,1$ ) – styczeń

Fig. 4.6a. Spectrum of air temperature in Budapest in the years 1780-1991  
(in the strip 2.0-250 years,  $\Delta\Theta = 0.1$ ) – January



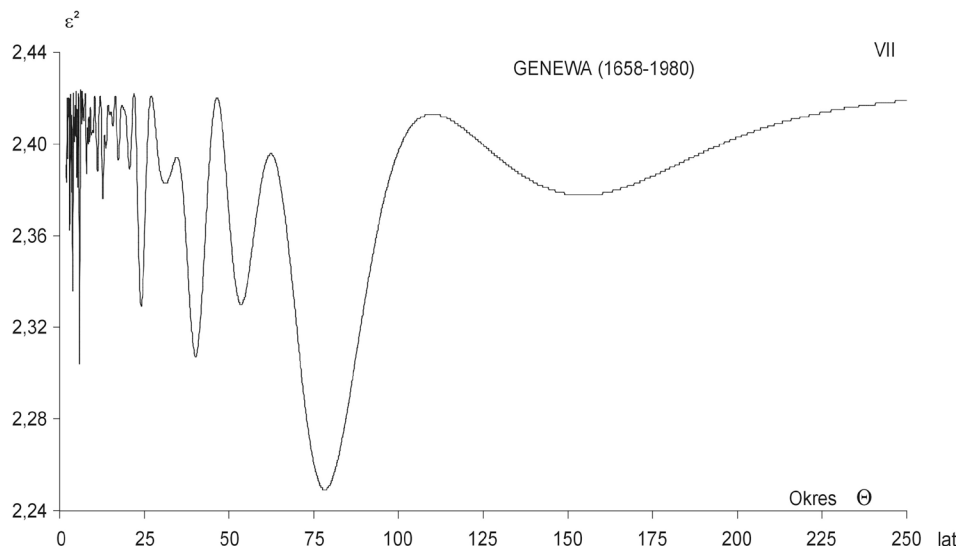
Rys. 4.6b. Widmo temperatury powietrza w Budapeszcie w latach 1780-1991  
(w paśmie 2,0-250 lat,  $\Delta\Theta = 0,1$ ) – lipiec

Fig. 4.6b. Spectrum of air temperature in Budapest in the years 1780-1991  
(in the strip 2.0-250 years,  $\Delta\Theta = 0.1$ ) – July



Rys. 4.7a. Widmo temperatury powietrza w Genewie w latach 1768-1980  
(w paśmie 2,0-250 lat,  $\Delta\Theta = 0,1$ ) – styczeń

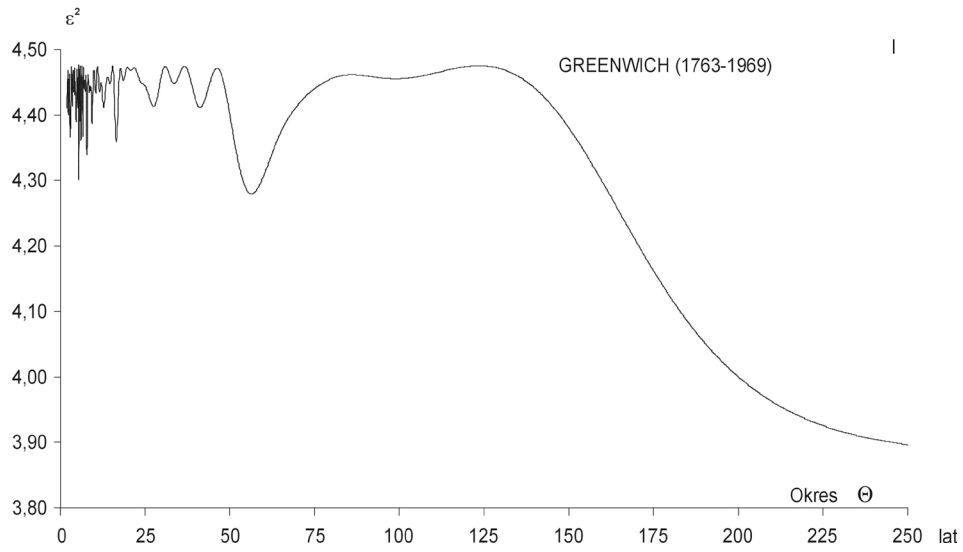
Fig. 4.7a. Spectrum of air temperature in Geneva in the years 1768-1980  
(in the strip 2.0-250 years,  $\Delta\Theta = 0.1$ ) – January



Rys. 4.7b. Widmo temperatury powietrza w Genewie w latach 1768-1980  
(w paśmie 2,0-250 lat,  $\Delta\Theta = 0,1$ ) – lipiec

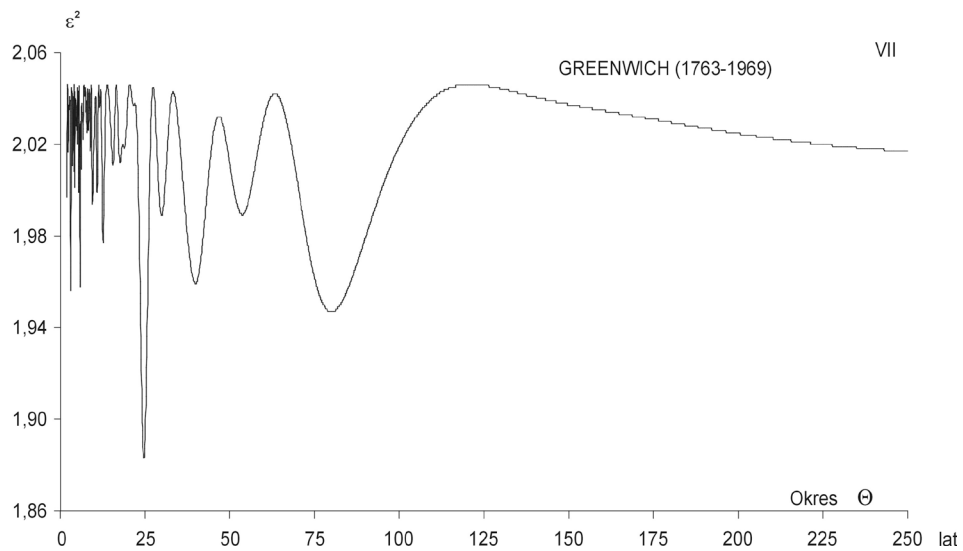
Fig. 4.7b. Spectrum of air temperature in Geneva in the years 1768-1980  
(in the strip 2.0-250 years,  $\Delta\Theta = 0.1$ ) – July





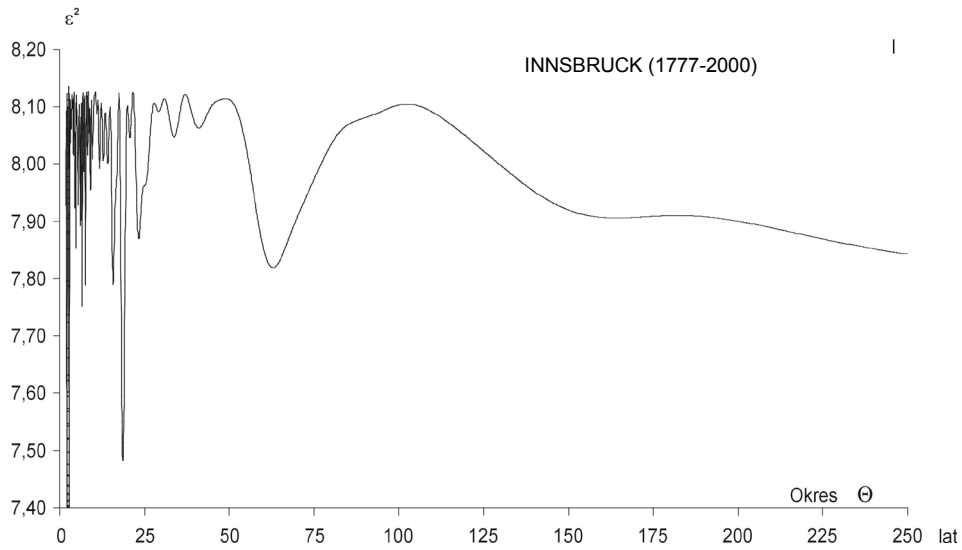
Rys. 4.8a. Widmo temperatury powietrza w Greenwich w latach 1763-1969  
(w paśmie 2,0-250 lat,  $\Delta\Theta = 0,1$ ) – styczeń

Fig. 4.8a. Spectrum of air temperature in Greenwich in the years 1763-1969  
(in the strip 2.0-250 years,  $\Delta\Theta = 0.1$ ) – January



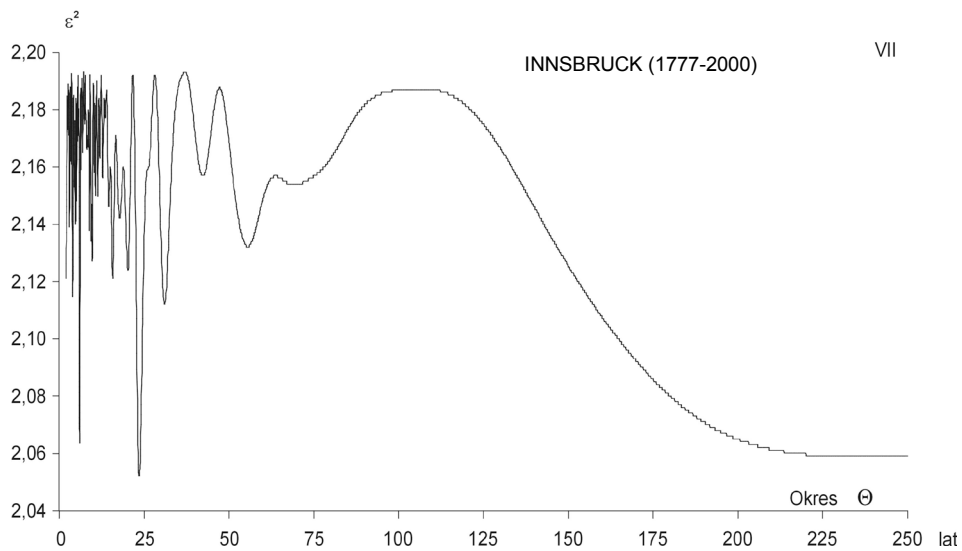
Rys. 4.8b. Widmo temperatury powietrza w Greenwich w latach 1763-1969  
(w paśmie 2,0-250 lat,  $\Delta\Theta = 0,1$ ) – lipiec

Fig. 4.8b. Spectrum of air temperature in Greenwich in the years 1763-1969  
(in the strip 2.0-250 years,  $\Delta\Theta = 0.1$ ) – July



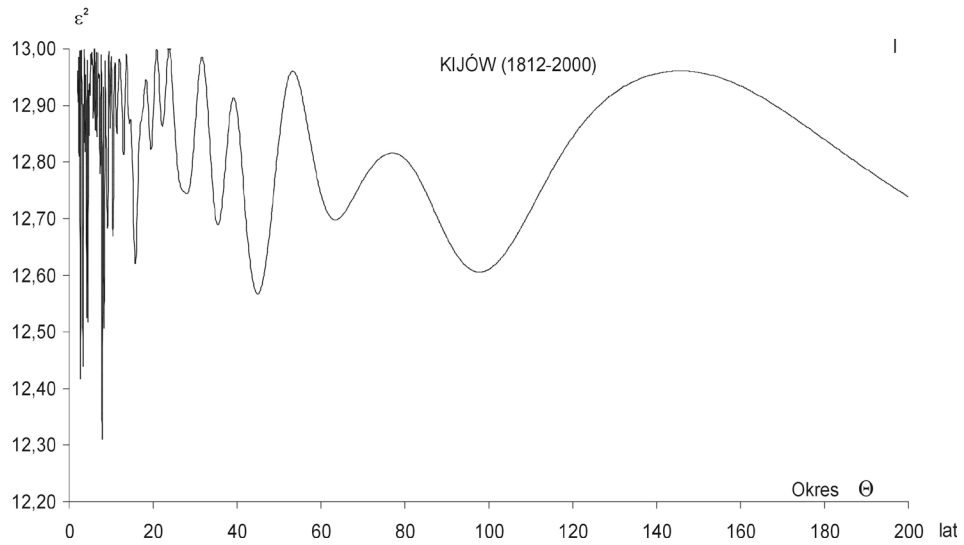
Rys. 4.9a. Widmo temperatury powietrza w Innsbrucku w latach 1777-2000  
(w paśmie 2,0-250 lat,  $\Delta\Theta = 0,1$ ) – styczeń

Fig. 4.9a. Spectrum of air temperature in Innsbruck in the years 1777-2000  
(in the strip 2.0-250 years,  $\Delta\Theta = 0.1$ ) – January



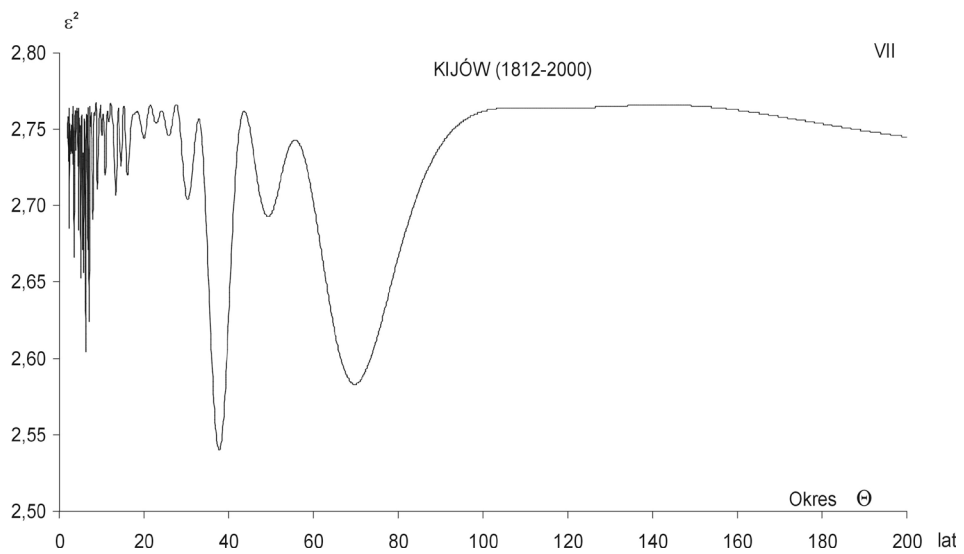
Rys. 4.9b. Widmo temperatury powietrza w Innsbrucku w latach 1777-2000  
(w paśmie 2,0-250 lat,  $\Delta\Theta = 0,1$ ) – lipiec

Fig. 4.9b. Spectrum of air temperature in Innsbruck in the years 1777-2000  
(in the strip 2.0-250 years,  $\Delta\Theta = 0.1$ ) – July



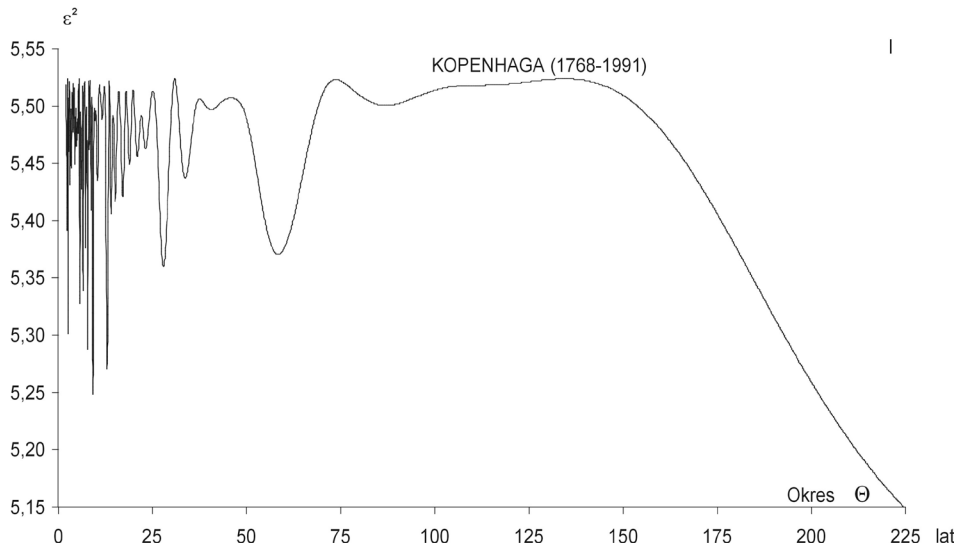
Rys. 4.10a. Widmo temperatury powietrza w Kijowie w latach 1812-2000  
(w paśmie 2,0-200 lat,  $\Delta\Theta = 0,1$ ) – styczeń

Fig. 4.10a. Spectrum of air temperature in Kiev in the years 1812-2000  
(in the strip 2.0-200 years,  $\Delta\Theta = 0.1$ ) – January



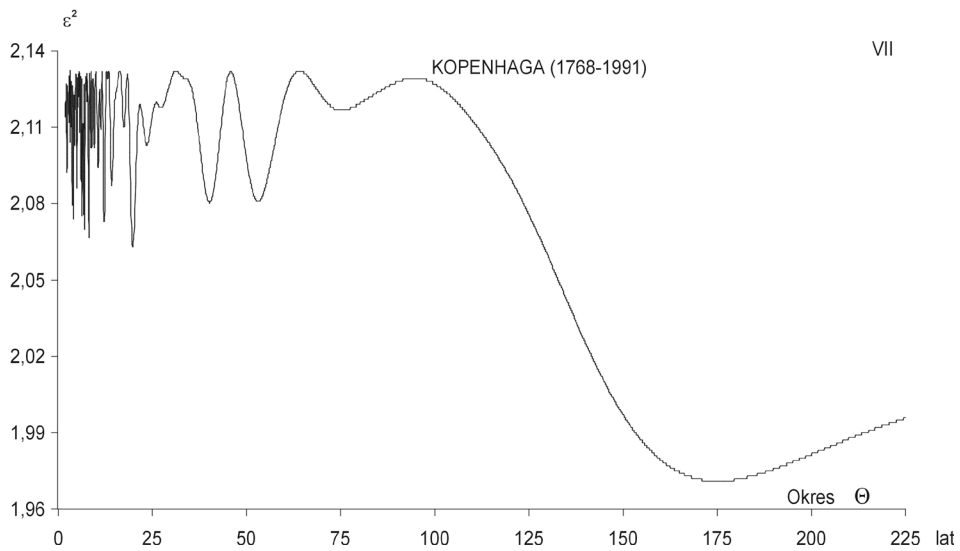
Rys. 4.10b. Widmo temperatury powietrza w Kijowie w latach 1812-2000  
(w paśmie 2,0-200 lat,  $\Delta\Theta = 0,1$ ) – lipiec

Fig. 4.10b. Spectrum of air temperature in Kiev in the years 1812-2000  
(in the strip 2.0-200 years,  $\Delta\Theta = 0.1$ ) – July



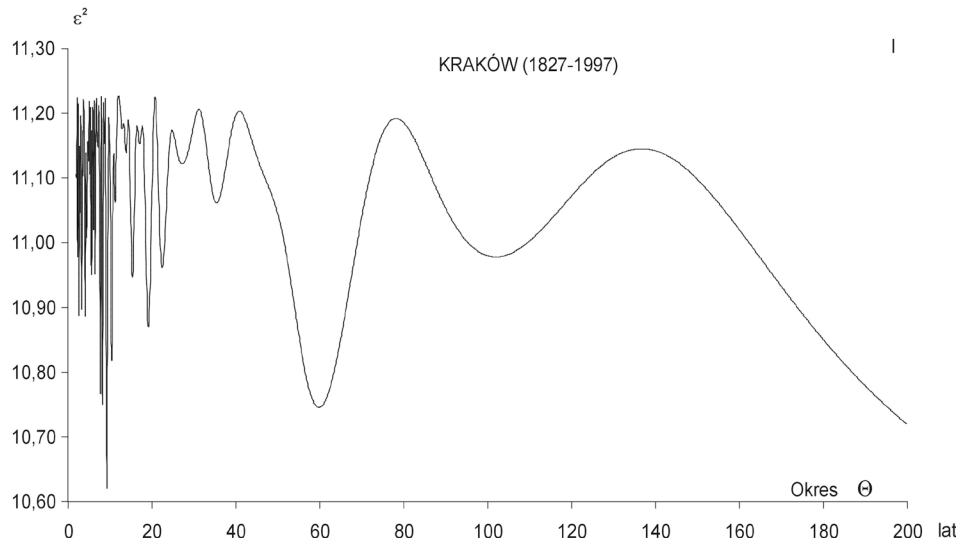
Rys. 4.11a. Widmo temperatury powietrza w Kopenhadze w latach 1768-1991  
(w paśmie 2,0-225 lat,  $\Delta\Theta = 0,1$ ) – styczeń

Fig. 4.11a. Spectrum of air temperature in Copenhagen in the years 1768-1991  
(in the strip 2.0-225 years,  $\Delta\Theta = 0.1$ ) – January



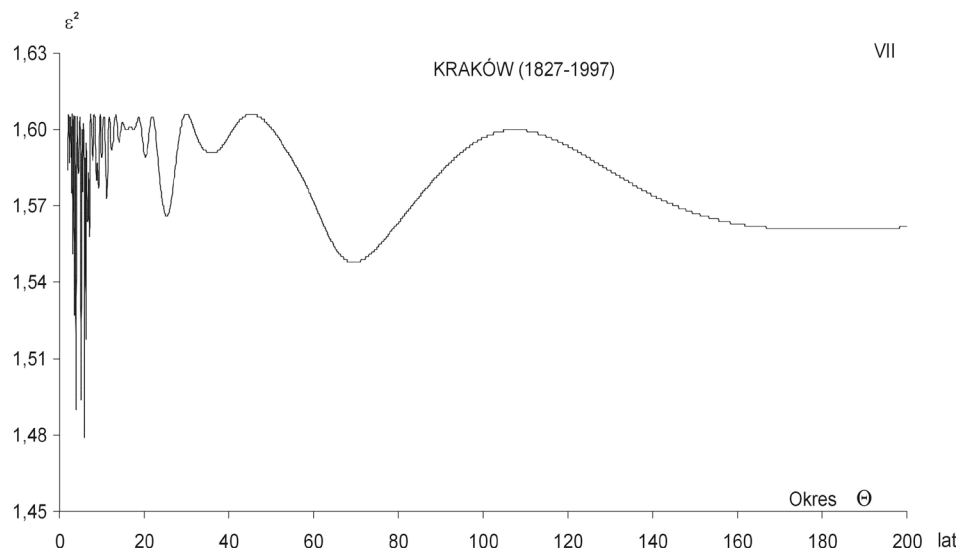
Rys. 4.11b. Widmo temperatury powietrza w Kopenhadze w latach 1768-1991  
(w paśmie 2,0-225 lat,  $\Delta\Theta = 0,1$ ) – lipiec

Fig. 4.11b Spectrum of air temperature in Copenhagen in the years 1768-1991  
(in the strip 2.0-225 years,  $\Delta\Theta = 0.1$ ) – July



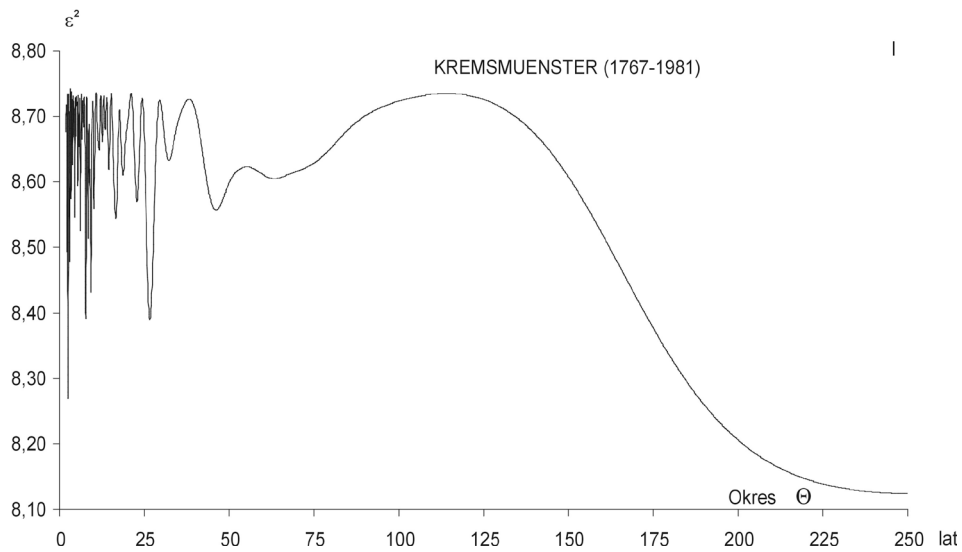
Rys. 4.12a. Widmo temperatury powietrza w Krakowie w latach 1827-1997  
(w paśmie 2,0-200 lat,  $\Delta\Theta = 0,1$ ) – styczeń

Fig. 4.12a. Spectrum of air temperature in Krakow in the years 1827-1997  
(in the strip 2.0-200 years,  $\Delta\Theta = 0.1$ ) – January



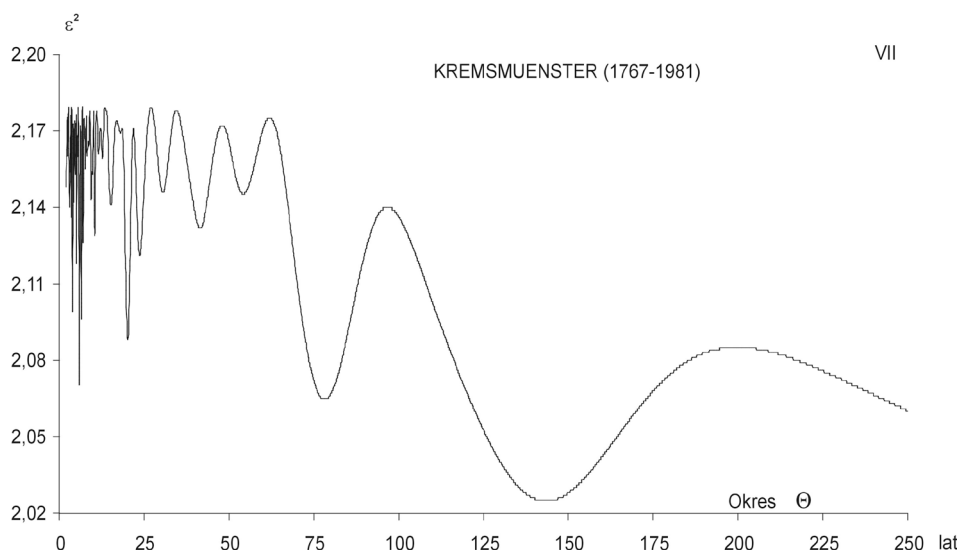
Rys. 4.12b. Widmo temperatury powietrza w Krakowie w latach 1827-1997  
(w paśmie 2,0-200 lat,  $\Delta\Theta = 0,1$ ) – lipiec

Fig. 4.12b. Spectrum of air temperature in Krakow in the years 1827-1997  
(in the strip 2.0-200 years,  $\Delta\Theta = 0.1$ ) – July



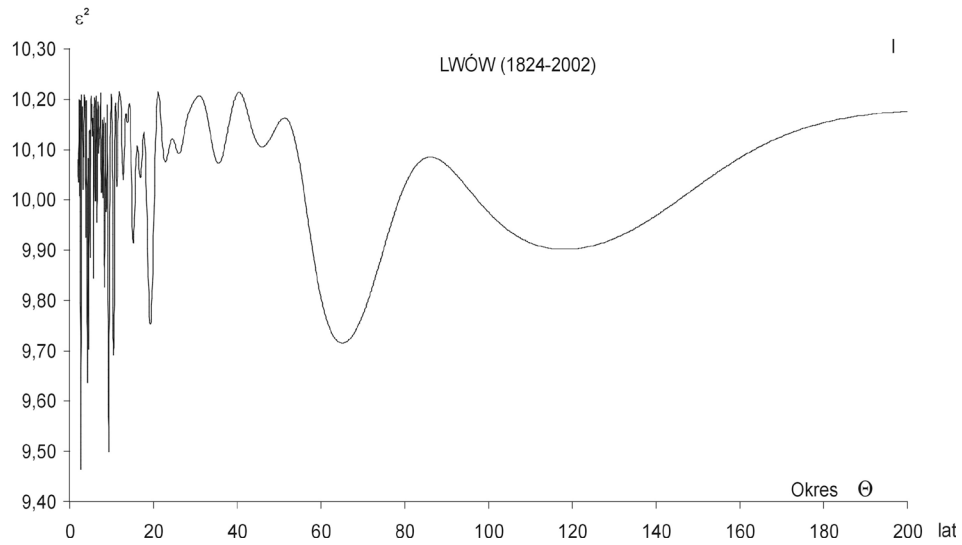
Rys. 4.13a. Widmo temperatury powietrza w Kramsmuenster w latach 1767-1981  
(w paśmie 2,0-250 lat,  $\Delta\Theta = 0,1$ ) – styczeń

Fig. 4.13a. Spectrum of air temperature in Kramsmuenster in the years 1767-1981  
(in the strip 2.0-250 years,  $\Delta\Theta = 0.1$ ) – January



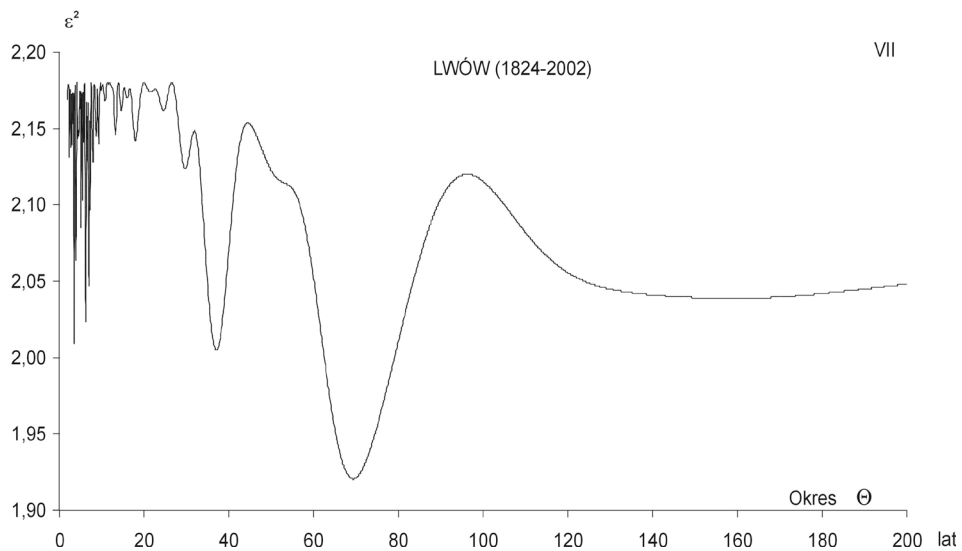
Rys. 4.13b. Widmo temperatury powietrza w Kramsmuenster w latach 1767-1981  
(w paśmie 2,0-250 lat,  $\Delta\Theta = 0,1$ ) – lipiec

Fig. 4.13b. Spectrum of air temperature in Kramsmuenster in the years 1767-1981  
(in the strip 2.0-250 years,  $\Delta\Theta = 0.1$ ) – July



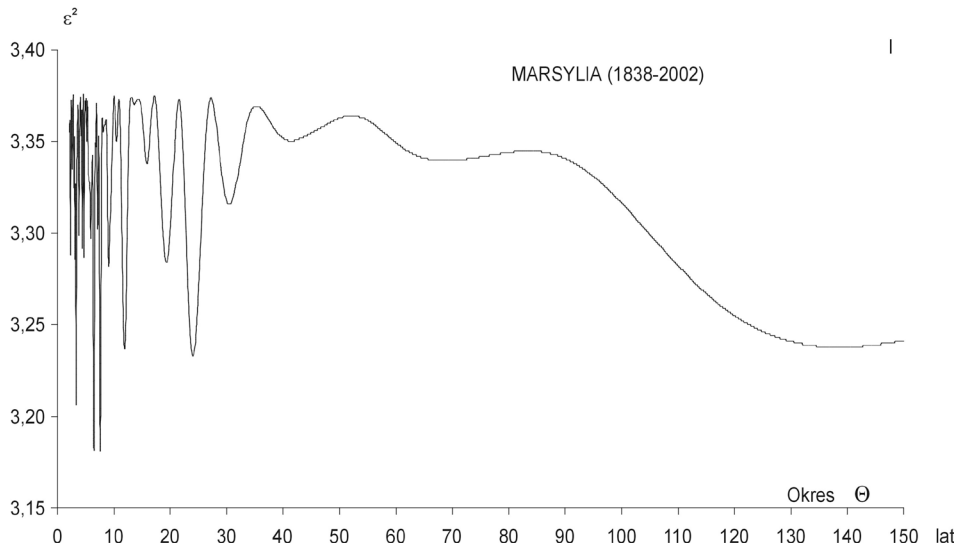
Rys. 4.14a. Widmo temperatury powietrza we Lwowie w latach 1824-2002  
(w paśmie 2,0-200 lat,  $\Delta\Theta = 0,1$ ) – styczeń

Fig. 4.14a. Spectrum of air temperature in Lwów in the years 1824-2002  
(in the strip 2.0-200 years,  $\Delta\Theta = 0.1$ ) – January



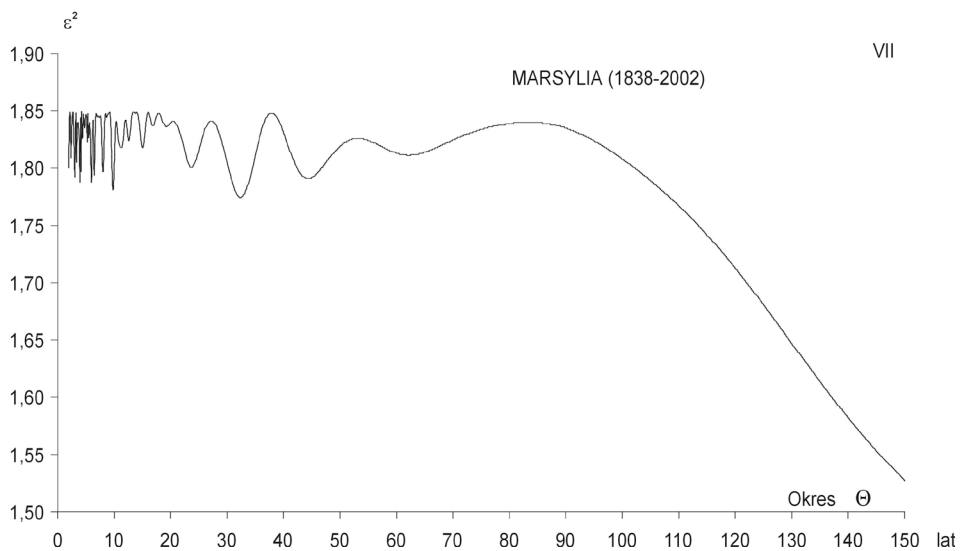
Rys. 4.14b. Widmo temperatury powietrza we Lwowie w latach 1824-2002  
(w paśmie 2,0-200 lat,  $\Delta\Theta = 0,1$ ) – lipiec

Fig. 4.14b. Spectrum of air temperature in Lwów in the years 1824-2002  
(in the strip 2.0-200 years,  $\Delta\Theta = 0.1$ ) – July



Rys. 4.15a. Widmo temperatury powietrza w Marsylii w latach 1838-2002  
(w paśmie 2,0-150 lat,  $\Delta\Theta = 0,1$ ) – styczeń

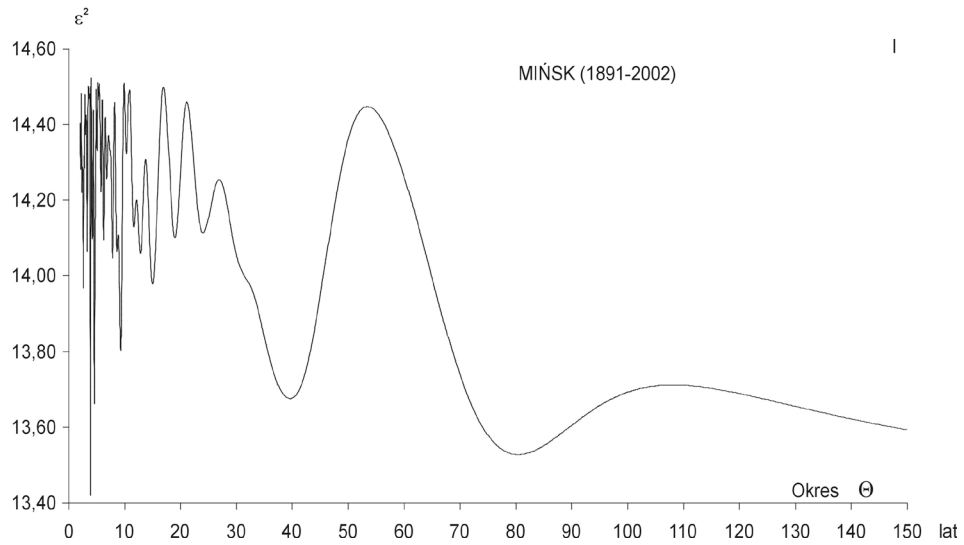
Fig. 4.15a. Spectrum of air temperature in Marsylia in the years 1838-2002  
(in the strip 2.0-150 years,  $\Delta\Theta = 0.1$ ) – January



Rys. 4.15b. Widmo temperatury powietrza w Marsylii w latach 1838-2002  
(w paśmie 2,0-150 lat,  $\Delta\Theta = 0,1$ ) – lipiec

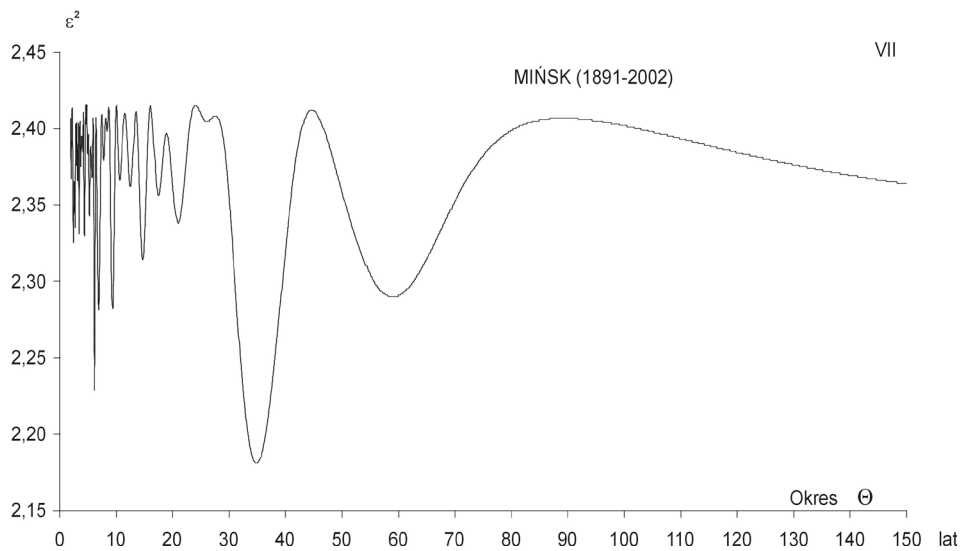
Fig. 4.15b. Spectrum of air temperature in Marsylia in the years 1838-2002  
(in the strip 2.0-150 years,  $\Delta\Theta = 0.1$ ) – July





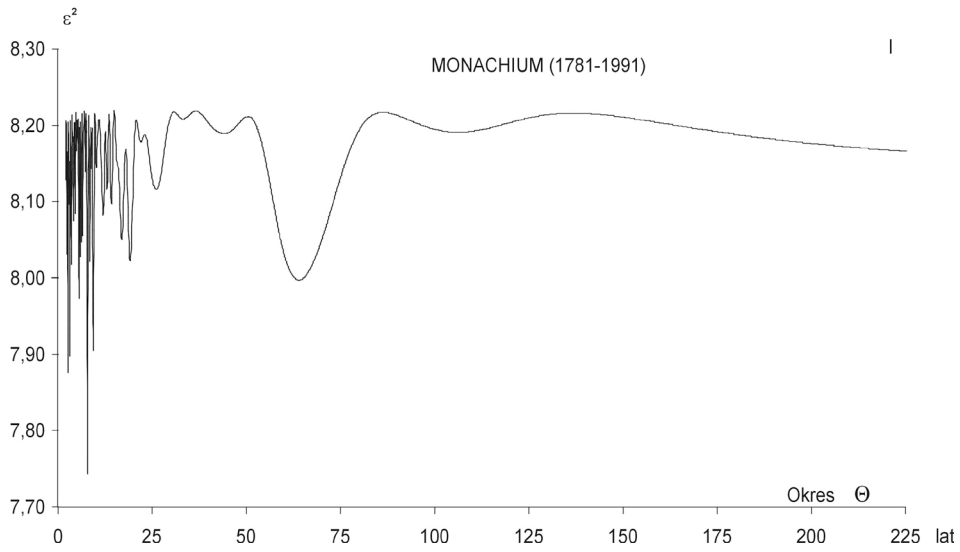
Rys. 4.16a. Widmo temperatury powietrza w Mińsku w latach 1891-2002  
(w paśmie 2,0-150 lat,  $\Delta\Theta = 0,1$ ) – styczeń

Fig. 4.16a. Spectrum of air temperature in Minsk in the years 1891-2002  
(in the strip 2.0-150 years,  $\Delta\Theta = 0.1$ ) – January



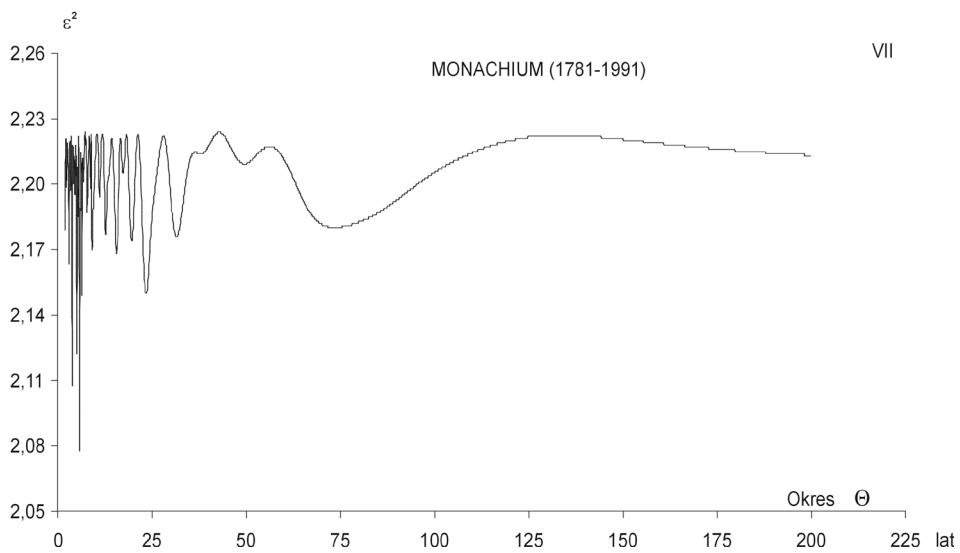
Rys. 4.16b. Widmo temperatury powietrza w Mińsku w latach 1891-2002  
(w paśmie 2,0-150 lat,  $\Delta\Theta = 0,1$ ) – lipiec

Fig. 4.16b. Spectrum of air temperature in Minsk in the years 1891-2002  
(in the strip 2.0-150 years,  $\Delta\Theta = 0.1$ ) – July



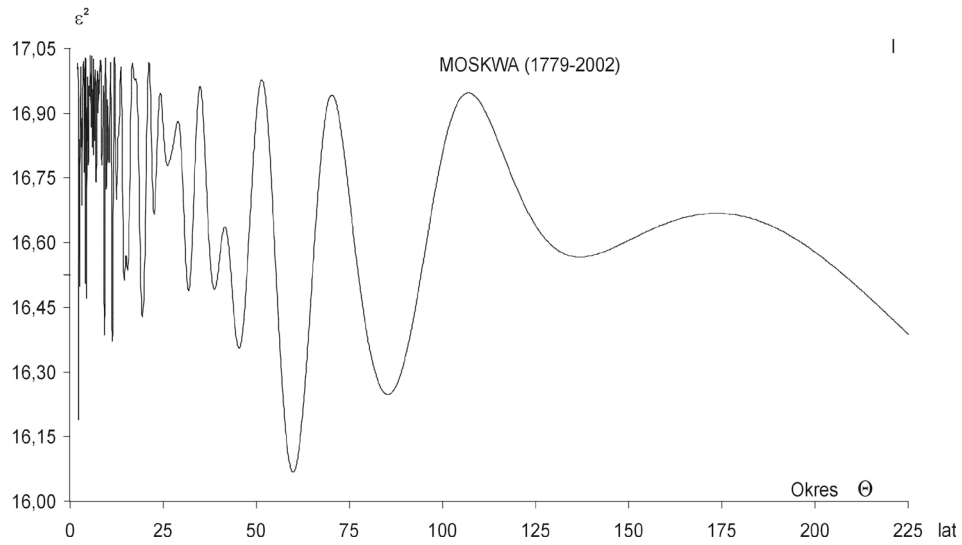
Rys. 4.17a. Widmo temperatury powietrza w Monachium w latach 1781-1991  
(w paśmie 2,0-225 lat,  $\Delta\Theta = 0,1$ ) – styczeń

Fig. 4.17a. Spectrum of air temperature in Munch in the years 1781-1991  
(in the strip 2.0-225 years,  $\Delta\Theta = 0.1$ ) – January



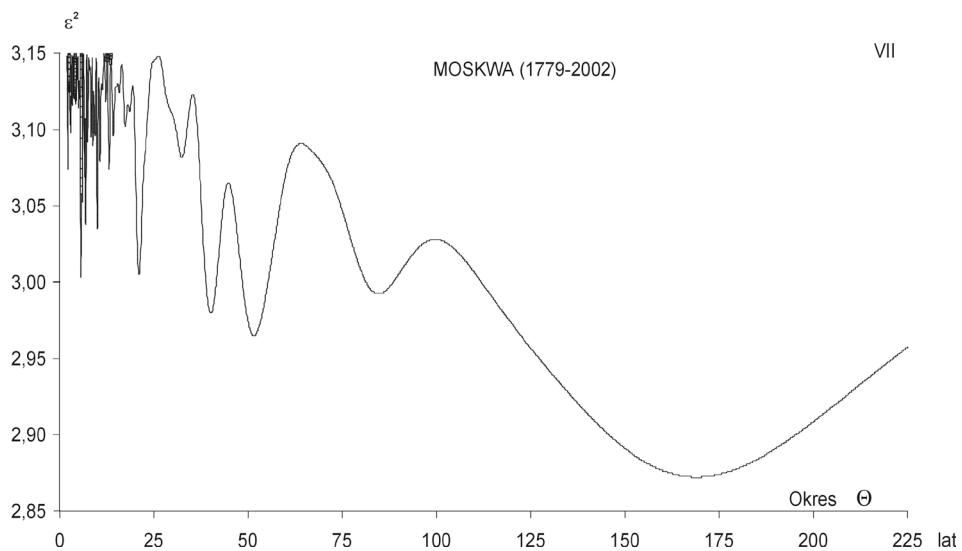
Rys. 4.17b. Widmo temperatury powietrza w Monachium w latach 1781-1991  
(w paśmie 2,0-225 lat,  $\Delta\Theta = 0,1$ ) – lipiec

Fig. 4.17b. Spectrum of air temperature in Munch in the years 1781-1991  
(in the strip 2.0-225 years,  $\Delta\Theta = 0.1$ ) – July



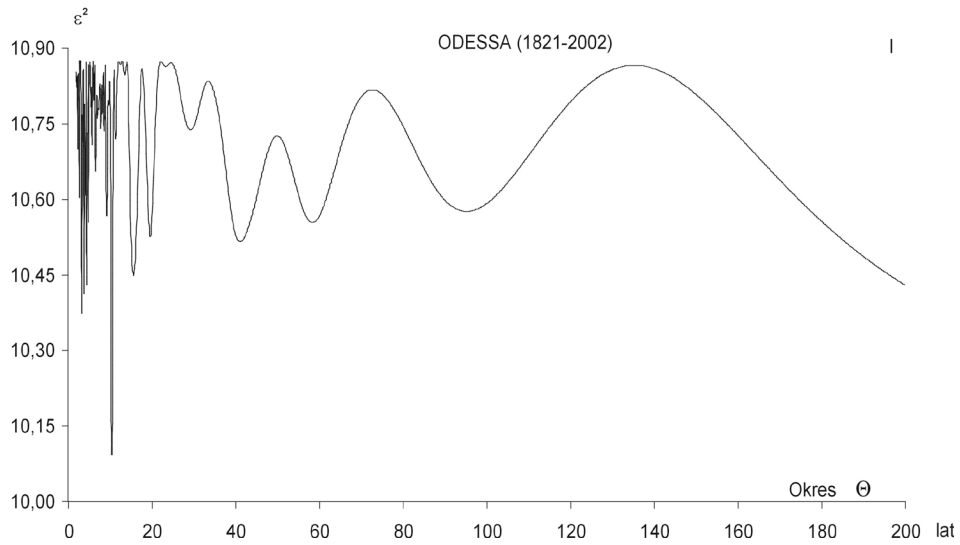
Rys. 4.18a. Widmo temperatury powietrza w Moskwie w latach 1779-2002  
(w paśmie 2,0-225 lat,  $\Delta\Theta = 0,1$ ) – styczeń

Fig. 4.18a. Spectrum of air temperature in Moscow in the years 1779-2002  
(in the strip 2.0-225 years,  $\Delta\Theta = 0.1$ ) – January



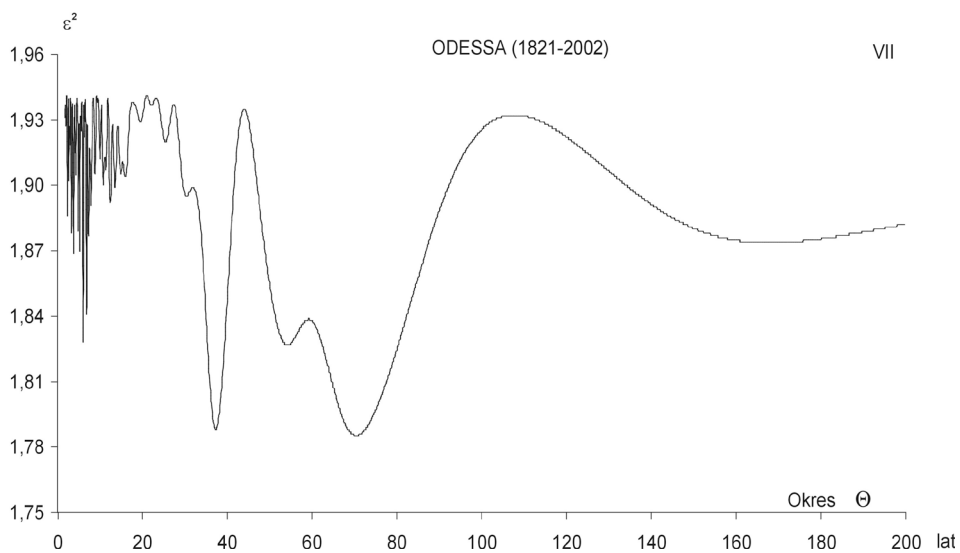
Rys. 4.18b. Widmo temperatury powietrza w Moskwie w latach 1779-2002  
(w paśmie 2,0-225 lat,  $\Delta\Theta = 0,1$ ) – lipiec

Fig. 4.18b. Spectrum of air temperature in Moscow in the years 1779-2002  
(in the strip 2.0-225 years,  $\Delta\Theta = 0.1$ ) – July



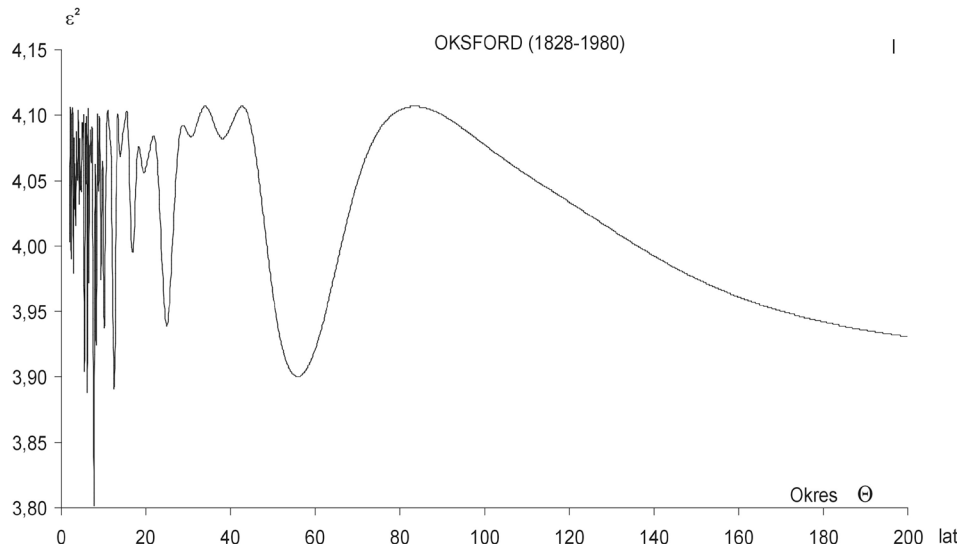
Rys. 4.19a. Widmo temperatury powietrza w Odessie w latach 1821-2002  
(w paśmie 2,0-200 lat,  $\Delta\Theta = 0,1$ ) – styczeń

Fig. 4.19a. Spectrum of air temperature in Odessa in the years 1821-2002  
(in the strip 2.0-200 years,  $\Delta\Theta = 0.1$ ) – January



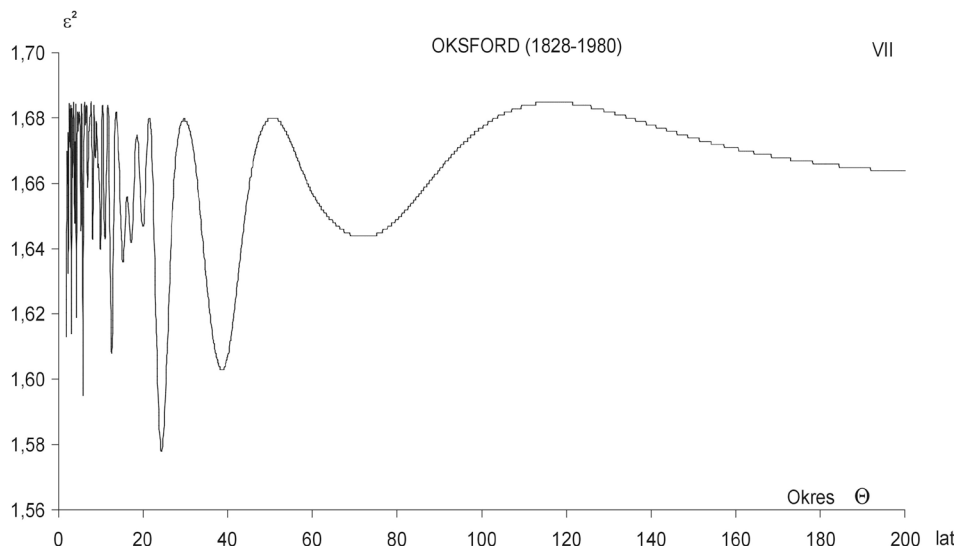
Rys. 4.19b. Widmo temperatury powietrza w Odessie w latach 1821-2002  
(w paśmie 2,0-200 lat,  $\Delta\Theta = 0,1$ ) – lipiec

Fig. 4.19b. Spectrum of air temperature in Odessa in the years 1821-2002  
(in the strip 2.0-200 years,  $\Delta\Theta = 0.1$ ) – July



Rys. 4.20a. Widmo temperatury powietrza w Oksfordzie w latach 1828-1980  
(w paśmie 2,0-200 lat,  $\Delta\Theta = 0,1$ ) – styczeń

Fig. 4.20a. Spectrum of air temperature in Oxford in the years 1828-1980  
(in the strip 2.0-200 years,  $\Delta\Theta = 0.1$ ) – January



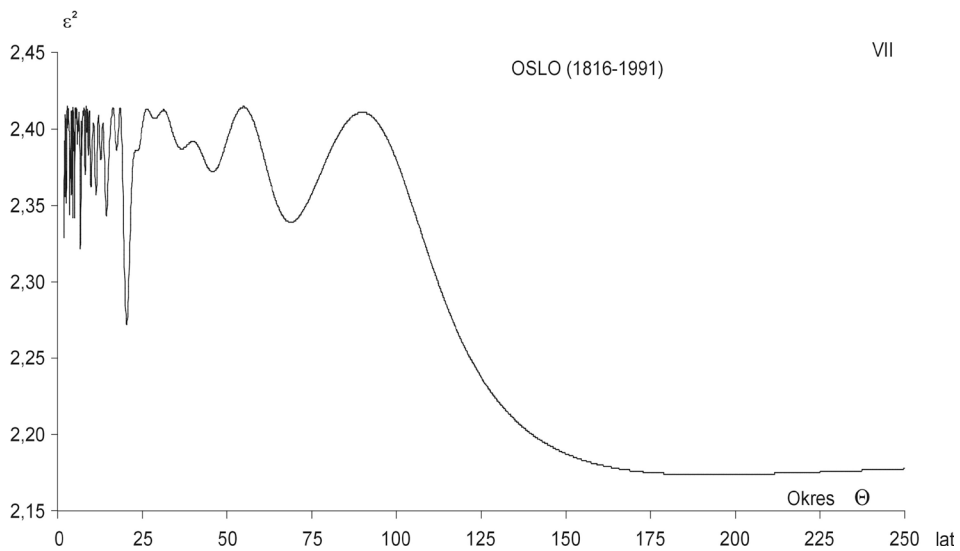
Rys. 4.20b. Widmo temperatury powietrza w Oksfordzie w latach 1828-1980  
(w paśmie 2,0-200 lat,  $\Delta\Theta = 0,1$ ) – lipiec

Fig. 4.20b. Spectrum of air temperature in Oxford in the years 1828-1980  
(in the strip 2.0-200 years,  $\Delta\Theta = 0.1$ ) – July



Rys. 4.21a. Widmo temperatury powietrza w Oslo w latach 1816-1991  
(w paśmie 2,0-250 lat,  $\Delta\Theta = 0,1$ ) – styczeń

Fig. 4.21a. Spectrum of air temperature in Oslo in the years 1816-1991  
(in the strip 2.0-250 years,  $\Delta\Theta = 0.1$ ) – January



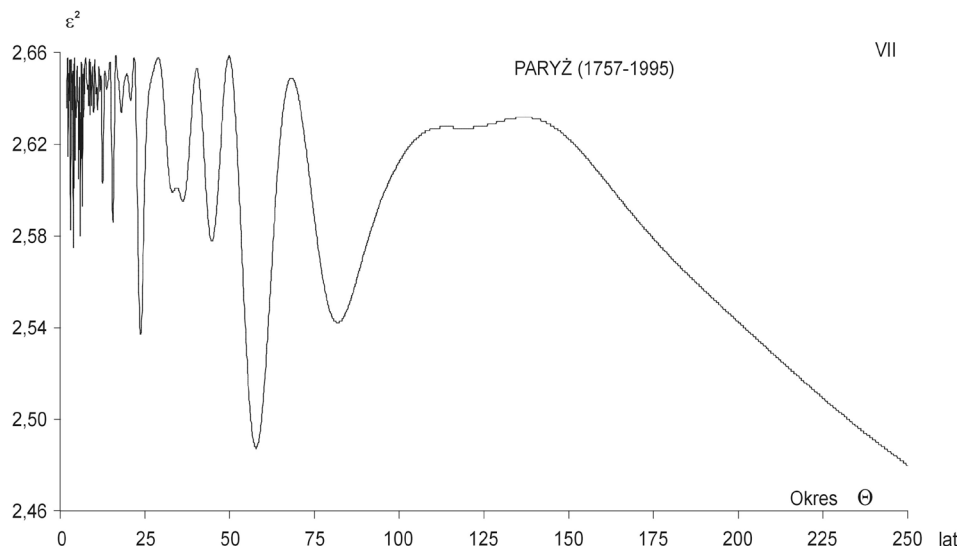
Rys. 4.21b. Widmo temperatury powietrza w Oslo w latach 1816-1991  
(w paśmie 2,0-250 lat,  $\Delta\Theta = 0,1$ ) – lipiec

Fig. 4.21b. Spectrum of air temperature in Oslo in the years 1816-1991  
(in the strip 2.0-250 years,  $\Delta\Theta = 0.1$ ) – July



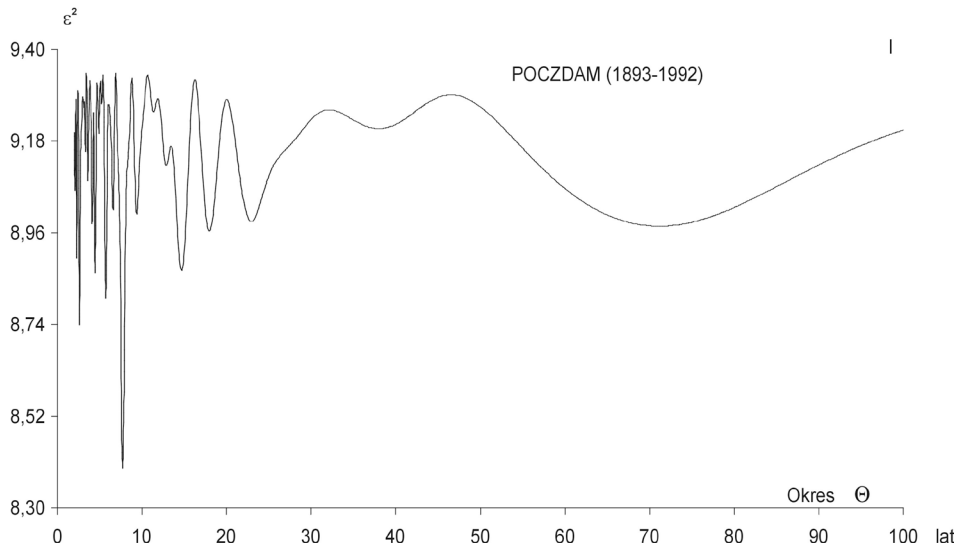
Rys. 4.22a. Widmo temperatury powietrza w Paryżu w latach 1757-1995  
(w paśmie 2,0-250 lat,  $\Delta\Theta = 0,1$ ) – styczeń

Fig. 4.22a. Spectrum of air temperature in Paris in the years 1757-1995  
(in the strip 2.0-250 years,  $\Delta\Theta = 0.1$ ) – January



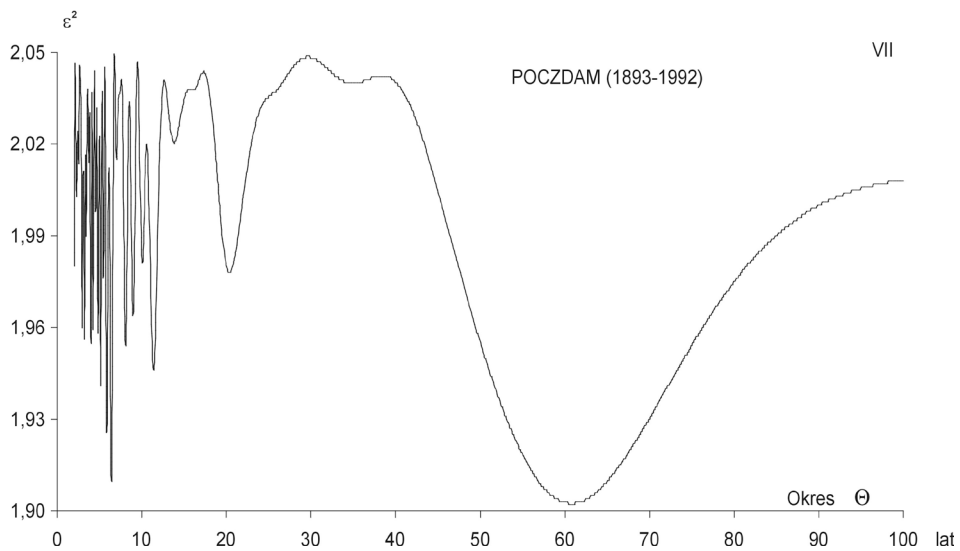
Rys. 4.22b. Widmo temperatury powietrza w Paryżu w latach 1757-1995  
(w paśmie 2,0-250 lat,  $\Delta\Theta = 0,1$ ) – lipiec

Fig. 4.22b. Spectrum of air temperature in Paris in the years 1757-1995  
(in the strip 2.0-250 years,  $\Delta\Theta = 0.1$ ) – July



Rys. 4.23a. Widmo temperatury powietrza w Poczdamie w latach 1894-1992  
(w paśmie 2,0-100 lat,  $\Delta\Theta = 0,1$ ) – styczeń

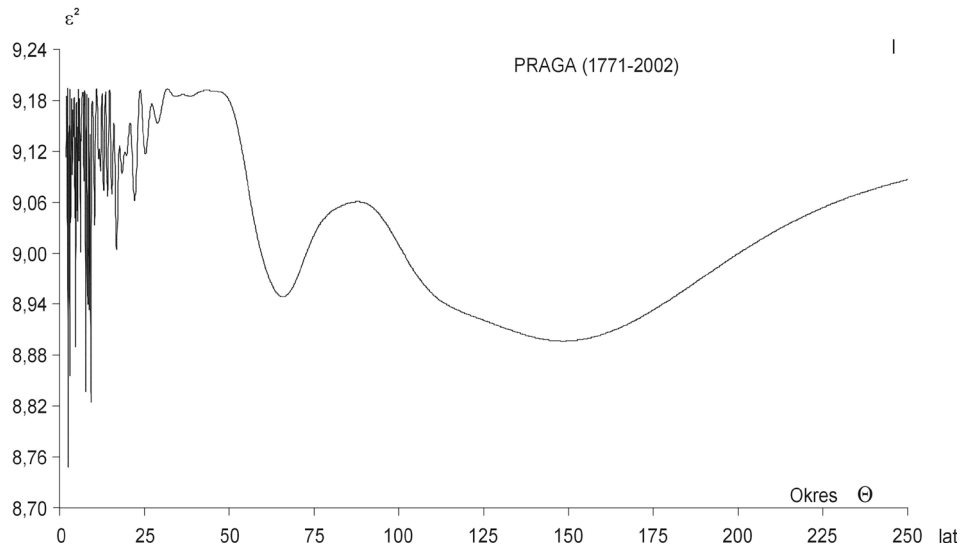
Fig. 4.23a. Spectrum of air temperature in Potsdam in the years 1894-1992  
(in the strip 2.0-100 years,  $\Delta\Theta = 0.1$ ) – January



Rys. 4.23b. Widmo temperatury powietrza w Poczdamie w latach 1894-1992  
(w paśmie 2,0-100 lat,  $\Delta\Theta = 0,1$ ) – styczeń

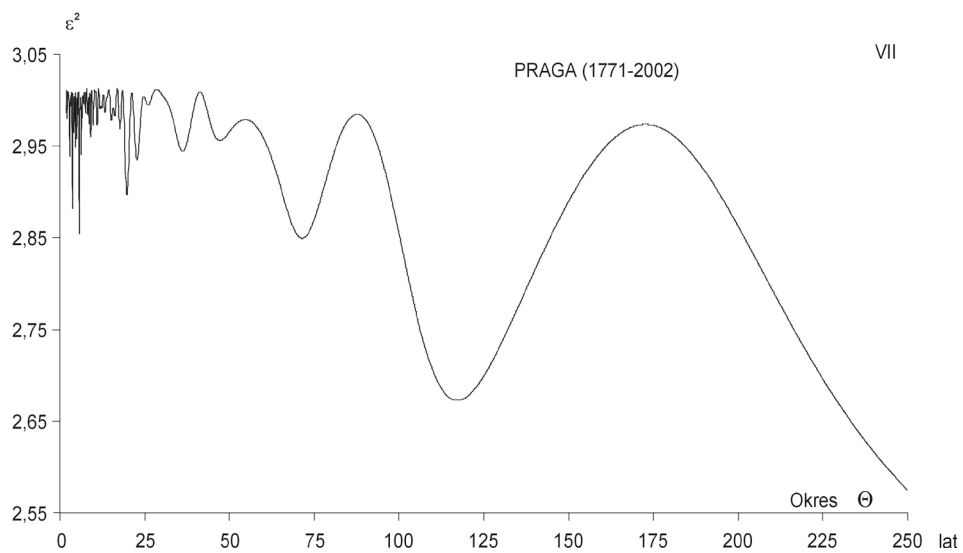
Fig. 4.23b. Spectrum of air temperature in Potsdam in the years 1894-1992  
(in the strip 2.0-100 years,  $\Delta\Theta = 0.1$ ) – January





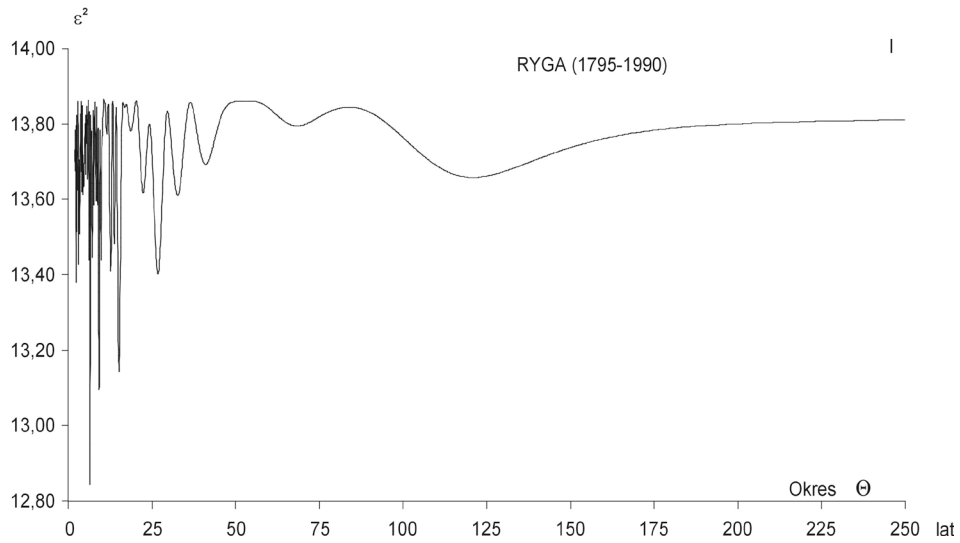
Rys. 4.24a. Widmo temperatury powietrza w Pradze w latach 1771-2002  
(w paśmie 2,0-250 lat,  $\Delta\Theta = 0,1$ ) – styczeń

Fig. 4.24a. Spectrum of air temperature in Prague in the years 1771-2002  
(in the strip 2.0-250 years,  $\Delta\Theta = 0.1$ ) – January



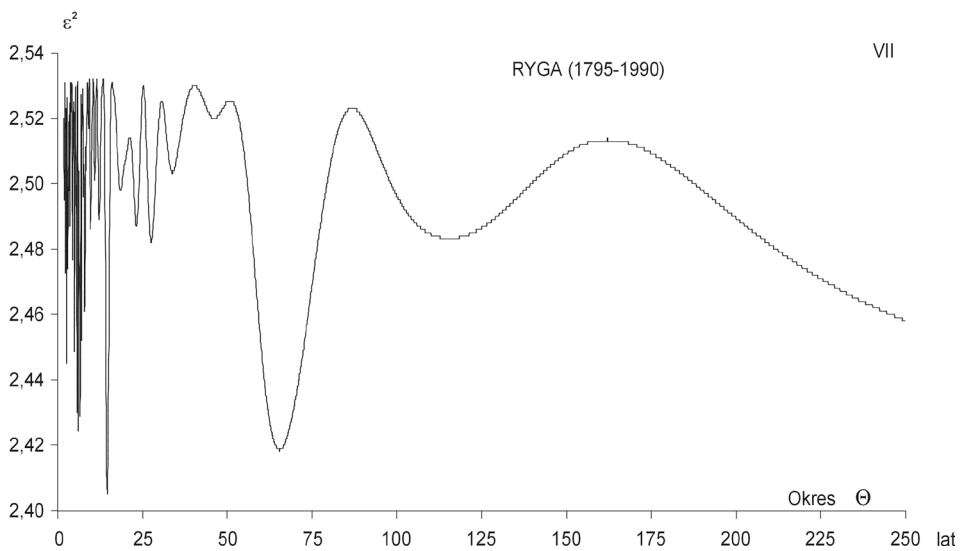
Rys. 4.24b. Widmo temperatury powietrza w Pradze w latach 1771-2002  
(w paśmie 2,0-250 lat,  $\Delta\Theta = 0,1$ ) – lipiec

Fig. 4.24b. Spectrum of air temperature in Prague in the years 1771-2002  
(in the strip 2.0-250 years,  $\Delta\Theta = 0.1$ ) – July



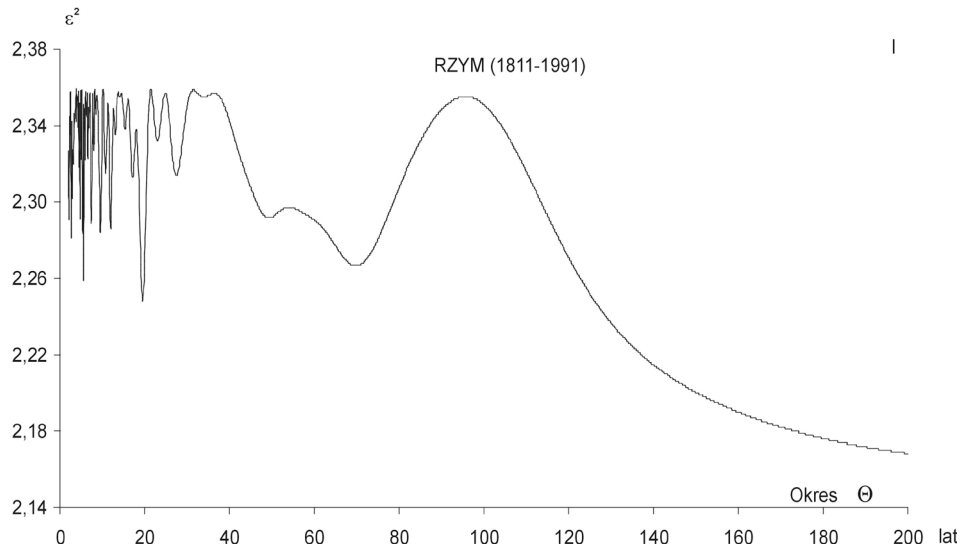
Rys. 4.25a. Widmo temperatury powietrza w Rydze w latach 1795-1990  
(w paśmie 2,0-250 lat,  $\Delta\Theta = 0,1$ ) – styczeń

Fig. 4.25a. Spectrum of air temperature in Ryga in the years 1795-1990  
(in the strip 2.0-250 years,  $\Delta\Theta = 0.1$ ) – January



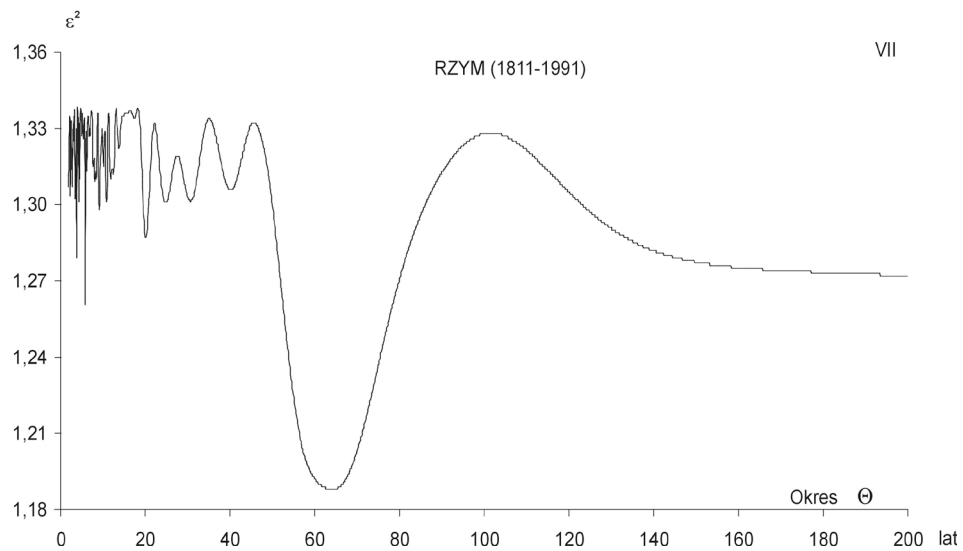
Rys. 4.25b. Widmo temperatury powietrza w Rydze w latach 1795-1990  
(w paśmie 2,0-250 lat,  $\Delta\Theta = 0,1$ ) – lipiec

Fig. 4.25b. Spectrum of air temperature in Ryga in the years 1795-1990  
(in the strip 2.0-250 years,  $\Delta\Theta = 0.1$ ) – July



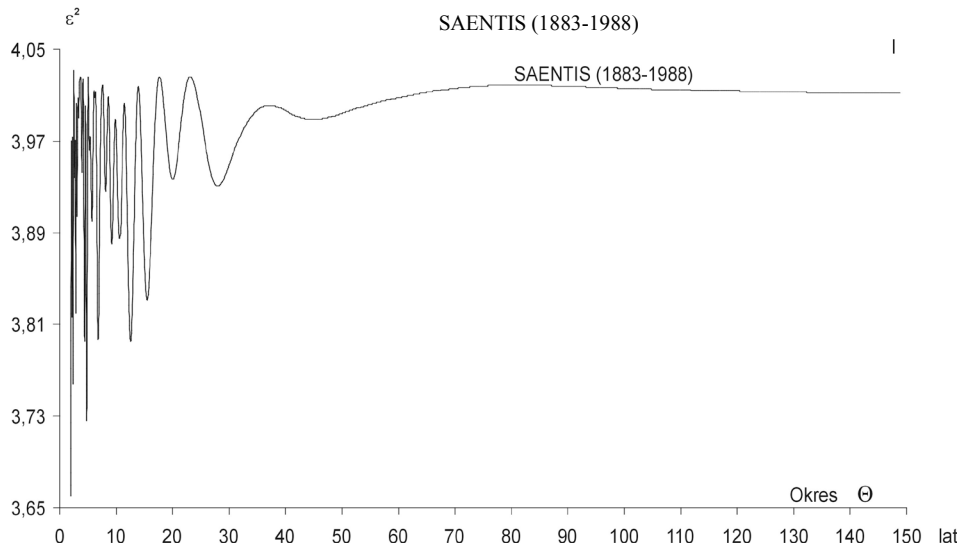
Rys. 4.26a. Widmo temperatury powietrza w Rzymie w latach 1811-1991  
(w paśmie 2,0-200 lat,  $\Delta\Theta = 0,1$ ) – styczeń

Fig. 4.26a. Spectrum of air temperature in Rome in the years 1811-1991  
(in the strip 2.0-200 years,  $\Delta\Theta = 0.1$ ) – January



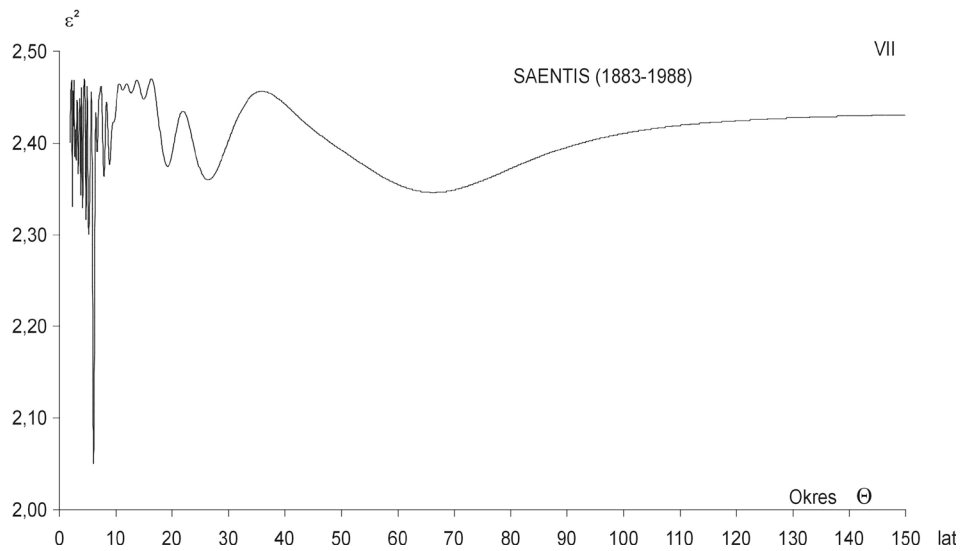
Rys. 4.26b. Widmo temperatury powietrza w Rzymie w latach 1811-1991  
(w paśmie 2,0-200 lat,  $\Delta\Theta = 0,1$ ) – lipiec

Fig. 4.26b. Spectrum of air temperature in Rome in the years 1811-1991  
(in the strip 2.0-200 years,  $\Delta\Theta = 0.1$ ) – July



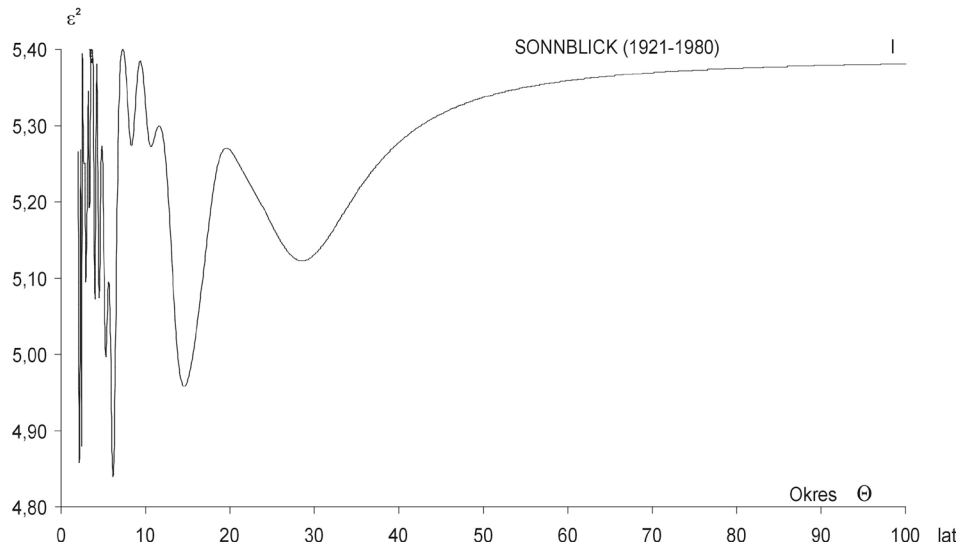
Rys. 4.27a. Widmo temperatury powietrza w Seantis w latach 1883-1988  
(w paśmie 2,0-150 lat,  $\Delta\Theta = 0,1$ ) – styczeń

Fig. 4.27a. Spectrum of air temperature in Seantis in the years 1883-1988  
(in the strip 2.0-150 years,  $\Delta\Theta = 0.1$ ) – January

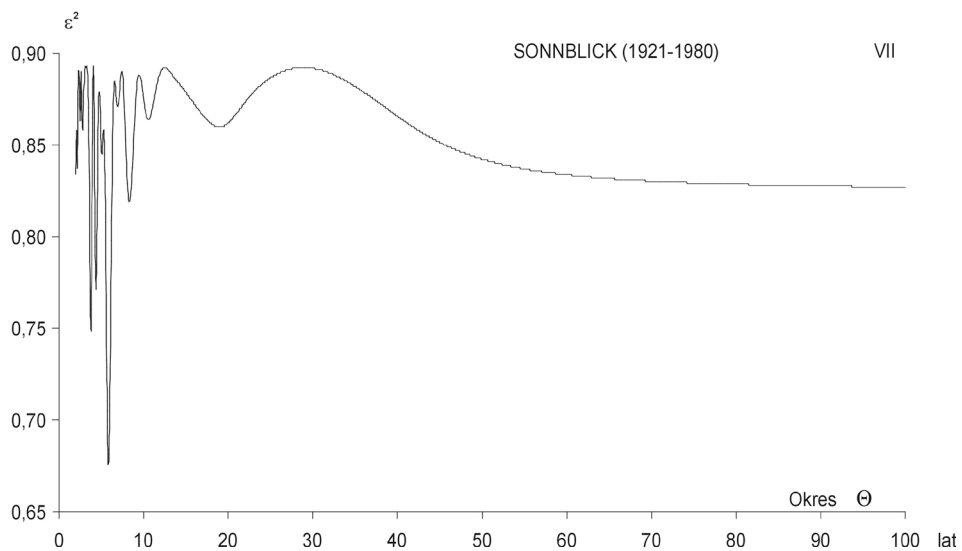


Rys. 4.27b. Widmo temperatury powietrza w Seantis w latach 1883-1988  
(w paśmie 2,0-150 lat,  $\Delta\Theta = 0,1$ ) – lipiec

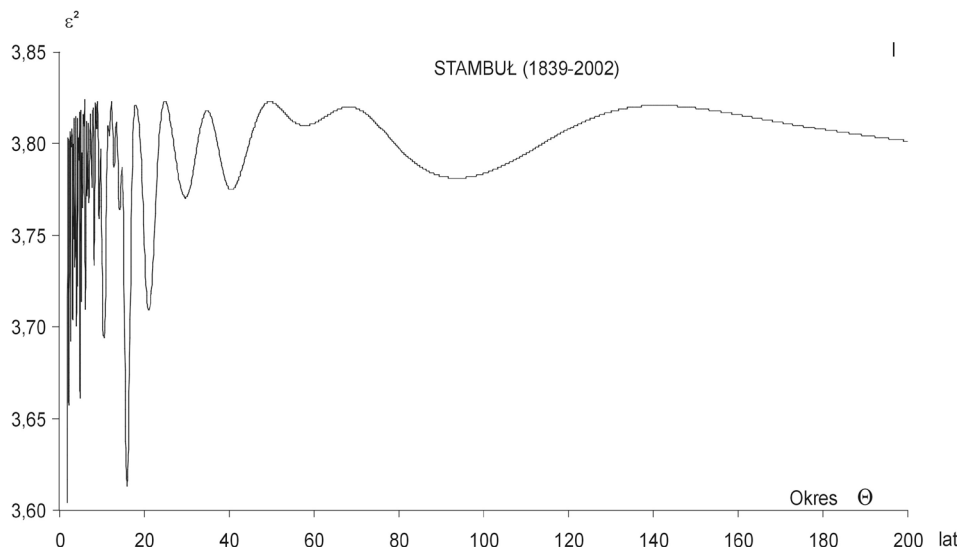
Fig. 4.27b. Spectrum of air temperature in Seantis in the years 1883-1988  
(in the strip 2.0-150 years,  $\Delta\Theta = 0.1$ ) – July



Rys. 4.28a. Widmo temperatury powietrza w Sonnblick w latach 1921-1980  
 (w paśmie 2,0-100 lat,  $\Delta\Theta = 0,1$ ) – styczeń  
 Fig. 4.28a. Spectrum of air temperature in Sonnblick in the years 1921-1980  
 (in the strip 2.0-100 years,  $\Delta\Theta = 0.1$ ) – January

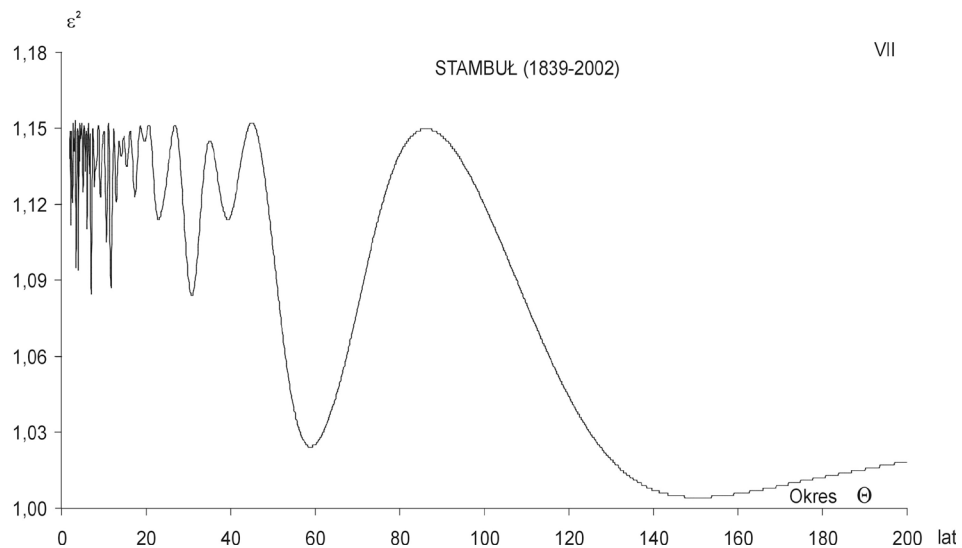


Rys. 4.28b. Widmo temperatury powietrza w Sonnblick w latach 1921-1980  
 (w paśmie 2,0-100 lat,  $\Delta\Theta = 0,1$ ) – lipiec  
 Fig. 4.28b. Spectrum of air temperature in Sonnblick in the years 1921-1980  
 (in the strip 2.0-100 years,  $\Delta\Theta = 0.1$ ) – July



Rys. 4.29a. Widmo temperatury powietrza w Stambuł w latach 1839-2002  
(w paśmie 2,0-200 lat,  $\Delta\Theta = 0,1$ ) – styczeń

Fig. 4.29a. Spectrum of air temperature in Stamboul in the years 1839-2002  
(in the strip 2.0-200 years,  $\Delta\Theta = 0.1$ ) – January



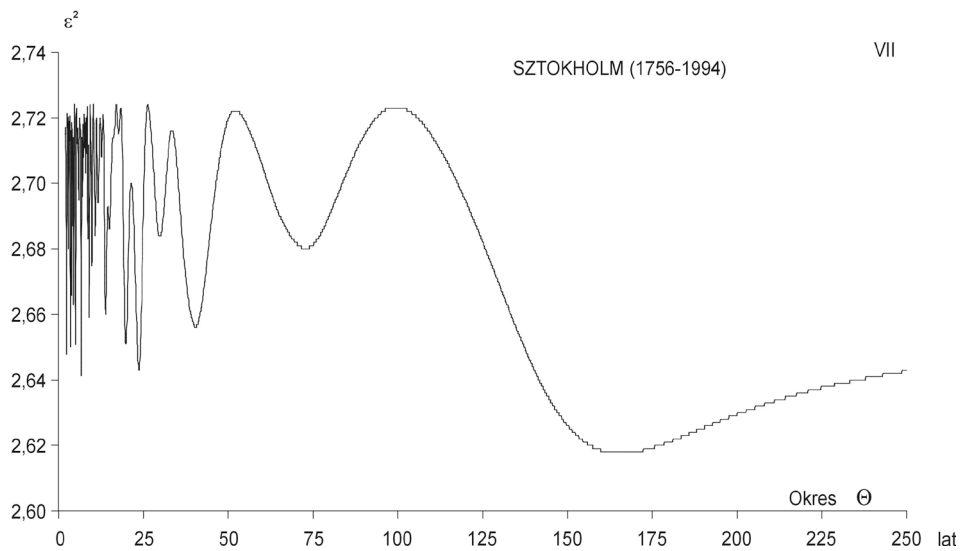
Rys. 4.29b. Widmo temperatury powietrza w Stambuł w latach 1839-2002  
(w paśmie 2,0-200 lat,  $\Delta\Theta = 0,1$ ) – lipiec

Fig. 4.29b. Spectrum of air temperature in Stamboul in the years 1839-2002  
(in the strip 2.0-200 years,  $\Delta\Theta = 0.1$ ) – July



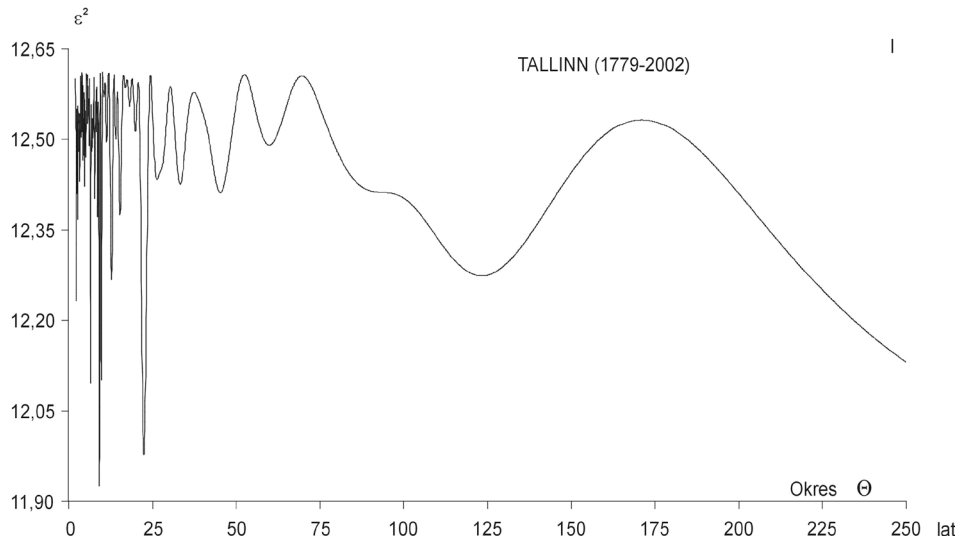
Rys. 4.30a. Widmo temperatury powietrza w Sztokholmie w latach 1756-1994  
(w paśmie 2,0-250 lat,  $\Delta\Theta = 0,1$ ) – styczeń

Fig. 4.30a. Spectrum of air temperature in Stockholm in the years 1756-1994  
(in the strip 2.0-250 years,  $\Delta\Theta = 0.1$ ) – January



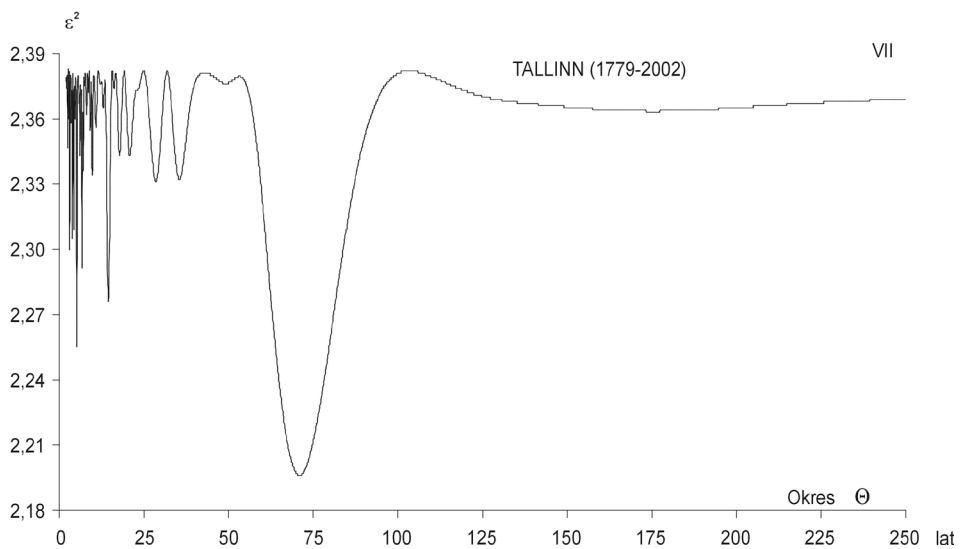
Rys. 4.30b. Widmo temperatury powietrza w Sztokholmie w latach 1756-1994  
(w paśmie 2,0-250 lat,  $\Delta\Theta = 0,1$ ) – lipiec

Fig. 4.30b. Spectrum of air temperature in Stockholm in the years 1756-1994  
(in the strip 2.0-250 years,  $\Delta\Theta = 0.1$ ) – July



Rys. 4.31a. Widmo temperatury powietrza w Tallinnie w latach 1779-2002  
(w paśmie 2,0-250 lat,  $\Delta\Theta = 0,1$ ) – styczeń

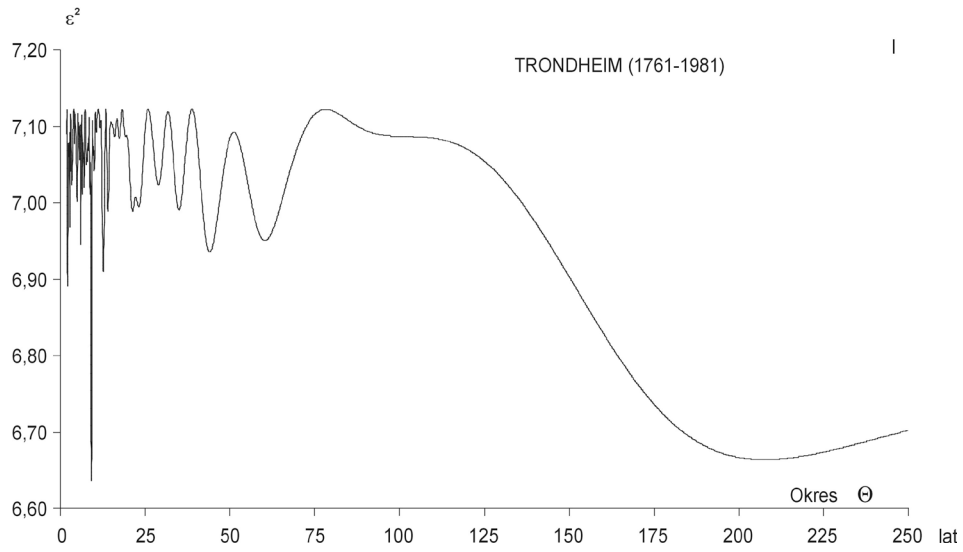
Fig. 4.31a. Spectrum of air temperature in Tallinn in the years 1779-2002  
(in the strip 2.0-250 years,  $\Delta\Theta = 0.1$ ) – January



Rys. 4.31b. Widmo temperatury powietrza w Tallinnie w latach 1779-2002  
(w paśmie 2,0-250 lat,  $\Delta\Theta = 0,1$ ) – lipiec

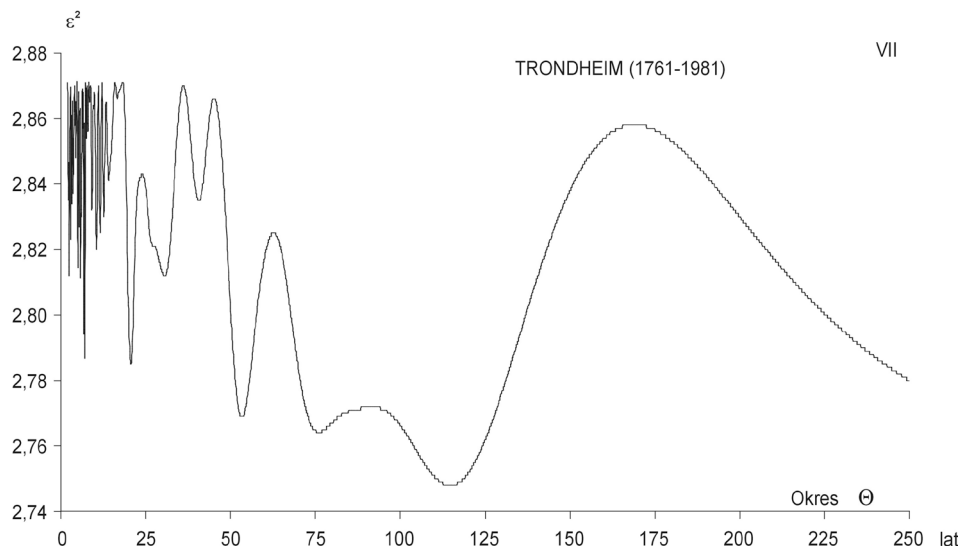
Fig. 4.31b. Spectrum of air temperature in Tallinn in the years 1779-2002  
(in the strip 2.0-250 years,  $\Delta\Theta = 0.1$ ) – July





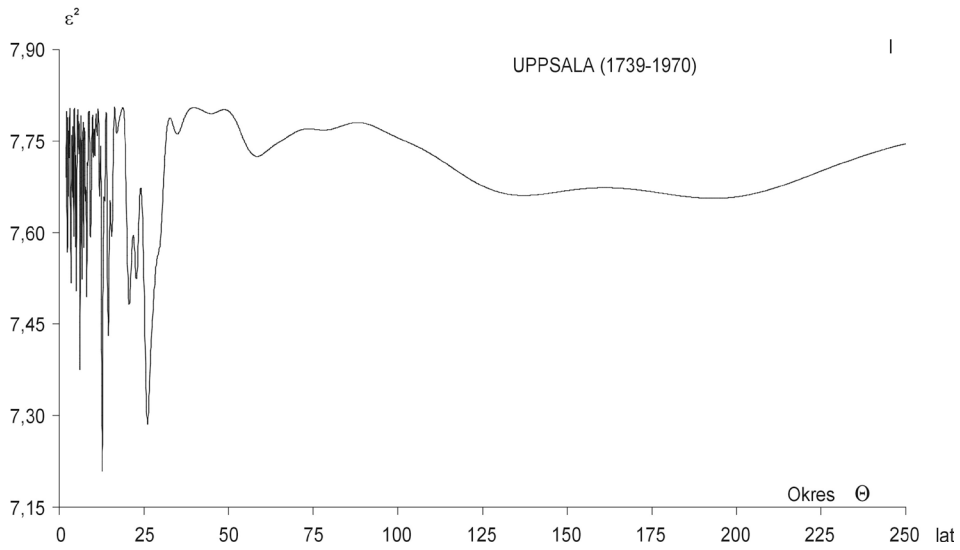
Rys. 4.32a. Widmo temperatury powietrza w Trondheim w latach 1761-1981  
(w paśmie 2,0-250 lat,  $\Delta\Theta = 0,1$ ) – styczeń

Fig. 4.32a. Spectrum of air temperature in Trondheim in the years 1761-1981  
(in the strip 2.0-250 years,  $\Delta\Theta = 0.1$ ) – January



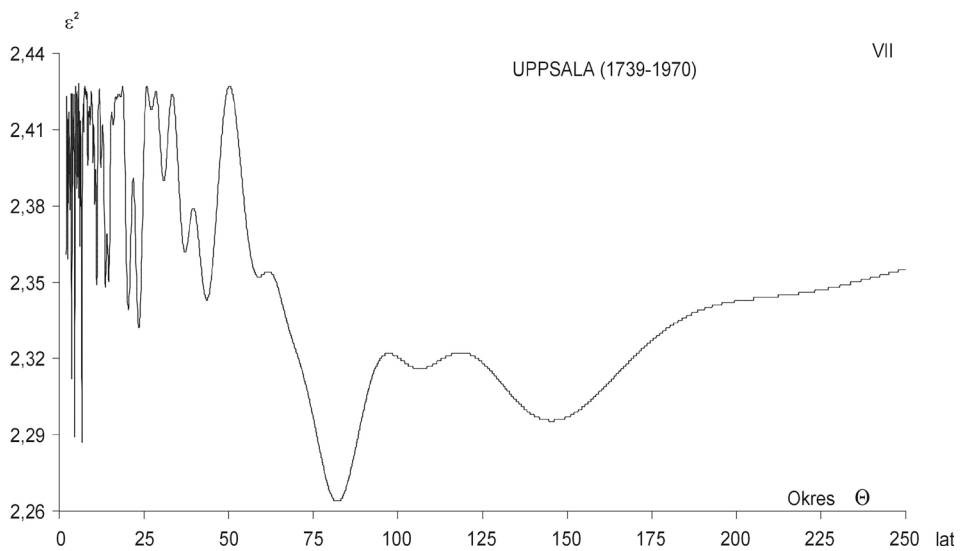
Rys. 4.32b. Widmo temperatury powietrza w Trondheim w latach 1761-1981  
(w paśmie 2,0-250 lat,  $\Delta\Theta = 0,1$ ) – lipiec

Fig. 4.32b. Spectrum of air temperature in Trondheim in the years 1761-1981  
(in the strip 2.0-250 years,  $\Delta\Theta = 0.1$ ) – July



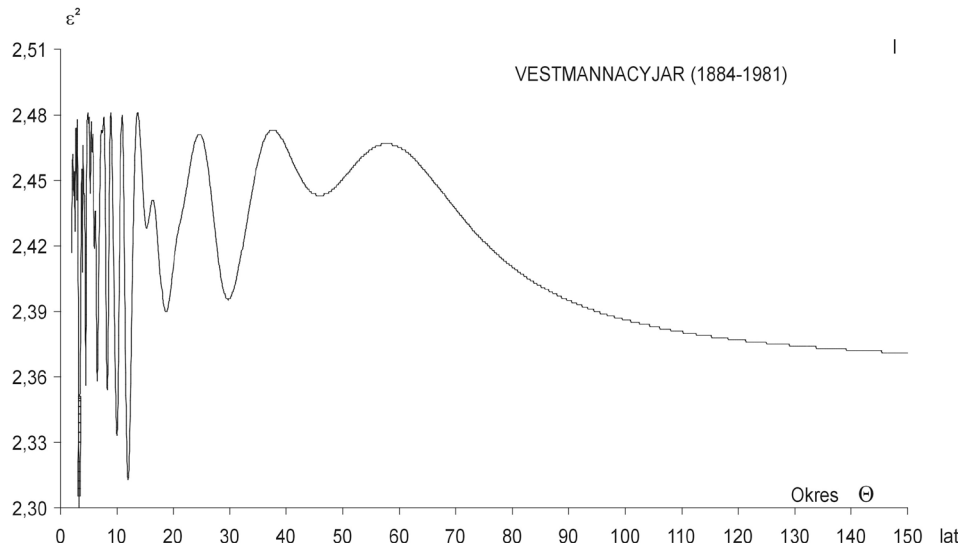
Rys. 4.33a. Widmo temperatury powietrza w Uppsali w latach 1739-1970  
(w paśmie 2,0-250 lat,  $\Delta\Theta = 0,1$ ) – styczeń

Fig. 4.33a. Spectrum of air temperature in Uppsala in the years 1739-1970  
(in the strip 2.0-250 years,  $\Delta\Theta = 0.1$ ) – January



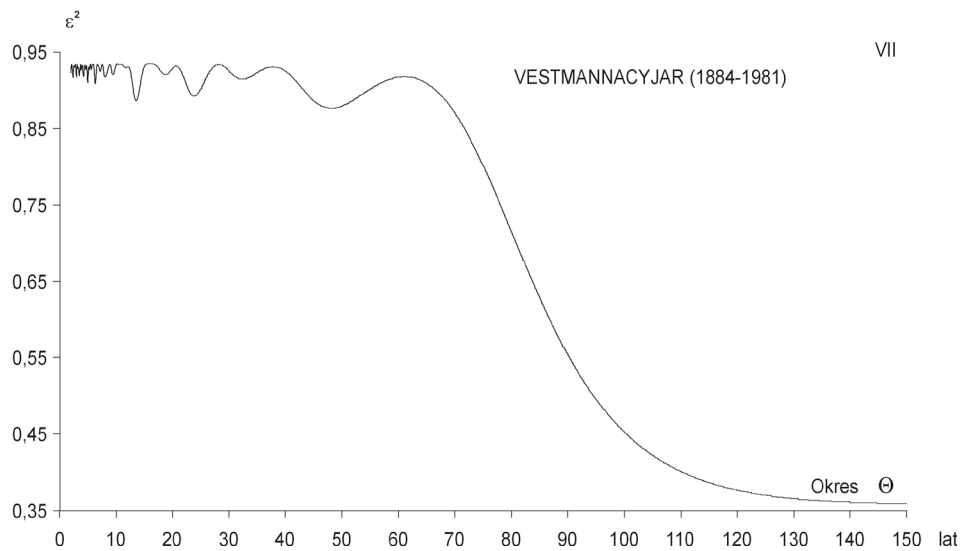
Rys. 4.33b. Widmo temperatury powietrza w Uppsali w latach 1739-1970  
(w paśmie 2,0-250 lat,  $\Delta\Theta = 0,1$ ) – lipiec

Fig. 4.33b. Spectrum of air temperature in Uppsala in the years 1739-1970  
(in the strip 2.0-250 years,  $\Delta\Theta = 0.1$ ) – July



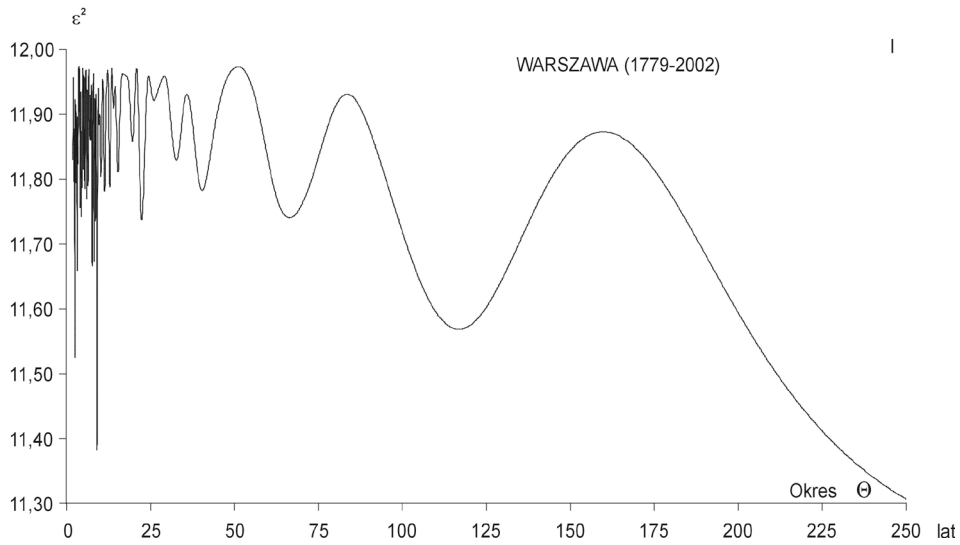
Rys. 4.34a. Widmo temperatury powietrza w Vestmannaeyjar w latach 1884-1981  
(w paśmie 2,0-150 lat,  $\Delta\Theta = 0,1$ ) – styczeń

Fig. 4.34a. Spectrum of air temperature in Vestmannaeyjar in the years 1884-1981  
(in the strip 2.0-150 years,  $\Delta\Theta = 0.1$ ) – January



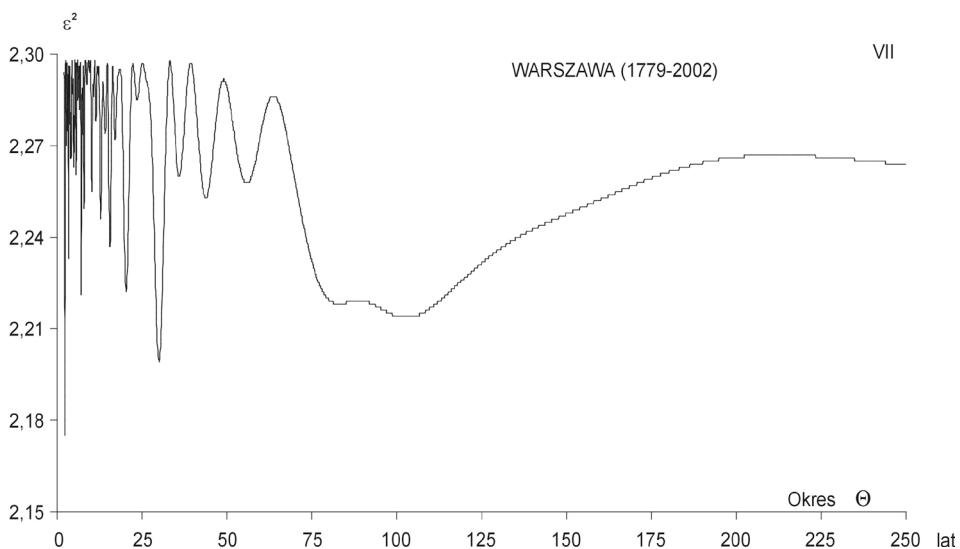
Rys. 4.34b. Widmo temperatury powietrza w Vestmannaeyjar w latach 1884-1981  
(w paśmie 2,0-150 lat,  $\Delta\Theta = 0,1$ ) – lipiec

Fig. 4.34b. Spectrum of air temperature in Vestmannaeyjar in the years 1884-1981  
(in the strip 2.0-150 years,  $\Delta\Theta = 0.1$ ) – July



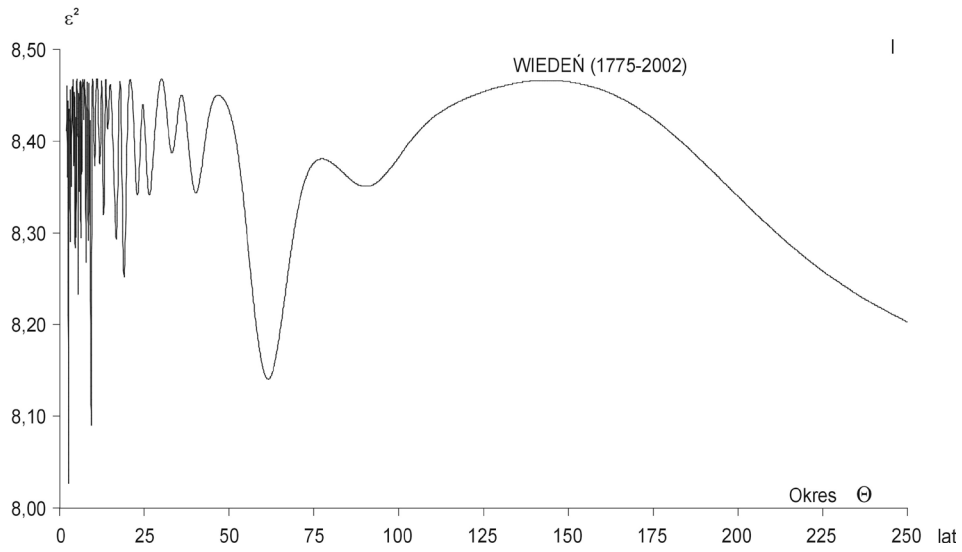
Rys. 4.35a. Widmo temperatury powietrza w Warszawie w latach 1779-1998  
(w paśmie 2,0-250 lat,  $\Delta\Theta = 0,1$ ) – styczeń

Fig. 4.35a. Spectrum of air temperature in Warsaw in the years 1779-1998  
(in the strip 2.0-250 years,  $\Delta\Theta = 0.1$ ) – January



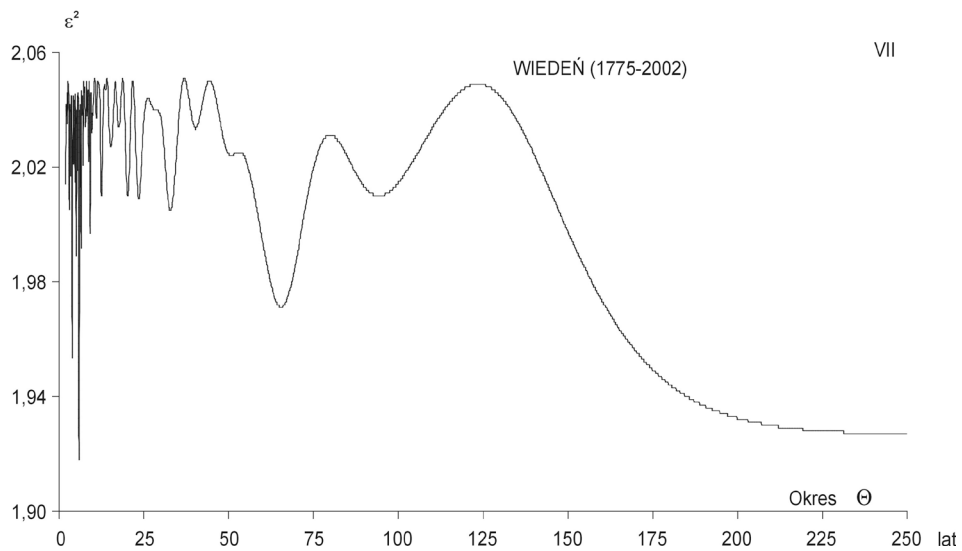
Rys. 4.35b. Widmo temperatury powietrza w Warszawie w latach 1779-1998  
(w paśmie 2,0-250 lat,  $\Delta\Theta = 0,1$ ) – lipiec

Fig. 4.35b. Spectrum of air temperature in Warsaw in the years 1779-1998  
(in the strip 2.0-250 years,  $\Delta\Theta = 0.1$ ) – July



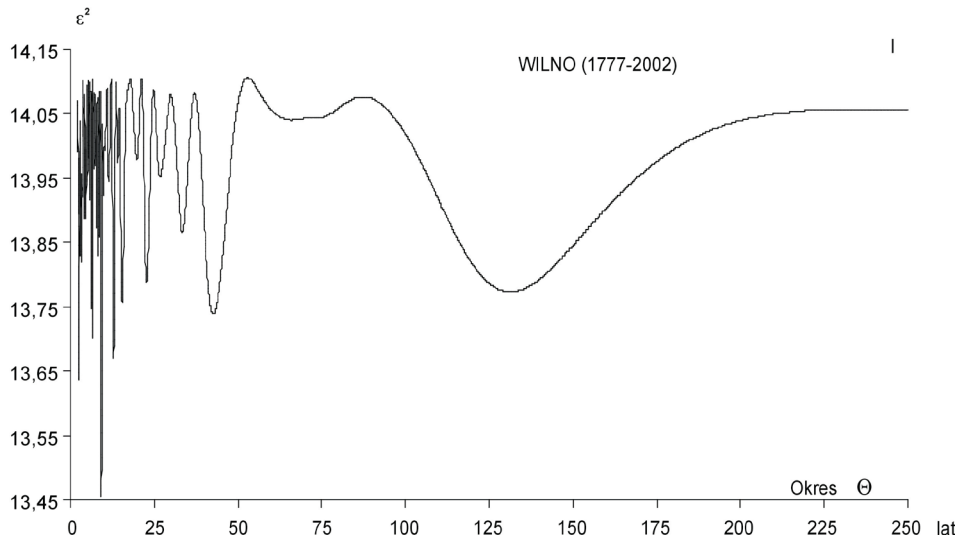
Rys. 4.36a. Widmo temperatury powietrza w Wiedniu w latach 1775-2002  
(w paśmie 2,0-250 lat,  $\Delta\Theta = 0,1$ ) – styczeń

Fig. 4.36a. Spectrum of air temperature in Vienna in the years 1775-2002  
(in the strip 2.0-250 years,  $\Delta\Theta = 0.1$ ) – January



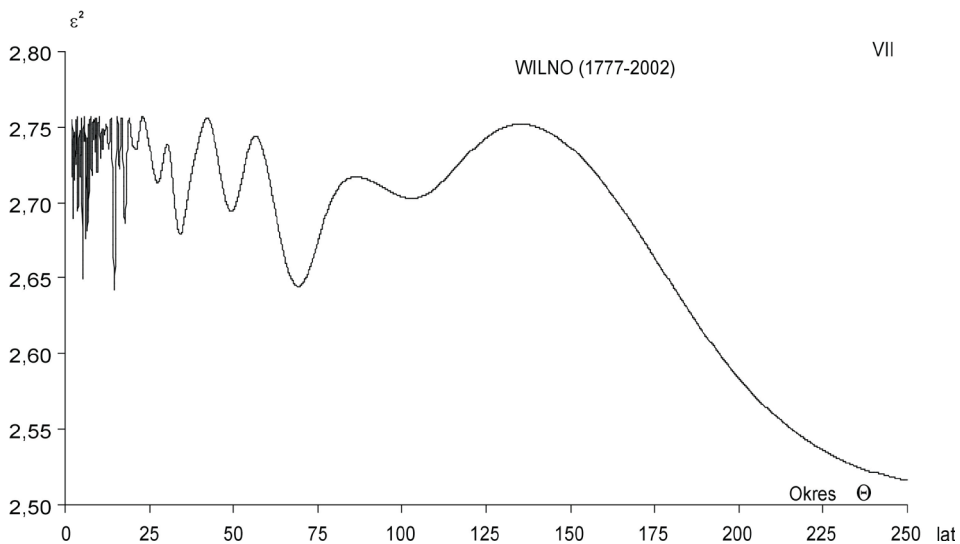
Rys. 4.36b. Widmo temperatury powietrza w Wiedniu w latach 1775-2002  
(w paśmie 2,0-250 lat,  $\Delta\Theta = 0,1$ ) – lipiec

Fig. 4.36b. Spectrum of air temperature in Vienna in the years 1775-2002  
(in the strip 2.0-250 years,  $\Delta\Theta = 0.1$ ) – July



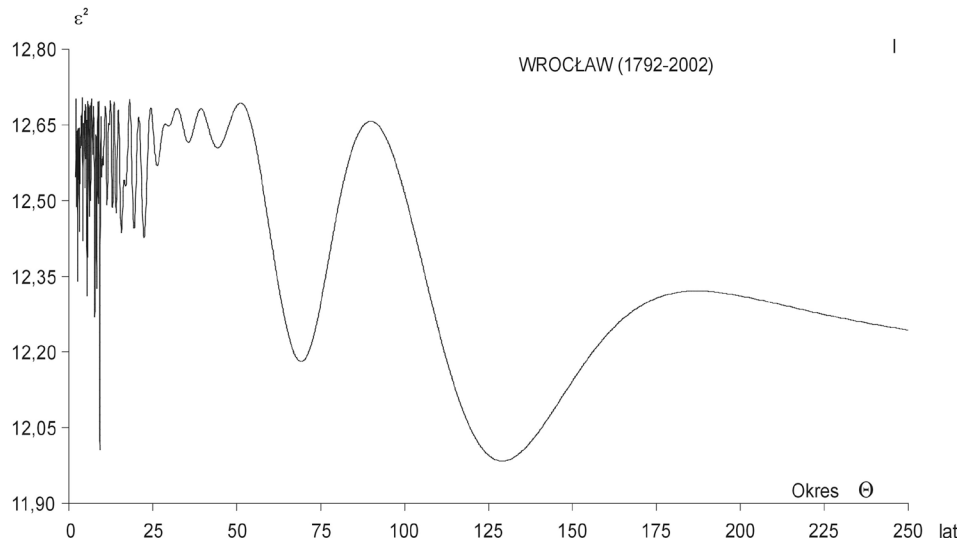
Rys. 4.37a. Widmo temperatury powietrza w Wilnie w latach 1777-2002  
(w paśmie 2,0-200 lat,  $\Delta\Theta = 0,1$ ) – styczeń

Fig. 4.37a. Spectrum of air temperature in Wilno in the years 1777-2002  
(in the strip 2.0-200 years,  $\Delta\Theta = 0.1$ ) – January



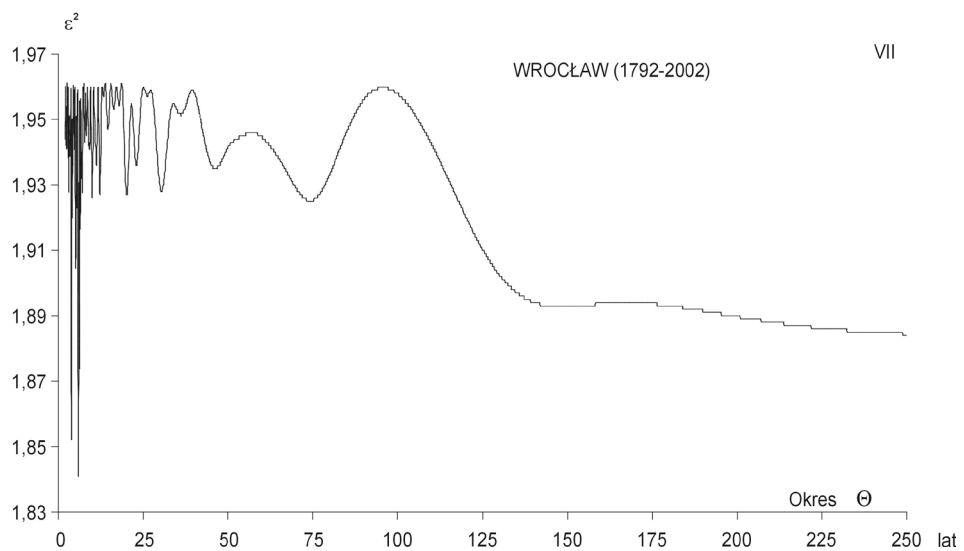
Rys. 4.37b. Widmo temperatury powietrza w Wilnie w latach 1777-2002  
(w paśmie 2,0-200 lat,  $\Delta\Theta = 0,1$ ) – lipiec

Fig. 4.37b. Spectrum of air temperature in Wilno in the years 1777-2002  
(in the strip 2.0-200 years,  $\Delta\Theta = 0.1$ ) – July



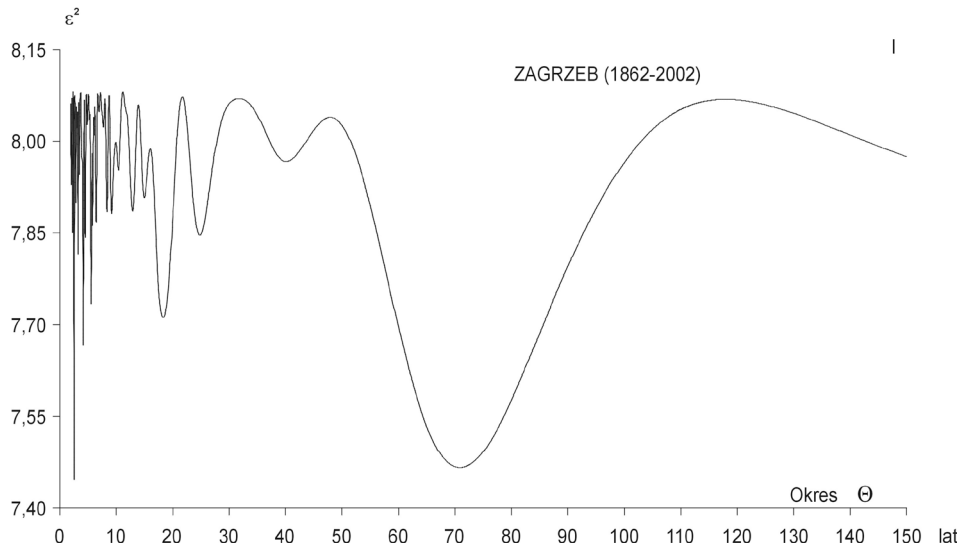
Rys. 4.38a. Widmo temperatury powietrza we Wrocławiu w latach 1792-2002  
(w paśmie 2,0-250 lat,  $\Delta\Theta = 0,1$ ) – styczeń

Fig. 4.38a. Spectrum of air temperature in Wrocław in the years 1792-2002  
(in the strip 2.0-250 years,  $\Delta\Theta = 0.1$ ) – January



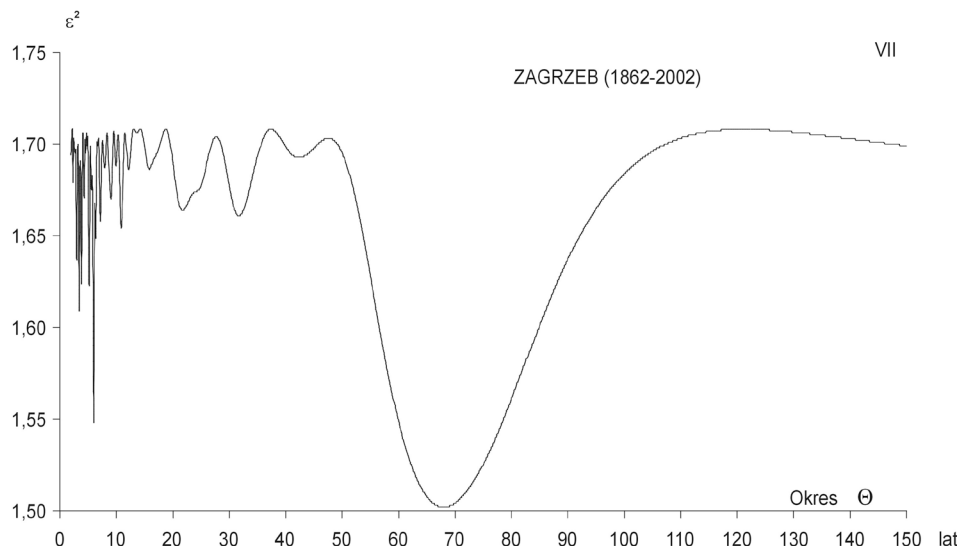
Rys. 4.38b. Widmo temperatury powietrza we Wrocławiu w latach 1792-2002  
(w paśmie 2,0-250 lat,  $\Delta\Theta = 0,1$ ) – lipiec

Fig. 4.38b. Spectrum of air temperature in Wrocław in the years 1792-2002  
(in the strip 2.0-250 years,  $\Delta\Theta = 0.1$ ) – July



Rys. 4.39a. Widmo temperatury powietrza w Zagrzebiu w latach 1862-2002  
(w paśmie 2,0-150 lat,  $\Delta\Theta = 0,1$ ) – styczeń

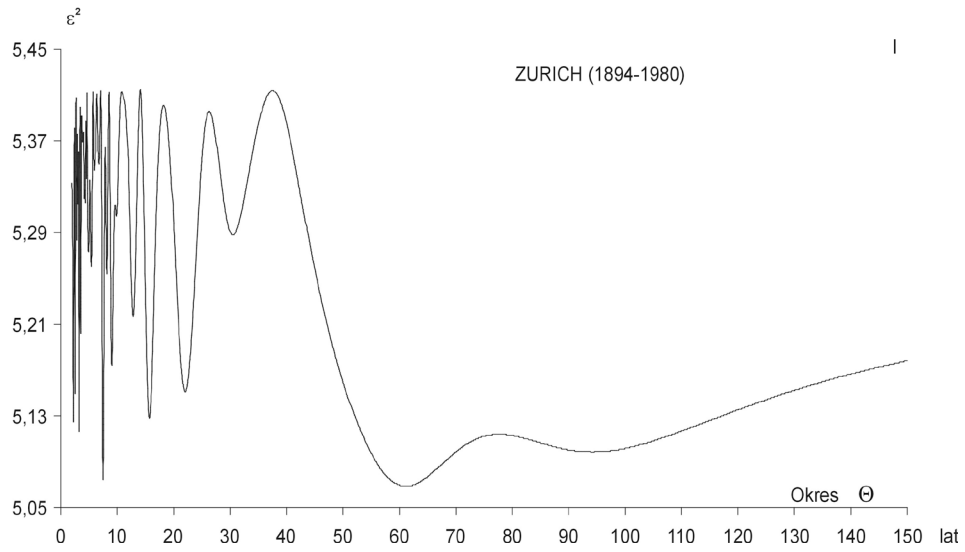
Fig. 4.39a. Spectrum of air temperature in Zagreb in the years 1862-2002  
(in the strip 2.0-150 years,  $\Delta\Theta = 0.1$ ) – January



Rys. 4.39b. Widmo temperatury powietrza w Zagrzebiu w latach 1862-2002  
(w paśmie 2,0-150 lat,  $\Delta\Theta = 0,1$ ) – lipiec

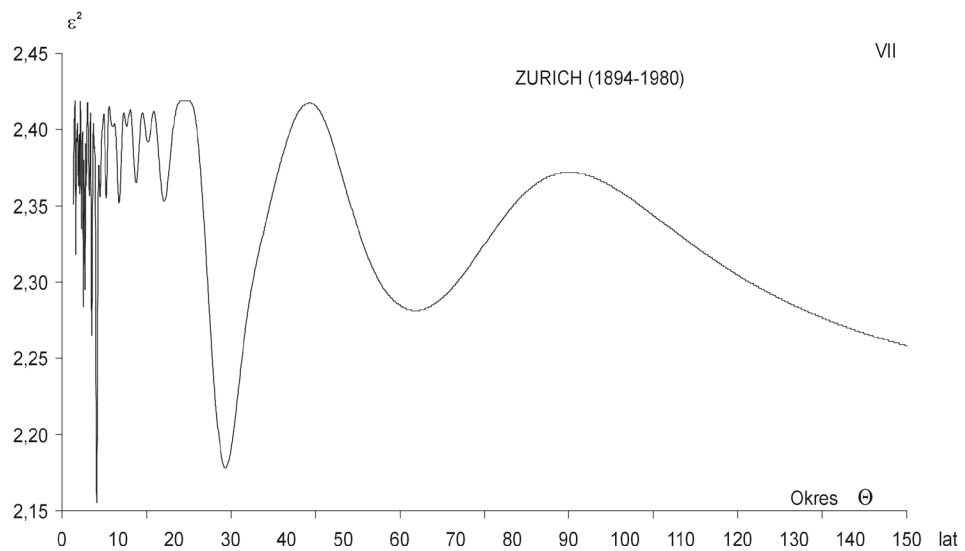
Fig. 4.39b. Spectrum of air temperature in Zagreb in the years 1862-2002  
(in the strip 2.0-150 years,  $\Delta\Theta = 0.1$ ) – July





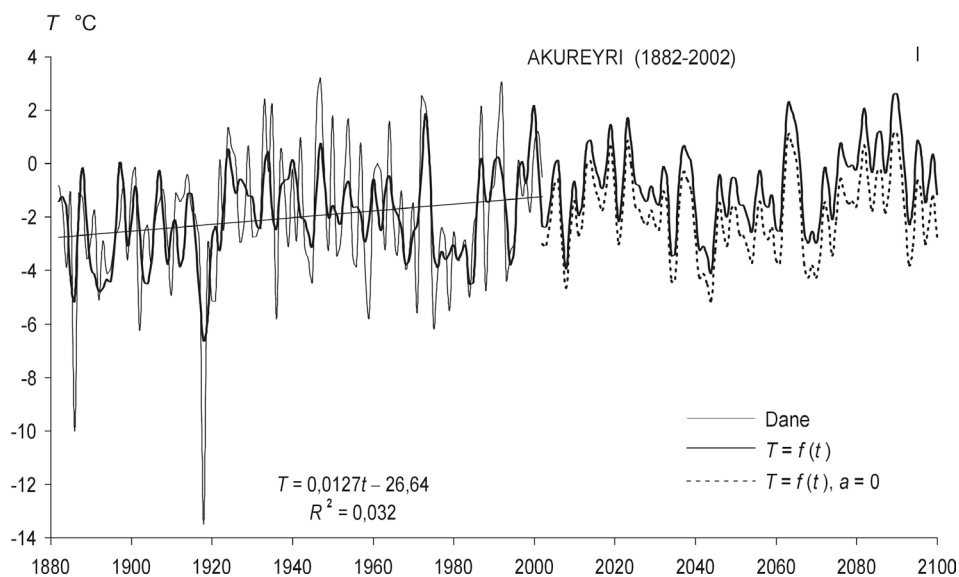
Rys. 4.40a. Widmo temperatury powietrza w Zurychu w latach 1864-1980  
(w paśmie 2,0-150 lat,  $\Delta\Theta = 0,1$ ) – styczeń

Fig. 4.40a. Spectrum of air temperature in Zurich in the years 1864-1980  
(in the strip 2.0-150 years,  $\Delta\Theta = 0.1$ ) – January



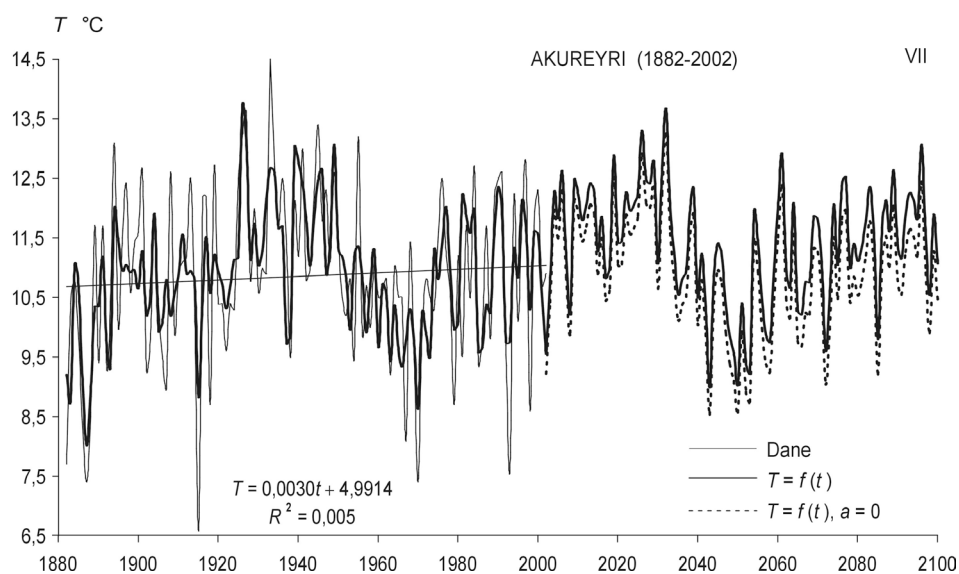
Rys. 4.40b. Widmo temperatury powietrza w Zurychu w latach 1864-1980  
(w paśmie 2,0-150 lat,  $\Delta\Theta = 0,1$ ) – lipiec

Fig. 4.40b. Spectrum of air temperature in Zurich in the years 1864-1980  
(in the strip 2.0-150 years,  $\Delta\Theta = 0.1$ ) – July



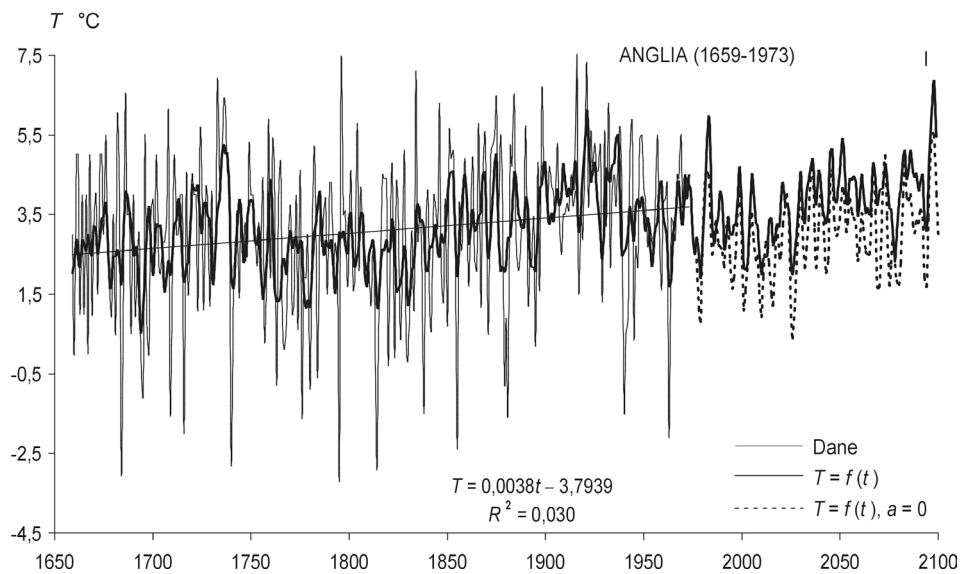
Rys. 4.41a. Zmiany temperatury powietrza w Akureyri w latach 1882-2002  
– prognoza w latach 2003-2100 – styczeń

Fig. 4.41a. Changes of air temperature in Akureyri in the 1882-2002 years  
– forecasts in years 2003-2100 – January



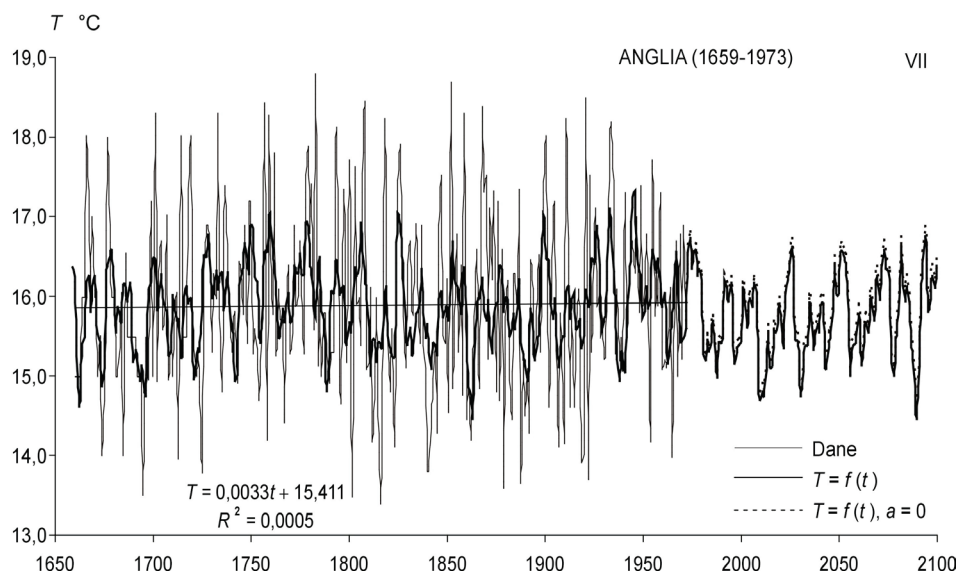
Rys. 4.41b. Zmiany temperatury powietrza w Akureyri w latach 1882-2002  
– prognoza w latach 2003-2100 – lipiec

Fig. 4.41b. Changes of air temperature in Akureyri in the 1882-2002 years  
– forecasts in years 2003-2100 – July



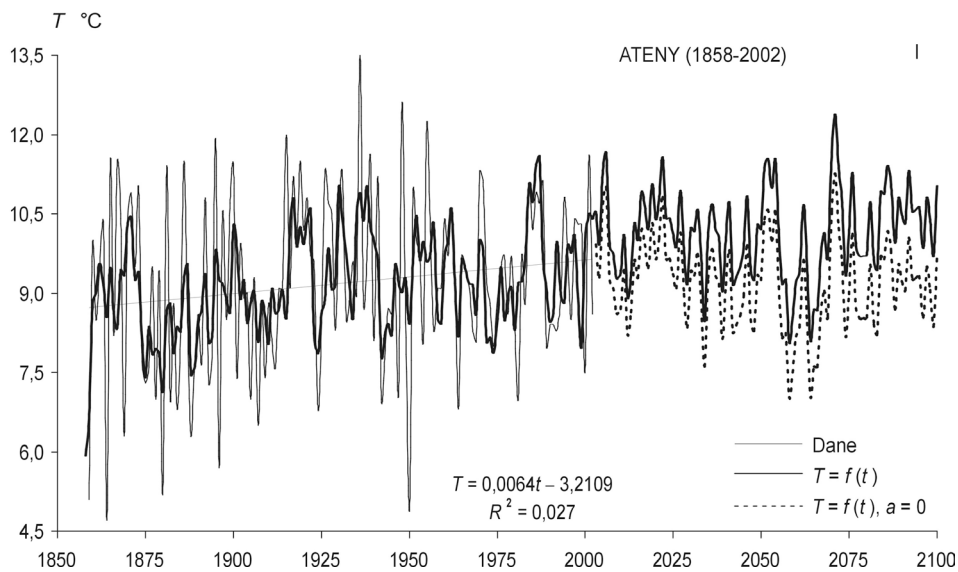
Rys. 4.42a. Zmiany temperatury powietrza w Środkowej Anglii w latach 1659-1673  
– prognoza w latach 1974-2100 – styczeń

Fig. 4.42a. Changes of air temperature in England in the 1659-1973 years  
– forecasts in years 1974-2100 – January



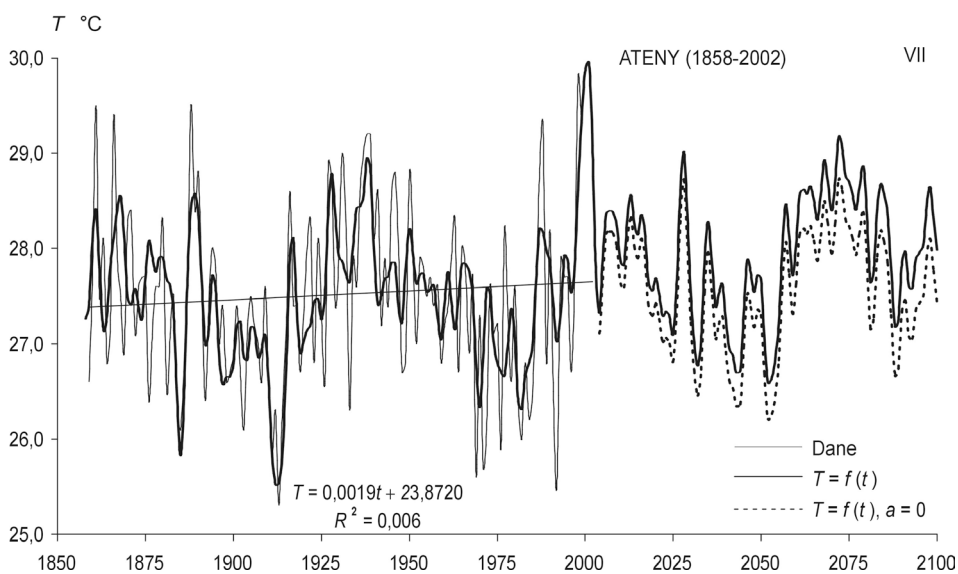
Rys. 4.42b. Zmiany temperatury powietrza w Środkowej Anglii w latach 1659-1673  
– prognoza w latach 1974-2100 – lipiec

Fig. 4.42b. Changes of air temperature in England in the 1659-1973 years  
– forecasts in years 1974-2100 – July



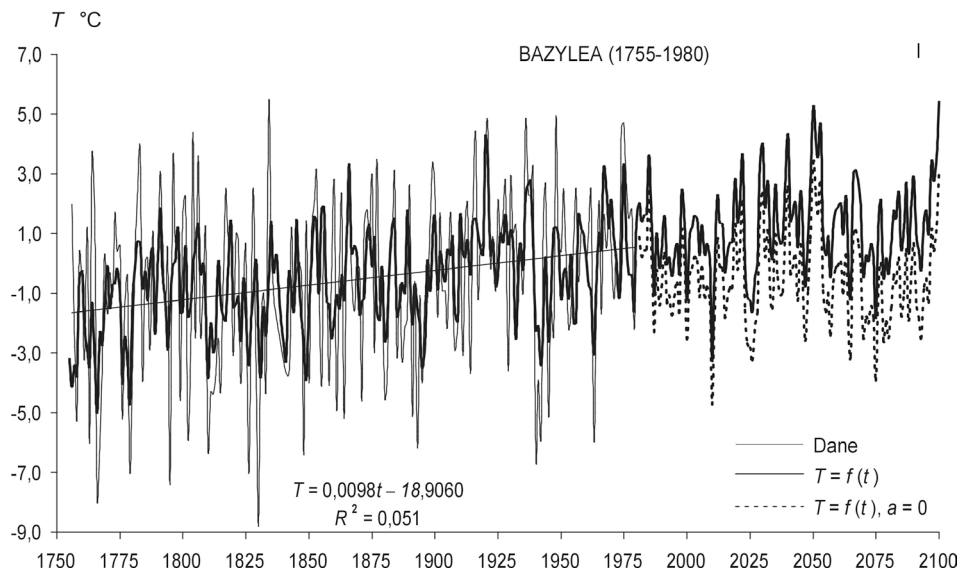
Rys. 4.43a. Zmiany temperatury powietrza w Atenach w latach 1858-2002  
 – prognoza w latach 2002-2100 – styczeń

Fig. 4.43a. Changes of air temperature in Athens in the 1858-2002 years  
 – forecasts in years 2002-2100 – January

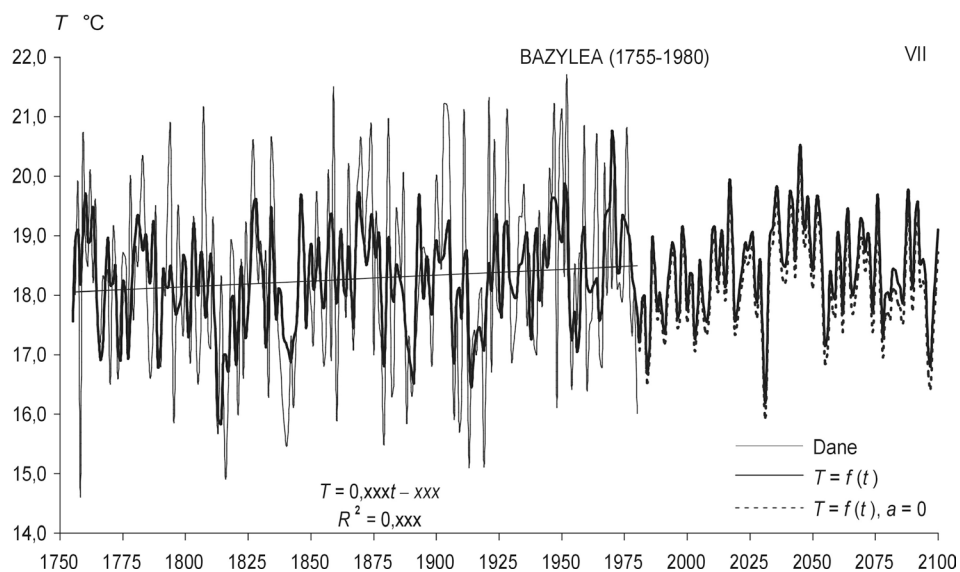


Rys. 4.43b. Zmiany temperatury powietrza w Atenach w latach 1858-2002  
 – prognoza w latach 2002-2100 – lipiec

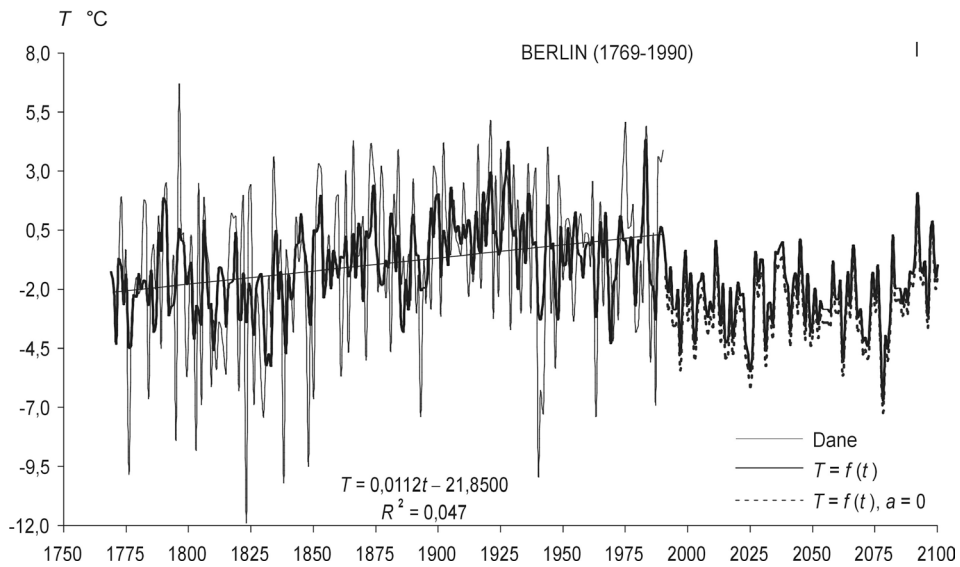
Fig. 4.43b. Changes of air temperature in Athens in the 1858-2002 years  
 – forecasts in years 2002-2100 – July



Rys. 4.44a. Zmiany temperatury powietrza w Bazylei w latach 1755-1980  
 – prognoza w latach 1981-2100 – styczeń  
 Fig. 4.44a. Changes of air temperature in Basel in the 1755-1980 years  
 – forecasts in years 1981-2100 – January

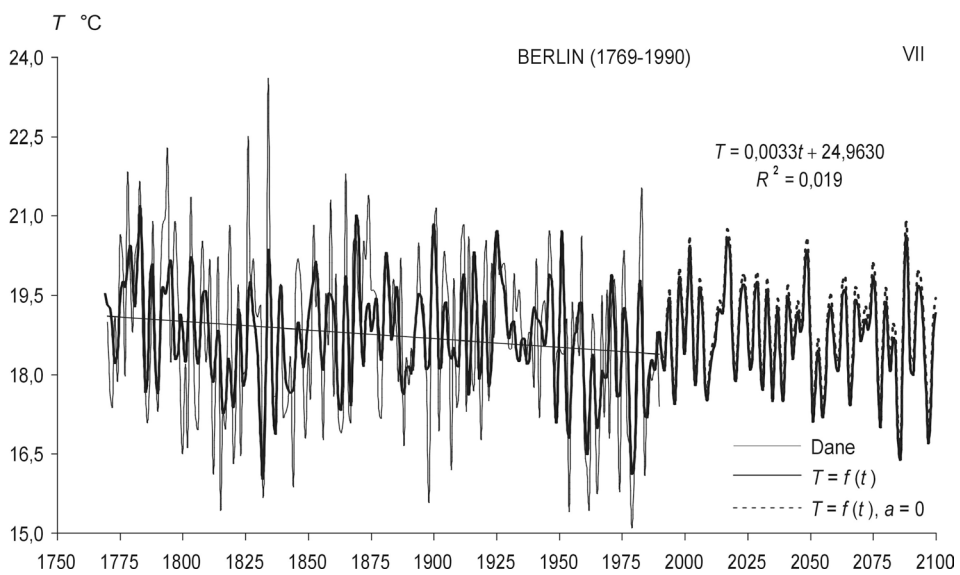


Rys. 4.44b. Zmiany temperatury powietrza w Bazylei w latach 1755-1980  
 – prognoza w latach 1981-2100 – lipiec  
 Fig. 4.44b. Changes of air temperature in Basel in the 1755-1980 years  
 – forecasts in years 1981-2100 – July



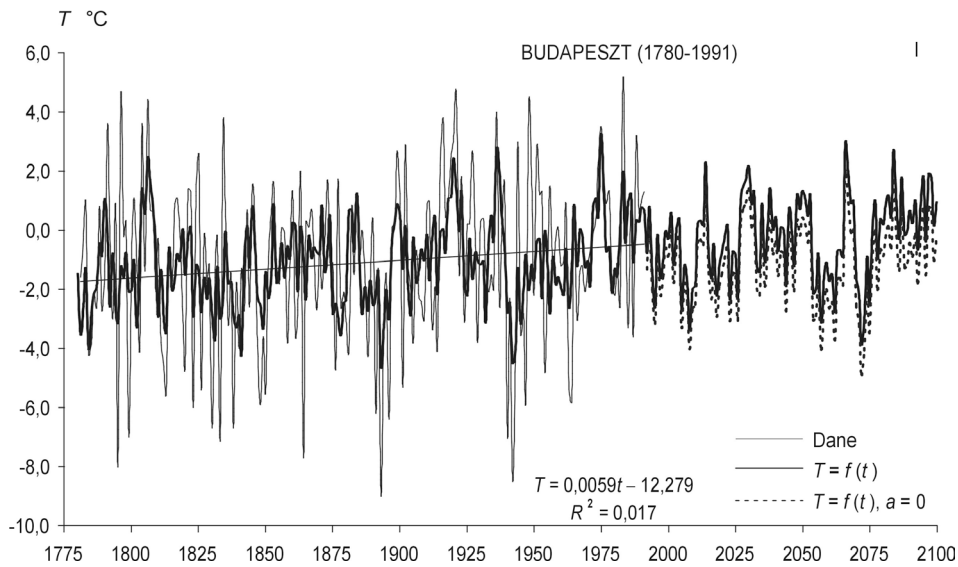
Rys. 4.45a. Zmiany temperatury powietrza w Berlinie w latach 1769-1990  
 – prognoza w latach 1991-2100 – styczeń

Fig. 4.45a. Changes of air temperature in Berlin in the 1769-1990 years  
 – forecasts in years 1991-2100 – January



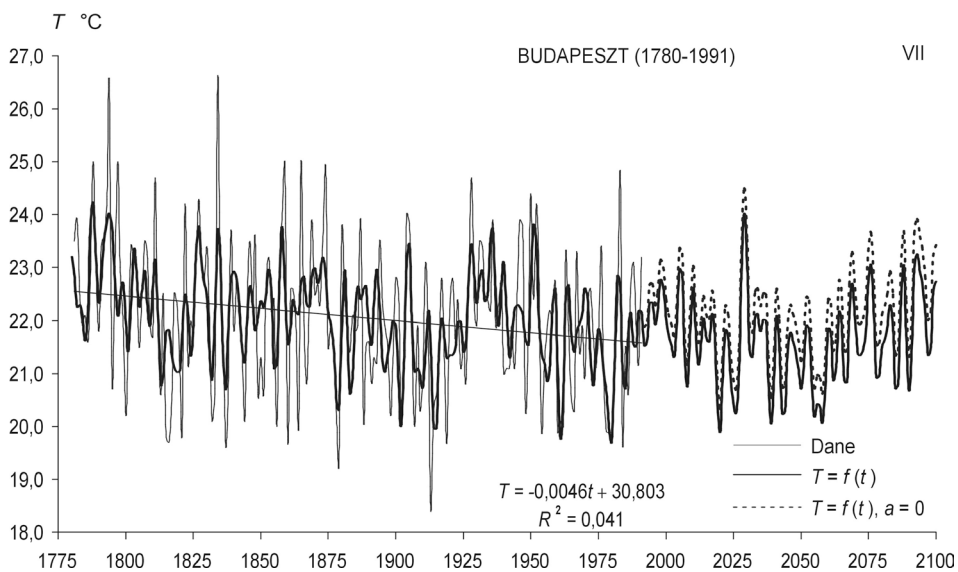
Rys. 4.45b. Zmiany temperatury powietrza w Berlinie w latach 1769-1990  
 – prognoza w latach 1991-2100 – lipiec

Fig. 4.45b. Changes of air temperature in Berlin in the 1769-1990 years  
 – forecasts in years 1991-2100 – July



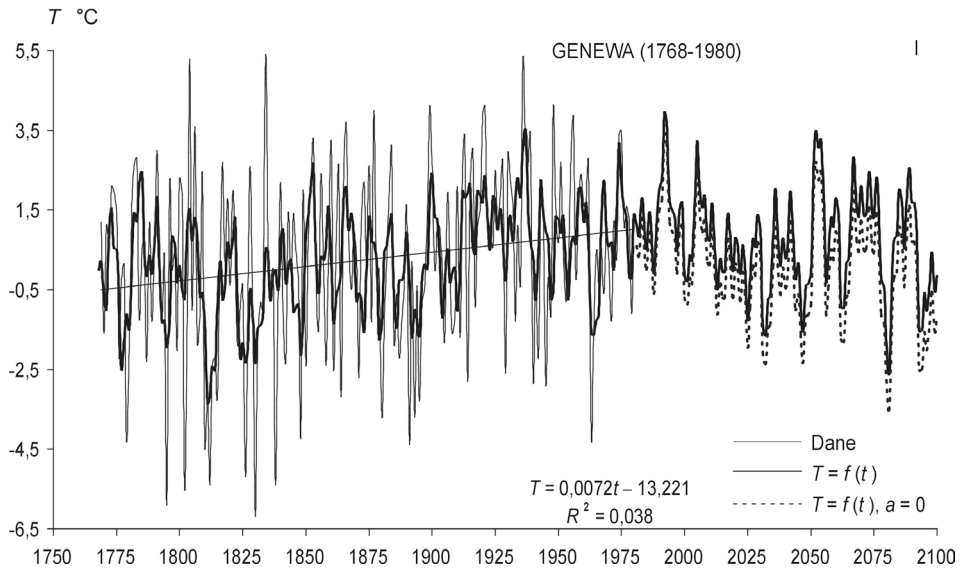
Rys. 4.46a. Zmiany temperatury powietrza w Budapeszcie w latach 1780-1991  
 – prognoza w latach 1992-2100 – styczeń

Fig. 4.46a. Changes of air temperature in Budapest in the 1780-1991 years  
 – forecasts in years 1992-2100 – January



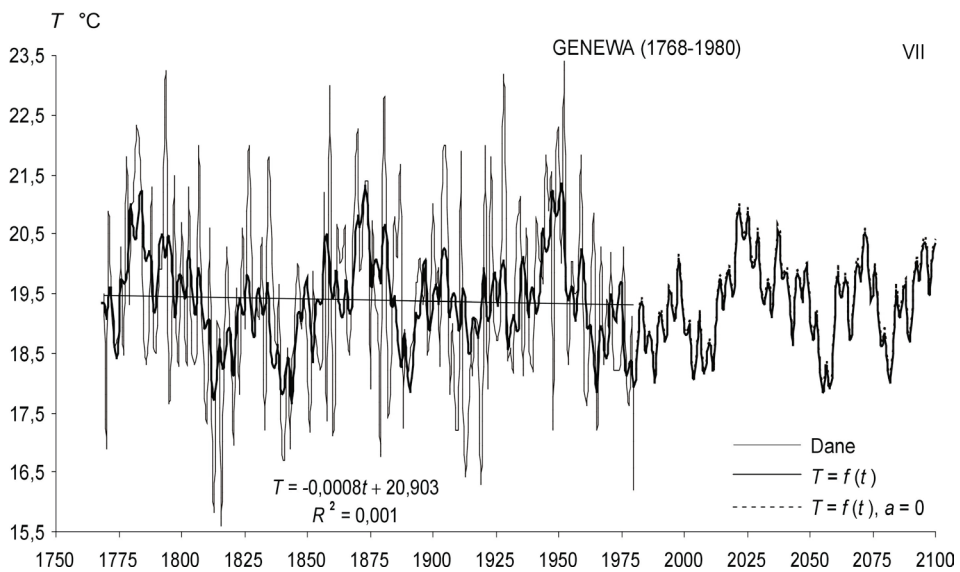
Rys. 4.46b. Zmiany temperatury powietrza w Budapeszcie w latach 1780-1991  
 – prognoza w latach 1992-2100 – lipiec

Fig. 4.46b. Changes of air temperature in Budapest in the 1780-1991 years  
 – forecasts in years 1992-2100 – July



Rys. 4.47a. Zmiany temperatury powietrza w Genewie w latach 1768-1980  
 – prognoza w latach 1981-2100 – styczeń

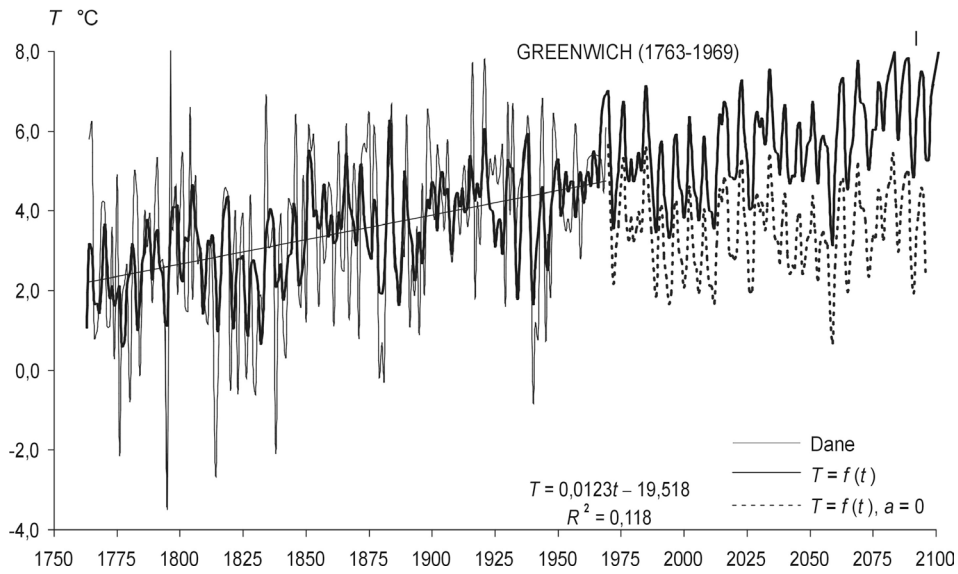
Fig. 4.47a. Changes of air temperature in Geneva in the 1768-1980 years  
 – forecasts in years 1981-2100 – January



Rys. 4.47b. Zmiany temperatury powietrza w Genewie w latach 1768-1980  
 – prognoza w latach 1981-2100 – lipiec

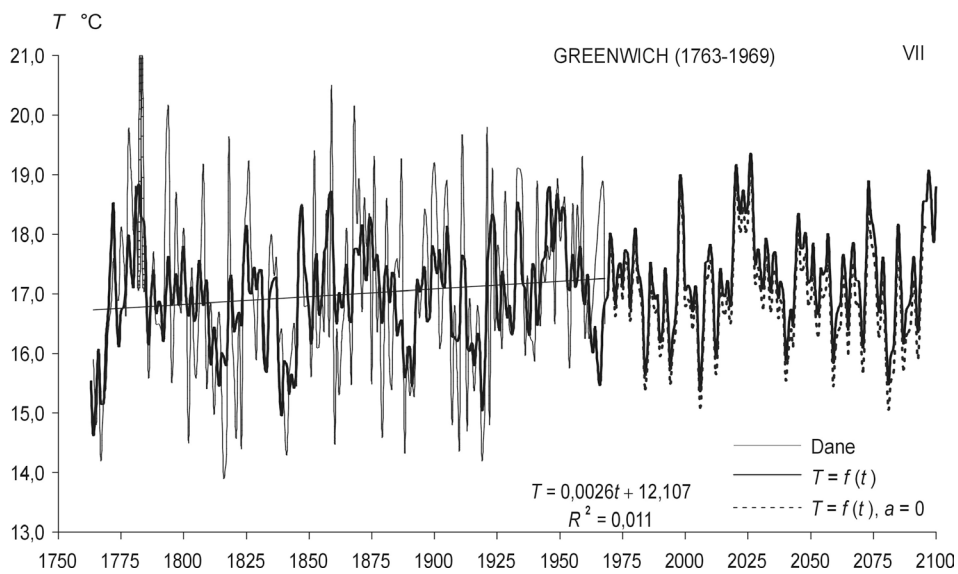
Fig. 4.47b. Changes of air temperature in Geneva in the 1768-1980 years  
 – forecasts in years 1981-2100 – July





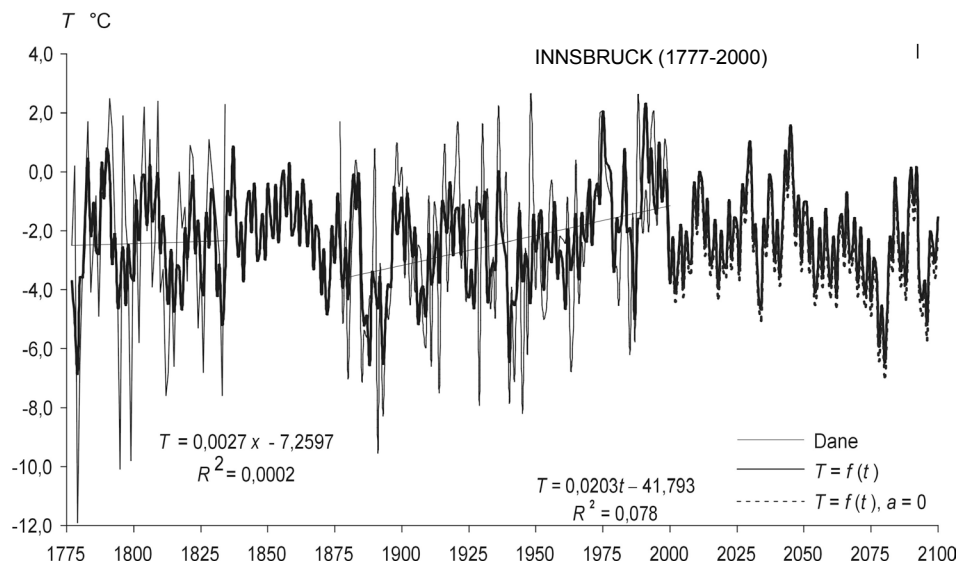
Rys. 4.48a. Zmiany temperatury powietrza w Greenwich w latach 1763-1969  
– prognoza w latach 1970-2100 – styczeń

Fig. 4.48a. Changes of air temperature in Greenwich in the 1763-1969 years  
– forecasts in years 1970-2100 – January



Rys. 4.48b. Zmiany temperatury powietrza w Greenwich w latach 1763-1969  
– prognoza w latach 1970-2100 – lipiec

Fig. 4.48b. Changes of air temperature in Greenwich in the 1763-1969 years  
– forecasts in years 1970-2100 – July

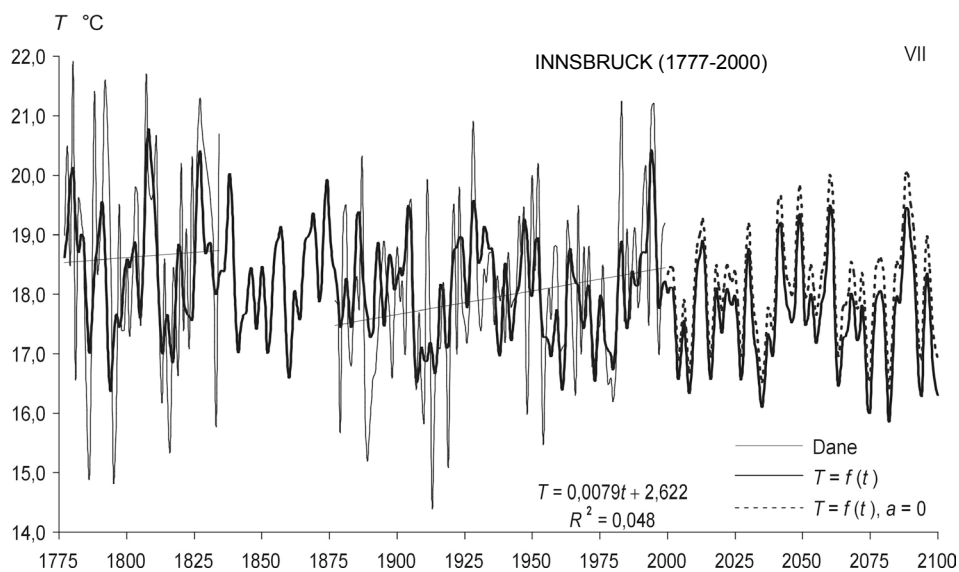


Rys. 4.49a. Zmiany temperatury powietrza w Innsbrucku w latach 1777-2000

– prognoza w latach 2001-2100 – styczeń

Fig. 4.49a. Changes of air temperature in Innsbruck in the 1777-2000 years

– forecasts in years 2001-2100 – January

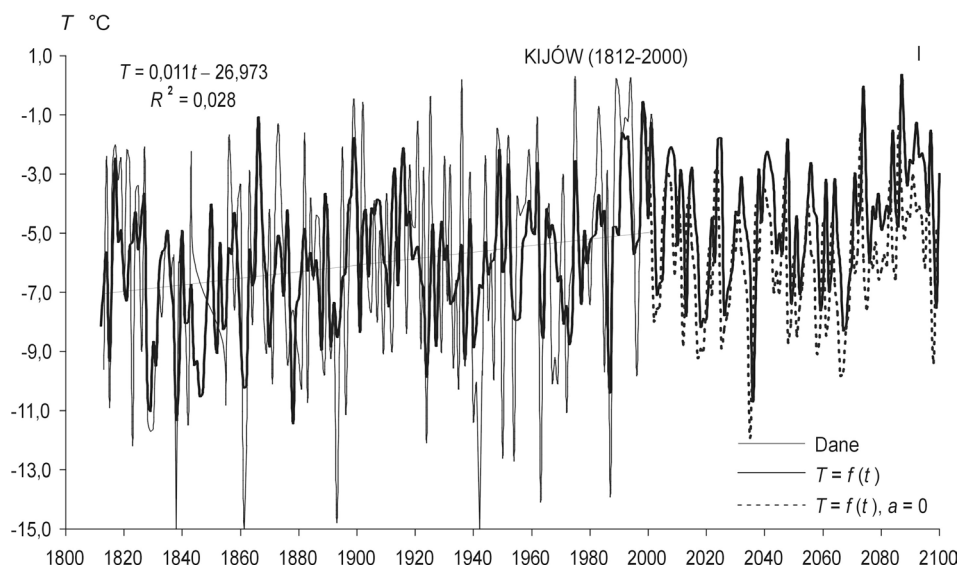


Rys. 4.49b. Zmiany temperatury powietrza w Innsbrucku w latach 1777-2000

– prognoza w latach 2001-2100 – lipiec

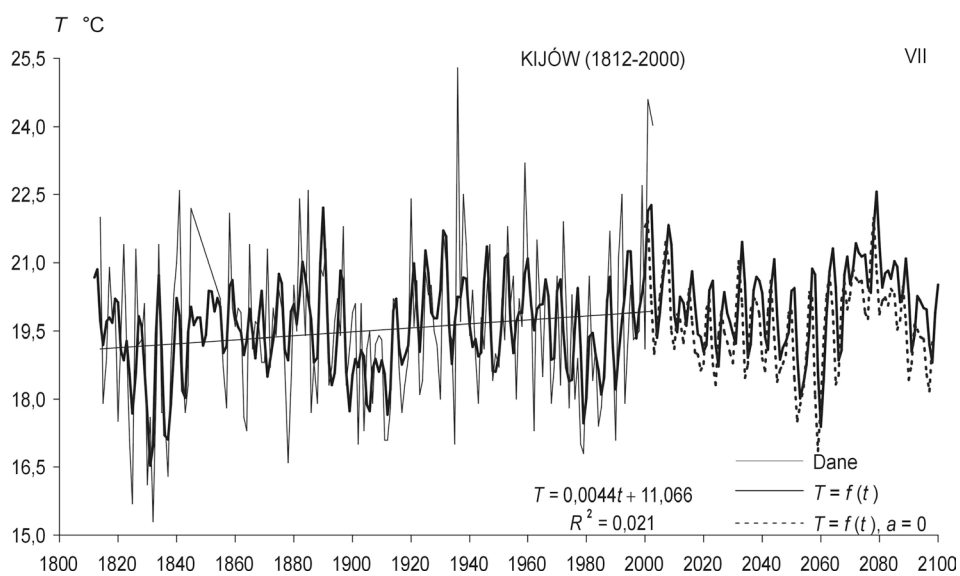
Fig. 4.49b. Changes of air temperature in Innsbruck in the 1777-2000 years

– forecasts in years 2001-2100 – July



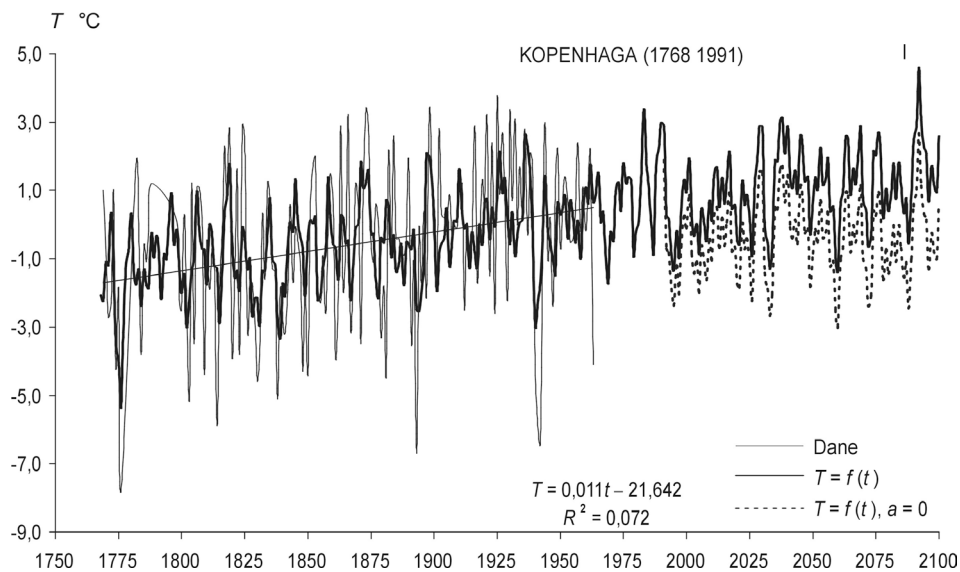
Rys. 4.50a. Zmiany temperatury powietrza w Kijowie w latach 1812-2000  
 – prognoza w latach 2001-2100 – styczeń

Fig. 4.50a. Changes of air temperature in Kiev in the 1812-2000 years  
 – forecasts in years 2001-2100 – January



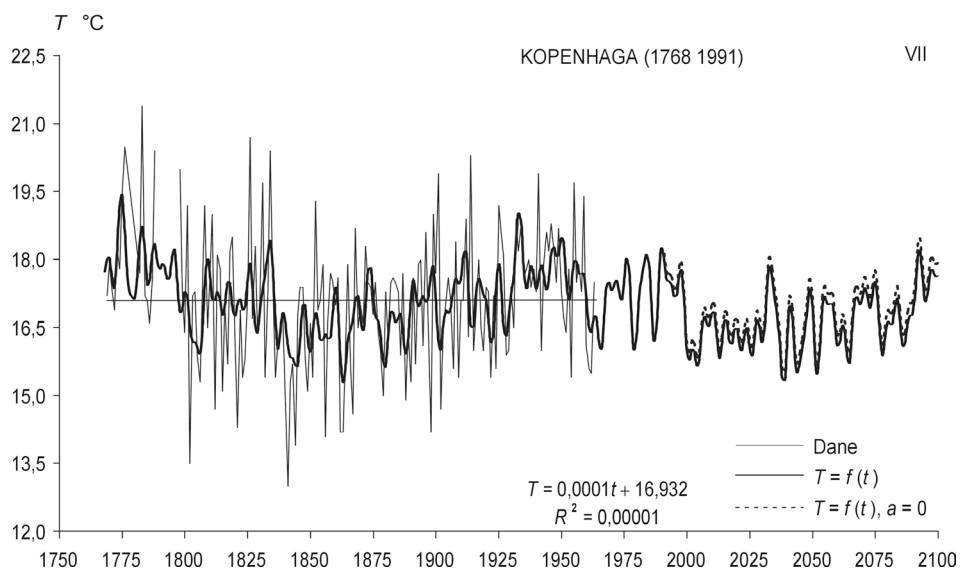
Rys. 4.50b. Zmiany temperatury powietrza w Kijowie w latach 1812-2000  
 – prognoza w latach 2001-2100 – lipiec

Fig. 4.50b. Changes of air temperature in Kiev in the 1812-2000 years  
 – forecasts in years 2001-2100 – July



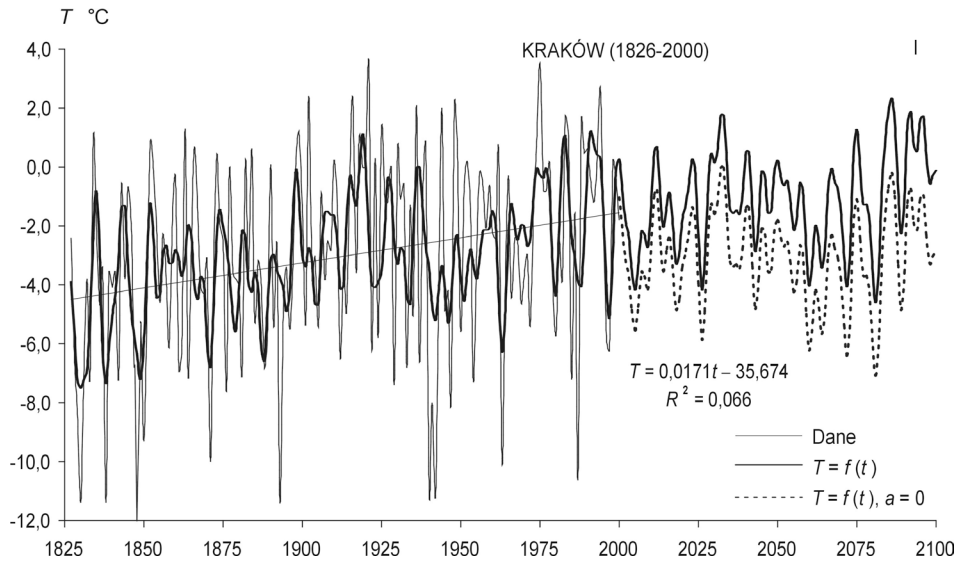
Rys. 4.51a. Zmiany temperatury powietrza w Kopenhadze w latach 1768-1991  
 – prognoza w latach 1992-2100 – styczeń

Fig. 4.51a. Changes of air temperature in Copenhagen in the 1768-1991 years  
 – forecasts in years 1992-2100 – January

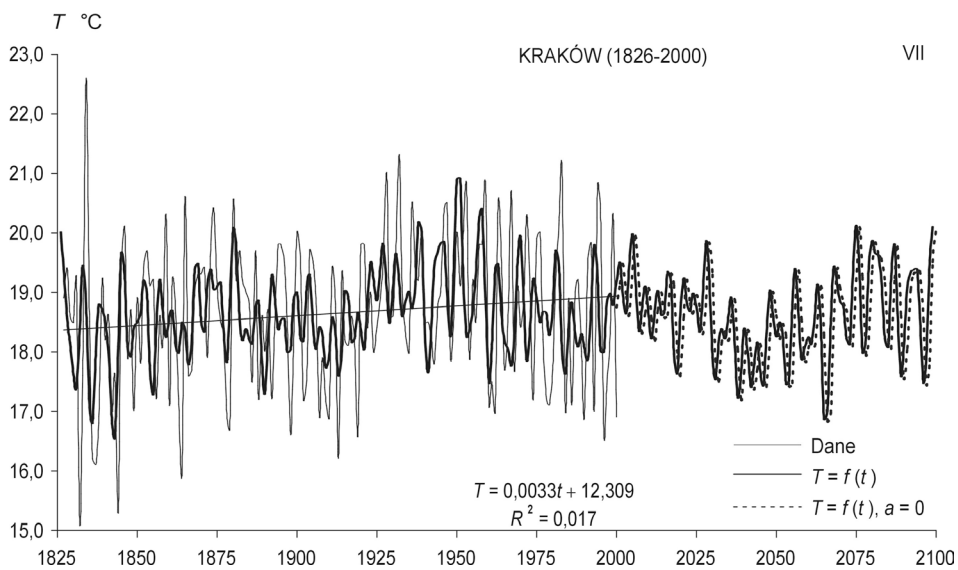


Rys. 4.51b. Zmiany temperatury powietrza w Kopenhadze w latach 1768-1991  
 – prognoza w latach 1992-2100 – lipiec

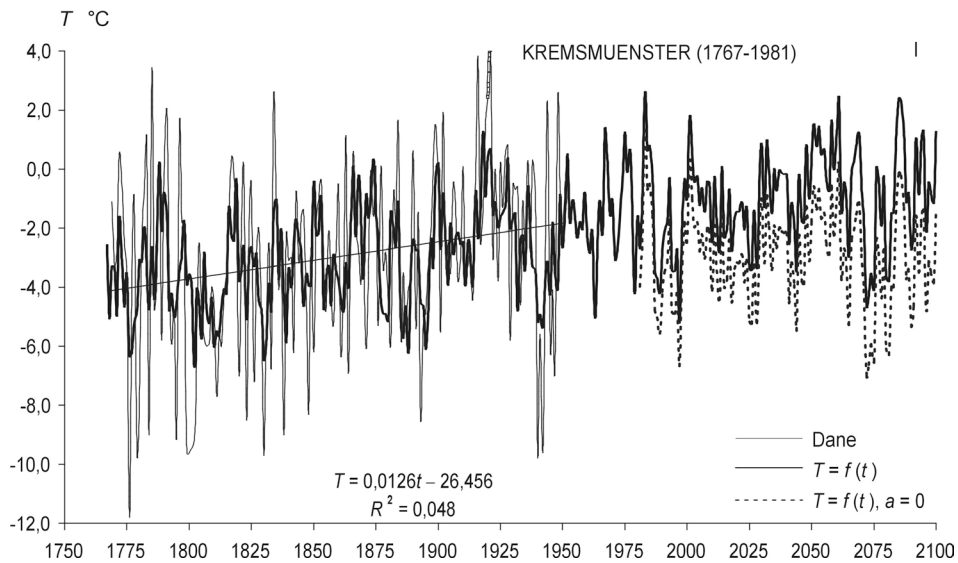
Fig. 4.51b. Changes of air temperature in Copenhagen in the 1768-1991 years  
 – forecasts in years 1992-2100 – July



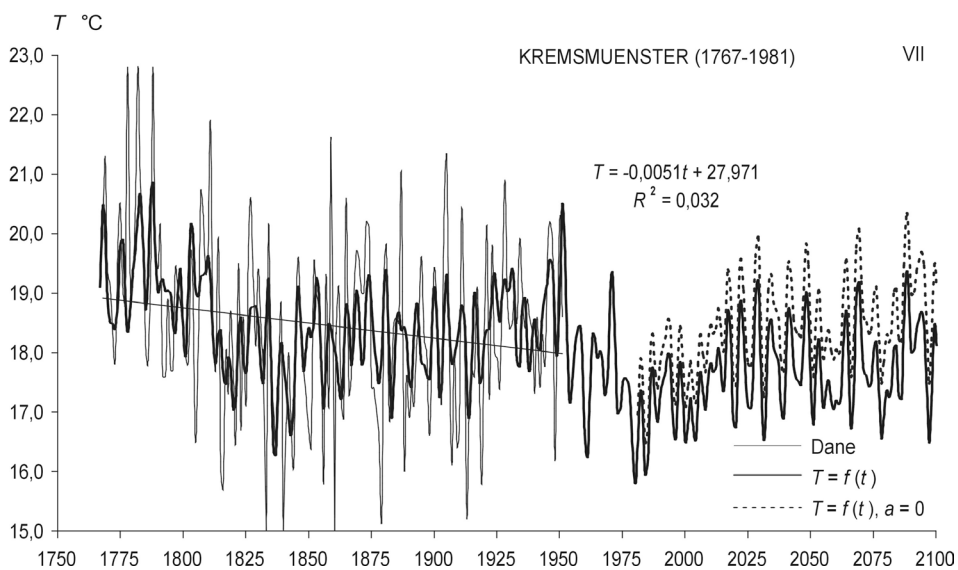
Rys. 4.52a. Zmiany temperatury powietrza w Krakowie w latach 1826-2000  
 – prognoza w latach 2001-2100 – styczeń  
 Fig. 4.52a. Changes of air temperature in Krakow in the 1826-2000 years  
 – forecasts in years 2001-2100 – January



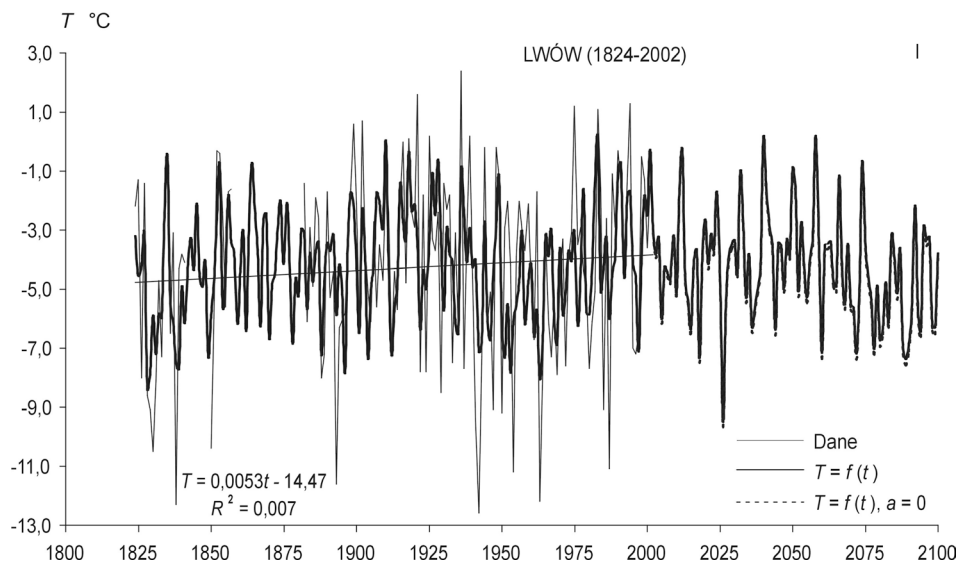
Rys. 4.52b. Zmiany temperatury powietrza w Krakowie w latach 1826-2000  
 – prognoza w latach 2001-2100 – lipiec  
 Fig. 4.52b. Changes of air temperature in Krakow in the 1826-2000 years  
 – forecasts in years 2001-2100 – July



Rys. 4.53a. Zmiany temperatury powietrza w Kramsmuenster w latach 1767-1981  
 – prognoza w latach 1982-2100 – styczeń  
 Fig. 4.53a. Changes of air temperature in Kramsmuenster in the 1767-1981 years  
 – forecasts in years 1982-2100 – January



Rys. 4.53b. Zmiany temperatury powietrza w Kramsmuenster w latach 1767-1981  
 – prognoza w latach 1982-2100 – lipiec  
 Fig. 4.53b. Changes of air temperature in Kramsmuenster in the 1767-1981 years  
 – forecasts in years 1982-2100 – July

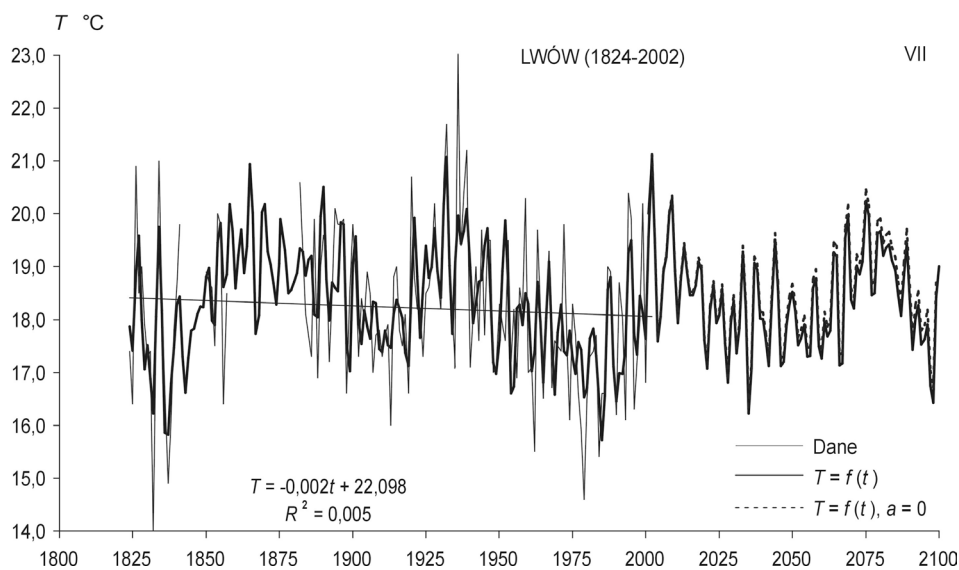


Rys. 4.54a. Zmiany temperatury powietrza we Lwowie w latach 1824-2002

– prognoza w latach 2003-2100 – styczeń

Fig. 4.54a. Changes of air temperature in Lwów in the 1824-2002 years

– forecasts in years 2003-2100 – January

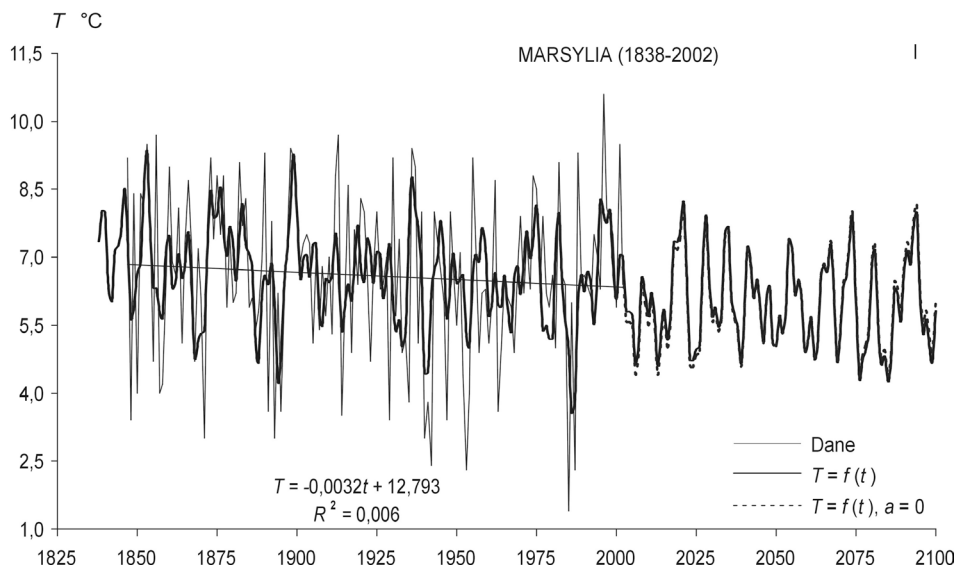


Rys. 4.54b. Zmiany temperatury powietrza we Lwowie w latach 1824-2002

– prognoza w latach 2003-2100 – lipiec

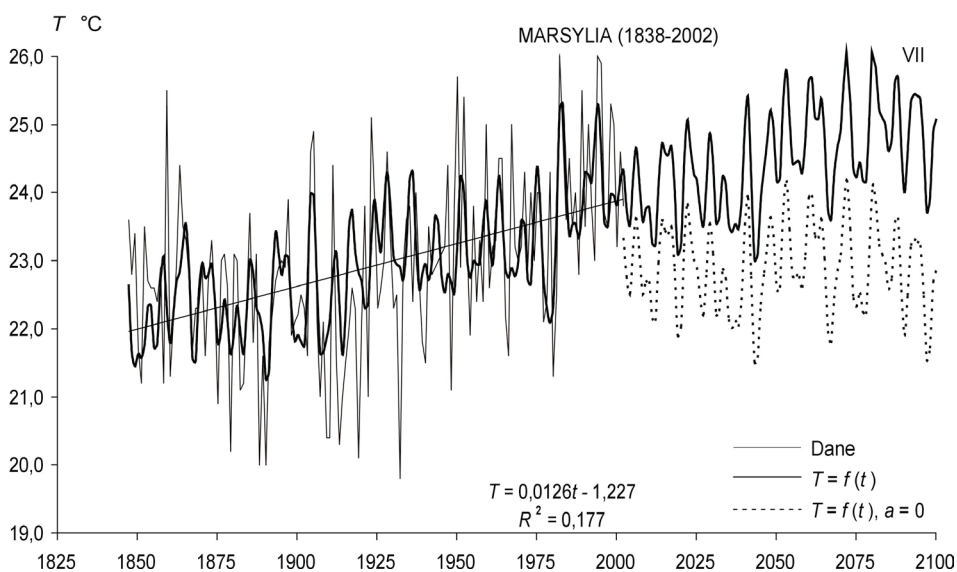
Fig. 4.54b. Changes of air temperature in Lwów in the 1824-2002 years

– forecasts in years 2003-2100 – July



Rys. 4.55a. Zmiany temperatury powietrza w Marsylii w latach 1838-2002  
– prognoza w latach 2003-2100 – styczeń

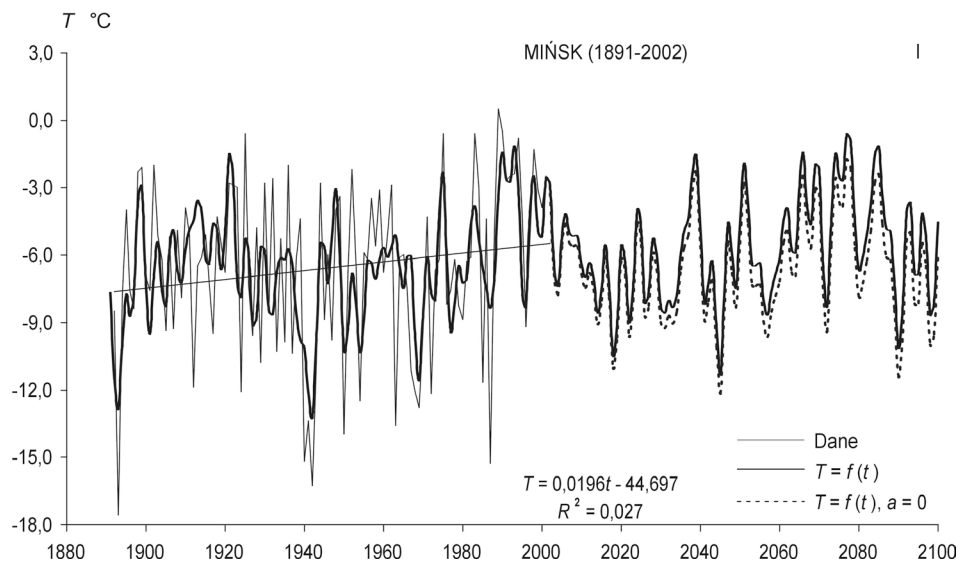
Fig. 4.55a. Changes of air temperature in Marsylia in the 1838-2002 years  
– forecasts in years 2003-2100 – January



Rys. 4.55b. Zmiany temperatury powietrza w Marsylii w latach 1838-2002  
– prognoza w latach 2003-2100 – lipiec

Fig. 4.55b. Changes of air temperature in Marsylia in the 1838-2002 years  
– forecasts in years 2003-2100 – July



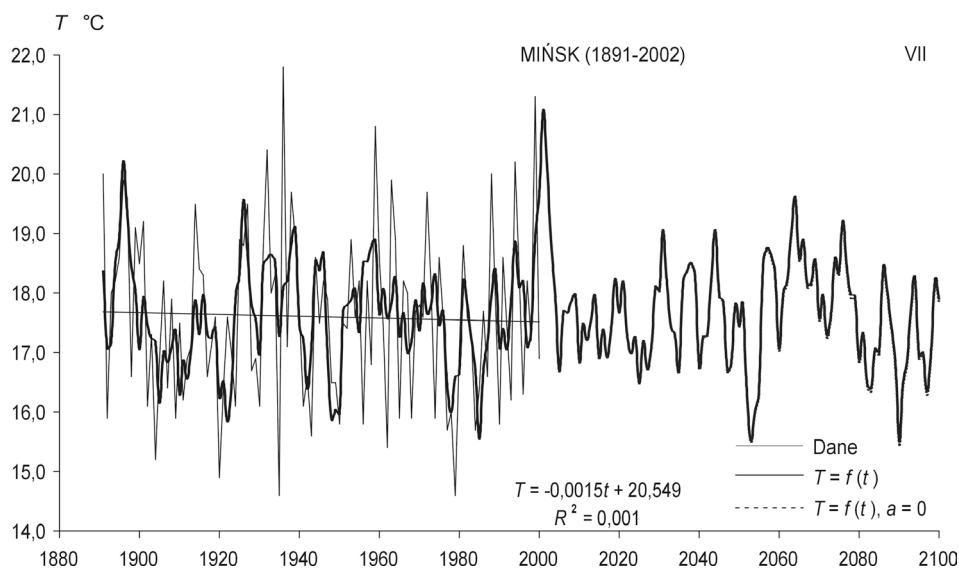


Rys. 4.56a. Zmiany temperatury powietrza w Mińsku w latach 1891-2002

– prognoza w latach 2003-2100 – styczeń

Fig. 4.56a. Changes of air temperature in Minsk in the 1891-2002 years

– forecasts in years 2003-2100 – January

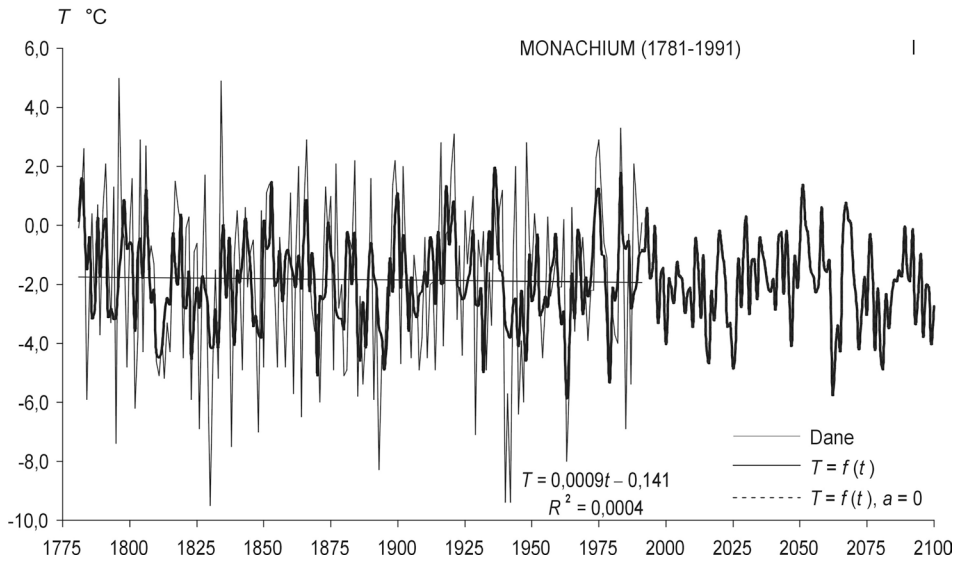


Rys. 4.56b. Zmiany temperatury powietrza w Mińsku w latach 1891-2002

– prognoza w latach 2003-2100 – lipiec

Fig. 4.56b. Changes of air temperature in Minsk in the 1891-2002 years

– forecasts in years 2003-2100 – July

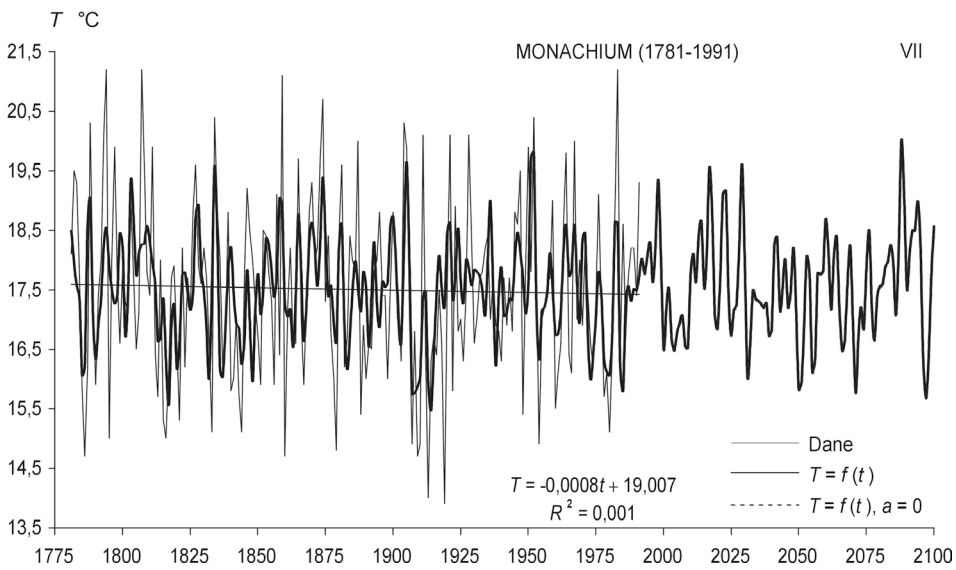


Rys. 4.57a. Zmiany temperatury powietrza w Monachium w latach 1781-1991

– prognoza w latach 1992-2100 – styczeń

Fig. 4.57a. Changes of air temperature in Munch in the 1781-1991 years

– forecasts in years 1992-2100 – January

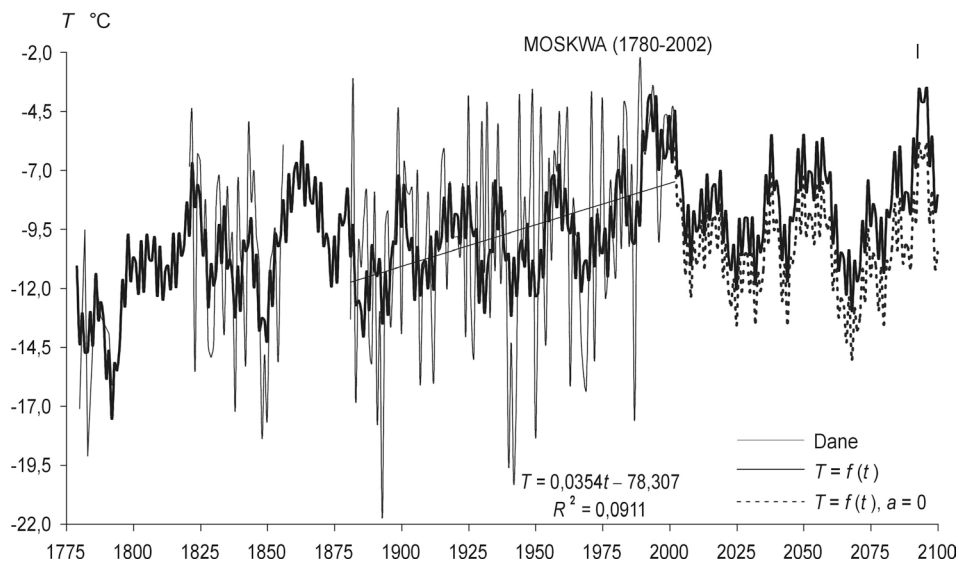


Rys. 4.57b. Zmiany temperatury powietrza w Monachium w latach 1781-1991

– prognoza w latach 1992-2100 – lipiec

Fig. 4.57b. Changes of air temperature in Munch in the 1781-1991 years

– forecasts in years 1992-2100 – July

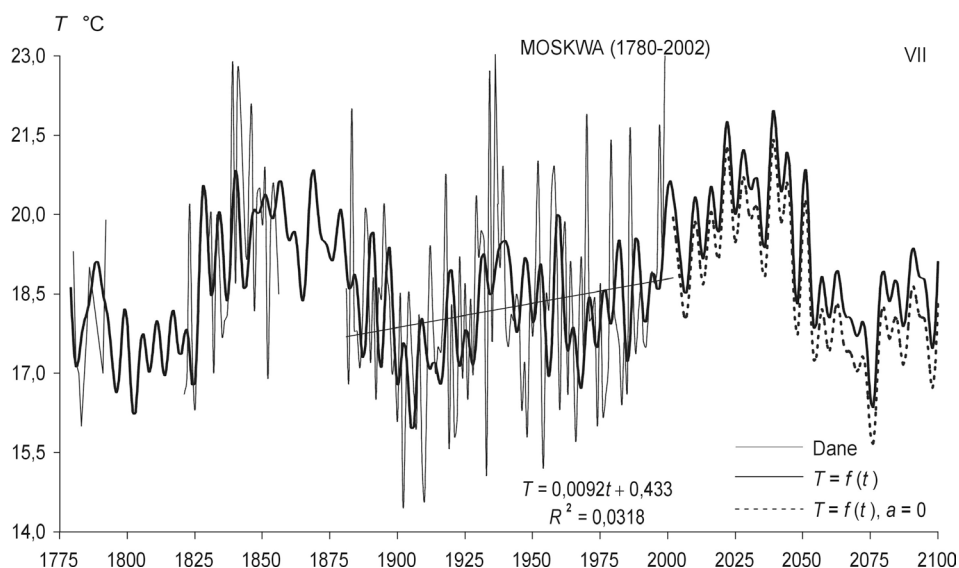


Rys. 4.58a. Zmiany temperatury powietrza w Moskwie w latach 1780-2002

– prognoza w latach 2003-2100 – styczeń

Fig. 4.58a. Changes of air temperature in Moscow in the 1780-2002 years

– forecasts in years 2003-2100 – January

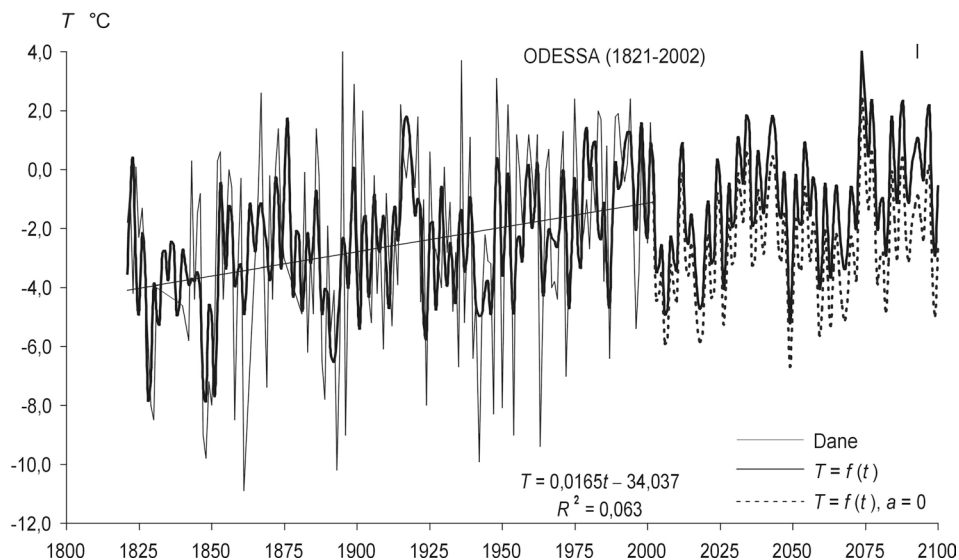


Rys. 4.58b. Zmiany temperatury powietrza w Moskwie w latach 1780-2002

– prognoza w latach 2003-2100 – lipiec

Fig. 4.58b. Changes of air temperature in Moscow in the 1780-2002 years

– forecasts in years 2003-2100 – July

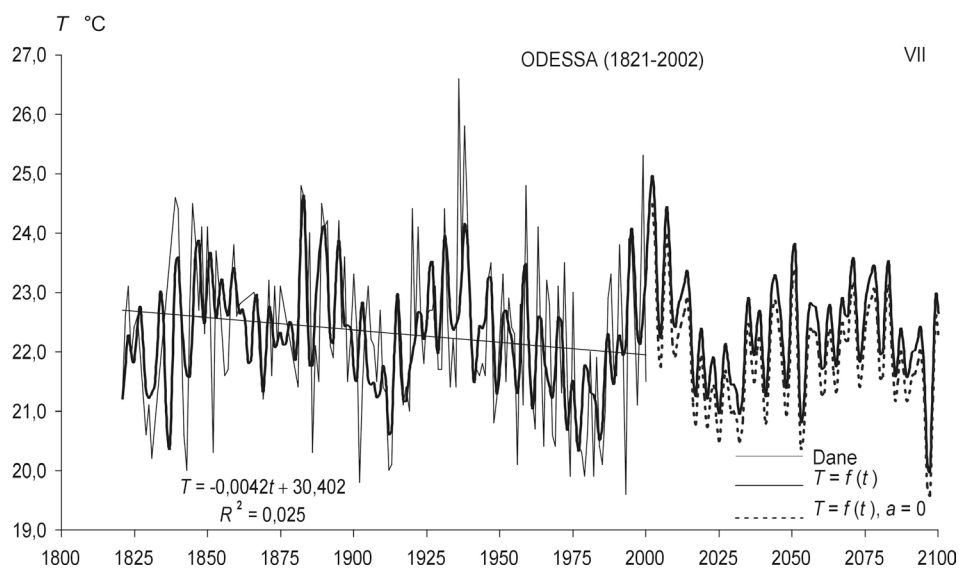


Rys. 4.59a. Zmiany temperatury powietrza w Odessie w latach 1821-2002

– prognoza w latach 2003-2100 – styczeń

Fig. 4.59a. Changes of air temperature in Odessa in the 1821-2002 years

– forecasts in years 2003-2100 – January

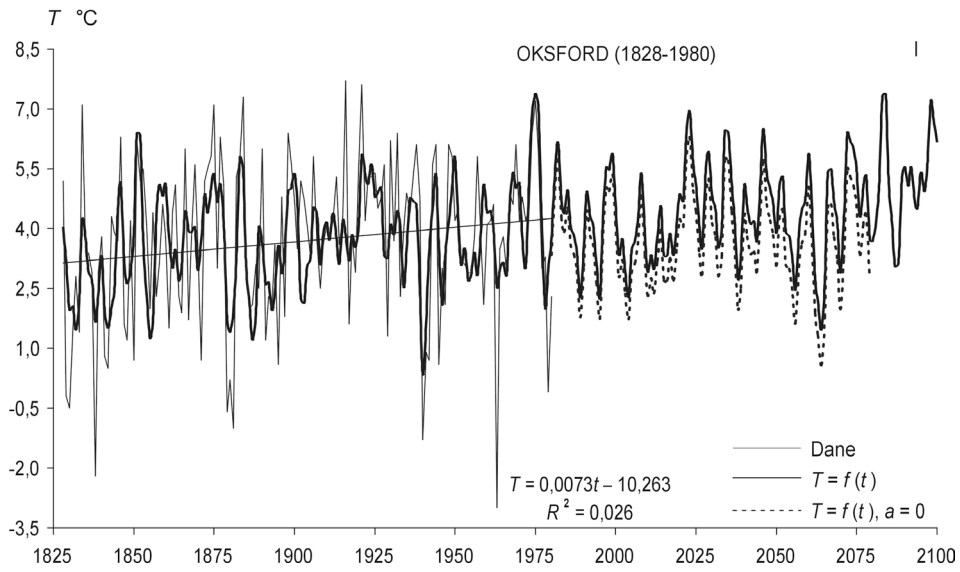


Rys. 4.59b. Zmiany temperatury powietrza w Odessie w latach 1821-2002

– prognoza w latach 2003-2100 – lipiec

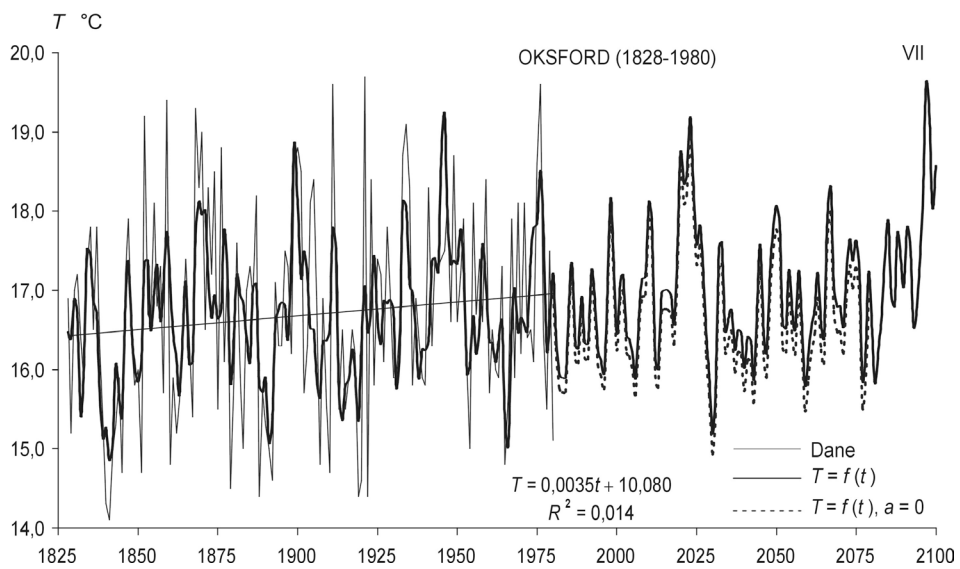
Fig. 4.59b. Changes of air temperature in Odessa in the 1821-2002 years

– forecasts in years 2003-2100 – July



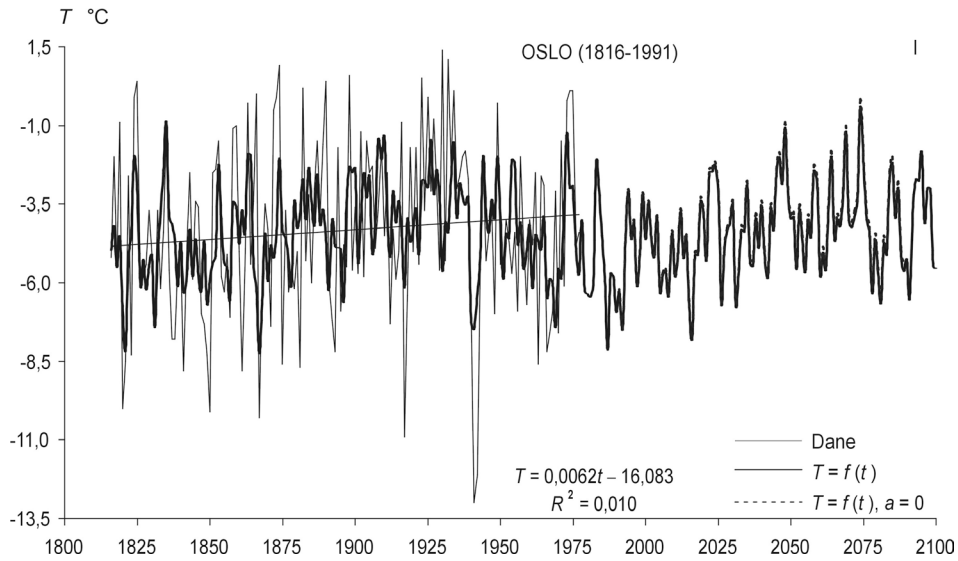
Rys. 4.60a. Zmiany temperatury powietrza w Oksfordzie w latach 1828-1980  
 – prognoza w latach 1981-2100 – styczeń

Fig. 4.60a. Changes of air temperature in Oxford in the 1828-1980 years  
 – forecasts in years 1981-2100 – January

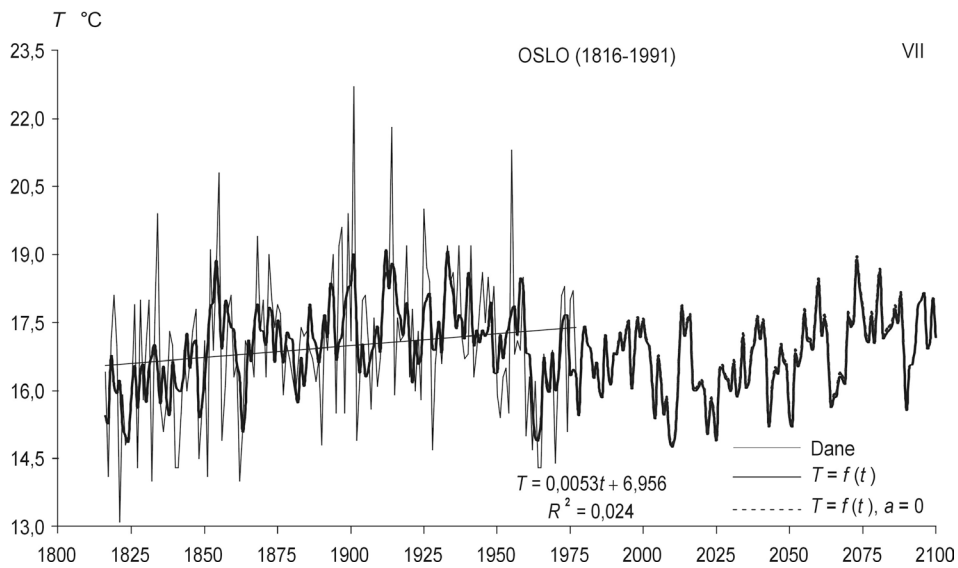


Rys. 4.60b. Zmiany temperatury powietrza w Oksfordzie w latach 1828-1980  
 – prognoza w latach 1981-2100 – lipiec

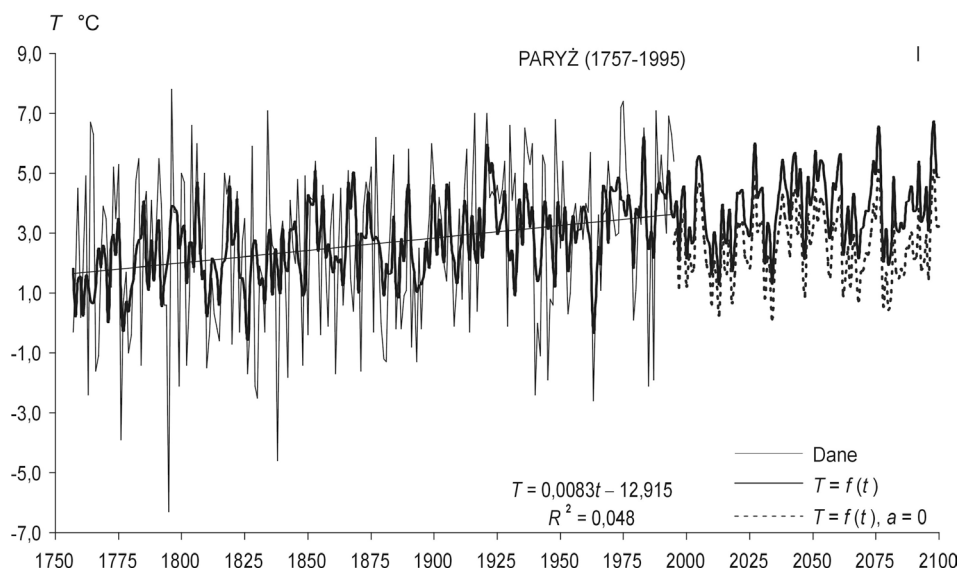
Fig. 4.60b. Changes of air temperature in Oxford in the 1828-1980 years  
 – forecasts in years 1981-2100 – July



Rys. 4.61a. Zmiany temperatury powietrza w Oslo w latach 1816-1991  
 – prognoza w latach 1992-2100 – styczeń  
 Fig. 4.61a. Changes of air temperature in Oslo in the 1816-1991 years  
 – forecasts in years 1992-2100 – January

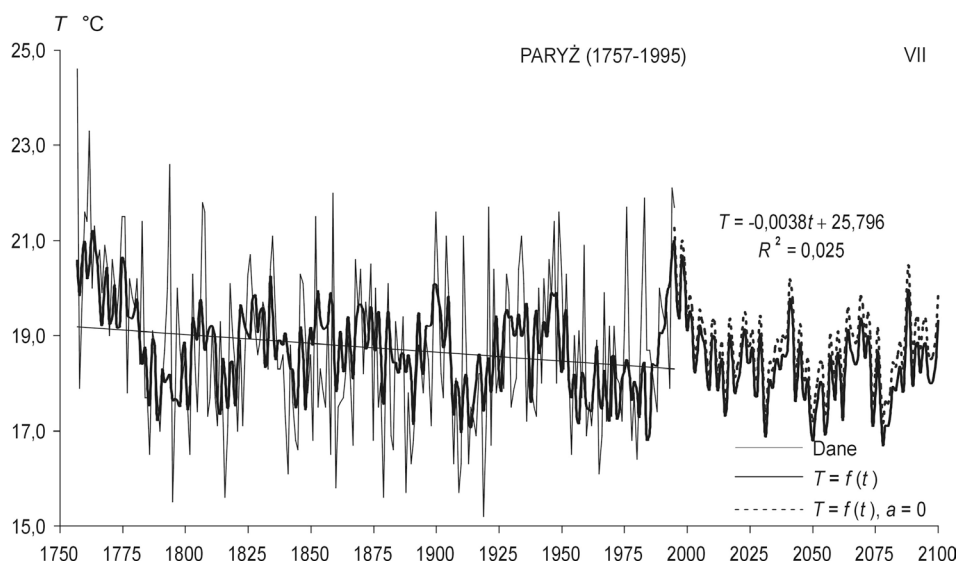


Rys. 4.61b. Zmiany temperatury powietrza w Oslo w latach 1816-1991  
 – prognoza w latach 1992-2100 – lipiec  
 Fig. 4.61b. Changes of air temperature in Oslo in the 1816-1991 years  
 – forecasts in years 1992-2100 – July



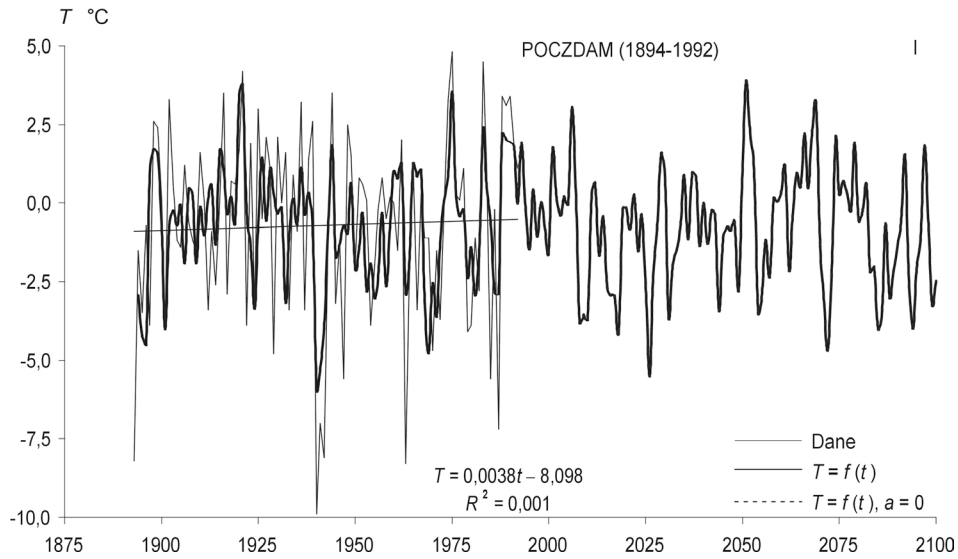
Rys. 4.62a. Zmiany temperatury powietrza w Paryżu w latach 1757-1995  
 – prognoza w latach 1996-2100 – styczeń

Fig. 4.62a. Changes of air temperature in Paris in the 1757-1995 years  
 – forecasts in years 1996-2100 – January



Rys. 4.62b. Zmiany temperatury powietrza w Paryżu w latach 1757-1995  
 – prognoza w latach 1996-2100 – lipiec

Fig. 4.62b. Changes of air temperature in Paris in the 1757-1995 years  
 – forecasts in years 1996-2100 – July

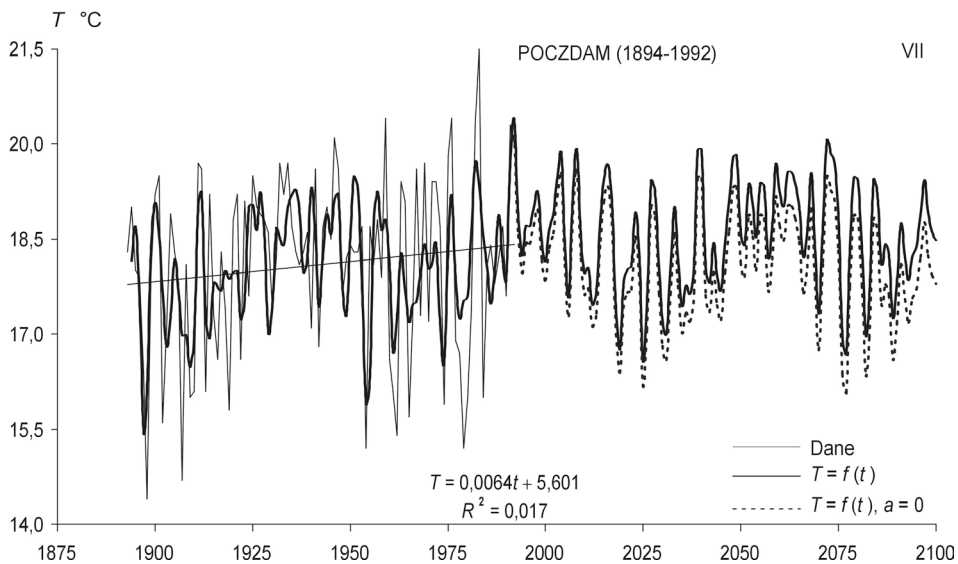


Rys. 4.63a. Zmiany temperatury powietrza w Poczdamie w latach 1894-1992

– prognoza w latach 1993-2100 – styczeń

Fig. 4.63a. Changes of air temperature in Potsdam in the 1894-1992 years

– forecasts in years 1993-2100 – January



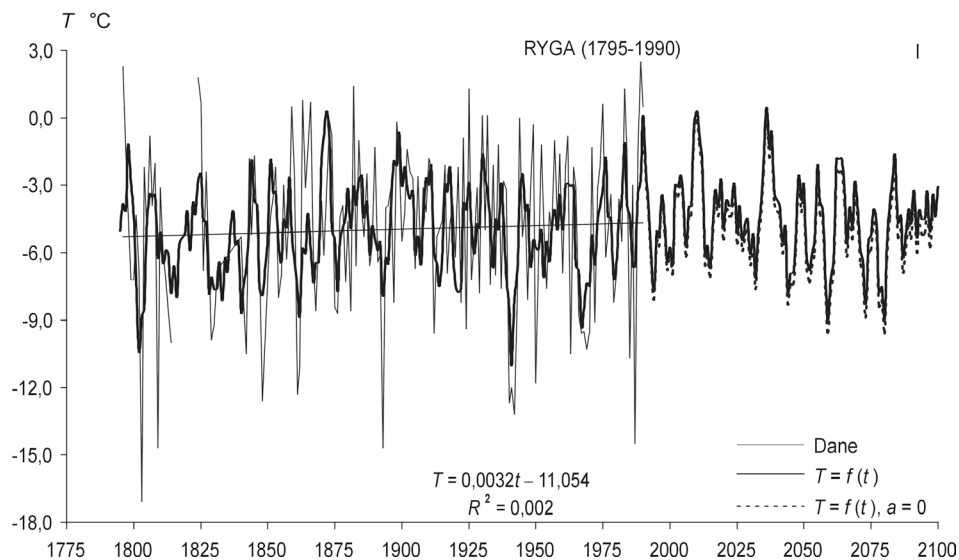
Rys. 4.63b. Zmiany temperatury powietrza w Poczdamie w latach 1894-1992

– prognoza w latach 1993-2100 – lipiec

Fig. 4.63b. Changes of air temperature in Potsdam in the 1894-1992 years

– forecasts in years 1993-2100 – July



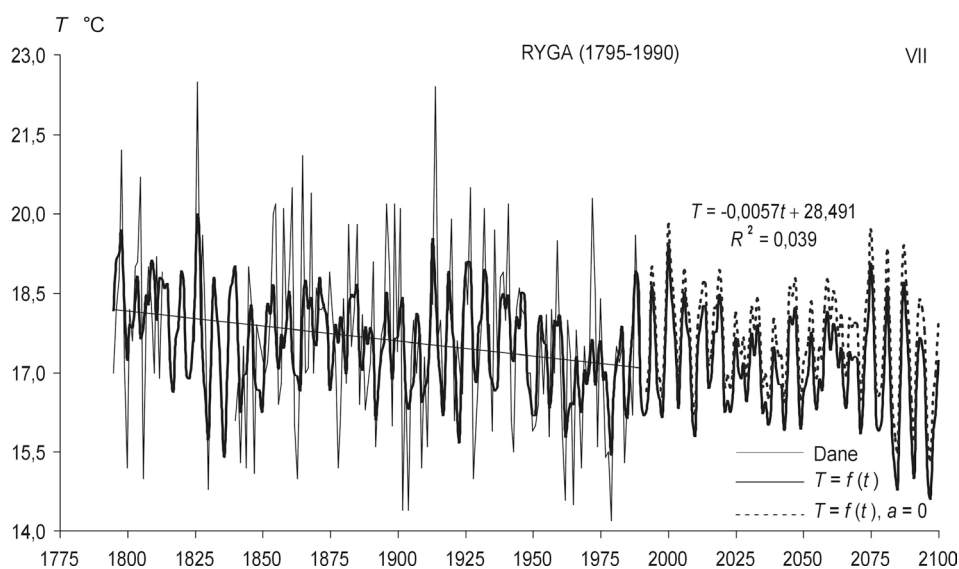


Rys. 4.64a. Zmiany temperatury powietrza w Rydze w latach 1795-1990

– prognoza w latach 1991-2100 – styczeń

Fig. 4.64a. Changes of air temperature in Ryga in the 1795-1990 years

– forecasts in years 1991-2100 – January

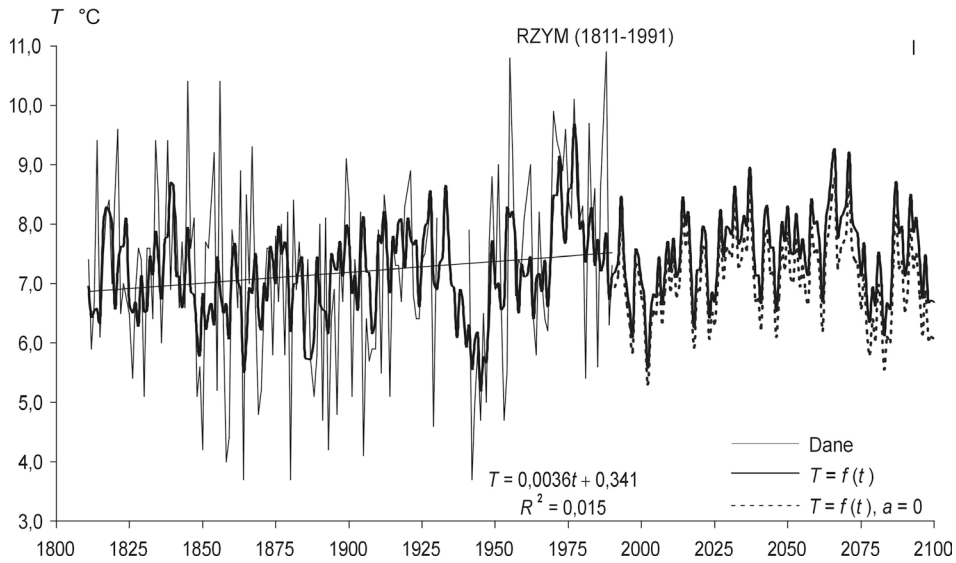


Rys. 4.64b. Zmiany temperatury powietrza w Rydze w latach 1795-1990

– prognoza w latach 1991-2100 – lipiec

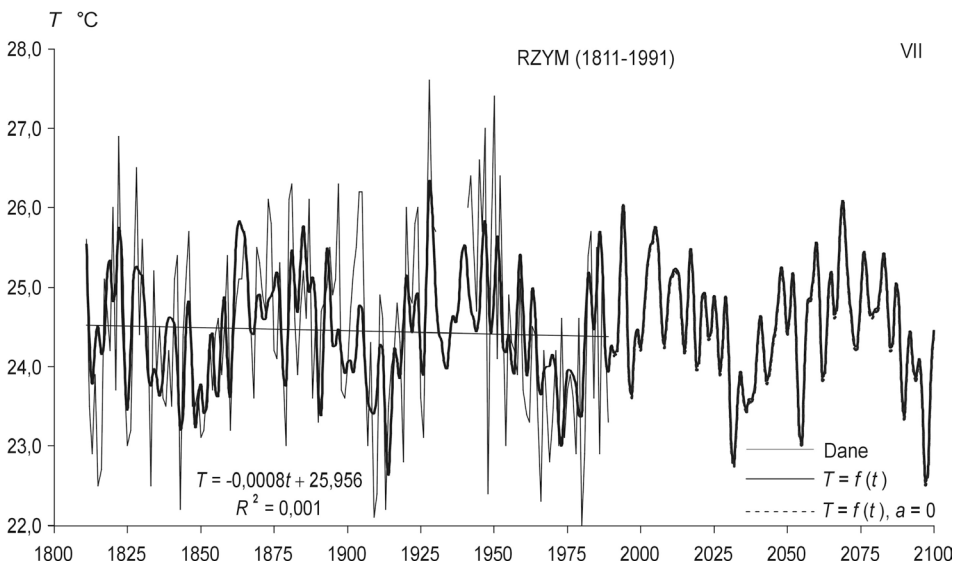
Fig. 4.64b. Changes of air temperature in Ryga in the 1795-1990 years

– forecasts in years 1991-2100 – July



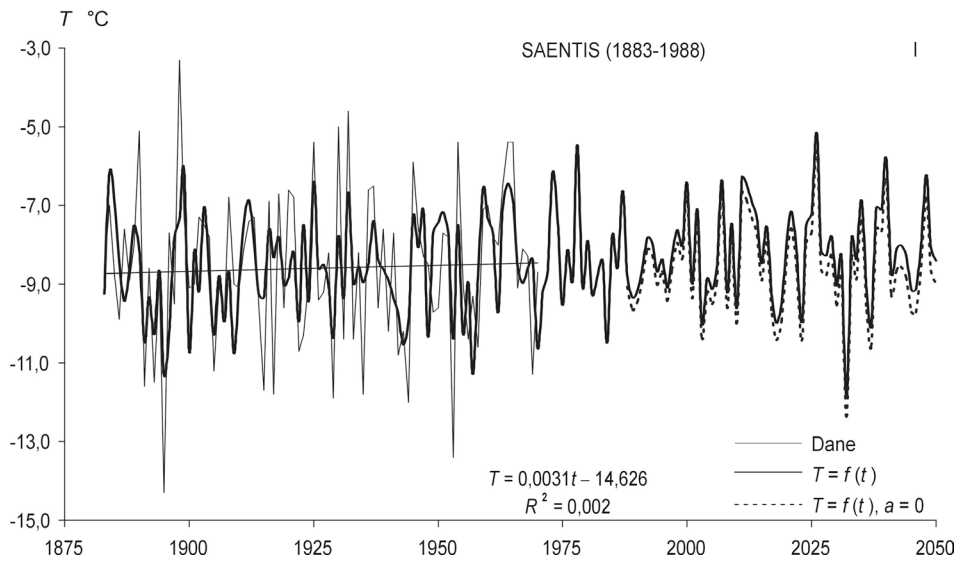
Rys. 4.65a. Zmiany temperatury powietrza w Rzymie w latach 1811-1991  
 – prognoza w latach 1992-2100 – styczeń

Fig. 4.65a. Changes of air temperature in Rome in the 1811-1991 years  
 – forecasts in years 1992-2100 – January

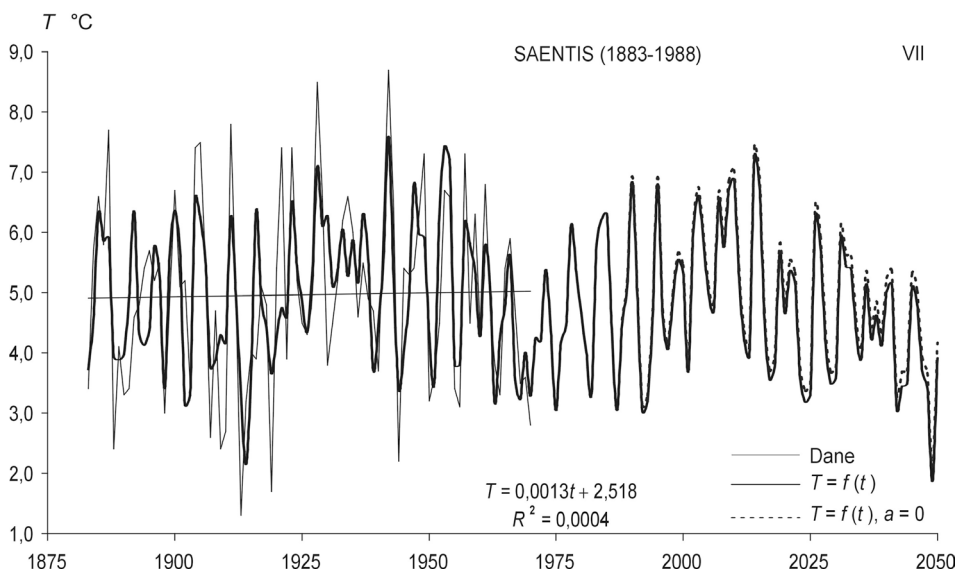


Rys. 4.65b. Zmiany temperatury powietrza w Rzymie w latach 1811-1991  
 – prognoza w latach 1992-2100 – lipiec

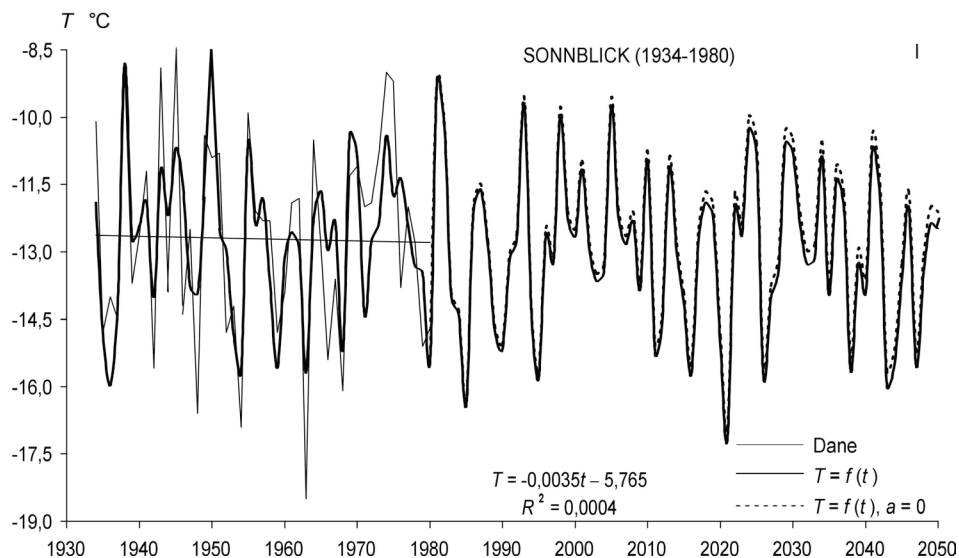
Fig. 4.65b. Changes of air temperature in Rome in the 1811-1991 years  
 – forecasts in years 1992-2100 – July



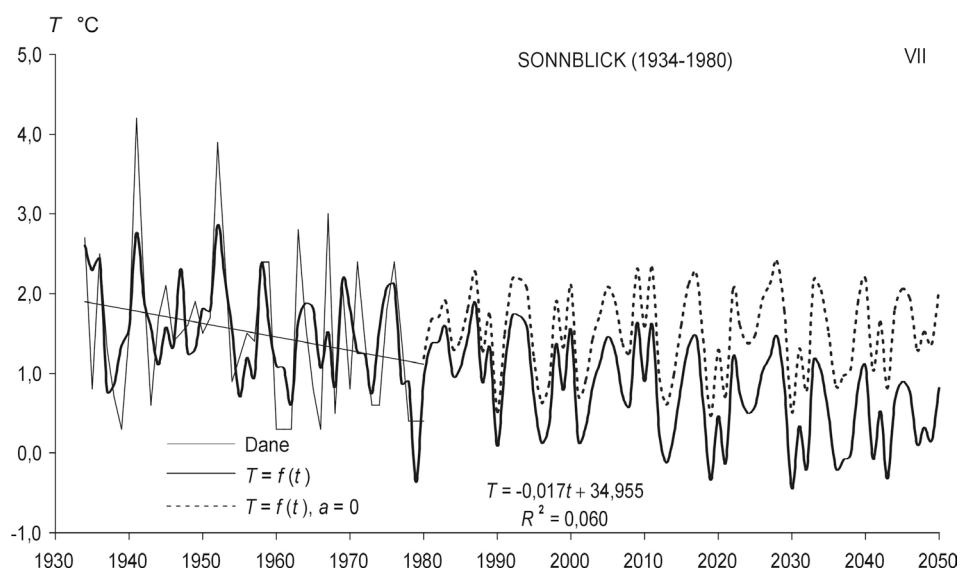
Rys. 4.66a. Zmiany temperatury powietrza w Saentis w latach 1883-1988  
 – prognoza w latach 1989-2100 – styczeń  
 Fig. 4.66a. Changes of air temperature in Saentis in the 1883-1988 years  
 – forecasts in years 1989-2100 – January



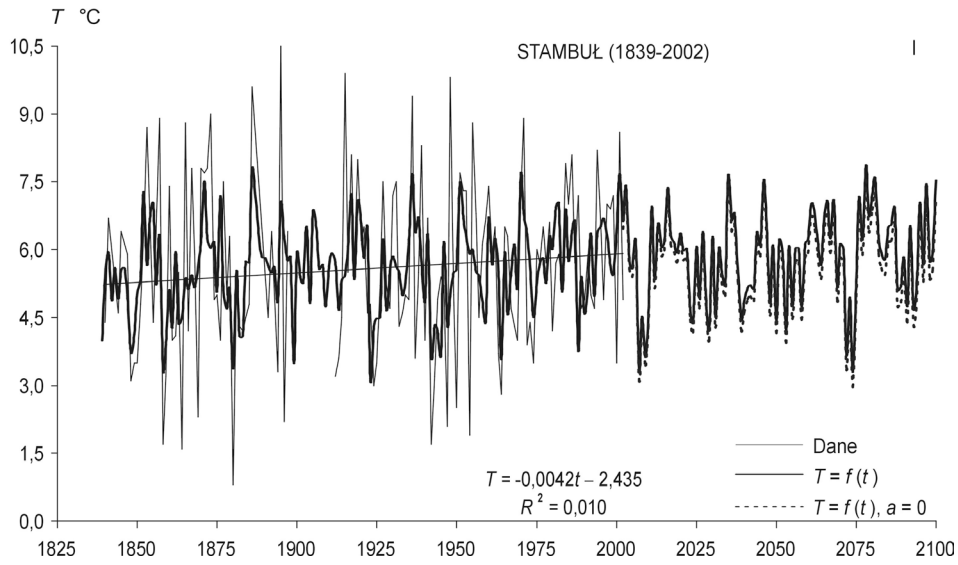
Rys. 4.66b. Zmiany temperatury powietrza w Saentis w latach 1883-1988  
 – prognoza w latach 1989-2100 – lipiec  
 Fig. 4.66b. Changes of air temperature in Saentis in the 1883-1988 years  
 – forecasts in years 1989-2100 – July



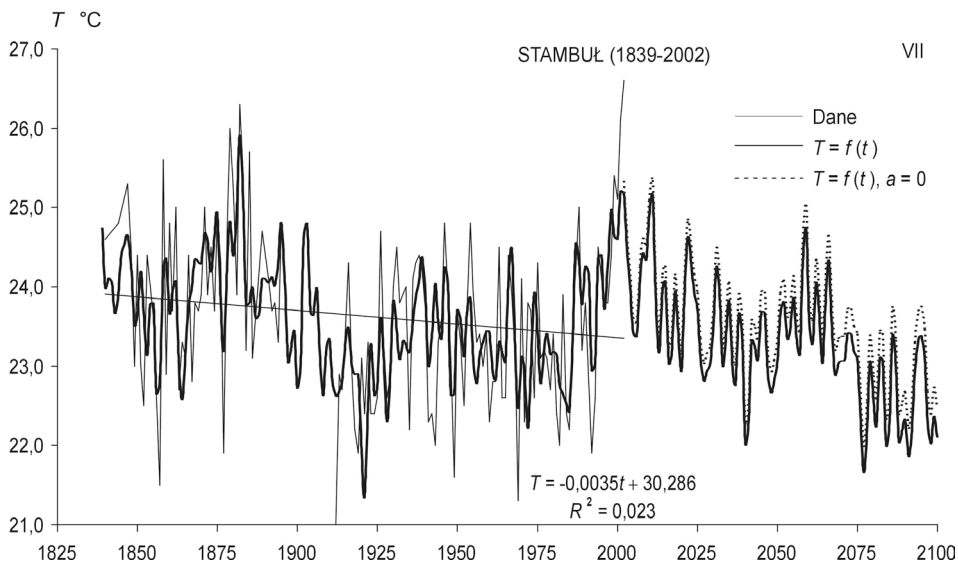
Rys. 4.67a. Zmiany temperatury powietrza w Sonnblick w latach 1934-1980  
 – prognoza w latach 1981-2100 – styczeń  
 Fig. 4.67a. Changes of air temperature in Sonnblick in the 1934-1980 years  
 – forecasts in years 1981-2100 – January



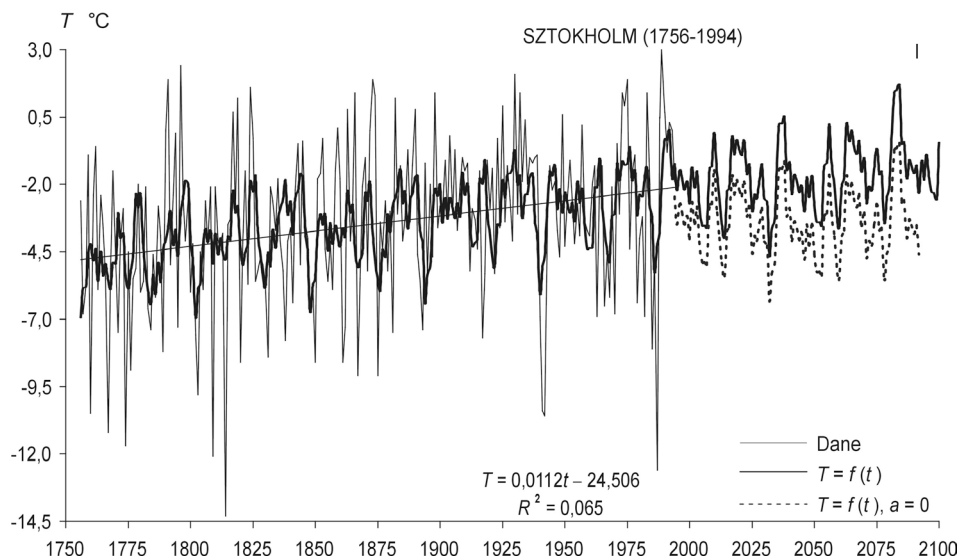
Rys. 4.67b. Zmiany temperatury powietrza w Sonnblick w latach 1934-1980  
 – prognoza w latach 1981-2100 – lipiec  
 Fig. 4.67b. Changes of air temperature in Sonnblick in the 1934-1980 years  
 – forecasts in years 1981-2100 – July



Rys. 4.68a. Zmiany temperatury powietrza w Stambule w latach 1839-2002  
– prognoza w latach 2003-2100 – styczeń  
Fig. 4.68a. Changes of air temperature in Istanbul in the 1839-2002 years  
– forecasts in years 2003-2100 – January

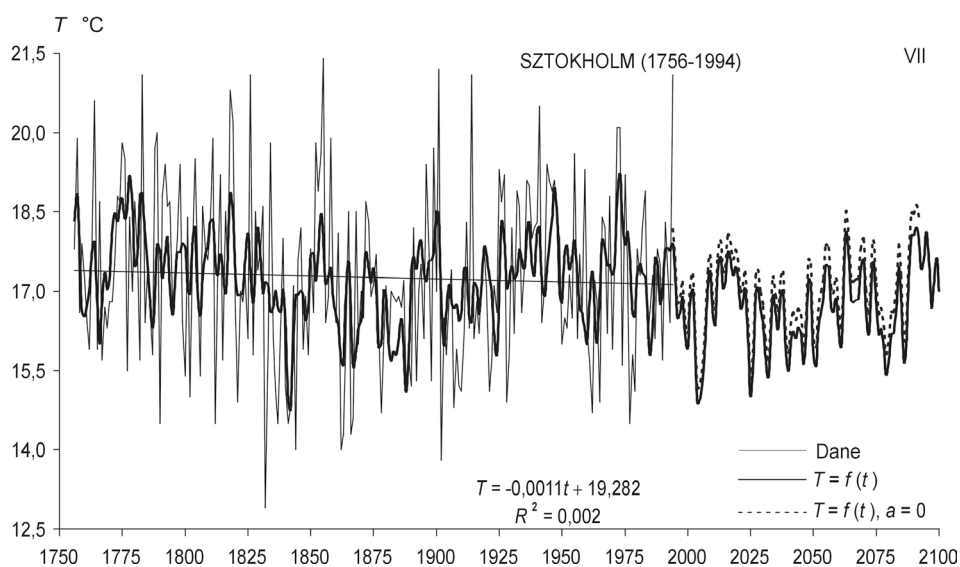


Rys. 4.68b. Zmiany temperatury powietrza w Stambule w latach 1839-2002  
– prognoza w latach 2003-2100 – lipiec  
Fig. 4.68b. Changes of air temperature in Istanbul in the 1839-2002 years  
– forecasts in years 2003-2100 – July



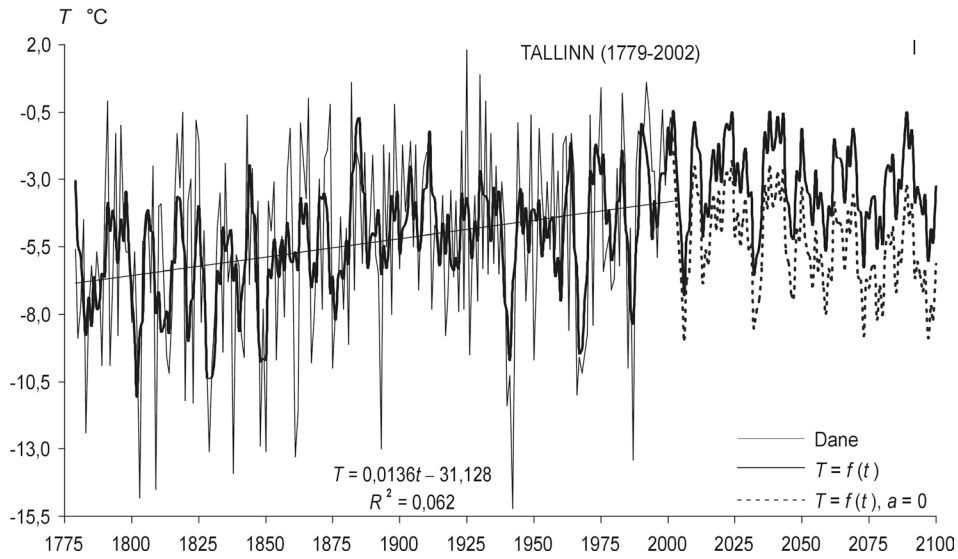
Rys. 4.69a. Zmiany temperatury powietrza w Sztokholmie w latach 1756-1994  
 – prognoza w latach 1995-2100 – styczeń

Fig. 4.69a. Changes of air temperature in Stockholm in the 1756-1994 years  
 – forecasts in years 1995-2100 – January



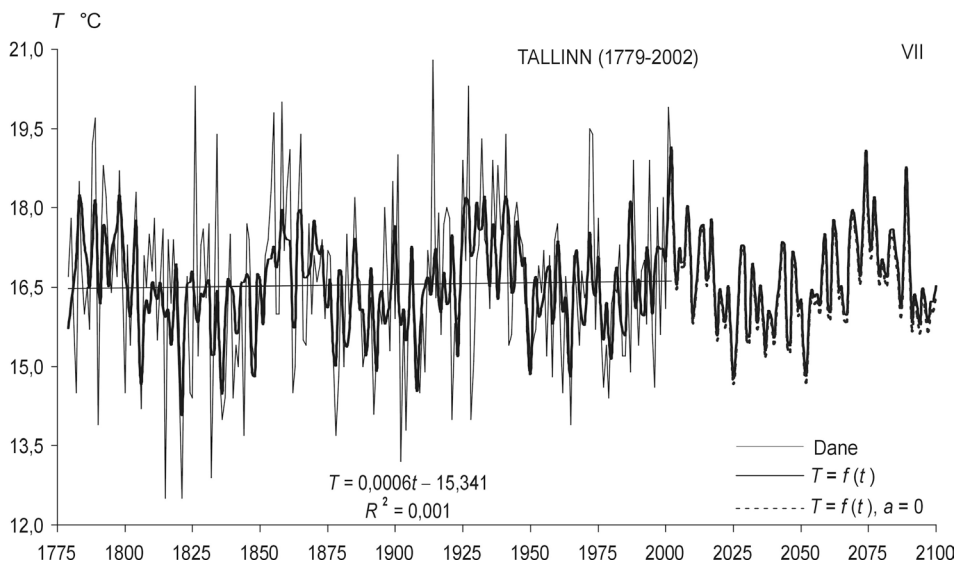
Rys. 4.69b. Zmiany temperatury powietrza w Sztokholmie w latach 1756-1994  
 – prognoza w latach 1995-2100 – lipiec

Fig. 4.69b. Changes of air temperature in Stockholm in the 1756-1994 years  
 – forecasts in years 1995-2100 – July



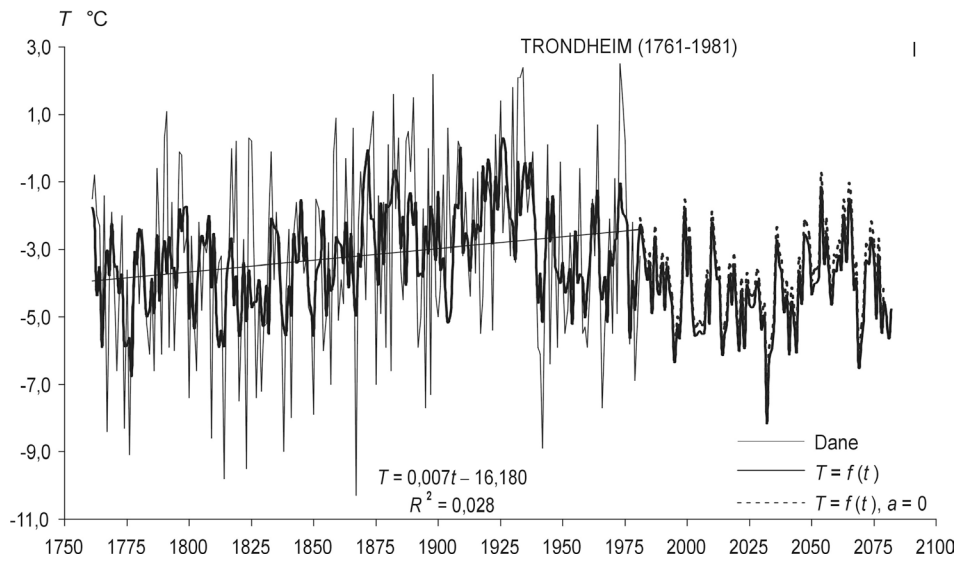
Rys. 4.70a. Zmiany temperatury powietrza w Tallinie w latach 1756-1994  
– prognoza w latach 1995-2100 – styczeń

Fig. 4.70a. Changes of air temperature in Tallinn in the 1756-1994 years  
– forecasts in years 1995-2100 – January



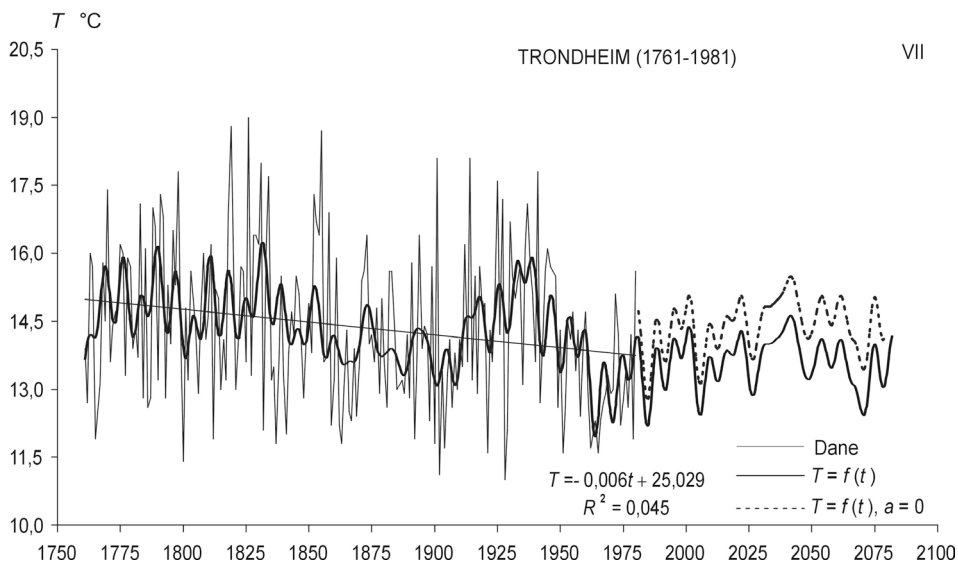
Rys. 4.70b. Zmiany temperatury powietrza w Tallinie w latach 1756-1994  
– prognoza w latach 1995-2100 – lipiec

Fig. 4.70b. Changes of air temperature in Tallinn in the 1756-1994 years  
– forecasts in years 1995-2100 – July



Rys. 4.71a. Zmiany temperatury powietrza w Trondheim w latach 1761-1981  
– prognoza w latach 1982-2100 – styczeń

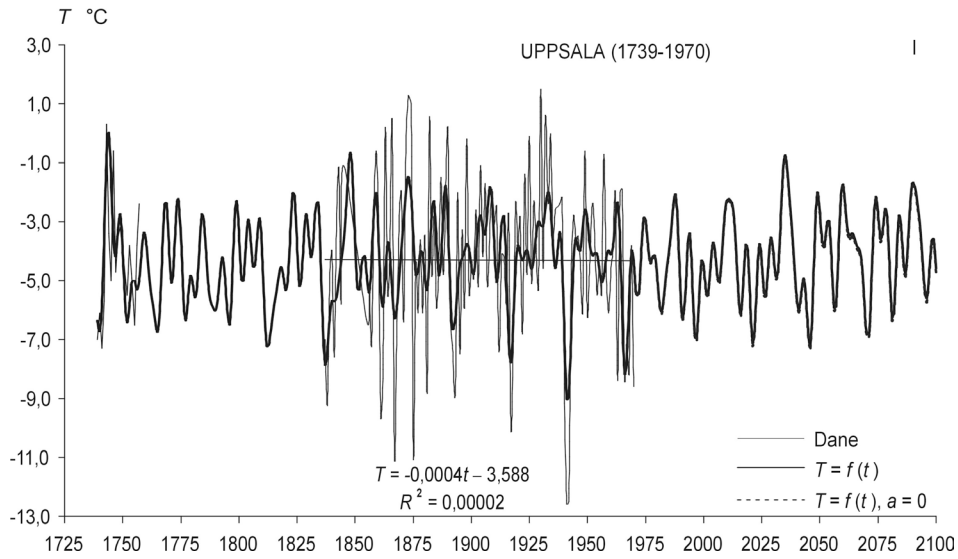
Fig. 4.71a. Changes of air temperature in Trondheim in the 1761-1981 years  
– forecasts in years 1982-2100 – January



Rys. 4.71b. Zmiany temperatury powietrza w Trondheim w latach 1761-1981  
– prognoza w latach 1982-2100 – lipiec

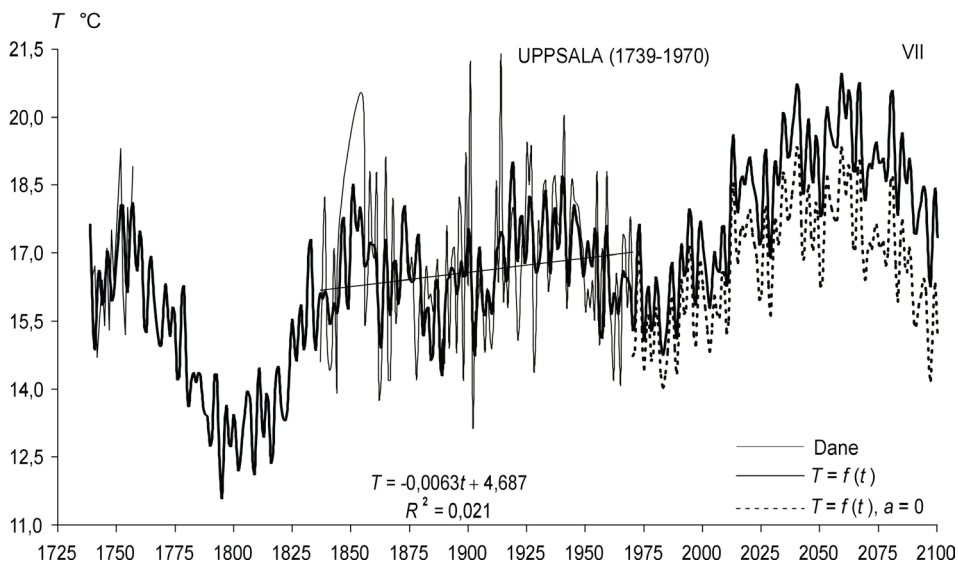
Fig. 4.71b. Changes of air temperature in Trondheim in the 1761-1981 years  
– forecasts in years 1982-2100 – July





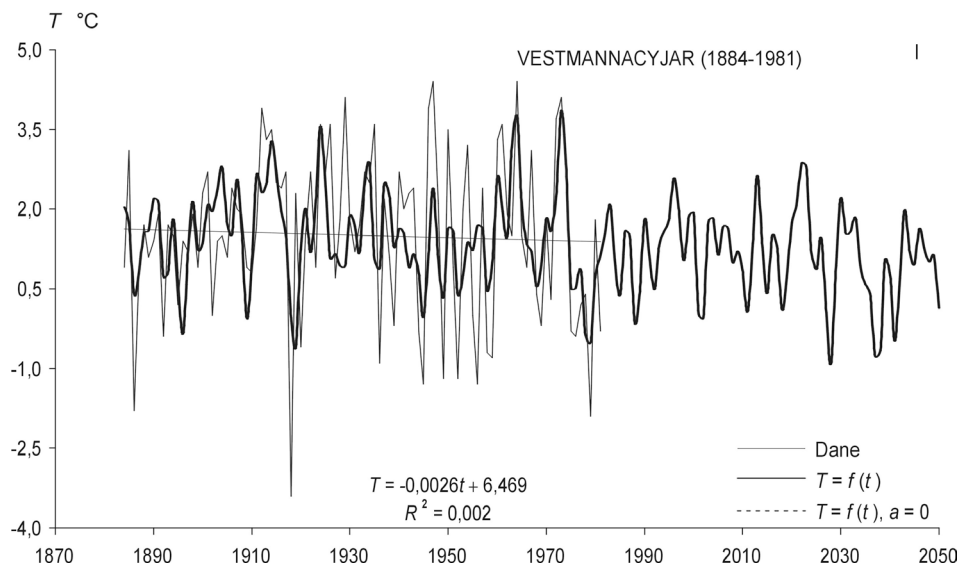
Rys. 4.72a. Zmiany temperatury powietrza w Uppsali w latach 1739-1970  
– prognoza w latach 1971-2100 – styczeń

Fig. 4.72a. Changes of air temperature in Uppsala in the 1739-1970 years  
– forecasts in years 1970-2100 – January



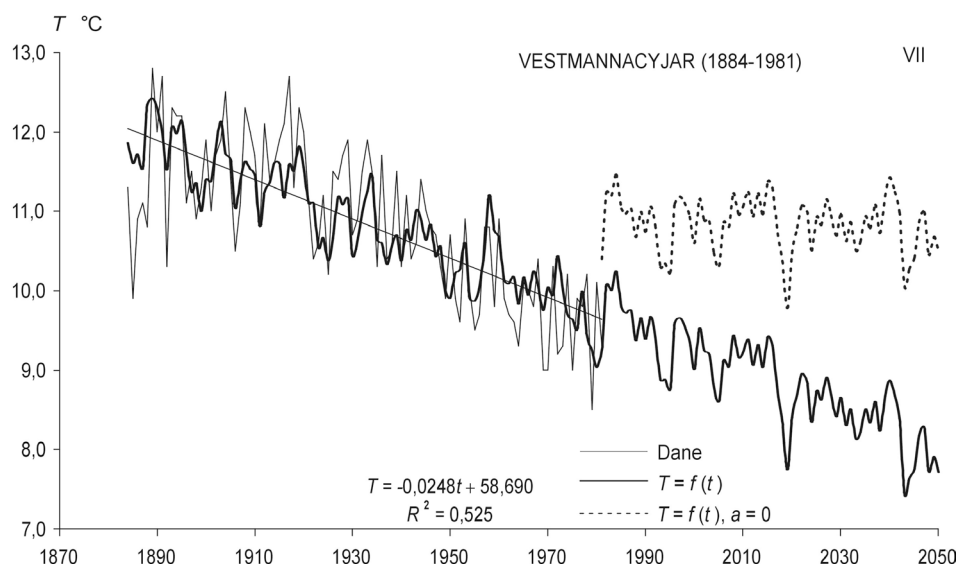
Rys. 4.72b. Zmiany temperatury powietrza w Uppsali w latach 1739-1970  
– prognoza w latach 1971-2100 – lipiec

Fig. 4.72b. Changes of air temperature in Uppsala in the 1739-1970 years  
– forecasts in years 1970-2100 – July



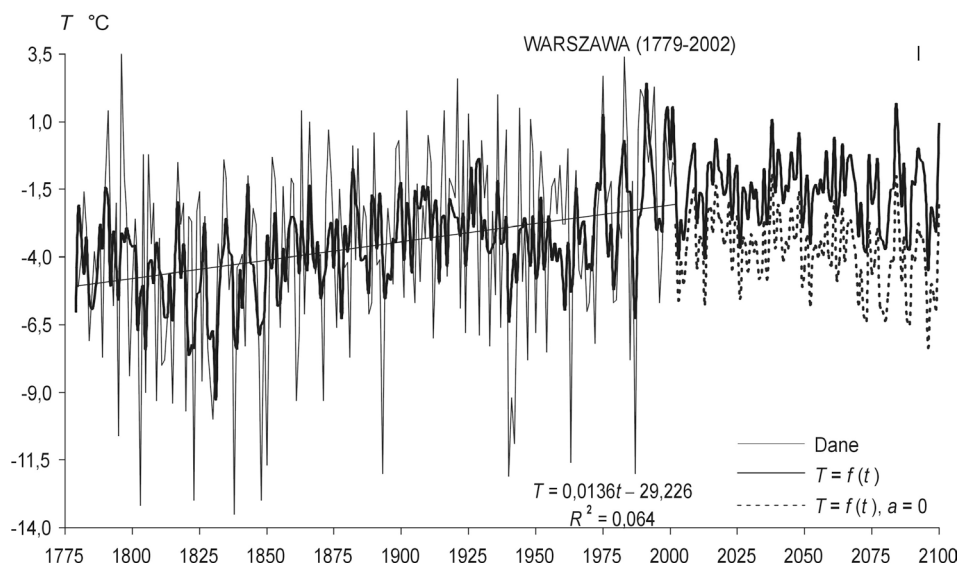
Rys. 4.73a. Zmiany temperatury powietrza w Vestmannyjar w latach 1884-1981  
 – prognoza w latach 1982-2100 – styczeń

Fig. 4.73a. Changes of air temperature in Vestmannyjar in the 1884-1981 years  
 – forecasts in years 1982-2100 – January



Rys. 4.73b. Zmiany temperatury powietrza w Vestmannyjar w latach 1884-1981  
 – prognoza w latach 1982-2100 – lipiec

Fig. 4.73b. Changes of air temperature in Vestmannyjar in the 1884-1981 years  
 – forecasts in years 1982-2100 – July

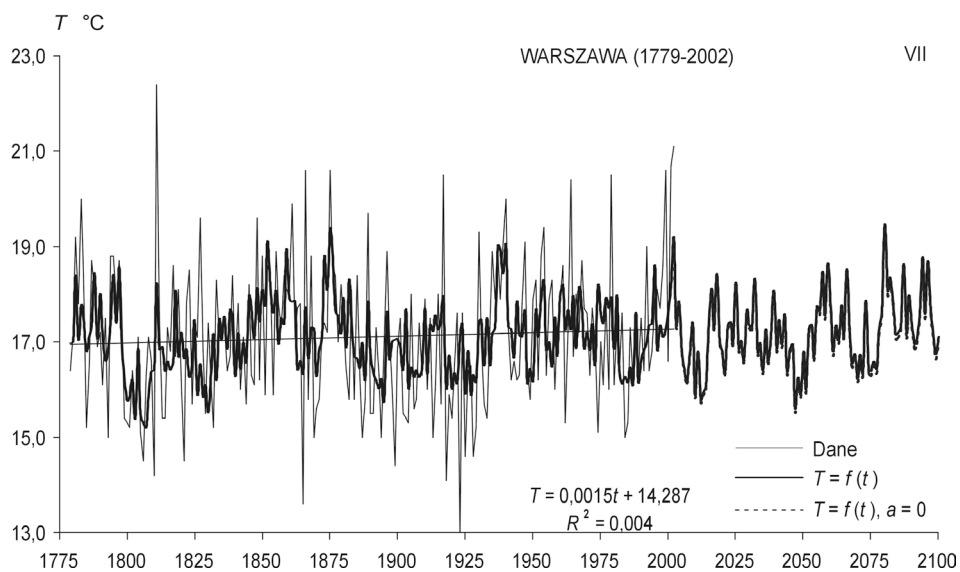


Rys. 4.74a. Zmiany temperatury powietrza w Warszawie w latach 1779-2002

– prognoza w latach 2003-2100 – styczeń

Fig. 4.74a. Changes of air temperature in Warsaw in the 1779-2002 years

– forecasts in years 2003-2100 – January

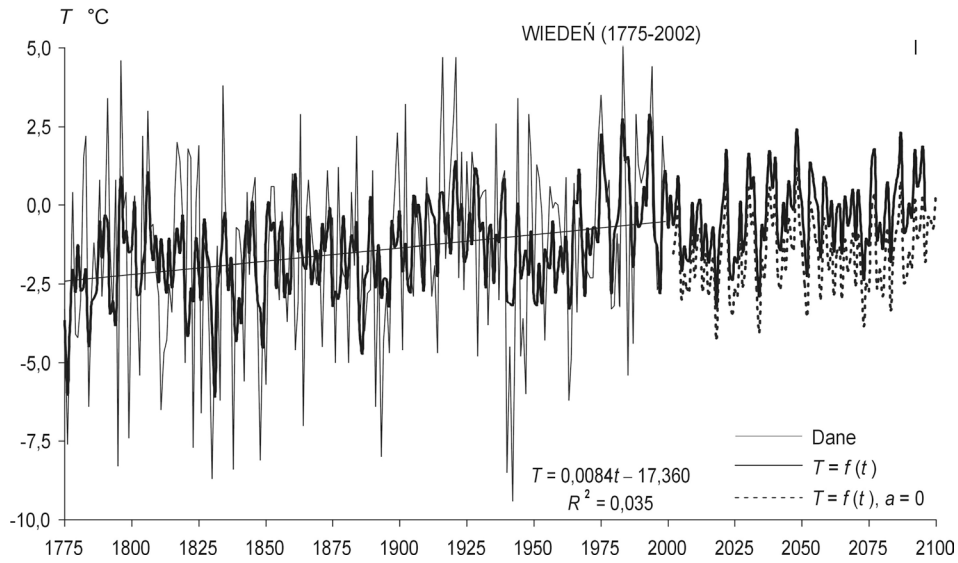


Rys. 4.74b. Zmiany temperatury powietrza w Warszawie w latach 1779-2002

– prognoza w latach 2003-2100 – lipiec

Fig. 4.74b. Changes of air temperature in Warsaw in the 1779-2002 years

– forecasts in years 2003-2100 – July

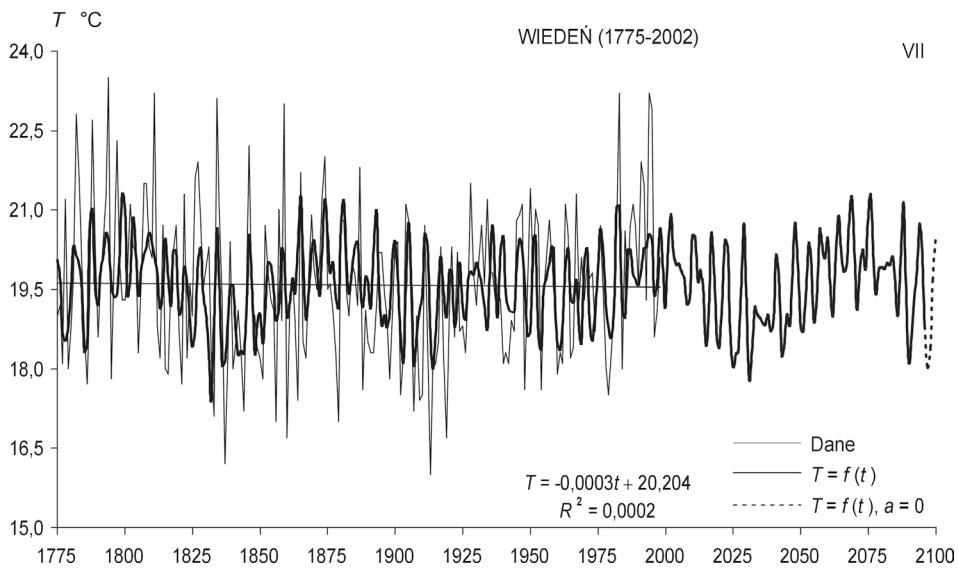


Rys. 4.75a. Zmiany temperatury powietrza w Wiedniu w latach 1775-2002

– prognoza w latach 2003-2100 – styczeń

Fig. 4.75a. Changes of air temperature in Vienna in the 1775-2002 years

– forecasts in years 2003-2100 – January

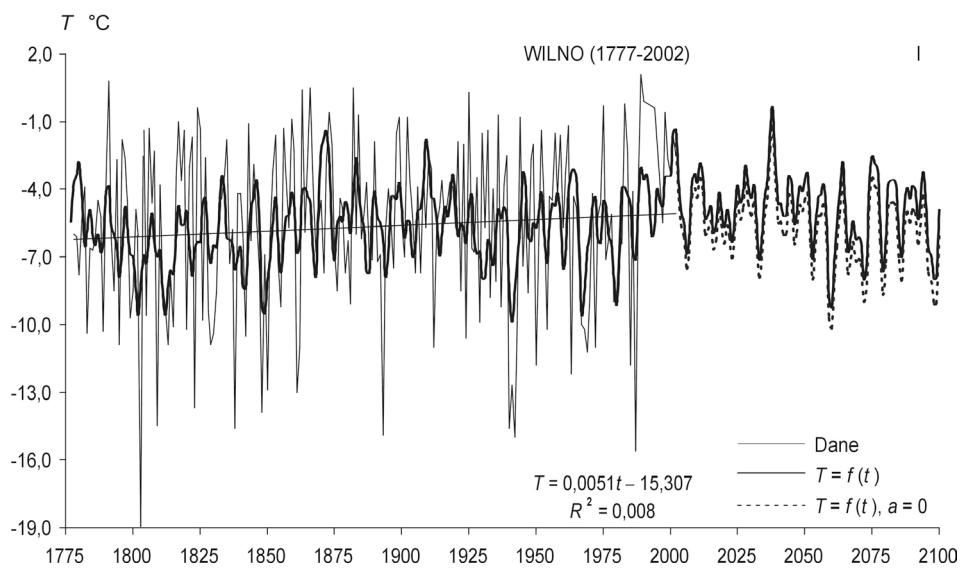


Rys. 4.75b. Zmiany temperatury powietrza w Wiedniu w latach 1775-2002

– prognoza w latach 2003-2100 – lipiec

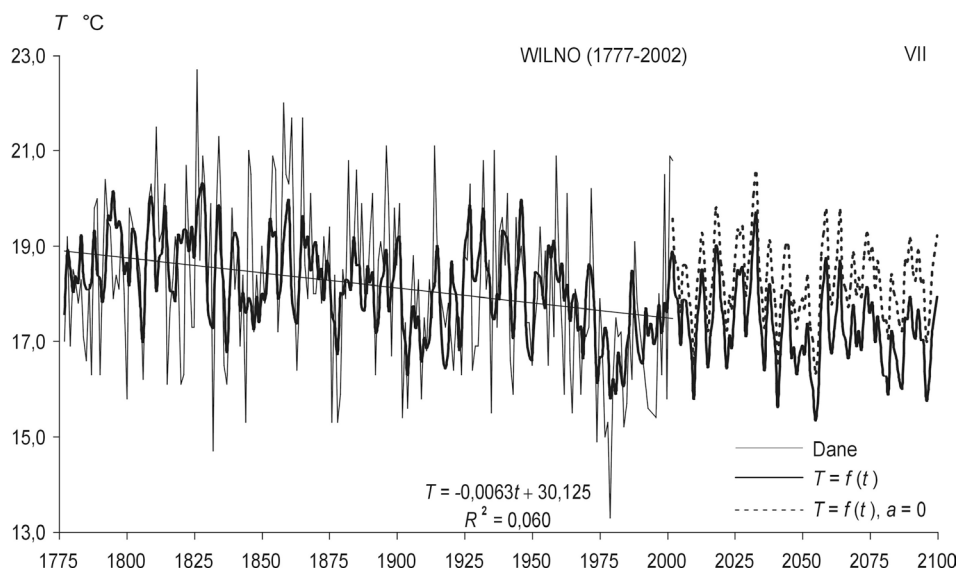
Fig. 4.75b. Changes of air temperature in Vienna in the 1775-2002 years

– forecasts in years 2003-2100 – July



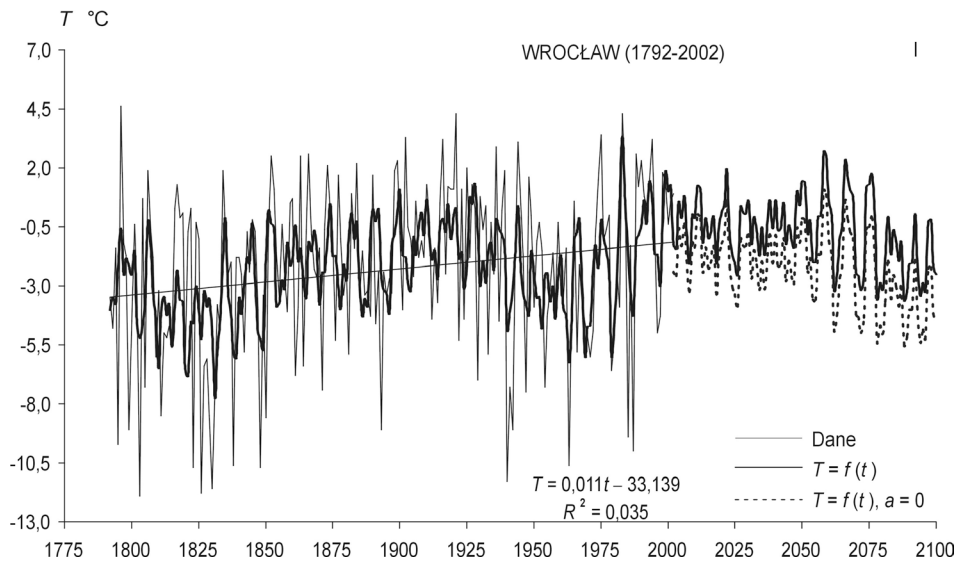
Rys. 4.76a. Zmiany temperatury powietrza w Wilnie w latach 1777-2002  
– prognoza w latach 2003-2100 – styczeń

Fig. 4.76a. Changes of air temperature in Vilnius in the 1777-2002 years  
– forecasts in years 2003-2100 – January



Rys. 4.76b. Zmiany temperatury powietrza w Wilnie w latach 1777-2002  
– prognoza w latach 2003-2100 – lipiec

Fig. 4.76b. Changes of air temperature in Vilnius in the 1777-2002 years  
– forecasts in years 2003-2100 – July

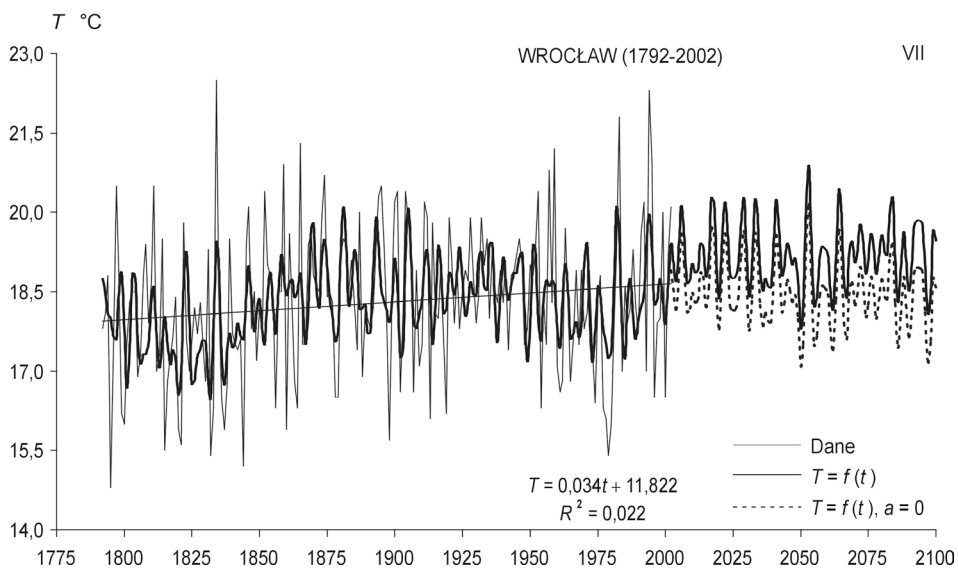


Rys. 4.77a. Zmiany temperatury powietrza we Wrocławiu w latach 1792-2002

– prognoza w latach 2003-2100 – styczeń

Fig. 4.77a. Changes of air temperature in Wrocław in the 1792-2002 years

– forecasts in years 2003-2100 – January

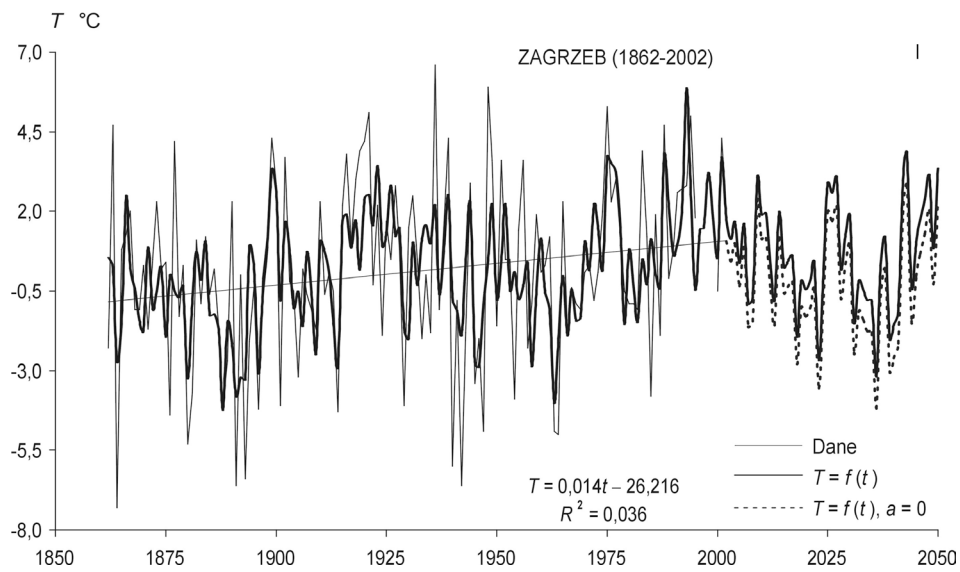


Rys. 4.77b. Zmiany temperatury powietrza we Wrocławiu w latach 1792-2002

– prognoza w latach 2003-2100 – lipiec

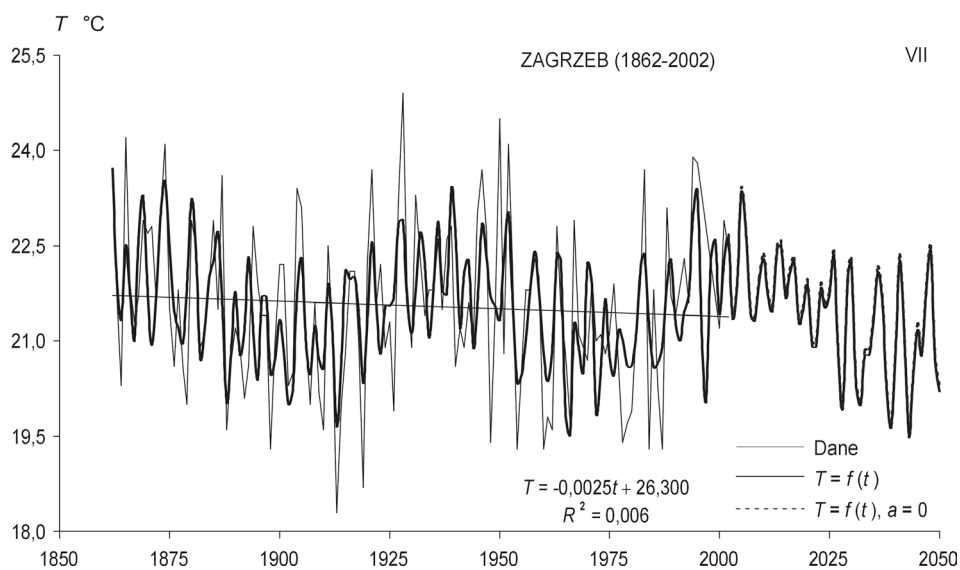
Fig. 4.77b. Changes of air temperature in Wrocław in the 1792-2002 years

– forecasts in years 2003-2100 – July



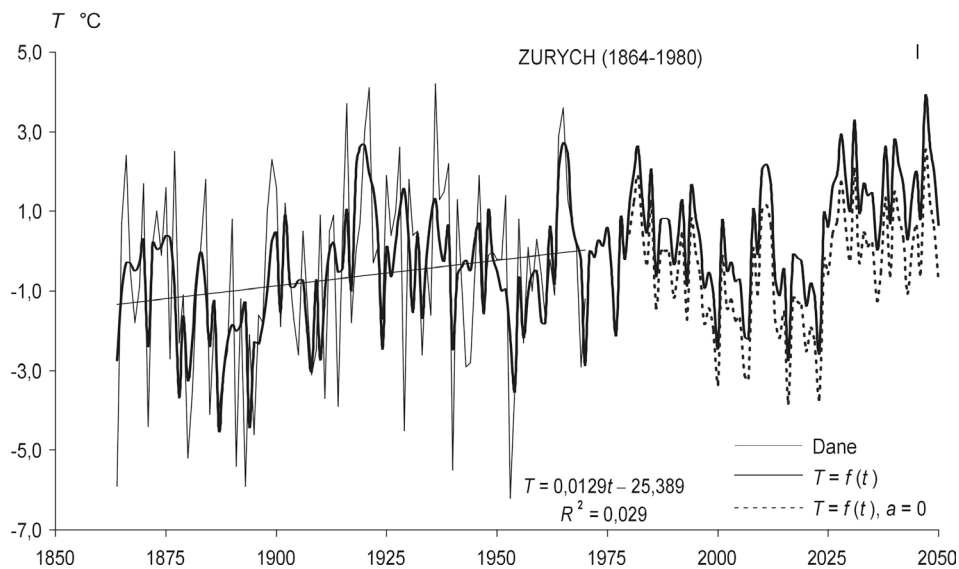
Rys. 4.78a. Zmiany temperatury powietrza w Zagrzebiu w latach 1862-2002  
 – prognoza w latach 2003-2100 – styczeń

Fig. 4.78a. Changes of air temperature in Zagreb in the 1862-2002 years  
 – forecasts in years 2003-2100 – January



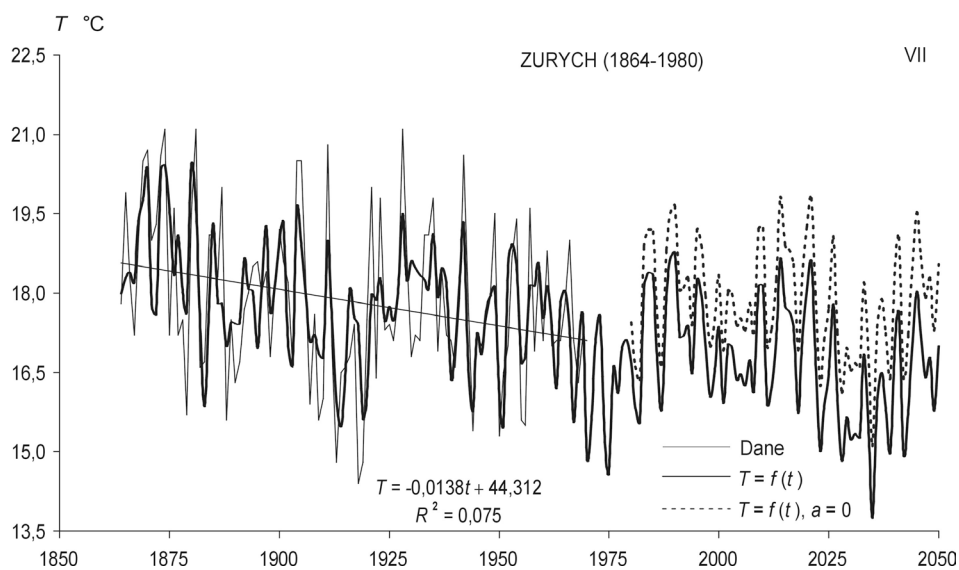
Rys. 4.78b. Zmiany temperatury powietrza w Zagrzebiu w latach 1862-2002  
 – prognoza w latach 2003-2100 – lipiec

Fig. 4.78b. Changes of air temperature in Zagreb in the 1862-2002 years  
 – forecasts in years 2003-2100 – July



Rys. 4.79a. Zmiany temperatury powietrza w Zurychu w latach 1864-1980  
 – prognoza w latach 1981-2100 – styczeń

Fig. 4.79a. Changes of air temperature in Zurich in the 1862-2002 years  
 – forecasts in years 2003-2100 – January



Rys. 4.79b. Zmiany temperatury powietrza w Zurychu w latach 1864-1980  
 – prognoza w latach 1981-2100 – lipiec

Fig. 4.79b. Changes of air temperature in Zurich in the 1862-2002 years  
 – forecasts in years 2003-2100 – July



## V. CECHY OCEANICZNE I KONTYNENTALNE KLIMATU EUROPY

W Atlasie określono także najważniejsze cechy termiczne klimatu Europy, wynikające z jej położenia w umiarkowanych szerokościach geograficznych – w sąsiedztwie Oceanu Atlantyckiego i strefowego ukształtowania jej powierzchni.

### 1. Profile temperatury powietrza (południkowy, równoleżnikowy, hipsometryczny)

Pole temperatury powietrza na obszarze o współrzędnych geograficznych:  $15^{\circ}\text{N} < \varphi < 85^{\circ}\text{N}$ ,  $15^{\circ}\text{W} < \lambda < 180^{\circ}\text{E}$  opisano modelami – wielomianami regresji liniowej i nieliniowej  $T = f(\varphi, \lambda, H)$  względem trzech współrzędnych: szerokości geograficznej  $\varphi$ , długości geograficznej  $\lambda$  i wysokości nad poziomem morza  $H$ . Symulują one zarówno zmienność strefową temperatury powietrza (uwarunkowaną dopływem promieniowania słonecznego) jak też oddziaływanie Oceanu Atlantyckiego oraz wpływ wysokości nad poziomem morza. Badania przeprowadzono na podstawie średnich miesięcznych wartości temperatury powietrza ze stacji meteorologicznych z lat 1961-1990 (rys. 5.1).

Dobrym narzędziem badań ogólnych cech klimatu okazało się równanie hiperpłaszczyzny regresji (wielomian pierwszego stopnia):

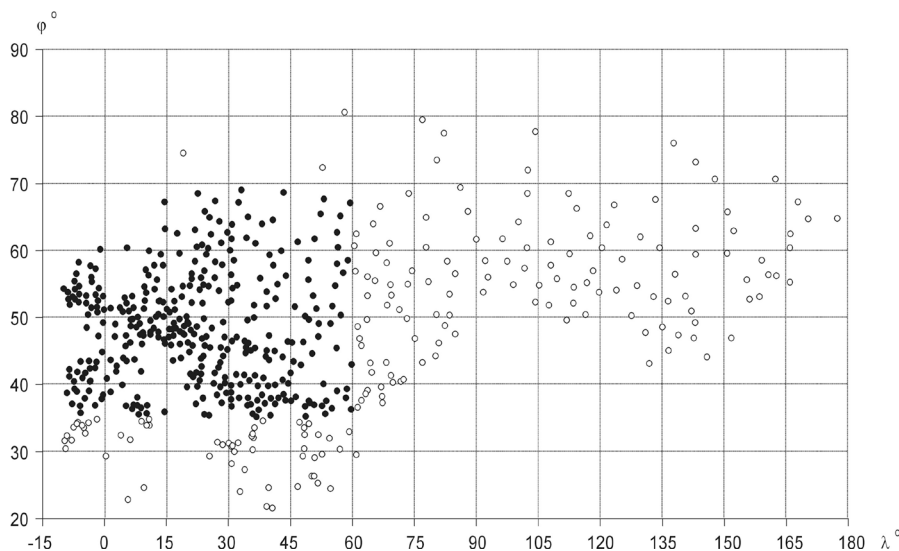
$$T = a_0 + a_1\varphi + a_2\lambda + a_3H$$

Współczynniki regresji cząstkowej  $a_1$ ,  $a_2$ ,  $a_3$  – to współrzędne (poziome  $a_1$ ,  $a_2$  i pionowa  $a_3$  gradientu średniego pola temperatury powietrza:

$$\frac{\partial T}{\partial \varphi} = a_1 \text{ – gradient południkowy, w } ^{\circ}\text{C}/1^{\circ}\varphi,$$

$$\frac{\partial T}{\partial \lambda} = a_2 \text{ – gradient równoleżnikowy, w } ^{\circ}\text{C}/1^{\circ}\lambda,$$

$$\frac{\partial T}{\partial H} = a_3 \text{ – gradient hipsometryczny, w } ^{\circ}\text{C}/100 \text{ m.}$$



Rys. 5.1. Rozmieszczenie ( $\varphi, \lambda$ ) stacji meteorologicznych  
 Fig 5.1. Location ( $\varphi, \lambda$ ) of meteorological stations

Gradient południkowy ( $a_1$ ) wskazuje o ile zmienia się temperatura powietrza wzdłuż południka, gdy przesuniemy się ku północy o  $1^\circ\varphi$ . Gradient równoleżnikowy ( $a_2$ ) wyraża przyrost temperatury powietrza ku wschodowi, gdy odległość ( $\lambda$ ) od Oceanu Atlantyckiego wzrośnie o  $\Delta\lambda = 1^\circ$ . Natomiast gradient hipsometryczny ( $a_3$ ) jest miarą zmian temperatury powietrza ze wzrostem wysokości n.p.m. o 100 m.

Wartości gradientów  $a_1, a_2, a_3$  w poszczególnych miesiącach, porach roku i roku podano w tab. 5.1.

Zmiany południkowe  $a_1 = \frac{\partial T}{\partial \varphi} < 0$  temperatury powietrza spełniają zasadę strefowości

świata. Średni gradient południkowy  $\frac{\partial T}{\partial \varphi}$  na obszarze Europy wynosi  $-0,5^\circ\text{C}/1^\circ\varphi$ . To znaczy, że temperatura powietrza spada ze wzrostem szerokości geograficznej w Europie – średnio o  $0,5^\circ\text{C}/1^\circ\varphi$ .

Gradient równoleżnikowy  $a_2 = \frac{\partial T}{\partial \lambda}$  temperatury powietrza w Europie charakteryzuje jej małą zmienność z zachodu na wschód (wzrost lub spadek). Natomiast gradient hipsometryczny  $\frac{\partial T}{\partial H}$  wyraża spadek temperatury powietrza ze wzrostem wysokości nad poziomem morza – średniej rocznej o  $0,5-0,6^\circ\text{C}/100\text{ m}$ .

Tab. 5.1. Gradienty: południkowy ( $a_1$ ), równoleżnikowy ( $a_2$ ) i hipsometryczny ( $a_3$ ) temperatury powietrza w latach 1961-1990

Tab. 5.1. The gradients: longitudinal ( $a_1$ ), latitudinal ( $a_2$ ) and hypsometric ( $a_3$ ) of air temperature in years 1961-1990

| $[a_1, a_2, a_3]$ | $a_1 [^{\circ}\text{C}/1^{\circ}\varphi]$ | $a_2 [^{\circ}\text{C}/1^{\circ}\lambda]$ | $a_3 [^{\circ}\text{C}/100 \text{ m}]$ | $a_0$ | $R^2 [\%]$ | $R$   |
|-------------------|---|---|--|-------|------------|-------|
| Styczeń           | -0,794                                    | -0,148                                    | -0,610                                 | 42,0  | 87,7       | 0,937 |
| Luty              | -0,809                                    | -0,137                                    | -0,580                                 | 43,6  | 89,2       | 0,945 |
| Marzec            | -0,771                                    | -0,095                                    | -0,512                                 | 44,2  | 91,7       | 0,958 |
| Kwiecień          | -0,711                                    | -0,049                                    | -0,476                                 | 45,2  | 90,2       | 0,950 |
| Maj               | -0,612                                    | -0,019                                    | -0,433                                 | 44,8  | 83,3       | 0,912 |
| Czerwiec          | -0,543                                    | 0,006                                     | -0,379                                 | 44,7  | 74,9       | 0,865 |
| Lipiec            | -0,528                                    | 0,017                                     | -0,335                                 | 45,9  | 74,7       | 0,864 |
| Sierpień          | -0,573                                    | 0,007                                     | -0,354                                 | 47,4  | 84,4       | 0,919 |
| Wrzesień          | -0,627                                    | -0,014                                    | -0,394                                 | 46,9  | 91,8       | 0,958 |
| Październik       | -0,663                                    | -0,039                                    | -0,422                                 | 43,8  | 82,2       | 0,906 |
| Listopad          | -0,809                                    | -0,087                                    | -0,559                                 | 46,5  | 86,8       | 0,932 |
| Grudzień          | -0,773                                    | -0,141                                    | -0,639                                 | 43,1  | 86,5       | 0,930 |
| Wiosna            | -0,698                                    | -0,054                                    | -0,474                                 | 44,7  | 91,5       | 0,956 |
| Lato              | -0,547                                    | 0,010                                     | -0,356                                 | 46,0  | 79,1       | 0,889 |
| Jesień            | -0,676                                    | -0,057                                    | -0,450                                 | 45,1  | 91,6       | 0,957 |
| Zima              | -0,792                                    | -0,142                                    | -0,610                                 | 42,9  | 88,2       | 0,939 |
| Rok               | -0,684                                    | -0,058                                    | -0,474                                 | 45,6  | 91,4       | 0,956 |

Należy podkreślić, że w ten sposób wyznaczone gradienty  $\frac{\partial T}{\partial \varphi}$ ,  $\frac{\partial T}{\partial \lambda}$ ,  $\frac{\partial T}{\partial H}$  na podstawie równania hiperpłaszczyzny regresji wyodrębniają zmienność poziomą i pionową temperatury powietrza  $\left(\frac{\partial T}{\partial H}\right)$ .

O zależności temperatury powietrza od szerokości geograficznej ( $\varphi$ ) i odległości od Oceanu Atlantyckiego ( $\lambda$ ) i wysokości n.p.m. w Europie informują wykresy (profile):  $T(\varphi)$ ,  $T(\lambda)$ ,  $T(H)$  na rys. 5.12-5.28.

Profil południkowy temperatury powietrza opisany wielomianem regresji  $T(\varphi)$  wskazuje na jej zmiany południkowe (w kierunku południe-północ) niezależnie od długości geograficznej i wysokości nad poziomem morza. Profil równoleżnikowy temperatury powietrza w Europie  $T(\lambda)$  charakteryzuje jej zmienność z zachodu na wschód. Gradienty równoleżnikowe  $\frac{\partial T}{\partial \lambda}$  temperatury powietrza zmieniają znak w ciągu roku.

Wynika to z ocieplającego wpływu Oceanu Atlantyckiego zimą, a ochładzającego latem.

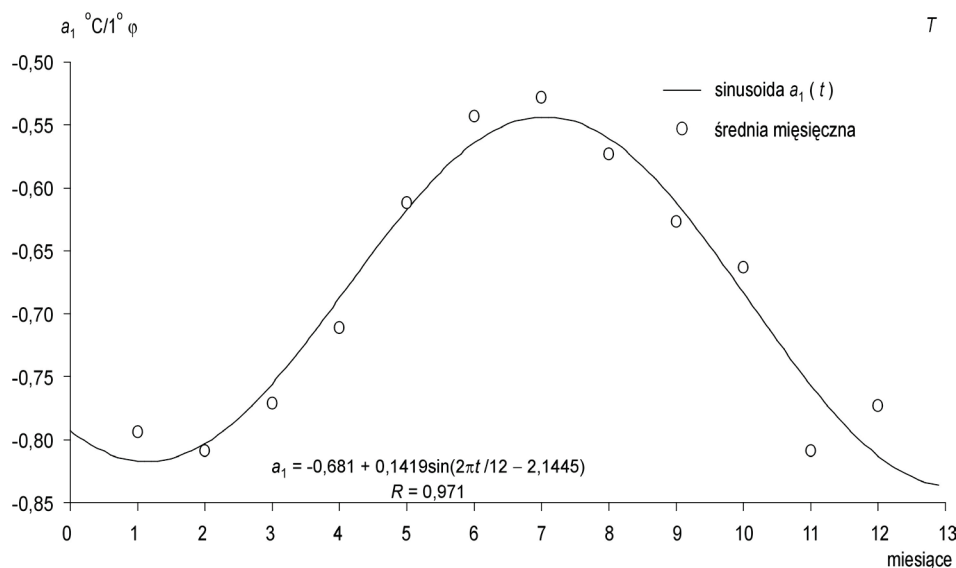
Gradienty południkowe, równoleżnikowe i hipsometryczne temperatury powietrza – średnie na obszarze Europy w latach 1931 -1960 i 1961-1990 wynoszą:

| Gradienty        | 1931-1960 |       |       | 1961-1990 |       |       |
|------------------|-----------|-------|-------|-----------|-------|-------|
|                  | $a_1$     | $a_2$ | $a_3$ | $a_1$     | $a_2$ | $a_3$ |
| Półrocze chłodne | -0,50     | -0,18 | -0,58 | -0,77     | -0,11 | -0,55 |
| Półrocze ciepłe  | -0,50     | 0,05  | -0,58 | -0,60     | 0,01  | -0,40 |
| Rok              | -0,50     | 0,05  | -0,58 | -0,68     | -0,06 | -0,47 |

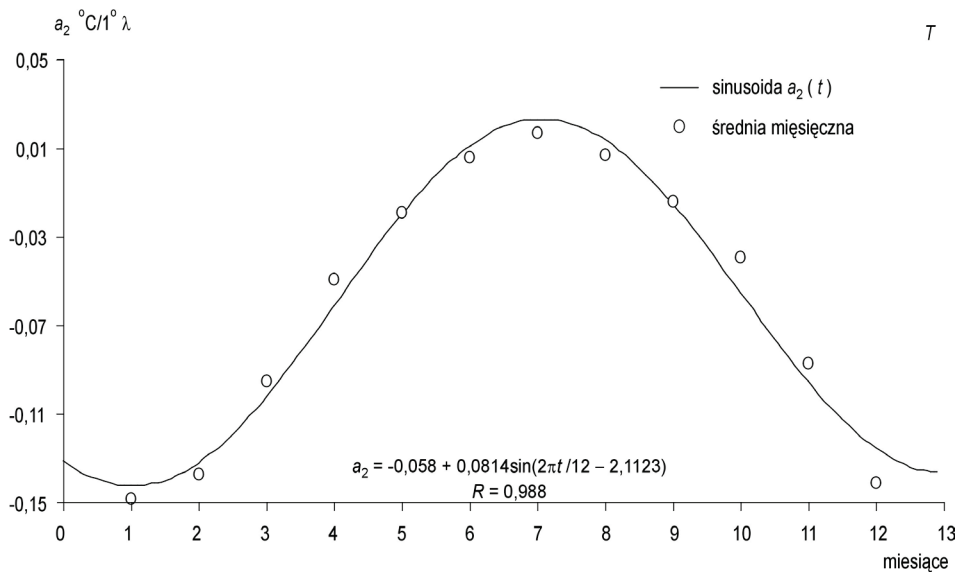
Te średnie gradienty temperatury powietrza na badanym obszarze – określone równaniem hiperpłaszczyzny regresji:  $a_1 = -0,5^\circ\text{C}/1^\circ\varphi$ ,  $a_3 = -0,5 \div -0,6^\circ\text{C}/1^\circ/100\text{m}$  nie różnią się od znanych z literatury. Gradient hipsometryczny  $\frac{\partial T}{\partial H} = a_3 = -0,6^\circ\text{C}/1^\circ/100\text{m}$  jest zbliżony do gradientu wilgotnoadiabatycznego – określonego na podstawie sondaży aerologicznych w przyziemnej warstwie atmosfery. Trzeba zauważyć, że gradient południkowy  $\frac{\partial T}{\partial \varphi} = -0,5^\circ\text{C}/1^\circ\varphi$ , nie odbiega też od średniego na półkuli północnej  $0,5-0,6^\circ$  (Chromow 1969).

Równania hiperpłaszczyzn regresji temperatury powietrza  $T$  względem trzech współrzędnych  $\varphi$ ,  $\lambda$ ,  $H$  (określające gradienty  $a_1$ ,  $a_2$ ,  $a_3$ ) cechują się dużymi współczynnikami korelacji wielokrotnej  $R$ . Współczynniki determinacji  $R^2$  wyjaśniają duży procent wariacji temperatury powietrza: wiosna – 91,5 %, lato 79,1%, jesień 91,6%, zima 88,2%, rok 91,4%.

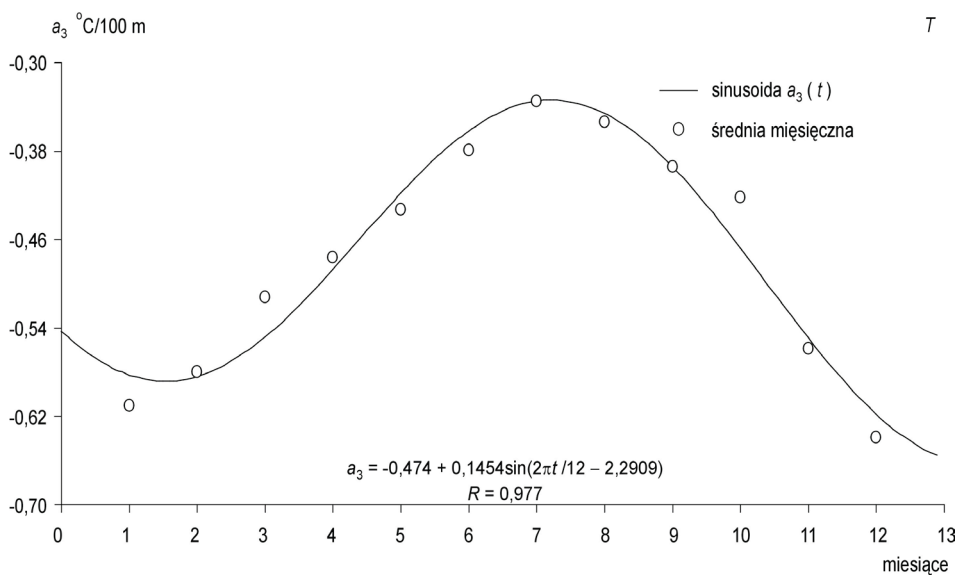
Zmiany roczne gradientów  $a_1$ ,  $a_2$ ,  $a_3$  opisano równaniami sinusoid regresji o okresie  $\Theta = 12$  (rys. 5.2-5.4).



Rys. 5.2. Zmiany roczne gradientu południkowego  $a_1$  temperatury powietrza  
Fig. 5.2. The annual changes of the longitudinal gradient  $a_1$  of the air temperature

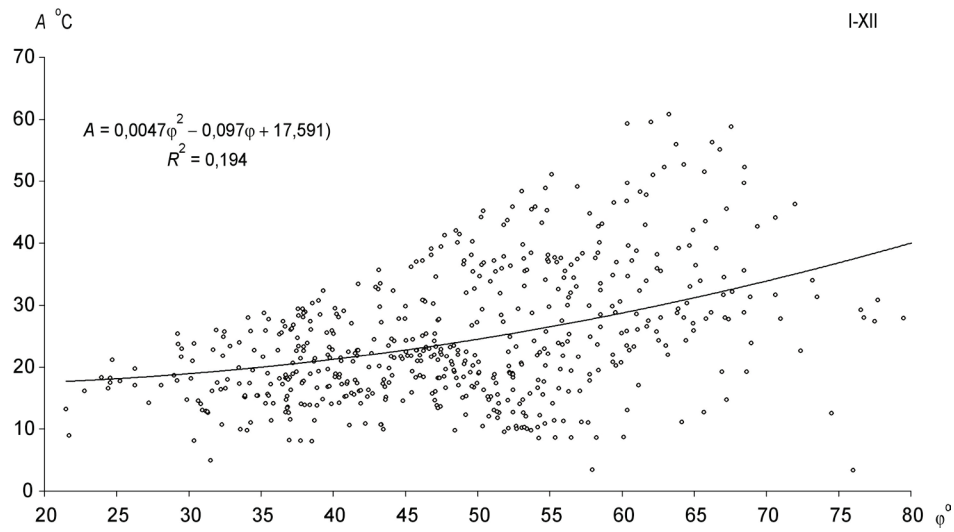


Rys. 5.3. Zmiany roczne gradientu równoleżnikowego  $a_2$  temperatury powietrza  
 Fig. 5.3. The annual changes of the latitudinal gradient  $a_2$  of the air temperature



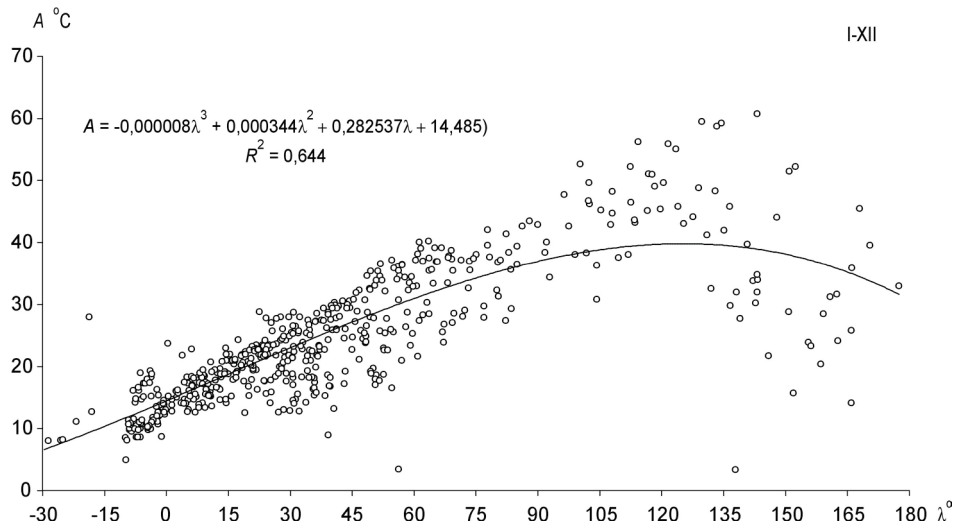
Rys. 5.4. Zmiany roczne gradientu hipsometrycznego  $a_3$  temperatury powietrza  
 Fig. 5.4. The annual changes of the hypsometric gradient  $a_3$  of the air temperature

Zależność rocznej amplitudy temperatury powietrza ( $A$ ) od współrzędnych geograficznych  $\varphi$ ,  $\lambda$  i wysokości nad poziomem morza  $H$  przedstawiają wykresy na rys. 5.5- 5.7.



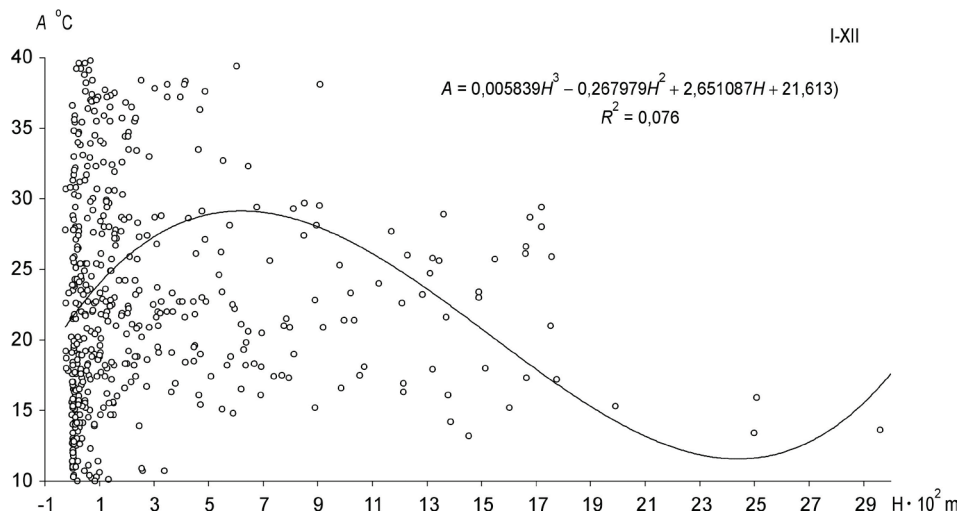
Rys. 5.5. Profil południkowy amplitudy rocznej temperatury powietrza  $A(\varphi)$

Fig. 5.5. Profile of the longitudinal gradient of the annual amplitude of the air temperature  $A(\varphi)$



Rys. 5.6. Profil równoleżnikowy amplitudy rocznej temperatury powietrza  $A(\lambda)$

Fig. 5.6. Profile of the latitudinal gradient of the annual amplitude of the air temperature  $A(\lambda)$



Rys. 5.7. Profil hipsometryczny amplitudy rocznej temperatury powietrza  $A(H)$

Fig. 5.7. Profile of the hypsometric gradient of the annual amplitude of the air temperature  $A(H)$

Pole temperatury powietrza w Europie w poszczególnych miesiącach i roku oraz amplitudę roczną charakteryzują mapy izarytm na rys. 5.29-5.42. Pod mapami zamieszczono równania regresji liniowej temperatury powietrza ( $T$ ) względem trzech współrzędnych: szerokości geograficznej ( $\varphi$ ), długości ( $\lambda$ ) i wysokości n.p.m. ( $H$ ). Współczynniki regresji  $a_1$ ,  $a_2$ ,  $a_3$  – to współrzędne gradientu pola temperatury powietrza na podstawie danych ze stacji „•” – rys. 5.1).

## 2. Gradienty horyzontalne w °C/100 km

Nowością w badaniach klimatu Europy są mapy gradientów: południkowych  $\frac{\partial T}{\partial \Phi}$ , równoleżnikowych  $\frac{\partial T}{\partial \Lambda}$  i hipsometrycznych  $\frac{\partial T}{\partial H}$  przedstawione w t. VIII Atlasu (Sto-pa-Boryczka, Boryczka i inni, 1994).

Żeby wyznaczyć gradient pola temperatury powietrza w każdym punkcie powierzchni Europy opisano je wielomianem regresji czwartego stopnia  $T = f(\Phi, \Lambda, H)$  względem szerokości  $\Phi$  i długości geograficznej  $\Lambda$  oraz wysokości nad poziomem morza  $H$ . We wzorach  $\Phi$  i  $\Lambda$  wyrażono w setkach km, a wysokość  $H$  – w hm.

Gradient pola temperatury powietrza zdefiniowano matematycznie:

$$\text{grad } T = \left[ \frac{\partial T}{\partial \Phi}, \frac{\partial T}{\partial \Lambda}, \frac{\partial T}{\partial H} \right]$$

jako wektor, którego składowymi są pochodne cząstkowe – wyrażone w °C/100 km,

$^{\circ}\text{C}/100\text{ km}$ ,  $^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$ . Składowe horyzontalne – poziome  $\frac{\partial T}{\partial \Phi}$ ,  $\frac{\partial T}{\partial \Lambda}$  wyrażono w  $^{\circ}\text{C}/100$

km, przekształcając współrzędne geograficzne:

$$\Phi = 1,111 \varphi^{\circ}$$

$$\Lambda = 1,111 \lambda^{\circ} \cos \varphi^{\circ}$$

Tak zdefiniowane gradienty oddzielają w każdym miejscu wpływ szerokości geograficznej ( $\Phi$ ), długości geograficznej  $\Lambda$  (odległości od Oceanu Atlantyckiego) i wysokości nad poziomem morza  $H$  (tab. 5.2).

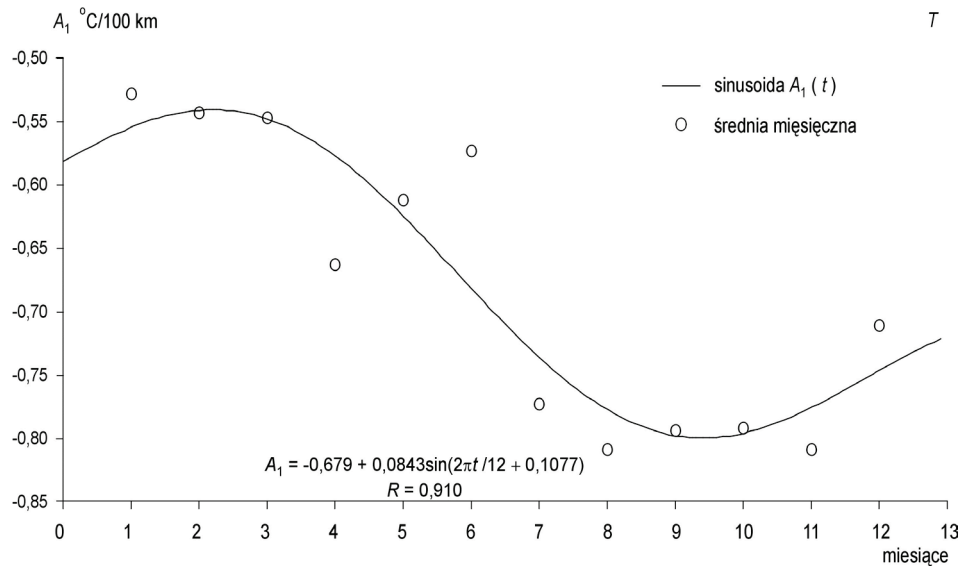
Tab. 5.2. Gradienty: południkowy ( $A_1$ ), równoleżnikowy ( $A_2$ ) i hipsometryczny ( $A_3$ ) temperatury powietrza w latach 1961-1990

Tab. 5.2. The gradients: longitudinal ( $A_1$ ), latitudinal ( $A_2$ ) and hypsometric ( $A_3$ ) of air temperature in years 1961-1990

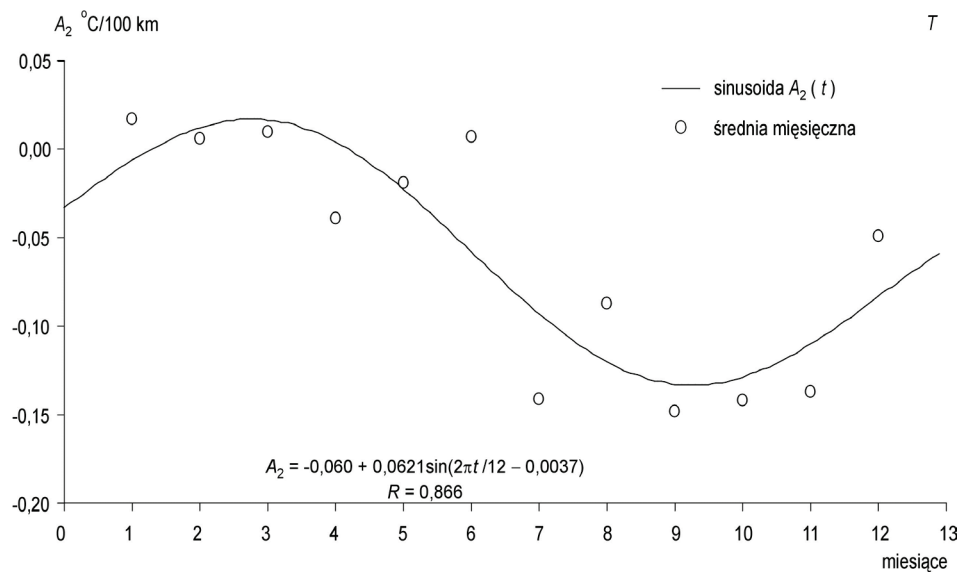
| $[A_1, A_2, A_3]$ | $A_1 [^{\circ}\text{C}/100\text{ km}]$ | $A_2 [^{\circ}\text{C}/100\text{ km}]$ | $A_3 [^{\circ}\text{C}/100\text{ m}]$ | $A_0$ | $R^2 [\%]$ | $R$   |
|-------------------|--|--|---------------------------------------|-------|------------|-------|
| Styczeń           | -0,528                                 | 0,017                                  | -0,335                                | 45,9  | 74,7       | 0,864 |
| Luty              | -0,543                                 | 0,006                                  | -0,379                                | 44,7  | 74,9       | 0,865 |
| Marzec            | -0,547                                 | 0,010                                  | -0,356                                | 46,0  | 79,1       | 0,889 |
| Kwiecień          | -0,663                                 | -0,039                                 | -0,422                                | 43,8  | 82,2       | 0,906 |
| Maj               | -0,612                                 | -0,019                                 | -0,433                                | 44,8  | 83,3       | 0,912 |
| Czerwiec          | -0,573                                 | 0,007                                  | -0,354                                | 47,4  | 84,4       | 0,919 |
| Lipiec            | -0,773                                 | -0,141                                 | -0,639                                | 43,1  | 86,5       | 0,930 |
| Sierpień          | -0,809                                 | -0,087                                 | -0,559                                | 46,5  | 86,8       | 0,932 |
| Wrzesień          | -0,794                                 | -0,148                                 | -0,610                                | 42,0  | 87,7       | 0,937 |
| Październik       | -0,792                                 | -0,142                                 | -0,610                                | 42,9  | 88,2       | 0,939 |
| Listopad          | -0,809                                 | -0,137                                 | -0,580                                | 43,6  | 89,2       | 0,945 |
| Grudzień          | -0,711                                 | -0,049                                 | -0,476                                | 45,2  | 90,2       | 0,950 |
| Wiosna            | -0,712                                 | -0,046                                 | -0,484                                | 45,6  | 91,4       | 0,956 |
| Lato              | -0,698                                 | -0,054                                 | -0,474                                | 44,7  | 91,5       | 0,956 |
| Jesień            | -0,676                                 | -0,057                                 | -0,450                                | 45,1  | 91,6       | 0,957 |
| Zima              | -0,771                                 | -0,095                                 | -0,512                                | 44,2  | 91,7       | 0,958 |
| Rok               | -0,627                                 | -0,014                                 | -0,394                                | 46,9  | 91,8       | 0,958 |

Zmiany roczne gradientów  $A_1$ ,  $A_2$ ,  $A_3$  charakteryzują wykresy równań sinusoid regresji o okresie  $\Theta = 12$  (5.8-5.10).

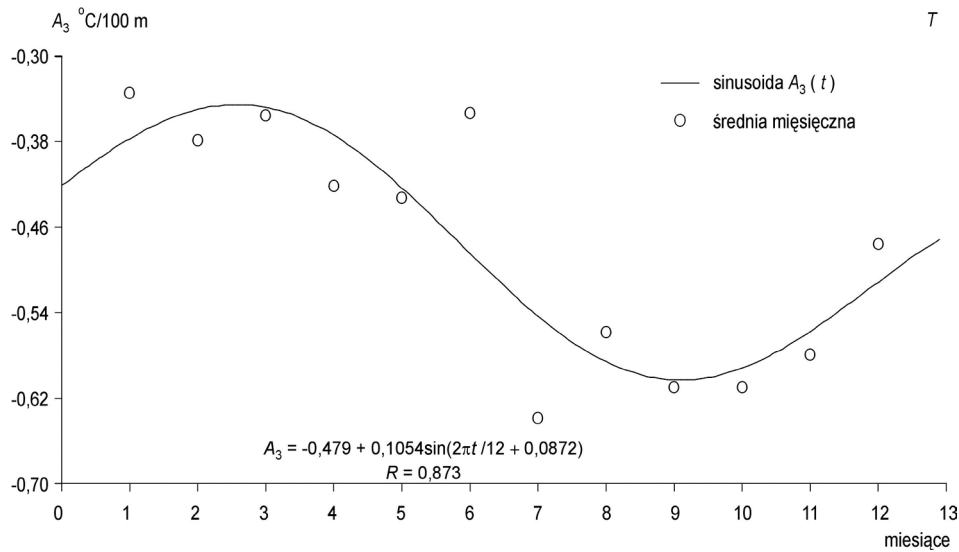




Rys. 5.8. Zmiany roczne gradientu południkowego  $A_1$  temperatury powietrza  
 Fig. 5.8. The annual changes of the longitudinal gradient  $A_1$  of the air temperature



Rys. 5.9. Zmiany roczne gradientu równoleżnikowego  $A_2$  temperatury powietrza  
 Fig. 5.9. The annual changes of the latitudinal gradient  $A_2$  of the air temperature



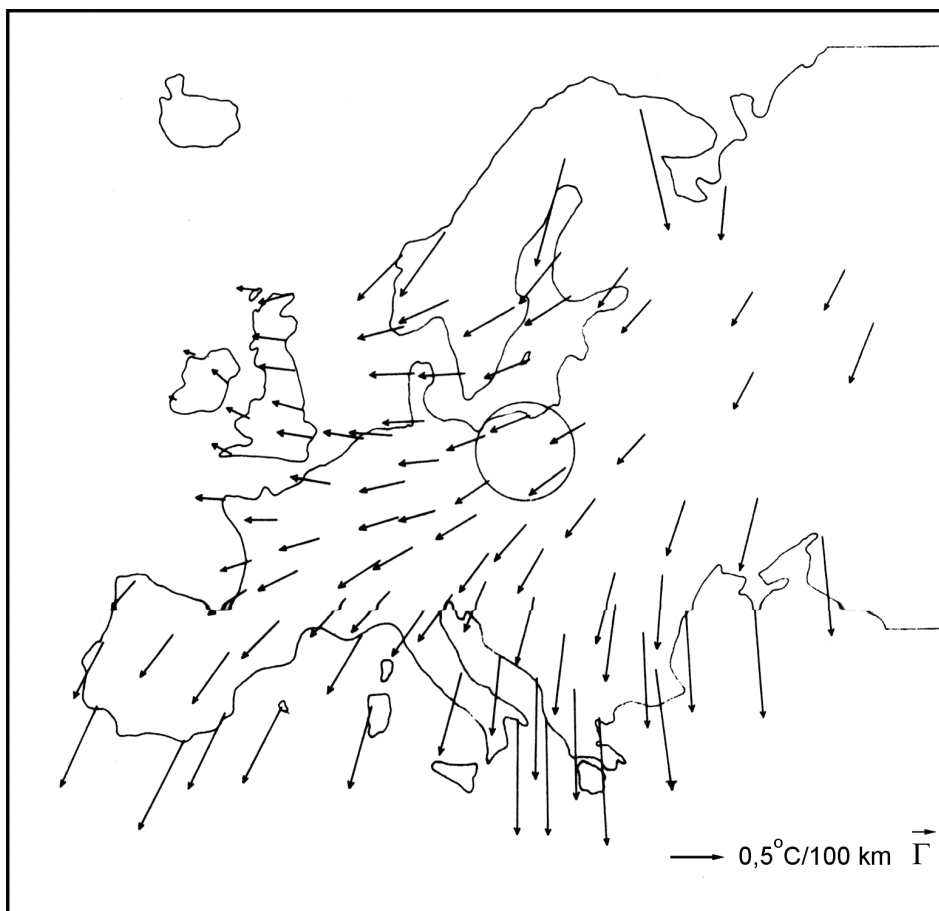
Rys. 5.10. Zmiany roczne gradientu hipsometrycznego  $A_3$  temperatury powietrza  
 Fig. 5.10. The annual changes of the hypsometric gradient  $A_3$  of the air temperature

Zgodnie z zasadą strefowości klimatu Ziemi, układ izarytm  $\frac{\partial T}{\partial \Phi} = \text{const.}$  powinien być równoleżnikowy. Wpływ Oceanu Atlantyckiego na pole temperatury objawia się odchyleniem izarytm  $\frac{\partial T}{\partial \Phi}$  od miejscowych równoleżników.

Specyfiką pola temperatury powietrza w Europie jest zmiana znaku gradientu równoleżnikowego  $\frac{\partial T}{\partial \Lambda}$  w ciągu roku – na ogół z ujemnego w zimie na dodatni – w lecie.

Gradienty hipsometryczne temperatury powietrza  $\frac{\partial T}{\partial H}$  zmieniają się w Europie zależnie od miejsca i pory roku. Najmniejsze spadki temperatury powietrza  $\left(-\frac{\partial T}{\partial H}\right)$  ze wzrostem wysokości nad poziomem morza występują w styczniu ( $0,3\text{ }^\circ\text{C}/100\text{m}$ ), a największe w lipcu ( $0,6\text{ }^\circ\text{C}/100\text{m}$ ).

Najlepszą miarą oddziaływania Oceanu Atlantyckiego na pole temperatury powietrza w Europie jest gradient horyzontalny – wektor  $\vec{\Gamma} = \frac{\partial f}{\partial \Phi}, \frac{\partial f}{\partial \Lambda}$ , którego składowe: południkowa  $\frac{\partial T}{\partial \Phi}$  i równoleżnikowa  $\frac{\partial T}{\partial \Lambda}$  są wyrażone w  $^\circ\text{C}/100\text{ km}$ . Przykładowo, przedstawiono mapę przestrzennego rozkładu gradientów horyzontalnych – wektorów  $\vec{\Gamma} = \frac{\partial f}{\partial \Phi}, \frac{\partial f}{\partial \Lambda}$  w Europie w zimie (rys. 5.11).



Rys. 5.11. Gradient horizontalny temperatury powietrza w Europie – zima

Fig. 5.11. Horizontal gradient of air temperature in Europe – winter

Zwrot wektora  $\vec{\Gamma}$  (strzałka) to kierunek wzrostu temperatury powietrza, a jego długość – to przyrost temperatury powietrza w  $^{\circ}\text{C}/100\text{km}$

Gradient horizontalny temperatury powietrza powinien być skierowany na południe Europy – zgodnie z zasadą strefowości klimatu Ziemi. Astrefowość pola temperatury powietrza określa kąt między wektorem  $\vec{\Gamma}$  i miejscowym południkiem – azymut astronomiczny ( $a$ ). Odchylenie gradientu horizontalnego  $\vec{\Gamma}$  od południka miejscowego na zachód ( $a < 180$ ) wskazuje na przewagę cech oceanicznych klimatu w Europie. Natomiast odchylenie wektora  $\vec{\Gamma}$  od południka miejscowego na wschód ( $a < 0$ ) świadczy o przewadze cech kontynentalnych klimatu.

Na obszarze Europy przeważają kierunki gradientu horyzontalnego temperatury powietrza  $\vec{\Gamma}$ : w zimie z sektora południowo-zachodniego, a w lecie – sektora południowo-wschodniego (Stopa-Boryczka i in., 1994). Zimowy wzrost temperatury powietrza w kierunku południowo-zachodnim wywołuje ocieplający wpływ mas powietrza polarnego morskiego z Oceanu Atlantyckiego i ochładzający – mas powietrza napływającego z głębi kontynentu. Natomiast letni wzrost temperatury powietrza w kierunku południowo-wschodnim wynika z ochładzającego w tym czasie wpływu Oceanu – z przeciwnego oddziaływania tych dwóch ośrodków: ocean-kontynent. Najbardziej strefowy układ wektorów  $\vec{\Gamma}$  równoległych do południków miejscowych obserwuje się w sezonach przejściowych – podczas wyrównania temperatury między wodami Oceanu Atlantyckiego i lądem Europy.

Długość wektorów  $\vec{\Gamma}$  ulega także rocznym zmianom. Są one znacznie dłuższe w miesiącach półroczna chłodnego (X-III) niż ciepłego (IV-IX). Istotne znaczenie poznawcze ma wyodrębnienie stref oddziaływania Oceanu Atlantyckiego na klimat Europy. Rozwiązanie tego problemu było możliwe dzięki wprowadzeniu gradientu horyzontalnego temperatury powietrza  $\vec{\Gamma}$ . Tak zdefiniowany gradient horyzontalny  $\vec{\Gamma}$  nie zależy od wysokości terenu ( $H$ ), ponieważ spadek temperatury z wysokością uwzględnia gradient hipsometryczny  $\frac{\partial T}{\partial H}$ . W ten sposób wyodrębniono wpływ ukształtowania powierzchni Europy na pole temperatury powietrza.

Strefy oddziaływania Oceanu Atlantyckiego na klimat Europy wskazują izarytmy azymutów  $a = \text{const.}$ , tj. kątów odchylenia gradientów horyzontalnych – wektorów  $\vec{\Gamma}$  od południków miejscowych.

Prawie przez 8 miesięcy (IX-IV) wektory  $\vec{\Gamma}$  są odchylone na zachód od południków miejscowych ( $0 < a < 180^\circ$ ). Pole wektorowe  $\vec{\Gamma}$  cechują w tych miesiącach izarytmy o wartościach  $a = 30^\circ$  i  $a = 60^\circ$ . W pozostałych 4 miesiącach (V-VIII) położenie izarytm jest odmienne. Wektory gradientów horyzontalnych temperatury powietrza  $\vec{\Gamma}$  są odchylone na wschód od południków miejscowych ( $180^\circ < a < 360^\circ$  czy też  $-180^\circ < a < 0^\circ$ ). Izarytmy  $180^\circ < a < 360^\circ$  świadczą w tej porze roku o ochładzającym oddziaływaniu Oceanu Atlantyckiego na klimat Europy.

Miarą wpływu czynników lokalnych: mniejszych form rzeźby terenu, ekspozycji względem Słońca czy też czynników antropogenicznych na pole temperatury powietrza w poszczególnych punktach ( $\Phi_i, \Lambda_i, H_i$ ) Europy mogą być reszty wielomianowe  $\varepsilon_i$ . Zmierzona wartość temperatury  $T_i$ , jest sumą: obliczonej z wielomianu regresji  $f(\Phi_i, \Lambda_i, H_i)$  i różnicy  $\varepsilon_i$ :

$$T_i = f(\Phi_i, \Lambda_i, H_i) + \varepsilon_i$$

W przypadku wielomianu regresji czwartego stopnia, pole temperatury powietrza jest opisane za pomocą  $N = 34$  parametrów – współczynników regresji  $a_1, \dots, a_N$  (wg najmniejszych kwadratów). Te 34 parametrów nie wystarcza jednak by opisać wszystkie lokalne oddziaływania podłoża (np. kotliny śródgórskie, szczyty górskie, zbiorniki wodne, większe miasta).

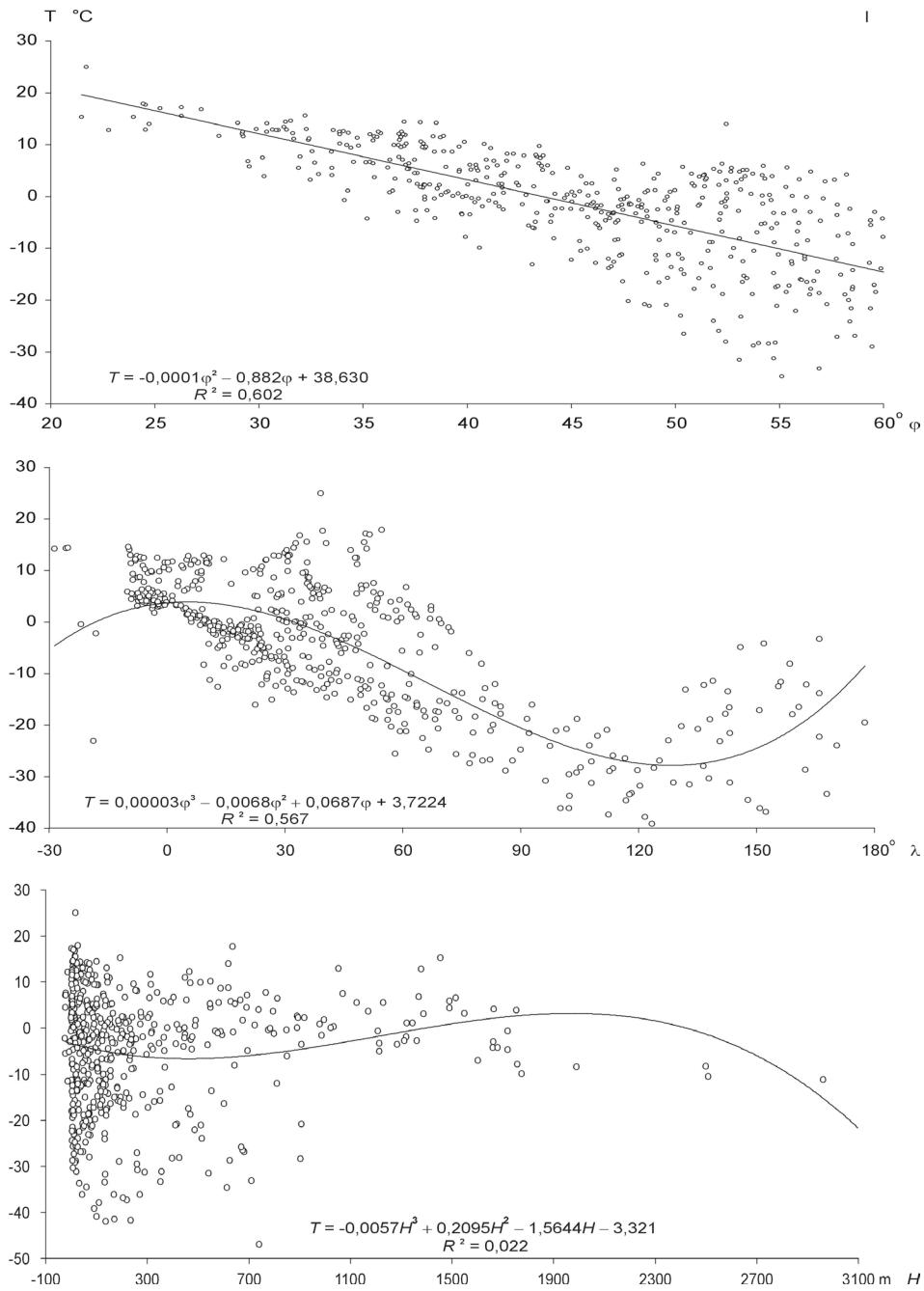
Istnieje zatem oprócz składnika deterministycznego  $f(\Phi_i, \Lambda_i, H_i)$  tzw. trendu przestrzennego jeszcze składnik losowy  $\varepsilon_i$ , (nieokreślony). Reszty  $\varepsilon_i$  mają w populacji rozkład zbliżony do gaussowskiego o parametrach  $0, \delta$ , gdzie  $\delta$  – jest błędem standardowym.

Ekstremalne wartości różnic  $\varepsilon_i$  ( $\varepsilon_i < 0$  lub  $\varepsilon_i > 0$ ) wskazują miejsca na obszarze Europy, w których najsilniej oddziałują czynniki lokalne na pole temperatury powietrza. Reszty  $\varepsilon_i$  są największe (pod względem wartości bezwzględnej) w zimie. Wtedy przy małej insolacji (zanikającej strefowości) pole temperatury powietrza najbardziej zależy od wklęsłych i wypukłych form terenu, nachylenia zboczy. Najmniejsza rozbieżność między zmierzonymi i obliczonymi z wielomianów regresji czwartego stopnia wartościami temperatury powietrza występuje w przejściowych porach roku. Po prostu wynika to z najmniejszego oddziaływania Oceanu Atlantyckiego w tym czasie – z wyrównania temperatury między oceanem i lądem.

Pole temperatury powietrza deformowane jest również przez duże miasta ze względu na tzw. miejską wyspę ciepła. Wynika to głównie z dodatkowej akumulacji ciepła w dzień przez zabudowę (zwiększoną powierzchnię czynną). Duże miasta położone na nizinach cechują się na ogół dodatnimi resztami wielomianowymi ( $\varepsilon_i > 0$ ).

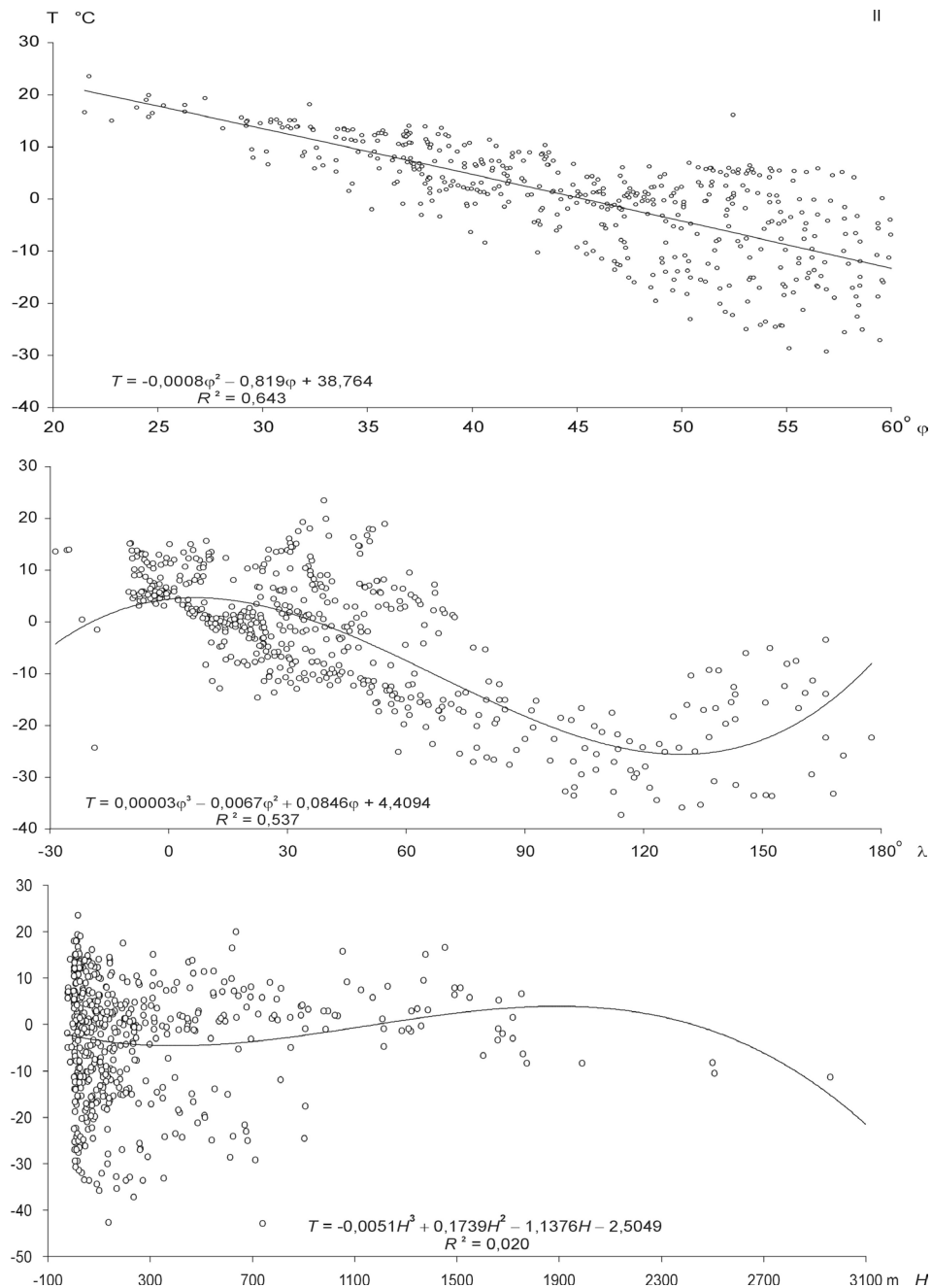
Dobrym narzędziem badań klimatu okazały się modele statystyczne trójwymiarowych pól temperatury powietrza. Są nimi wielomiany regresji czwartego stopnia względem trzech współrzędnych kartezjańskich: szerokość geograficzna  $\varphi$ , długość geograficzna  $\lambda$  i wysokość nad poziomem morza  $H$ , które spełniają podwójną rolę – jednocześnie czynników geograficznych.

Należy podkreślić, że wprowadzenie trójwymiarowych modeli (oprócz szerokości i długości geograficznej także wysokości n.p.m.) ma ogromne znaczenie metodyczne. Natomiast wielomiany regresji czwartego stopnia  $T = (\Phi, \Lambda, H)$  – względem trzech współrzędnych położenia  $\Phi, \Lambda, H$  wyjaśniają prawie 98% wariancji temperatury powietrza.



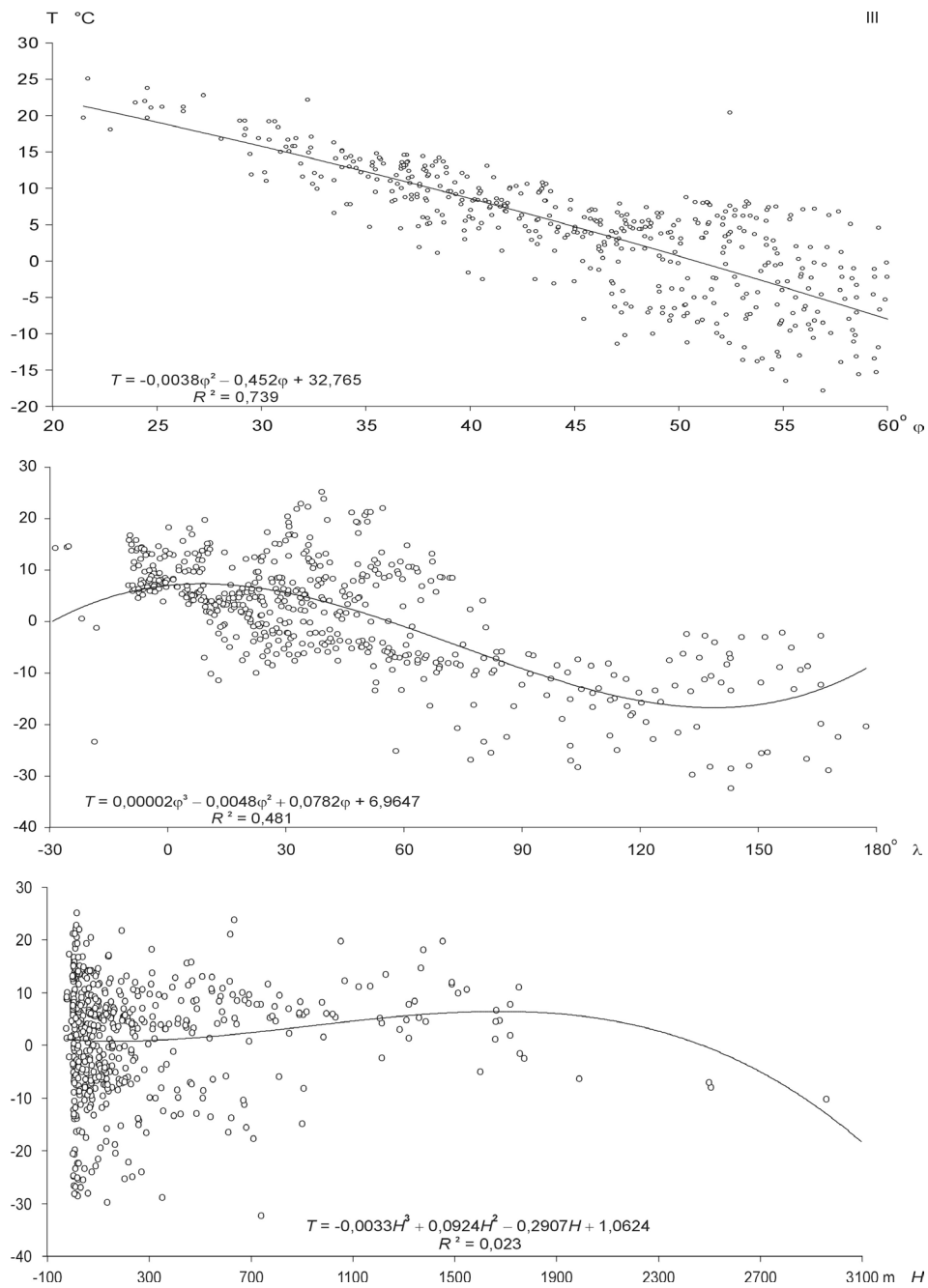
Rys. 5.12. Profile temperatury powietrza w Europie: południkowy  $T(\varphi)$ , równoleżnikowy  $T(\lambda)$ , hipsometryczny  $T(H)$  – styczeń

Fig. 5.12. Profiles of air temperature Europe: longitudinal  $T(\varphi)$ , latitudinal  $T(\lambda)$ , hypsometric  $T(H)$  – January



Rys. 5.13. Profile temperatury powietrza w Europie: południkowy  $T(\phi)$ , równoleżnikowy  $T(\lambda)$ , hipsometryczny  $T(H)$  – luty

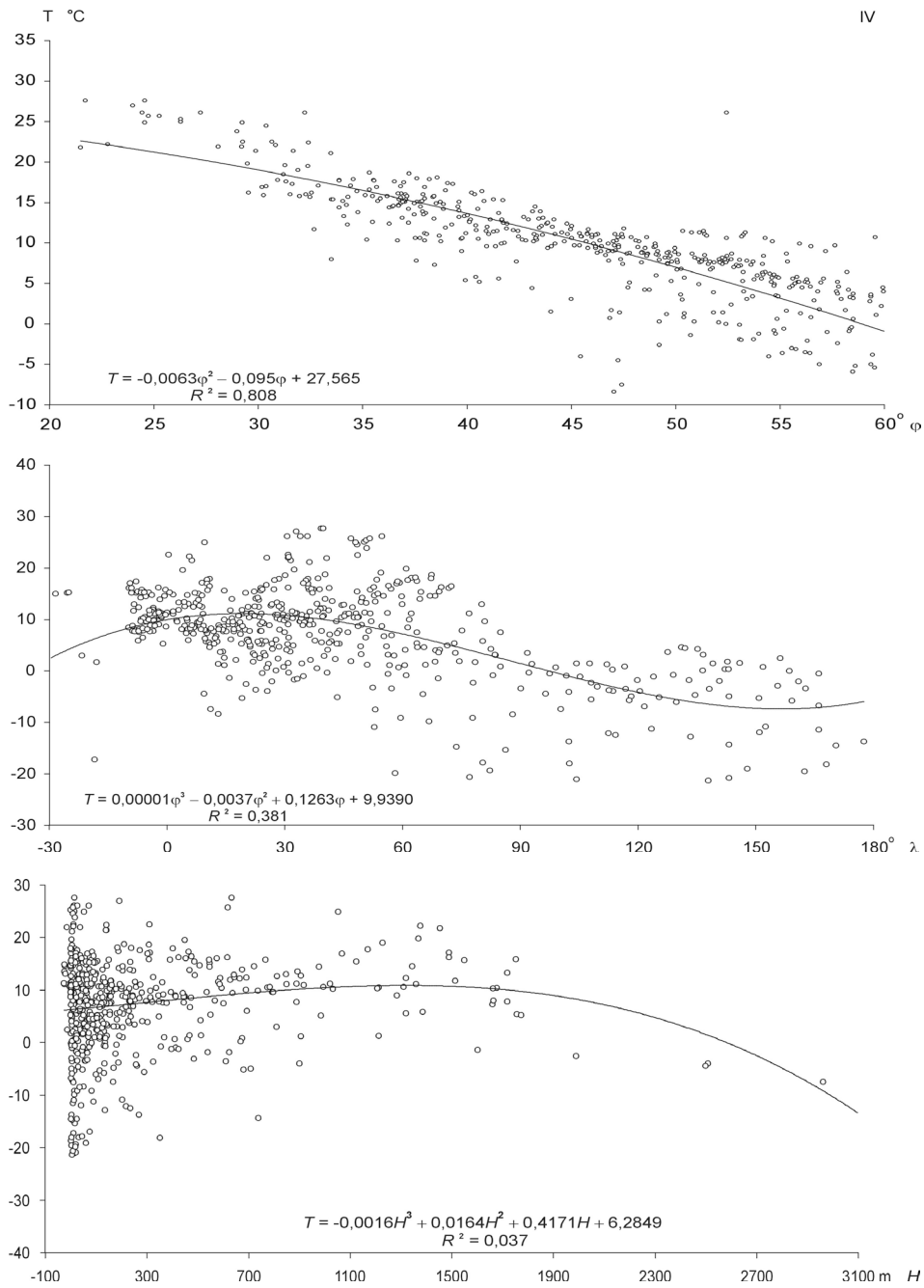
Fig. 5.13. Profiles of air temperature Europe: longitudinal  $T(\phi)$ , latitudinal  $T(\lambda)$ , hypsometric  $T(H)$  – February



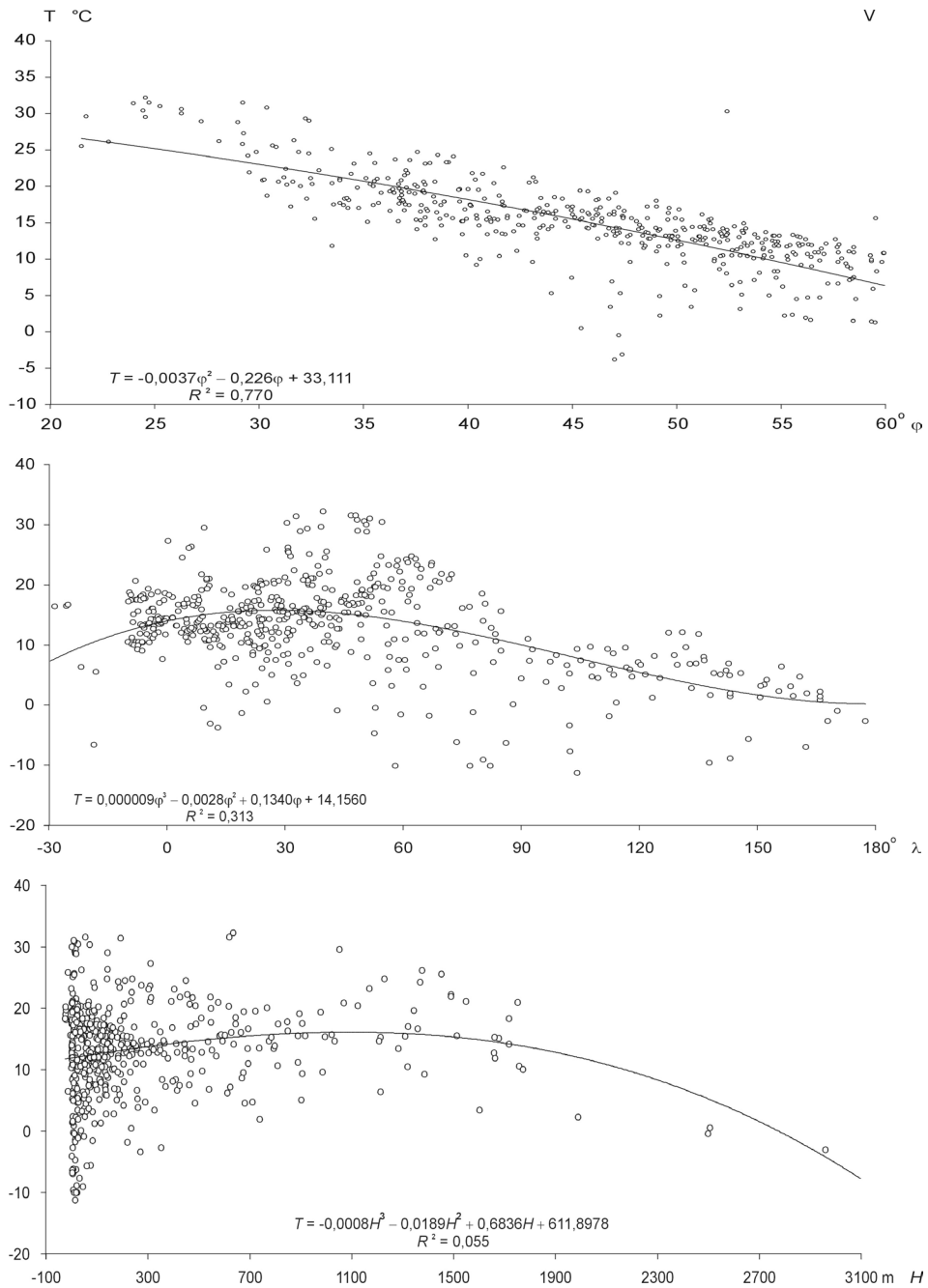
Rys. 5.14. Profile temperatury powietrza w Europie: południkowy  $T(\phi)$ , równoleżnikowy  $T(\lambda)$ , hipsometryczny  $T(H)$  – marzec

Fig. 5.14. Profiles of air temperature Europe: longitudinal  $T(\phi)$ , latitudinal  $T(\lambda)$ , hypsometric  $T(H)$  – March



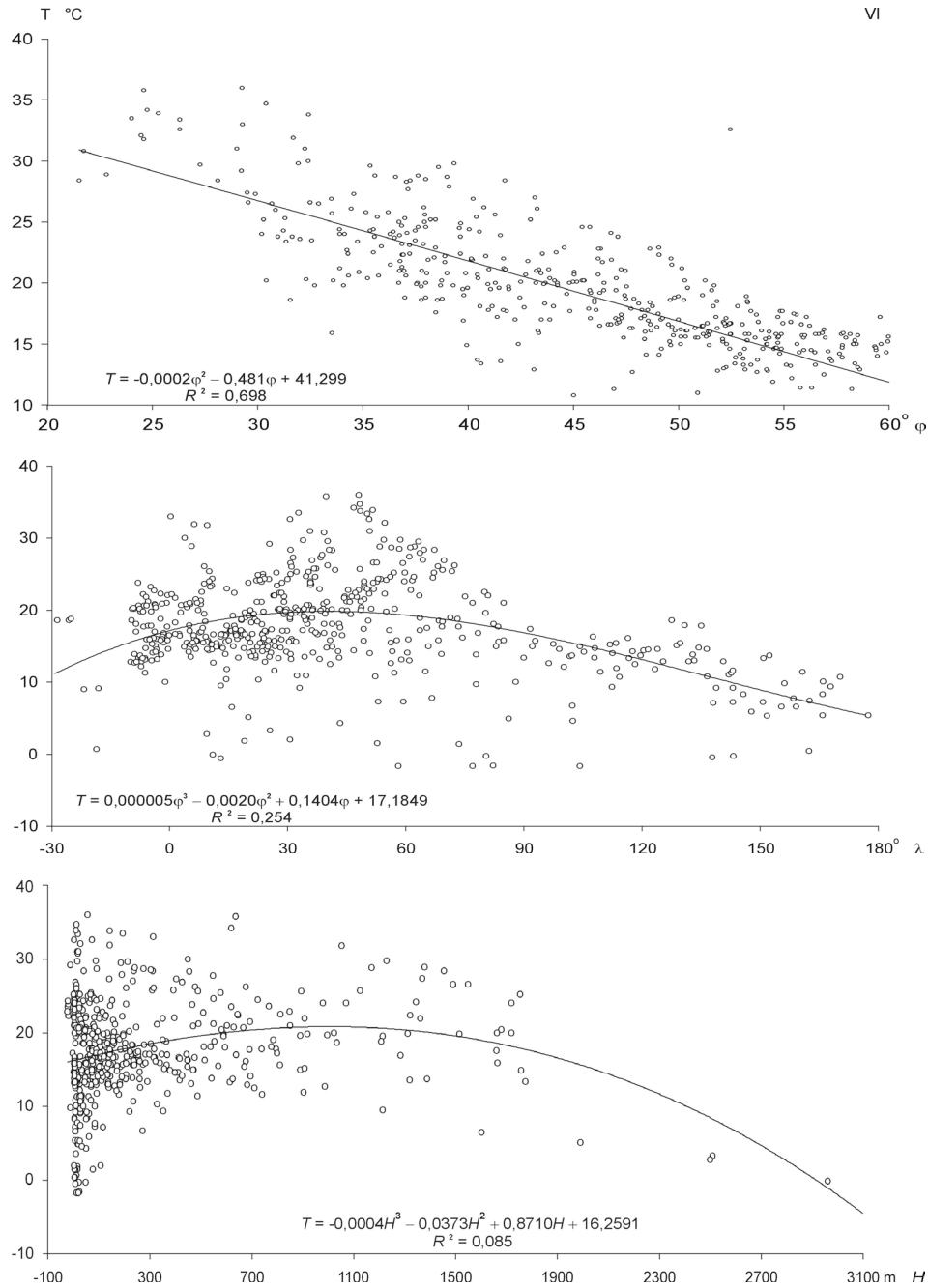


Rys. 5.15. Profile temperatury powietrza w Europie: południkowy  $T(\varphi)$ , równoleżnikowy  $T(\lambda)$ , hipsometryczny  $T(H)$  – kwiecień  
 Fig. 5.15. Profiles of air temperature Europe: longitudinal  $T(\varphi)$ , latitudinal  $T(\lambda)$ , hypsometric  $T(H)$  – April



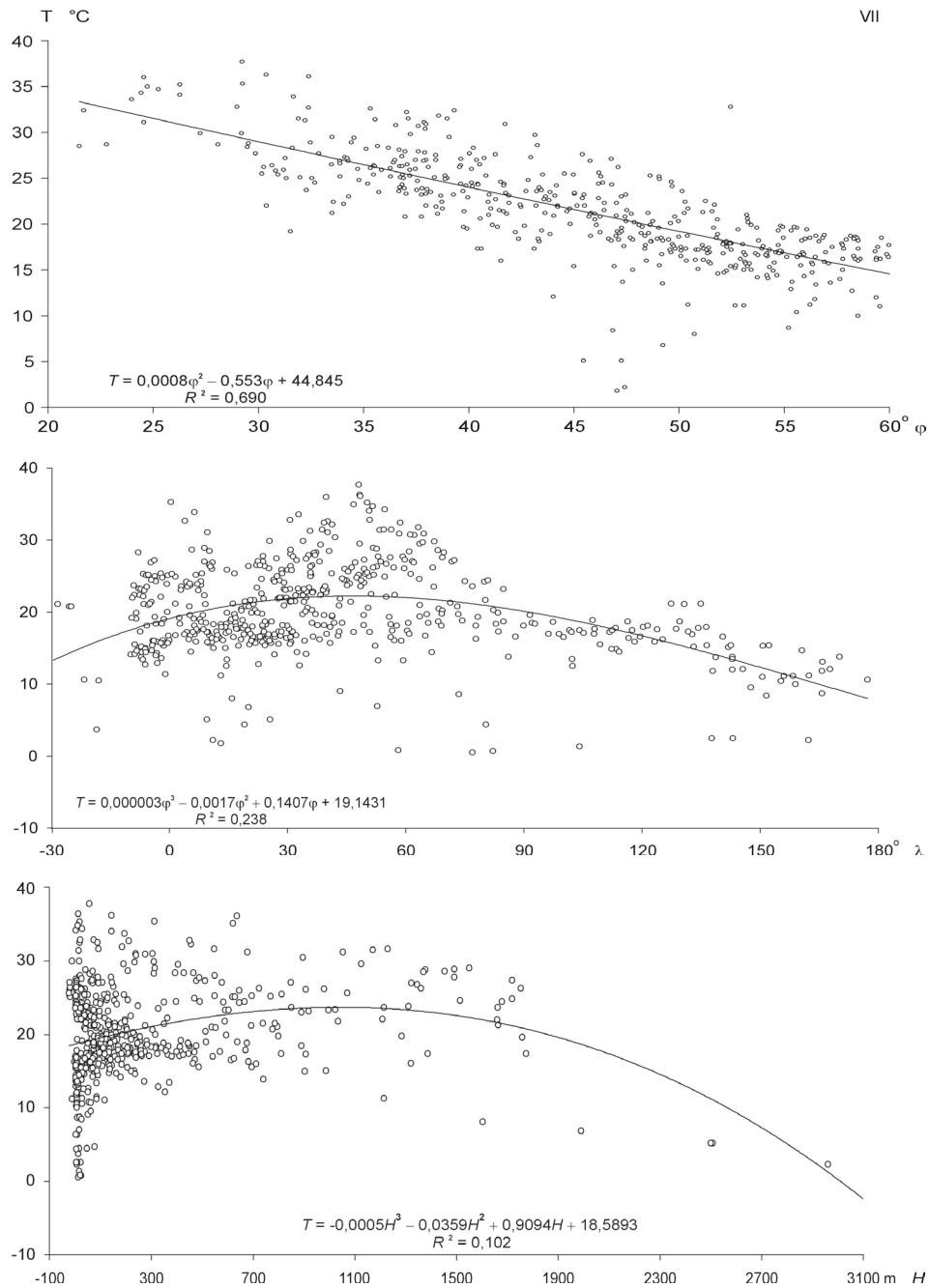
Rys. 5.16. Profile temperatury powietrza w Europie: południkowy  $T(\varphi)$ , równoleżnikowy  $T(\lambda)$ , hipsometryczny  $T(H)$  – maj

Fig. 5.16. Profiles of air temperature Europe: longitudinal  $T(\varphi)$ , latitudinal  $T(\lambda)$ , hypsometric  $T(H)$  – May



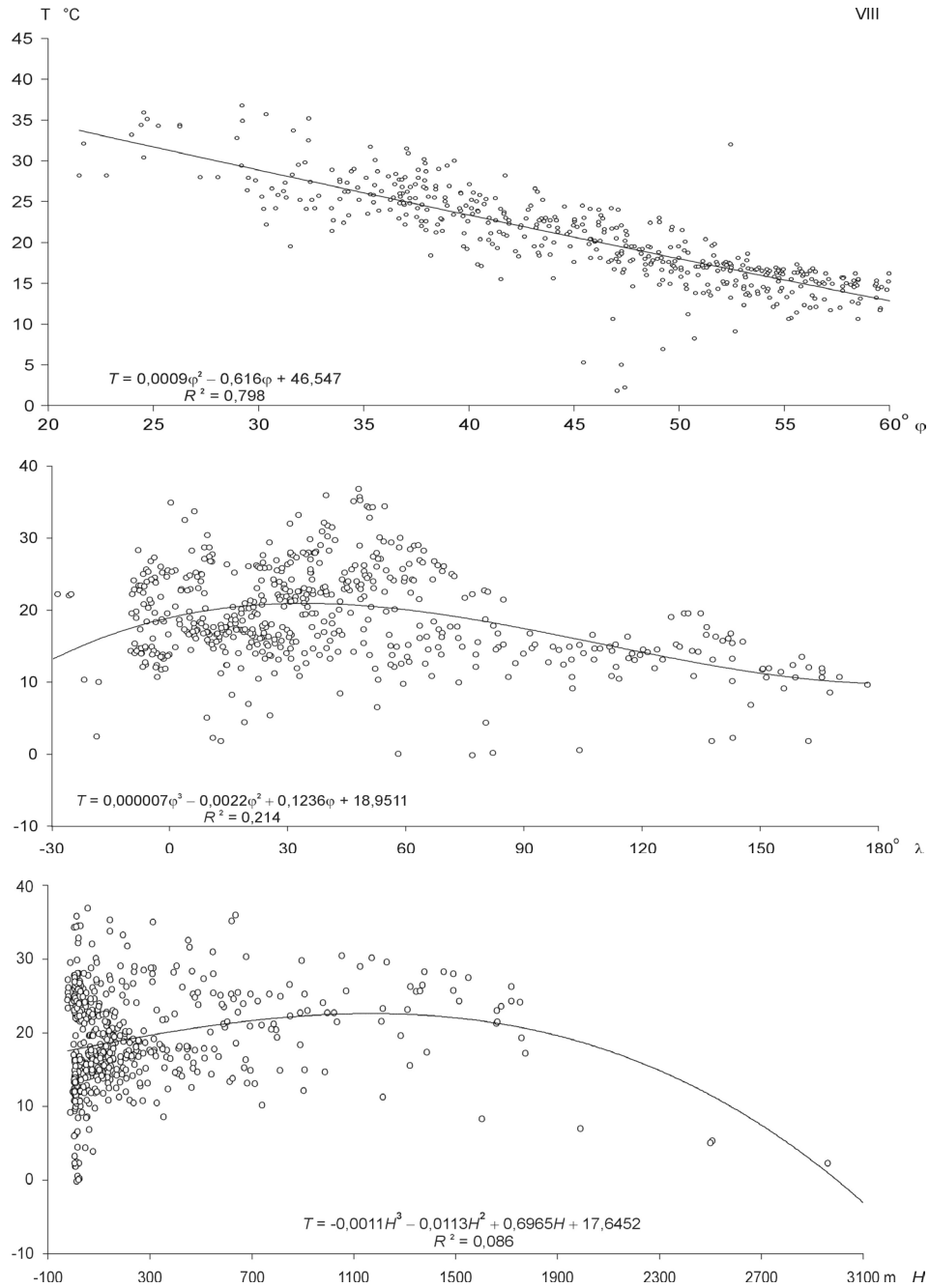
Rys. 5.17. Profile temperatury powietrza w Europie: południkowy  $T(\varphi)$ , równoleżnikowy  $T(\lambda)$ , hipsometryczny  $T(H)$  – czerwiec

Fig. 5.17. Profiles of air temperature Europe: longitudinal  $T(\varphi)$ , latitudinal  $T(\lambda)$ , hypsometric  $T(H)$  – June



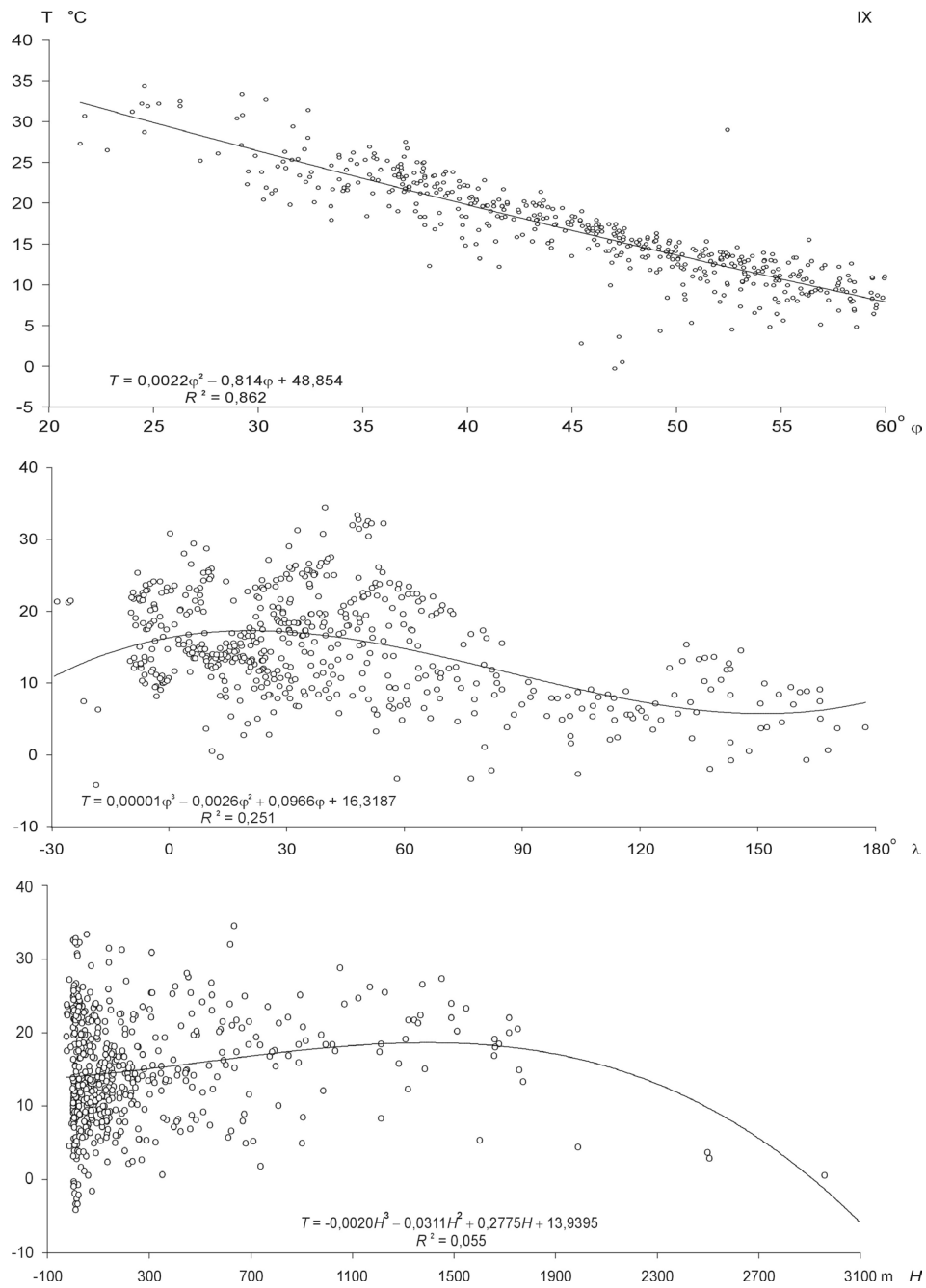
Rys. 5.18. Profile temperatury powietrza w Europie: południkowy  $T(\varphi)$ , równoleżnikowy  $T(\lambda)$ , hipsometryczny  $T(H)$  – lipiec

Fig. 5.18. Profiles of air temperature Europe: longitudinal  $T(\varphi)$ , latitudinal  $T(\lambda)$ , hypsometric  $T(H)$  – July

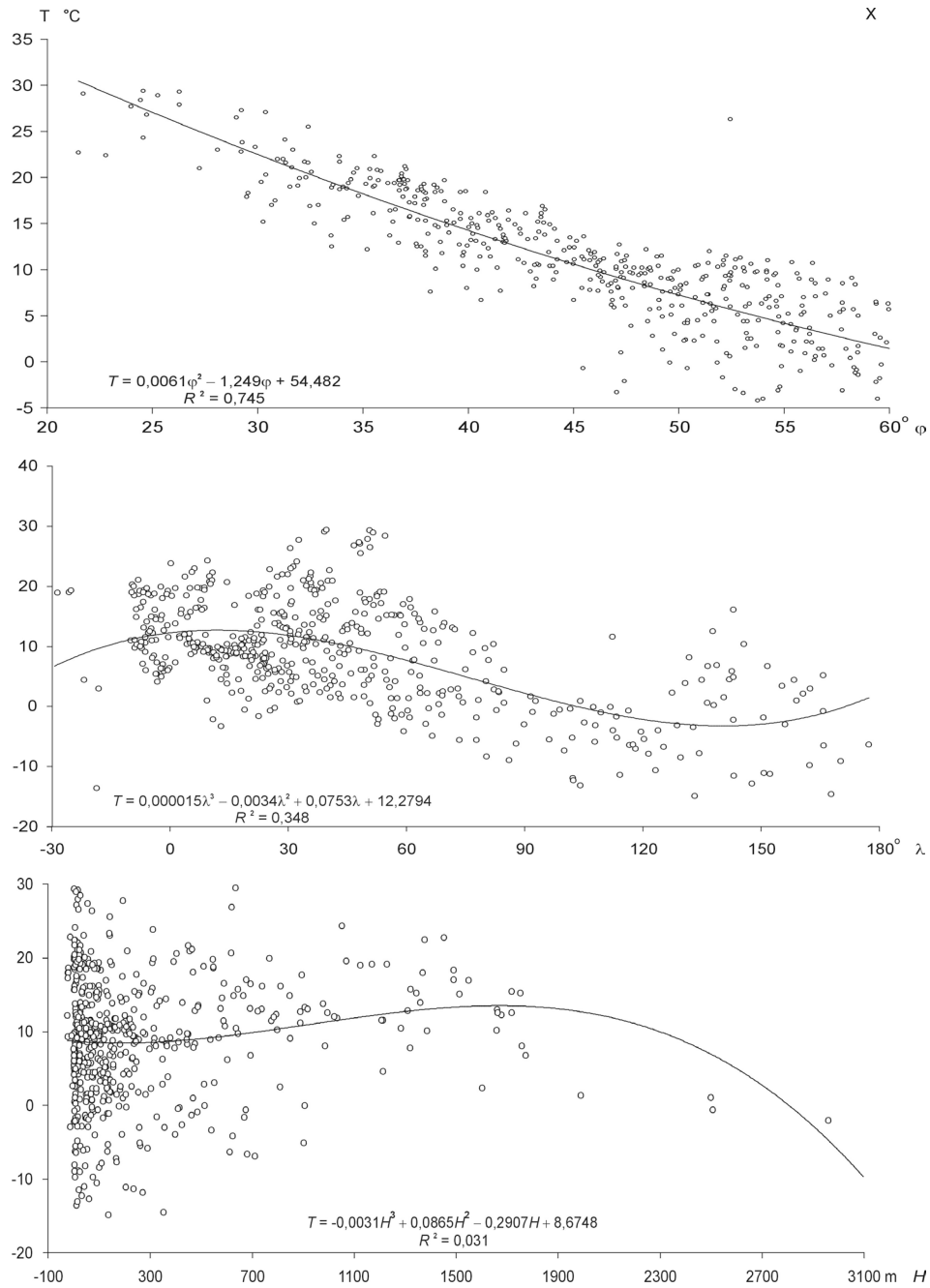


Rys. 5.19. Profile temperatury powietrza w Europie: południkowy  $T(\varphi)$ , równoleżnikowy  $T(\lambda)$ , hipsometryczny  $T(H)$  – sierpień

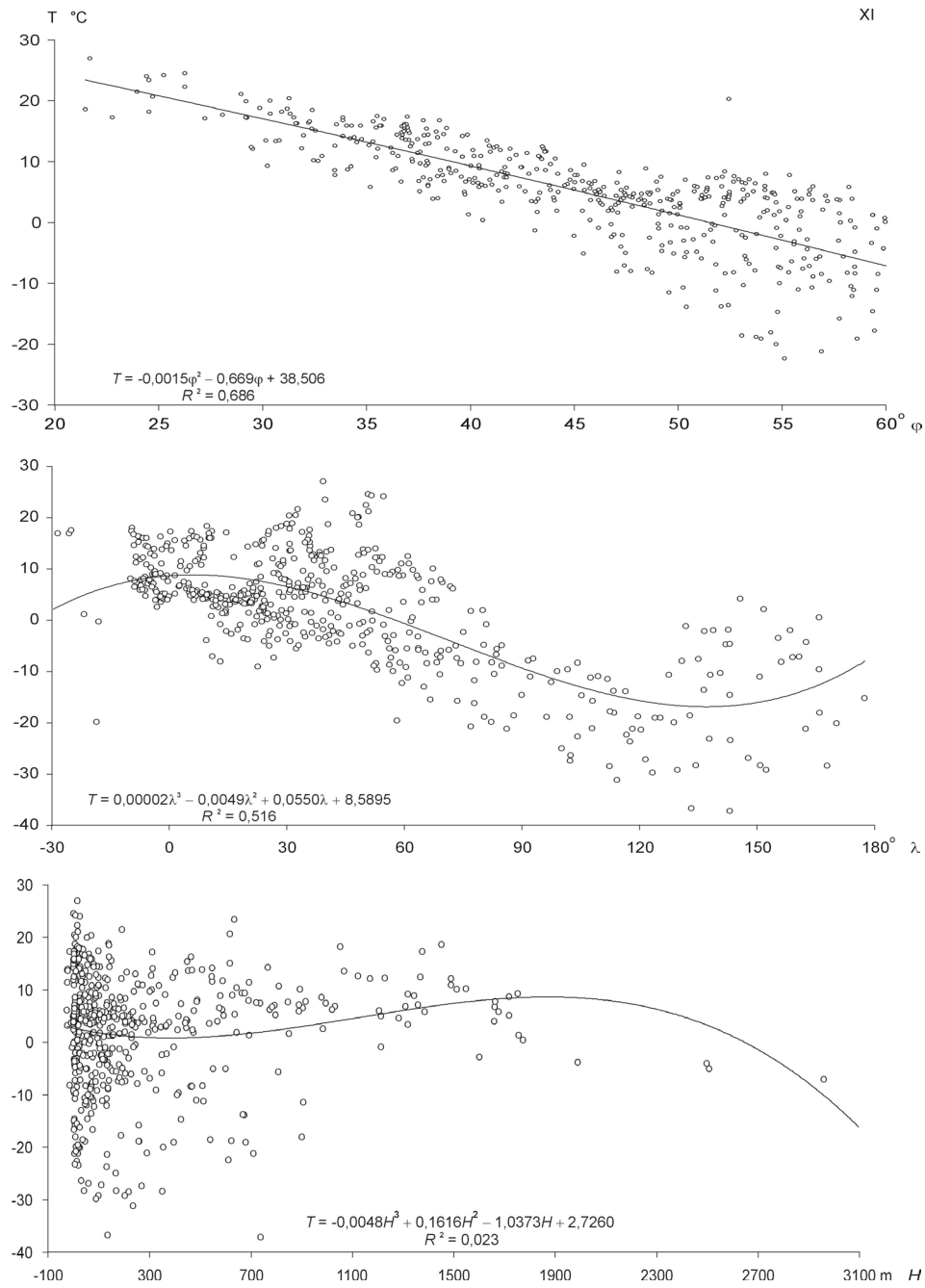
Fig. 5.19. Profiles of air temperature Europe: longitudinal  $T(\varphi)$ , latitudinal  $T(\lambda)$ , hypsometric  $T(H)$  – August



Rys. 5.20. Profile temperatury powietrza w Europie: południkowy  $T(\varphi)$ , równoleżnikowy  $T(\lambda)$ , hipsometryczny  $T(H)$  – wrzesień  
 Fig. 5.20. Profiles of air temperature Europe: longitudinal  $T(\varphi)$ , latitudinal  $T(\lambda)$ , hypsometric  $T(H)$  – September



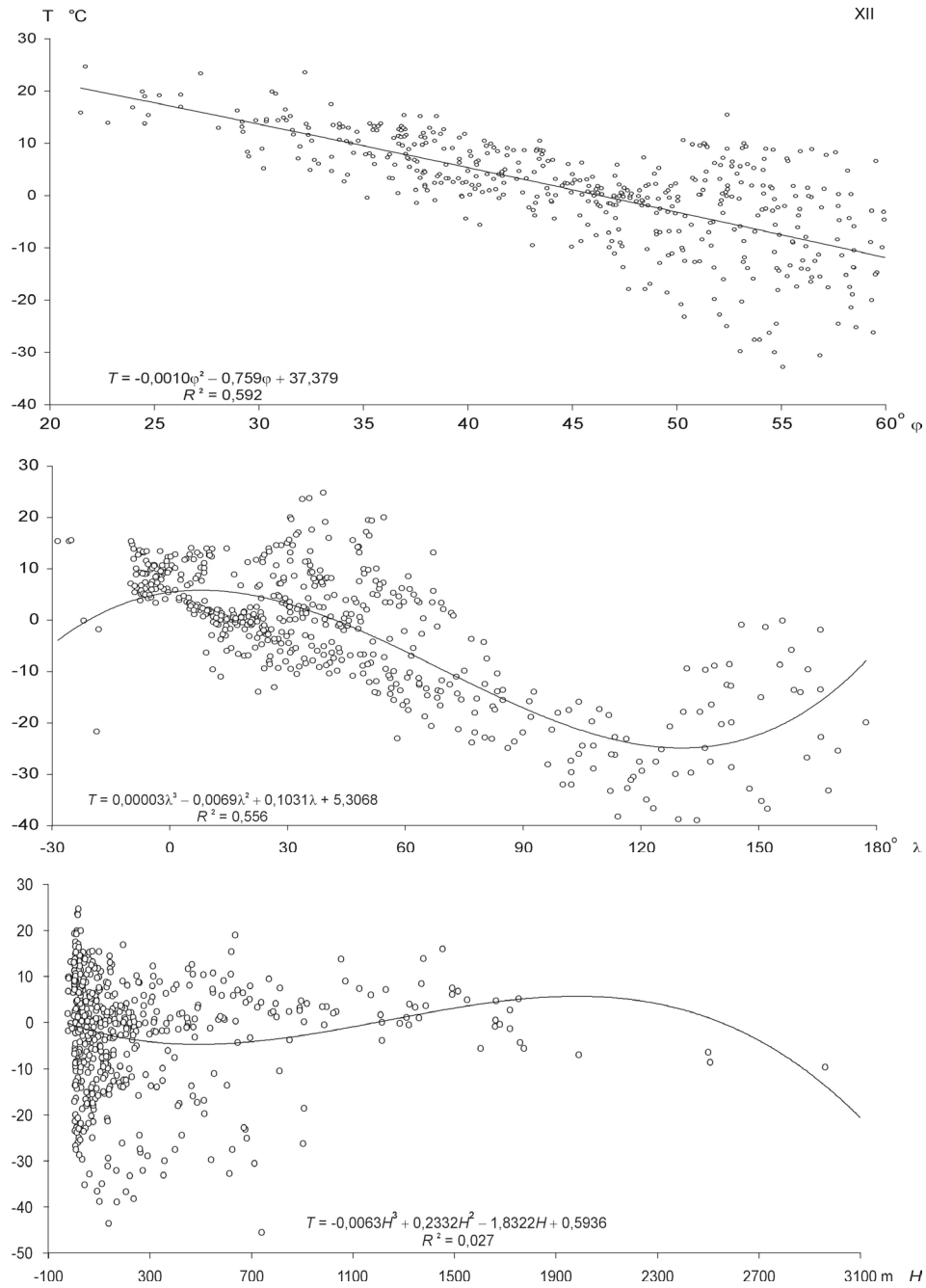
Rys. 5.21. Profile temperatury powietrza w Europie: południkowy  $T(\varphi)$ , równoleżnikowy  $T(\lambda)$ , hipsometryczny  $T(H)$  – październik  
 Fig. 5.21. Profiles of air temperature Europe: longitudinal  $T(\varphi)$ , latitudinal  $T(\lambda)$ , hypsometric  $T(H)$  – October



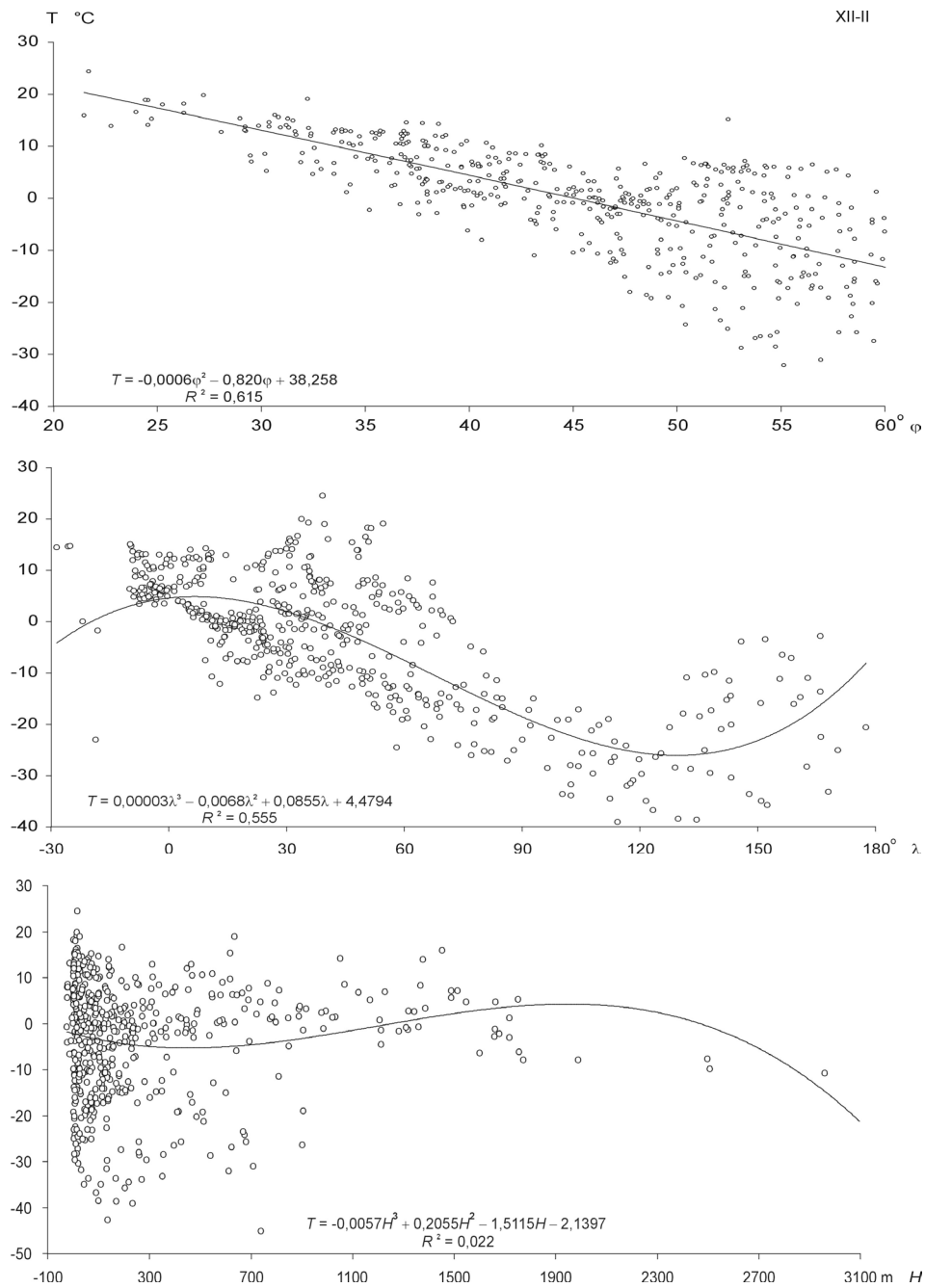
Rys. 5.22. Profile temperatury powietrza w Europie: południkowy  $T(\varphi)$ , równoleżnikowy  $T(\lambda)$ , hipsometryczny  $T(H)$  – listopad

Fig. 5.22. Profiles of air temperature Europe: longitudinal  $T(\varphi)$ , latitudinal  $T(\lambda)$ , hypsometric  $T(H)$  – November



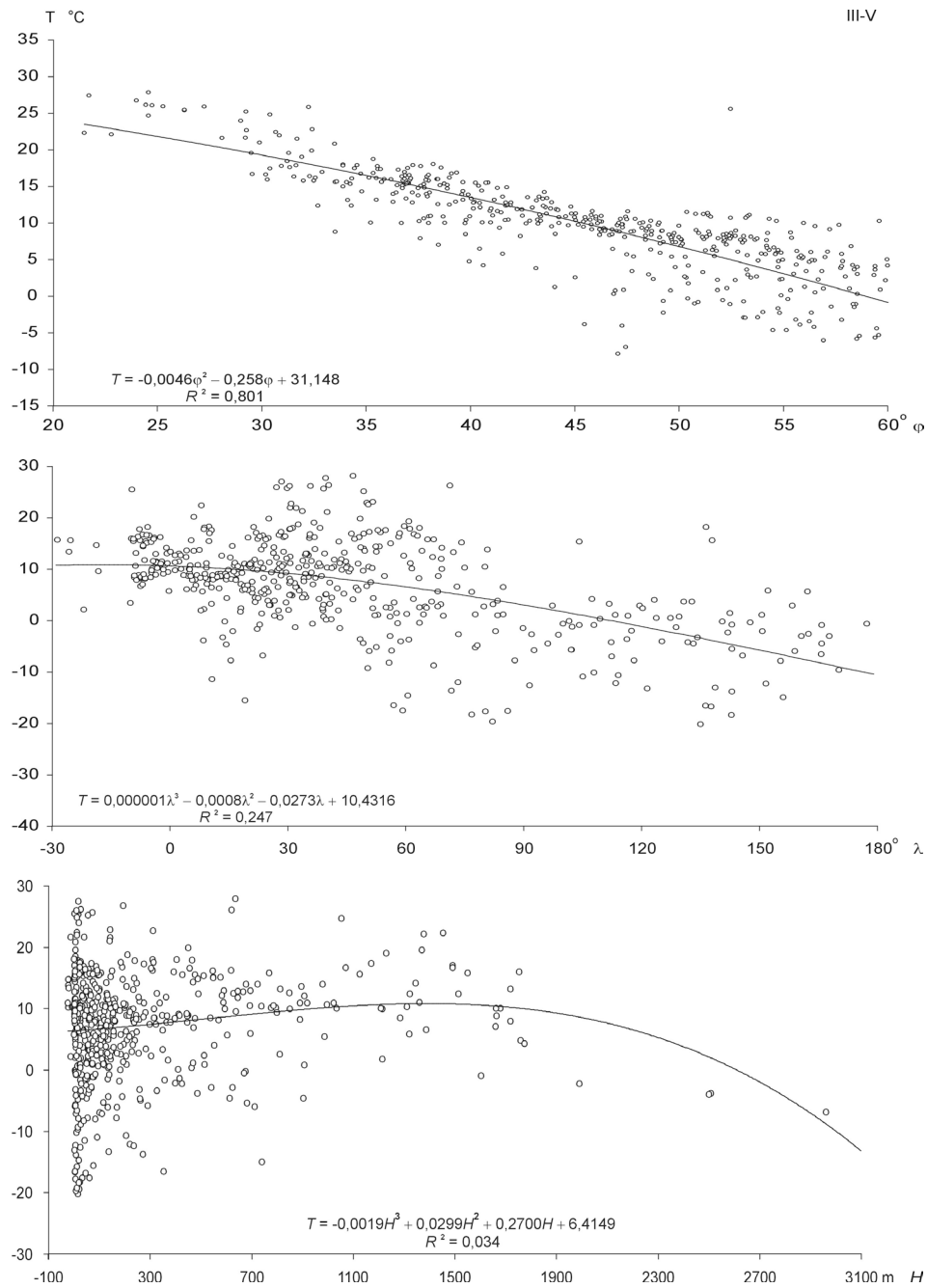


Rys. 5.23. Profile temperatury powietrza w Europie: południkowy  $T(\varphi)$ , równoleżnikowy  $T(\lambda)$ , hipsometryczny  $T(H)$  – grudzień  
 Fig. 5.23. Profiles of air temperature Europe: longitudinal  $T(\varphi)$ , latitudinal  $T(\lambda)$ , hypsometric  $T(H)$  – December

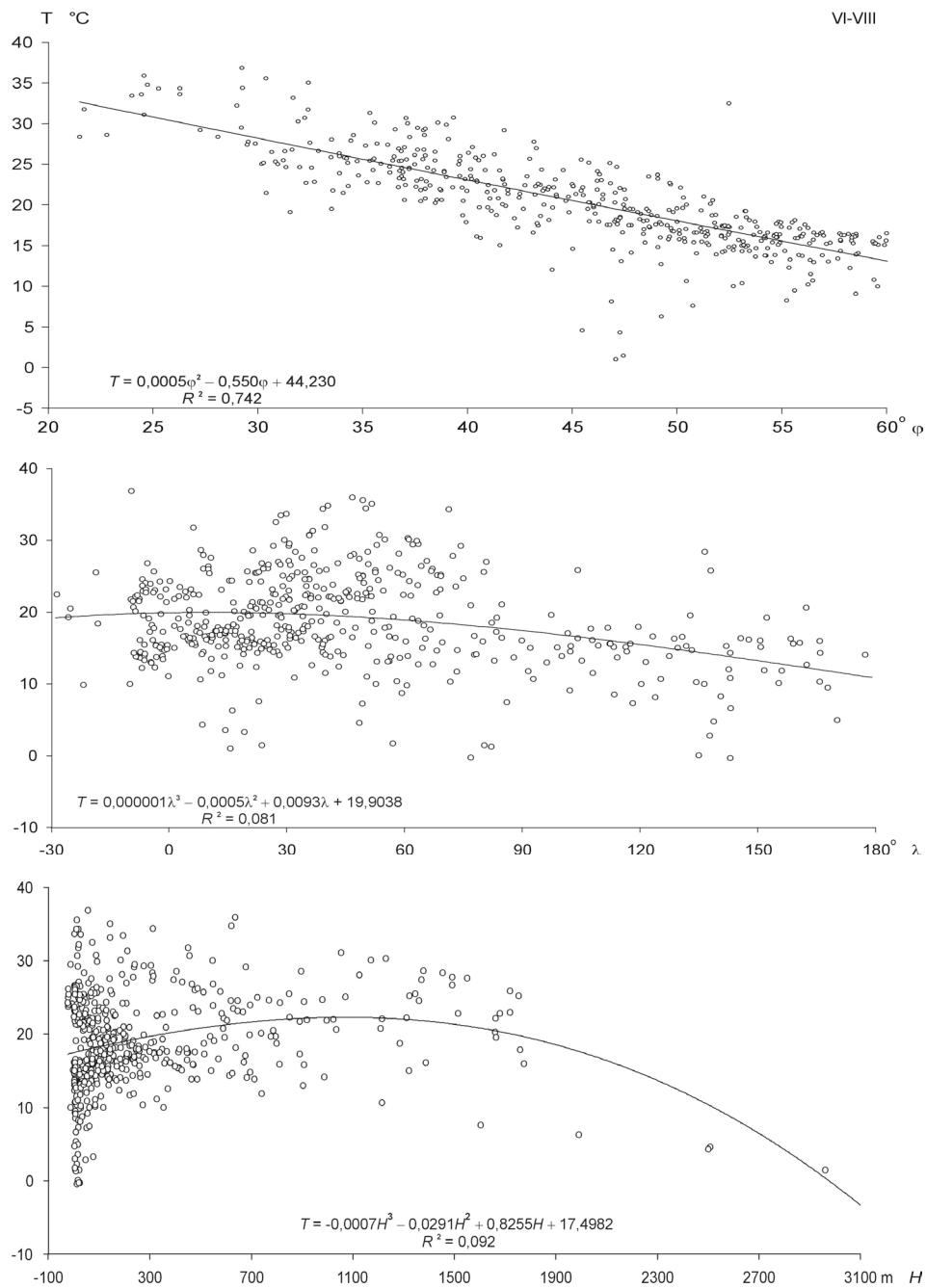


Rys. 5.24. Profile temperatury powietrza w Europie: południkowy  $T(\varphi)$ , równoleżnikowy  $T(\lambda)$ , hipsometryczny  $T(H)$  – zima

Fig. 5.24. Profiles of air temperature Europe: longitudinal  $T(\varphi)$ , latitudinal  $T(\lambda)$ , hypsometric  $T(H)$  – winter

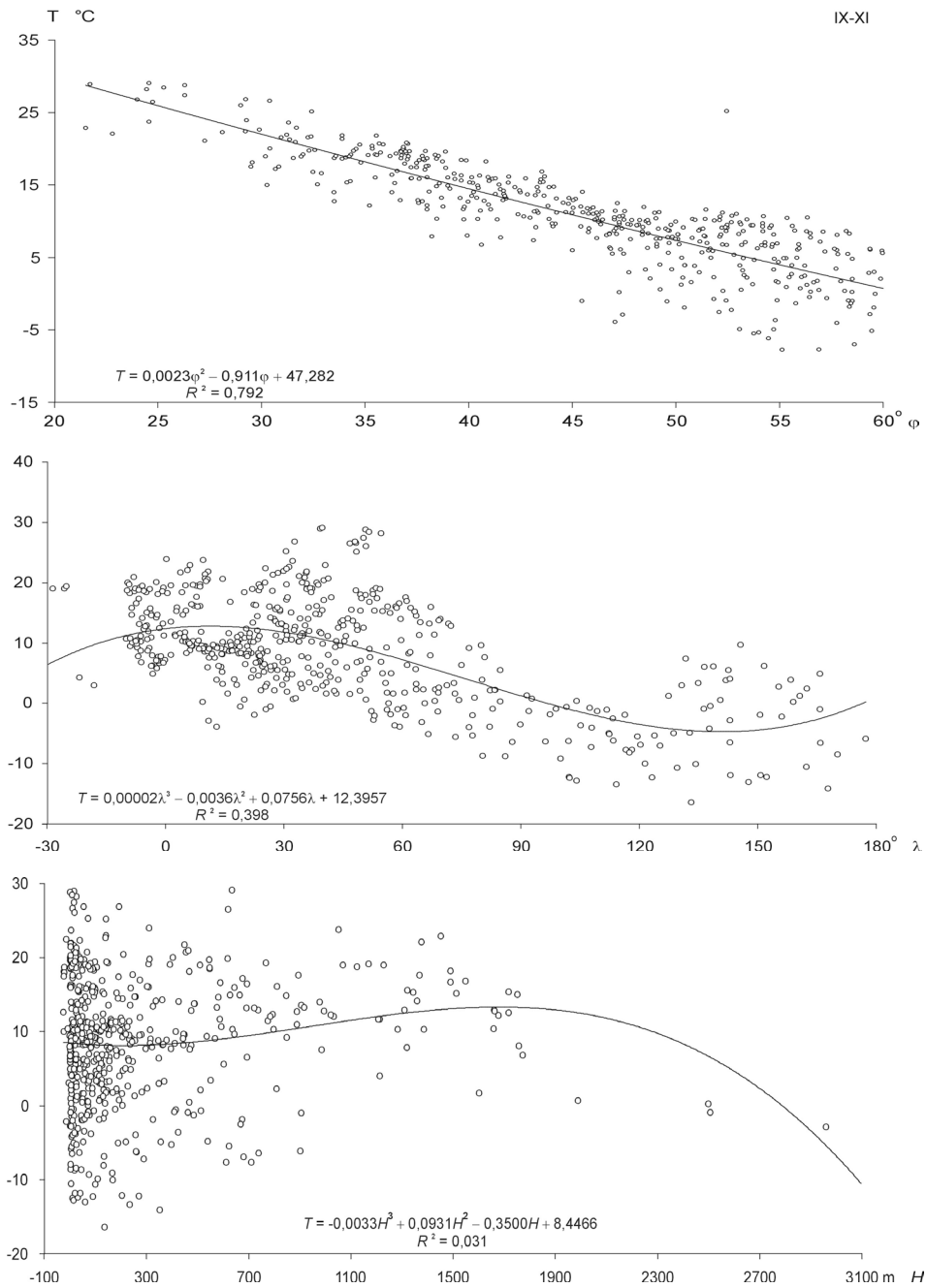


Rys. 5.25. Profile temperatury powietrza w Europie: południkowy  $T(\phi)$ , równoleżnikowy  $T(\lambda)$ , hipsometryczny  $T(H)$  – wiosna  
 Fig. 5.25. Profiles of air temperature Europe: longitudinal  $T(\phi)$ , latitudinal  $T(\lambda)$ , hypsometric  $T(H)$  – spring

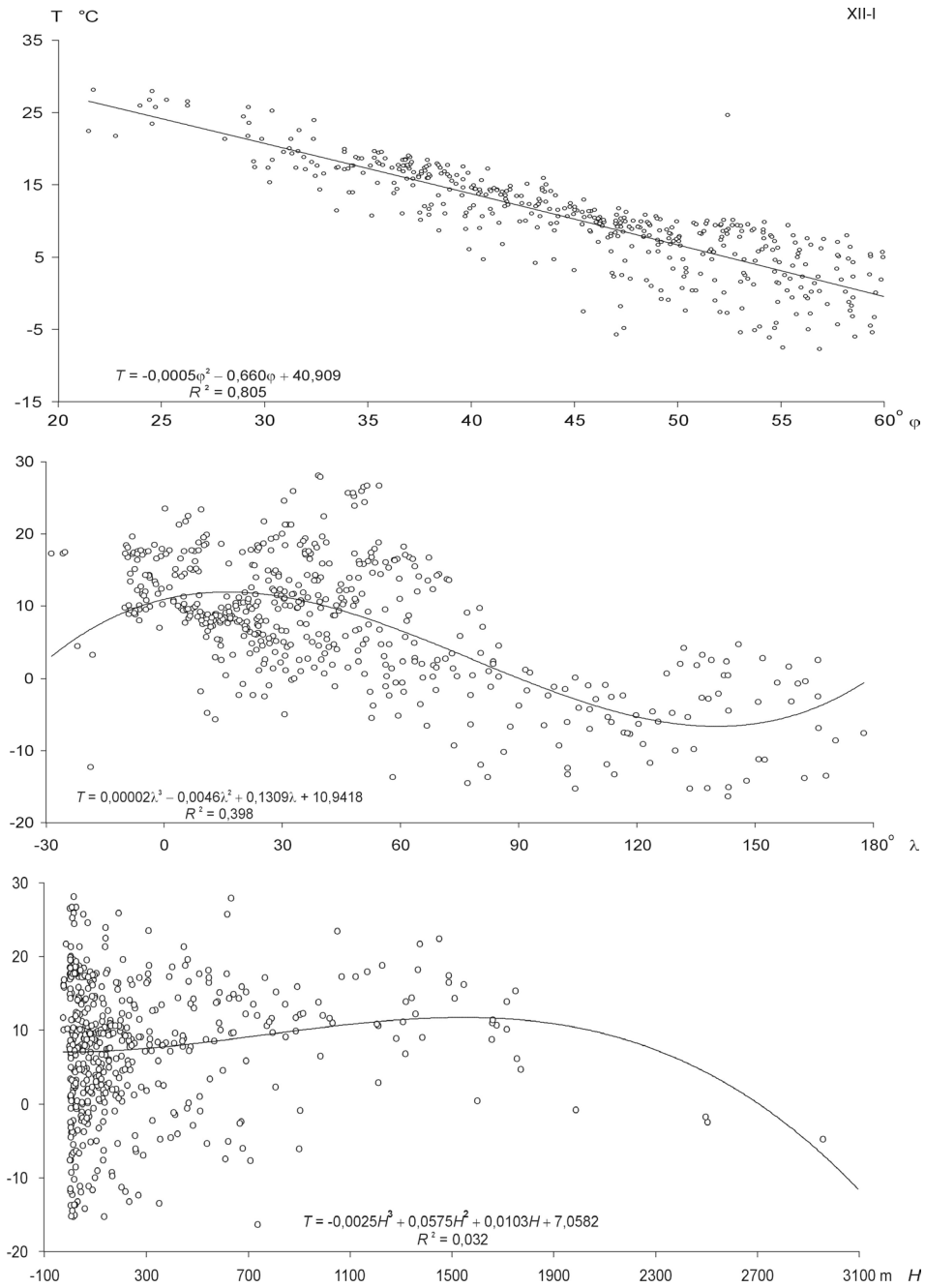


Rys. 5.26. Profile temperatury powietrza w Europie: południkowy  $T(\varphi)$ , równoleżnikowy  $T(\lambda)$ , hipsometryczny  $T(H)$  – lato

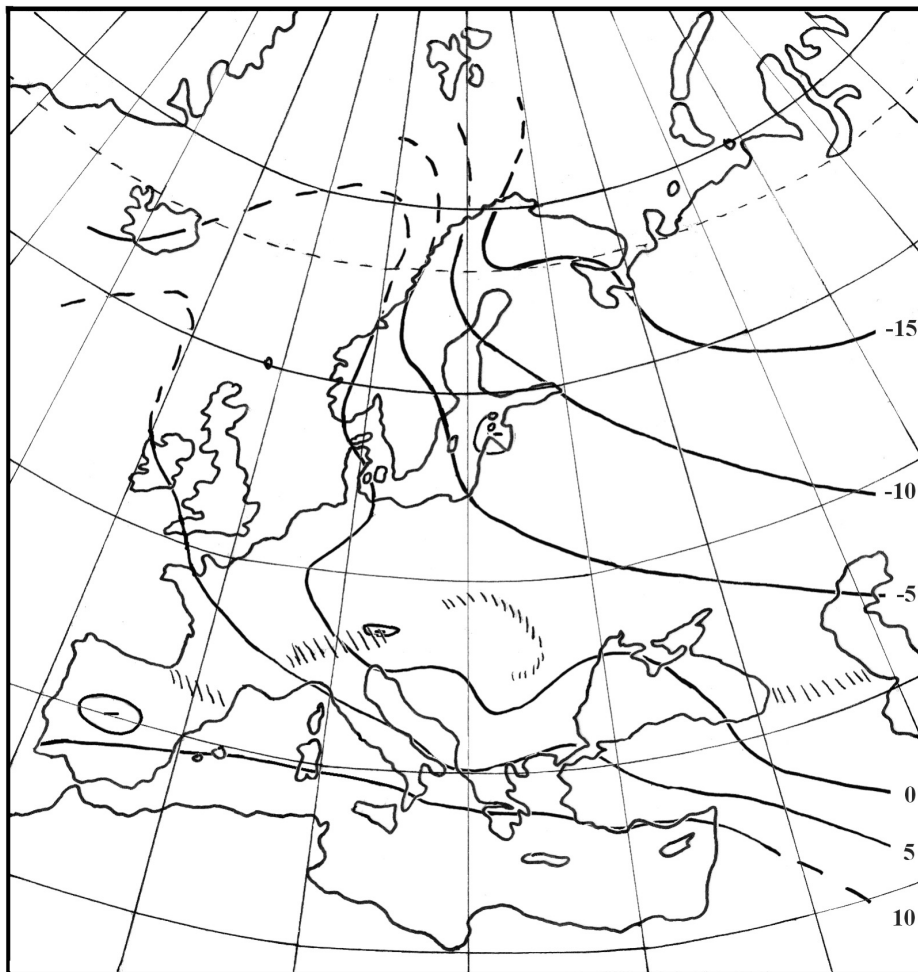
Fig. 5.26. Profiles of air temperature Europe: longitudinal  $T(\varphi)$ , latitudinal  $T(\lambda)$ , hypsometric  $T(H)$  – summer



Rys. 5.27. Profile temperatury powietrza w Europie: południkowy  $T(\phi)$ , równoleżnikowy  $T(\lambda)$ , hipsometryczny  $T(H)$  – jesień  
 Fig. 5.27. Profiles of air temperature Europe: longitudinal  $T(\phi)$ , latitudinal  $T(\lambda)$ , hypsometric  $T(H)$  – autumn

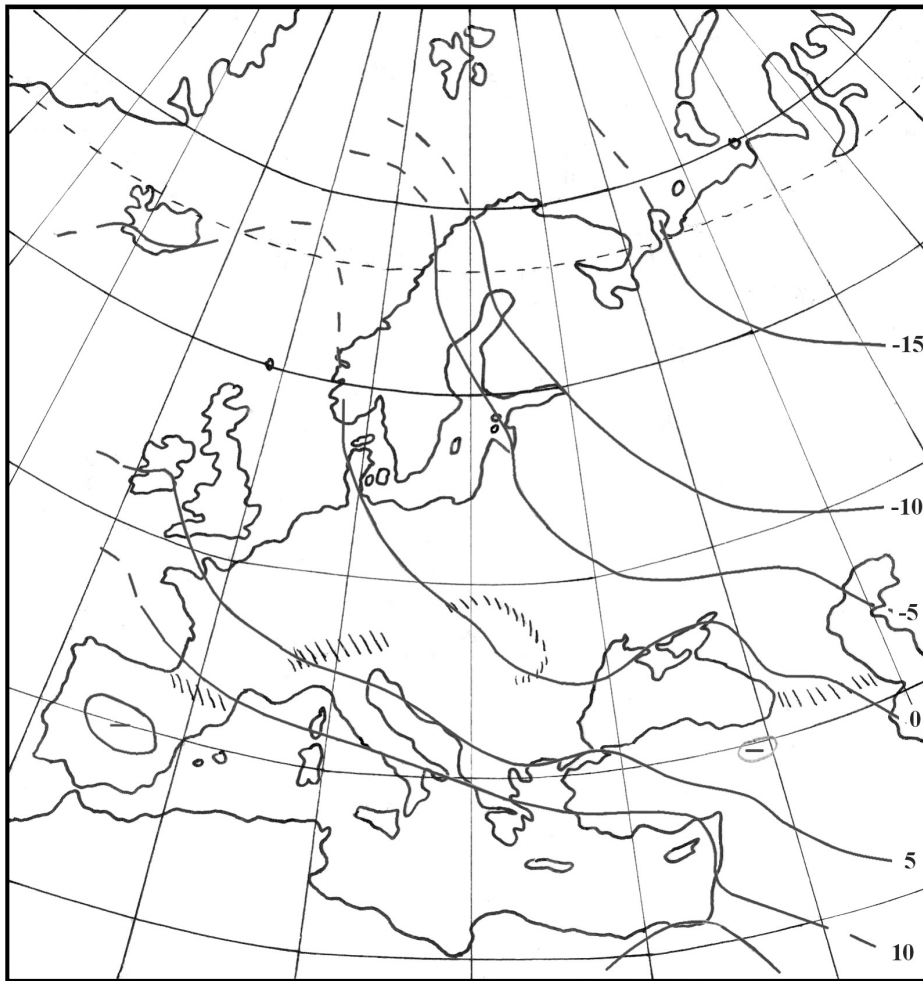


Rys. 5.28. Profile temperatury powietrza w Europie: południkowy  $T(\varphi)$ , równoleżnikowy  $T(\lambda)$ , hipsometryczny  $T(H)$  – rok  
 Fig. 5.28. Profiles of air temperature Europe: longitudinal  $T(\varphi)$ , latitudinal  $T(\lambda)$ , hypsometric  $T(H)$  – year



Rys. 5.29. Temperatura powietrza w Europie w latach 1961-1990 – styczeń  
 Fig. 5.29. Air temperature in Europe in the years 1961-1990 – January

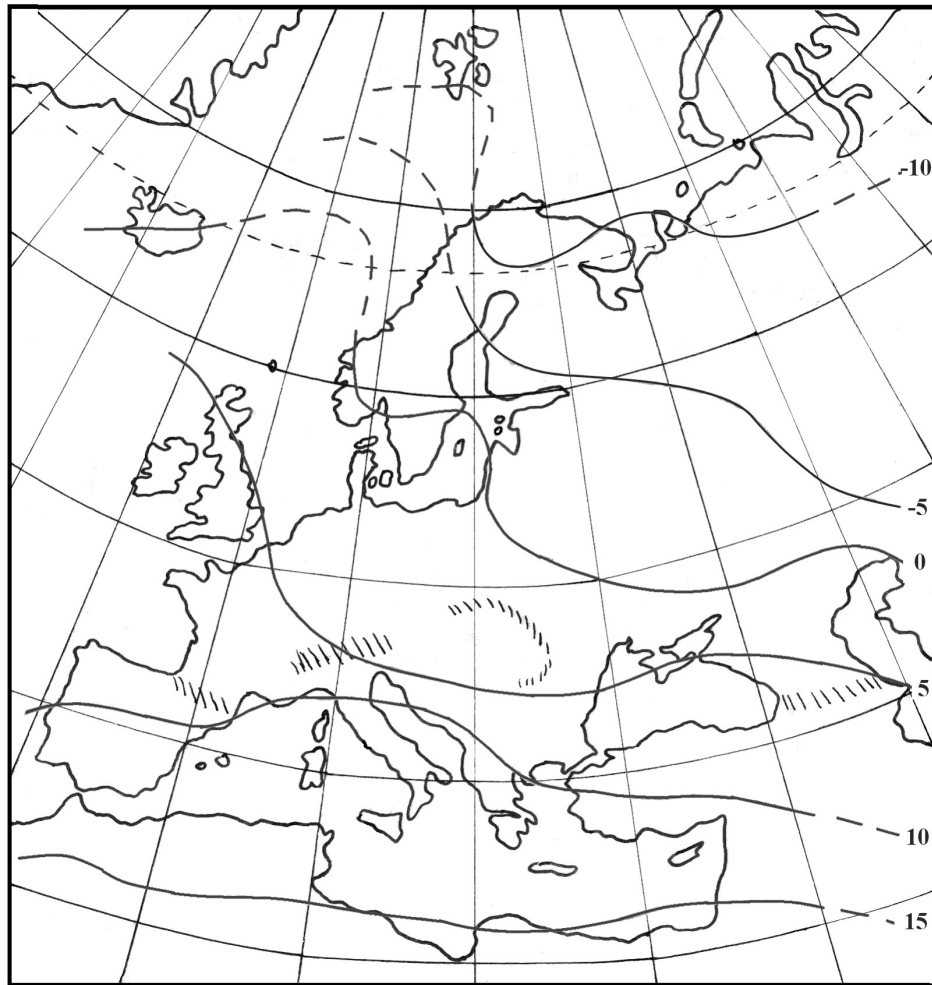
|  | <i>R</i> |
|--|----------|
| $T = -0,5911 \varphi + 27,6908$                          | 0,677    |
| $T = -0,2206 \lambda + 4,0387$                           | 0,562    |
| $T = -0,0023H - 0,2310$                                  | 0,145    |
| $T = -0,6772 \varphi - 0,2079 \lambda - 0,0053H + 37,91$ | 0,933    |



Rys. 5.30. Temperatura powietrza w Europie w latach 1961-1990 – luty  
 Fig. 5.30. Air temperature in Europe in the years 1961-1990 – February

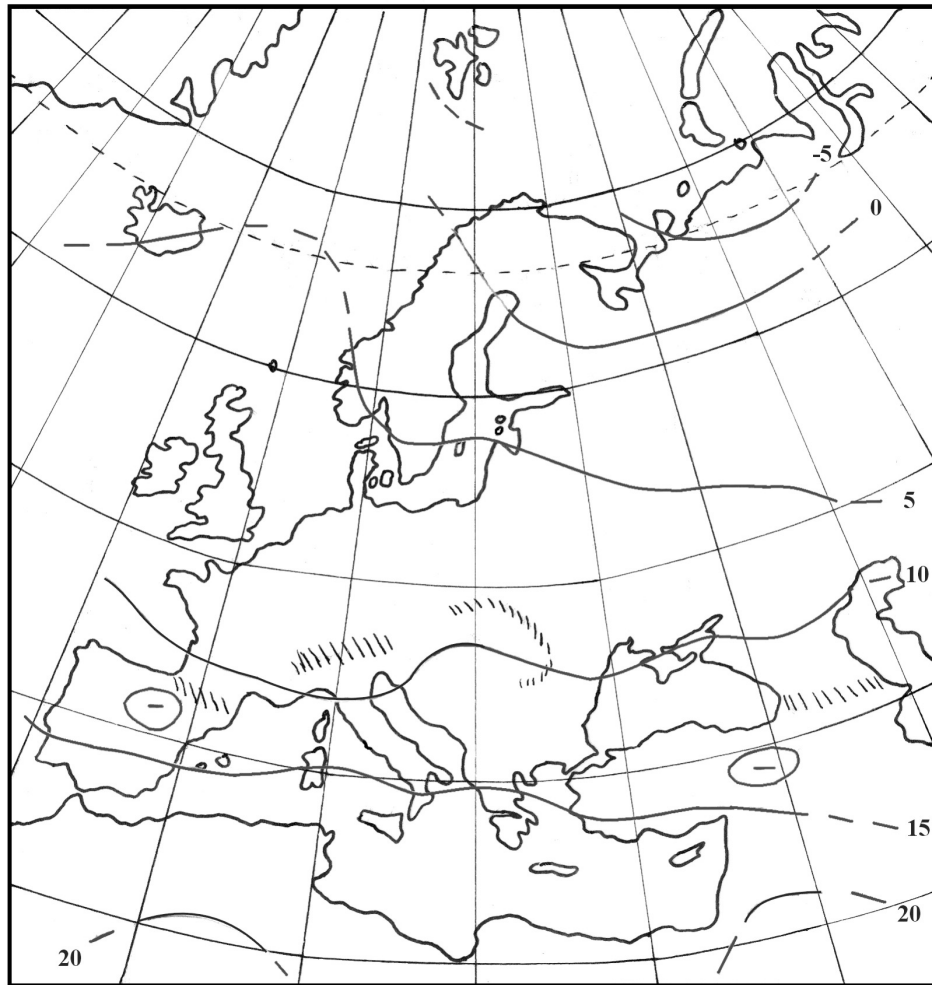
|  | <i>R</i> |
|--|----------|
| $T = -0,5986 \varphi + 29,1995$                          | 0,699    |
| $T = -0,2111 \lambda + 4,9715$                           | 0,548    |
| $T = -0,0021H + 0,8639$                                  | 0,136    |
| $T = -0,6829 \varphi - 0,1986 \lambda - 0,0051H + 39,09$ | 0,940    |





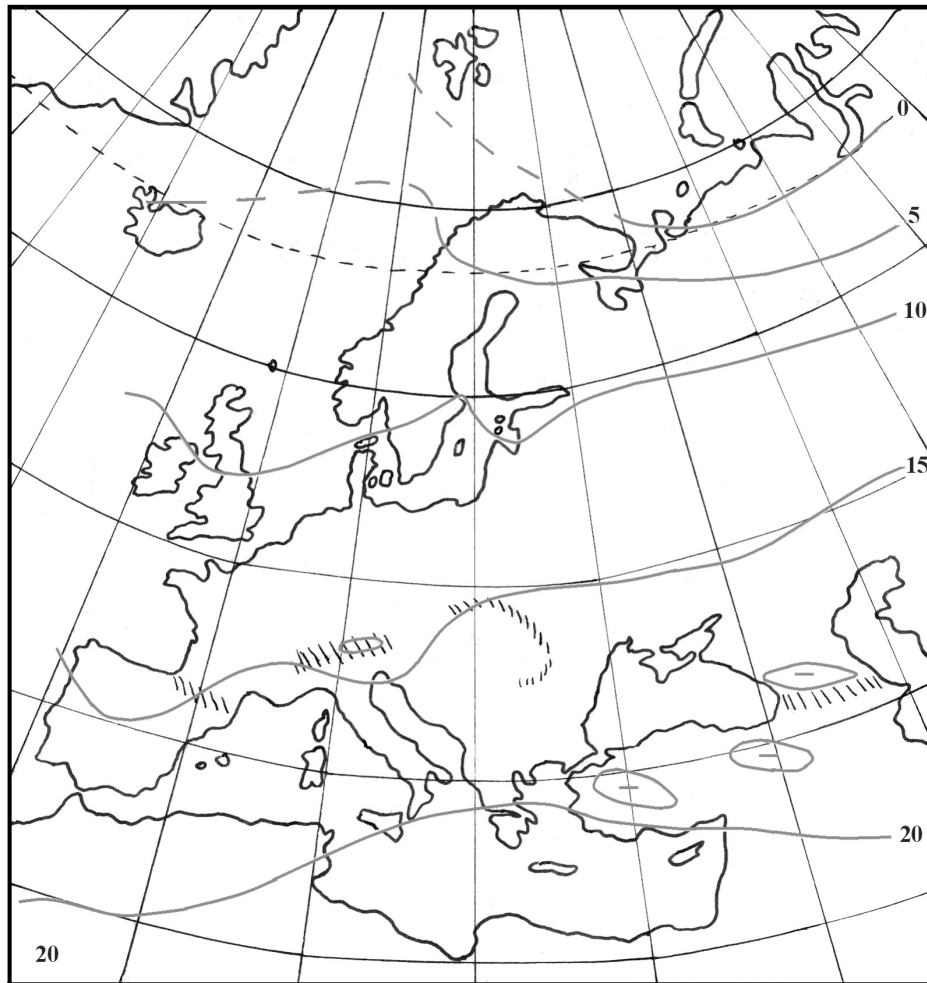
Rys. 5.31. Temperatura powietrza w Europie w latach 1961-1990 – marzec  
 Fig. 5.31. Air temperature in Europe in the years 1961-1990 – March

|  |       |
|--|-------|
| $T = -0,5370 \varphi + 29,7850$                          | $R$   |
| $T = 0,1359 \lambda + 6,8609$                            | 0,757 |
| $T = -0,0020H + 4,3855$                                  | 0,426 |
| $T = -0,6180 \varphi - 0,1239 \lambda - 0,0049H + 37,80$ | 0,153 |
|  | 0,939 |



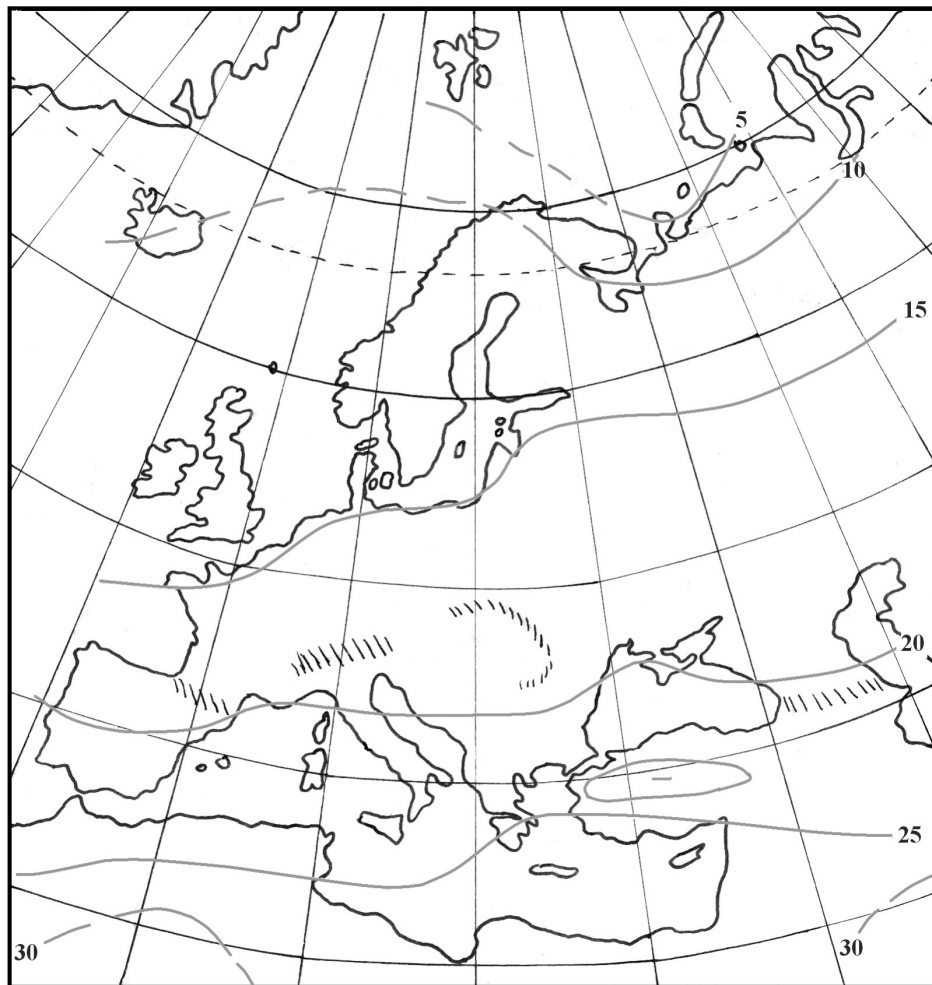
Rys. 5.32. Temperatura powietrza w Europie w latach 1961-1990 – kwiecień  
 Fig. 5.32. Air temperature in Europe in the years 1961-1990 – April

|  |                   |
|--|-------------------|
| $T = -0,4790 \varphi + 31,9199$                          | <i>R</i><br>0,805 |
| $T = -0,0313 \lambda + 9,4726$                           | 0,117             |
| $T = -0,0022H + 9,3668$                                  | 0,198             |
| $T = -0,5650 \varphi - 0,0187 \lambda - 0,0052H + 37,91$ | 0,931             |



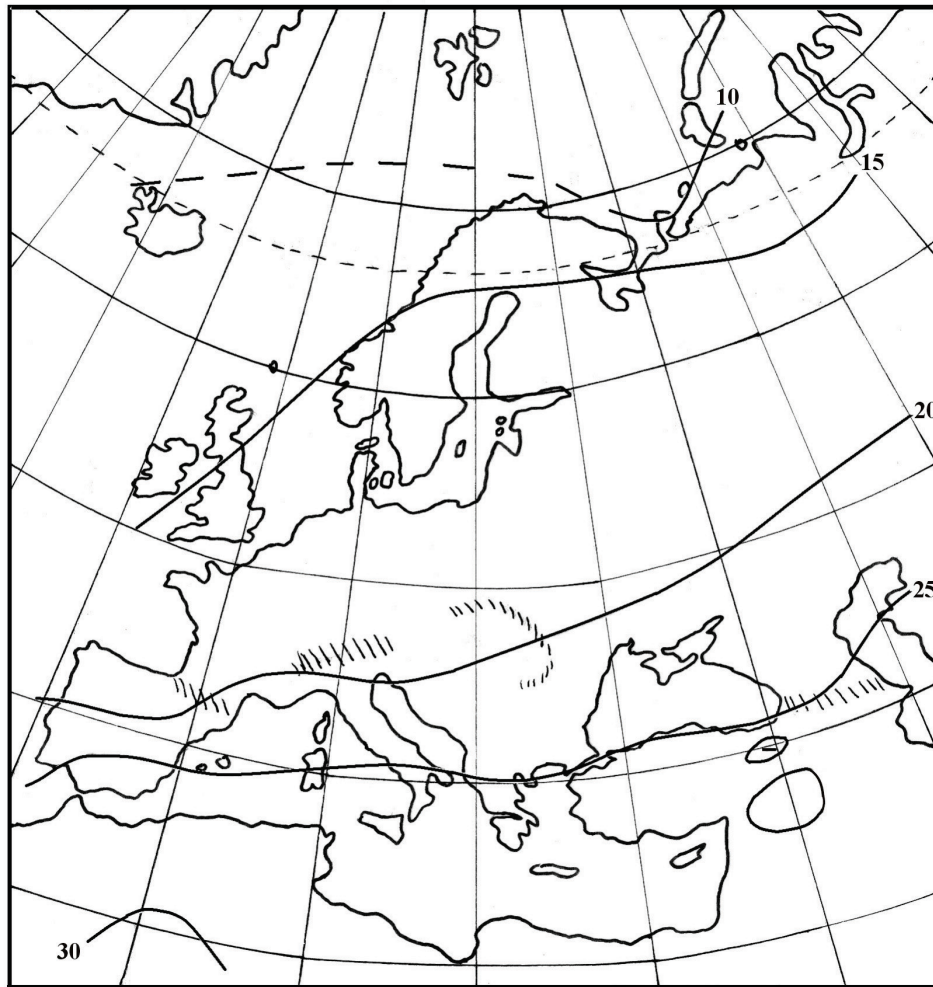
Rys. 5.33. Temperatura powietrza w Europie w latach 1961-1990 – maj  
 Fig. 5.33. Air temperature in Europe in the years 1961-1990 – May

|  |          |
|--|----------|
|  | <i>R</i> |
| $T = -0,4066 \varphi + 33,4619$                          | 0,748    |
| $T = 0,0322 \lambda + 13,1037$                           | 0,132    |
| $T = -0,0024H + 14,4757$                                 | 0,023    |
| $T = -0,4944 \varphi + 0,0450 \lambda - 0,0053H + 38,15$ | 0,912    |



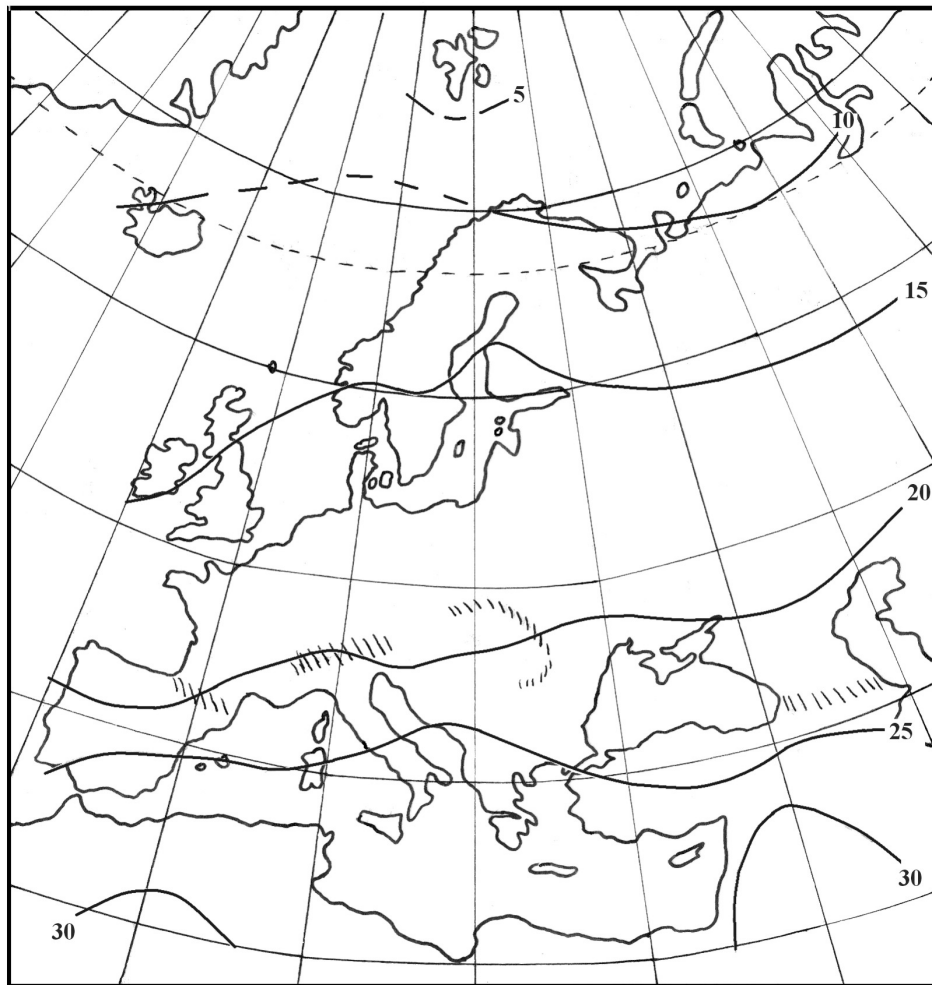
Rys. 5.34. Temperatura powietrza w Europie w latach 1961-1990 – czerwiec  
 Fig. 5.34. Air temperature in Europe in the years 1961-1990 – June

|  |          |
|--|----------|
|  | <i>R</i> |
| $T = -0,3985\varphi + 36,9458$                         | 0,716    |
| $T = 0,0686\lambda + 16,1697$                          | 0,274    |
| $T = -0,0022H + 18,3074$                               | 0,023    |
| $T = -0,4853\varphi + 0,0813\lambda - 0,0053H + 40,77$ | 0,909    |



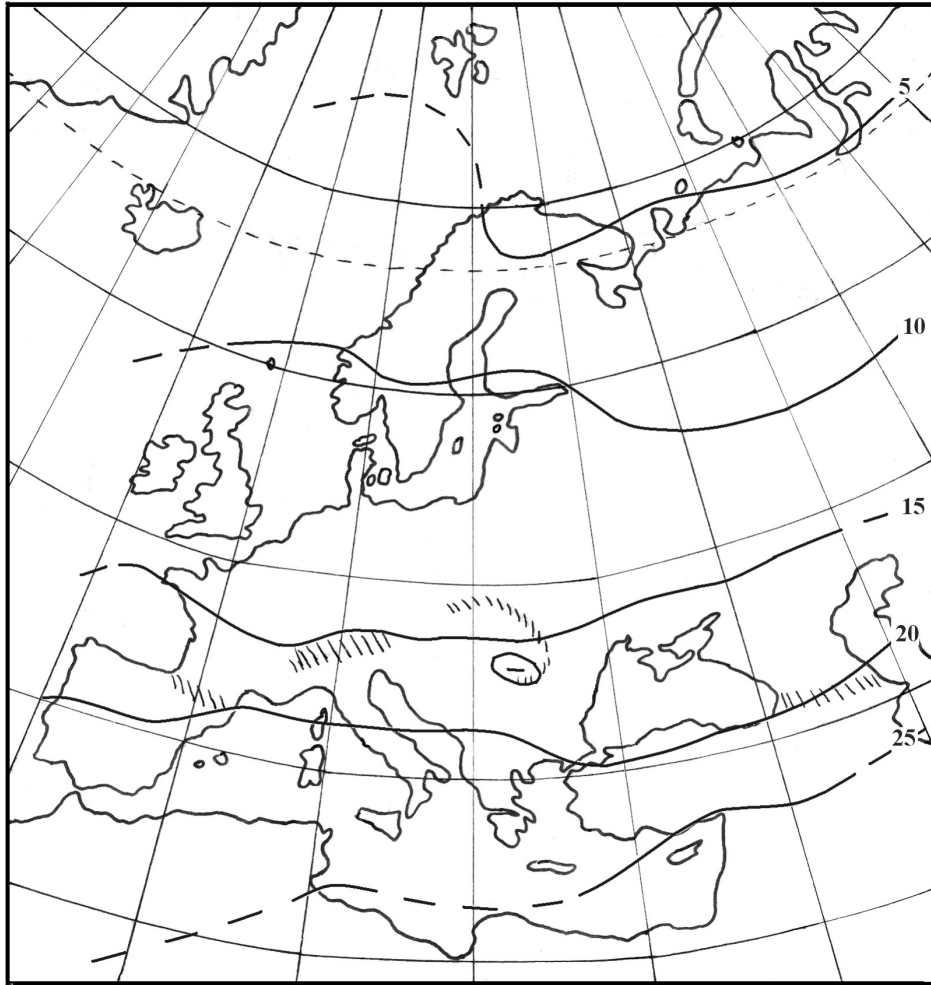
Rys. 5.35. Temperatura powietrza w Europie w latach 1961-1990 – lipiec  
 Fig. 5.35. Air temperature in Europe in the years 1961-1990 – July

|  |          |
|--|----------|
|  | <i>R</i> |
| $T = -0,4356 \varphi + 40,9831$                          | 0,741    |
| $T = 0,0898 \lambda + 17,9434$                           | 0,340    |
| $T = -0,0016H + 20,3751$                                 | 0,148    |
| $T = -0,5158 \varphi + 0,1016 \lambda - 0,0049H + 43,93$ | 0,921    |



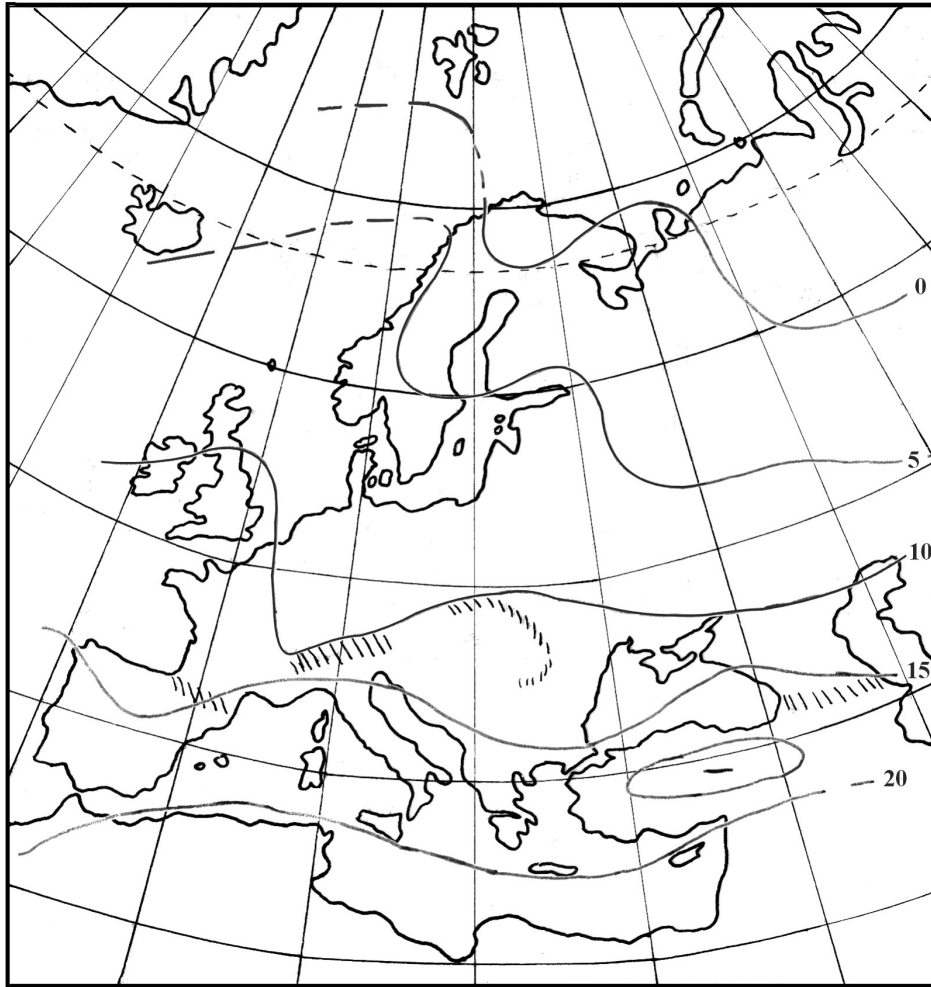
Rys. 5.36. Temperatura powietrza w Europie w latach 1961-1990 – sierpień  
 Fig. 5.36. Air temperature in Europe in the years 1961-1990 – August

|  |       |
|--|-------|
| $T = -0,4974 \varphi + 43,1338$                          | $R$   |
|  | 0,810 |
| $T = 0,0656 \lambda + 17,6421$                           | 0,238 |
| $T = -0,0012H + 19,4389$                                 | 0,110 |
| $T = -0,5756 \varphi + 0,0771 \lambda - 0,0047H + 46,49$ | 0,933 |



Rys. 5.37. Temperatura powietrza w Europie w latach 1961-1990 – wrzesień  
 Fig. 5.37. Air temperature in Europe in the years 1961-1990 – September

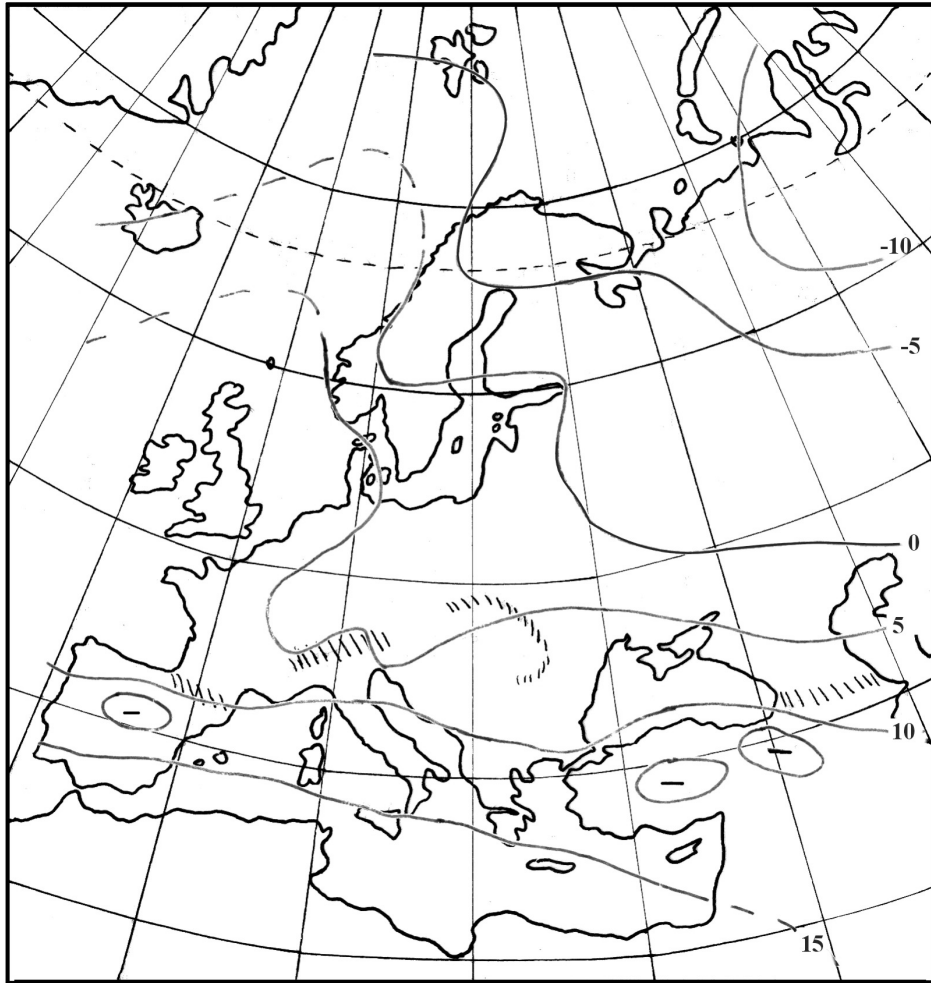
|  |       |
|--|-------|
| $T = -0,5462 \varphi + 41,7774$                          | $R$   |
| $T = 0,0124 \lambda + 15,1146$                           | 0,864 |
| $T = -0,0011H + 15,6846$                                 | 0,043 |
| $T = -0,6225 \varphi + 0,0236 \lambda - 0,0046H + 46,20$ | 0,093 |
|  | 0,944 |



Rys. 5.38. Temperatura powietrza w Europie w latach 1961-1990 – październik  
 Fig. 5.38. Air temperature in Europe in the years 1961-1990 – October

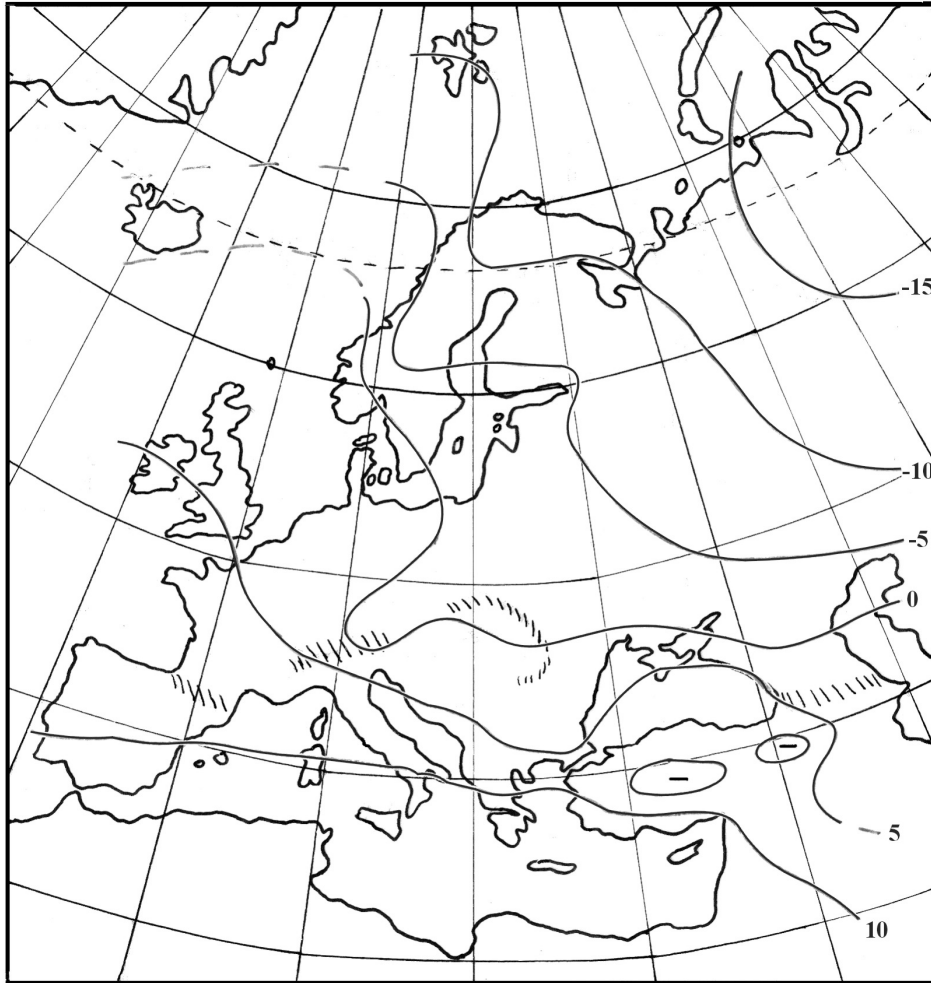
|  |          |
|--|----------|
|  | <i>R</i> |
| $T = -0,5420 \varphi + 36,3903$                          | 0,836    |
| $T = -0,0554 \lambda + 11,4389$                          | 0,190    |
| $T = -0,0012H + 10,5422$                                 | 0,103    |
| $T = -0,6154 \varphi - 0,0445 \lambda - 0,0045H + 42,15$ | 0,928    |





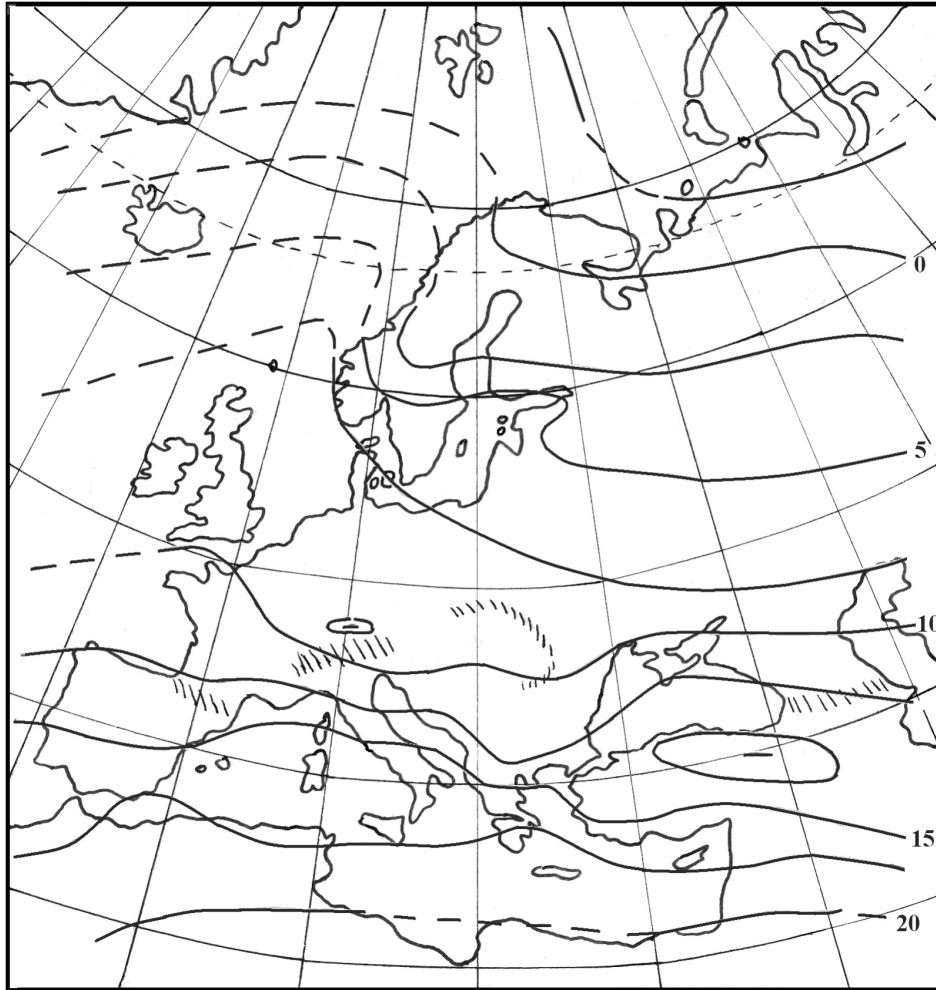
Rys. 5.38. Temperatura powietrza w Europie w latach 1961-1990 – listopad  
 Fig. 5.38. Air temperature in Europe in the years 1961-1990 – November

|  |          |
|--|----------|
|  | <i>R</i> |
| $T = 0,5513 \varphi + 31,7063$                           | 0,792    |
| $T = -0,1014 \lambda + 7,3249$                           | 0,324    |
| $T = -0,0018H + 5,5679$                                  | 0,143    |
| $T = -0,6331 \varphi - 0,0893 \lambda - 0,0050H + 39,00$ | 0,932    |



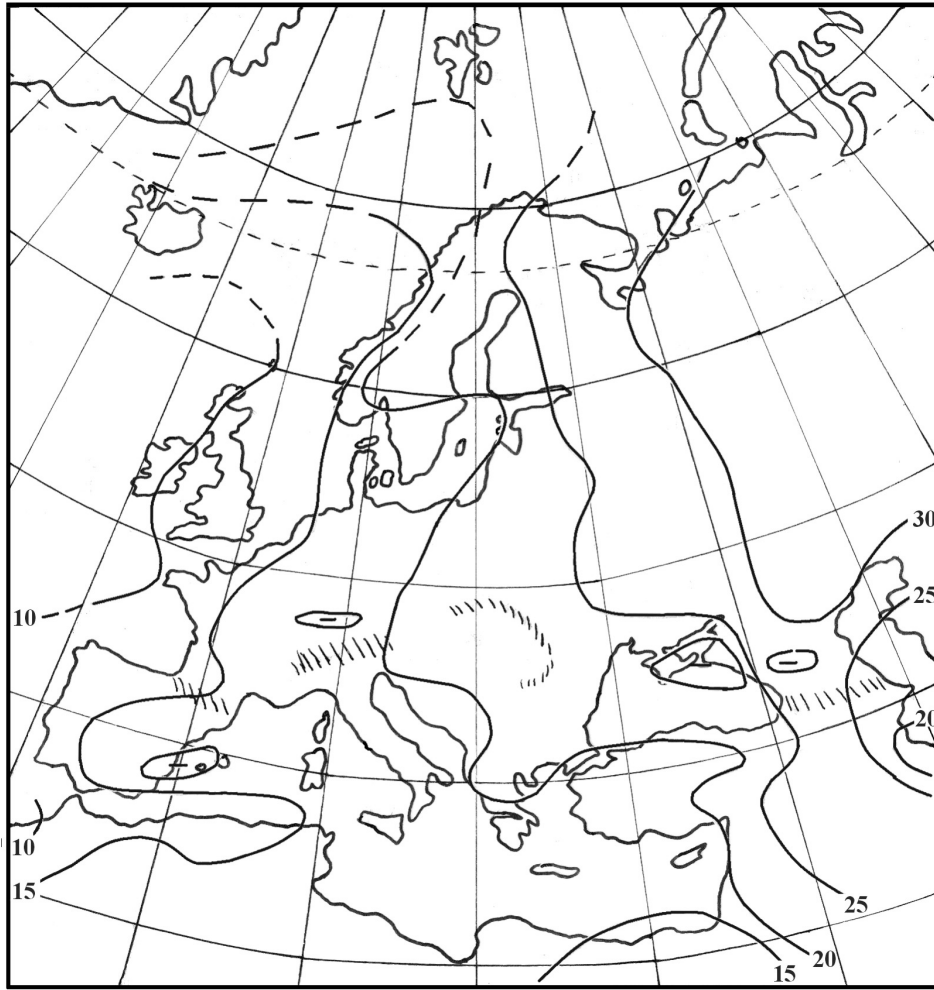
Rys. 5.39. Temperatura powietrza w Europie w latach 1961-1990 – grudzień  
 Fig. 5.39. Air temperature in Europe in the years 1961-1990 – December

|  |          |
|--|----------|
| $T = -0,5313 \varphi + 27,1417$                          | <i>R</i> |
| $T = -0,1831 \lambda + 5,5436$                           | 0,668    |
| $T = -0,0026H + 2,1888$                                  | 0,512    |
| $T = -0,6195 \varphi - 0,1700 \lambda - 0,0054H + 36,65$ | 0,179    |
|  | 0,910    |



Rys. 5.40. Temperatura powietrza w Europie w latach 1961-1990 – rok  
 Fig. 5.40. Air temperature in Europe in the years 1961-1990 – year

|  |          |
|--|----------|
|  | <i>R</i> |
| $T = -0,5096 \varphi + 34,1780$                          | 0,829    |
| $T = -0,0559 \lambda + 10,8020$                          | 0,202    |
| $T = -0,0019H + 10,0805$                                 | 0,169    |
| $T = -0,5921 \varphi - 0,0437 \lambda - 0,0050H + 40,50$ | 0,952    |



Rys. 5.40. Amplitua roczna temperatury powietrza w Europie w latach 1961-1990  
 Fig. 5.40. Annual amplitude of air temperature in Europe in the years 1961-1990

|   |          |
|---|----------|
|   | <i>R</i> |
| $A = 0,1514 \varphi + 13,4277$                            | 0,037    |
| $A = 0,2946 \lambda + 14,1751$                            | 0,688    |
| $A = 0,0315H + 20,6617$                                   | 0,0005   |
| $A = -0,0011 \varphi + 0,2947 \lambda + 0,1518H + 6,8351$ | 0,725    |

## VI. ZAKOŃCZENIE

Ochłodzenia i ocieplenia klimatu są kształtowane wahaniami dopływu energii słonecznej do powierzchni Ziemi, zależnej od stałej słonecznej i zawartości pyłów wulkanicznych w atmosferze – pochłaniających i rozpraszających promieniowanie słoneczne. Cyrkulacja atmosferyczna warunkuje transport magazynowanej głównie w strefie międzyzwrotnikowej, energii słonecznej w stronę biegunów.

Temperatura powietrza w Europie (i w Polsce) cechuje się cyklicznością około 8-, 11-, 100- i 180-letnią. Cykle wyznaczono metodą „sinusoid regresji” J. Boryczki ( $T = a_0 + b \sin(2\pi t/\Theta + c)$ , gdzie:  $\Theta$  – okres,  $b$  – amplituda,  $c$  – przesunięcie fazowe).

W Europie (i w Polsce) dominują około 8-letnie okresy temperatury powietrza o dużych amplitudach  $\Delta T = 2b = T_{\max} - T_{\min}$  (°C). Na przykład w styczniu wynoszą one: Warszawa – 8,3 (1,28°C), Kraków – 8,3 (1,38°C), Wrocław – 8,3 (1,50°C), Lwów – 8,3 (1,28°C), Praga – 7,8 (1,52°C), Berlin – 7,7 (1,94°C), Genewa – 8,4 (0,84°C), Wiedeń – 7,8 (1,10°C), Rzym – 7,3 (0,076°C), Sztokholm – 6,6 (1,48°C), Kopenhaga – 7,8 (0,62°C), Moskwa – 9,3 lat (1,60°C). W lipcu okresowość jest zbliżona, lecz amplitudy są prawie o połowę mniejsze.

Dużą rolę w kształtowaniu klimatu odgrywają długie cykle: 102- i 187-letni aktywności Słońca. Analogiczne okresy są obecne w seriach pomiarowych temperatury powietrza: Oto okresy około 100-letnie temperatury powietrza w Europie w styczniu: Warszawa – 116,1, Kraków – 102,0, Wrocław – 129,0, Lwów – 118,0, Praga – 148,0, Wiedeń – 90,2, Bazylea – 127,2, Kopenhaga – 87,0, Anglia – 95,1, Sztokholm – 97,8, Greenwich – 98,8 lat. Zbliżona okresowość około 100-letnia występuje również w lipcu: Warszawa – 102,0, Praga – 117,3, Wiedeń – 94,3, Bazylea – 89,6, Ryga – 115,5, Greenwich – 79,9 lat

W najdłuższych seriach pomiarowych są obecne także okresy prawie dwuwiekowe, zbliżone do okresu planetarnego 178,9 lat, po upływie którego powtarzają się wartości parametrów Układu Słonecznego. Na przykład: Kraków (lipiec – 179,8), Lwów (lipiec – 158,8), Berlin (styczeń – 236,9, lipiec – 154,4), Kopenhaga (lipiec – 175,2), Anglia środ-

kowa (styczeń – 191,1), Uppsala (styczeń – 193,3), Innsbruck (styczeń – 164,2), Trondheim (styczeń – 207,7 lat).

Tendencje temperatury powietrza ( $a$ ), określone równaniami prostych regresji  $T = a_0 + at$  w zimie są na ogół rosnące: Warszawa (1779-1998) – styczeń (1,36°C/100 lat), lipiec 0,15°C/100 lat), Kraków (1827-1997) – styczeń (1,71°C), lipiec (0,33°C), Lwów (1824-2002) – styczeń (0,53°C), lipiec (0,22°C), Berlin (1769-1990) – styczeń (1,12°C), lipiec (0,33°C), Genewa (1769-1980) – styczeń (1,23°C), lipiec (0,08°C), Wiedeń (1775-2002) – styczeń (0,84°C), lipiec (0,02°C), Rzym (1811-1969) – styczeń (0,36°C), lipiec (0,08°C), Sztokholm (1756-1994) – styczeń (1,12°C), lipiec (0,11°C), Kopenhaga (1768-1991) – styczeń (0,94°C), lipiec (0,01°C), Moskwa (1881-2002) – styczeń (3,54°C), lipiec (0,92°C).

W Europie (i Polsce) przede wszystkim zimy są coraz cieplejsze. Nie wiadomo, jaka część postępującego ocieplenia klimatu jest efektem oddziaływania czynników naturalnych, a jaka – czynników antropogenicznych. Ocieplenie klimatu w XIX-XX wieku może być wywołane wzrostem aktywności Słońca i spadkiem aktywności wulkanicznej na Ziemi.

Na klimat Europy (i Polski) dominujący wpływ mają dwa główne centra pola ciśnienia atmosferycznego: Niż Islandzki i Wyż Azorski. Te dwa centra ciśnienia związane z różnicą temperatury między wodą Atlantyku Północnego i lądem są w ciągu roku ze sobą ujemnie skorelowane (North Atlantic Oscillation, NAO). Wskaźnik NAO w latach 1825-2000 cechuje się okresowością 8-letnią, kilkunastoletnią i 106,3-letnią.

Zmienność wiekową temperatury powietrza w zimie i lecie w 40 miejscowościach europejskich scharakteryzowano, zestawiając po 10 najmroźniejszych i najłagodniejszych styczeniów oraz po 10 najcieplejszych i najchłodniejszych lipców.

Najmroźniejsze stycznie w Europie wystąpiły: Warszawa – 1838 (-13,5°C), 1963 (-11,5), Kraków – 1848 (-12,4), 1963 (-10,0), Wrocław – 1803 (-11,9), 1830 (-11,6), 1963 (-10,6), Moskwa – 1893 (-21,7), 1942 (-20,3), Lwów – 1942 (-12,6), 1838 (-12,3), Ryga – 1803 (-17,1), Wilno – 1803 (-19,1°C). Najcieplejsze pory letnie wystąpiły: Warszawa – 1796 (3,5), 1983 (3,4), Kraków – 1921 (3,5), Moskwa – 1983 (-4,1) Lwów – 1936 (2,4) Ryga – 1989 (2,5) Wilno – 1989 (1,1).

Rekonstrukcje i prognozy otrzymano na podstawie interferencji wykrytych cykli temperatury powietrza  $y = a_0 + \sum b_j \sin(2\pi t / \Theta_j + c_j)$ , gdzie:  $\Theta_j$ ,  $b_j$ ,  $c_j$  – to parametry istotnych statystycznie cykli (na poziomie istotności 0,05). W prognozach przyjęto założenie, że ekstrema wyznaczonych cykli o dość dużych amplitudach (istotnych) będą się powtarzać nadal, tak jak w XVIII-XX wieku. Według tych prognoz, w XXI wieku można oczekiwać ochłodzenia – zwłaszcza więcej mroźnych zim.

Pole temperatury powietrza w latach 1961-1990 opisano wielomianami regresji liniowej i nieliniowej  $T = f(\varphi, \lambda, H)$  względem trzech współrzędnych: szerokości geograficznej  $\varphi$ , długości geograficznej  $\lambda$  i wysokości nad poziomem morza  $H$ . Dobrym na-

rzędziem badań ogólnych cech klimatu Europy okazało się równanie hiperpłaszczyzny regresji (wielomian pierwszego stopnia):

$$T = a_0 + a_1\varphi + a_2\lambda + a_3H.$$

Współczynniki regresji cząstkowej  $a_1, a_2, a_3$  – to gradienty: południkowy, w  $^{\circ}\text{C}/1^{\circ}\varphi$ , równoleżnikowy, w  $^{\circ}\text{C}/1^{\circ}\lambda$ , hipsometryczny, w  $^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$ .

Gradient południkowy ( $a_1$ ) wskazuje o ile zmienia się temperatura powietrza wzdłuż południka, gdy przesuniemy się ku północy o  $1^{\circ}\varphi$ . Gradient równoleżnikowy ( $a_2$ ) wyraża przyrost temperatury powietrza ku wschodowi, gdy odległość ( $\lambda$ ) od Oceanu Atlantyckiego wzrośnie o  $\Delta\lambda = 1^{\circ}$ . Natomiast gradient hipsometryczny ( $a_3$ ) jest miarą zmian temperatury powietrza ze wzrostem wysokości. n.p.m. o 100 m.

Nowością w badaniach klimatu Europy są mapy gradientów: południkowych  $\frac{\partial T}{\partial \Phi}$ , równoleżnikowych  $\frac{\partial T}{\partial \Lambda}$  i hipsometrycznych  $\frac{\partial T}{\partial H}$  przedstawione w t. VIII Atlasu (Sto-pa-Boryczka, Boryczka i in., 1994). Żeby wyznaczyć średni gradient pola temperatury powietrza w Europie opisano je wielomianem regresji pierwszego stopnia względem szerokości  $\Phi$  i długości geograficznej  $\Lambda$ , wyrażonych w setkach km oraz wysokości n.p.m.  $H$  – w hm:

$$T = A_0 + A_1\Phi + A_2\Lambda + A_3H$$

Tak zdefiniowane gradienty oddzielają wpływ szerokości geograficznej ( $\Phi$ ), długości geograficznej  $\Lambda$  (odległości od Oceanu Atlantyckiego) i wysokości nad poziomem morza  $H$  na temperaturę powietrza.

## SUMMARY

Climate cooling and warming processes are shaped by the fluctuations of solar energy reaching the surface of Earth, which depends on the solar constant and the volcanic ashes content in the atmosphere, absorbing and dispersing solar radiation.

Atmospheric circulation conditions the transport of solar energy in the direction of poles. The energy is mainly stored around equator.

Air temperature in Europe (and Poland) is characterised by the cycles of ca. 8, 11, 100 and 180 years. The cycles have been determined using the J. Boryczko's "sine curve regression" method ( $T = a_0 + b \sin(2\pi t/\Theta + c)$ , where:  $\Theta$  – okres,  $b$  – amplitude,  $c$  – phase shift).

Europe (and Poland) mainly features ca. 8-year air temperature periods of large amplitudes  $\Delta T = 2b = T_{\max} - T_{\min}$  (°C.) For January they are e.g.: Warsaw – 8.3 (1.28°C), Krakow – 8.3 (1.38°C), Wrocław – 8.3 (1.50°C), Lwow – 8.3 (1.28°C), Prague – 7.8 (1.52°C), Berlin – 7,7 (1.94°C), Geneva – 8,4 (0.84°C), Vienna – 7.8 (1.10°C), Rome – 7.3 (0.76°C), Stockholm – 6.6 (1.48°C), Copenhagen – 7.8 (0.62°C), Moscow – 9.3 lat (1.60°C). In the summer the periodicity is similar, however, the amplitudes are almost half smaller.

Big role in shaping the climate is played by the long cycles: 102- and 187-year Sun activity period. Analogical periods can be observed in the air temperature measurement series. Ca. 100-year periods for air temperature in Europe in January are as follows: Warsaw – 116.1, Krakow – 102.0, Wrocław – 129.0, Lwow – 118,0, Prague – 148.0, Vienna – 90.2, Basel – 127,2, Copenhagen – 87,0, England – 95.1, Stockholm – 97.8, Greenwich – 98.8 lat. Similar periodicity of ca. 100 years occurs also in the July: Warsaw – 102.0, Prague – 117.3, Vienna – 94.3, Basel – 89.6, Ryga – 115.5, Greenwich – 79.9 lat

The longest measurement series also feature the almost two-way periods, close to the planetary period of 178.9 years, after which the Solar System parameter values reoccur. For instance: Krakow (July – 179.8), Lwów ( July – 158.8), Berlin (January – 236.9, July – 154.4), Copenhagen (July – 175.2), England (January – 191.1), Uppsala (January – 193.3), Innsbruck (January – 164.2), Trondheim (January – 207.7 years).

Air temperature tendency (a), calculated for winter using the simple regression equations  $T = a_0 + at$  are mainly ascending: Warsaw (1779-1998) – January (1.36 °C/100 lat),



July 0.15°C/100 lat), Krakow (1827-1997) – January (1.71°C), July (0.33°C), Lwow (1824-2002) – January (0.53°C), July (0.22°C), Berlin (1769-1990) – January (1.12°C), July (0.33°C), Geneva (1769-1980) – January (1.23°C), July (0.08°C), Vienna (1775-2002) – January (0.84°C), July (0.02°C), Rome (1811-1969) – January (0.36°C), July (0.08°C), Stockholm (1756-1994) – January (1,12°C), July (0,11°C), Copenhagen (1768-1991) – January (0.94°C), July (0.01°C), Moscow (1881-2002) – January (3.54°C), July (0.92°C).

In Europe (and Poland) it is mainly the winters which are getting warmer. It is not known which part of the unfolding warming process is caused by natural factors and which results from the anthropogenic factors. Climate warming of the 19<sup>th</sup>. and 20<sup>th</sup> Century may have been caused by an increased Sun activity and declining volcanic activity on Earth.

Europe's (and Poland's) climate is mainly influenced by the two major atmospheric pressure centres: Island Low and Azorean High. These two pressure centres, related to temperature amplitudes between the waters of North Atlantic and the land, are negatively inter-correlated (North Atlantic Oscillation, NAO). The NAO indicator between 1825-2000 features the following periodicities: 8 years, dozen years and 106.3 years.

Century variability of winters and years in the 40 European cities was characterised comparing the 10 frostiest January and the 10 warmest and coldest July .

The frostiest Januarys in Europe occurred in: Warsaw – 1838 (-13.5°C), 1963 (-11.5), Krakow – 1848 (-12.4), 1963 (-10.0), Wroclaw – 1803 (-11.9), 1830 (-11.6), 1963 (-10.6), Moscow – 1893 (-21.7), 1942 (-20.3), Lwow – 1942 (-12.6), 1838 (-12.3), Ryga – 1803 (-17.1), Wilno – 1803 (-19,1°C). The warmest Julys periods were in: Warsaw – 1796 (3.5), 1983 (3.4), Krakow – 1921 (3.5), Moscow – 1983 (-4.1) Lwów – 1936 (2.4) Ryga – 1989 (2.5) Wilno – 1989 (1.1).

Reconstructions and forecasts have been obtained on the basis of interferences of the detected air temperature cycles  $y = a_0 + \sum b_j \sin(2\pi t/\Theta_j + c_j)$ , where  $\Theta_j$ ,  $b_j$ ,  $c_j$  are the parameters of the statistically vital cycles (at the importance level of 0.05). It has been assumed in forecasts that the extremes of the determined cycles of large (importance) amplitudes will continue to reoccur, as in the 18<sup>th</sup>. and 20<sup>th</sup>. Century. According to these forecasts, 21<sup>th</sup>. Century is likely to witness a cooling process with an increasing number of frosty winters.

To this end, the air temperature field in Europe was described using empirical models, i.e. polynomials of regression of the first degree  $T =$  with regard to three coordinates: latitude  $\varphi$  , longitude  $\lambda$  and altitude above sea level  $H$ . The equation of the regression hyperplane has been a good tool for the investigation of general features of Europe's climate:

$$T = a_0 + a_1\varphi + a_2\lambda + a_3H$$

Coefficients of partial regression  $a_1$ ,  $a_2$ ,  $a_3$  – are components of gradients of the air temperature field:  $a_1$  – meridional gradient, in °C/1° $\varphi$  ;  $a_2$  – latitudinal gradients, in °C/1° $\lambda$ ;  $a_3$  – hypsometric gradient, in °C/100 m.

## LITERATURA

- Baranowski D., 2001, *Zróźnicowanie warunków atmosferycznych w Polsce w zależności od typu cyrkulacji*, (maszynopis rozprawy doktorskiej), Warszawa.
- Barnston A.G., Livezey R.E., 1987, *Classification, seasonality and persistence of low-frequency atmospheric circulation patterns*, Mon. Wea. Rev., t. 115, s. 1083-1126.
- Boryczka J., 1984, *Model deterministyczno-stochastyczny wielookresowych zmian klimatu*, Rozprawy Uniwersytetu Warszawskiego, Nr 234, Warszawa.
- Boryczka J., 1993, *Naturalne i antropogeniczne zmiany klimatu Ziemi w XVII-XXI wieku*, Wyd. UW, Warszawa.
- Boryczka J., 1998, *Postęp badań współczesnych wahań klimatu w drugiej połowie XX wieku*, Prace i Studia Geograficzne, t. 22, Wyd. WGSR UW, Warszawa.
- Boryczka J., 1998, *Zmiany klimatu Ziemi*, Wyd. Akademickie DIALOG, Warszawa.
- Boryczka J., 2001, *Postęp badań przyczyn zmian klimatu Ziemi w drugiej połowie XX wieku*, Prace i Studia Geograficzne, t. 28, Wyd. UW, Warszawa.
- Boryczka J., Stopa-Boryczka M., 1984, *The multiperiodical changes of air temperature in Warsaw*, Miscellanea Geographica, Wyd. UW, Warszawa.
- Boryczka J., Stopa-Boryczka M., 2000, *Zmiany klimatu Polski w XVIII-XXI wieku*, Acta Universitatis Nicolai Copernici, Geografia XXXI – Nauki Matematyczno-Przyrodnicze, z. 106, Toruń.
- Boryczka J., Stopa-Boryczka M., Kicińska B., Żmudzka E., 1992, *Atlas współzależności parametrów meteorologicznych i geograficznych w Polsce, cz. VII, Zmiany wiekowe klimatu Polski*, Wyd. UW, Warszawa.
- Boryczka J., Stopa-Boryczka M., Błażek E., Skrzypczuk J., 1997, *Atlas współzależności parametrów meteorologicznych i geograficznych w Polsce, cz. X, Cykliczne zmiany aktywności Słońca i cyrkulacji atmosferycznej w Europie*, Wyd. UW, Warszawa.
- Boryczka J., Stopa-Boryczka M., Błażek E., Skrzypczuk J., 1998, *Atlas współzależności parametrów meteorologicznych i geograficznych w Polsce, cz. XI, Tendencje wiekowe klimatu miast w Europie*, Wyd. UW, Warszawa.
- Boryczka J., Stopa-Boryczka M., Wągrowaska M., Błażek E., Skrzypczuk J., 1999, *Atlas współzależności parametrów meteorologicznych i geograficznych w Polsce, cz. XII, Ocieplenia i ochłodzenia klimatu miast w Europie*, Wyd. UW, Warszawa.
- Boryczka J., Stopa-Boryczka M., Błażek E., Skrzypczuk J., 1999, *Atlas współzależności parametrów meteorologicznych i geograficznych w Polsce, cz. XIII, Cykliczne zmiany klimatu miast w Europie*, Wyd. UW, Warszawa.

- Boryczka J., Stopa-Boryczka M., Lorenc H., Kicińska B., Błażek E., Skrzypczuk J., 2000, *Atlas współzależności parametrów meteorologicznych i geograficznych w Polsce*, cz. XIV, *Prognozy zmian klimatu Warszawy*, Wyd. UW, Warszawa.
- Boryczka J., Stopa-Boryczka M., Baranowski D., Błażek E., Skrzypczuk J., 2001, *Atlas współzależności parametrów meteorologicznych i geograficznych w Polsce*, cz. XV, *Prognozy zmian klimatu miast Europy*, Wyd. UW, Warszawa.
- Boryczka J., Stopa-Boryczka M., Baranowski D., Grabowska K., Błażek E., Skrzypczuk J., 2002, *Atlas współzależności parametrów meteorologicznych i geograficznych w Polsce*, cz. XVI, *Prognozy zmian klimatu Polski*, Wyd. UW, Warszawa.
- Boryczka J., Stopa-Boryczka M., Baranowski D., Kirschenstein M., Błażek E., Skrzypczuk J., 2003, *Atlas współzależności parametrów meteorologicznych i geograficznych w Polsce*, cz. XVII, *Mroźne zimy i upalne lata w Polsce*, Wyd. UW, Warszawa.
- Boryczka J., Stopa-Boryczka M., Grabowska K., Wawer J., Błażek E., Skrzypczuk J., 2004, *Atlas współzależności parametrów meteorologicznych i geograficznych w Polsce*, cz. XVIII, *Groźne zjawiska pogodowe w Polsce*, Wyd. UW, Warszawa.
- Boryczka J., Wicik B., 1994, *Record of holocene climatic cycles in lake sediments in Central Poland*, *Miscellanea Geographica*, nr 6.
- Brückner E., 1890, *Klimaschwankungen seit 1700 nebst Bemerkungen über die Klimaschwankungen der Diluvialzeit*, *Geogr. Abh.*, H. 4/2, Wien.
- Budyko M.I., 1971, *Klimat i żizn*, Gidromietieoizdat, Leningrad.
- Budyko M.I., 1974, *Izmienienija klimata*, Gidromietieoizdat, Leningrad.
- Budyko M.I., Piwowarowa Z.I., 1967, *Wlijanije wulkaniczeskich izwierzenij na prichodiaszczuju k powierchnosti Ziemi solniecznuju radiacju*, *Mietieorologija i Gidrologija*, nr 10.
- Charvatova I., Strestik J., 1994, *Udział długofalowych naturalnych zmian w obecnym ociepleniu globalnym (w): Globalne ocieplenie a współczesne zmiany klimatyczne w Polsce*, Materiały Międzynarodowej Konferencji, Szczecin 31 V - 1 VI 1993.
- Flohn H., 1985, *Climatic prospects in the cane of extended CO<sub>2</sub> – induced warming*, *Meteor. Zeit.*, H. 1.
- Girs A.A., 1974, *Solnieczno-atmosfiernyje swiazi i ich rol w dołgosrocznych gidromietieorologiczeskich prognozach*, Gidromietieoizdat, Leningrad.
- Groveman B.S., Landsberg H.E., 1979, *Simulated Northern Hemisphere Temperature Departures 1579-1980*, *Geophys. Res. Let.*, 6, s. 767-769.
- Haurwitz B., 1946, *Relation between solar activity and the lower atmosphere*, *Trans. Am. Geoph. Union*, XXVII.
- Hurrell J., 1995, *Decadal trends in the North Atlantic Oscillation: regional temperature and precipitation*, *Science*, 269, s. 676-679.
- Intergovernmental Panel on Climate Change – IPCC-1990, IPCC-1995, WMO.*
- Johnsen S.J., Dansgaard W., Clausen H. B., Longway C. C., 1970, *Climatic oscillations 1200-2000 A.D.*, *Nature*, nr 227, London.
- Jones P.D., Jonsson T., Wheeler D., 1997, *Extension to the North Atlantic Oscillation using early instrumental pressure observations from Gibraltar and South-West Iceland*, *Int. J. Climatol.*, 17, s. 1433-1450.
- Kondratiew K.J., Nikolski G.A., 1970, *Solar radiation and solar activity*, *Quart. J. Roy. Meteor. Soc.*, no 96.

- Kożuchowski K., Wibig J. 1988, *Kontynentalizm pluwialny w Polsce, zróżnicowanie geograficzne i zmiany wieloletnie*. Acta Geographica Lodziensie, nr 55.
- Kożuchowski K., 1989, *Makrotypy cyrkulacji atmosferycznej a temperatura powietrza w Polsce*, Przeg. Geofiz., R. XXXIV, z. 4.
- Kożuchowski K. (red.), 1990, *Materiały do poznania historii klimatu w okresie obserwacji instrumentalnych*, Wyd. Uniw. Łódzkiego, Łódź.
- Kożuchowski K., Stolarczuk, Wibig J., 1994, *Wskaźniki cyrkulacji atmosferycznej na poziomie 500 hPa nad Polską i południowym Bałtykiem w latach 1951-1990* (w): *Współczesne zmiany klimatyczne. Klimat Polski i regionu Morza Bałtyckiego na tle zmian globalnych*, Rozprawy i Studia Uniw. Szczecin., (226) 152.
- Lamb H.H., 1974, *Climatic history and future Climate, present, past and future*, vol. 2, London, Methnen.
- Lamb H.H., 1977, *Volcanic dust in the atmosphere with a chronology and assessment of meteorological*, Philosoph. Transactions Roy. Soc., ser. A, No 226.
- Landsberg H.E., 1979, *Climatic fluctuation*, Mc Graw Hill Yearbook Science and Technology, Mc Graw Hill Book Co., New York.
- Landsberg H.E., 1980, *Variable solar emission, the „Maunder Minimum” and climatic temperature fluctuation*, Arch. Meteor. Geoph. Bioclimat., ser. B, vol. 28.
- Lockwood J. G., 1984, *Procesy klimatotwórcze*, PWN, Warszawa.
- Lorenc H., 1994, *Symptomy zmian klimatu w strefach ograniczonych wpływów antropogenicznych*, Mat. Bad. IMGW, Meteorologia, 19.
- Lorenc H., 2000, *Studia nad 202-letnią (1779-1998) serią temperatury powietrza w Warszawie oraz ocena jej wiekowych tendencji*, Mat. Bad. IMGW, Meteorologia, 31.
- Malcher J., Schönwiese Ch.D., 1987, *Homogeneity, spatial correlation and spectral variance analysis of long European and North American air temperature records*, Theor. Appl. Climat., 38.
- Manley G., 1974, *Central England temperatures: monthly means 1659 to 1973*, Quart. J. Roy. Meteor. Soc., no 100.
- Marsz A.A. (red.), 1999, *Wpływ stanu termicznego powierzchni oceanu na modyfikacje cyrkulacji atmosferycznej w wymiarze klimatologicznym*, Materiały Konferencji, Gdynia 6 V 1999.
- Marsz A.A., 2001, *Długoterminowa prognoza warunków termicznych okresu zimowego w Polsce*, Postęp badań zmian klimatu i ich znaczenie dla życia i gospodarczej działalności człowieka, Wyd. WGSU UW, Warszawa.
- Milankovich M., 1930, *Mathematische Klimalehre und Astronomische Theorie der Klimaschwankungen*
- Morlet J., 1983, *Sampling theory and wave propagation*, NATO ASI Series, FI Springer.
- Osborn T.J., Briffa K.R., Tett S.F.B., Jones P.D., Trigo R.M., 1999, *Evaluation of the North Atlantic Oscillation as stimulated by a coupled climate model*, Climate Dynamics.
- Paszyński J., Niedźwiedz T., 1991, *Klimat*, [W:]: Starkel L. (red.), *Geografia Polski środowisko przyrodnicze*, PWN Warszawa.
- Rakipowa L.R., 1960, *O wozdziejstwie solnicznoy aktywnosci na obszeczaju cirkulaciju atmosfery*, Astronom. sbornik, III i IV.
- Reznikow A.P., 1982, *Priedskazanije jestiestwiennych processow obuczajuszciejsja sistiemoj*, Nowosybirsk.

- Rogers J.C., 1984, *A comparison of the mean winter pressure distribution in the extremes of the North Atlantic Oscillation and Southern Oscillation*, (w:) H. Van Loon (red.), *Studies in Climate*, NCAR Technical Note, February 1984, Boulder, Colorado, s. 208-241.
- Sazonow B.I., Malkentin E.K., 1994, *Znaczny wzrost temperatur zimowych w Europie Północnej (1989-1993)*, *Rozprawy i Studia Uniw. Szczecin.*, (226) 152.
- Schönwiese Ch.D., 1983, *Spectral auto-variance, cross variance and coherence analysis of long air temperature series* (w): *II Inter. Meeting of Statistical Climatology*, Lisboa.
- Schönwiese Ch.D., 1992, *Klima im Wandel*, Tatsachen Irrtumer, Risiken Deutsche Verlags Anstalt GmbH, Stuttgart.
- Schönwiese Ch.D., Rapp J., Fuchs T., Denhard M., 1993, *Klimatrend-Atlas Europa 1891-1990*, *Berichte des Zentrums Für Umweltforschung*, Nr 20, Frankfurt am Main.
- Stopa-Boryczka M., 1973, *Cechy termiczne klimatu Polski*, *Rozprawy Uniwersytetu Warszawskiego*, Nr 72, Warszawa.
- Stopa-Boryczka M., Boryczka J., Kicińska B., Żmudzka E., 1990, *Atlas współzależności parametrów meteorologicznych i geograficznych w Polsce*, cz. VI, *Wpływ Oceanu Atlantyckiego i ukształtowania powierzchni Ziemi na pole temperatury powietrza w Polsce*, Wyd. UW, Warszawa.
- Stopa-Boryczka M., Boryczka J., Wągrowaska M., Śmiałkowski J., 1994, *Atlas współzależności parametrów meteorologicznych i geograficznych w Polsce*, cz. VIII, *Cechy oceaniczne klimatu Europy*, Wyd. UW, Warszawa.
- Stopa-Boryczka M., Boryczka J., Błazek E., Skrzypczuk J., 1995, *Atlas współzależności parametrów meteorologicznych i geograficznych w Polsce*, cz. IX, *Naturalne i antropogeniczne zmiany klimatu Warszawy*, Wyd. UW, Warszawa.
- Stopa-Boryczka M., Boryczka J., 2001, *Przewidywane średnie sezonowe i roczne zmiany temperatury powietrza na wybranych stacjach*, [W:] *Atlas klimatycznego ryzyka upraw roślin w Polsce*, Wyd. Akademii Rolniczej w Szczecinie, Szczecin.
- Styszyńska A., 2001, *Oscylacja Północnoatlantycka a opady na obszarze Polski*, *Postęp badań zmian klimatu i ich znaczenie dla życia i gospodarczej działalności człowieka*, Wyd. WGR UW, Warszawa.
- Trepińska J., 1973, *Zmiany w przebiegu temperatury powietrza w Krakowie w XIX i XX wieku*, *Przeł. Geofiz.*, z. 1-2.
- Trepińska J., 2001, *Fluktuacje termiczne w Europie od młodej epoki lodowej do końca XX wieku*, *Postęp badań zmian klimatu i ich znaczenie dla życia i gospodarczej działalności człowieka*, Wyd. WGR UW, Warszawa.
- Wallace J.M., Gutzler D.S., 1981, *Teleconnections in the geopotential height field during the Northern Hemisphere winter*, *Mon. Wea. Rev.*, t. 109, 784-812.
- Wangenheim G.J., 1938, *K woprosu tipizacji i schematizacji sinoptycznych procesow*, *Meteorologia i Hidrologia*, t. 3, nr 3.
- Wolf R., 1869-72, *Handbuch der Mathematik, Physik, Geodesie und Astronomie*, t. 1-2.
- Wójcik G., Majorowicz J., Marciniak K., Przybylak R., Safanda J., Zielski A., 1999, *Temperatura powietrza w Polsce Południowo-Zachodniej w okresie XVII-XX w. w świetle danych klimatologicznych, geotermicznych i dendroklimatycznych*, *Zmiany i zmienność klimatu Polski*, Ogólnopolska konferencja naukowa, Łódź 4-6 XI 1999.
- Żmudzka E., 1998, *Cykliczne zmiany temperatury powietrza w Polsce*, (maszynopis rozprawy doktorskiej), Warszawa.