

**PROGNOZY ZMIAN KLIMATU
MIAST EUROPY**

JERZY BORYCZKA
MARIA STOPA-BORYCZKA
DARIUSZ BARANOWSKI
ELŻBIETA BŁAŻEK
JAN SKRZYPCZUK

**XV. THE FORECAST OF THE CLIMATE CHANGE IN TOWNS
OF EUROPE**

atlas

OF INTERDEPENDENCE
OF METEOROLOGICAL
AND GEOGRAPHICAL
PARAMETERS
IN POLAND

Warszawa 2001

JERZY BORYCZKA
MARIA STOPA-BORYCZKA
DARIUSZ BARANOWSKI
ELŻBIETA BŁAŻEK
JAN SKRZYPCZUK

XV. PROGNOZY ZMIAN KLIMATU MIAST EUROPY

atlas

WSPÓŁZALEŻNOŚCI
PARAMETRÓW
METEOROLOGICZNYCH
I GEOGRAFICZNYCH
W POLSCE

Warszawa 2001

Redakcja naukowa
Maria Stopa-Boryczka
Jerzy Boryczka

Redaktor
Władysław Żakowski

Redaktor techniczny
Joanna Świętochowska

Książka dofinansowana przez Komitet Badań Naukowych

© Copyright by Wydawnictwa Uniwersytetu Warszawskiego 2001

ISBN 83-235-0131-9

Skład i łamanie
Jan Skrzypczuk

Druk i oprawa: Zakład Graficzny UW, zam. nr

SPIS TREŚCI

I. WPROWADZENIE	7
II. MODELOWANIE NATURALNYCH I ANTROPOGENICZNYCH ZMIAN KLIMATU W <i>ATLASIE WSPÓŁZALEŻNOŚCI PARAMETRÓW METEOROLOGICZNYCH I GEOGRAFICZNYCH W POLSCE (1974-2001)</i>	9
III. WPLYW CYRKULACJI ATMOSFERYCZNEJ NA KLIMAT EUROPY	39
1. Cykliczne wahania i tendencje cyrkulacji atmosferycznej w Euro- pie (wg klasyfikacji Wangenheima i Osuchowskiej-Klein)	39
2. Wpływ Oscylacji Północnego Atlantyku (NAO) na klimat Polski	43
3. Prognozy zmian Oscylacji Północnego Atlantyku (NAO) w XXI wieku	44
3.1. Widma wskaźnika <i>NAO</i> w latach 1825-1997	45
3.2. Zmiany wskaźnika <i>NAO</i> w XVIII-XXI wieku	46
IV. OCHŁODZENIA I OCIEPLENIA KLIMATU EUROPY ŚRODKOWEJ KSZTAŁTOWANE PRZEZ NIŻ ISLANDZKI I WYŻ AZORSKI	82
1. Widma temperatury powietrza w latach 1659-1998	82
2. Prognozy temperatury powietrza w miastach Europy Środko- wej (Warszawa, Kraków, Praga, Genewa) w XXI wieku	86
V. POLE TEMPERATURY POWIETRZA W EUROPIE A TYPY CYRKULACJI ATMOSFERYCZNEJ	179
1. Typy cyrkulacji atmosferycznej w Europie i kierunki adwek- cji mas powietrza	179
2. Typy cyrkulacji atmosferycznej w Polsce wg klasyfikacji Osuchowskiej-Klein	181

3. Cechy termiczne klimatu Polski a typy cyrkulacji atmosferycznej	183
4. Deformacja pola temperatury powietrza przez Ocean Atlantycki – odchylenia gradientów horyzontalnych od południków lokalnych	185
VI. ZAKOŃCZENIE	239
LITERATURA	241
SUMMARY	248

I. WPROWADZENIE

Celem XV tomu *Atlasu* pt. *Prognozy zmian klimatu miast Europy* jest określenie wahań Oscylacji Północnego Atlantyku (NAO) i temperatury powietrza w wybranych miastach Europy Środkowej (Warszawa, Kraków, Praga, Genewa) w XVIII-XX wieku. Jest nim też opracowanie prognoz zmian klimatu w XXI wieku w odniesieniu do zmian cyrkulacji strefowej (wskaźnika *NAO*).

Najpierw zestawiono najważniejsze wyniki badań, dotyczące modelowania zmienności przestrzennej i czasowej klimatu Europy (ze szczególnym uwzględnieniem Polski), zawarte w 15 tomach *Atlasu współzależności parametrów meteorologicznych i geograficznych w Polsce* (1974-2001).

Wyeksponowano wpływ cyrkulacji atmosferycznej nad Europą na klimat Polski (wg klasyfikacji Wangenheima i Osuchowskiej-Klein).

W tomie XV dominują badania roli cyrkulacji strefowej (równoleżnikowej), uwarunkowanej Oscylacją Północnego Atlantyku (NAO) w kształtowaniu klimatu Europy w latach 1825-1997. Tendencje zmian wskaźnika *NAO* w ostatnim stuleciu dobrze wyjaśniają ochłodzenia i ocieplenia klimatu. Coraz cieplejsze zimy w Europie (i Polsce) wynikają z tendencji rosnącej wskaźnika *NAO*. Natomiast nieco cieplejsze lata – z tendencji malejącej *NAO*.

Biorąc pod uwagę silną korelację między wahaniami temperatury powietrza w Europie i Oscylacji Północnego Atlantyku zbadano cykliczność wskaźnika *NAO* i temperatury powietrza.

Widma temperatury powietrza (średnich miesięcznych, sezonowych, półrocznych i rocznych wartości) i wskaźnika *NAO* wykazują duże podobieństwo, zwłaszcza w części krótkookresowej, tj. w paśmie 2,1-15 lat.

Wykryte cykle temperatury powietrza i zbliżone cykli wskaźnika *NAO*, aktywności Słońca (stałej słonecznej) i parametrów Układu Słonecznego – to składniki deterministyczne w seriach pomiarowych. Mają one ogromne znaczenie nie tylko poznawcze, lecz także praktyczne, umożliwiając prognozowanie składnika naturalnego zmian klimatu miast w Europie.

Wyznaczone metodą „sinusoid regresji” cykle – to średnie okresy w seriach pomiarowych, cechujące się największym prawdopodobieństwem występowania. Ich skorelowanie z cyklami aktywności Słońca i parametrów Układu Słonecznego upoważnia do ekstrapolacji poza przedział aproksymacji (2001-2100).

Prognozy wskaźnika *NAO* i temperatury powietrza w wybranych miastach Europy (Warszawa, Kraków, Praga, Genewa) opracowano na podstawie interferencji wykrytych cykli (obecnych w widmach).

Prognozy wskazują na naturalne ochłodzenie klimatu Europy w XXI wieku. Można sądzić, że naturalne cykle występujące teraz i wcześniej będą powtarzać się nadal i kształtować klimat Europy w bieżącym stuleciu.

Innym ważnym problemem jest określenie pola temperatury powietrza w Polsce w zależności od typów cyrkulacji atmosferycznej. Zagadnienie to zostało rozwiązane w pracy doktorskiej Dariusza Baranowskiego pt. *Zróżnicowanie warunków atmosferycznych w Polsce w zależności od typu cyrkulacji* (2001r.).

O wpływie poszczególnych typów cyrkulacji atmosferycznej na pole temperatury powietrza w Polsce świadczą mapy izarytm średnich wartości i odchyleń (anomalii). Opisują one pole temperatury kształtowane przez 12 typów cyrkulacji wg B. Osuchowskiej-Klein. Miarą oddziaływania Oceanu Atlantyckiego na klimat Polski jest południkowy układ izoterm przy strefowej cyrkulacji (zachodniej cyklonalnej i antycyklonalnej).

Ważniejsze wyniki badań zawarte w XV tomie *Atlasu* przedstawiono na licznych wykresach, mapach i tabelach, a ich syntezę zamieszczono w *Zakończeniu*.

II. MODELOWANIE NATURALNYCH I ANTROPOGENICZNYCH ZMIAN KLIMATU W ATLASIE WSPÓLZALEŻNOŚCI PARAMETRÓW METEOROLOGICZNYCH I GEOGRAFICZNYCH W POLSCE (1974-2001)

Atlas współzależności parametrów meteorologicznych i geograficznych w Polsce, którego kolejne tomy ukazują się w druku od 27 lat, można już traktować jako zakładową serię wydawniczą. Pierwszy tom opublikowano w roku 1974, piętnasty w 2001. Kolejne tomy *Atlasu* różnią się między sobą zarówno problematyką badań, jak też zastosowanymi oryginalnymi metodami statystycznych opracowań.

W siedmiu tomach *Atlasu* (I-V, VI, VIII) opisano empirycznymi wzorami pola elementów klimatologicznych w Polsce. Równania prostych, płaszczyzn, hiperpłaszczyzn i wielomianów regresji wyższych stopni względem współrzędnych położenia (szerokości i długości geograficznej oraz wysokości nad poziomem morza) określają główne cechy pola temperatury, wilgotności powietrza, opadów itp. Modelowanie pól przede wszystkim wielomianami wyższych stopni względem współrzędnych geograficznych, które są jednocześnie czynnikami geograficznymi determinującymi klimat, okazały się dobrym narzędziem badań klimatu. Szczególną rolę odgrywa trzecia współrzędna położenia – wysokość nad poziomem morza, której wprowadzenie do wzorów empirycznych umożliwia z dużą dokładnością oszacowanie wartości temperatury, opadów tam, gdzie nigdy nie prowadzono pomiarów.

O działalności naukowej w zakresie zmian klimatu Polski i Europy, cykliczności, tendencji i prognoz w XXI wieku informują pozostałe tomy (VII, IX, XIV, XV), opublikowane w latach 1982, 1997-2001.

Prace identyfikujące przyczyny naturalnych ochłodzeń i ociepleń klimatu w XVIII-XX wieku przyniosły postęp w badaniach klimatu Ziemi. Wykazanie analogicznej cykliczności domniemanych przyczyn zmian klimatu umożliwiło opracowanie prognoz klimatycznych Europy i Polski.

Poszczególne tomy *Atlasu* nawiązują do aktualnie rozwiązywanego problemu „Naturalne i antropogeniczne zmiany klimatu Polski” z wyodrębnionymi tematami:

1. Empiryczne modele przestrzennej i czasowej zmienności klimatu

2. Cykliczne zmiany klimatu i ich przyczyny
3. Tendencje wiekowe zmian klimatu
4. Antropogeniczne zmiany klimatu
5. Prognozy zmian klimatu w XXI wieku

Tom I – Związki korelacyjne między elementami meteorologicznymi i czynnikami geograficznymi w Polsce (Stopa-Boryczka, Boryczka, 1974), ss. 276 (brak podtytułu na okładce)

Praca zawiera mapy izarytmiczne podstawowych elementów meteorologicznych (półrocze chłodne i ciepłe, rok). Pola poszczególnych zmiennych (tab. 1) opisano równaniami prostych, płaszczyzn i hiperpłaszczyzn regresji wraz z ocenami dokładności aproksymacji i wartościami błędów standardowych. Opracowano je na podstawie wyników pomiarów z 60 stacji meteorologicznych (synoptycznych) Państwowego Instytutu Hydrologiczno-Meteorologicznego z lat 1951-1960.

Tab. 1. Parametry meteorologiczne, ich symbole i jednostki
Meteorological parameters, their notation and units used

Lp.	Symbole	Parametry meteorologiczne	Jednostki
1.	T	Temperatura powietrza	K
2.	A	Dobowa amplituda temperatury	°C
3.	T_{\max}	Temperatura maksymalna	K
4.	T_{\min}	Temperatura minimalna	K
5.	U	Energia wewnętrzna	cal/g
6.	H	Enthalpia	cal/g
7.	p	Ciśnienie atmosferyczne	hPa
8.	Θ	Temperatura potencjalna	K
9.	ρ	Gęstość powietrza	kg/m ³
10.	S	Entropia	J/gK
11.	e	Ciśnienie pary wodnej	hPa
12.	ρ'	Wilgotność bezwzględna	g/m ³
13.	q	Wilgotność właściwa	g/kg
14.	f	Wilgotność względna	%
15.	Δ	Niedosyt wilgotności	hPa
16.	Θ_e	Temperatura ekwiwalentna	K
17.	v	Prędkość wiatru	m/s
18.	M	Poziomy strumień powietrza	kg/m ² s
19.	M'	Poziomy strumień pary wodnej	kg/m ² s
20.	N	Zachmurzenie	1/10
21.	O	Opady atmosferyczne	mm
22.	L_o	Dni pogodne	liczba dni
23.	L_o	Dni pochmurne	liczba dni
24.	L_o	Dni z opadem	liczba dni
25.	L_m	Dni z mgłą	liczba dni
26.	L_v	Dni z wiatrem >10 m/s	liczba dni
27.	L_c	Dni z ciszą	liczba dni

Współczynniki regresji cząstkowej w równaniach wskazują wpływ szerokości geograficznej, długości i wysokości nad poziomem morza na temperaturę powietrza, opady atmosferyczne itp. Równania hiperpłaszczyzn regresji względem trzech współrzędnych położenia φ , λ , H można wykorzystać w interpolacji pól zmiennych meteorologicznych.

Współzależność zmiennych meteorologicznych na obszarze Polski charakteryzują izokorelaty na zamieszczonych mapach.

We wstępie przedstawiono odpowiednie wzory, na podstawie których wyznaczono równania aproksymujące pola zmiennych i obliczono miary dokładności.

Tom I rozpoczyna przedmowa prof. Wincentego Okołowicza z czerwca 1973 r., zawierająca wysoką ocenę rozwiązywanych problemów.

W tym tomie podano część wyników z wcześniej wykonanych prac autorów *Cechy termiczne klimatu Polski* (Stopa-Boryczka, 1973) i *Empiryczne równania klimatu Polski* (Boryczka, 1974).

SPIS TREŚCI

- PRZEDMOWA
- I. WSTĘP
- II. ZALEŻNOŚĆ PARAMETRÓW METEOROLOGICZNYCH OD WSPÓLRZĘDNYCH GEOGRAFICZNYCH NA OBSZARZE POLSKI
 1. Temperatura powietrza
 2. Dobowa amplituda temperatury powietrza
 3. Maksymalna temperatura powietrza
 4. Minimalna temperatura powietrza
 5. Energia wewnętrzna powietrza
 6. Enthalpia
 7. Ciśnienie atmosferyczne
 8. Temperatura potencjalna
 9. Gęstość powietrza
 10. Entropia
 11. Ciśnienie pary wodnej
 12. Wilgotność bezwzględna
 13. Wilgotność właściwa
 14. Wilgotność względna
 15. Niedośyt wilgotności
 16. Temperatura ekwiwalentna
 17. Prędkość wiatru
 18. Poziomy strumień powietrza
 19. Poziomy strumień pary wodnej
 20. Zachmurzenie
 21. Opad atmosferyczny
 22. Dni pogodne
 23. Dni pochmurne
 24. Dni z opadem
 25. Dni z mgłą
 26. Dni z wiatrem silnym
 27. Dni z ciszą
- III. ZWIĄZKI KORELACYJNE MIĘDZY PARAMETRAMI METEOROLOGICZNYMI NA OBSZARZE POLSKI
 1. Temperatura powietrza i ciśnienie atmosferyczne

2. Temperatura powietrza i prędkość wiatru
 3. Temperatura i wilgotność względna powietrza
 4. Temperatura i niedosyt wilgotności powietrza
 5. Temperatura powietrza i zachmurzenie
 6. Temperatura powietrza i opad
 7. Dobowa amplituda temperatury i ciśnienie atmosferyczne
 8. Dobowa amplituda temperatury i prędkość wiatru
 9. Dobowa amplituda temperatury i wilgotność względna
 10. Dobowa amplituda temperatury i niedosyt wilgotności
 11. Dobowa amplituda temperatury i zachmurzenie
 12. Dobowa amplituda temperatury i opad
 13. Wilgotność względna i niedosyt wilgotności powietrza
 14. Wilgotność względna powietrza i zachmurzenie
 15. Wilgotność względna powietrza i opad
 16. Niedosyt wilgotności powietrza i zachmurzenie
 17. Niedosyt wilgotności powietrza i opad
 18. Zachmurzenie i opad
 19. Ciśnienie atmosferyczne i prędkość wiatru
 20. Ciśnienie atmosferyczne i wilgotność względna powietrza
 21. Ciśnienie atmosferyczne i niedosyt wilgotności powietrza
 22. Ciśnienie atmosferyczne i zachmurzenie
 23. Ciśnienie atmosferyczne i opad
 24. Prędkość wiatru i wilgotność względna powietrza
 25. Prędkość wiatru i niedosyt wilgotności powietrza
 26. Prędkość wiatru i zachmurzenie
 27. Prędkość wiatru i opad
- LITERATURA

Tom II – *Zależność elementów meteorologicznych od czynników geograficznych w Polsce* (Stopa-Boryczka, Boryczka), 1976, ss. 455 (brak podtytułu na okładce)

Głównym celem pracy jest wyznaczenie geograficznych gradientów (poziomych – horyzontalnych i pionowych – hipsometrycznych) parametrów, określających stan atmosfery na obszarze Polski. W odróżnieniu od tomu I określono dokładniej zmiany roczne empirycznych równań, wyrażających rozkład elementów meteorologicznych na obszarze Polski. Zamiast półroczy (chłodnego i ciepłego) wyodrębniono poszczególne miesiące.

Zależność parametrów meteorologicznych od współrzędnych geograficznych wyrażono dodatkowo równaniami prostych, płaszczyzn i hiperpłaszczyzn głównych, wyznaczonych z warunku minimalizującego odległości (nie odchylenia) punktów empirycznych. Z tego też względu są one słuszne w podanych jednostkach (nie można zmieniać jednostek, tak jak np. w przypadku hiperpłaszczyzn regresji).

Za najważniejsze wyniki badań można uznać podane w „Zakończeniu” poziome i pionowe gradienty parametrów meteorologicznych względem szerokości geograficznej φ , długości λ oraz wysokości nad poziomem morza H wg równań prostych, płaszczyzn, a szczególnie hiperpłaszczyzn regresji (zestawione w tabelach).

Na początku tomu zamieszczona jest „Przedmowa” prof. Jerzego Kondrackiego z listopada 1974 r., podkreślająca zasadność tego rodzaju badań.

SPIS TREŚCI

- PRZEDMOWA
- I. WSTĘP
- II. GEOGRAFICZNE GRADIENTY PARAMETRÓW METEOROLOGICZNYCH I ICH ZMIANY ROCZNE
 - 1. Temperatura powietrza
 - 2. Maksymalna temperatura powietrza
 - 3. Minimalna temperatura powietrza
 - 4. Dobowa amplituda temperatury powietrza
 - 5. Energia wewnętrzna powietrza
 - 6. Entalpia
 - 7. Ciśnienie atmosferyczne
 - 8. Temperatura potencjalna
 - 9. Gęstość powietrza
 - 10. Entropia
 - 11. Ciśnienie pary wodnej
 - 12. Wilgotność bezwzględna
 - 13. Wilgotność właściwa
 - 14. Wilgotność względna
 - 15. Niedośyt wilgotności
 - 16. Temperatura ekwiwalentna
 - 17. Prędkość wiatru
 - 18. Poziomy strumień powietrza
 - 19. Poziomy strumień pary wodnej
 - 20. Zachmurzenie
 - 21. Opad atmosferyczny
 - 22. Dni z wiatrem silnym
 - 23. Liczba cisz
 - 24. Dni pogodne
 - 25. Dni pochmurne
 - 26. Dni z mgłą
 - 27. Dni z opadem
 - 28. Dni z burzą
 - 29. Dni z gradem
 - 30. Dni z opadem $\geq 10,0$ mm
- III. ZAKOŃCZENIE

Tom III – *Geograficzne gradienty parametrów wilgotności powietrza w Polsce (Stopa-Boryczka, Boryczka, 1980), ss. 322*

Celem pracy jest określenie empirycznymi wzorami przestrzennego rozkładu różnych wskaźników wilgotności powietrza w Polsce (1951-1960). Dotyczy ona wyłącznie wilgotności powietrza: ciśnienia pary wodnej, wilgotności bezwzględnej (gęstości pary wodnej), wilgotności właściwej, niedośytu wilgotności i wilgotności względnej. Zależność parametrów wilgotności powietrza od współrzędnych geograficznych wyrażają równania prostych, płaszczyzn i hiperpłaszczyzn regresji. Współczynniki w tych równaniach – to gradienty poziome (południkowe i równoleżnikowe) oraz hipsometryczne – średnie na obszarze Polski. Pola poszczególnych wskaźników wilgotności powietrza scharakteryzowano również zamieszczając wykresy dystrybuant empirycznych i teoretycznych na siatce dystrybuant rozkładu normalnego. Wykresy dystrybuant empirycznych mają punkty przecięcia w pobliżu średnich arytmetycznych, co wskazuje na rozkład zbliżony do normalnego.

Prof. Zdzisław Mikulski w *Przedmowie* z kwietnia 1978 r. Stwierdza, że jest to kompendium wiedzy o wilgotności powietrza w Polsce. Stwierdza też, że mapy ilustrujące rozkład wilgotności bezwzględnej i właściwej powietrza na obszarze Polski w poszczególnych miesiącach mają istotne znaczenie np. dla celów rolnictwa, budownictwa i komunikacji.

SPIS TREŚCI

- PRZEDMOWA
- I. WSTĘP
- II. ZALEŻNOŚĆ PARAMETRÓW WILGOTNOŚCI POWIETRZA OD WSPÓLRZĘDNYCH GEOGRAFICZNYCH W POLSCE
 1. Ciśnienie pary wodnej
 2. Wilgotność bezwzględna
 3. Wilgotność właściwa
 4. Niedosyt wilgotności powietrza
 5. Wilgotność względna
- III. ZAKOŃCZENIE

Tom IV – *Klimat północno-wschodniej Polski (Stopa-Boryczka, Martyn, Boryczka, Wawer, Ryczywolska, Kopacz-Lembowicz, Kossowska-Cezak, Lenart, Danielak, Styś, 1986), ss. 510*

W pracy określono wpływ czynników geograficznych na pole zmiennych meteorologicznych w północno-wschodniej Polsce. Zbadano zależność 80 zmiennych meteorologicznych i 19 fenologicznych od szerokości geograficznej φ , długości λ i wysokości nad poziomem morza H .

Pola temperatury powietrza charakteryzują zmienne: średnia, minimalna, maksymalna, amplituda dobową, roczną, daty początku i czas trwania termicznych pór roku, okres wegetacyjny, liczba dni z przymrozkami, okres bezprzymrozkowy, liczba dni mroźnych, bardzo mroźnych i gorących.

Pole wilgotności powietrza opisują wskaźniki: ciśnienie pary wodnej, wilgotność względna i niedosyt wilgotności oraz pośrednio – parowanie wody z powierzchni gruntu.

Miarami intensywności poziomego ruchu powietrza są: średnia prędkość wiatru, liczba dni z wiatrem silnym, bardzo silnym i częstość cisz.

Z obiegiem wody w układzie Ziemia-atmosfera wiążą się: opad atmosferyczny (sumy zmierzone, sumy rzeczywiste, amplituda, maksymalne sumy dobowe, liczba dni z opadem powyżej progów 0,1; 1,0; 10,0 mm, liczba dni z burzą, liczba dni z pokrywą śnieżną i okres jej występowania) i zachmurzenie (średnie dobowe, liczba dni pogodnych i pochmurnych, liczba dni z mgłą).

Odrębną grupę zmiennych stanowią fazy fenologiczne niektórych roślin m.in. początek i koniec kwitnienia drzew owocowych, wschód i żniwa owsa, wschód i zbiór buraków cukrowych, fazy rozwoju łubinu żółtego, lnu, początek i koniec pierwszego pokosu traw.

Przestrzenne rozkłady tych zmiennych na obszarze północno-wschodniej Polski charakteryzują mapy izarytmiczne. Równania hiperpłaszczyzn regresji względem szeroko-

ści (φ) i długości (λ) geograficznej oraz wysokości nad poziomem morza (H) określają gradienty horyzontalne (południkowy i równoleżnikowy), a także hipsometryczny na tym terenie. Gradienty poziome informują o zmianach w kierunkach północ-południe i wschód-zachód w północno-wschodniej Polsce. Natomiast gradienty hipsometryczne wyrażają spadki czy też wzrosty badanych zmiennych, wyrażone na 100m wysokości nad poziomem morza. Okres badań obejmuje 15 lat (1951-1965), a liczba uwzględnionych stacji Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej waha się od 53 przy wilgotności powietrza do 293 punktów pomiarów opadu.

W przedmowie prof. J. Kondrackiego czytamy: *Ten bogaty materiał udokumentował specyfikę klimatu północno-wschodniego krańca Polski, wyrażającą się w wydłużonym okresie zimy i skróconym czasie trwania lata, w porównaniu z zachodnią i środkową częścią kraju, a także największymi rocznymi amplitudami temperatury powietrza, będącymi potwierdzeniem wzrastającego z zachodu na wschód kontynentalizmu klimatu. Zwrócono uwagę na zależność cech mezoklimatu od ukształtowania powierzchni i występowania zbiorników wodnych. Zasługuje też na uwagę próba regionalizacji klimatycznej metodą izogradientów, analogiczną do zastosowanej w swoim czasie przez Eugeniusza Romera, oraz liczbowa charakterystyka wydzielonych regionów.*

SPIS TREŚCI

- PRZEDMOWA
- I. WSTĘP
- II. Rozkład geograficzny zmiennych meteorologicznych – izartytmy i równania regresji
 - 1. Pole temperatury powietrza
 - 2. Pole wilgotności powietrza
 - 3. Zachmurzenie
 - 4. Pole opadów atmosferycznych
 - 5. Pole prędkości wiatru
 - 6. Fenologia
- III. ZAKOŃCZENIE
- SUMMARY
- LITERATURA

Tom V – Z badań klimatu Polski (Stopa-Boryczka, Boryczka, Kicińska, Żmudzka, 1989), ss. 284

Za syntezę dotychczasowych badań w zakresie najistotniejszych cech klimatu Polski uwarunkowanych jej położeniem geograficznym i ukształtowaniem powierzchni można uznać tom V. Zawiera on wyniki badań zależności zmiennych meteorologicznych od szerokości i długości geograficznej oraz wysokości nad poziomem morza. Miarami tej zależności są składowe gradienty pola: poziome – południkowe i równoleżnikowe oraz pionowy – hipsometryczny, określone równaniem hiperpłaszczyzny regresji względem φ , λ , H . Wyeliminowanie wpływu wysokości terenu na klimat pozwoliło określić strefowość pól zmiennych meteorologicznych i określić zakres dominującego oddziaływa-

nia Atlantyku i Bałtyku. Na przykład o przejściowości klimatu Polski świadczy między innymi zmiana znaku gradientu równoleżnikowego temperatury i wilgotności powietrza w ciągu roku z ujemnego zimą na dodatni latem.

Tendencje zmiennych meteorologicznych – średnich wartości i gradientów określono porównując dane z dziesięciolecia 1951-1960 i trzydziestolecia 1951-1980, a w przypadku temperatury i opadów w Warszawie z lat 1779-1979 i 1813-1980.

Średnie pola elementów meteorologicznych na obszarze Polski nie ulegają większym zmianom w czasie. Zarówno izarytmy, jak też gradienty horyzontalne i hipsometryczne w dziesięcioleciu i trzydziestoleciu są zbliżone.

Pola zmiennych meteorologicznych są najbardziej deformowane przez ukształtowanie powierzchni Polski – wysokość nad poziomem morza. Izarytmy układają się mniej więcej równolegle do łańcuchów górskich z malejącymi wartościami temperatury i wzrastającymi sumami opadów atmosferycznych ze wzrostem wysokości.

Z przedmowy do tego tomu prof. Jerzego Kondrackiego wyeksponować należy fragment dotyczący odniesienia uzyskanych wyników do danych z półkuli północnej: *Interesujące jest przedstawienie średnich wartości elementów meteorologicznych z obszaru Polski i składowej południkowej gradientów pól według równań hiperpłaszczyzn regresji na tle istniejących profili południkowych charakteryzujących strefową zmienność klimatu na półkuli północnej. Rozbieżność między danymi z Polski i tymi profilami wskazuje na specyfikę klimatu Polski w odniesieniu do strefy umiarkowanych szerokości geograficznych – równoleżnika $\varphi = 52^\circ$.*

SPIS TREŚCI

- PRZEDMOWA
- I. Z BADAŃ KLIMATU POLSKI ZAKŁADU KLIMATOLOGII UNIWERSYTETU WARSZAWSKIEGO
- II. ZMIANY ROCZNE PRZECIĘTNEGO STANU ATMOSFERY W POLSCE NA TLE STREF KLIMATYCZNYCH PÓŁKULI PÓŁNOCNEJ
 - 1. Przebieg roczny zmiennych meteorologicznych
 - 1.1. Promieniowanie i usłonecznienie rzeczywiste
 - 1.2. Temperatura powietrza
 - 1.3. Wilgotność powietrza
 - 1.4. Zachmurzenie
 - 1.5. Opad atmosferyczny
 - 1.6. Ciśnienie atmosferyczne i gęstość powietrza
 - 1.7. Prędkość wiatru
 - 2. Zależność zmiennych meteorologicznych od szerokości geograficznej na półkuli północnej
- III. TREND CZASOWY PÓL ZMIENNYCH METEOROLOGICZNYCH W POLSCE
 - 1. Przebieg roczny zmiennych meteorologicznych w dziesięcioleciu 1951-1960 na tle trzydziestolecia 1951-1980
 - 2. Pola zmiennych meteorologicznych w Polsce w latach 1951-1960 i 1951-1980
 - 2.1. Pole temperatury powietrza
 - 2.2. Pole wilgotności powietrza
 - 2.3. Pole zachmurzenia
 - 2.4. Pole opadów atmosferycznych
 - 2.5. Pole prędkości wiatru

3. Wiekowe zmiany temperatury powietrza w latach 1779-1980 i opadów atmosferycznych w latach 1813-1980 w Warszawie
- IV. GEOGRAFICZNE GRADIENTY PÓŁ ZMIENNYCH METEOROLOGICZNYCH W POLSCE I INNYCH SZEROKOŚCIACH PÓŁKULI PÓŁNOCNEJ
1. Sinusoidy roczne gradientów południkowych, równoleżnikowych i hipsometrycznych zmiennych meteorologicznych w latach 1951-1960 i 1951-1980
 2. Zależność gradientów południkowych zmiennych meteorologicznych od szerokości geograficznej na półkuli północnej
- V. ZAKOŃCZENIE
SUMMARY
LITERATURA
- Wykaz prac z zakresu klimatu Polski opublikowanych przez pracowników Zakładu Klimatologii Uniwersytetu Warszawskiego w latach 1952-1987
Wykaz prac magisterskich dotyczących klimatu Polski wykonanych w Zakładzie Klimatologii Uniwersytetu Warszawskiego w latach 1952-1987

Tom VI – Wpływ Oceanu Atlantyckiego i ukształtowania powierzchni Ziemi na pole temperatury powietrza w Polsce (Stopa-Boryczka, Boryczka, Kicińska, Żmudzka, 1990), ss. 334

Jednym z ważniejszych problemów klimatologii jest prognoza przestrzenno-czasowych zmian klimatu. Tematykę tą podjęto w szóstym tomie *Atlasu współzależności parametrów meteorologicznych i geograficznych w Polsce* poświęconemu deformacji pola temperatury powietrza przez Ocean Atlantycki i ukształtowanie powierzchni Ziemi.

Celem pracy jest określenie zakresu oddziaływania czynników geograficznych na klimat w każdym miejscu obszaru Polski.

Wymagało to oddzielenia głównych składowych tego oddziaływania, tj. wyodrębnienia zmienności temperatury: południkowej – zdeterminowanej przez szerokość geograficzną (kąt padania promieni słonecznych, długość dnia), równoleżnikowej – wywołanej cyrkulacją mas powietrza polarnego morskiego i kontynentalnego oraz hipsometrycznej – wynikającej z różnicy wysokości nad poziomem morza.

Zasadniczym modelem empirycznym symulującym przestrzenną zmienność temperatury powietrza w Polsce jest wielomian regresji (czwartego stopnia) względem współrzędnych położenia, tj.: szerokości i długości geograficznej oraz wysokości nad poziomem morza. Opis w przestrzeni trójwymiarowej φ, λ, H , gdzie trzecią współrzędną jest wysokość n.p.m., jest główną zaletą proponowanego modelu empirycznego. Wprowadzenie do wielomianu regresji wysokości bezwzględnej (H) znacznie zwiększa dokładność modelu, ponieważ temperatura powietrza jest z nią silnie skorelowana.

Na podstawie wielomianu regresji wyznaczono gradienty: południkowy, równoleżnikowy (zredukowane do poziomu morza) i hipsometryczne temperatury powietrza. Umożliwiło to sporządzenie 45 map izogradientów południkowych, równoleżnikowych i hipsometrycznych, które są nowością w literaturze klimatologicznej.

Istotne znaczenie poznawcze ma określenie pola (jej wyodrębnienie) przez rzeźbę terenu. Wylimitowanie wpływu wysokości nad poziomem morza na temperaturę powietrza pozwoliło na wydzielenie stref dominującego oddziaływania Atlantyku i Bałtyku na klimat Polski.

Nowością są również mapy gradientów horyzontalnych temperatury powietrza (zredukowane do poziomu morza) przedstawionych w postaci wektorów. Ich odchylenia od miejscowych południków i długość są miarami oddziaływania mas powietrza polarnego morskiego i kontynentalnego. Izolinie ich azymutów wyodrębniają strefy różnego stopnia oddziaływania Atlantyku i Bałtyku na klimat Polski.

Zamiast romerowskich izoterm na poziomie morza (przy stałym spadku temperatury $0,5^{\circ}\text{C}/100\text{m}$) przedstawiono mapy izoterm spadków hipsometrycznych temperatury powietrza z zastosowaniem lokalnych gradientów hipsometrycznych – zmiennych na obszarze Polski.

Wielomian regresji (czwartego stopnia) względem φ , λ , H wykorzystano także przy konstrukcji obiektywnych map izoterm w skali 1:1 000 000 do interpolacji wartości temperatury powietrza w miejscach, gdzie brak jest stacji meteorologicznych.

W przedmowie prof. Jerzy Kondracki stwierdza: *Należy podkreślić, że zastosowanie wielomianów regresji wyższych stopni jako narzędzia badań umożliwiło autorom Atlasu ilościowe określenie najistotniejszych cech klimatu Polski.*

SPIS TREŚCI

- PRZEDMOWA
- I. WSTĘP
- II. METODY BADAŃ KLIMATU POLSKI WPROWADZONE PRZEZ ZAKŁAD KLIMATOLOGII UW
- III. MATEMATYCZNY MODEL POLA TEMPERATURY POWIETRZA W POLSCE
 - 1. Aproksymacja pola temperatury powietrza wielomianami
 - 2. Profile horyzontalne i hipsometryczny temperatury powietrza
 - a. Pole średnie temperatury
 - b. Pole gradientu temperatury
- IV. ZALEŻNOŚĆ POLA TEMPERATURY POWIETRZA W POLSCE OD POŁOŻENIA GEOGRAFICZNEGO I WYSOKOŚCI NAD POZIOMEM MORZA
 - 1. Gradienty południkowe temperatury powietrza w Polsce
 - 2. Gradienty równoleżnikowe temperatury powietrza w Polsce
 - 3. Gradienty hipsometryczne temperatury powietrza w Polsce
 - 4. Nowe mapy izoterm w Polsce – z zastosowaniem wielomianów n -stopnia
 - 5. Wpływ czynników lokalnych na pole temperatury powietrza według reszt wielomianowych
- V. ASTREFOWOŚĆ POLA TEMPERATURY POWIETRZA W POLSCE – ODDZIAŁYWANIE OCEANU ATLANTYCKIEGO I UKSZTAŁTOWANIA POWIERZCHNI ZIEMI
 - 1. Gradient horyzontalny temperatury powietrza w Polsce
 - 2. Gradient horyzontalny temperatury powietrza w Polsce na poziomie rzeczywistym
 - 3. Deformacja pola temperatury powietrza przez rzeźbę terenu
 - 4. Lokalne spadki hipsometryczne temperatury powietrza (poprawki redukcyjne)
- VI. ZAKOŃCZENIE
- LITERATURA
- SUMMARY

Tom VII – Zmiany wiekowe klimatu Polski (Boryczka, Stopa-Boryczka, Kicińska, Żmudzka, 1992), ss. 439

Zmiany klimatu Ziemi i ich przyczyny są głównym problemem badań współczesnej klimatologii – objętym programem Światowej Organizacji Meteorologicznej. Temat ten podjęto w siódmym tomie *Atlasu współzależności parametrów meteorologicznych i geograficznych w Polsce*.

Głównym celem pracy jest określenie cyklicznych zmian i tendencji klimatu Polski na przykładzie Warszawy. Zbadano ciągi chronologiczne: aktywności Słońca (liczb Wolfa) – w latach 1749-1983, cyrkulacji atmosferycznej (wschodniej, zachodniej, południkowej) – w latach 1891-1976 wg klasyfikacji Wangerheima, temperatury powietrza i opadów atmosferycznych w Warszawie w latach 1779-1979 i 1813-1980.

Zasadniczą część Atlasu stanowią wyniki badań cykliczności zmian klimatu z zastosowaniem oryginalnej metody wyznaczania widm i optymalnych okresów, wprowadzonej przez J. Boryczkę (1984).

Innym rozwiązywanym w Atlasie problemem jest modelowanie naturalnych wahań i antropogenicznych zmian klimatu. W serii pomiarowej temperatury powietrza w Warszawie wyodrębniono dwa składniki: naturalny i antropogeniczny. Składnik naturalny to wypadkowa $f(t)$ interferencji cykli, a składnik antropogeniczny – to część liniowa at trendu czasowego. Współczynnik regresji cząstkowej $a \geq 0$ wskazuje tendencję rosnącą zmian antropogenicznych.

Istotne znaczenie poznawcze ma określenie przyczyn naturalnych wahań klimatu Polski. Ekstrapolując trendy czasowe – wynikające z interferencji cykli temperatury i opadów opracowano unikatowe (w krajowej i zagranicznej literaturze) prognozy zmian klimatu Warszawy w XXI wieku.

Według prof. J. Kondrackiego: *Praca ta stanowi znaczący wkład Zakładu Klimatologii Uniwersytetu Warszawskiego w badania współczesnych zmian klimatu Ziemi i ich przyczyn*".

SPIS TREŚCI

- PRZEDMOWA
- I. WSTĘP
- II. METODY BADAŃ ZMIAN KLIMATU WPROWADZONE PRZEZ ZAKŁAD KLIMATOLOGII UNIWERSYTETU WARSZAWSKIEGO
 - 1. Teoria analizy oscylacji i rzeczywistych okresów
 - 2. Modelowanie naturalnych zmian klimatu
 - 3. Modelowanie antropogenicznych zmian klimatu
- III. CYKLICZNE ZMIANY AKTYWNOŚCI SŁOŃCA
 - 1. Chronologiczny ciąg liczb Wolfa
 - 2. Rzeczywiste cykle liczb Wolfa
 - 3. Trend wiekowy aktywności Słońca
- IV. ZMIANY OKRESOWE CYRKULACJI ATMOSERYCZNEJ
 - 1. Cyrkulacja wschodnia
 - 2. Cyrkulacja zachodnia
 - 3. Cyrkulacja południkowa

- V. TREND WIEKOWY TEMPERATURY POWIETRZA W POLSCE
 - 1. Widma oscylacji temperatury powietrza
 - 2. Naturalna i antropogeniczne zmiany temperatury powietrza
 - 3. Prognoza temperatury powietrza w stuleciu XXI
- VI. TREND WIEKOWY OPADÓW ATMOSFERYCZNYCH W POLSCE
 - 1. Widma oscylacji opadów atmosferycznych
 - 2. Naturalne i antropogeniczne zmiany opadów atmosferycznych
 - 3. Prognoza opadów atmosferycznych w stuleciu XXI
- VII. ZAKOŃCZENIE
 - SUMMARY
 - LITERATURA

Tom VIII – *Cechy oceaniczne klimatu Europy* (Stopa-Boryczka, Boryczka, Wągrowa, Śmiałkowski, 1994), ss. 406

Celem ósmego tomu *Atlasu* jest określenie cech termicznych klimatu Europy, wynikających z jej położenia geograficznego w szerokościach umiarkowanych. Pod względem metodycznym nie różni się on od szóstego tomu, dotyczącego obszaru Polski.

Pole temperatury powietrza w Europie aproksymowano zarówno równaniami hiperpłaszczyzn regresji, jak też wielomianami regresji wyższych stopni – drugiego, trzeciego, czwartego i piątego stopnia – względem trzech współrzędnych położenia (szerokości i długości geograficznej oraz wysokości nad poziomem morza: φ , λ , H). Okazały się one dobrym narzędziem badań klimatu. W odróżnieniu od hiperpłaszczyzn regresji określają one nie tylko średnie cechy pola, lecz także zmienność regionalną i lokalną. Równanie hiperpłaszczyzny regresji (współczynniki regresji cząstkowej) określają średnie gradienty: południkowe, równoleżnikowe, hipsometryczne na badanym obszarze. Natomiast wielomiany regresji wyższych stopni określają lokalne gradienty: południkowe, równoleżnikowe, hipsometryczne w każdym punkcie badanego obszaru.

Nowość w literaturze klimatologicznej stanowią mapy gradientów: południkowych, równoleżnikowych, hipsometrycznych, opracowane po raz pierwszy na przykładzie Polski (zamieszczone w tomie VI *Atlasu*).

Wprowadzone wcześniej przez E. Romera (1962) izogradienty jako linie łączące oczka siatki podstawowej o tej samej liczbie przecinających je izoterm, izohiet, itp., były względną miarą przestrzennego zróżnicowania klimatu. Zależały one od odległości izarytm i wymiarów oczka siatki, a ich pole było skalarne.

Dotychczas wpływ mas powietrza polarnego morskiego i kontynentalnego na klimat charakteryzowały izotermy zredukowane do poziomu morza, z zastosowaniem stałego w czasie i przestrzeni spadku temperatury powietrza o $0,5^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ (Romer, 1962). Natomiast w Atlasach (t. VI i VIII) przedstawiono izarytmy gradientów hipsometrycznych na obszarze Polski i w Europie zmieniających się w ciągu roku (od stycznia do grudnia).

Istotne znaczenie praktyczne mają gradienty horyzontalne na poziomie rzeczywistym, wyznaczone na podstawie funkcji aproksymujących – bez wysokości nad poziomem morza. Wektory wskazują kierunki wzrostu temperatury powietrza na obszarze Europy.

Różnice między zmierzonymi wartościami temperatury powietrza i obliczonymi z wielomianów regresji czwartego stopnia (reszty) względem trzech współrzędnych potraktowano jako miary deformacji lokalnej pola przez czynniki naturalne (szczyty górskie, doliny, zbiorniki wodne) i antropogeniczne (duże miasta).

Prof. Jerzy Kondracki zwraca uwagę, że *Wprowadzenie przez Zakład Klimatologii Uniwersytetu Warszawskiego modeli statystycznych jako narzędzi badań wpływu czynników geograficznych na klimat jest znacznym postępem w rozwoju klimatologii.*

SPIS TREŚCI

- PRZEDMOWA
- I. WSTĘP
- II. METODY APROKSYMACJI POLA I WYZNACZANIA GRADIENTU
- III. ZALEŻNOŚĆ TEMPERATURY POWIETRZA OD POŁOŻENIA GEOGRAFICZNEGO W EUROPIE
 - 1. Profil południkowy temperatury powietrza
 - 2. Profil równoleżnikowy temperatury powietrza
 - 3. Profil hipsometryczny temperatury powietrza
 - 4. Profile amplitudy rocznej temperatury powietrza
- IV. EMPIRYCZNE RÓWNANIA POLA TEMPERATURY POWIETRZA W EUROPIE
 - 1. Wielomiany regresji względem współrzędnych geograficznych
 - 2. Wielomiany regresji względem współrzędnych wyrażonych w kilometrach
- V. NOWE MAPY GRADIENTÓW TEMPERATURY POWIETRZA W EUROPIE
 - 1. Średnie pole temperatury powietrza
 - 2. Izogradynty południkowe temperatury powietrza
 - 3. Izogradynty równoleżnikowe temperatury powietrza
 - 4. Izogradynty hipsometryczne temperatury powietrza
- VI. GRADIENTY HORYZONTALNE TEMPERATURY POWIETRZA W EUROPIE
 - 1. Gradienty horyzontalne temperatury powietrza zredukowane do poziomu morza
 - 2. Strefy oddziaływania Oceanu Atlantyckiego na klimat Europy
 - 3. Gradienty horyzontalne temperatury powietrza na poziomie rzeczywistym
- VII. RESZTY WIELOMIANÓW REGRESJI JAKO MIARA WPLYWU CZYNNIKÓW LOKALNYCH
 - 1. Deformacja pola temperatury przez rzeźbę terenu
 - 2. Deformacja pola temperatury przez miasta
- VIII. ZAKOŃCZENIE
- SUMMARY
- LITERATURA

Tom IX – *Naturalne i antropogeniczne zmiany klimatu Warszawy (Stopa-Boryczka, Boryczka, Błażek, Skrzypczuk, 1995), ss. 322.*

Głównym celem pracy jest określenie zakresu deformacji pola temperatury powietrza w Polsce przez miasta. Próbę rozwiązania tego problemu przedstawiono na przykładzie Warszawy – miasta nizinnej, położonego w środkowej Europie na Nizinie Mazowieckiej ($\varphi = 52,1^\circ$, $\lambda = 21,0^\circ$, $H = 110$ m n.p.m).

Najpierw dokonano oceny wpływu położenia geograficznego na cechy termiczne klimatu miast w Europie – ze szczególnym uwzględnieniem Polski. Z modeli statystycznych różnoskalowych: wielkoskalowych (Europa) i średnioskalowych (Polska) wynika, że w kształtowaniu klimatu miast (także największych) dominują czynniki

naturalne: szerokość geograficzna – warunkująca strefowość klimatu, odległość od Oceanu Atlantyckiego (ocieplający wpływ w zimie mas powietrza polarnego morskiego) i wysokość n.p.m. Strefowość klimatu jest głównie deformowana przez Ocean Atlantycki i góry. W miastach „nizinnych” Europy Zachodniej dominuje oddziaływanie Oceanu Atlantyckiego na pole temperatury powietrza, a w Europie Wschodniej – wpływ ładu Azji. Pole temperatury powietrza w miastach położonych na południe i północ od nizin europejskich jest głównie zdeformowane przez wysokość n.p.m. Najbardziej je deformują kotliny śródgórskie w Alpach, Karpatach i Sudetach.

Z modeli symulujących zmienność przestrzenną temperatury powietrza w Europie wynika też znaczny udział czynników antropogenicznych w kształtowaniu klimatu miast. Różnice temperatury powietrza między wartościami zmierzonymi i obliczonymi z wielomianów regresji 4 stopnia względem czynników geograficznych $T = f(\varphi, \lambda, H)$ świadczą o dość dużej roli powierzchni sztucznych – głównie w dużych miastach. W przypadku Warszawy ta różnica jest rzędu 1°C, mimo że wyróżnia się jako cieplejsza Nizina Mazowiecka.

Warszawa na tle otoczenia wyróżnia się przede wszystkim wyższą temperaturą minimalną (w nocy jest znacznie cieplejsza), dłuższym okresem bezprzymrozkowym i wegetacyjnym, mniejszą wilgotnością względną i większym niedosytem wilgotności powietrza, większym zachmurzeniem nieba i mniejszą liczbą dni pogodnych, większymi sumami opadów atmosferycznych, mniejszą liczbą dni z mgłą (mniej inwersji termicznych) oraz znacznie mniejszą prędkością wiatru, mniejszą liczbą dni z wiatrem silnym, większą liczbą dni z wiatrem bardzo słabym i większym udziałem dni bezwietrznych.

Pomiary elementów meteorologicznych w obrębie miasta (w kilku punktach) i na jego peryferiach umożliwiły określenie zmian rocznych i dobowych miejskiej wyspy ciepła w Warszawie. Określono deformację pola temperatury powietrza w skali całego miasta jak też jego fragmentów: o zabudowie zwartej, luźnej i zieleni parkowej. Sporo miejsca w pracy poświęcono więc zróżnicowaniu cech termicznych klimatu w skali lokalnej – wpływowi rodzaju zabudowy, konfiguracji budynków, terenów zielonych na miejską wyspę ciepła.

Novum w literaturze stanowi wszechstronna charakterystyka zmian dobowych miejskiej wyspy ciepła w Warszawie przedstawiona na przykładzie anomalnego – upalnego roku 1992. Istotne znaczenie poznawcze mają terminy pojawiania się i zaniku miejskiej wyspy ciepła, jak również jej intensywność – zależnie od warunków pogodowych. Interesujące jest określenie, przy jakiej cyrkulacji powietrza różnice temperatury powietrza między miastem i otoczeniem są największe np. >3°C. Po prostu stwierdzono, jakie sytuacje pogodowe sprzyjają dużej intensywności miejskiej wyspy ciepła.

Stwierdzone prawidłowości oddziaływania powierzchni sztucznych (miasta) na stan atmosfery w ciągu doby czy też roku można wykorzystać w prognozach antropogenicznych zmian klimatu, np. przy rozbudowie miast – w projektowaniu nowych osiedli mieszkaniowych.

Prof. Jerzy Kondracki zwraca uwagę, że *Ważne problemy klimatologii zawarte są w końcowym rozdziale: „Naturalne i antropogeniczne zmiany klimatu miast Europy w XVIII-XXI wieku”. Na podstawie istniejących ciągów chronologicznych: temperatury powietrza, cyrkulacji atmosferycznej, aktywności Słońca i erupcji wulkanów autorzy wnioskują o naturalnych przyczynach ocieplenia klimatu w ostatnich dwóch stuleciach – wzrostu temperatury powietrza w Warszawie o 0,6°C/100 lat. To ocieplenie klimatu przypisują oni wzrostowi aktywności Słońca w latach 1680-1980 – rzadszym wybuchom wulkanów i mniejszej emisji pyłów wulkanicznych do atmosfery (jej oczyszczaniem się). Jest to dość przekonujące, gdyż minimum wiekowe temperatury powietrza wystąpiło podczas minimum wiekowego aktywności Słońca – w latach wzmózonej aktywności wulkanicznej Ziemi. W pracy oszacowano także zmienność temperatury powietrza w ostatnich dwóch stuleciach, wynikającą z czynników antropogenicznych. Antropogeniczny wzrost temperatury powietrza w Warszawie wynosi 0,15°C/100 lat. Jest on wynikiem głównie rozbudowy miasta – miejskiej wyspy ciepła (większej akumulacji ciepła przez powierzchnie sztuczne).*

SPIS TREŚCI

- PRZEDMOWA
- I. WSTĘP
- II. ZASTOSOWANE METODY BADAŃ KLIMATU MIAST
 - 1. Badanie zależności miejskiej wyspy ciepła od stanu atmosfery
 - 2. Ekstrema roczne miejskiej wyspy ciepła i daty ich występowania
 - 3. Oddzielenie deformacji pola temperatury powietrza przez ukształtowanie powierzchni Ziemi i miasta
- III. WPLYW CZYNNIKÓW GEOGRAFICZNYCH NA POLE TEMPERATURY POWIETRZA
 - 1. Profile temperatury powietrza w Europie
 - 2. Profile temperatury powietrza w Polsce
- IV. CECHY TERMICZNE KLIMATU MIAST W POLSCE
 - 1. Zmiany roczne temperatury powietrza w latach 1951-1990
 - 2. Przestrzenne zróżnicowanie temperatury powietrza w Polsce
- V. DEFORMACJA POLA TEMPERATURY POWIETRZA PRZEZ MIASTO
 - 1. Wpływ zabudowy na różnice temperatury powietrza między miastem i otoczeniem
 - 2. Zależność różnic temperatury powietrza od stanu atmosfery
 - 3. Wpływ miejskiej wyspy ciepła na procesy przewietrzania Warszawy
- VI. ZMIANY DOBOWE MIEJSKIEJ WYSPY CIEPŁA W WARSZAWIE
 - 1. Terminy powstawania i zaniku miejskiej wyspy ciepła
 - 2. Intensywność miejskiej wyspy ciepła w godzinach wieczornych i nocnych
 - 3. Warunki meteorologiczne sprzyjające powstawaniu miejskiej wyspy ciepła
- VII. NATURALNE I ANTROPOGENICZNE ZMIANY KLIMATU MIAST W EUROPIE W XVII-XXI WIEKU
 - 1. Metody identyfikacji przyczyn zmian klimatu
 - 2. Wpływ parametrów Układu Słonecznego na aktywność Słońca, erupcje wulkanów i klimat Ziemi
 - 3. Antropogeniczne zmiany klimatu w XVII-XXI wieku
- VIII. ZAKOŃCZENIE
- LITERATURA
- SUMMARY

Tom X – Cykliczne zmiany aktywności Słońca i cyrkulacji atmosferycznej w Europie (Boryczka, Stopa-Boryczka, Błażek, Skrzypczuk, 1997), ss. 220

Celem pracy jest określenie zakresu oddziaływania aktywności Słońca na cyrkulację atmosferyczną w Europie. Analizie statystycznej poddano ciągi chronologiczne: aktywności Słońca – liczb Wolfa (1700-1993) i cyrkulacji atmosferycznej – wschodniej, zachodniej, południkowej (1881-1976, wg klasyfikacji Wangenheima), strefowej (1899-1984) i cyklonalnej (1901-1975) wg klasyfikacji Osuchowskiej-Klein.

Problem rozwiązano dzięki zastosowaniu oryginalnej metody J. Boryczki (1983) wykrywania krótkich, średnich i długich cykli badanych zmiennych. Identyfikacji przyczyn naturalnych zmian klimatu można dokonać zgodnie z zasadą, iż gęste widma oscylacji skutków (zmiennych klimatologicznych) i przyczyn (zmiennych astronomicznych) powinny być zbliżone.

Ogromne znaczenie dla wyjaśnienia współczesnych wahań klimatu ma synchroniczność – cykli cyrkulacji atmosferycznej i aktywności Słońca. Cyrkulacja atmosferyczna jest bowiem ogniwem przenoszenia zmian zachodzących na Słońcu na Ziemię. Sam mechanizm fizyczny tego przenoszenia nie jest obecnie dobrze znany. Hipotezy B. Haurwitza (1946) – o roli ozonu w strefie międzyzwrotnikowej w kształtowaniu ogólnej cyrkulacji atmosferycznej i L.R. Raki-powej (1960) – o wpływie cyklu 11-letniego aktywności Słońca na stan jonosfery i ruch anty-cyklonów i cyklonów nie są wystarczające. Hipotezy te potwierdza cykl 11,4-letni cyrkulacji południkowej. Silne są również (o dużych amplitudach) cykle o długościach 9,1-13,4 lat cyrkulacji strefowej. Cyrkulacja wschodnia i zachodnia ulega cykliczności ok. 30-letniej, zbliżonej do najsilniejszego cyklu dyspersji masy względem środka masy Układu Słonecznego – 29,5 lat. Jest to jednocześnie cykl planetarny – okres obiegu drugiej dużej planety – Saturna – 29,46 lat i jego położenia względem Urana – 35,87 lat. Jest to także statystyczny cykl 28,9-letni aktywności Słońca w latach 1700-1993. Analogicznej cykliczności ok. 30-letniej ulega cyrkulacja strefowa (wg innej klasyfikacji Osuchowskiej-Klein). Cykl ok. 30-letni cyrkulacji atmosferycznej kształtowany prawdopodobnie przez cykle tej samej długości aktywności Słońca i parametrów Układu Słonecznego (przez cykle planetarne) świadczy o realnym istnieniu cyklu 35-letniego Brücknera opadów atmosferycznych. Na uwagę zasługują cykle najdłuższe cyrkulacji południkowej (77,4-85,8) i strefowej (74,9-76,3).

Cykle te o dość dużych amplitudach kształtowały klimat Europy w ostatnim stuleciu.

Cyrkulacja atmosferyczna: wschodnia, zachodnia, południkowa (1891-1976), cyklonalna (1901-1975), strefowa (1899-1984) w przedziałach obserwacji ulegała systematycznym zmianom. Znamienny jest bardzo duży wzrost liczby dni z cyrkulacją wschodnią. Odpowiednio obserwuje się bardzo duży spadek liczby dni z cyrkulacją zachodnią. Maleje również liczba dni z cyrkulacją cyklonalną. Obserwuje się też spadek cyrkulacji cyklonalnej zwłaszcza w zimie.

Przygotowany przez Zespół pracowników Zakładu Klimatologii X tom *Atlasu* wyjaśnia przyczyny naturalnych wahań klimatu związanych z aktywnością Słońca i zawiera oryginal-

ne wyniki badań w odniesieniu do istniejącej wiedzy w zakresie przyczyn zmian klimatu.

W przedmowie prof. Jerzego Kondrackiego zwraca uwagę zdanie: *Rezultaty badań cykliczności czynników naturalnych i ich tendencji mogą być wykorzystane w innych naukach, jak np. hydrologii i biologii, w prognozowaniu zmian.*

SPIS TREŚCI

- PRZEDMOWA
- I. STAN BADAŃ WSPÓŁCZESNYCH ZMIAN KLIMATU
 - 1. Antropogeniczne zmiany klimatu
 - 2. Naturalne zmiany klimatu
 - 3. Prognoza zmian klimatu
- II. NOWA METODA BADAŃ WSPÓŁCZESNYCH ZMIAN KLIMATU
 - 1. Teoretyczne podstawy analizy oscylacji i rzeczywistych cykli
 - 2. Ocena realności cykli w tzw. eksperymencie Monte Carlo
- III. CYKLICZNE WAHANIA I TENDENCJE AKTYWNOŚCI SŁOŃCA (1700-1993)
 - 1. Średnie i długie cykle liczb Wolfa
 - 2. Tendencja wiekowa aktywności Słońca
- IV. CYKLICZNE WAHANIA I TENDENCJE CYRKULACJI ATMOSFERYCZNEJ W EUROPIE (wg klasyfikacji Wangenheima i Osuchowskiej-Klein)
 - 1. Cyrkulacja wschodnia (1891-1976)
 - 2. Cyrkulacja zachodnia (1891-1976)
 - 3. Cyrkulacja południkowa (1891-1976)
 - 4. Cyrkulacja cyklonalna (1901-1975)
 - 5. Cyrkulacja strefowa (1899-1984)
- V. ZAKOŃCZENIE
- LITERATURA
- SUMMARY

Tom XI – Tendencje wiekowe klimatu miast w Europie (Boryczka, Stopa-Boryczka, Błażek, Skrzypczuk, 1998), ss. 258

Celem XI tomu *Atlasu* jest wykazanie podobieństwa okresowych wahań temperatury powietrza w Europie – w poszczególnych sezonach, półroczach i roku. Jest nim też wykazanie, że w ostatnich dwóch stuleciach są zbliżone okresowe wahania temperatury powietrza, aktywności Słońca i cyrkulacji atmosferycznej. Istotne też są porównania tendencji temperatury powietrza i aktywności Słońca, świadczące, iż część postępującego globalnego ocieplenia może wynikać ze wzrostu liczby plam słonecznych w XIX-XX wieku.

Cechy termiczne klimatu miast w strefie umiarkowanej określono na podstawie długich ciągów czasowych temperatury powietrza zmierzonej w 8 miejscowościach Europy Środkowej i Zachodniej. Do pewnych porównań cykliczności zmian klimatu wykorzystano także ciągi chronologiczne ze stacji meteorologicznych znajdujących się w innych strefach geograficznych.

Niepokojące jest systematyczne ocieplenie klimatu Ziemi w ostatnich dwóch stuleciach. Średnia globalna temperatura powietrza w dwudziestym wieku wzrosła o 0,3-0,6°C. Na przykład w Europie przede wszystkim zimy są coraz cieplejsze w Warszawie (1779-1990) – o 1,0°C/100 lat, Pradze (1771-1980) – o 0,25°C/100 lat, Genewie (1768-1980 – o 0,5°C/100 lat, Anglii Środkowej (1859-1973) – o 0,3°C/100 lat.

Postępującemu globalnemu ociepleniu klimatu przypisywany jest zwykle wzrost efektu cieplarnianego, wywołanego przez gazy szklarniowe – głównie dwutlenek węgla (CO_2). Według scenariusza emisji IPCC (1990) przewiduje się wzrost średniej globalnej temperatury powietrza do 2100 r. o blisko 6°C . Po uwzględnieniu ochładzającego działania aerozoli siarczanowych prognozowany jest mniejszy wzrost temperatury powietrza o $1\text{--}2^\circ\text{C}$ w stosunku do 1990 r. (IPCC, 1995)

Tendencja rosnąca temperatury powietrza w XIX-XX wieku może częściowo wynikać z tzw. miejskich wysp ciepła – z coraz większej akumulacji ciepła przez zabudowę i inne powierzchnie sztuczne o małym albedo. Po prostu szare powierzchnie w miastach pochłaniają więcej energii słonecznej w dzień niż ich otoczenie (szczególnie w zimie). Miasta, w których znajdują się stacje meteorologiczne, są znacznie cieplejsze (przede wszystkim w nocy) od otaczających terenów. Na przykład różnica temperatury powietrza między śródmieściem Warszawy i peryferiami może osiągać nawet $9,1^\circ\text{C}$ (jak 30 VII i 17 VIII 1992 r.).

Ciągi czasowe temperatury powietrza w ostatnich stuleciach w Europie świadczą, że współczesne ocieplenie klimatu może w dużym stopniu wynikać z przyczyn naturalnych. Tendencja rosnąca temperatury powietrza zwłaszcza zimą jest po prostu wypadkową interferencji cykli naturalnych. Na przykład coraz cieplejsze zimy w Warszawie – o $1,03^\circ\text{C}/100$ lat w latach 1779-1980 są efektem nałożenia się kilku okresów: 3,5; 5,5; 12,9; 18,0; 38,3; 66,7; 218,3 lat. Ich interferencja wyjaśnia wzrost temperatury powietrza podczas zim o $0,93^\circ\text{C}/100$ lat. Na zmienność antropogeniczną przypada zaledwie $0,1^\circ\text{C}/100$ lat. Analogiczne, coraz cieplejsze zimy w Genewie – o $0,5^\circ\text{C}/100$ lat, Pradze – o $0,25^\circ\text{C}/100$ lat są także efektem interferencji cykli temperatury powietrza.

Postępujące globalne ocieplenie może też wynikać z tendencji malejącej wskaźnika *DVI* (dust veil index) zawartości pyłów wulkanicznych w atmosferze w latach 1680-1980 i z większych odstępów czasu między kolejnymi wybuchami wulkanów. Na stałą słoneczną ma niewątpliwie wpływ drobny pył (aerozole siarczanowe), pozostając w stratosferze przez wiele lat.

Według prof. Jerzego Kondrackiego *Duże znaczenie mają prognozy naturalnych wahań klimatu, obserwowanych od wielu tysięcy lat – pod wpływem czynników naturalnych (aktywności Słońca i wulkanów). Wiarygodne wydają się sondaże przyszłości (po rok 2100), otrzymane na podstawie długich ciągów pomiarów, które wskazują na naturalne ochłodzenie klimatu w XXI wieku. Można sądzić, że naturalne cykle klimatu obserwowane w holocenie (stwierdzone również w XVIII-XX wieku) będą powtarzać się nadal i kształtować klimat Ziemi.*

SPIS TREŚCI

- PRZEDMOWA
- I. PROBLEMY BADAŃ WSPÓŁCZESNYCH ZMIAN KLIMATU
- II. ZASTOSOWANE METODY BADAŃ WSPÓŁCZESNYCH WAHAŃ KLIMATU
 1. Wyznaczanie okresów metoda „sinusoid regresji”
 2. Modulacja cykli krótkich
 3. Zastosowania liczb losowych do ocen realności okresów

4. Modelowanie naturalnych i antropogenicznych zmian klimatu
- III. WIELOOKRESOWE WAHANIA TEMPERATURY POWIETRZA W EUROPIE
 1. Ogólne cechy pola temperatury powietrza w Europie
 2. Synchroniczność cykli temperatury powietrza, cyrkulacji atmosferycznej, aktywności Słońca i erupcji wulkanicznych
- IV. OCIEPLENIE KLIMATU MIAST EUROPY W XVII-XX WIEKU I JEGO PRZYCZYNY
 1. Tendencje wiekowe temperatury powietrza
 - 1.1. Charakterystyka najdłuższych ciągów chronologicznych
 - 1.2. Trendy liniowe temperatury powietrza
- V. ZAKOŃCZENIE
 - LITERATURA
 - SUMMARY
 - ZAŁĄCZNIKI

Tom XII – *Ocieplenia i ochłodzenia klimatu miast w Europie (Boryczka, Stopa-Boryczka, Wągrowka, Błażek, Skrzypczuk, 1999), ss. 255.*

W tomie XII określono tendencje i zakres cyklicznych zmian temperatury powietrza w poszczególnych miesiącach na obszarze Europy (w 8 miejscowościach).

Długości serii pomiarowych wynoszą: 315 lat – Anglia Środkowa (1659-1973), 213 lat – Genewa (1768-1980), 212 lat – Warszawa (1779-1990), 210 lat – Praga (1771-1980), 165 lat – Kraków (1826-1990), 130 lat – Wrocław (1851-1980), 117 lat – Zurych (1864-1980), 100 lat – Poczdam (1893-1992). Ponadto analizie statystycznej poddano ciągi chronologiczne miesięcznych wartości temperatury powietrza na Spitsbergenie (64 lata, 1912-1975) i w Colombo (112 lat, 1869-1980).

Tendencje wiekowe temperatury powietrza (w °C/100 lat) w wymienianych przedziałach czasu (średnie) wg funkcji trendów czasowych przedstawiono na wykresach. Tendencje liniowych wyznaczonych na podstawie danych z różnych przedziałów czasowych nie można bezpośrednio porównywać.

Ogólnie można jednak stwierdzić, że są one rosnące prawie we wszystkich miesiącach. Świadczy to o postępującym ociepleniu klimatu miast Europy (i Polski). Szczególnie zimy są w Europie coraz cieplejsze. Na przykład w Warszawie w latach 1779-1990 styczeń jest cieplejszy średnio o 1,15°C/100 lat, w Krakowie (1826-1990) o 1,7°C/100 lat, Pradze (1771-1980) o 0,44°C/100 lat, a w Genewie (1768-1980) o 0,74°C/100 lat.

Tendencje wiekowe temperatury powietrza w porze letniej są w niektórych miastach rosnące lub malejące. Lipce są np. coraz cieplejsze: w Warszawie o 0,19°C/100 lat, Krakowie o 0,34°C/100 lat, Poczdamie o 0,64°C/100 lat. Natomiast są one coraz chłodniejsze: we Wrocławiu o 0,73°C/100 lat, Pradze o 0,16°C/100 lat, Zurychu o 1,08°C/100 lat, a w Genewie o 0,08°C/100 lat. Tendencja temperatury powietrza w Anglii Środkowej w lecie $A = 0,01^\circ\text{C}/100$ lat jest prawie zerowa (nieistotna statystycznie na poziomie istotności 0,05).

Tendencje malejące lub zerowe temperatury powietrza w miesiącach letnich nie wspierają hipotezy o antropogenicznych przyczynach globalnego ocieplenia klimatu. Nie można postępującego ocieplenia klimatu przypisać tylko efektowi cieplarnianemu, wynikającemu ze wzrostu zawartości CO₂ w atmosferze, który pochodzi ze spalania

węgla i innych paliw. Hipotezie tej przeczą: cykl roczny i przestrzenne zróżnicowanie tendencji wiekowej temperatury powietrza na obszarze Europy.

Praca dotyczy ważnego nie rozwiązanego dotąd problemu klimatologii: wyznaczania składników okresowych (deterministycznych) zmienności klimatu. Cykliczność temperatury powietrza dłuższą od jednego roku badano zwykle w pojedynczych miejscowościach Europy (i Polski), w seriach pomiarowych o różnej długości, odmiennymi metodami, ograniczając się na ogół do samych okresów.

Nie znana była dyspersja okresów, amplitud i dat ekstremów cykli o długościach od 1 do 200 lat i czy cykle są synchroniczne na obszarze Europy. Wyłonił się więc problem zbadania, czy pole temperatury powietrza na dużym obszarze jest jednorodne pod względem cykliczności. Zagadnienie to jest dotychczas wszechstronnie opracowane jedynie w przypadku cyklu rocznego.

W tym celu wyznaczono metodą „sinusoid regresji” (Boryczka, 1998) parametry cykli: okresy, amplitudy i fazy. Dla każdej spośród badanych miejscowości wyznaczono widma temperatury powietrza w paśmie 2,1-200 lat i porównano je.

Analogiczna okresowość zmiennych: astronomicznych i klimatologicznych świadczy o naturalnych uwarunkowaniach okresowości klimatu.

Przedmowa prof. Jerzego Kondrackiego do tomu XI *Atlasu współzależności parametrów meteorologicznych i geograficznych w Polsce* jest zarazem promocją tomu XII, gdyż stanowią one integralną całość. Obydwie części dotyczą tendencji i cykliczności zmian temperatury powietrza miast w Europie. W pierwszej z nich zamieszczono zmienność warunków termicznych w porach roku, półroczach i roku, w drugiej zaś w poszczególnych miesiącach.

SPIS TREŚCI

- I. PROFESOR JERZY KONDRACKI – WAŻNIEJSZE OPINIE
- II. OCIEPLENIA I OCHŁODZENIA KLIMATU EUROPY W OSTATNICH STULECIACH
 1. Zarys klimatu minionych 2500 lat
 2. Coraz cieplejsze zimy w Europie w XIX i XX wieku
 3. Miejska wyspa ciepła jako przyczyna postępującego ocieplenia klimatu
- III. TENDENCJE TEMPERATURY POWIETRZA MIAST W EUROPIE W XVII-XX WIEKU
 1. Postępujące ocieplenie jest większe zimą niż latem
 2. Postępujące ocieplenie i jego uwarunkowania
- IV. CYKLICZNOŚĆ JAKO CECHA POLA TEMPERATURY POWIETRZA W EUROPIE
 1. Cykl 8-letni i jego uwarunkowania
 2. Cykl 11-letni temperatury powietrza i plam słonecznych
 3. Planetarny 178,9-letni cykl temperatury powietrza
- V. ZAKOŃCZENIE
LITERATURA
SUMMARY

Tom XIII – Cykliczne zmiany klimatu miast w Europie (Boryczka, Stopa-Boryczka, Błażek, Skrzypczuk, 1999), ss. 283

Trzynasty tom *Atlasu* jest poświęcony wyłącznie wynikom badań cykliczności zmian klimatu Europy ze szczególnym uwzględnieniem Polski. Dane pochodzą przede wszystkim z sieci pomiarowej Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej, a także z innych krajów europejskich – z lat 1659-1995 (temperatura powietrza) i 1861-1990 (opady atmosferyczne).

W tomie XIII pt. *Cykliczne zmiany klimatu miast w Europie* znacznie rozszerzono zakres badań zmian klimatu na podstawie długiego ciągu chronologicznego Oscylacji Północnego Atlantyku (*NAO*, 1825-1997) jako wskaźnika globalnych zmian klimatu. Po raz pierwszy wyznaczono krótkie cykle ciśnienia atmosferycznego i ekstremalnych wartości temperatury powietrza (maksymalnej i minimalnej w Warszawie w ostatnim 30-leciu 1966-1995).

Treść XIII tomu *Atlasu* nawiązuje głównie do trzech ostatnich części, dotyczących cykliczności i tendencji aktywności Słońca i cyrkulacji atmosferycznej w Europie (cz. X. 1997) i temperatury powietrza w Europie w sezonach, półroczach i roku (cz. XI. 1998) oraz w poszczególnych miesiącach (cz. XII. 1999). Razem stanowią one integralną całość.

Na obszarze Europy (i Polski) występuje kilka cykli temperatury powietrza o znaczących okresach wahań: 3-4, 7-8, 10-14-letnie i dłuższe. Ich obecność prawie we wszystkich ciągach chronologicznych (zbliżone okresy i zgodności ekstremów cykli, głównie 8-letniego i 11-letniego) implikują tezę, że cykliczność ta jest cechą pola temperatury powietrza w Europie i Polsce.

Dominujący cykl około 8-letni temperatury powietrza w zimie w Polsce i Europie jest wywołany analogiczną cyklicznością cyrkulacji strefowej (*NAO*) – równoleżnikowego transferu ciepła z południa na północ w zimie Atlantyku. Taką samą 8-letnią cyklicznością cechuje się przyspieszenie Słońca w jego ruchu wokół środka masy Układu Słonecznego. Dotychczas nie wiadomo jednak, jaki jest mechanizm tych oddziaływań planetarnych na klimat Ziemi.

Od dawna znana jest cykliczność 11-letnia temperatury powietrza. Zakres wahań temperatury powietrza w tym cyklu w zimie (0,4-1,0°C) jest dwukrotnie większy niż w lecie (0,1-0,4°C). Wahania temperatury są wywołane bezpośrednio cyklem 11-letnim stałej słonecznej. Nie są one zbyt duże ze względu na powolne przenikanie ciepła podczas maksimów w głąb gruntu i głębszych warstw wód oceanicznych.

Cykliczność 9-14-letnia aktywności Słońca jest prawdopodobnie związana z okresem 11,86-letnim obiegu największej planety (Jowisza) dookoła Słońca. Okres ten dominuje w ciągach czasowych wypadkowej siły grawitacyjnego oddziaływania planet na Słońce (11,8 lat) i dyspersji masy planet (11,9) względem płaszczyzny ekliptyki.

Interesujące jest, że okresowość 11,4-letnia występuje w ciągach czasowych zawartości pyłów wulkanicznych w atmosferze (wskaźnika *DVI* – dust veil index).

W identyfikacji naturalnych przyczyn globalnych zmian klimatu ogromne znaczenie

ma planetarny okres 178,9-letni zmian parametrów Układu Słonecznego. Po upływie 178,9 lat powtarza się konfiguracja 9 planet, a tym samym: odległości środka masy US od Słońca, przyspieszenie Słońca, wypadkowa sił grawitacyjnych, dyspersji masy w Układzie Słonecznym i inne.

Kluczowe znaczenie ma powtarzanie się liczb Wolfa z lat 1700-1878,9, po upływie 178,9 lat. Pokrywają się dwa maksima absolutne: jedno (rok 1878, $W_{\max} = 154,4$) z przedziału 1700-1878,9, a drugie (rok 1957, $W_{\max} = 189,9$) – po upływie 178,9 lat.

Cykliczność około dwuwiekowa występuje również w najdłuższych seriach pomiarowych temperatury powietrza (Anglia Środkowa 1659-1973, Warszawa, 1773-2000). Najdłuższy cykl około dwuwiekowy temperatury w Warszawie wyjaśnia 84% postępującego ocieplenia w zimie $1^{\circ}\text{C}/100$ lat. Analogiczną cyklicznością cechują się ciągi chronologiczne stosunku izotopów tlenu $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ w osadach głębokomorskich, a także zawartość substancji organicznych i węglanów wapnia w osadach polskich jezior.

Wykryte okresy temperatury powietrza – obecne w ciągach chronologicznych zmiennych astronomicznych umożliwiają prognozowanie naturalnego składnika zmian klimatu Europy (i Polski).

Wiarygodne są sondaże przyszłości (po rok 2100) na podstawie interferencji cykli temperatury powietrza, synchronicznych z cyklami stałej słonecznej, skorelowanej ze zmianami parametrów Układu Słonecznego.

SPIS TREŚCI

- I. WPROWADZENIE
- II. CYKLICZNE ZMIANY AKTYWNOŚCI SŁOŃCA W OSTATNICH STULECIACH (1700-1993)
 1. Daty minimów i maksimów plam słonecznych w cyklu 11-letnim
 2. Okresy liczb Wolfa wyznaczone metodą „sinusoid regresji”
 3. Okresy wiekowe i dwuwiekowe aktywności Słońca
- III. CYKLICZNE WAHANIA OSCYLACJI PÓŁNOCNOATLANTYCKIEJ (NAO) W LATACH 1825-1997
 1. Okresowe zmiany Oscylacji Północnoatlantycznej
 2. Tendencje Oscylacji Północnoatlantycznej
- IV. CYKLICZNE WAHANIA CYRKULACJI ATMOSFERYCZNEJ W EUROPIE (1891-1984)
 1. Cykle cyrkulacji wschodniej
 2. Cykle cyrkulacji zachodniej
 3. Cykle cyrkulacji południkowej
 4. Cykle cyrkulacji cyklonalnej
 5. Cykle cyrkulacji strefowej
- V. OKRESOWE ZMIANY CIŚNIENIA ATMOSFERYCZNEGO W WARSZAWIE W TRZYDZIE-
STOLECIU 1966-1995
 1. Cykl roczny ciśnienia atmosferycznego
 2. Tendencje ciśnienia atmosferycznego
 3. Cykliczne zmiany ciśnienia atmosferycznego
- VI. OKRESOWE ZMIANY TEMPERATURY POWIETRZA W EUROPIE W OSTATNICH STULE-
CIACH (1659-1990)
 1. Cykle około 4-5-letnie temperatury powietrza
 2. Cykle około 7-8-letnie temperatury powietrza
 3. Cykle około 10-12-letnie temperatury powietrza
 4. Cykle około 100-200-letnie temperatury powietrza

- VII. OKRESOWE ZMIANY TEMPERATURY POWIETRZA W WARSZAWIE W 30-LECIU (1966-1995) I 210-LECIU (1779-1990)
 - 1. Cykl roczny temperatury powietrza w Warszawie w latach 1966-1995 i 1779-1979
 - 2. Tendencja temperatury powietrza w 30-leciu 1966-1995 i 210-leciu 1779-1990
 - 3. Cykliczne zmiany temperatury powietrza w Warszawie w latach 1966-1995 i 1779-1990
- VIII. OKRESOWE ZMIANY OPADÓW ATMOSFERYCZNYCH W POLSCE (1850-1990)
 - 1. Wielookresowa zmienność opadów atmosferycznych
 - 2. Krótkookresowa zmienność opadów atmosferycznych (3,4-5,3 lat)
 - 3. Okres 11-letni sezonowych sum opadów
 - 4. Okresowość 28,5-43,5-letnia opadów (cykl Brücknera)
- IX. SYNCHRONICZNOŚĆ KRÓTKICH CYKLI KLIMATU MIAST W EUROPIE
 - 1. Okresowość około 4-letnia temperatury powietrza, opadów i cyrkulacji atmosferycznej
 - 2. Okresowość około 8-letnia temperatury powietrza, cyrkulacji atmosferycznej i aktywności Słońca
 - 3. Cykl około 11-letni temperatury powietrza, opadów i aktywności Słońca
 - 4. Nakładanie się cykli aktywności Słońca, cyrkulacji atmosferycznej, temperatury powietrza i opadów
- X. ZAKOŃCZENIE
LITERATURA
SUMMARY

Tom XIV – *Prognozy zmian klimatu Warszawy (Boryczka, Stopa-Boryczka, Lorenc, Kicińska, Błażek, Skrzypczuk, 2000), ss. 209*

W czternastym tomie *Atlasu* określono składniki deterministyczne (okresowe) czasowej zmienności klimatu Polski w XVIII-XX wieku. Identyfikowano naturalne przyczyny ochłodzeń i ociepleń klimatu Polski, a także prognozowano temperaturę powietrza i opady atmosferyczne w Warszawie w XXI wieku. W prognozach zmian klimatu Polski przyjęto założenie, że ekstrema wykrytych cykli temperatury i opadów 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 oraz ich synchroniczność (koincydencja ekstremów). Najdłuższe okresy około 100-200-letni powtarzają się wielokrotnie w ciągach chronologicznych paleotemperatury ($^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$) i zawartości substancji organicznych zdeponowanych w osadach jeziornych.

Najmroźniejsze zimy, o średniej temperaturze -7°C , wystąpią prawdopodobnie w połowie przyszłego stulecia – około roku 2050. Według interferencji letnich cykli temperatury powietrza chłodne lata wystąpią w pierwszych dwóch dekadach przyszłego wieku. Maksimum wiekowe opadów 720 mm wystąpi mniej więcej w latach 2030, 2063, 2068. Najmniejsze sumy roczne, rzędu 400 mm, wystąpią prawdopodobnie w pobliżu dat: 2033, 2040.

Sprawdziły się dotychczasowe prognozy temperatury powietrza w Warszawie na podstawie danych z lat 1799-1980. Zgodnie z prognozą minimum wiekowe średniej rocznej temperatury wystąpiło w roku 1980 (Boryczka, 1993). Średnia roczna temperatura $6,6^{\circ}\text{C}$ w roku 1980, wg pomiarów ze stacji Warszawa-Okęcie, jest najmniejszą wartością w 30-leciu 1966-1995.

Dobra jest także zgodność z wynikami pomiarów (na Okęciu) prognozowanych rocznych sum opadów atmosferycznych w Warszawie (1813-1980). Wykresowi sum rocznych o tendencji malejącej w latach 1981-1990 odpowiada spadek zmierzonych sum opadów: od

656 mm – w roku 1981 do 456 mm – w roku 1990, a następnie wzrost do 652 mm w 1993.

Jeszcze bardziej wiarygodne są prognozy średnich konsekwentnych 11-letnich wartości temperatury powietrza i sum opadów atmosferycznych w Warszawie w latach 1991-2100, przedstawione w XIV tomie *Atlasu*.

Dość dobra zgodność prognozowanych wartości temperatury i opadów atmosferycznych ze zmierzonymi – poza przedziałem aproksymacji – świadczy, iż istnieją przyczynowo-skutkowe związki między okresami zmiennych klimatologicznych i astronomicznych.

Postępem w badaniach wiekowych zmian klimatu jest także wyodrębnienie dwóch składników trendu czasowego: naturalnego i antropogenicznego. Obserwowane zmiany wiekowe np. temperatury powietrza można potraktować jako wypadkową zmian naturalnych, uwarunkowanych aktywnością Słońca i zmian antropogenicznych wynikających z wpływu takich czynników, jak rozbudowa miasta, wzrost zawartości CO₂ (efekt cieplarniany) i pyłów (absorpcja promieniowania słonecznego) w atmosferze i innych. Autorzy wyszli z założenia, że składnik naturalny jest wynikiem nakładania się tych sinusoidalnych cykli. Natomiast składnik antropogeniczny cechuje się stałą tendencją zmian. Trzeba jednak pamiętać, że wyodrębnione przyrosty antropogeniczne temperatury i opadów atmosferycznych (i ich prognoza na lata 2000-2100) nie zawsze wynikają z wpływu czynników antropogenicznych. Mogą to być również zmiany naturalne o bardzo długich nieznanymi okresach nie stwierdzonych na podstawie istniejących ciągów chronologicznych.

Tego rodzaju trendy czasowe klimatu umożliwiły autorom dokonanie rekonstrukcji (od 1700) i prognozy (po rok 2100) klimatu Warszawy przez zwykłą ekstrapolację funkcji aproksymujących.

Trzeba zauważyć, że krzywa wiekowych zmian temperatury powietrza w stuleciu XXI cechuje się głębokim minimum wiekowym. Biorąc jednak pod uwagę przyrosty antropogeniczne temperatury, które złagodzą jej naturalne spadki, może nie wystąpić zbyt ochłodzenie klimatu w przyszłym stuleciu. Oczywiście prognozy te – sondaż przyszłości – otrzymano przy założeniu, że ekstrema wykrytych cykli, które wystąpiły w XVIII-XX wieku, powtarzać się będą nadal.

Novum stanowią wyniki badań dotyczących stanu aerosanitarnego Warszawy w odniesieniu do innych miast Polski (Kicińska, 1999) oraz wpływu pogody i stężeń zanieczyszczeń atmosfery na zdrowie i zgony ludności miejskiej na przykładzie Warszawy (Kuchcik, 2000).

SPIS TREŚCI

- I. WPROWADZENIE
- II. POSTĘP BADAŃ ZMIAN KLIMATU W OSTATNICH DZIESIĘCIOLECIACH
- III. ZMIANY AKTYWNOŚCI SŁOŃCA I STAŁEJ SŁONECZNEJ W XVIII-XX WIEKU
- IV. CYKLICZNE WAHANIA I TENDENCJA ZMIAN OSCYLACJI PÓLNOATLANTYCKIEJ (NAO) W XIX-XX WIEKU
- V. WARSZAWSKA SERIA POMIARÓW TEMPERATURY POWIETRZA NA STACJI OBSERWATORIUM ASTRONOMICZNE W LATACH 1779-1997
 1. Dokumentacja historyczna prowadzonych pomiarów temperatury powietrza w Warszawie od 1779 roku
 2. Poprawki korygujące dotychczasową „serię warszawską” temperatury powietrza w latach 1779-1997

3. Zakres wahań temperatury powietrza w Warszawie (Obserwatorium) w latach 1779-1997
- VI. ZMIANY KLIMATU WARSZAWY W XVIII-XXI
 1. Ochłodzenia i ocieplenia klimatu Warszawy i ich uwarunkowania
 2. Okresowa zmienność opadów atmosferycznych w Warszawie
 3. Tendencje zmian klimatu Warszawy
 4. Prognoza zmian klimatu Warszawy w XXI wieku
- VII. STAN AEROSANITARNY WARSZAWY W ODNIESIENIU DO INNYCH MIAST POLSKI
 1. Przestrzenny rozkład stężenia dwutlenku siarki w Polsce
 2. Wpływ cyrkulacji atmosferycznej na stężenia zanieczyszczeń powietrza (SO₂)
 3. Rozkład prawdopodobieństwa stężenia zanieczyszczeń przy różnych kierunkach adwekcji powietrza
 4. Synchroniczne wahania stężeń zanieczyszczeń powietrza w Polsce
 5. Podobieństwo stanu zanieczyszczenia powietrza dwutlenkiem siarki w poszczególnych regionach Polski przy różnych kierunkach adwekcji mas powietrza
 6. Zanieczyszczenie atmosfery a zdrowie i zgony mieszkańców Warszawy
- VIII. ZAKOŃCZENIE
LITERATURA
SUMMARY

Ogólna charakterystyka materiałów źródłowych, zastosowanych metod statystycznych i opracowań graficznych w poszczególnych tomach *Atlasu*

Materiały źródłowe obejmują pomiary z przedziałów czasu:

Mapy	Tom
10-letni (1951-1960)	I, II, III, VI
15-letni (1951-1965)	IV
30-letni (1951-1980)	V
30-letni (1930-1960)	VIII

Wykresy:

Zmiany długookresowe temperatury powietrza w Polsce na tle Europy (XVII-XX w.) – Tom: VII, XI, XII, XIII, XIV

Przedział czasu	Liczba lat	Miejscowość
1779-1990	212	Warszawa
1826-1990	165	Kraków
1851-1980	130	Wrocław
1659-1973	315	Anglia
1768-1980	213	Genewa
1771-1980	210	Praga
1864-1980	117	Zurych
1893-1992	100	Poczdami
1869-1980	111	Colombo
1912-1975	63	Spistbergen

Zmiany długookresowe opadów atmosferycznych w Polsce (XIX-XX w.) – Tom: VI, IX, XIII, XIV

Przedział czasu	Liczba lat	Miejscowość
1813-1990	177	Warszawa
1850-1990	140	Kraków
1859-1980	121	Wrocław
1869-1980	111	Colombo
1894-1976	82	Nauru

Zmiany długookresowe aktywności Słońca (liczb Wolfa), stałej słonecznej i wskaźnika aktywności geomagnetycznej (XVII-XX w.):

Przedział czasu	Liczba lat	Zmienne
1700-1993	293	Liczba Wolfa (średnie roczne)
1749-1993	244	Liczba Wolfa (średnie miesięczne)
1884-1981	98	Aktywność geomagnetyczna

Zmiany długookresowe cyrkulacji atmosferycznej wg klasyfikacji Wangenheima (wschodniej, zachodniej, południkowej), cyklonalnej i strefowej (wg klasyfikacji Osuchowskiej-Klein) oraz wskaźnika Oscylacji Północnego Atlantyku (*NAO*)

Przedział czasu	Liczba lat	Typy cyrkulacji
1881-1976	95	E, W, S – południkowa (Europa)
1899-1984	85	Cyklonalna, strefowa (Polska)
1825-1997	173	North Atlantic Oscillation (<i>NAO</i>)

Zastosowane metody statystyczne

1. Aproksymacja pól elementów klimatologicznych równaniami prostych, płaszczyzn i hiperpłaszczyzn regresji oraz wielomianami regresji 4 stopnia trzech współrzędnych położenia (φ, λ, H),

cel:

– określenie gradientów horyzontalnych (południkowych i równoleżnikowych) – miar oddziaływania Oceanu Atlantyckiego oraz hipsometrycznych – interpolacja wartości, tam gdzie nigdy nie były prowadzone pomiary

2. Badania cykliczności zmiennych klimatologicznych metodą J. Boryczki „sinusoid regresji”;

cel:

– wykrycie składników deterministycznych w seriach pomiarowych

– wykrycie naturalnych przyczyn wahań klimatu

3. Tendencje (rosnące, malejące) wiekowych zmian elementów klimatologicznych określają współczynniki regresji względem czasu

4. Trendy czasowe elementów klimatologicznych – jako wypadkowa interferencji

sinusoidalnych cykli

5. Wyodrębnienie składnika liniowego w seriach pomiarowych – jako miary antropogenicznych zmian klimatu
6. Histogramy, dystrybuanty empiryczne
7. Weryfikacja wzorów empirycznych z zastosowaniem znanych testów statystycznych: Fishera-Snedecora, t-Studenta, Chi-kwadrat i innych

Wyniki badań przedstawione **graficznie** – to

1. Mapy izarytm: izokorekt, izogradientów
2. Wykresy przebiegów rocznych średnich wartości i geograficznych gradientów elementów klimatycznych (południkowych, równoleżnikowych i hipsometrycznych)
3. Profile: południkowy, równoleżnikowy i pionowy składowych gradientów pól temperatury powietrza i opadów atmosferycznych (wykresy prostych regresji i wielomianów 2 stopnia względem φ , λ , H)
4. Wykresy prostych regresji względem czasu t (tendencji wiekowych)
5. Rozkłady prawdopodobieństwa – dystrybuanty empiryczne i teoretyczne
6. Widma oscylacji zmiennych klimatologicznych i astronomicznych
7. Wykresy trendów czasowych $y = f(t)$ wynikających z interferencji cykli zmiennych klimatologicznych (temperatury, opadów), aktywności Słońca, stałej słonecznej, *NAO* i innych
8. Średnie konsekwentne 11-letnie wartości zmiennych klimatologicznych i astronomicznych

Serię wydawniczą *Atlasu współzależności parametrów meteorologicznych i geograficznych w Polsce*, liczącą 14 odrębnych tomów, charakteryzuje ogólna liczba stron 4571, w tym komentarz (tekst) zajmuje 814 stron. Liczba oryginalnych map wynosi 1171, liczba wykresów – 1214, liczba tabel – 1372. Charakterystykę poszczególnych tomów podano w tabeli 2. komentarz tekstowy systematycznie rośnie od 26 stron w tomie II do 90 – w tomie XIII. Najwięcej map zawiera tom IV, a w ogóle ich brak – w tomach VII, X, XII, XIII. Największą liczbą wykresów wyróżnia się tom VII – 347. Natomiast w tomach II i IV nie ma wykresów. Liczba tabel zdominowała tom II (259), a najmniej ich jest w tomie VII (tylko 10).

Kolejne tomy *Atlasu* mają w zasadzie charakter roczników, mimo że nie ukazywały się regularnie. Informują o tym daty wydania poszczególnych tomów: I – 1974, II – 1976, III – 1980, IV – 1986, V – 1989, VI – 1990, VII – 1992, VIII – 1994, IX – 1995, X – 1997, XI – 1998, XII – 1999, XIII – 1999, XIV – 2000. Największy odstęp czasu między kolejnymi pozycjami wynosi 6 lat (między III i IV), a najmniejszy pół roku (między datami wydania tomów XII i XIII w tym samym roku 1999). Kolejne tomy były wydawane średnio co 2 lata.

Tab. 2. Charakterystyka poszczególnych tomów *Atlasu współzależności parametrów meteorologicznych i geograficznych w Polsce (1974-2001)*
 Characteristic of *Atlas of independence of meteorological and geographical parameters in Poland (1974-2001)*

Części	Liczba stron	Komentarz (tekst)	Mapy	Wykresy	Tabele
Tom I	276	35	162	27	52
Tom II	445	26	170	0	259
Tom III	322	36	65	62	159
Tom IV	510	32	341	0	137
Tom V	284	67	122	72	23
Tom VI	334	82	129	37	86
Tom VII	439	82	0	347	10
Tom VIII	405	64	166	46	129
Tom IX	321	83	6	205	27
Tom X	220	55	0	66	99
Tom XI	258	52	2	76	128
Tom XII	255	37	0	72	146
Tom XIII	283	90	0	106	87
Tom XIV	209	73	8	98	30
Razem	4571	814	1171	1214	1372

Promocji kolejnych tomów *Atlasu współzależności parametrów meteorologicznych i geograficznych w Polsce* w Przedmowach dokonali: Prof. Wincenty Okołowicz (tom I), Prof. Zdzisław Mikulski (tom III), Prof. Jerzy Kondracki (tomy II, IV, V, VI, VII, VIII, IX, X, XI, pośrednio XII i XIII).

Profesor Jerzy Kondracki ustosunkował się do badań współczesnych zmian klimatu, prowadzonych w Zakładzie Klimatologii, przed wszystkim w przedmowie do XI tomu *Atlasu* następująco: *Inicjatywa Zakładu Klimatologii Uniwersytetu Warszawskiego opracowania kolejnego XI tomu „Atlasu współzależności parametrów meteorologicznych i geograficznych w Polsce” z wyodrębnionym tytułem „Tendencje wiekowe klimatu miast w Europie” zasługuje na uznanie. Zmiany klimatu należą do najważniejszych problemów badawczych integrujących nauki przyrodnicze, ze względu na przyszłość życia na Ziemi. Koncepcja samego tematu badań wynika z dotychczasowych prac autorów Atlasu. Nowością jest określenie wielookresowych zmian i tendencji wiekowej temperatury powietrza w Europie. Jest nią też wykazanie synchroniczności wahań temperatury powietrza, cyrkulacji atmosferycznej i aktywności Słońca. Treść opracowania nawiązuje do VII tomu Atlasu, opublikowanego w 1992 r., a dotyczącego wiekowych zmian klimatu Warszawy. Znaczącym postępowaniem w badaniach jest identyfikacja przyczyn naturalnych zmian klimatu przedstawiona w obszernej monografii J. Boryczki (1993) „Naturalne i antropogeniczne zmiany klimatu Ziemi w XVII i XXI wieku”. W XI tomie Atlasu autorzy znacznie rozszerzyli zakres badań zmian klimatu na podstawie długich ciągów chronologicznych: temperatury powietrza z 8 miast europejskich (Warszawa, Kraków, Wrocław, Praga, Zurych, Genewa, Poczdam, Anglia Środkowa). Autorzy wnioskują o naturalnych przyczynach ocieplania klimatu w ostatnich dwóch stuleciach. Te coraz cieplejsze zimy w Europie (np. w Warszawie o 1°C/100 lat, Genewie o 0,5°C/100 lat) przypisują oni wzrostowi*

aktywności Słońca w latach 1779-1993 – o 15,3/100 lat i spadkowi aktywności wulkanicznej w latach 1680-1980 – rzadszym wybuchom wulkanów i mniejszej emisji pyłów wulkanicznych do atmosfery. W pracy oszacowano także zmienność temperatury powietrza w ostatnich dwóch stuleciach, wynikającą z czynników antropogenicznych. Antropogeniczny wzrost temperatury w Warszawie wynosi 0,10-0,15°C/100 lat. Jest on wynikiem głównie rozbudowy miasta i kształtowania miejskiej wyspy ciepła (większej akumulacji ciepła przez powierzchnie zabudowań o mniejszym albedo). W pracy dominują wyniki badań dotyczące cykliczności i tendencji temperatury powietrza, z wyodrębnieniem poszczególnych sezonów, półroczy i roku. Duże znaczenie poznawcze ma wykrycie cykli długich – kilkudziesięcioletnich i wiekowych, a nawet dwuwiekowych, wyznaczonych z dużą dokładnością. Prezentowany tom zawiera oryginalne wyniki badań dotyczące zmian klimatu. Rezultaty badań cykliczności zmian klimatu i jego tendencji wiekowych mogą być wykorzystane w naukach pokrewnych – w hydrologii, biologii, czy też geologii. Mogą one również być wykorzystane w niektórych działach gospodarki, np. w rolnictwie. Ważny jest też aspekt dydaktyczny – kształcenia absolwentów w zakresie nauk przyrodniczych i ochrony środowiska. Duże znaczenie mają prognozy naturalnych wahań klimatu pod wpływem czynników naturalnych (aktywności Słońca i wulkanów), obserwowanych od wielu tysięcy lat. Wiarygodne wydają się sondaże przyszłości (po rok 2100) otrzymane na podstawie długich ciągów pomiarów, które wskazują na naturalne ochłodzenie klimatu w XXI wieku. Można sądzić, że naturalne cykle klimatu obserwowane w holocenie (stwierdzone również w XVIII-XX wieku) będą powtarzać się nadal i kształtować klimat Ziemi.

Przedmowa prof. Jerzego Kondrackiego do tomu XI *Atlasu współzależności parametrów meteorologicznych i geograficznych w Polsce* jest jednocześnie promocją tomu XIII, gdyż stanowią one całość w zakresie cyklicznych zmian klimatu miast w Europie. Trzynasta część *Atlasu* jest syntezą dotychczasowych badań autorów cykliczności zmian: aktywności Słońca i stałej słonecznej, wskaźnika Oscylacji Północnoatlantyckiej (*NAO*), cyrkulacji atmosferycznej w Europie, temperatury powietrza w Europie, opadów atmosferycznych w Polsce, ciśnienia atmosferycznego i wartości ekstremalnych temperatury powietrza w Warszawie.

Ostatnie dwa tomy *Atlasu*: XIV – pt. *Prognozy zmian klimatu Warszawy* i XV – pt. *Prognozy zmian klimatu miast w Europie* można uznać za syntezę dotychczasowych wyników badań zmian klimatu i ich uwarunkowań w XVIII-XXI wieku.

Na podstawie istniejących ciągów chronologicznych: aktywności Słońca, Oscylacji Północnego Atlantyku (*NAO*), temperatury powietrza i opadów atmosferycznych wnioskuje się o naturalnych przyczynach wahań klimatu. Wnioskuje się również, że część postępującego ocieplenia wynika z przyczyn naturalnych, tj. wzrostu aktywności Słońca i spadku aktywności wulkanicznej w ostatnim stuleciu.

Prognozy temperatury powietrza w: Warszawie, Krakowie, Pradze, Genewie na podstawie interferencji wykrytych cykli (składników deterministycznych serii pomiarowych) są dość wiarygodne. Występuje dobra zgodność zmian temperatury powietrza i wskaźnika Oscylacji Północnoatlantyckiej (*NAO*) w latach 1700-2100. Można oczekiwać, że klimat Europy będzie

nadal kształtowany zmianami cyrkulacji strefowej, skorelowanej z temperaturą wód Atlantyku Północnego (ze wskaźnikiem *NAO*). Należy też przypuszczać, że nie zmieni się cykliczność aktywności Słońca (stałej słonecznej) w XXI wieku i jej wpływ na klimat Ziemi.

Opublikowanie kolejnych części tej 15-tomowej serii *Atlasu współzależności parametrów meteorologicznych i geograficznych w Polsce* było możliwe dzięki pomocy wielu życzliwych osób. Z okazji 50-lecia Zakładu Klimatologii Wydziału Geografii i Studiów Regionalnych Uniwersytetu Warszawskiego (1951-2001) i 27-lecia tego wydawnictwa (1974-2001) pragniemy serdecznie podziękować tym wszystkim współpracownikom, którzy przyczynili się do zachowania ciągłości serii.

Na pierwszym miejscu należy wymienić prof. Jerzego Kondrackiego – autora przedmów do 9 tomów *Atlasu*, za sugestie uwzględnienia lokalnych czynników geograficznych w modelowaniu klimatu Polski oraz określenia udziału czynników astronomicznych w badaniach zmian klimatu Ziemi.

Obliczenia do większości tomów wraz z modyfikacją programów zostały wykonane w Centrum Informatycznym Uniwersytetu Warszawskiego.

Serdecznie dziękujemy kolejnym władzom Wydziału Geografii i Studiów Regionalnych UW za akceptację kierunków badań w kolejnych tomach *Atlasu*.

Ponadto serdecznie dziękujemy Wydawnictwom Uniwersytetu Warszawskiego za cenne rady i wskazówki podczas redagowania kolejnych części *Atlasu*.

Należy także podkreślić, że wydawane tomy zwłaszcza w ostatnim dziesięcioleciu dofinansowane były z reguły przez Komitet Badań Naukowych.

III. WPŁYW CYRKULACJI ATMOSFERYCZNEJ NA KLIMAT EUROPY

Cyrkulacja atmosferyczna, warunkująca „dystrybucję” ciepła na Ziemi, jest głównym ogniwem mechanizmu przenoszenia zmian energii słonecznej. Kształtuje ona zmiany klimatu Ziemi od wielu tysięcy lat.

1. Cykliczne wahania i tendencje cyrkulacji atmosferycznej w Europie (wg klasyfikacji Wangerheima i Osuchowskiej-Klein)

Cykliczność i tendencje cyrkulacji atmosferycznej: wschodniej (C_E), zachodniej (C_W) i południkowej (C) zbadano na podstawie miesięcznych częstości ich występowania w latach 1891-1976 wg klasyfikacji Wangerheima. Ponadto analizie statystycznej poddano dwa ciągi chronologiczne wskaźnika cyrkulacji strefowej (C_I) – tj. różnicy ciśnienia (hPa) między równoleżnikami 35° i 65° na poziomie morza w latach 1899-1984 i liczby dni cyklonalnych typów cyrkulacji nad Polską (C_L) wg Osuchowskiej-Klein (w latach 1901-1975).

Cyrkulacja wschodnia wynika z ogólnej południkowej cyrkulacji atmosfery i jest związana z przemieszczaniem się antycyklonów dolnej atmosfery ze wschodu. Natomiast cyrkulacja zachodnia jest to strefowe równoleżnikowe przemieszczanie się układów barycznych znad Oceanu Atlantyckiego na kontynent Europy. Cyrkulacja południkowa zaś jest przede wszystkim uwarunkowana klinem wysokiego ciśnienia nad wschodnim Atlantykiem i Półwyspem Skandynawskim. Analogicznej klasyfikacji cyrkulacji atmosferycznej w sektorze Pacyfiku i Ameryki dokonał A.A. Girs (1948), wyodrębniając podobne makrotypy. Wskaźnik cyrkulacji strefowej jest miarą równoleżnikowego przepływu mas powietrza.

Cyrkulacja atmosferyczna (roczne liczby dni) ulega cykliczności od kilku do kilkudziesięciu lat. Najsilniejsze cykle – Θ o największych amplitudach (2b) zestawiono niżej:

wschodnia	Θ	3,0	8,0	9,5	17,0	22,2	30,1	48,0		lat
	2b	25,1	24,1	23,5	45,6	37,1	39,6	50,3		dni
zachodnia	Θ	5,7	8,2	9,4	17,3	30,8	44,6			lat
	2b	23,6	22,5	27,6	22,6	36,2	20,5			dni
południkowa	Θ	3,0	5,7	7,8	11,0	16,5	22,9	61,4		lat
	2b	19,5	14,7	18,8	11,4	25,7	27,8	39,4		dni
strefowa	Θ	2,7	3,6	4,9	8,9	12,4	16,2	23,6	76,3	lat
	2b	0,91	0,90	0,78	0,64	1,16	0,72	0,89	1,25	hPa
cyklonalna	Θ	3,2	4,2	5,3	8,5	11,2	14,1	71,4		lat
	2b	17,8	18,7	13,1	15,3	13,5	16,3	14,2		dni

Wszystkie typy cyrkulacji ulegają cykliczności: 7,8-8,9 lat, 9,5-12,4 lat i 48,0-76,3 lat.

Cykliczność 7-8 letnią potwierdzają badania K. Kożuchowskiego (1989) korelacji między temperaturą powietrza i częstością makrotypów cyrkulacji – z przesunięciem czasowym ciągów chronologicznych.

Częstość (liczby dni w miesiącach) cyrkulacji wschodniej (C_E), zachodniej (C_W) i południkowej w kolejnych latach 1891-1967 – podane w publikacjach A.A. Girsy (1974) i L.A. Dydiny (1982) – zaczerpnięto z pracy K. Kożuchowskiego (1989). Miesięczne wartości wskaźnika cyrkulacji strefowej (C_E) i cyklonalnej pochodzą także z publikacji K. Kożuchowskiego (1989).

Na podstawie ciągów chronologicznych miesięcznych wartości badanych typów cyrkulacji wyznaczono gęste widma wyodrębniając poszczególne miesiące, sezony, półrocza i rok. Okresy Θ , wyznaczono z dokładnością 0,1 roku. Wyznaczono także cykle typów cyrkulacji na podstawie ciągów konsekwentnych 12-miesięcznych (sum dni lub średnich wartości), zmieniając okres sinusoid regresji co jeden miesiąc (0,0833 roku).

Tendencje wiekowych zmian tych typów cyrkulacji określają proste regresje względem czasu. Do oceny statystycznej istotności cykli posłużyły współczynniki korelacji wielokrotnej (R), a tendencji wiekowych – współczynniki korelacji r (Pearsona).

Cyrkulacja wschodnia w ciągu roku cechuje się cyklami od 2,4 do 64,5 lat. Maksimum w cyklu rocznym przypada na przełomie stycznia i lutego, a minimum – na przełomie sierpnia i września.

Cyrkulacja wschodnia w latach 1891-1976 ma tendencję rosnącą – wszystkie współczynniki regresji są dodatnie. Przyrosty liczby dni zmieniają się w ciągu roku od 1,6 – październik do 19,7 dni – sierpień.

Cyrkulacja zachodnia ulega periodycznym zmianom o długościach okresów od 2,3 do 88,0 lat. Interesujące są najdłuższe cykle cyrkulacji zachodniej, stwierdzone w maju i listopadzie, które są zbliżone do długich cykli aktywności Słońca. Na uwagę zasługują też cykle o długościach 29,4-35,3 lat, zbliżone do cykli Brücknera opadów atmosferycznych. We wszystkich porach roku występuje cykl o długości 30,3 lat (lato) do 43,7 lat (zima). Maksi-

imum w cyklu rocznym przypada na początku stycznia, a minimum w lipcu.

Cyrkulacja zachodnia w latach 1891-1976 ma tendencję malejącą. Wszystkie współczynniki regresji są ujemne niezależnie od pory roku. Wahają się one od $-4,3$ dni/100lat (w marcu) do $-18,8$ dni/100lat (w sierpniu).

Cyrkulacja południkowa cechuje się okresowością od 2,3 lat do 85,8 lat. Najdłuższe cykle cyrkulacji południkowej mają długości od 58,4 do 85,8 lat. Ich średnia długość jest równa 57,7, a najdłuższy cykl rocznych liczb z cyrkulacji południkowej wynosi 61,4 lat. Jest on wypadkową cykli poszczególnych miesięcy z przedziału 39,9-85,8 lat.

Interesująca jest zbieżność długości cykli cyrkulacji południkowej w styczniu (58,4 lat) i aktywności Słońca (59,0 lat z lat 1749-1980). Cykle te są synchroniczne – ekstrema sinusoid występują w tych samych latach. Wspiera to hipotezę Haurwitza (1946) o wzmożonej cyrkulacji południkowej podczas maksimów aktywności Słońca. Zgodność występuje również w przypadku cykli 11-letnich cyrkulacji południkowej i aktywności Słońca.

Najdłuższymi cyklami cyrkulacji południkowej są: 77,4 lat (wrzesień) i 85,8 lat (grudzień). Najbardziej są one zbliżone do odpowiednich cykli aktywności Słońca (z lat 1749-1980: 92 lata, 93 lata).

Tendencja cyrkulacji południkowej w latach 1891-1976 zmienia znak w ciągu roku. Największy spadek liczby dni występuje w czerwcu ($-5,9$ dni/100lat) i lipcu ($-5,2$ dni/100lat). Natomiast największy wzrost liczby dni z cyrkulacją południkową występuje jesienią – we wrześniu ($4,5$ dni/100lat) i październiku ($4,5$ dni/100lat).

Cyrkulacja cyklonalna i jej cykliczne wahania oraz tendencje opracowano na podstawie liczby dni cyklonalnych typów cyrkulacji nad Polską (C_L) wg Osuchowskiej-Klein w latach 1901-1975. Materiały źródłowe pochodzą z pracy K. Kożuchowskiego (1989).

Cyrkulacja cyklonalna, podobnie jak wschodnia, zachodnia i południkowa (miesięczne, sezonowe, półroczne i roczne liczby dni), ulega cykliczności od kilku do kilkunastu lat. Najkrótszy cykl ma długość 2,2 lat, a najdłuższy – 63,5 lat (grudzień). Najdłuższe cykle są zbliżone do znanych cykli aktywności Słońca o długości 57,0 i 60,0 lat (z lat 1749-1980).

Duże znaczenie poznawcze, wyjaśniające cykl Brücknera opadów atmosferycznych, mają cykle o długości ok. 30-35 lat. Cyrkulacja cyklonalna ulega także cykliczności około 20-letniej takiej, jak najsilniejsze cykle niektórych parametrów Układu Słonecznego.

Przekonamy się później, że cykl około 8-letni (lato 7,9 lat i zima 7,4 lat) kształtuje okresowość 8-letnią temperatury powietrza w Europie (i Polsce). Najdłuższe cykle cyrkulacji cyklonalnej w porach roku mają długość od 31,3 lat (wiosną) do 78,7 lat (zimą). Maksimum tego typu cyrkulacji przypada w połowie stycznia, a minimum – w lipcu.

Cyrkulacja cyklonalna w latach 1901-1975 ma tendencję malejącą, z wyjątkiem maja, czerwca i października, kiedy to występuje tendencja rosnąca – nieistotna statystycznie.

Największe spadki liczby dni z cyrkulacją cyklonalną występują w zimie (-13,3 dni/100lat) i w półroczu chłodnym (-18,5 dni/100lat). Roczne liczby dni z cyrkulacją cyklonalną malały w latach 1901-1975 średnio o 20,4 dni/100lat.

Cyrkulacja strefowa, czyli różnica ciśnienia (hPa) między równoleżnikami 35° i 65° na poziomie morza w latach 1899-1984. Gęste widma cyrkulacji strefowej zawierają cykle krótkie (paroletnie), średnie (kilkunastoletnie) i długie (kilkudziesięcioletnie). Długość cykli zmienia się od 2,2 do 80,0 lat (styczeń). Silne (o dość dużych amplitudach) są cykle o długościach 9,1-13,4 lat. Cykle te są zbliżone do cyklu 11-letniego aktywności Słońca, a także do cykli planetarnych: okresu obiegu Jowisza dookoła Słońca – 11,86 lat i jego wzajemnego położenia względem innych dużych planet: Urana – 13,81 lat i Neptuna – 12,78 lat.

Cyrkulacja strefowa cechuje się dużymi wahaniami rocznymi. Maksimum w cyklu rocznym przypada w grudniu, a minimum – w czerwcu.

Największymi spadkami indeksu cyrkulacji strefowej cechują się miesiące zimowe – od 1,88 do 4,64 hPa/100lat. Tendencja malejąca cyrkulacji strefowej w zimie wynosi średnio – 3,44 hPa/100lat. Średnia roczna wartość indeksu cyrkulacji strefowej maleje w latach 1899-1984 – średnio o 1,13 hPa/100lat.

Największą liczbę cykli wyznaczono na podstawie ciągów chronologicznych konsekwentnych 12-miesięcznych wartości (średnich ruchomych). Okresy Θ (lat) cyrkulacji wschodniej (C_E), zachodniej (C_W), południkowej (C), cyklonalnej (C_L) i strefowej (C_I) i odpowiadające im współczynniki korelacji wieloletniej przedstawiono poniżej:

C_E		C_W		C		C_L		C_I	
Θ	R	Θ	R	Θ	R	Θ	R	Θ	R
3,00	0,184	3,92	0,132	3,00	0,238	3,42	0,221	3,67	0,176
3,33	0,129	4,25	0,097	3,17	0,113	3,83	0,147	4,08	0,181
3,75	0,081	5,00	0,128	3,33	0,149	4,25	0,278	4,42	0,044
3,91	0,099	5,75	0,199	3,58	0,115	4,92	0,235	4,83	0,186
4,17	0,094	6,33	0,170	4,00	0,084	5,25	0,196	5,67	0,179
4,33	0,111	7,25	0,160	4,33	0,093	6,00	0,147	6,67	0,067
5,00	0,134	8,17	0,175	4,67	0,130	6,67	0,075	7,83	0,142
5,58	0,075	9,50	0,211	5,25	0,182	7,33	0,193	8,92	0,185
6,08	0,074	11,75	0,141	5,83	0,230	8,50	0,275	10,17	0,202
6,50	0,109	14,08	0,181	6,42	0,174	10,17	0,210	12,25	0,341
7,25	0,158	17,17	0,232	7,00	0,122	12,92	0,255	16,08	0,210
8,00	0,188	21,83	0,176	7,83	0,244	23,42	0,107	23,75	0,261
9,50	0,153	30,50	0,354	9,25	0,119	69,33	0,217	75,67	0,381
10,33	0,143	46,25	0,197	11,08	0,132				
12,08	0,124			16,33	0,339				
14,00	0,094			22,83	0,350				
16,92	0,393			61,17	0,491				
22,17	0,287								
29,75	0,344								
48,17	0,426								

Wyszczególnione cykle są istotne na poziomie ufności co najmniej 90% ze względu na dużą liczebność ($C_E, C_W, C - n = 1021$). Największymi amplitudami wahań cechują się cykle najdłuższe (46,25-75,67 lat). Współczynniki korelacji R sięgają 0,49 ($\Theta = 61,17$ lat) w przypadku cyrkulacji południkowej. Bardzo silne są cykle: 48-letni ($R = 0,43$) cyrkulacji wschodniej i 76-letni cyrkulacji strefowej ($R = 0,38$), a także 30-letni cyrkulacji zachodniej ($R = 0,35$), kształtujący opady atmosferyczne (cykl Brücknera).

Najważniejsze wyniki badań dotyczące cyklicznych wahań i tendencji cyrkulacji atmosferycznej w Europie pochodzą z tomu *X Atlasu współzależności parametrów meteorologicznych i geograficznych w Polsce* (Boryczka, Stopa-Boryczka i inni, 1987).

2. Wpływ Oscylacji Północnego Atlantyku na klimat Polski

Na klimat zachodniej i środkowej Europy (i Polski) dominujący wpływ mają dwa główne centra ciśnienia atmosferycznego: Wyż Azorski (antycyklon) i Niż Islandzki (cyklon). Te dwa centra baryczne uwarunkowane wymianą ciepła między wodami Atlantyku Północnego i lądem są ze sobą ujemnie skorelowane. Jeżeli ciśnienie w Wyżu Azorskim rośnie, to ciśnienie w Nizu Islandzkim – maleje i przeciwnie. Jest to tzw. Oscylacja Północnego Atlantyku (North Atlantic Oscillation, NAO), warunkująca oscylację strefową (równoleżnikową).

Jeżeli w Wyżu Azorskim ciśnienie rośnie (jednocześnie w Nizu Islandzkim maleje), to powstaje duża południkowa różnica ciśnienia atmosferycznego tj. duży gradient baryczny skierowany na północ. Wtedy powietrze znad Atlantyku przemieszcza się wzdłuż równoleżników z zachodu na wschód – nad obszar Polski.

Natomiast podczas spadku ciśnienia w Wyżu Azorskim (i jednocześnie wzrostu ciśnienia w Nizu Islandzkim) gradient baryczny ma kierunek równoleżników (W lub E), to powietrze przemieszcza się wzdłuż południków (cyrkulacja południkowa) na północ lub południe. Wówczas nad obszar Polski napływa powietrze z południa lub północy.

Miarami natężenia Oscylacji Północnego Atlantyku (NAO) są różnice odchyłeń od średniego ciśnienia atmosferycznego na poziomie morza między Wyżem Azorskim a Nizem Islandzkim. Są nimi: wskaźnik Hurrela (1995) – różnica ciśnienia między Lizboną a Stykkisholmur i Rejkjawiakiem podczas zimy morskiej XII-III, wskaźnik Rogersa (1984) – standaryzowane różnice ciśnienia między Ponta Delgata (Azory) i Akurcyri (Islandia) oraz wskaźnik Jonesa, Jonssona i Wheelera (1997) – różnice ciśnienia między Gibraltarem i południowo-zachodnią Islandią.

Badania nad wpływem Oscylacji Północnego Atlantyku na temperaturę powietrza w północno-zachodniej Polsce i na wybrzeżu Bałtyku zapoczątkowane zostały przez A.A. Marsza (1999) i rozszerzone w publikacjach A.A. Marsza (2001) i A. Styszyńskiej (2001).

Na dużą zależność pola temperatury powietrza w Polsce Północnej od wskaźnika *NAO* Hurrella w latach 1864-1995 wskazują współczynniki korelacji (np. Koszalin, I-III, $r = 0,70$). Wykazano też, że około 8-letnia okresowość temperatury powietrza jest spowodowana 8-letnim cyklem zmian natężenia i faz (dodatniej i ujemnej) wskaźnika *NAO*, zwłaszcza w zimie.

Wpływ Oscylacji Północnego Atlantyku na temperaturę powietrza w całej Polsce opisują zarówno proste regresji cechujące się znacznymi wartościami współczynników determinacji, jak też mapy izarytm współczynników regresji.

Dodatnie wartości współczynników regresji (i korelacji) świadczą, że zimy w Polsce są cieplejsze przy większych gradientach południkowych ciśnienia atmosferycznego, a chłodniejsze – przy mniejszych. Podczas intensywniejszej cyrkulacji strefowej (zachodniej) więcej ciepła w zimie znad Atlantyku Północnego jest przenoszone nad Polskę.

Nowością są prognozy zim w Polsce na podstawie temperatury wody w określonych akwenach Atlantyku Północnego (Marsz, 2001). Równania prognostyczne regresji średniego pola temperatury powietrza w Polsce (29 stacji) względem anomalii temperatury wody w trzech rejonach Atlantyku Północnego cechują się dużym wskaźnikiem determinacji R^2 prawie 80% (błędem standardowym estymacji $2,3^\circ\text{C}$). Umożliwia ono prognozę temperatury powietrza w zimie z około 6-miesięcznym wyprzedzeniem.

3. Prognozy zmian Oscylacji Północnego Atlantyku (*NAO*) w XXI wieku

Klimat Europy Zachodniej i Środkowej (także Polski) jest kształtowany przez cyrkulację strefową (równoleżnikową), uwarunkowaną składową południkową poziomego gradientu pola ciśnienia atmosferycznego $\left(-\frac{\partial p}{\partial \varphi}\right)$. Jeżeli gradient baryczny $-\frac{\partial p}{\partial \varphi}$ jest dodatni (ciśnienie ku północy maleje) – to wiatr gradientowy ma kierunek równoleżników. Wtedy powietrze znad Oceanu Atlantyckiego napływa wzdłuż równoleżników nad kontynent Europy – z zachodu na wschód. W zimie napływa powietrze cieplejsze znad Oceanu, a w lecie chłodniejsze.

Równoleżnikowe przemieszczanie się mas powietrza znad Oceanu Atlantyckiego nad obszar Europy (i Polski) dobrze określa wskaźnik Oscylacji Północnego Atlantyku (North Atlantic Oscillation index, *NAO*), zdefiniowany przez P.D. Jonesa i innych (1997). *NAO* – to różnica ciśnienia (Δp) na poziomie morza między Gibraltarem i Islandią Południowo-Zachodnią. Jeżeli ciśnienie maleje ku północy ($NAO > 0$), to „transport” mas powietrza odbywa się w kierunku wschodnim (E), a gdy ciśnienie rośnie ku północy ($NAO < 0$) – w kierunku zachodnim (W).

Dotychczasowe wyniki badań autorów w tym zakresie przedstawiono w dwóch tomach *Atlasu współzależności parametrów meteorologicznych i geograficznych w Polsce*: w tomie XIII pt. *Cykliczne zmiany klimatu miast w Europie* (1999) i tomie XIV pt. *Prognozy zmian klimatu Warszawy* (2000).

3.1. Widma wskaźnika NAO w latach 1825-1997

W tomie XV *Atlasu* rozszerzono badania okresowych zmian wskaźnika Oscylacji Północnego Atlantyku (NAO) w latach 1825-1997, wyodrębniając także poszczególne miesiące. Widma wskaźnika NAO wyznaczono metodą „sinusoid regresji” w paśmie 2,1-175 lat (z odstępem $\Delta\Theta = 0,1$ roku):

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

Widma wskaźnika NAO w poszczególnych miesiącach, porach roku (wiosna – III-V, lato – VI-VIII, jesień – IX-XI, zima – XII-II, zima morska – XII-III), półroczach (chłodne – X-III, ciepłe – IV-IX) i roku (I-XII) przedstawiono na rys. 1b-20b.

Parametry cykli: okresy Θ , amplitudy b i fazy c oraz wariancje resztkowe ε^2 i współczynniki korelacji R zestawiono w tab. 3a-3d. Są to cykle o najmniejszych wartościach wariancji resztkowej ε^2 (największych współczynnikach korelacji R). W widmach są obecne zarówno krótkie i średnie okresy, jak też bardzo długie:

Wiosna		Lato		Jesień		Zima		Rok	
Θ	R	Θ	R	Θ	R	Θ	R	Θ	R
5,7	0,23	4,7	0,19	3,6	0,17	5,0	0,22	5,0	0,20
6,5	0,22	7,8	0,17	7,3	0,22	7,8	0,27	7,8	0,29
11,1	0,13	10,3	0,20	8,8	0,17	8,3	0,24	9,0	0,17
13,4	0,21	11,1	0,09	16,6	0,24	11,3	0,13	11,2	0,16
23,9	0,19	13,8	0,14	24,2	0,20	15,5	0,17	13,1	0,20
45,5	0,16	39,5	0,14	29,9	0,20	37,1	0,16	29,3	0,13
106,3	0,09	83,2	0,17	75,3	0,16	71,5	0,17	37,0	0,09

Średnie roczne wartości wskaźnika NAO wykazują przede wszystkim cykliczność 7,8-letnią, cechującą się największym współczynnikiem korelacji $R = 0,29$.

Najdłuższe okresy obecne w seriach sezonowych wartości wskaźnika NAO wynoszą: wiosna – 106,3 lat, lato – 83,2 lat, jesień – 75,3 lat, zima – 105,2 lat. Natomiast średnie miesięczne wartości wskaźnika NAO cechują się okresowością od 77,1 lat w sierpniu do 144,2 w październiku.

3.2. Zmiany wskaźnika NAO w XVIII-XXI wieku

Najsilniejsze cykle wskaźnika *NAO* (o najmniejszej wariancji resztkowej) obecne w widmach zastosowano w prognozach Oscylacji Północnego Atlantyku. Na podstawie interferencji tych cykli

$$NAO = a_0 + at + \sum_{j=1}^k b_j \sin\left(\frac{2\pi}{\Theta_j} t + c_j\right)$$

z uwzględnieniem składnika liniowego *at* wyznaczono wartości wskaźnika *NAO* w latach 1700-2100: 1700-1824 – rekonstrukcja, 1825-1997 – aproksymacja, 1998-2100 – prognoza.

Wykresy zmian wskaźnika *NAO* w latach 1700-2100 w poszczególnych miesiącach, sezonach, półroczach i roku przedstawiono na rys. 1b-20b.

W prognozach tych przyjęto założenie, że w bieżącym stuleciu będzie występować analogiczna cykliczność jak w latach 1825-1997. Ponadto założono też, że składnik liniowy trendu czasowego *at* nie ulegnie zmianie w stuleciu XXI.

Wyniki obliczeń odniesiono do średnich konsekwentnych 11-letnich wskaźnika *NAO* w latach 1825-1997.

Opracowano również bardziej wiarygodne prognozy wskaźnika *NAO*, wynikające z interferencji samych cykli

$$NAO = a_0 + \sum_{j=1}^k b_j \sin\left(\frac{2\pi}{\Theta_j} t + c_j\right)$$

bez składnika liniowego *at*.

Wykresy zmian wskaźnika *NAO* w latach 1700-2100 w poszczególnych miesiącach, sezonach, półroczach i roku na podstawie tylko cykli przedstawiono na rys. 21-30. Wykresy zmian wskaźnika *NAO* w przedziale aproksymacji 1825-1997 są takie same jak na rys. 1b-20b.

Ocenami dokładności aproksymacji (dokładności trendów czasowych) są wariancje resztkowe ε^2 oraz współczynnik korelacji wielokrotnej *R* i współczynnik specjalny korelacji R_s określone wzorami:

$$R = \left(1 - \frac{\varepsilon^2}{s^2}\right)^{0,5}, \quad s^2 - \text{wariancja zmiennej } y$$

$$R_p = \left(2 \cdot \sum_{i=1}^n y_i y_i' - \sum_{i=1}^n y_i^2\right)^{0,5} \left(\sum_{i=1}^n y_i^2\right)^{-0,5}$$

gdzie: y_i – wartości zmierzone, y_i' – wartości obliczone z funkcji trendu czasowego $y' = f(t)$

Oceny dokładności równań prognostycznych wskaźnika *NAO* wraz z wartościami średnich NAO_{sr} i wariancji s^2 zestawiono w tab. 4.

Coraz cieplejsze zimy są wywołane wzrostem cyrkulacji strefowej, tj. nasilającym się ocieplającym oddziaływaniem wód Oceanu Atlantyckiego (*NAO* rośnie średnio o 0,74/10 lat). Nieco cieplejsze lata są również uwarunkowane zmianami cyrkulacji strefowej. Po prostu słabnie ochładzający wpływ Oceanu Atlantyckiego na klimat Europy (*NAO* maleje średnio o 0,2/10 lat). Świadczą o tym porównania wykresów zmian wiekowych wskaźnika *NAO* i temperatury powietrza w Warszawie, Krakowie, Pradze i Genewie w tym samym przedziale czasu 1825-1997.

Prognozowane wartości wskaźnika *NAO* w zimie wykazują bardzo duże wahania na początku XXI wieku, głębokie minimum – w połowie stulecia i ponowny wzrost pod koniec XXI wieku. Można więc oczekiwać w najbliższych latach na przemian ciepłych i mroźnych zim i głębokiego naturalnego ochłodzenia w latach 2025-2050.

Natomiast prognozowane wartości wskaźnika *NAO* w lecie będą oscylować wokół średniej wiekowej. Zakres wahań temperatury powietrza w lecie z roku na rok będzie podobny jak w latach 1825-1997. Nie należy oczekiwać postępującego ocieplenia w lecie (tendencji malejącej wskaźnika *NAO* w lecie jak dotychczas, rys. 21-30).

Tab. 3a. Okresy Θ , amplitudy b , fazy c wskaźnika Oscylacji Północnego Atlantyku NAO w latach 1825-1997 (ε^2 – wariancja resztkowa, R – współczynnik korelacji) – styczeń-czerwiec
 The periods Θ , amplitudes b and phases c of the North Atlantic Oscillation index NAO in the years 1825-1997 (ε^2 - rest variance, R – coefficient of correlation) – January-June

Styczeń					Luty				
Θ	b	c	ε^2	R	Θ	b	c	ε^2	R
3,7	0,518	1,5960	3,343	0,204	4,0	0,459	-1,5189	4,471	0,146
6,1	0,587	-2,9907	3,294	0,236	5,2	0,544	1,5370	4,422	0,179
7,0	0,239	0,9375	3,449	0,106	5,8	0,370	0,8160	4,506	0,117
7,8	0,435	-0,2659	3,334	0,210	7,7	0,631	-1,1427	4,384	0,201
8,3	0,475	2,0305	3,290	0,239	8,7	0,446	-2,4342	4,454	0,158
9,4	0,344	1,8202	3,372	0,183	9,3	0,481	2,5291	4,459	0,155
10,0	0,348	-0,2506	3,381	0,176	11,3	0,690	-1,6197	4,368	0,209
21,4	0,532	1,1173	3,306	0,229	14,2	0,398	-0,6607	4,481	0,138
28,7	0,358	-0,0422	3,370	0,184	15,8	0,471	1,3192	4,449	0,162
35,8	0,234	-1,4414	3,415	0,145	39,3	0,500	-2,8265	4,401	0,191
66,2	0,473	1,0957	3,315	0,223	92,7	0,313	-2,1026	4,490	0,131
133,4	0,301	-0,0767	3,416	0,144					

Marzec					Kwiecień				
Θ	b	c	ε^2	R	Θ	b	c	ε^2	R
3,7	0,617	2,9263	2,853	0,266	3,0	0,560	-2,5786	2,840	0,227
4,0	0,321	-1,2738	3,000	0,151	3,8	0,410	-0,1623	2,905	0,173
5,1	0,387	2,0128	3,006	0,145	5,4	0,375	2,6826	2,921	0,156
5,4	0,497	0,8293	2,961	0,189	6,4	0,414	1,6263	2,910	0,168
6,6	0,463	1,9360	2,968	0,183	11,4	0,408	2,7927	2,929	0,147
7,5	0,359	1,5111	3,002	0,149	13,5	0,439	-1,2556	2,889	0,187
13,3	0,314	-1,9303	3,012	0,138	15,0	0,387	-2,1823	2,912	0,166
14,7	0,315	-2,3883	3,005	0,146	24,4	0,548	-2,6358	2,828	0,236
16,7	0,243	-0,6391	3,024	0,123	30,0	0,419	0,1405	2,922	0,155
37,9	0,234	-1,3838	3,030	0,115	47,6	0,638	1,2723	2,759	0,280
77,1	0,382	2,7969	2,979	0,172	84,1	0,073	0,4796	2,968	0,093

Maj					Czerwiec				
Θ	b	c	ε^2	R	Θ	b	c	ε^2	R
2,6	0,351	0,9630	1,695	0,187	2,8	0,259	2,7770	2,130	0,126
3,7	0,323	-1,7885	1,704	0,173	4,2	0,232	-2,9949	2,131	0,124
5,6	0,273	2,9611	1,712	0,159	4,8	0,492	-1,5807	2,030	0,249
6,1	0,292	-2,3057	1,712	0,159	5,5	0,505	-2,4955	2,031	0,248
6,4	0,286	-2,8761	1,712	0,159	6,1	0,492	-1,4950	2,052	0,228
6,8	0,280	2,7623	1,705	0,171	8,2	0,292	1,0140	2,114	0,152
7,7	0,254	1,1912	1,718	0,148	9,2	0,467	-2,5299	2,035	0,244
8,7	0,311	3,0852	1,706	0,169	10,3	0,403	0,4984	2,069	0,210
10,8	0,315	1,5235	1,705	0,171	13,8	0,257	0,1220	2,118	0,146
46,0	0,252	3,1258	1,712	0,159	48,0	0,239	2,0975	2,100	0,172
142,0	0,277	-1,8792	1,714	0,155	83,2	0,396	-1,5374	2,065	0,214

Tab. 3b. Okresy Θ , amplitudy b , fazy c wskaźnika Oscylacji Północnego Atlantyku NAO w latach 1825-1997 (ε^2 – wariancja resztkowa, R – współczynnik korelacji) – lipiec-grudzień
 The periods Θ , amplitudes b and phases c of the North Atlantic Oscillation index NAO in the years 1825-1997 (ε^2 - rest variance, R - coefficient of correlation) – July-December

Lipiec					Sierpień				
Θ	b	c	ε^2	R	Θ	b	c	ε^2	R
2,9	0,409	1,440	2,3920	0,179	3,9	0,521	2,5245	2,968	0,213
4,3	0,479	-2,656	2,3650	0,207	5,9	0,336	-0,4069	3,026	0,163
4,6	0,513	1,622	2,3350	0,235	6,5	0,322	-1,0730	3,054	0,133
5,5	0,285	1,747	2,4020	0,167	7,3	0,562	3,1067	2,965	0,215
5,8	0,349	-1,211	2,3860	0,185	7,8	0,422	0,4388	2,965	0,215
6,5	0,261	-2,453	2,4360	0,119	8,3	0,460	2,4489	2,955	0,223
9,5	0,302	-1,428	2,4260	0,135	9,2	0,316	-0,5663	3,032	0,157
10,1	0,338	2,598	2,4100	0,157	9,8	0,236	0,3606	3,051	0,137
12,8	0,338	0,509	2,4180	0,146	16,9	0,385	-2,8921	3,022	0,167
15,5	0,262	1,336	2,4240	0,138	37,9	0,292	2,6739	3,068	0,115
58,2	0,139	-0,873	2,4460	0,101	50,2	0,282	2,7790	3,062	0,123
96,1	0,247	1,205	2,3910	0,180	77,1	0,075	1,6436	3,084	0,090

Wrzesień					Październik				
Θ	b	c	ε^2	R	Θ	b	c	ε^2	R
3,0	0,351	1,387	2,3480	0,165	4,6	0,415	-2,4558	2,422	0,178
4,0	0,394	-1,984	2,3350	0,180	5,1	0,463	1,2987	2,397	0,204
5,3	0,362	-3,135	2,3460	0,167	5,8	0,309	2,9125	2,442	0,154
6,4	0,481	-0,977	2,2990	0,218	6,6	0,501	-0,7611	2,338	0,255
7,3	0,318	-3,041	2,3630	0,145	7,7	0,546	-2,7273	2,353	0,243
8,9	0,631	-1,277	2,2140	0,287	12,6	0,250	-1,6968	2,447	0,147
11,2	0,368	-2,638	2,3330	0,183	14,0	0,308	2,8379	2,437	0,160
13,6	0,393	-0,269	2,3180	0,199	16,6	0,481	-1,8882	2,379	0,221
20,9	0,307	1,854	2,3480	0,165	25,3	0,370	-0,5315	2,401	0,200
29,7	0,499	-2,730	2,2510	0,259	47,2	0,290	-1,9991	2,464	0,122
38,5	0,204	-0,133	2,3650	0,142	144,2	0,436	-2,2671	2,399	0,202
80,8	0,311	-0,016	2,3500	0,162					

Listopad					Grudzień				
Θ	b	c	ε^2	R	Θ	b	c	ε^2	R
3,6	0,452	-1,097	3,0380	0,173	4,9	0,422	1,8490	3,378	0,188
4,4	0,532	-2,014	3,0010	0,205	5,1	0,410	-0,1878	3,378	0,188
5,4	0,377	2,163	3,0400	0,172	5,7	0,525	-2,0927	3,356	0,204
5,8	0,500	-2,250	3,0040	0,202	6,1	0,569	-0,9386	3,331	0,221
6,2	0,403	-0,843	3,0500	0,162	7,2	0,400	2,3659	3,428	0,146
6,5	0,386	-1,252	3,0350	0,176	7,9	0,395	0,6235	3,404	0,168
8,1	0,423	0,390	3,0270	0,183	8,3	0,307	-2,7593	3,443	0,130
16,0	0,509	-2,167	2,9650	0,231	9,0	0,381	-0,8077	3,416	0,157
18,1	0,350	1,188	3,0220	0,188	15,3	0,429	2,6004	3,411	0,162
21,8	0,472	-2,379	2,9900	0,213	30,8	0,300	-0,8739	3,441	0,132
47,0	0,472	0,319	3,0210	0,188	100,5	0,335	1,3757	3,458	0,113
84,3	0,167	-1,689	3,0890	0,117					

Tab. 3c. Okresy Θ , amplitudy b , fazy c wskaźnika Oscylacji Północnego Atlantyku NAO w latach 1825-1997 (ε^2 – wariancja resztkowa, R – współczynnik korelacji) – wiosna-półrocze ciepłe
 The periods Θ , amplitudes b and phases c of the North Atlantic Oscillation index NAO in the years 1825-1997 (ε^2 - rest variance, R – coefficient of correlation) – spring-warm period

Wiosna					Lato				
Θ	b	c	ε^2	R	Θ	b	c	ε^2	R
4,0	0,181	-1,4713	0,736	0,154	4,7	0,264	0,4835	0,958	0,187
4,9	0,182	-1,3647	0,735	0,158	5,5	0,241	2,8063	0,968	0,157
5,4	0,160	1,4784	0,731	0,174	7,8	0,218	-0,2406	0,963	0,173
5,7	0,262	2,5651	0,715	0,227	9,0	0,190	0,1523	0,969	0,154
6,5	0,267	-0,7303	0,718	0,218	10,3	0,231	0,3288	0,952	0,202
8,0	0,178	1,2508	0,738	0,145	11,1	0,048	-0,5951	0,984	0,093
11,1	0,159	-0,1727	0,741	0,130	12,2	0,177	-1,1792	0,976	0,129
13,4	0,233	-1,5622	0,721	0,209	12,7	0,145	-1,2482	0,975	0,133
23,9	0,212	-0,0728	0,727	0,189	13,8	0,212	-0,0399	0,973	0,141
30,2	0,066	2,2335	0,748	0,088	39,5	0,163	2,9747	0,972	0,144
45,5	0,208	1,7535	0,734	0,162	55,3	0,043	-0,3269	0,979	0,117
106,3	0,129	1,0466	0,748	0,088	83,2	0,107	-1,0707	0,963	0,173

Jesień					Zima (XII-II)				
Θ	b	c	ε^2	R	Θ	b	c	ε^2	R
3,6	0,245	-0,9597	0,871	0,175	4,7	0,306	-0,8877	1,492	0,170
7,3	0,246	2,6674	0,856	0,218	5,0	0,385	-2,9488	1,462	0,220
7,7	0,261	-2,4323	0,858	0,213	5,8	0,291	0,8859	1,487	0,180
8,2	0,125	-0,8556	0,887	0,114	7,8	0,417	-0,1245	1,423	0,272
8,8	0,216	2,4073	0,872	0,172	8,3	0,316	2,3028	1,450	0,237
11,1	0,071	-0,1688	0,895	0,063	8,8	0,260	-0,1067	1,478	0,195
13,0	0,084	2,5197	0,894	0,072	11,3	0,167	-0,9475	1,509	0,134
14,2	0,081	0,3685	0,893	0,079	12,5	0,217	2,6815	1,508	0,136
16,6	0,296	-1,2331	0,848	0,237	15,5	0,235	-0,6106	1,495	0,165
24,2	0,202	2,5305	0,864	0,196	37,1	0,236	-2,1450	1,498	0,158
29,9	0,213	0,1603	0,861	0,205	71,5	0,298	1,8570	1,492	0,170
75,3	0,160	1,1901	0,875	0,162	105,2	0,312	1,0075	1,498	0,158

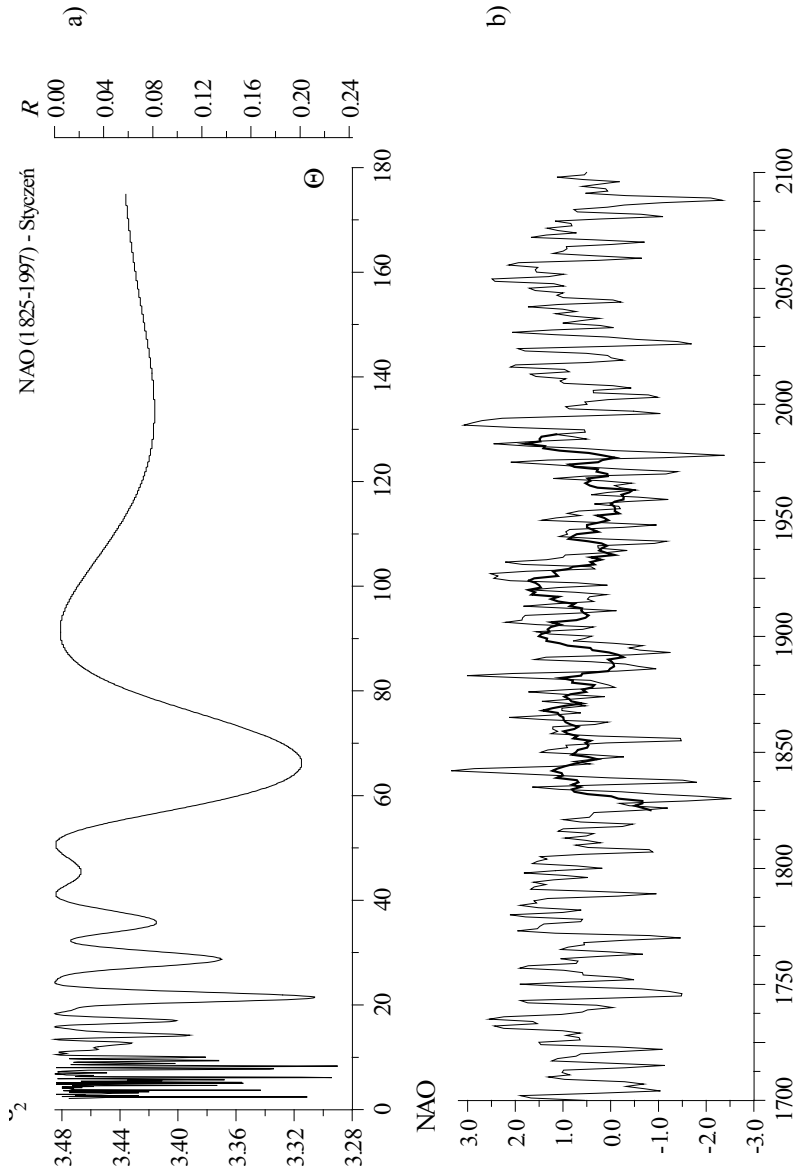
Półrocze chłodne					Półrocze ciepłe				
Θ	b	c	ε^2	R	Θ	b	c	ε^2	R
4,0	0,206	-1,5961	0,628	0,176	3,6	0,160	1,9046	0,482	0,156
5,0	0,260	-2,8126	0,612	0,236	4,5	0,143	-2,7252	0,483	0,149
5,8	0,201	1,6584	0,627	0,180	4,9	0,151	-1,5196	0,481	0,162
7,7	0,243	-1,4961	0,621	0,204	5,6	0,178	-2,7729	0,475	0,196
8,3	0,104	2,7288	0,634	0,147	7,3	0,126	2,7421	0,483	0,149
8,9	0,193	2,3421	0,622	0,200	9,0	0,124	0,6473	0,478	0,180
12,7	0,156	-0,7149	0,637	0,130	9,6	0,134	-0,9958	0,477	0,186
14,2	0,123	-0,0535	0,635	0,142	11,1	0,174	-0,2649	0,476	0,191
15,7	0,103	2,3740	0,636	0,136	13,5	0,207	-0,8308	0,469	0,225
17,6	0,124	0,7482	0,634	0,147	20,4	0,125	-0,2111	0,483	0,149
37,0	0,170	-2,8711	0,626	0,184	53,5	0,158	-2,2401	0,473	0,206
85,1	0,183	-1,5227	0,628	0,176	81,5	0,117	1,7121	0,480	0,168

Tab. 3d. Okresy Θ , amplitudy b , fazy c wskaźnika Oscylacji Północnego Atlantyku NAO w latach 1825-1997 (ε^2 – wariancja resztkowa, R – współczynnik korelacji) – rok-zima morska
The periods Θ , amplitudes b and phases c of the North Atlantic Oscillation index NAO in the years 1825-1997 (ε^2 - rest variance, R – coefficient of correlation) – year-winter

Rok					Zima (XII-III)				
Θ	b	c	ε^2	R	Θ	b	c	ε^2	R
4,0	0,139	-1,4503	0,233	0,203	4,0	0,252	-1,5412	1,107	0,167
5,0	0,137	-2,7960	0,233	0,203	5,0	0,316	-2,7416	1,087	0,213
7,8	0,209	-0,2000	0,222	0,294	5,7	0,276	2,1642	1,096	0,193
8,4	0,068	1,9571	0,239	0,128	7,7	0,425	-1,1004	1,045	0,287
9,0	0,097	-0,3085	0,236	0,170	8,8	0,294	-0,3686	1,085	0,217
11,2	0,097	2,6181	0,237	0,157	11,2	0,132	1,9923	1,125	0,109
13,1	0,139	3,0304	0,233	0,203	12,8	0,205	0,3100	1,119	0,131
15,6	0,087	-2,6204	0,239	0,128	14,1	0,181	0,1294	1,116	0,141
20,5	0,076	1,7585	0,240	0,111	21,7	0,169	2,7528	1,117	0,138
29,3	0,076	-2,6179	0,239	0,128	29,4	0,042	-1,8470	1,131	0,082
37,0	0,063	2,8804	0,241	0,091	37,3	0,229	-0,2942	1,100	0,184
52,6	0,064	0,3166	0,241	0,091	74,1	0,275	2,1886	1,095	0,196

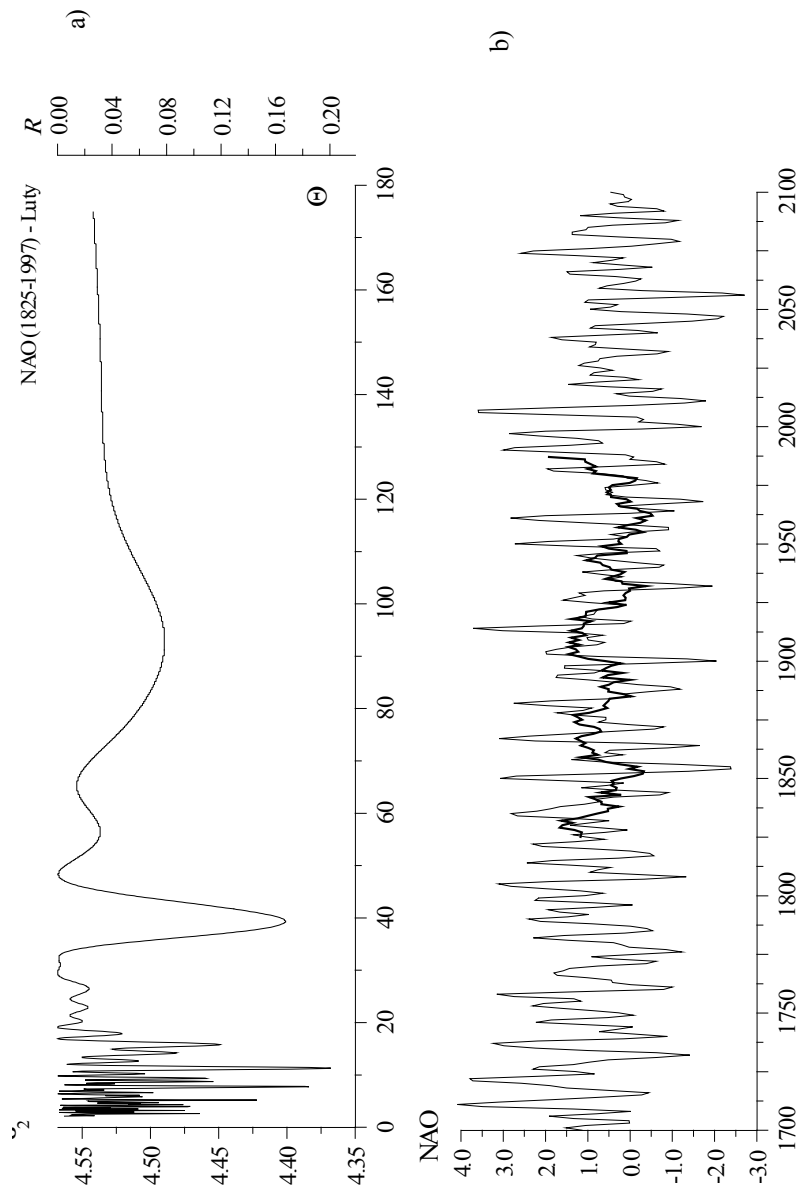
Tab. 4. Średnie NAO_{sr} , wariancje s^2 , wariancje resztkowe trendów czasowych ε^2 , współczynniki korelacji wielokrotnej R i specjalne współczynniki korelacji R_s wskaźnika Oscylacji Północnego Atlantyku w latach 1825-1997
The averages NAO_{sr} , variances s^2 , rest variances of the time trends ε^2 , coefficients of multiple correlation R and special coefficients correlation R_s of North Atlantic Oscillation index NAO in the years 1825-1997

Miesiące	NAO_{sr}	s^2	ε^2	R	R_s
Styczeń	0,570	3,485	2,231	0,600	0,644
Luty	0,656	4,568	3,222	0,543	0,596
Marzec	0,052	3,070	2,162	0,544	0,544
Kwiecień	0,309	2,994	1,871	0,612	0,628
Maj	-0,220	1,756	1,260	0,531	0,549
Czerwiec	-0,030	2,164	1,217	0,661	0,662
Lipiec	0,503	2,471	1,650	0,577	0,628
Sierpień	0,836	3,109	2,057	0,582	0,678
Wrzesień	-0,156	2,413	1,395	0,650	0,654
Październik	-0,490	2,501	1,534	0,622	0,664
Listopad	-0,198	3,132	1,902	0,627	0,633
Grudzień	0,253	3,502	2,503	0,534	0,546
Wiosna	0,046	0,754	0,517	0,561	0,562
Lato	0,434	0,993	0,662	0,577	0,663
Jesień	-0,287	0,899	0,623	0,554	0,604
Zima	0,496	1,537	0,972	0,606	0,674
Zima morska	0,385	1,139	0,734	0,596	0,655
Półrocze chłodne	0,144	0,648	0,432	0,578	0,595
Półrocze ciepłe	0,207	0,494	0,297	0,632	0,669
Rok	0,173	0,243	0,162	0,579	0,639



Rys. 1. Wskaźnik Oscylacji Północnego Atlantyku (NAO) – styczeń

- a) Widmo wskaźnika NAO w latach 1825-1997
 - b) Zmiany wskaźnika NAO w latach 1700-2100 – prognozy w XXI wieku
- The North Atlantic Oscillation index (NAO) – January
- a) Spectrum of NAO index in the years 1825-1997
 - b) Secular changes of NAO index in the years 1700-2100 – forecasts in 21st centuries



Rys. 2. Wskaźnik Oscylacji Północnego Atlantyku (NAO) – luty

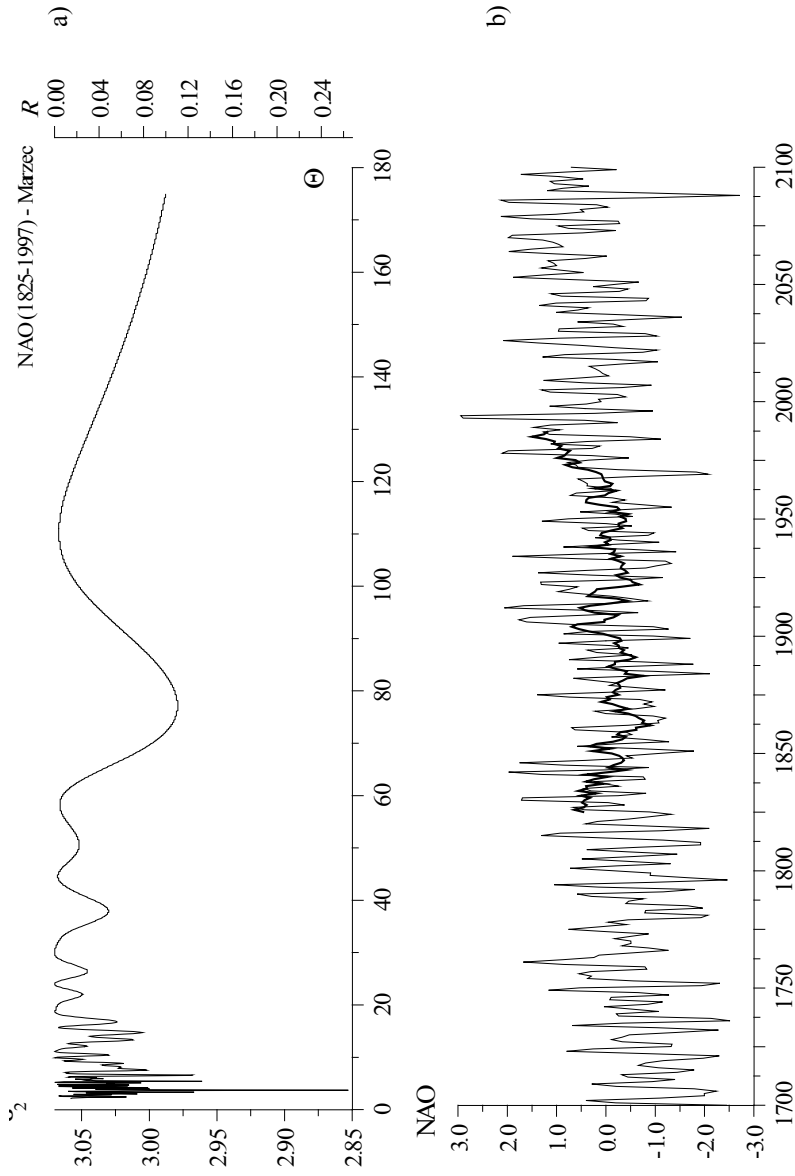
a) Widmo wskaźnika NAO w latach 1825-1997

b) Zmiany wskaźnika NAO w latach 1700-2100 – prognozy w XXI wieku

The North Atlantic Oscillation index (NAO) – February

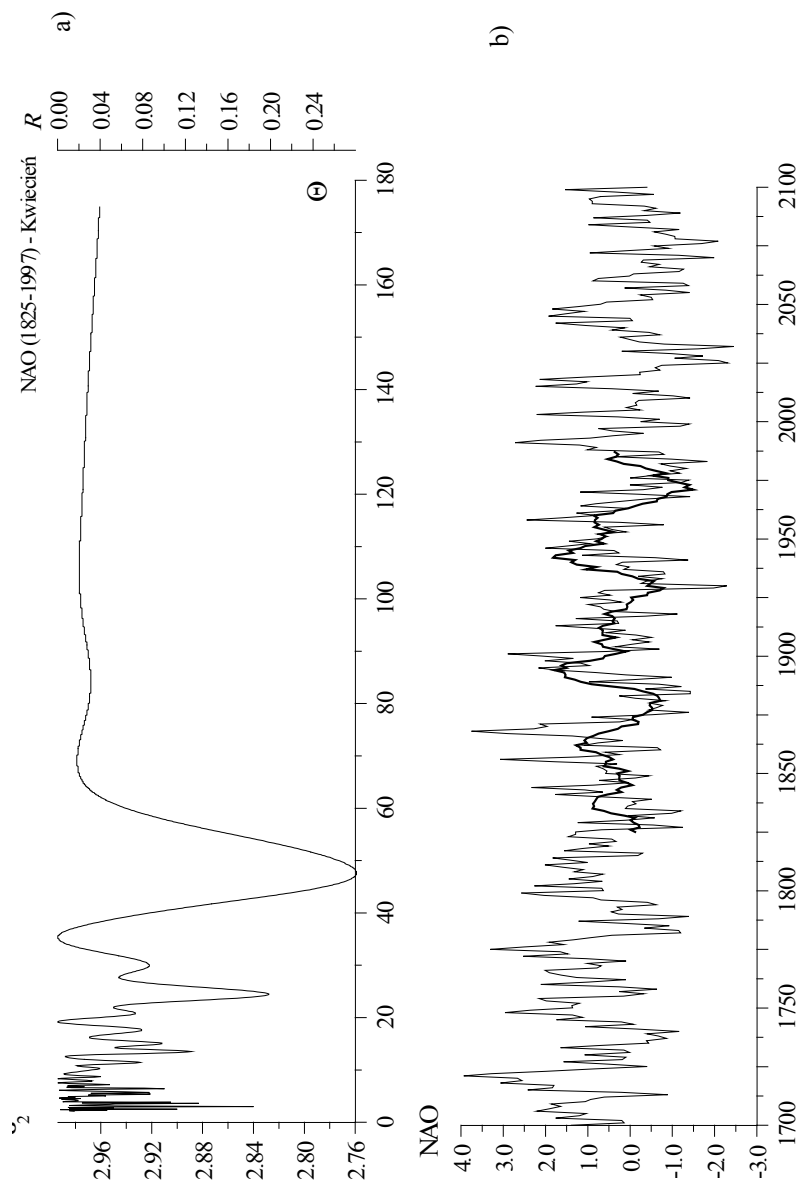
a) Spectrum of NAO index in the years 1825-1997

b) Secular changes of NAO index in the years 1700-2100 – forecasts in 21st centuries



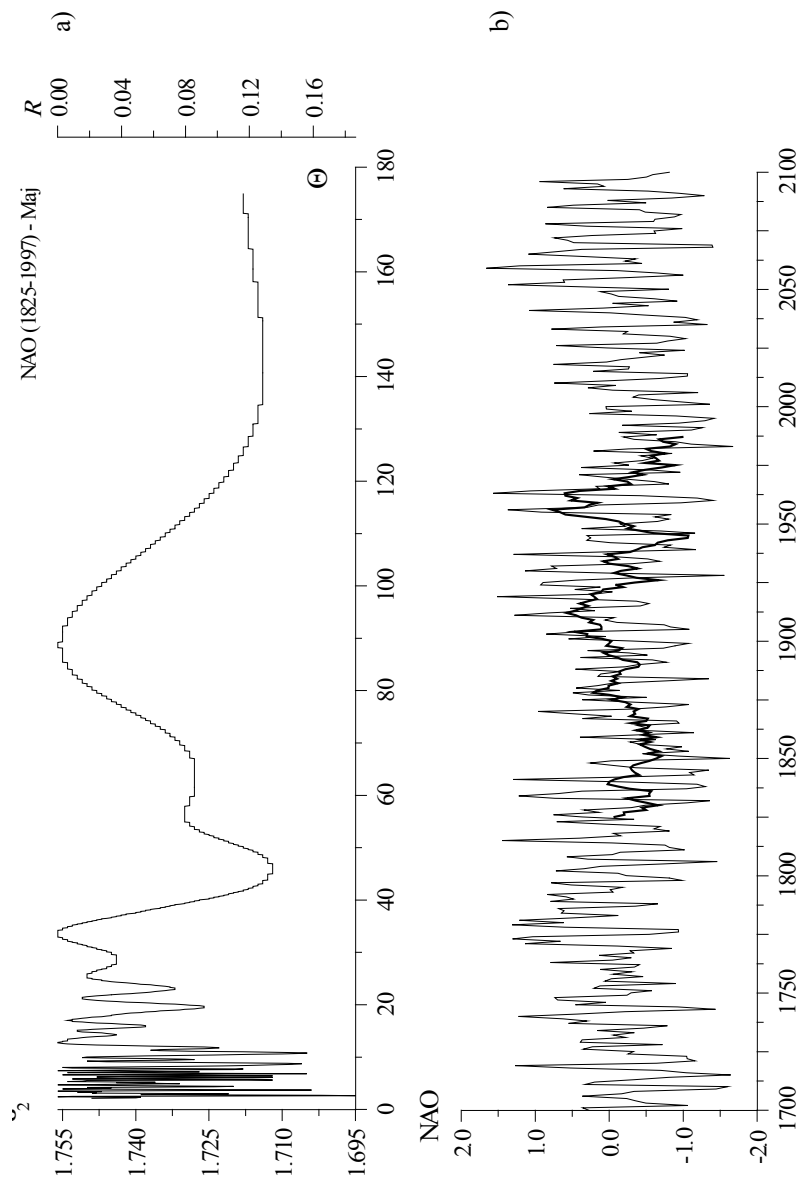
Rys. 3. Wskaźnik Oscylacji Północnego Atlantyku (NAO) – marzec

- a) Widmo wskaźnika NAO w latach 1825-1997
 - b) Zmiany wskaźnika NAO w latach 1700-2100 – prognozy w XXI wieku
- The North Atlantic Oscillation index (NAO) – March
- a) Spectrum of NAO index in the years 1825-1997
 - b) Secular changes of NAO index in the years 1700-2100 – forecasts in 21st centuries



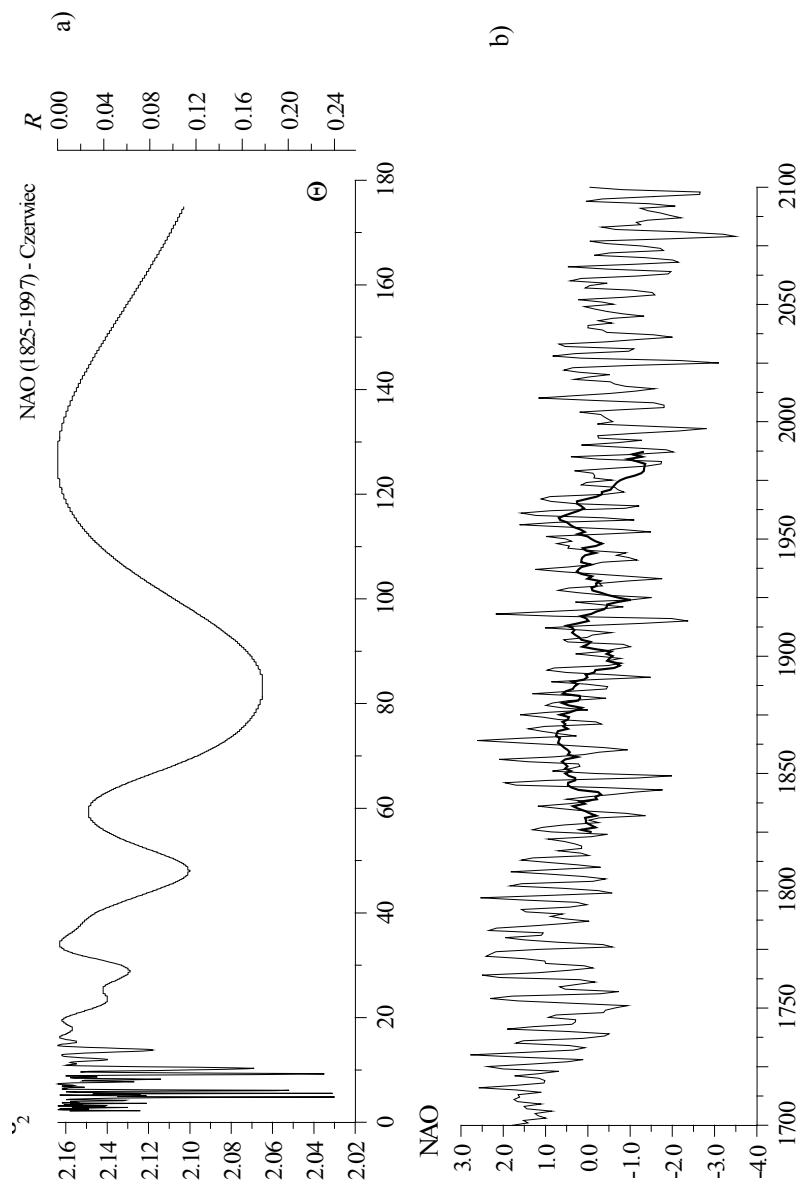
Rys. 4. Wskaźnik Oscylacji Północnego Atlantyku (NAO) – kwiecień

- a) Widmo wskaźnika NAO w latach 1825-1997
 - b) Zmiany wskaźnika NAO w latach 1700-2100 – prognozy w XXI wieku
- The North Atlantic Oscillation index (NAO) – April
- a) Spectrum of NAO index in the years 1825-1997
 - b) Secular changes of NAO index in the years 1700-2100 – forecasts in 21st centuries

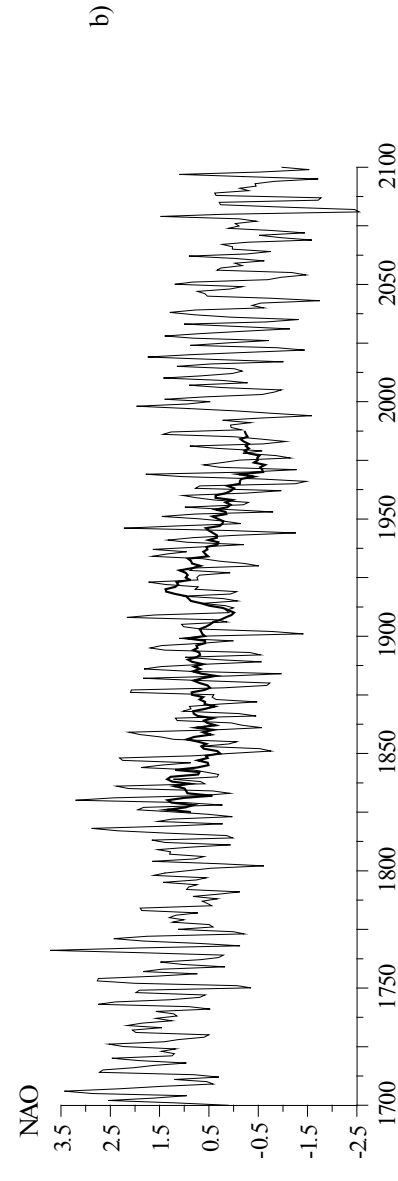
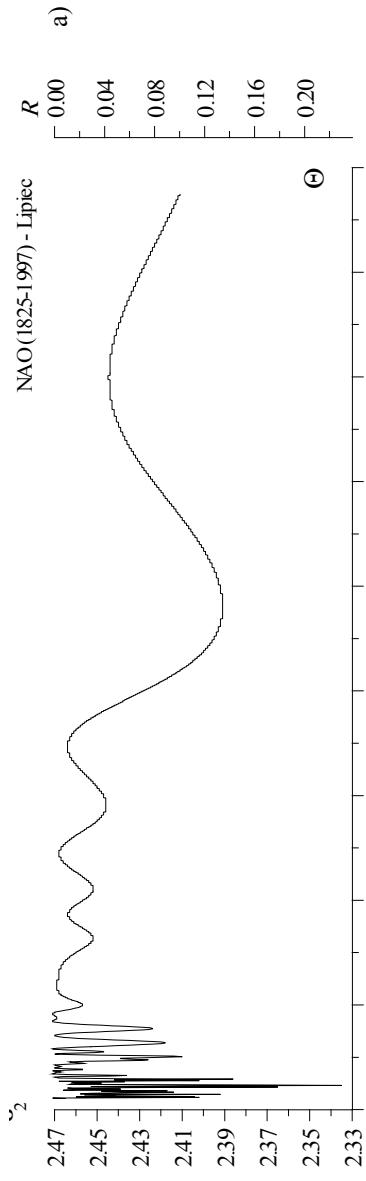


Rys. 5. Wskaźnik Oscylacji Północnego Atlantyku (NAO) – maj

- a) Widmo wskaźnika NAO w latach 1825-1997
 - b) Zmiany wskaźnika NAO w latach 1700-2100 – prognozy w XXI wieku
- The North Atlantic Oscillation index (NAO) – May
- a) Spectrum of NAO index in the years 1825-1997
 - b) Secular changes of NAO index in the years 1700-2100 – forecasts in 21st centuries

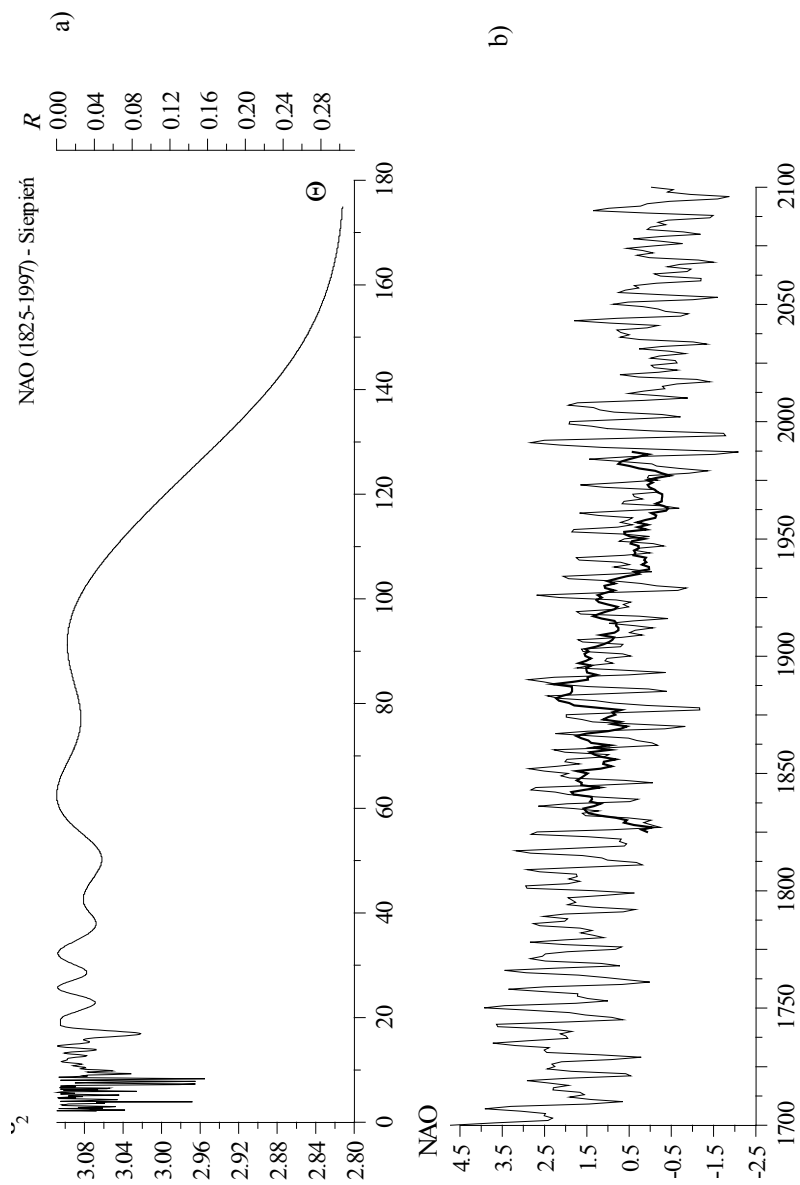


Rys. 6. Wskaźnik Oscylacji Północnego Atlantyku (NAO) – czerwiec
 a) Widmo wskaźnika NAO w latach 1825-1997
 b) Zmiany wskaźnika NAO w latach 1700-2100 – prognozy w XXI wieku
 The North Atlantic Oscillation index (NAO) – June
 a) Spectrum of NAO index in the years 1825-1997
 b) Secular changes of NAO index in the years 1700-2100 – forecasts in 21st centuries



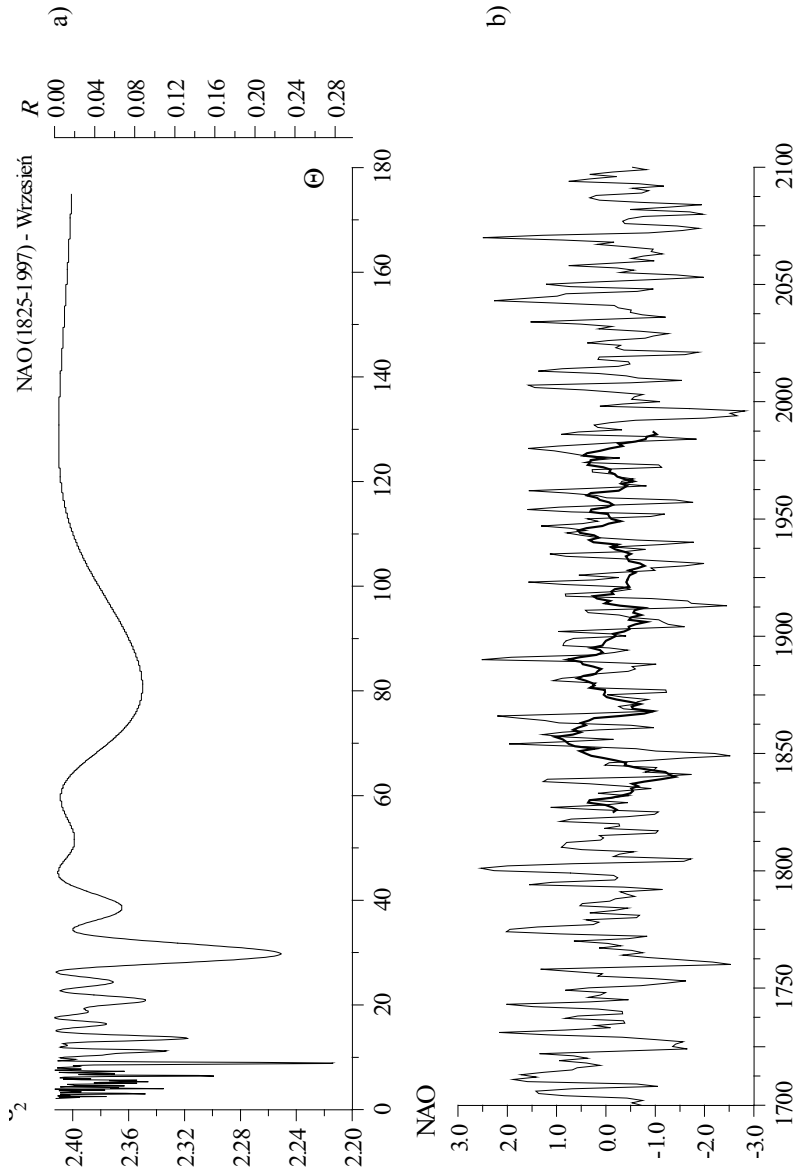
Rys. 7. Wskaźnik Oscylacji Północnego Atlantyku (NAO) – lipiec

- a) Widmo wskaźnika NAO w latach 1825-1997
 - b) Zmiany wskaźnika NAO w latach 1700-2100 – prognozy w XXI wieku
- The North Atlantic Oscillation index (NAO) – July
- a) Spectrum of NAO index in the years 1825-1997
 - b) Secular changes of NAO index in the years 1700-2100 – forecasts in 21st centuries



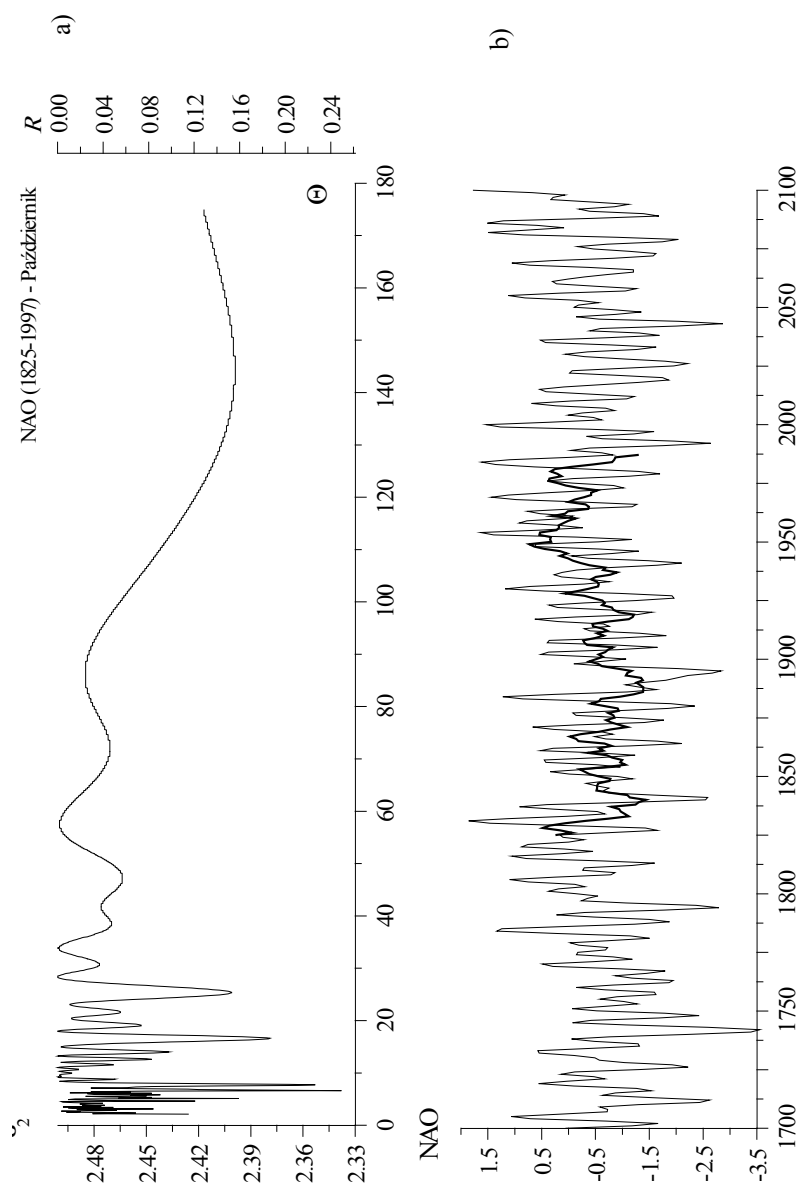
Rys. 8. Wskaźnik Oscylacji Północnego Atlantyku (NAO) – sierpień

- a) Widmo wskaźnika NAO w latach 1825-1997
 - b) Zmiany wskaźnika NAO w latach 1700-2100 – prognozy w XXI wieku
- The North Atlantic Oscillation index (NAO) – August
- a) Spectrum of NAO index in the years 1825-1997
 - b) Secular changes of NAO index in the years 1700-2100 – forecasts in 21st centuries



Rys. 9. Wskaźnik Oscylacji Północnego Atlantyku (NAO) – wrzesień

- a) Widmo wskaźnika NAO w latach 1825-1997
 - b) Zmiany wskaźnika NAO w latach 1700-2100 – prognozy w XXI wieku
- The North Atlantic Oscillation index (NAO) – September
- a) Spectrum of NAO index in the years 1825-1997
 - b) Secular changes of NAO index in the years 1700-2100 – forecasts in 21st centuries



Rys. 10. Wskaźnik Oscylacji Północnego Atlantyku (NAO) – październik

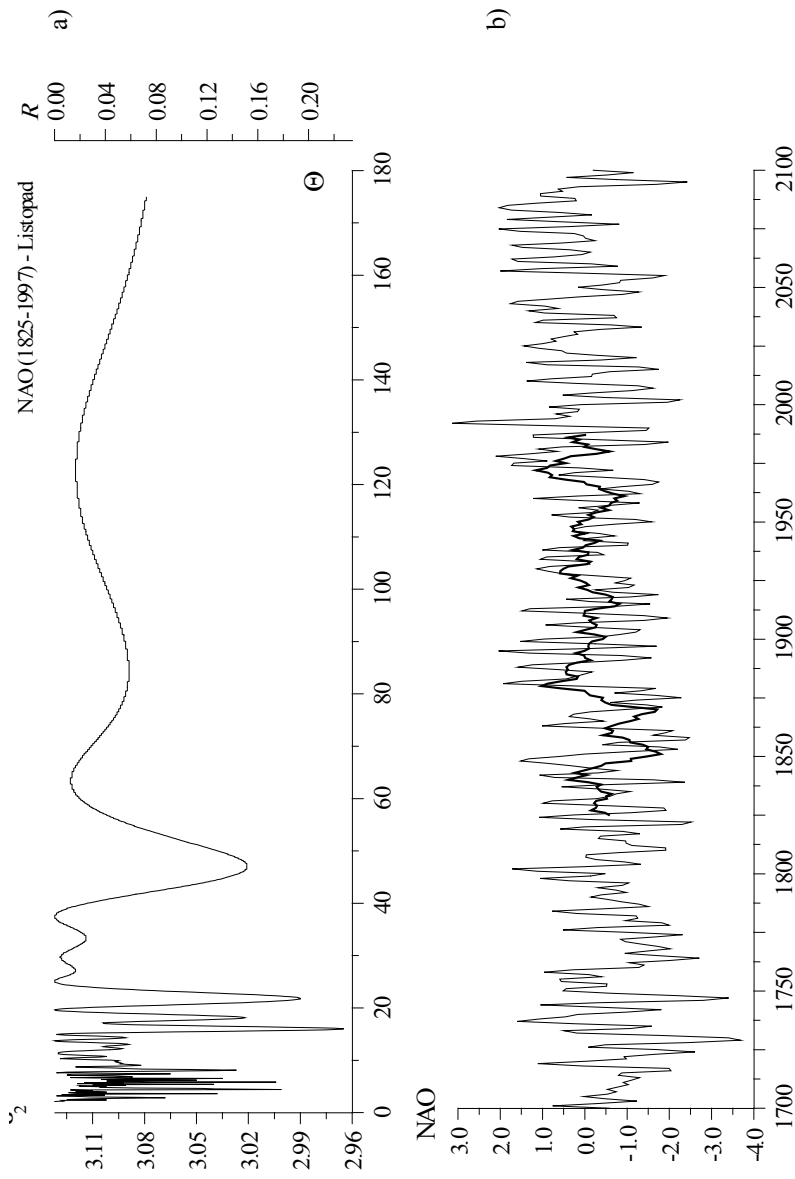
a) Widmo wskaźnika NAO w latach 1825-1997

b) Zmiany wskaźnika NAO w latach 1700-2100 – prognozy w XXI wieku

The North Atlantic Oscillation index (NAO) – October

a) Spectrum of NAO index in the years 1825-1997

b) Secular changes of NAO index in the years 1700-2100 – forecasts in 21st centuries



Rys. 11. Wskaźnik Oscylacji Północnego Atlantyku (NAO) – listopad

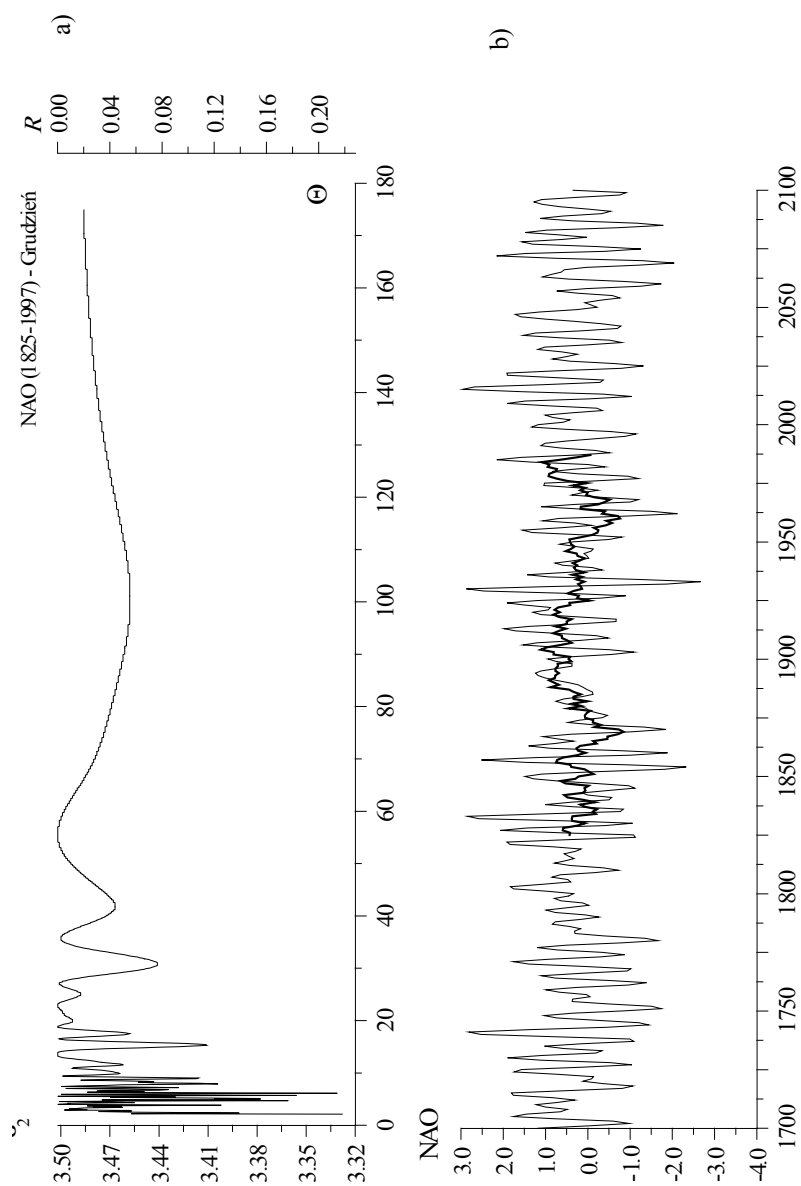
a) Widmo wskaźnika NAO w latach 1825-1997

b) Zmiany wskaźnika NAO w latach 1700-2100 – prognozy w XXI wieku

The North Atlantic Oscillation index (NAO) – November

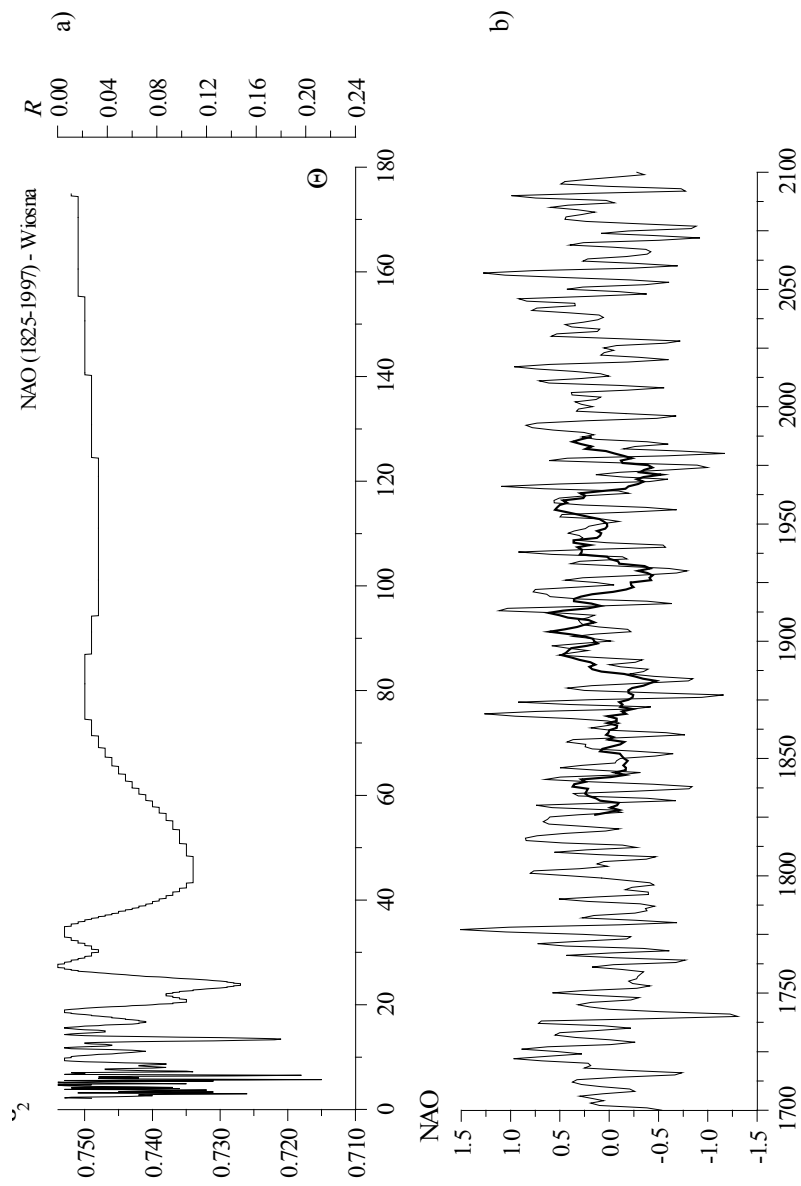
a) Spectrum of NAO index in the years 1825-1997

b) Secular changes of NAO index in the years 1700-2100 – forecasts in 21st centuries



Rys. 12. Wskaźnik Oscylacji Północnego Atlantyku (NAO) – grudzień

- a) Widmo wskaźnika NAO w latach 1825-1997
 - b) Zmiany wskaźnika NAO w latach 1700-2100 – prognozy w XXI wieku
- The North Atlantic Oscillation index (NAO) – December
- a) Spectrum of NAO index in the years 1825-1997
 - b) Secular changes of NAO index in the years 1700-2100 – forecasts in 21st centuries



Rys. 13. Wskaźnik Oscylacji Północnego Atlantyku (NAO) – wiosna

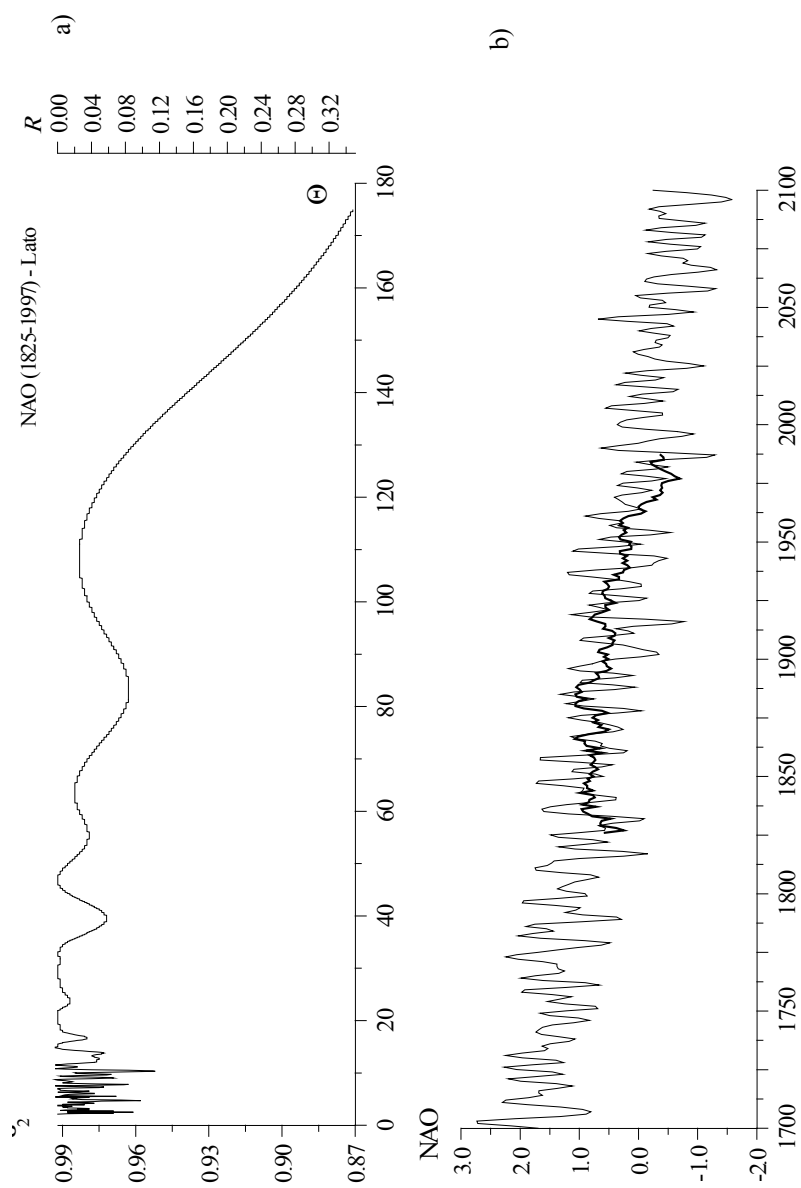
a) Widmo wskaźnika NAO w latach 1825-1997

b) Zmiany wskaźnika NAO w latach 1700-2100 – prognozy w XXI wieku

The North Atlantic Oscillation index (NAO) – spring

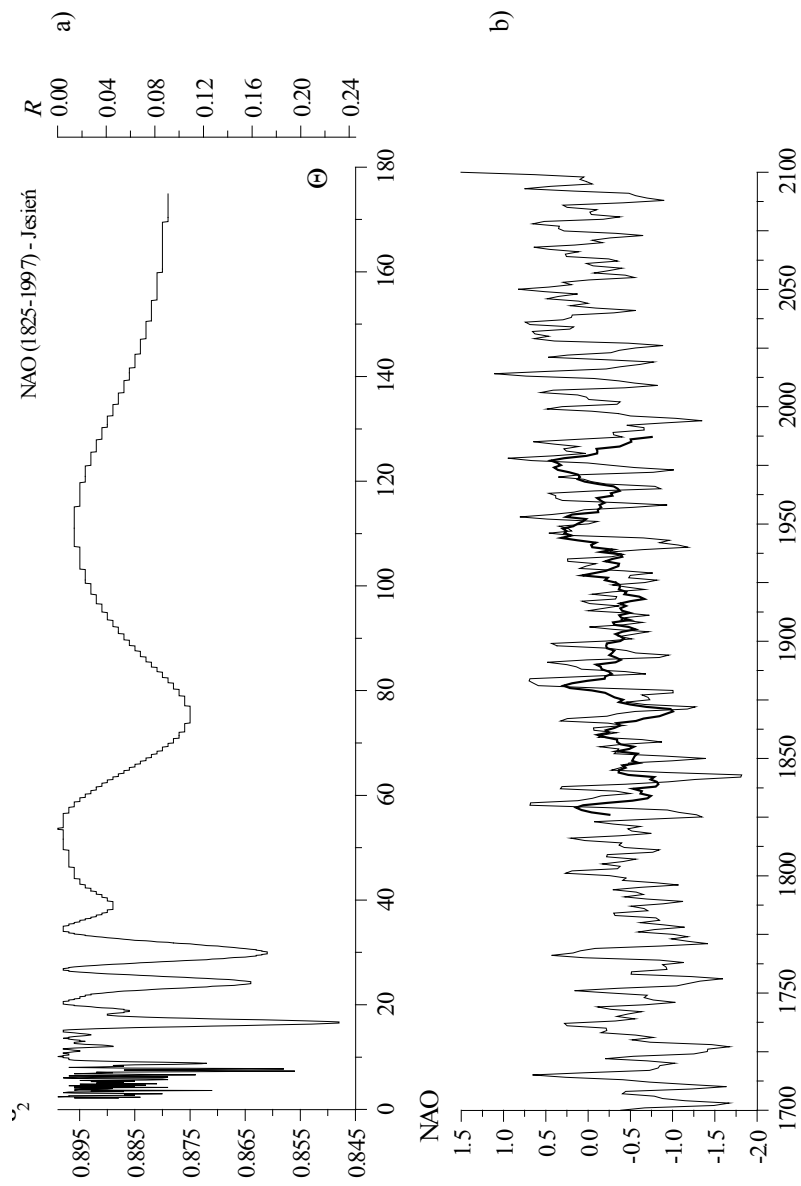
a) Spectrum of NAO index in the years 1825-1997

b) Secular changes of NAO index in the years 1700-2100 – forecasts in 21st centuries



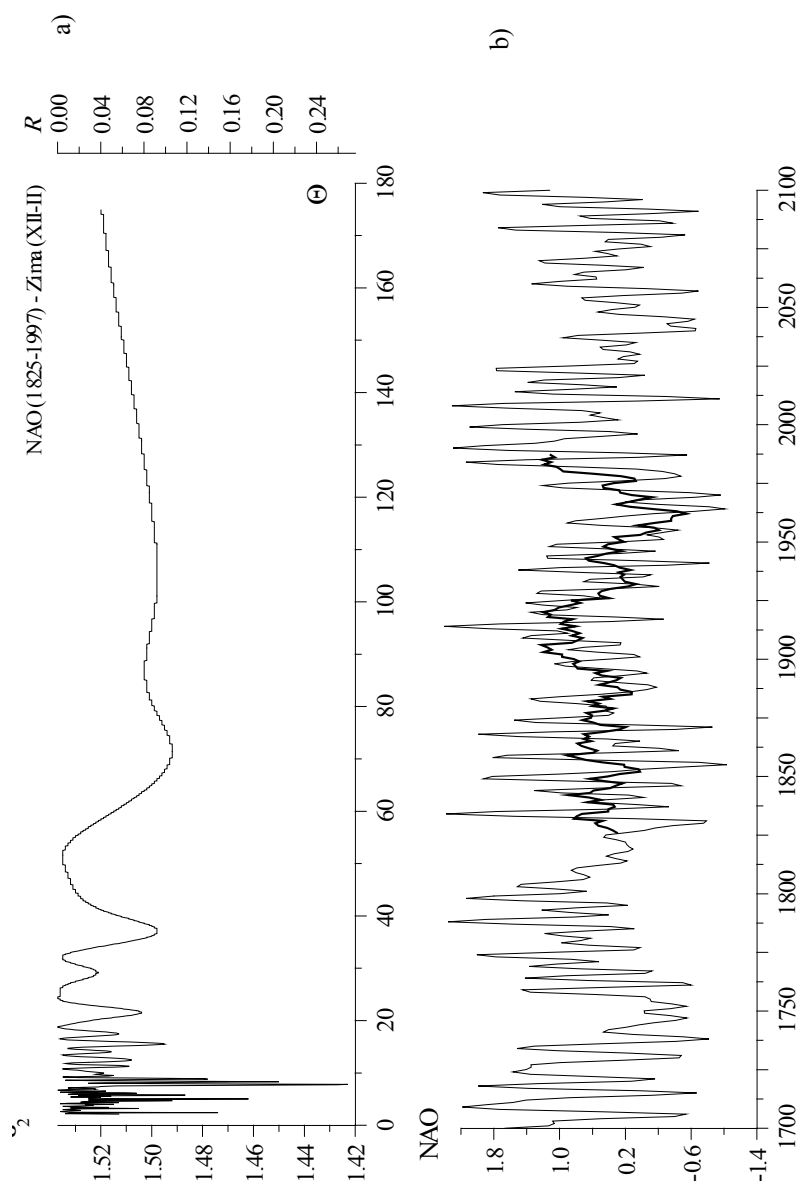
Rys. 14. Wskaźnik Oscylacji Północnego Atlantyku (NAO) – lato

- a) Widmo wskaźnika NAO w latach 1825-1997
 - b) Zmiany wskaźnika NAO w latach 1700-2100 – prognozy w XXI wieku
- The North Atlantic Oscillation index (NAO) – summer
- a) Spectrum of NAO index in the years 1825-1997
 - b) Secular changes of NAO index in the years 1700-2100 – forecasts in 21st centuries



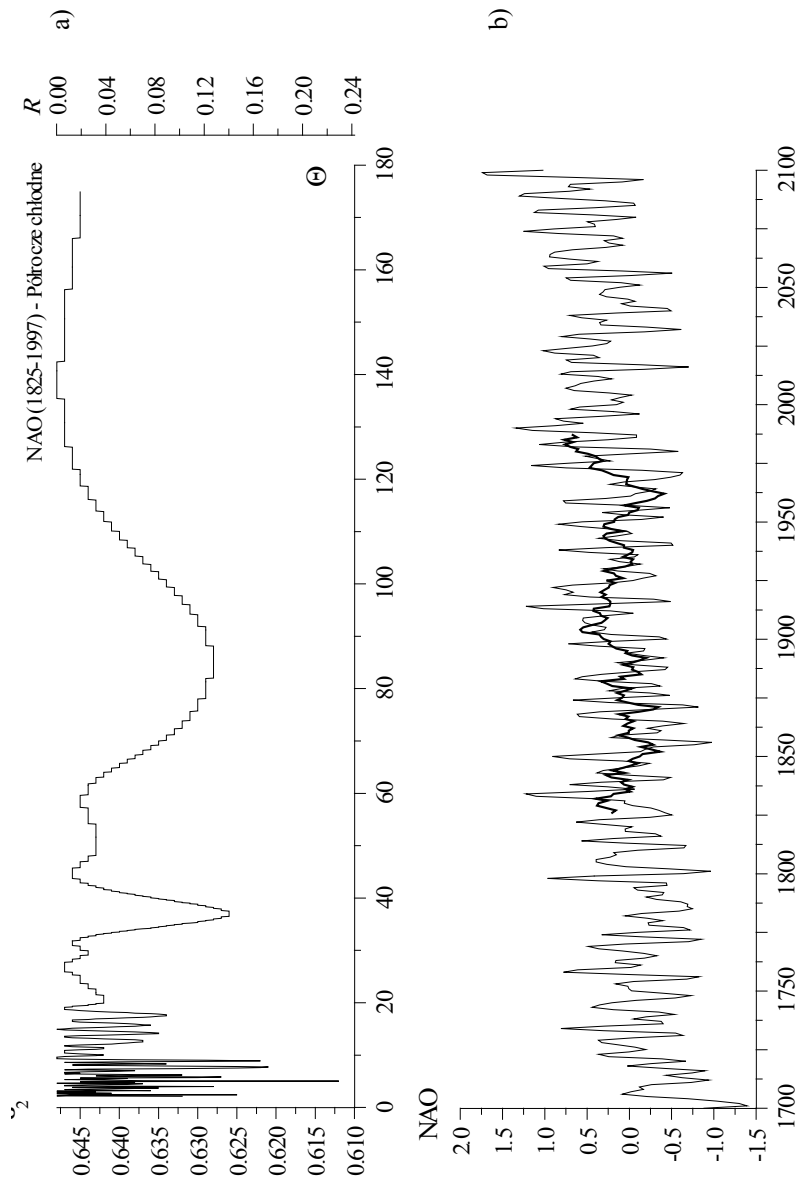
Rys. 15. Wskaźnik Oscylacji Północnego Atlantyku (NAO) – jesień

- a) Widmo wskaźnika NAO w latach 1825-1997
 - b) Zmiany wskaźnika NAO w latach 1700-2100 – prognozy w XXI wieku
- The North Atlantic Oscillation index (NAO) – autumn
- a) Spectrum of NAO index in the years 1825-1997
 - b) Secular changes of NAO index in the years 1700-2100 – forecasts in 21st centuries



Rys. 16. Wskaźnik Oscylacji Północnego Atlantyku (NAO) – zima (XII-II)

- a) Widmo wskaźnika NAO w latach 1825-1997
 - b) Zmiany wskaźnika NAO w latach 1700-2100 – prognozy w XXI wieku
- The North Atlantic Oscillation index (NAO) – winter (XII-II)
- a) Spectrum of NAO index in the years 1825-1997
 - b) Secular changes of NAO index in the years 1700-2100 – forecasts in 21st centuries



Rys. 17. Wskaźnik Oscylacji Północnego Atlantyku (NAO) – półrocze chłodne

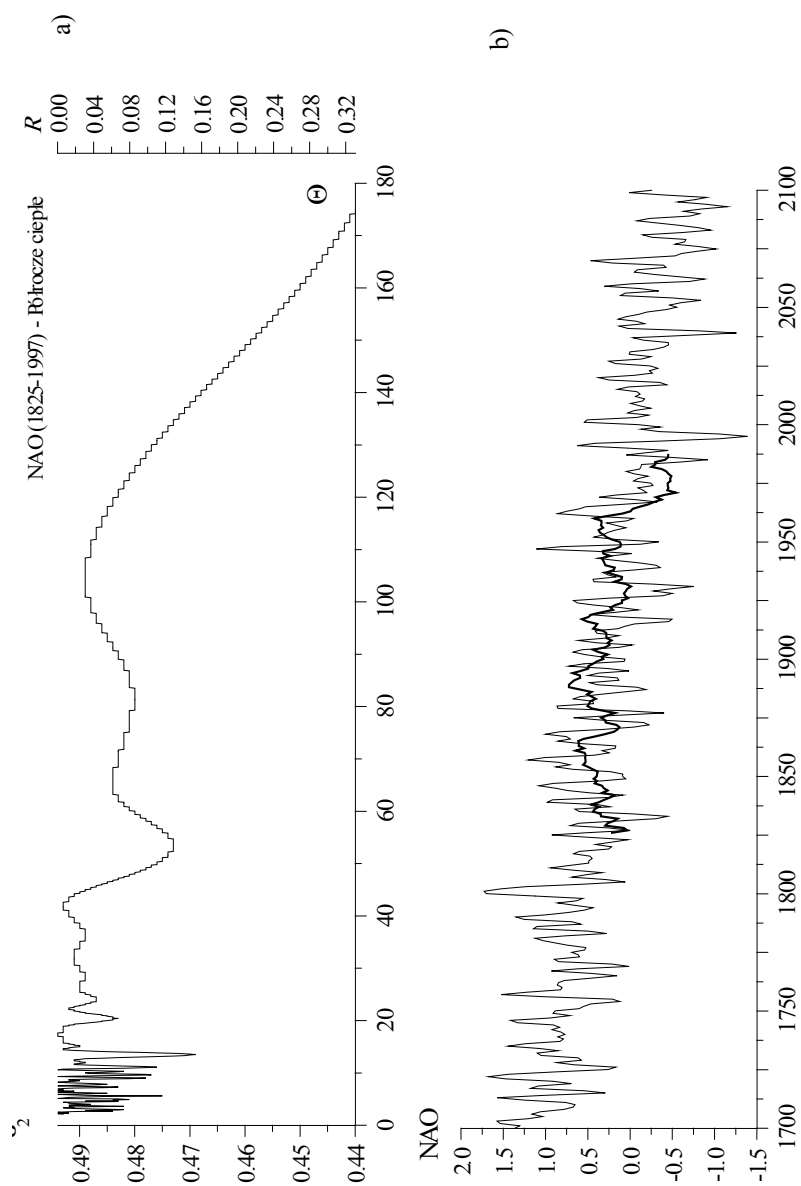
a) Widmo wskaźnika NAO w latach 1825-1997

b) Zmiany wskaźnika NAO w latach 1700-2100 – prognozy w XXI wieku

The North Atlantic Oscillation index (NAO) – cold period

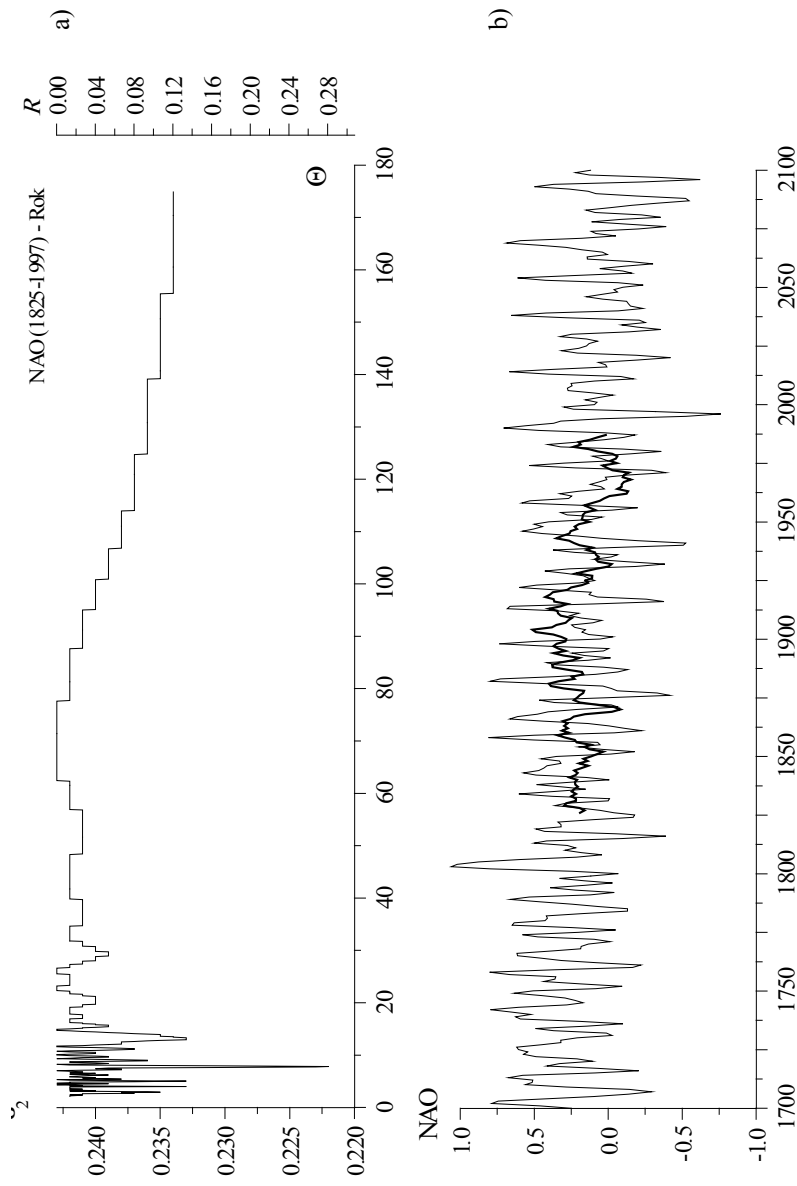
a) Spectrum of NAO index in the years 1825-1997

b) Secular changes of NAO index in the years 1700-2100 – forecasts in 21st centuries



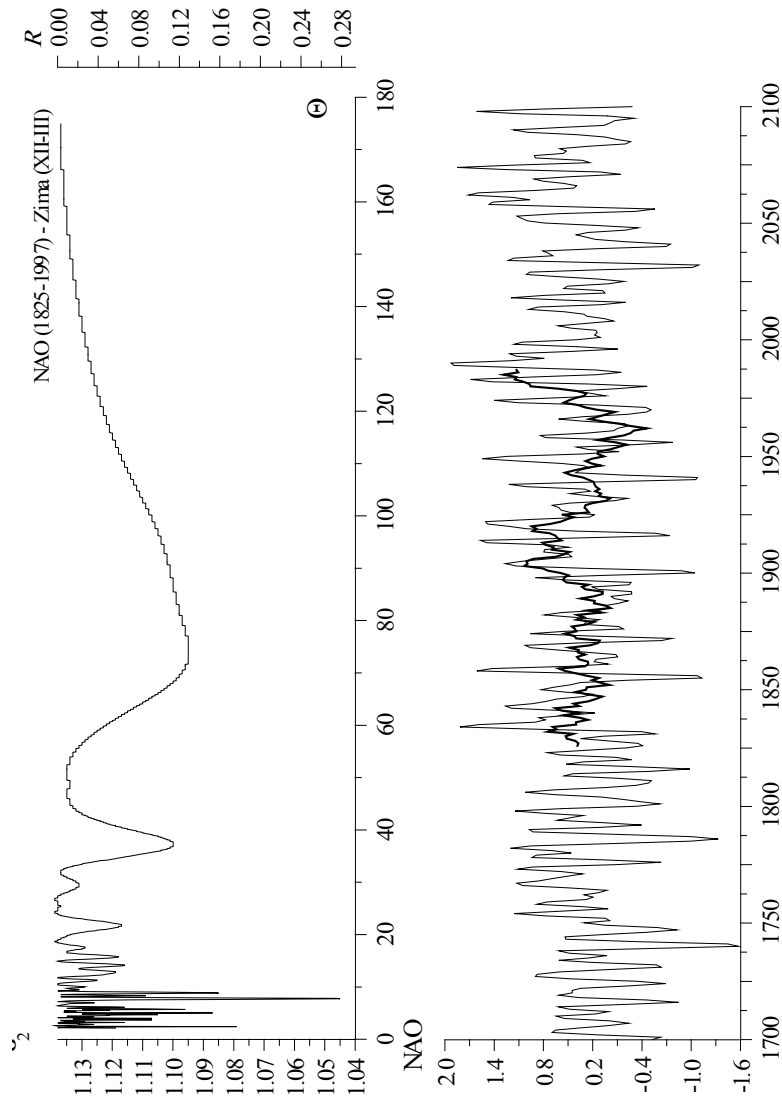
Rys. 18. Wskaźnik Oscylacji Północnego Atlantyku (NAO) – półrocze ciepłe

- a) Widmo wskaźnika NAO w latach 1825-1997
 - b) Zmiany wskaźnika NAO w latach 1700-2100 – prognozy w XXI wieku
- The North Atlantic Oscillation index (NAO) – warm period
- a) Spectrum of NAO index in the years 1825-1997
 - b) Secular changes of NAO index in the years 1700-2100 – forecasts in 21st centuries



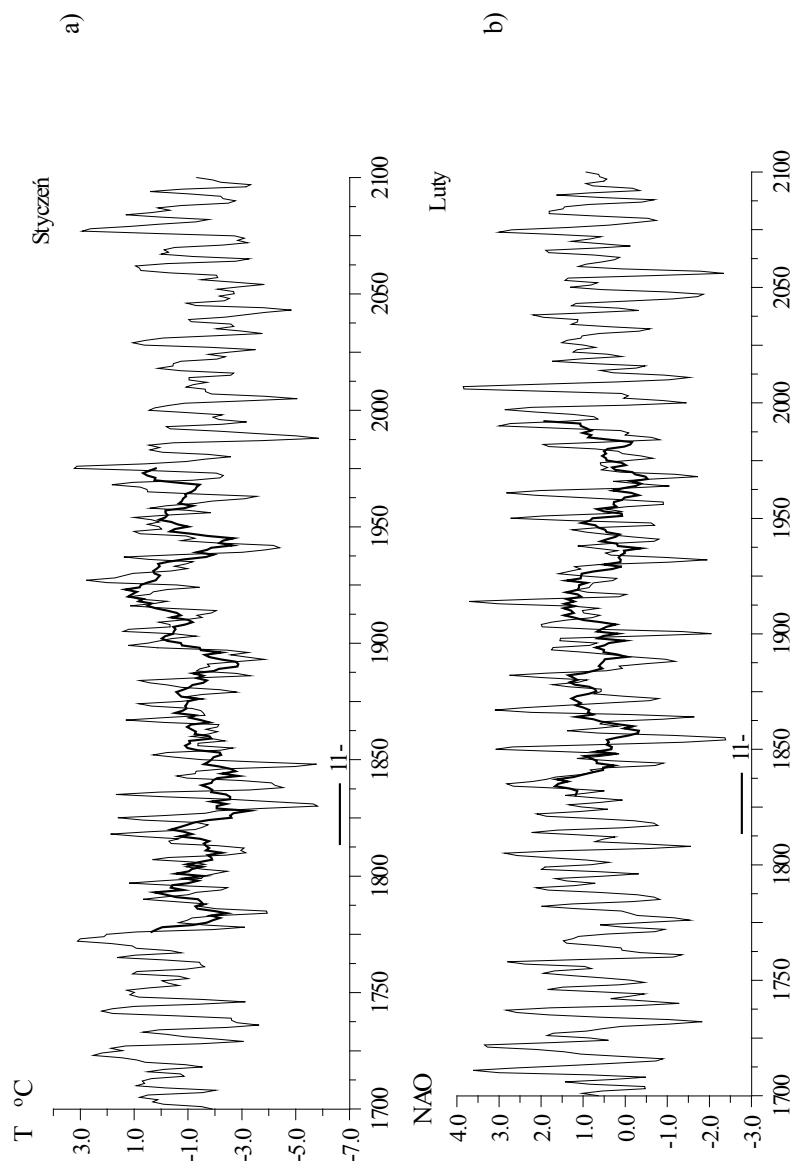
Rys. 19. Wskaźnik Oscylacji Północnego Atlantyku (NAO) – rok

- a) Widmo wskaźnika NAO w latach 1825-1997
 - b) Zmiany wskaźnika NAO w latach 1700-2100 – prognozy w XXI wieku
- The North Atlantic Oscillation index (NAO) – year
- a) Spectrum of NAO index in the years 1825-1997
 - b) Secular changes of NAO index in the years 1700-2100 – forecasts in 21st centuries



Rys. 20. Wskaźnik Oscylacji Północnego Atlantyku (NAO) – zima (XII-III)

- a) Widmo wskaźnika NAO w latach 1825-1997
 - b) Zmiany wskaźnika NAO w latach 1700-2100 – prognozy w XXI wieku
- The North Atlantic Oscillation index (NAO) – winter (XII-III)
- a) Spectrum of NAO index in the years 1825-1997
 - b) Secular changes of NAO index in the years 1700-2100 – forecasts in 21st centuries

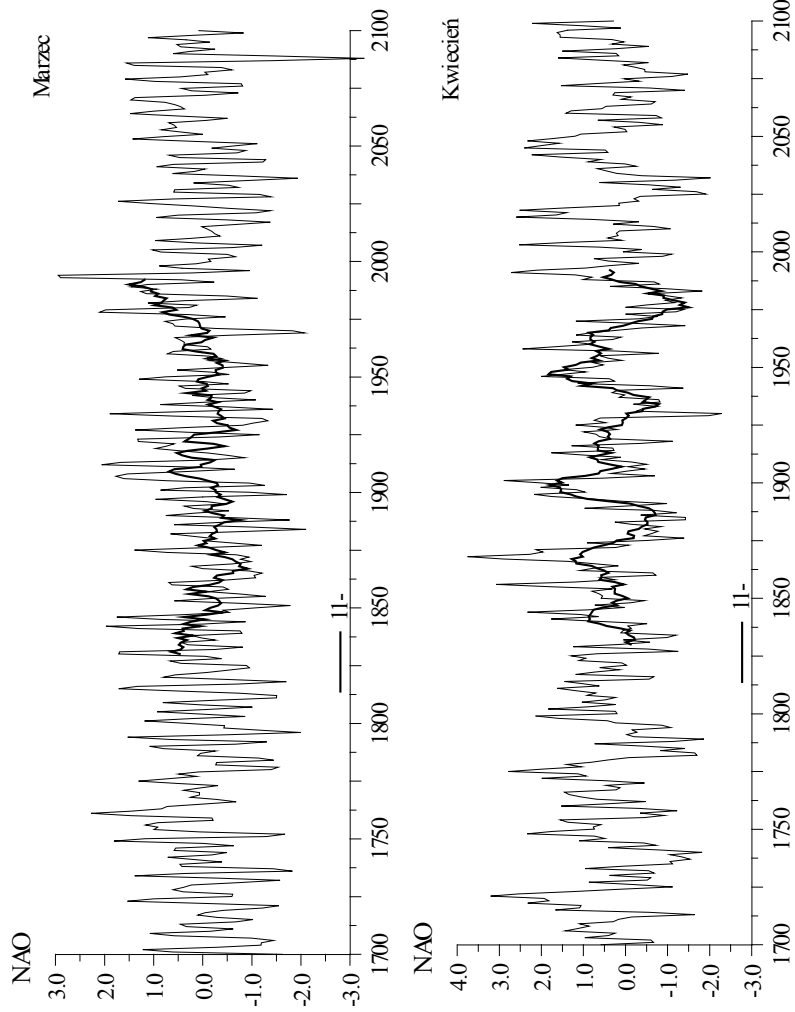


Rys. 21. Zmiany wskaźnika Oscylacji Północnego Atlantyku (NAO) w latach 1700-2100: 1700-1824 – rekonstrukcja, 1825-1997 – aproksymacja, 1998-2100 – prognoza

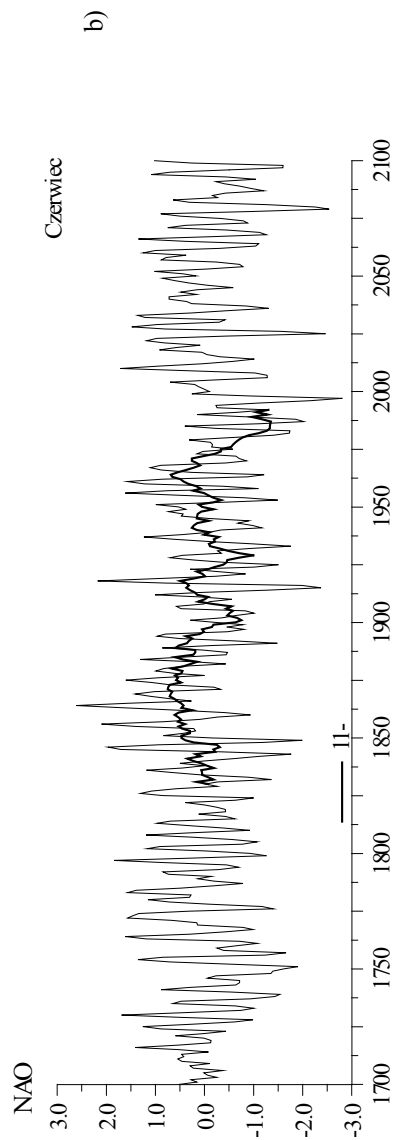
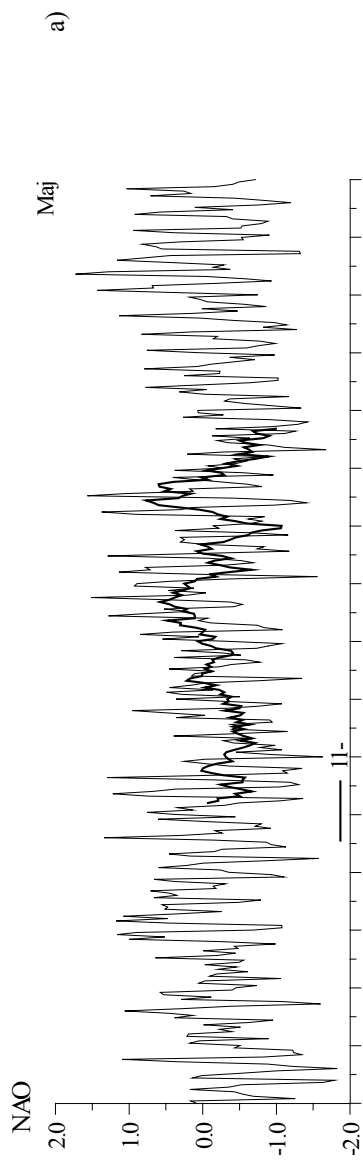
a) styczeń, b) luty

Changes of North Atlantic Oscillation index (NAO) in years 1700-2100: 1700-1824 – reconstruction, 1825-1997 – approximation, 1998-2100 – forecast

a) January, b) February



Rys. 22. Zmiany wskaźnika Oscylacji Północnego Atlantyku (NAO) w latach 1700-2100: 1700-1824 – rekonstrukcja, 1825-1997 – aproksymacja, 1998-2100 – prognoza
 a) marzec, b) kwiecień
 Changes of North Atlantic Oscillation index (NAO) in years 1700-2100: 1700-1824 – reconstruction, 1825-1997 – approximation, 1998-2100 – forecast
 a) March b) April

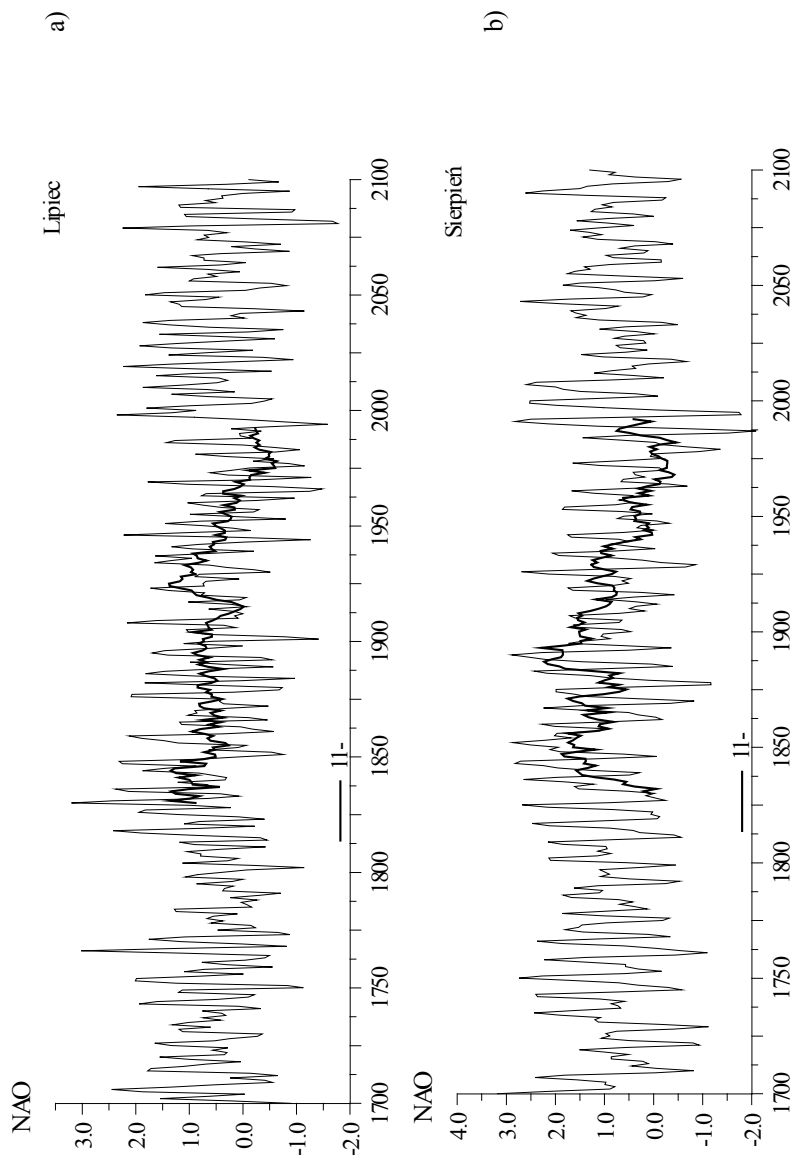


Rys. 23. Zmiany wskaźnika Oscylacji Północnego Atlantyku (NAO) w latach 1700-2100: 1700-1824 – rekonstrukcja, 1825-1997 – aproksymacja, 1998-2100 – prognoza

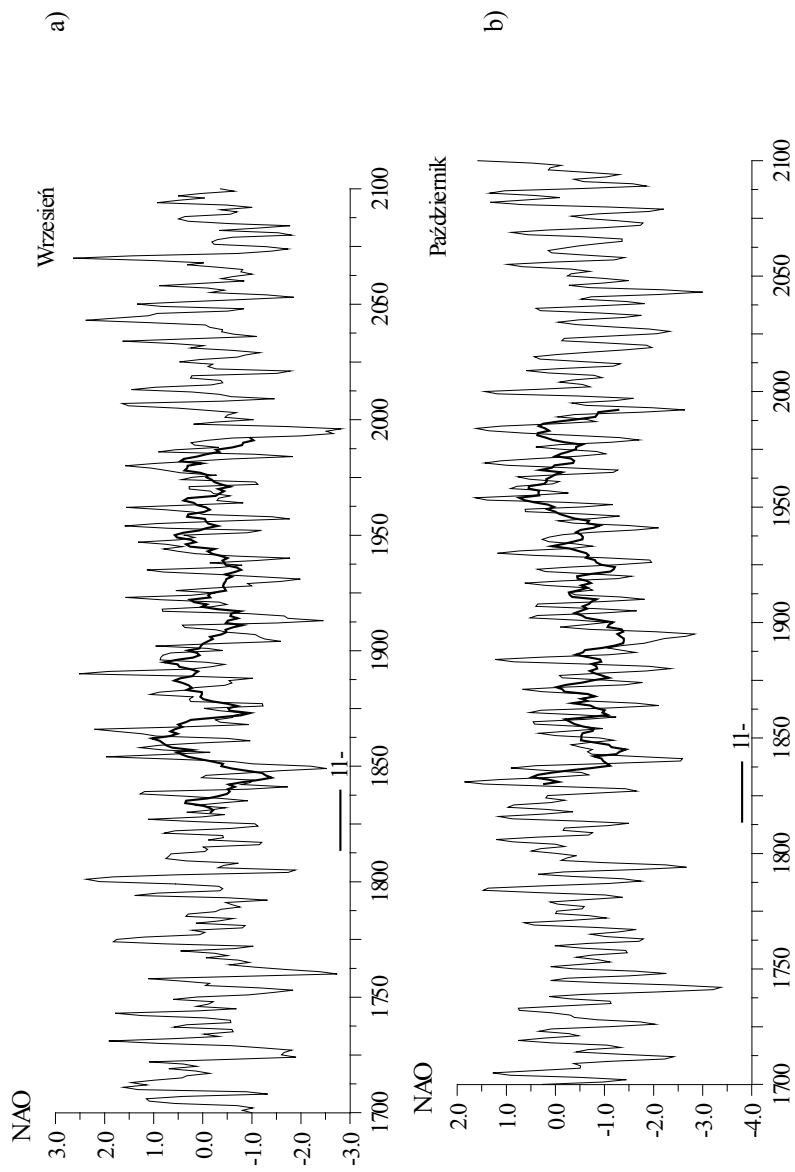
a) maj, b) czerwiec

Changes of North Atlantic Oscillation index (NAO) in years 1700-2100: 1700-1824 – reconstruction, 1825-1997 – approximation, 1998-2100 – forecast

a) May, b) June



Rys. 24. Zmiany wskaźnika Oscylacji Północnego Atlantyku (NAO) w latach 1700-2100: 1700-1824 – rekonstrukcja, 1825-1997 – aproksymacja, 1998-2100 – prognoza
 a) lipiec, b) sierpień
 Changes of North Atlantic Oscillation index (NAO) in years 1700-2100: 1700-1824 – reconstruction, 1825-1997 – approximation, 1998-2100 – forecast
 a) July, b) August

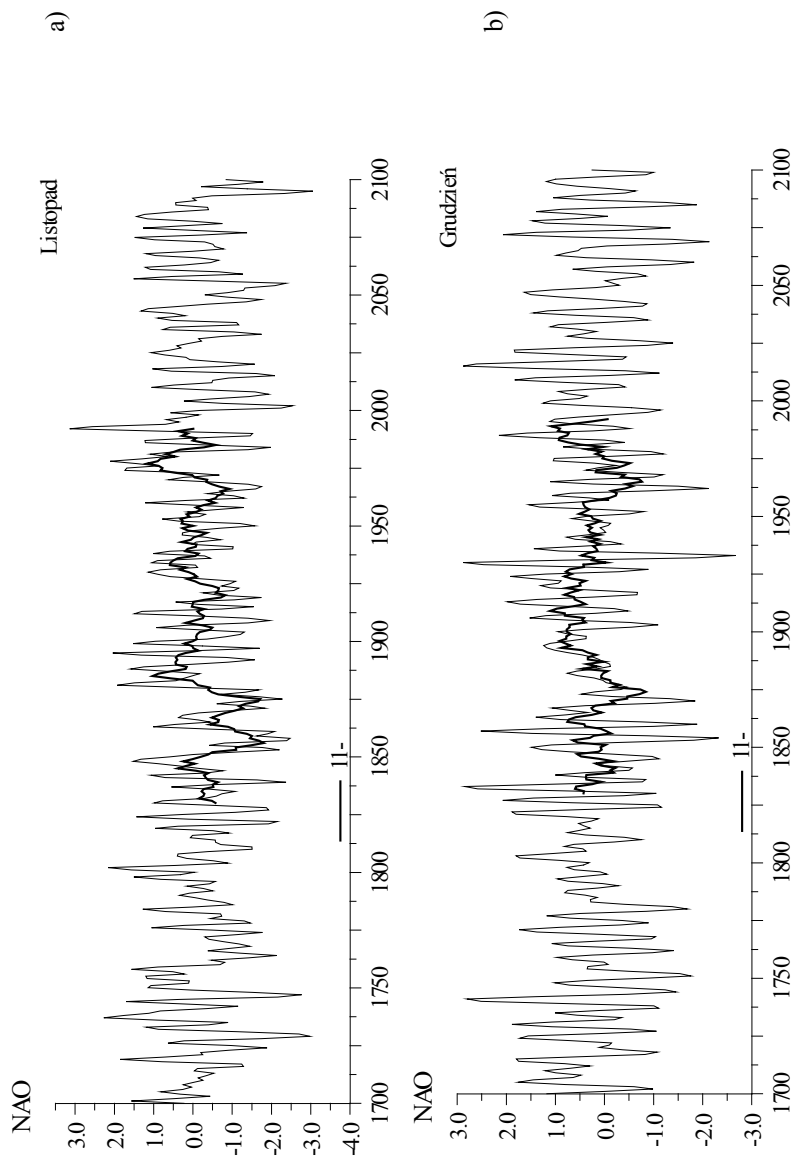


Rys. 25. Zmiany wskaźnika Oscylacji Północnego Atlantyku (NAO) w latach 1700-1824 – rekonstrukcja, 1825-1997 – aproksymacja, 1998-2100 – prognoza

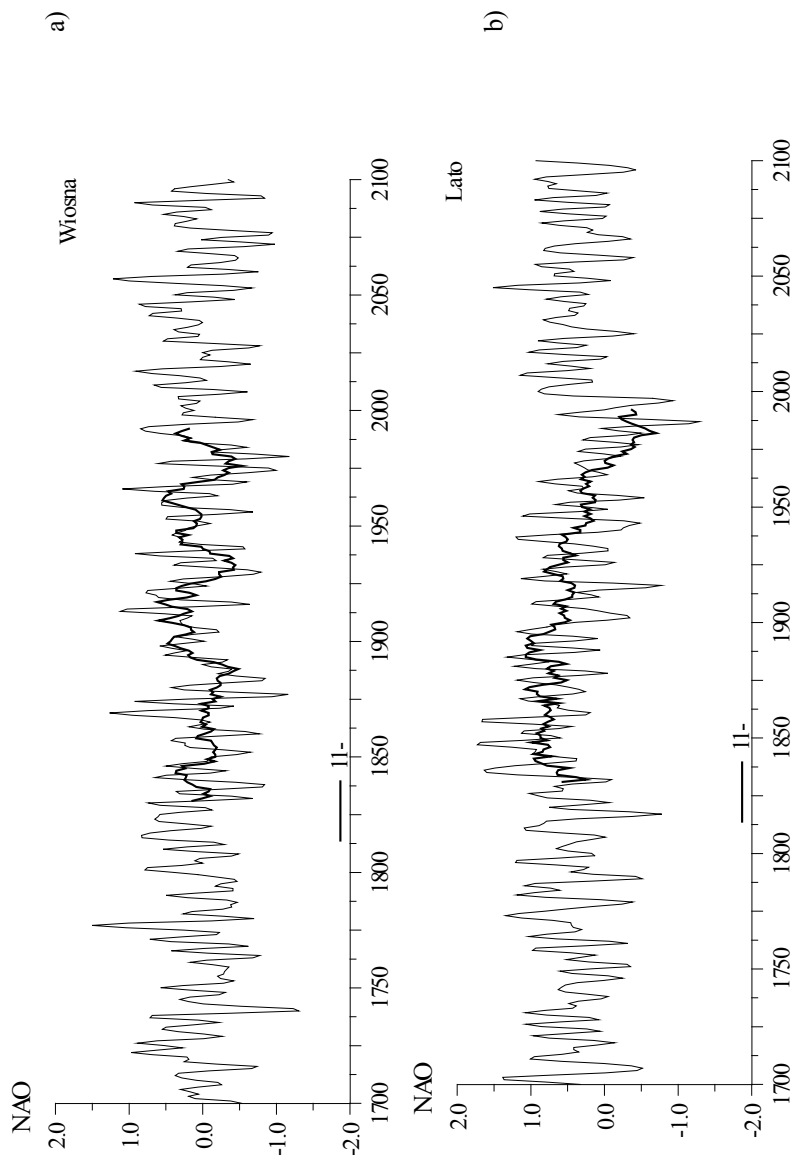
a) wrzesień, b) październik

Changes of North Atlantic Oscillation index (NAO) in years 1700-1824 – reconstruction, 1825-1997 – approximation, 1998-2100 – forecast

a) September, b) October



Rys. 26. Zmiany wskaźnika Oscylacji Północnego Atlantyku (NAO) w latach 1700-1824 – rekonstrukcja, 1825-1997 – aproksymacja, 1998-2100 – prognoza
 a) listopad, b) grudzień
 Changes of North Atlantic Oscillation index (NAO) in years 1700-1824 – reconstruction, 1825-1997 – approximation, 1998-2100 – forecast
 a) November, b) December

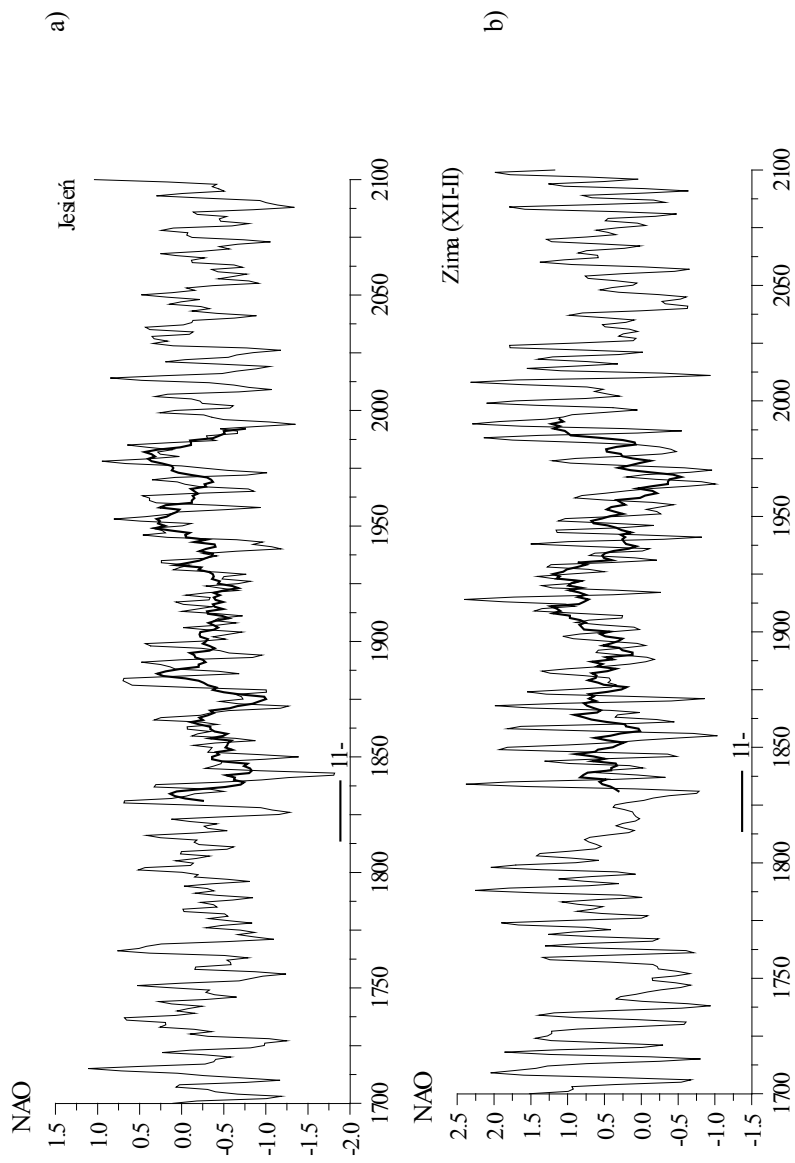


Rys. 27. Zmiany wskaźnika Oscylacji Północnego Atlantyku (NAO) w latach 1700-2100: 1700-1824 – rekonstrukcja, 1825-1997 – aproksymacja, 1998-2100 – prognoza

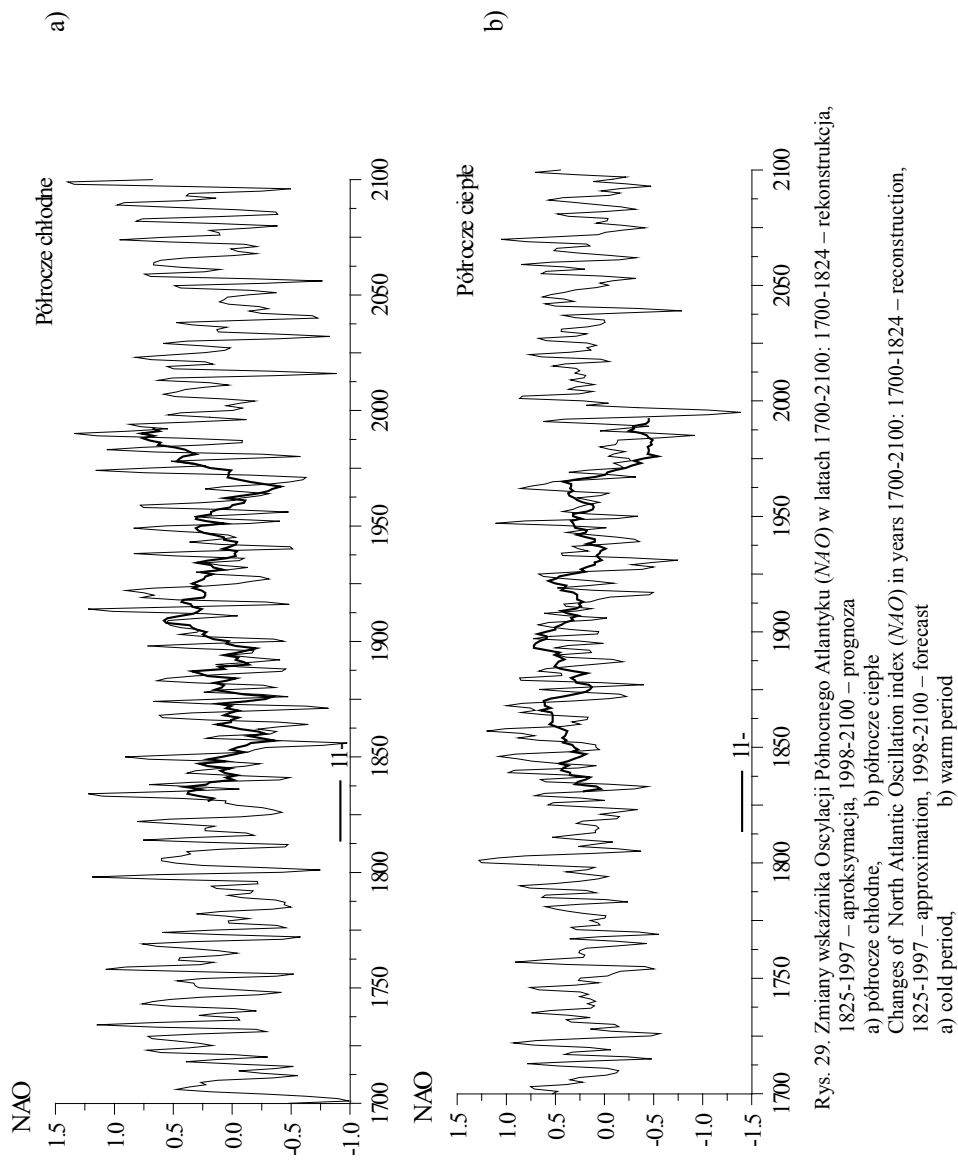
a) wiosna, b) lato

Changes of North Atlantic Oscillation index (NAO) in years 1700-2100: 1700-1824 – reconstruction, 1825-1997 – approximation, 1998-2100 – forecast

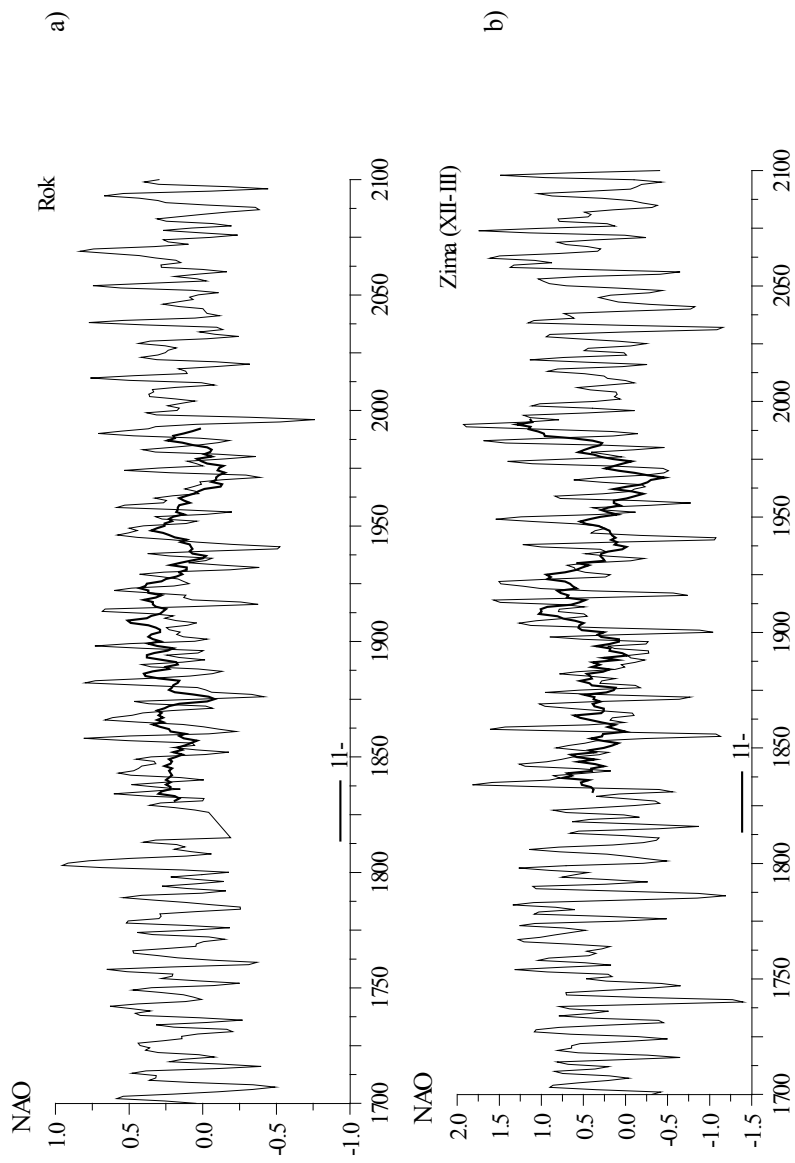
a) spring, b) summer



Rys. 28. Zmiany wskaźnika Oscylacji Północnego Atlantyku (NAO) w latach 1700-1824 – rekonstrukcja, 1825-1997 – aproksymacja, 1998-2100 – prognoza
 a) jesień, b) zima (XII-II)
 Changes of North Atlantic Oscillation index (NAO) in years 1700-1824 – reconstruction, 1825-1997 – approximation, 1998-2100 – forecast
 a) autumn, b) winter (XII-II)



Rys. 29. Zmiany wskaźnika Oscylacji Północnego Atlantyku (NAO) w latach 1700-2100: 1700-1824 – rekonstrukcja, 1825-1997 – aproksymacja, 1998-2100 – prognoza
 a) półrocze chłodne, b) półrocze ciepłe
 Changes of North Atlantic Oscillation index (NAO) in years 1700-2100: 1700-1824 – reconstruction, 1825-1997 – approximation, 1998-2100 – forecast
 a) cold period, b) warm period



Rys. 30. Zmiany wskaźnika Osycylacji Północnego Atlantyku (NAO) w latach 1700-2100: 1700-1824 – rekonstrukcja, 1825-1997 – aproksymacja, 1998-2100 – prognoza

a) rok,
 b) zima (XII-III)
 Changes of North Atlantic Oscillation index (NAO) in years 1700-2100: 1700-1824 – reconstruction, 1825-1997 – approximation, 1998-2100 – forecast
 a) year,
 b) winter (XII-III)

IV. OCHŁODZENIE I OCIEPLENIE KLIMATU EUROPY ŚRODKOWEJ KSZTAŁTOWANE PRZEZ NIŻ ISLANDZKI I WYŻ AZORSKI

Z dotychczasowych badań długich ciągów pomiarów wynika, że w Polsce (Warszawa 1779-1998, Kraków 1826-1990), podobnie jak w innych miastach europejskich (Praga 1771-1980, Genewa 1768-1980), występuje kilka cykli temperatury powietrza o znaczących amplitudach. Są to cykle około 3-5, 7-8, 10-13, 73-113 lat i planetarny 178,9 lat. Ich obecność w większości ciągów chronologicznych (miesięcznych i sezonowych wartości) i synchroniczność wahań (zbliżone daty ekstremów), głównie 8, 10-13, 180-letniego, wskazuje, że cykliczność ta jest cechą pola temperatury powietrza w Europie (Boryczka, Stopa-Boryczka i inni, 2000).

1. Widma temperatury powietrza w latach 1659-1998

W ostatnich 400 latach wystąpiły trzy główne ochłodzenia klimatu Ziemi o najmniejszej średniej globalnej temperaturze na półkuli północnej w pobliżu dat 1600, 1700, 1830 (Groverman i Landsberg, 1979, Schönwiese, 1992).

Najbardziej poznane na podstawie danych instrumentalnych jest to ostatnie, największe ochłodzenie w Europie (Genewa – Boryczka, 1998, Berlin – Wójcik i inni, 1999) i Polsce (wg serii warszawskiej i krakowskiej). Trzeba zauważyć, że wystąpiło ono podczas najslabszych, wydłużonych (12-13-letnich) cykli aktywności Słońca (1798-1833). Ochłodzenie to pojawiło się w czasie najslabszego 13-letniego cyklu plam słonecznych (1811-1823), podczas absolutnego minimum wiekowego (od 1700 r.).

Rok 1811 był szczególnie pod względem stanu Układu Słonecznego, kiedy to odległość Słońca od środka masy Układu była najmniejsza (0,13 część promienia Słońca), a przyspieszenie Słońca – największe. Wtedy stała słoneczna zmniejszyła się o 0,5%.

To ostatnie globalne ochładzanie klimatu (także w Europie) wystąpiło podczas wzmożonej aktywności wulkanicznej, po największych eksplozywnych erupcjach wulkanów: 1803 – Cotopaxi ($DVI = 1100$), 1815 – Tambora ($DVI = 3000$), 1835 – Coseguina ($DVI = 4000$), maksimum absolutne.

W Polsce podczas ostatniego ochłodzenia klimatu (1798-1833) średnia roczna temperatura powietrza spadła np. w Warszawie do 4,6°C w roku 1779 i do 4,8°C w 1829 r. Najmroźniejsze zimy wystąpiły w Polsce w latach 1779 i 1830 o średniej temperaturze powietrza -8,9 i -9,3°C.

Okazało się, że ochłodzenia i ocieplenia klimatu w ostatnich stuleciach są efektem nakładania się długich i krótkich cykli temperatury powietrza, skorelowanych z okresowymi zmianami aktywności Słońca (stałej słonecznej) – zależnych od parametrów Układu Słonecznego.

W rekonstrukcji i prognozach ochłodzeń i ociepleń klimatu fundamentalne znaczenie ma wykrycie składników deterministycznych, tj. cykli zmiennych klimatologicznych (skutków) skorelowanych z cyklami zmiennych astronomicznych (domniemych przyczyn). Identyfikacja przyczyn polega na sprawdzeniu, czy „cykliczność skutków i przyczyn jest taka sama”. W tym celu zastosowano metodę J. Boryczki „sinusoid regresji” (1998) wyznaczania widm i okresów. Metoda ta polega na aproksymacji wyników pomiarów (także niekompletnych), wykonanych w dowolnych odstępach czasu kolejnymi sinusoidami regresji (ze zmiennym okresem $\Theta = 2,1; 2,2; \dots, n$)

$$T = a_0 + b \sin\left(\frac{2\pi}{\Theta}t + c\right) \quad (\text{gdzie: } \Theta - \text{okres, } b - \text{amplituda, } c - \text{faza}).$$

Okresy Θ – to minima lokalne wariancji resztkowej ε^2 .

Kluczowe znaczenie w identyfikacji przyczyn ochłodzeń i ociepleń klimatu ma planetarny 178,9 okres zmian parametrów Układu Słonecznego, aktywności Słońca (liczb Wolfa) i stałej słonecznej.

Ten prawie dwuwiekowy okres wykryto metodą „sinusoid regresji” w ciągach czasowych temperatury powietrza w Europie.

Miejscowość	Zima		Lato		Rok	
	Θ	ΔT	Θ	ΔT	Θ	ΔT
Warszawa 1779-1998)	–	–	171,6	0,3	–	–
Kraków (1826-1980)	–	–	168,3	0,34	–	–
Praga (1771-1980)	–	–	193,5	0,82	186	0,92
Genewa (1768-1980)	144,1	0,42	–	–	163,9	0,52
Anglia (1669-1973)	166,9	0,50	204,6	0,35	176,7	0,22

Analogiczna cykliczność występuje w ciągach czasowych: aktywności Słońca (liczb Wolfa), erupcji wulkanów (DVI , $\Delta VI = DVI/\Delta t$, Δt – odstęp między erupcjami) i parametrów Układu Słonecznego (siła pływowa na Słońcu, dyspersja masy w Układzie Słonecznym).

Dużym zakresem wahań charakteryzują się również około 100-letnie cykle temperatury powietrza w Europie i Oscylacji Północnego Atlantyku (NAO).

Miejscowość	Zima		Lato		Rok	
	Θ	ΔT	Θ	ΔT	Θ	ΔT
Warszawa (1779-1990)	113,4	1,1	75,9	0,8	106,1	0,3
Kraków (1826-1995)	90,1	0,5	88,6	0,6	84,2	0,1
Praga (1771-1980)	99,3	0,6	76,7	0,5	81,4	0,3
Genewa (1768-1980)	93,1	0,2	72,3	0,6	75,8	0,4
Anglia (1659-1973)	99,3	0,5	102,5	0,2	103,3	0,2
NAO (1825-1997)	105,2	0,6	106,3	0,3	–	–

Te długie okresy temperatury powietrza skorelowane są z podobnymi cyklami zmiennych astronomicznych i geologicznych: np. z aktywnością Słońca (1700-1993) – 102,0 lat, stałą słoneczną (1700-1993) – 102,0 lata, odstępem czasu między erupcjami wulkanów (1680-1980) – 118,6 lat.

O „realności” tych okresów klimatycznych: planetarnego 178,9-letniego i około 100-letniego świadczy też ich obecność w ciągach chronologicznych zmiennych sedymentologicznych: paleotemperatury – stosunku izotopów tlenu $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ (Johnsen i inni, 1970) i substancji organicznych zdeponowanych w osadach jeziornych (Boryczka, Wicik, 1994).

Stała słoneczna, warunkująca dopływ energii słonecznej do powierzchni Ziemi, zmienia się o 0,2% w cyklu 187,8-letnim i o 0,4% - w cyklu 102-letnim (w stosunku do średniej $\bar{s} = 1,94 \text{ cal}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{min}^{-1}$).

Zakres zmian energii słonecznej w poszczególnych cyklach stałej słonecznej wynosi: cykl 187,8 lat – $5490 \text{ MJ}\cdot\text{m}^{-2}$, cykl 102,0 lat – $5950 \text{ MJ}\cdot\text{m}^{-2}$. Nadwyżka energii słonecznej w czasie $\frac{\Theta}{2}$ (gdy $s > a_0$) jest akumulowana głównie w głębszych warstwach łądów i oceanów.

Tym najdłuższym okresem stałej słonecznej, wywołującym wahania energii słonecznej $\pm 2745 \text{ MJ}\cdot\text{m}^{-2}$ i $\pm 2975 \text{ MJ}\cdot\text{m}^{-2}$, odpowiadają dwa najdłuższe cykle temperatury powietrza w Europie.

Najdłuższe okresy występujące w widmach temperatury powietrza w Warszawie (1779-1998), Krakowie (1826-1995), Pradze (1771-1980) i Genewie (1769-1980) w poszczególnych miesiącach, sezonach, półroczach i roku zestawiono niżej. Długość kilku cykli w seriach miesięcznych wartości temperatury powietrza jest zbliżona do cyklu planetarnego 178,9 lat (Warszawa: VII – 171,6 lat, Kraków: IV – 190,7 lat, VII – 180,7 lat, VIII – 182,9 lat, Praga: I – 192,6 lat, VI – 165,7 lat, X – 174,2 lat, Genewa: III – 199,4 lat, IX – 163,0 lat):

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XI
Warszawa	116,3	110,5	122,3	100,6	101,8	94,6	171,6	72,2	171,8	110,5	72,6	115,1
Kraków	101,3	87,0	90,0	190,7	72,4	98,4	180,7	182,9	150,5	114,6	79,7	80,2
Praga	192,6	95,7	74,4	157,1	137,9	165,7	142,5	79,0	70,1	174,2	166,5	72,8
Genewa	68,5	89,0	199,4	135,7	130,6	135,3	154,4	140,9	163,0	152,7	61,9	79,5
NAO	133,4	92,7	77,1	84,1	142,0	83,2	96,1	77,1	80,8	144,2	84,3	100,5

	III-V	VI-VIII	IX-XII	XII-II	X-III	IV-IX	I-XII
Warszawa	76,4	75,9	103,4	113,4	75,3	113,7	106,1
Kraków	82,6	168,3	191,5	90,1	86,5	174,0	84,2
Praga	158,9	193,5	163,9	99,3	87,6	183,8	186,5
Genewa	137,2	144,1	178,2	93,1	93,4	139,9	163,9
NAO	106,3	83,2	75,3	105,2	85,1	81,5	52,6

Cykl planetarny 178,9 lat najbardziej uwidacznia się w seriach średnich wartości temperatury powietrza w półroczu ciepłym (IV-IX): Kraków – 174,0 lat, Praga – 183,8 lat.

Interesujący jest około 8-letni cykl występujący we wszystkich widmach temperatury powietrza i wskaźnika NAO:

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XI
Warszawa	7,7	7,7	7,8	8,2	8,3	8,0	7,7	7,7	8,0	7,7	8,1	8,3
Kraków	8,3	8,2	7,8	8,1	8,2	8,0	7,8	8,3	8,1	8,5	8,1	8,2
Praga	8,4	8,4	7,8	7,0	7,4	7,1	7,7	8,4	8,4	8,2	7,7	7,8
Genewa	8,4	8,4	7,8	7,5	7,5	7,8	7,9	7,4	7,8	7,6	7,6	7,5
NAO	7,8	7,7	7,5	6,4	7,7	8,2	6,5	8,3	7,3	7,7	8,1	7,9

	III-V	VI-VIII	IX-XII	XII-II	X-III	IV-IX	I-XII
Warszawa	7,8	7,8	8,0	8,3	8,1	8,3	7,8
Kraków	7,9	7,0	7,9	8,3	8,3	7,9	7,8
Praga	6,9	7,8	7,5	7,7	7,8	7,4	7,8
Genewa	7,8	7,8	7,6	7,7	7,8	7,4	7,8
NAO	8,0	7,8	7,7	7,8	7,7	7,3	7,8

Cykle około 8-letnie są najsilniejsze w widmach. To znaczy cechują się najmniejszymi wariancjami resztkowymi ε^2 (największymi współczynnikami korelacji R) i największym zakresem wahań $T_{\max} - T_{\min} = 2b$. Dotyczy to również cykli około 8-letnich wskaźnika NAO.

W widmach temperatury powietrza w: Warszawie, Krakowie, Pradze, Genewie i widmach wskaźnika NAO w poszczególnych miesiącach, sezonach, półroczach i roku jest obecny także cykl około 11-letni, zbliżony do cyklu 11-letniego plam słonecznych (liczb Wolfa):

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XI
Warszawa	11,6	11,3	11,1	11,4	11,6	11,4	11,3	11,1	11,5	11,3	11,3	10,8
Kraków	11,4	11,1	11,0	11,4	11,4	11,7	11,1	11,5	11,6	11,0	10,8	11,0
Praga	10,2	11,5	10,4	10,7	11,3	10,1	–	10,9	12,4	11,0	10,6	10,2
Genewa	11,7	11,4	13,3	10,2	10,3	11,3	11,2	11,4	10,4	11,0	11,3	11,7
NAO	10,0	11,3	13,3	11,4	10,8	10,3	10,1	9,8	11,2	12,6	–	9,0

	III-V	VI-VIII	IX-XII	XII-II	X-III	IV-IX	I-XII
Warszawa	11,3	11,2	11,4	11,6	11,2	11,2	11,3
Kraków	11,2	11,4	10,8	11,3	11,2	11,4	11,3
Praga	11,2	9,7	10,4	10,1	10,3	9,7	10,3
Genewa	11,2	11,3	11,2	11,7	11,1	11,3	11,1
NAO	11,1	11,1	11,1	11,3	12,7	11,1	11,2

Są to jednak cykle znacznie słabsze od około 8-letnich. Świadczą one jednak o kształtowaniu temperatury powietrza poprzez wahania Oscylacji Północnego Atlantyku (NAO), warunkującej równoleżnikowy transport mas powietrza znan z cieplejszych (lub chłodniejszych) wód Oceanu Atlantyckiego nad obszar Europy (i Polski).

2. Prognozy temperatury powietrza w miastach Europy Środkowej (Warszawa, Kraków, Praga, Genewa) w XXI wieku

Końcowym „produktem” metody sinusoid regresji wyznaczania widm i okresów jest funkcja aproksymująca $T = f(t)$ wyniki pomiarów

$$T = a_0 + \sum_{j=1}^k b_j \sin\left(\frac{2\pi}{\Theta_j} t + c_j\right),$$

uwzględniająca k – cykli, Θ_j – okresy, b_j – amplitudy, c_j – fazy.

Interferencja już kilku najsilniejszych cykli (o najmniejszych wariancjach resztkowych ε^2 , największych współczynnikach korelacji R_j) dobrze opisuje zmiany temperatury powietrza w przedziale aproksymacji $0 \leq t \leq t_n$. Ekstrapolując jej wartości poza przedział aproksymacji ($t > t_n$) można prognozować zmiany temperatury powietrza w przyszłości – w stuleciu XXI. W prognozach tych przyjmuje się założenie, że cykle temperatury powietrza obecne w widmach z ostatnich dwóch stuleci będą się powtarzać nadal. Do przyjęcia takiego założenia upoważnia analogiczna cykliczność aktywności Słońca i zmian parametrów Układu Słonecznego. Ponadto najdłuższe cykle około 100- i 180-letnie występują w widmach zmiennych sedymentologicznych (zawartość substancji organicznych w osadach jeziornych, paleotemperatura – zawartość izotopu tlenu ^{18}O). W bardzo długich seriach tych zmiennych (holoceńskich) są to najkrótsze okresy.

Prognozy zmian temperatury powietrza w XXI wieku przedstawiają wykresy: Warszawa – rys. 31b-49b, Kraków – rys. 50b-68b, Praga – rys. 69b-87b, Genewa – rys. 88b-106b.

W XXI wieku można oczekiwać naturalnego ochłodzenia klimatu – największego w połowie bieżącego stulecia. Z prognoz wynika, że prawdopodobnie zakończy się seria ciepłych zim w Europie (i Polsce). Na naturalne ochłodzenie klimatu w XXI wieku wskazują także prognozy wskaźnika Oscylacji Północnego Atlantyku (NAO). Z prognoz wskaźnika NAO wynika, że osłabnie ocieplające oddziaływanie w zimie Oceanu Atlantyckiego na klimat Europy (i Polski). Zmniejszy się strefowy (równoleżnikowy) transport mas powietrza z zachodu na wschód.

To naturalne ochłodzenie klimatu Polski oczywiście będzie złagodzone przez czynniki antropogeniczne, tj. coraz intensywniejszy efekt cieplarniany atmosfery, wywołany wzrostem zawartości przede wszystkim CO_2 i metanu w atmosferze. Będzie ono również zmniejszone przez coraz intensywniejsze miejskie wyspy ciepła, spowodowane rozbudową miast.

Tab. 5a. Okresy Θ , amplitudy b , fazy c temperatury powietrza w Warszawie w latach 1779-1998 (ε^2 – wariancja resztkowa, R – współczynnik korelacji) – styczeń-czerwiec
 The periods Θ , amplitudes b and phases c of air temperature in Warsaw in the years 1779-1998 (ε^2 – rest variance, R – coefficient of correlation) – January-June

Styczeń					Luty				
Θ	b	c	ε^2	R	Θ	b	c	ε^2	R
3,3	0,787	-1,5715	11,721	0,162	3,8	0,810	1,4150	10,531	0,167
4,5	0,665	1,7277	11,793	0,142	5,0	0,820	-2,3667	10,593	0,149
4,8	0,600	-0,0428	11,834	0,130	5,2	0,839	0,0496	10,550	0,161
7,7	0,735	-1,3019	11,716	0,163	5,9	0,745	-1,1567	10,579	0,153
8,3	0,651	1,8924	11,771	0,148	7,5	0,984	0,1590	10,500	0,175
8,7	0,368	2,8126	11,827	0,132	7,7	1,091	-0,4925	10,404	0,199
9,3	0,984	-0,3515	11,477	0,216	11,3	0,450	-0,5922	10,743	0,091
11,6	0,607	2,8330	11,835	0,129	14,1	0,893	0,4798	10,424	0,194
15,4	0,603	-0,8517	11,807	0,138	18,0	0,563	-2,4675	10,572	0,155
22,3	0,554	-1,4249	11,812	0,136	22,2	0,363	3,1276	10,674	0,121
64,9	0,467	-2,2521	11,820	0,134	29,3	0,403	0,5567	10,700	0,111
116,3	0,784	-0,3818	11,705	0,166	110,5	0,640	0,4394	10,652	0,129

Marzec					Kwiecień				
Θ	b	c	ε^2	R	Θ	b	c	ε^2	R
4,0	0,705	-1,8618	6,494	0,191	3,1	0,401	2,9616	3,731	0,146
5,7	0,567	1,6319	6,590	0,149	4,5	0,441	1,5442	3,711	0,163
7,8	0,831	0,4577	6,409	0,221	5,3	0,396	-0,3044	3,730	0,147
9,1	0,353	2,1304	6,650	0,115	7,1	0,395	-1,3058	3,744	0,134
10,1	0,389	-1,0583	6,646	0,117	8,2	0,352	1,2240	3,751	0,127
11,1	0,604	-1,0273	6,480	0,196	9,6	0,324	-2,1587	3,748	0,130
12,0	0,364	0,7857	6,593	0,147	10,6	0,310	1,1068	3,740	0,138
14,3	0,434	-0,4028	6,602	0,143	11,4	0,245	1,3121	3,752	0,126
19,7	0,471	0,0697	6,580	0,154	24,0	0,703	1,9773	3,499	0,287
53,4	0,334	1,2014	6,591	0,148	28,8	0,247	-1,5262	3,727	0,149
76,9	0,546	2,6717	6,402	0,224	31,7	0,344	-2,4471	3,707	0,166
122,3	0,470	-2,0268	6,685	0,089	100,6	0,137	2,5045	3,802	0,051

Maj					Czerwiec				
Θ	b	c	ε^2	R	Θ	b	c	ε^2	R
4,3	0,311	-1,3373	3,417	0,125	3,4	0,320	-2,7412	2,099	0,154
5,5	0,337	-0,0241	3,393	0,150	4,1	0,288	-2,8103	2,108	0,140
5,7	0,258	-2,7692	3,414	0,128	7,1	0,358	1,4701	2,077	0,184
8,3	0,328	-2,2137	3,414	0,128	7,5	0,174	-1,5642	2,126	0,106
8,9	0,257	1,0319	3,437	0,099	8,0	0,270	-0,8259	2,108	0,140
9,9	0,395	2,7052	3,392	0,151	10,2	0,255	1,6200	2,116	0,126
11,6	0,183	1,9301	3,439	0,096	11,4	0,113	-0,7973	2,141	0,065
12,6	0,435	-1,4538	3,364	0,176	13,0	0,321	0,0501	2,093	0,163
21,4	0,347	0,8892	3,404	0,139	20,0	0,360	2,7733	2,089	0,169
47,5	0,387	2,8612	3,381	0,161	29,8	0,346	1,2737	2,081	0,179
68,7	0,213	1,3385	3,420	0,121	56,2	0,159	-1,8338	2,130	0,097
101,8	0,184	2,6690	3,466	0,038	94,6	0,551	-2,7538	2,021	0,245

Tab. 5b. Okresy Θ , amplitudy b , fazy c temperatury powietrza w Warszawie w latach 1779-1998 (ε^2 – wariancja resztkowa, R – współczynnik korelacji) – lipiec-grudzień
 The periods Θ , amplitudes b and phases c of air temperature in Warsaw in the years 1779-1998 (ε^2 – rest variance, R – coefficient of correlation) – July-December

Lipiec					Sierpień				
Θ	b	c	ε^2	R	Θ	b	c	ε^2	R
3,9	0,462	-0,7040	1,923	0,225	3,9	0,415	-0,8421	2,234	0,192
5,1	0,470	-2,3005	1,915	0,234	5,4	0,357	2,5059	2,263	0,156
6,5	0,282	0,3410	1,987	0,138	5,7	0,409	1,2166	2,242	0,183
7,1	0,399	1,4387	1,945	0,200	7,7	0,319	-1,6965	2,268	0,149
7,7	0,140	-0,6811	2,005	0,101	11,1	0,135	-2,8238	2,306	0,076
11,3	0,267	-1,8826	1,989	0,135	13,4	0,330	1,8743	2,250	0,173
14,8	0,246	-0,5738	1,994	0,125	16,0	0,380	0,5698	2,241	0,184
16,3	0,202	1,7905	2,001	0,111	18,8	0,291	1,9092	2,272	0,143
28,9	0,173	1,7159	2,000	0,113	23,6	0,293	-0,5933	2,265	0,153
34,5	0,169	2,4328	2,001	0,111	30,6	0,226	-0,2061	2,290	0,112
71,0	0,451	-0,4641	1,921	0,227	49,4	0,301	-0,5895	2,260	0,160
171,6	0,164	-1,1115	2,000	0,113	72,2	0,348	2,4298	2,228	0,198

Wrzesień					Październik				
Θ	b	c	ε^2	R	Θ	b	c	ε^2	R
4,5	0,378	-1,0032	1,941	0,224	3,8	0,802	1,3817	10,531	0,167
4,7	0,342	0,0422	1,956	0,207	5,2	0,768	-0,0964	10,550	0,161
6,4	0,390	-2,0905	1,936	0,230	7,5	0,847	0,1373	10,500	0,175
6,8	0,372	-0,7200	1,945	0,220	7,7	1,019	-0,6183	10,404	0,199
8,0	0,267	-3,0172	1,966	0,195	8,2	0,647	-2,9352	10,476	0,181
9,2	0,348	-1,5058	1,948	0,217	11,3	0,495	-0,6678	10,743	0,091
11,5	0,133	1,8062	2,003	0,142	12,8	0,496	-0,2649	10,660	0,126
14,1	0,281	-0,4673	1,953	0,211	14,1	0,785	0,3669	10,424	0,194
15,8	0,354	-0,7871	1,946	0,219	15,4	0,560	0,6516	10,652	0,129
20,2	0,397	0,0502	1,931	0,235	18,0	0,589	-2,4958	10,572	0,155
81,6	0,313	2,3837	1,953	0,211	29,3	0,467	0,5155	10,700	0,111
171,8	0,213	-0,9852	1,976	0,182	110,5	0,681	0,4475	10,652	0,129

Listopad					Grudzień				
Θ	b	c	ε^2	R	Θ	b	c	ε^2	R
4,6	0,496	2,7417	4,063	0,172	3,5	0,725	0,5579	8,979	0,164
5,7	0,502	0,0338	4,074	0,164	5,2	0,855	0,3545	8,856	0,201
6,1	0,283	-0,2486	4,136	0,110	5,6	0,582	2,7280	9,053	0,137
6,5	0,574	1,5025	4,038	0,188	6,3	0,432	0,1540	9,085	0,124
8,1	0,388	0,6280	4,113	0,132	8,3	0,732	2,3272	8,923	0,182
9,0	0,413	2,5118	4,060	0,174	9,9	0,606	0,0321	9,025	0,148
9,9	0,360	2,2862	4,075	0,163	15,0	0,772	-1,9543	8,881	0,194
10,6	0,374	2,9494	4,074	0,164	17,9	0,548	1,1782	8,942	0,176
11,3	0,390	-1,5093	4,092	0,150	20,4	0,385	-2,5087	9,083	0,125
12,5	0,375	1,5053	4,091	0,151	36,8	0,459	1,8444	9,051	0,138
27,3	0,427	-2,5876	4,098	0,145	71,7	0,460	-2,2655	8,983	0,163
72,6	0,332	1,3891	4,108	0,137	115,1	0,273	-2,6577	9,189	0,065

Tab. 5c. Okresy Θ , amplitudy b , fazy c temperatury powietrza w Warszawie w latach 1779-1998 (ε^2 – wariancja resztkowa, R – współczynnik korelacji) – wiosna-półrocze ciepłe
 The periods Θ , amplitudes b and phases c of air temperature in Warsaw in the years 1779-1998 (ε^2 – rest variance, R – coefficient of correlation) – spring-warm period

Wiosna					Lato				
Θ	b	c	ε^2	R	Θ	b	c	ε^2	R
3,4	0,337	-2,3649	1,982	0,156	3,1	0,221	-1,0854	1,058	0,170
4,0	0,349	-1,7649	1,978	0,163	3,9	0,365	-0,7596	1,019	0,255
4,5	0,287	0,9154	1,998	0,129	5,4	0,224	2,6817	1,061	0,162
7,0	0,258	0,8529	2,009	0,106	7,1	0,333	1,3701	1,029	0,236
7,8	0,374	0,1518	1,971	0,173	7,8	0,167	-0,6214	1,068	0,141
11,3	0,343	-1,2688	1,978	0,163	11,2	0,127	0,9408	1,074	0,120
21,5	0,219	-2,8378	2,000	0,125	13,2	0,173	1,3700	1,061	0,162
24,2	0,370	-0,1860	1,943	0,209	14,2	0,159	-1,1011	1,059	0,168
31,7	0,216	-2,6607	2,003	0,119	15,7	0,218	-0,8601	1,051	0,188
53,5	0,086	0,0975	2,019	0,079	29,8	0,218	1,5678	1,056	0,176
76,4	0,135	1,5796	1,986	0,150	52,4	0,123	1,2286	1,069	0,137
					75,9	0,378	-2,2482	1,007	0,275

Jesień					Zima (XII-II)				
Θ	b	c	ε^2	R	Θ	b	c	ε^2	R
3,4	0,178	-2,5718	1,219	0,111	3,3	0,540	0,5628	5,498	0,167
4,7	0,363	-1,3753	1,174	0,221	5,2	0,663	0,5514	5,415	0,206
5,5	0,339	-1,6091	1,183	0,203	8,3	0,774	2,4912	5,325	0,242
6,5	0,318	1,5786	1,187	0,195	8,7	0,500	-2,6257	5,505	0,163
8,0	0,150	2,4855	1,228	0,070	11,6	0,308	2,8689	5,605	0,095
10,6	0,200	2,9602	1,215	0,124	12,9	0,460	1,1794	5,516	0,157
11,4	0,110	1,3498	1,227	0,076	15,3	0,473	1,1727	5,485	0,174
15,5	0,225	-2,7142	1,206	0,151	18,1	0,485	1,8547	5,482	0,175
23,2	0,212	-1,7050	1,212	0,134	39,3	0,324	-2,5051	5,554	0,134
34,0	0,212	-3,1290	1,216	0,121	73,8	0,218	1,9590	5,537	0,145
66,2	0,136	-2,1652	1,223	0,095	113,4	0,516	3,1269	5,538	0,144
103,4	0,035	1,8173	1,225	0,086					

Półrocze chłodne					Półrocze ciepłe				
Θ	b	c	ε^2	R	Θ	b	c	ε^2	R
3,9	0,190	-0,8381	0,717	0,155	3,9	0,378	0,9489	3,411	0,161
4,9	0,171	2,7899	0,720	0,141	5,2	0,517	0,3559	3,334	0,219
6,5	0,170	0,4986	0,719	0,146	5,5	0,303	-1,3034	3,419	0,154
7,8	0,155	-0,4506	0,722	0,131	6,1	0,386	-0,2242	3,408	0,163
11,2	0,101	1,1944	0,727	0,102	7,8	0,292	1,0607	3,420	0,153
12,6	0,141	-1,8164	0,723	0,126	8,3	0,475	2,1639	3,344	0,212
14,1	0,165	-0,3202	0,713	0,172	11,2	0,242	2,5081	3,464	0,104
15,5	0,206	2,5370	0,703	0,208	12,9	0,306	0,5327	3,439	0,134
24,1	0,215	-2,2446	0,708	0,191	15,1	0,482	-2,9085	3,339	0,215
27,7	0,087	0,8449	0,728	0,095	17,9	0,374	1,0787	3,386	0,182
51,7	0,206	-1,7831	0,710	0,183	72,2	0,275	-0,9942	3,365	0,198
75,3	0,281	2,7056	0,706	0,198	113,7	0,227	2,7541	3,468	0,098

Tab. 5d. Okresy Θ , amplitudy b , fazy c temperatury powietrza w Warszawie w latach 1779-1998 (ε^2 – wariancja resztkowa, R – współczynnik korelacji) – rok

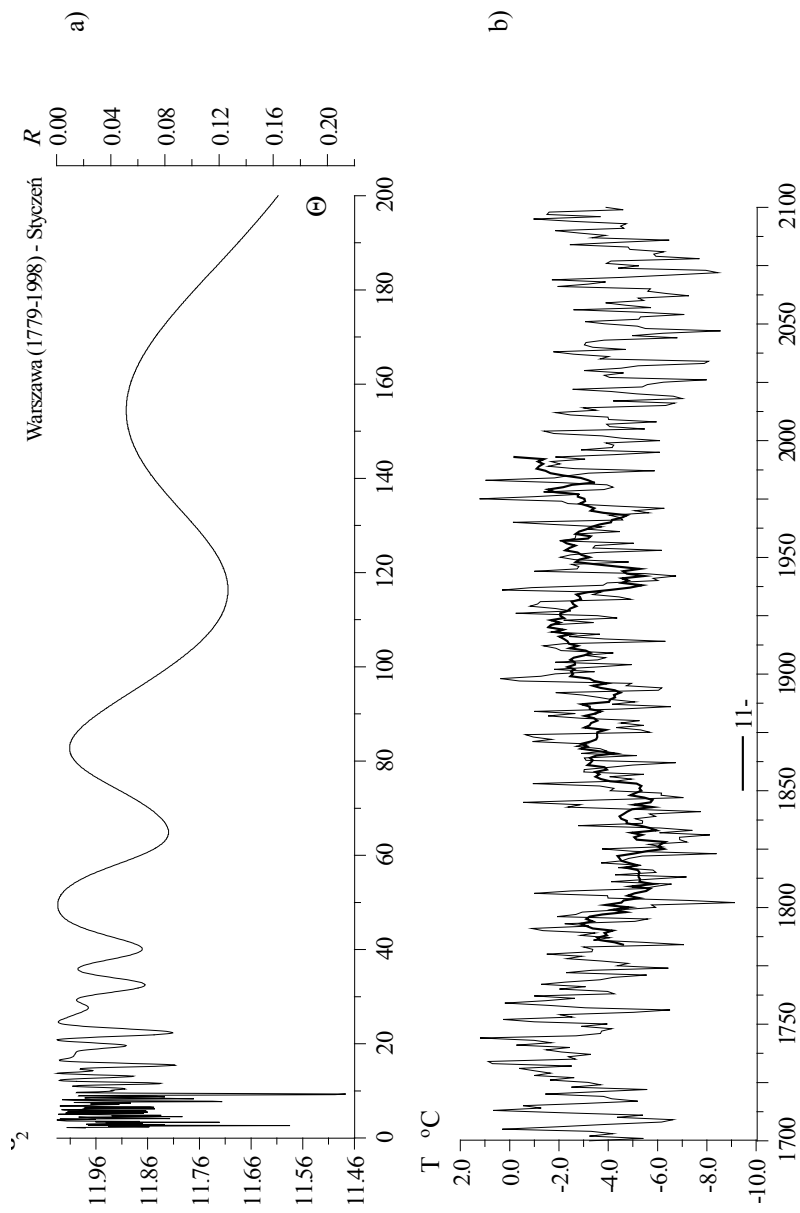
The periods Θ , amplitudes b and phases c of air temperature in Warsaw in the years 1779-1998 (ε^2 – rest variance, R – coefficient of correlation) – year

Θ	b	c	ε^2	R
4,0	0,172	-1,8175	0,894	0,123
5,5	0,237	-1,4712	0,884	0,162
7,8	0,263	0,1897	0,875	0,190
8,3	0,203	2,3170	0,889	0,144
11,3	0,164	-0,8971	0,898	0,104
12,8	0,214	0,0013	0,887	0,151
14,1	0,175	-0,0938	0,883	0,165
15,3	0,114	0,1744	0,893	0,128
21,7	0,122	2,1205	0,893	0,128
24,4	0,125	-2,4450	0,891	0,136
71,1	0,090	0,7660	0,900	0,093
106,1	0,153	2,1453	0,896	0,114

Tab. 6. Temperatura średnia \bar{T} , wariancja s^2 , wariancja resztkowa trendów czasowych ε^2 , współczynnik korelacji wielokrotnej R , specjalny współczynnik korelacji R_s i błąd standardowy ε_s temperatury powietrza w Warszawie w latach 1779-1998

The average temperature \bar{T} , variance s^2 , rest variance of the time trends ε^2 , coefficient of multiple correlation R , special coefficient correlation R_s and standard error ε_s of air temperature in Warsaw in the years 1779-1998

Miesiące	\bar{T}	s^2	ε^2	R	R_s	ε_s
Styczeń	-3,61	12,036	8,438	0,547	0,815	3,085
Luty	-2,31	10,832	7,485	0,556	0,733	2,906
Marzec	1,31	6,739	4,471	0,580	0,686	2,246
Kwiecień	7,58	3,812	2,670	0,547	0,978	1,736
Maj	13,50	3,471	2,754	0,454	0,993	1,763
Czerwiec	17,06	2,150	1,564	0,522	0,997	1,328
Lipiec	18,72	2,026	1,432	0,541	0,998	1,271
Sierpień	17,84	2,319	1,646	0,539	0,997	1,363
Wrzesień	13,52	2,014	1,344	0,577	0,996	1,231
Październik	-2,31	10,832	7,655	0,542	0,726	2,939
Listopad	2,38	4,186	2,806	0,574	0,846	1,779
Grudzień	-1,74	9,227	6,222	0,571	0,702	2,649
Wiosna	2,03	2,032	1,352	0,581	0,988	1,235
Lato	17,87	1,090	0,714	0,585	0,999	0,898
Jesień	8,00	1,234	0,867	0,547	0,993	0,989
Zima	-2,54	5,656	3,677	0,590	0,834	2,037
Półrocze chłodne	14,70	0,735	0,515	0,547	0,999	0,762
Półrocze ciepłe	0,49	3,502	2,202	0,607	0,640	1,577
Rok	7,69	0,908	0,590	0,593	0,995	0,816



Rys. 31. Temperatura powietrza w Warszawie (1700-2100) – styczeń

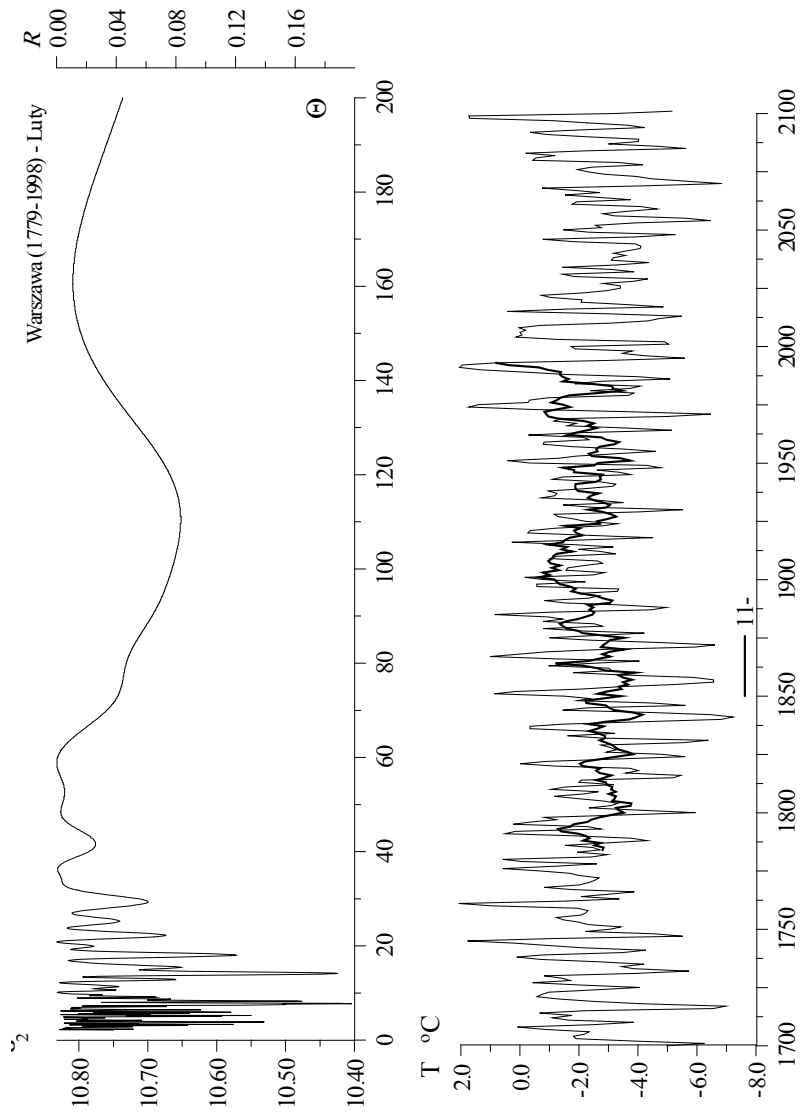
a) Widmo temperatury powietrza w paśmie 2, 1-200 lat

b) Prognozy temperatury powietrza w XXI wieku

Air temperature in Warsaw (1700-2100) – January

a) Spectrum of air temperature in the strip 2, 1-200 years

b) Forecasts of air temperature in 21st century



Rys. 32. Temperatura powietrza w Warszawie (1700-2100) – luty

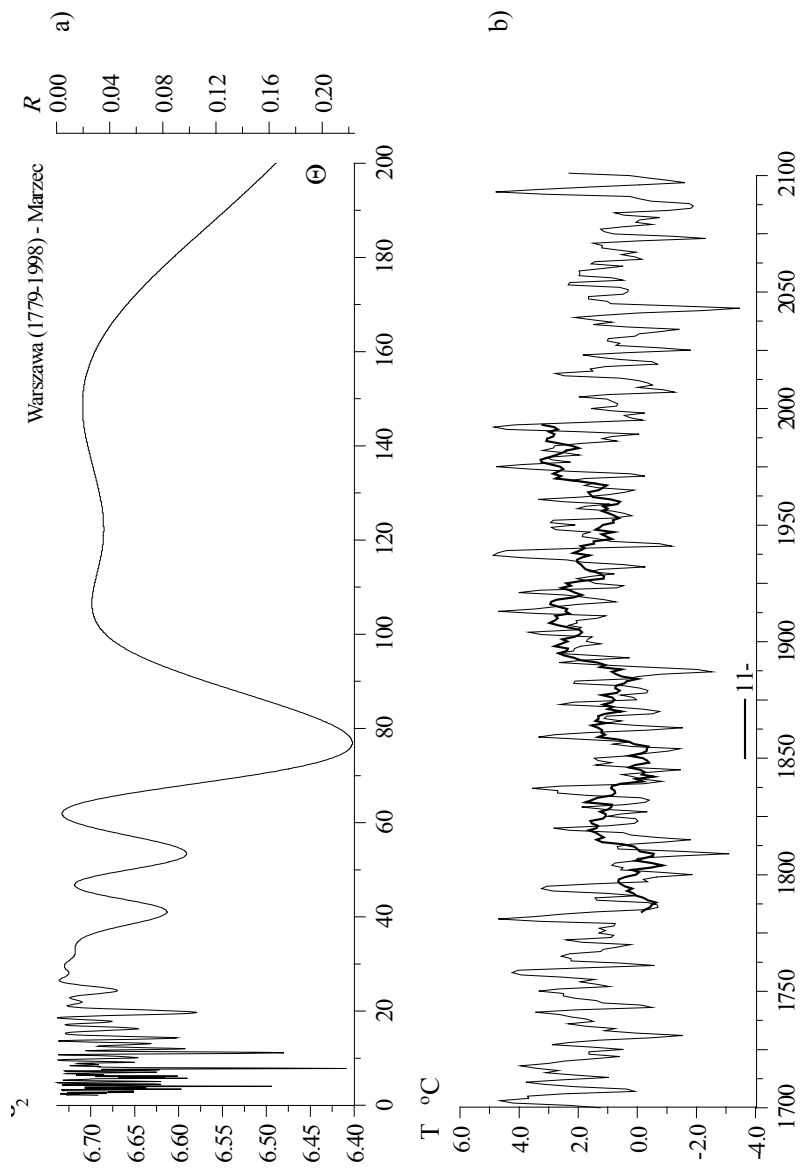
a) Widmo temperatury powietrza w paśmie 2,1-200 lat

b) Prognozy temperatury powietrza w XXI wieku

Air temperature in Warsaw (1700-2100) – February

a) Spectrum of air temperature in the strip 2,1-200 years

b) Forecasts of air temperature in 21st century



Rys. 33. Temperatura powietrza w Warszawie (1700-2100) – marzec

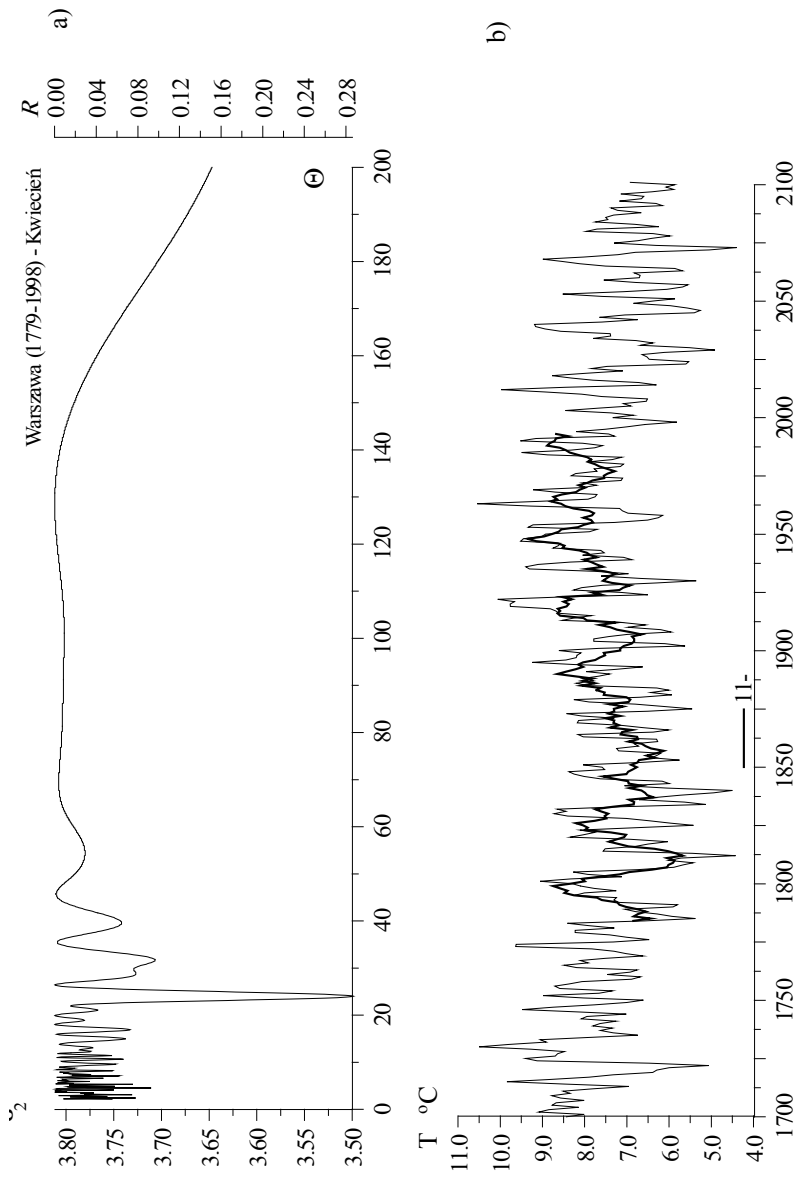
a) Widmo temperatury powietrza w paśmie 2, 1-200 lat

b) Prognozy temperatury powietrza w XXI wieku

Air temperature in Warsaw (1700-2100) – March

a) Spectrum of air temperature in the strip 2, 1-200 years

b) Forecasts of air temperature in 21st century



Rys. 34. Temperatura powietrza w Warszawie (1700-2100) – kwiecień

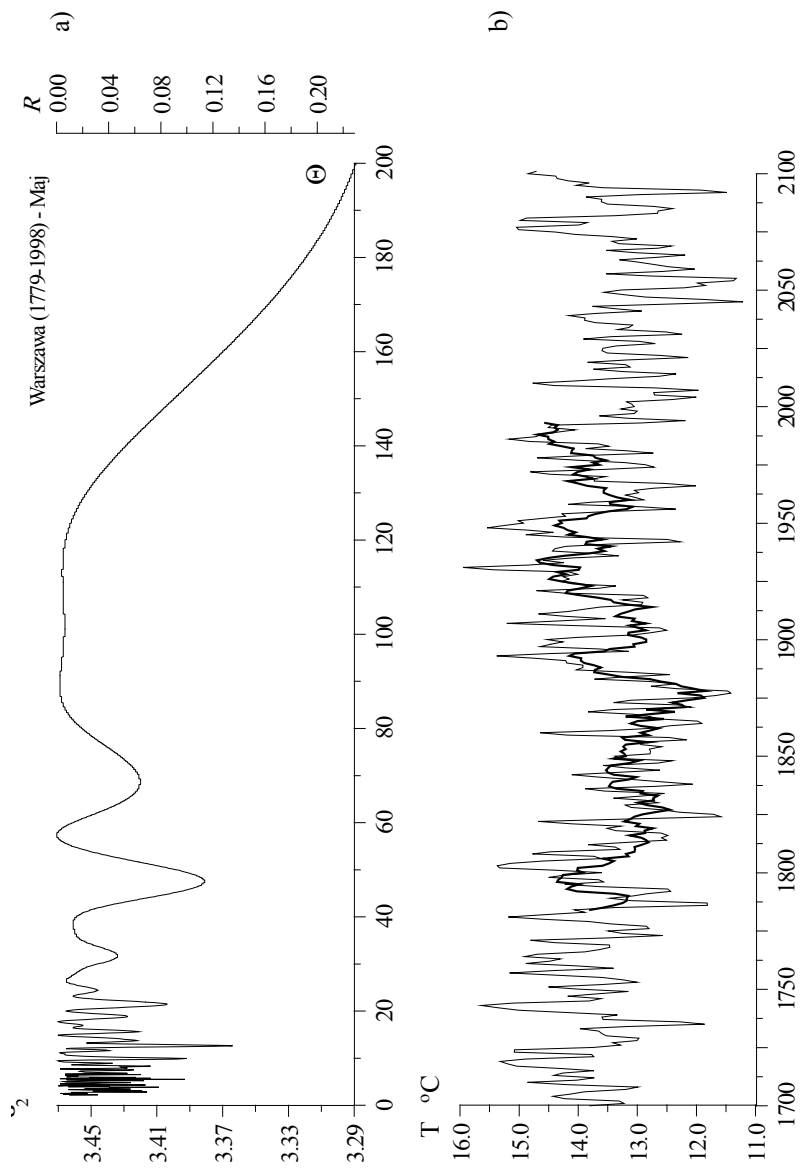
a) Widmo temperatury powietrza w paśmie 2, 1-200 lat

b) Prognozy temperatury powietrza w XXI wieku

Air temperature in Warsaw (1700-2100) – April

a) Spectrum of air temperature in the strip 2, 1-200 years

b) Forecasts of air temperature in 21st century



Rys. 35. Temperatura powietrza w Warszawie (1700-2100) – maj

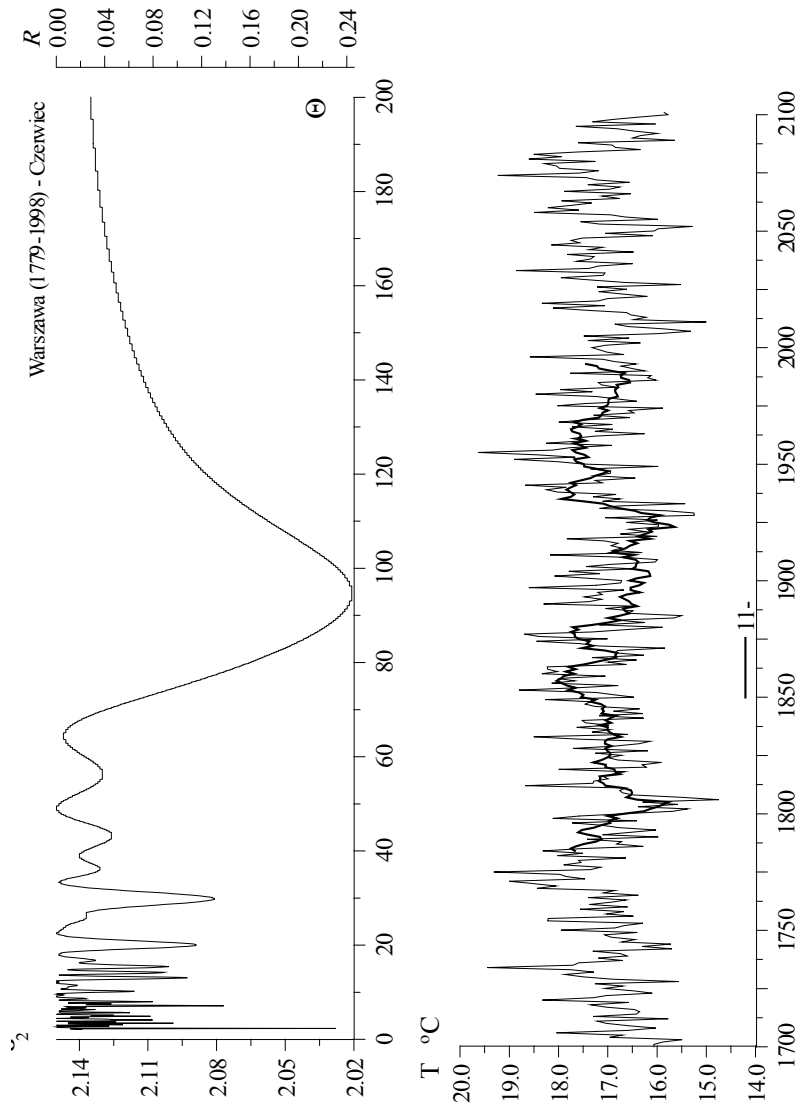
a) Widmo temperatury powietrza w paśmie 2, 1-200 lat

b) Prognozy temperatury powietrza w XXI wieku

Air temperature in Warsaw (1700-2100) – May

a) Spectrum of air temperature in the strip 2, 1-200 years

b) Forecasts of air temperature in 21st century

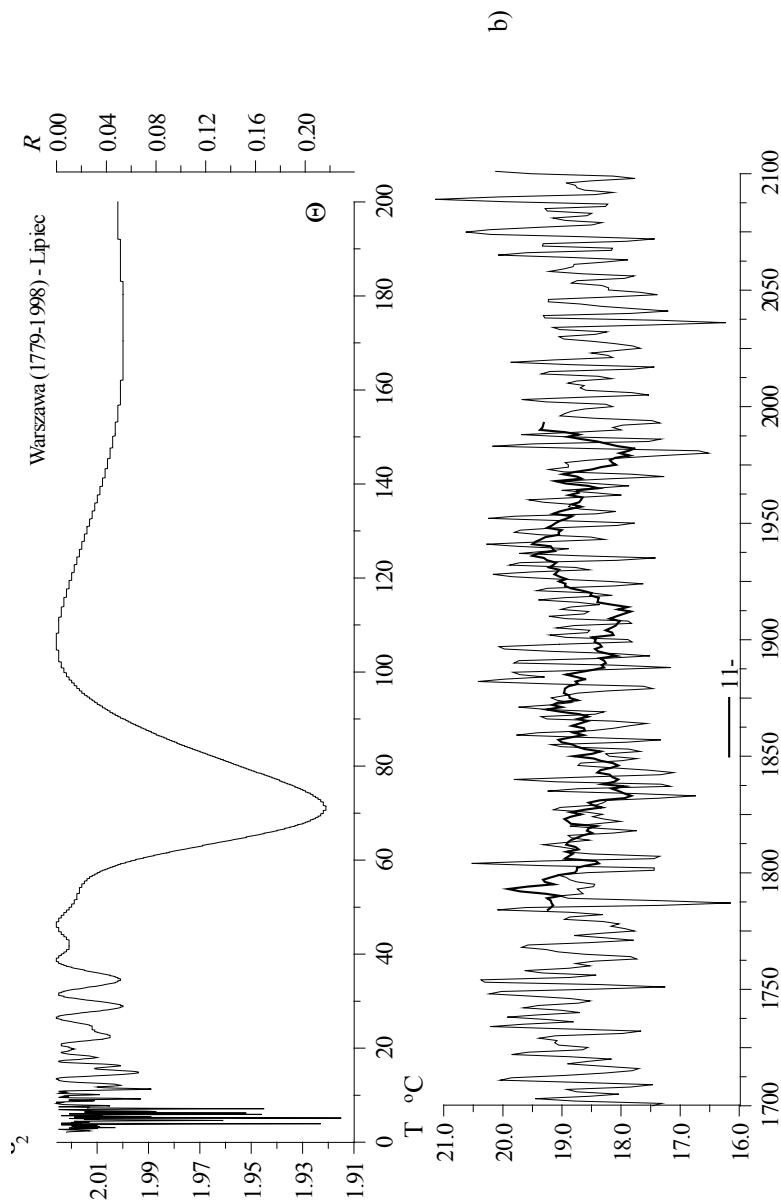


Rys. 36. Temperatura powietrza w Warszawie (1700-2100) – czerwiec

- a) Widmo temperatury powietrza w paśmie 2, 1-200 lat
- b) Prognozy temperatury powietrza w XXI wieku

Air temperature in Warsaw (1700-2100) – June

- a) Spectrum of air temperature in the strip 2, 1-200 years
- b) Forecasts of air temperature in 21st century



Rys. 37. Temperatura powietrza w Warszawie (1700-2100) – lipiec

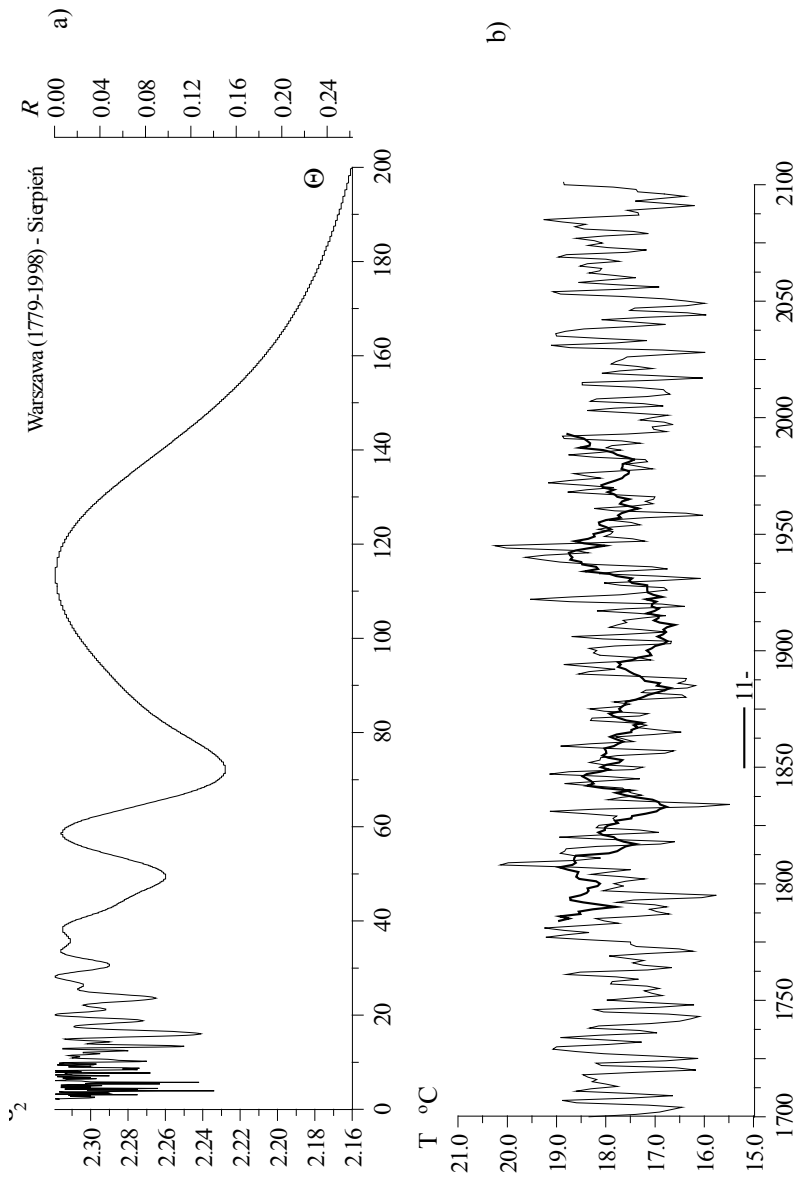
a) Widmo temperatury powietrza w paśmie 2,1-200 lat

b) Prognozy temperatury powietrza w XXI wieku

Air temperature in Warsaw (1700-2100) – July

a) Spectrum of air temperature in the strip 2,1-200 years

b) Forecasts of air temperature in 21st century



Rys. 38. Temperatura powietrza w Warszawie (1700-2100) – sierpień

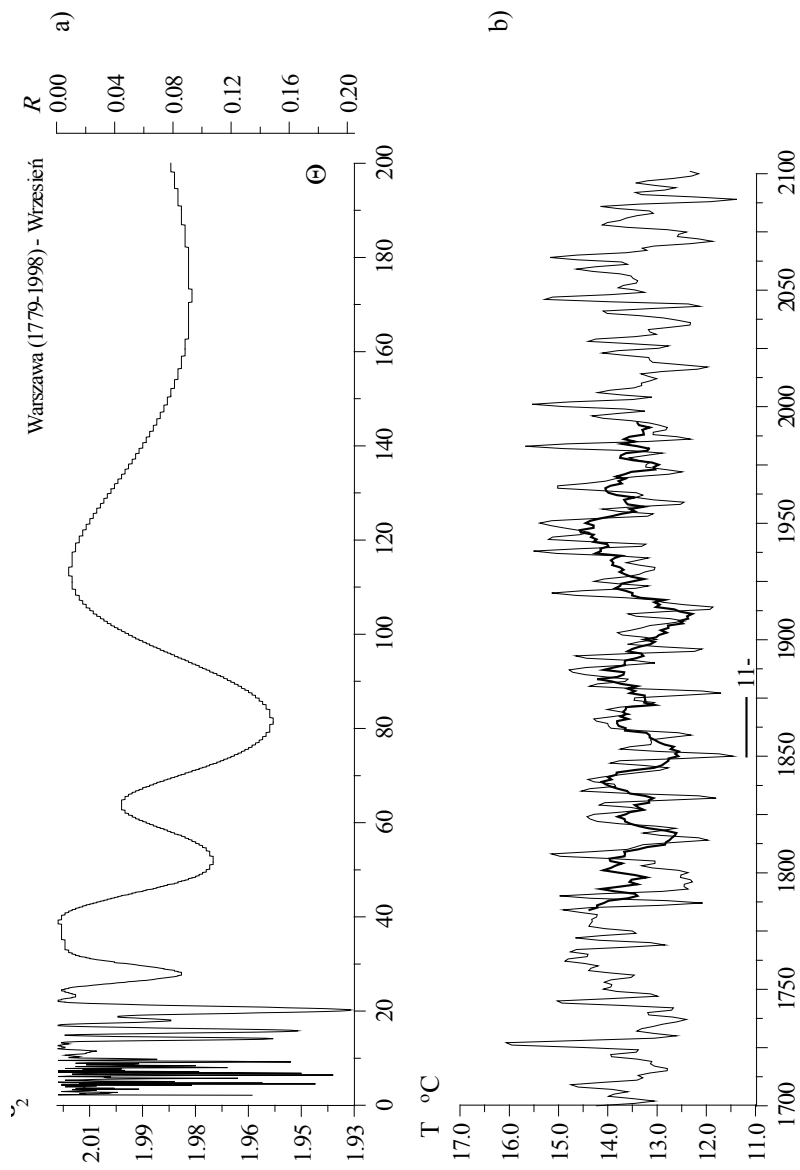
a) Widmo temperatury powietrza w paśmie 2, 1-200 lat

b) Prognozy temperatury powietrza w XXI wieku

Air temperature in Warsaw (1700-2100) – August

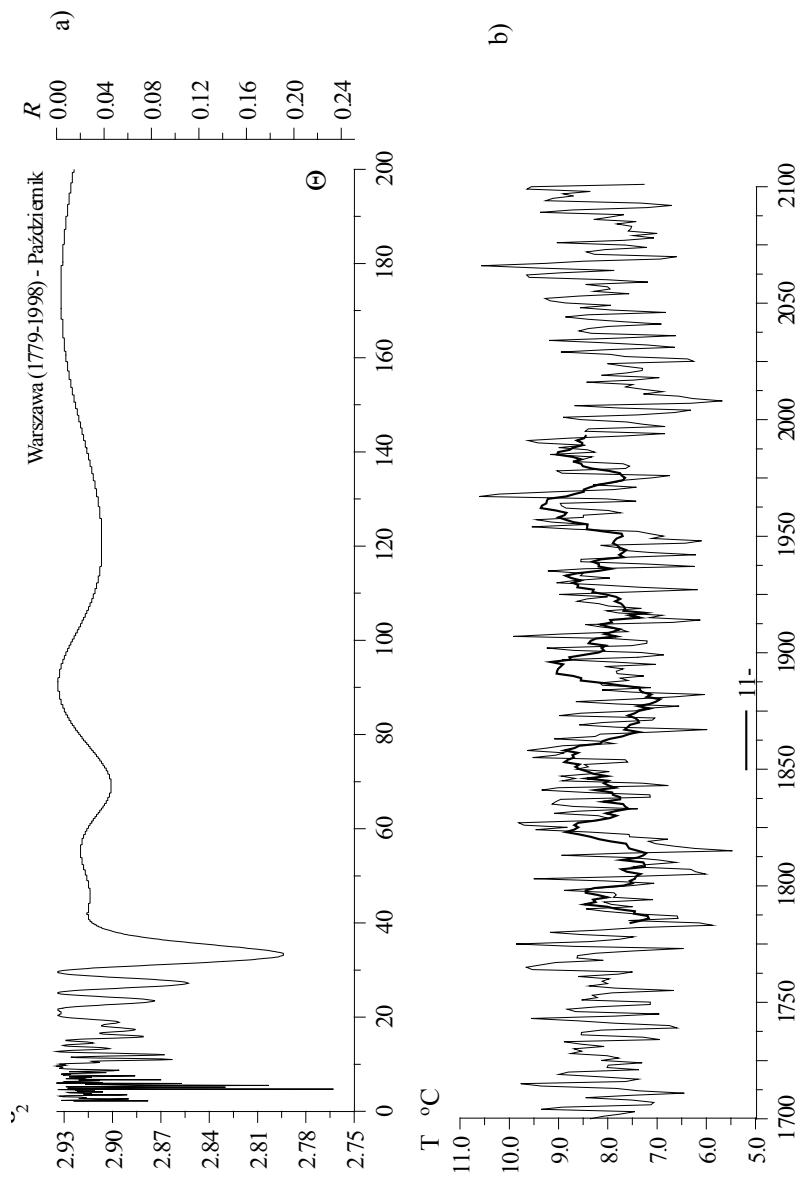
a) Spectrum of air temperature in the strip 2, 1-200 years

b) Forecasts of air temperature in 21st century



Rys. 39. Temperatura powietrza w Warszawie (1700-2100) – wrzesień

- a) Widmo temperatury powietrza w paśmie 2, 1-200 lat
 - b) Prognozy temperatury powietrza w XXI wieku
- Air temperature in Warsaw (1700-2100) – September
- a) Spectrum of air temperature in the strip 2, 1-200 years
 - b) Forecasts of air temperature in 21st century



Rys. 40. Temperatura powietrza w Warszawie (1700-2100) – październik

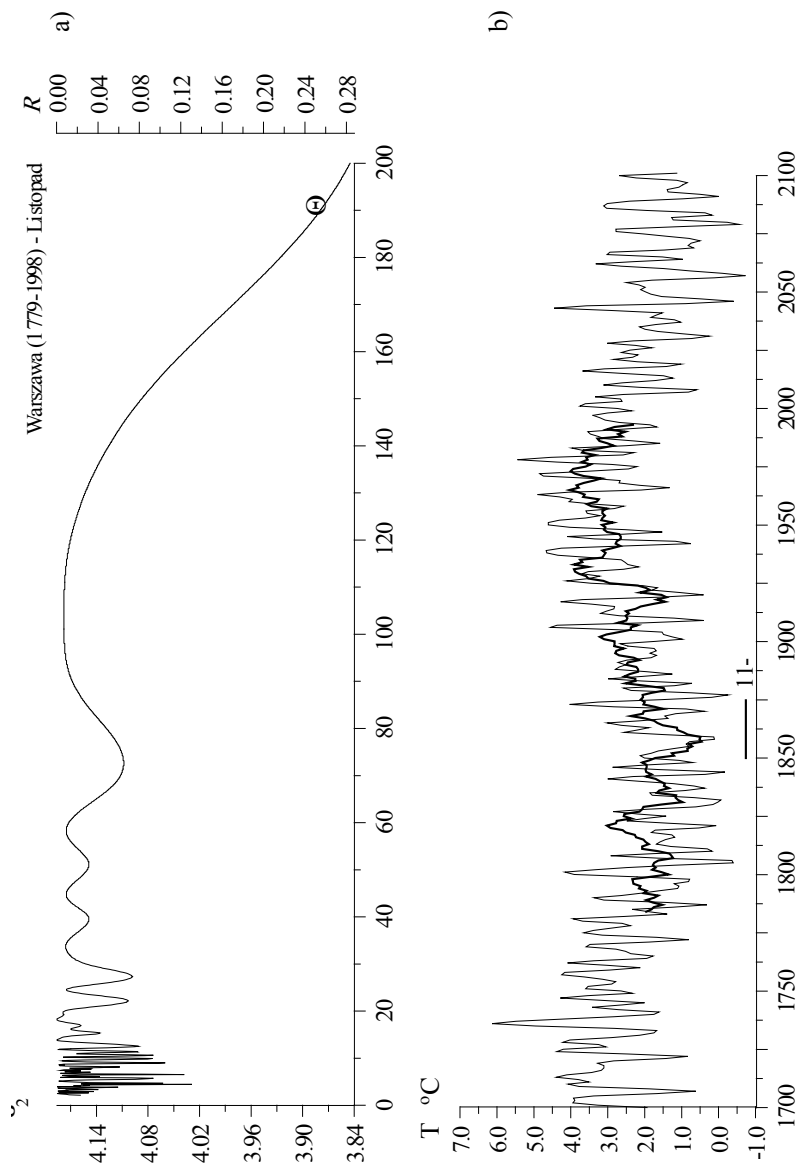
a) Widmo temperatury powietrza w paśmie 2, 1-200 lat

b) Prognozy temperatury powietrza w XXI wieku

Air temperature in Warsaw (1700-2100) – October

a) Spectrum of air temperature in the strip 2, 1-200 years

b) Forecasts of air temperature in 21st century

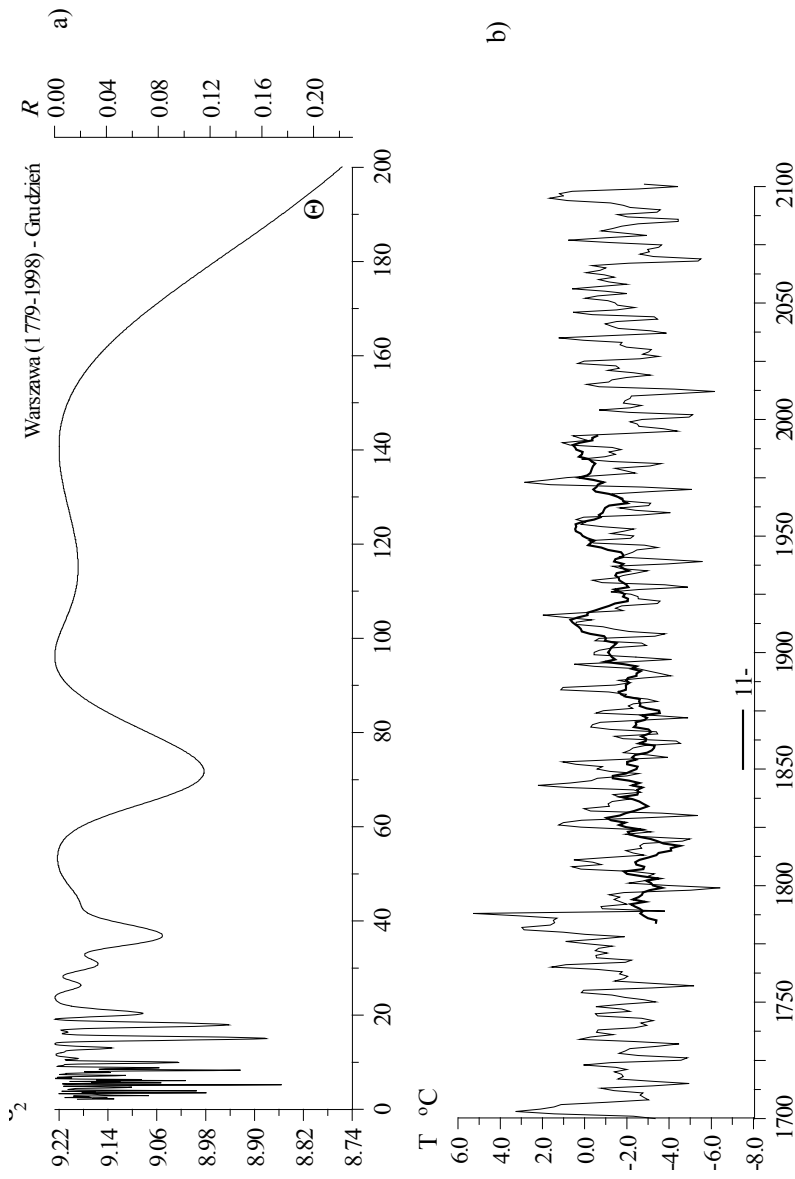


Rys. 41. Temperatura powietrza w Warszawie (1700-2100) – listopad

a) Widmo temperatury powietrza w paśmie 2, 1-200 lat
 b) Prognozy temperatury powietrza w XXI wieku

Air temperature in Warsaw (1700-2100) – November

a) Spectrum of air temperature in the strip 2, 1-200 years
 b) Forecasts of air temperature in 21st century



Rys. 42. Temperatura powietrza w Warszawie (1700-2100) – grudzień

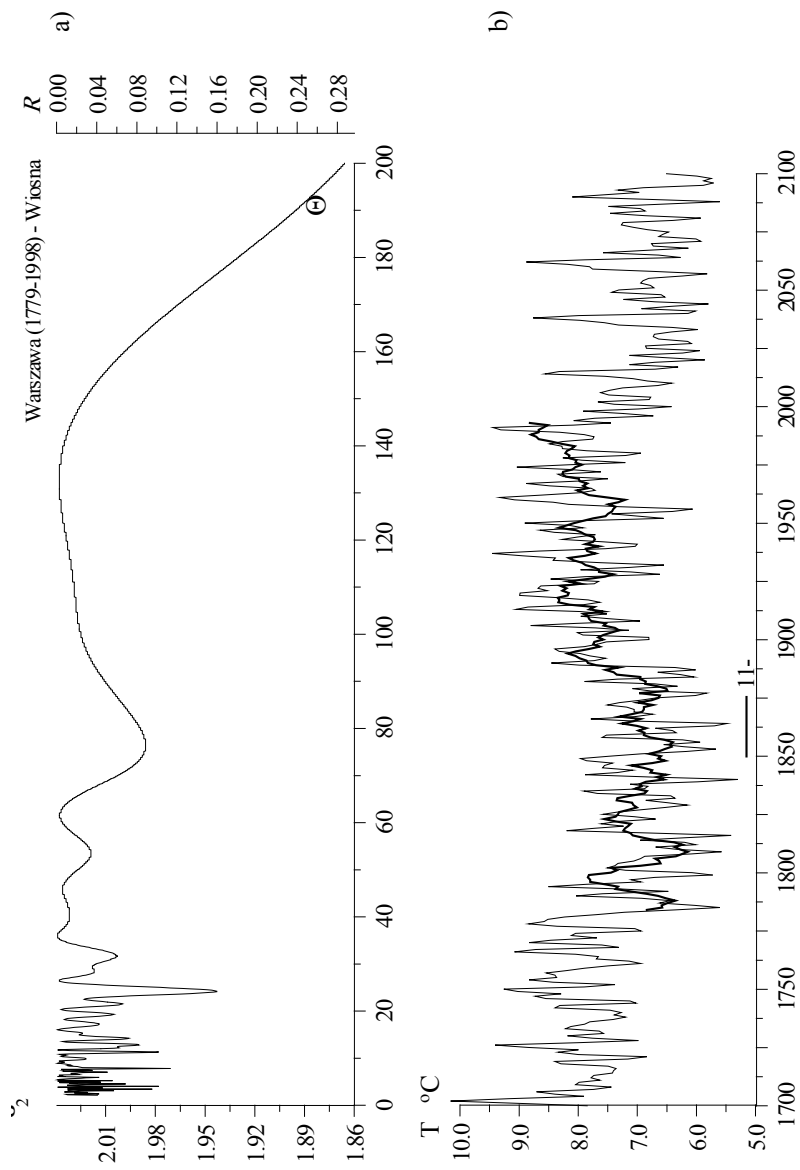
a) Widmo temperatury powietrza w paśmie 2, 1-200 lat

b) Prognozy temperatury powietrza w XXI wieku

Air temperature in Warsaw (1700-2100) – December

a) Spectrum of air temperature in the strip 2, 1-200 years

b) Forecasts of air temperature in 21st century



Rys. 43. Temperatura powietrza w Warszawie (1700-2100) – wiosna

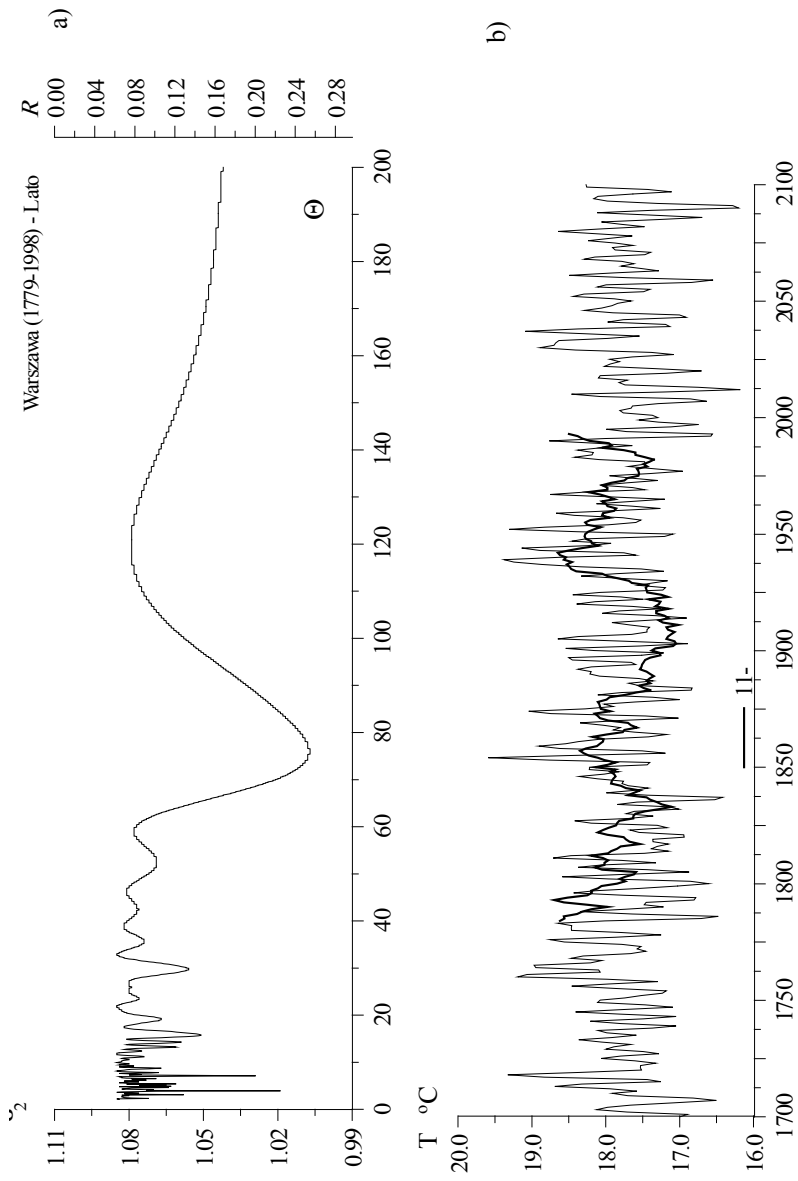
a) Widmo temperatury powietrza w paśmie 2, 1-200 lat

b) Prognozy temperatury powietrza w XXI wieku

Air temperature in Warsaw (1700-2100) – spring

a) Spectrum of air temperature in the strip 2, 1-200 years

b) Forecasts of air temperature in 21st century



Rys. 44. Temperatura powietrza w Warszawie (1700-2100) – lato

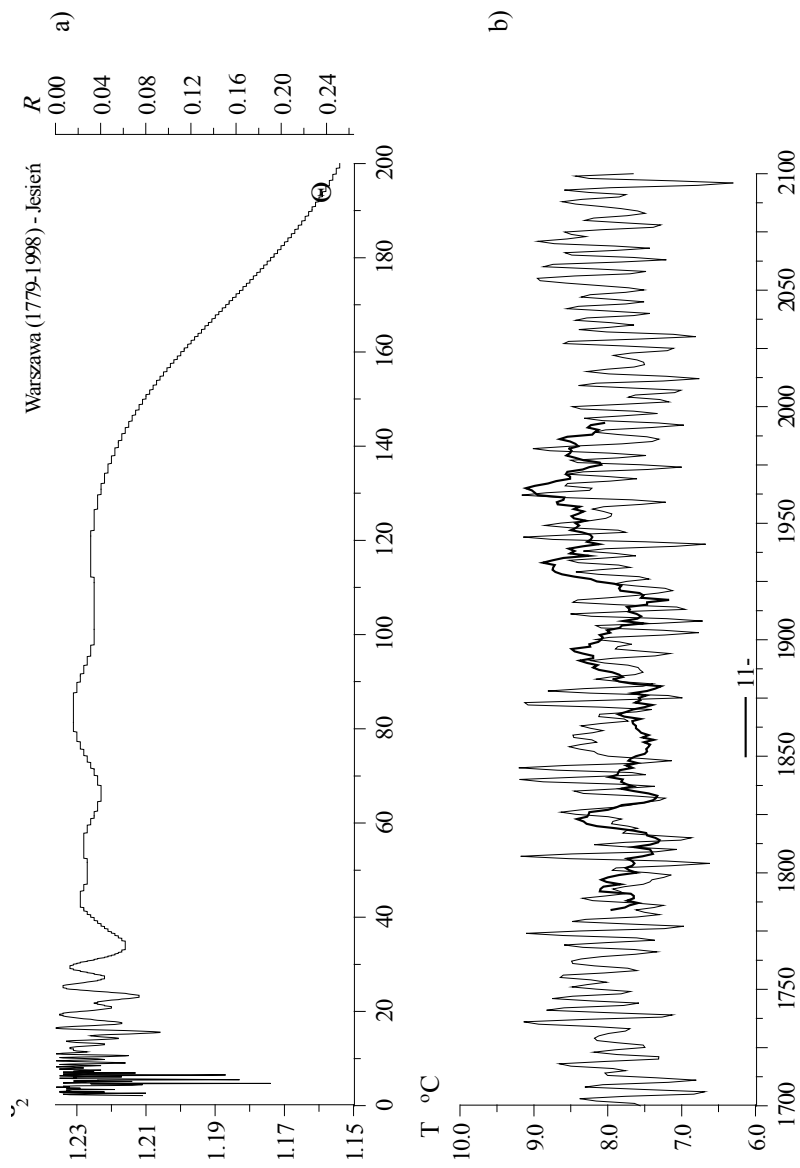
a) Widmo temperatury powietrza w paśmie 2, 1-200 lat

b) Prognozy temperatury powietrza w XXI wieku

Air temperature in Warsaw (1700-2100) – summer

a) Spectrum of air temperature in the strip 2, 1-200 years

b) Forecasts of air temperature in 21st century



Rys. 45. Temperatura powietrza w Warszawie (1700-2100) – jesień

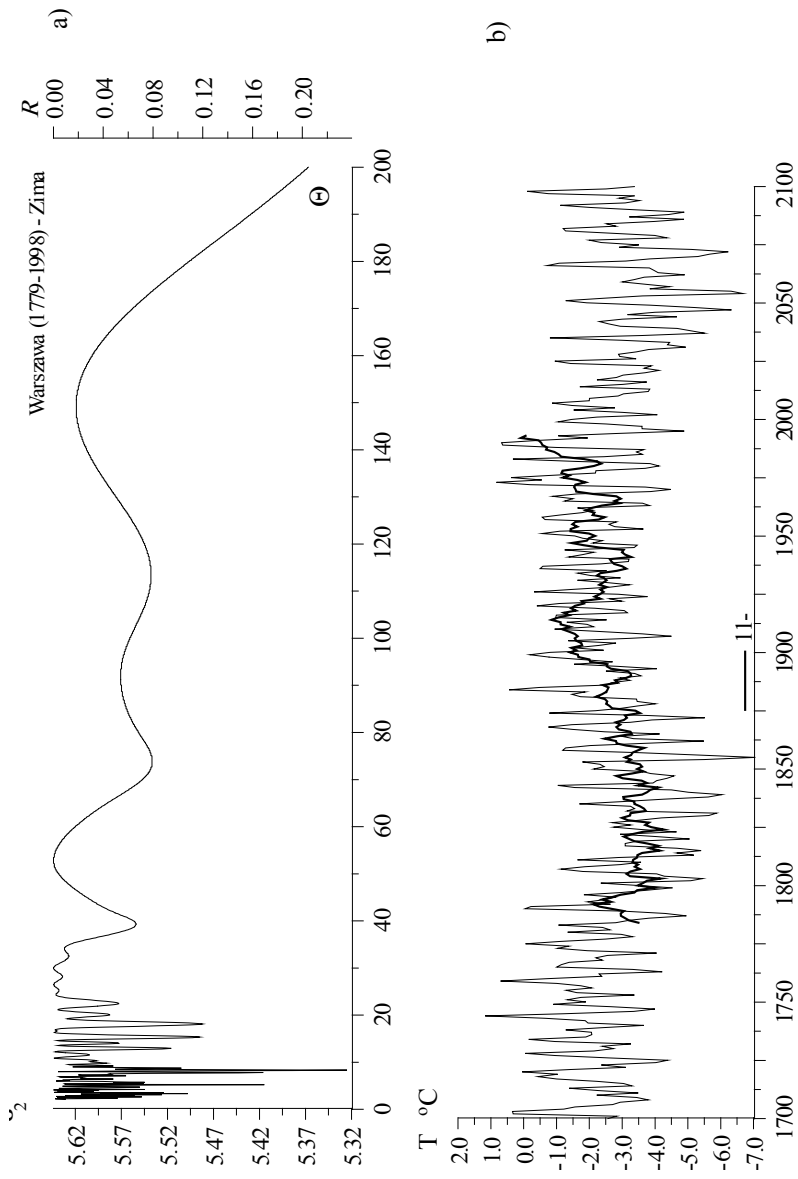
a) Widmo temperatury powietrza w paśmie 2, 1-200 lat

b) Prognozy temperatury powietrza w XXI wieku

Air temperature in Warsaw (1700-2100) – autumn

a) Spectrum of air temperature in the strip 2, 1-200 years

b) Forecasts of air temperature in 21st century



Rys. 46. Temperatura powietrza w Warszawie (1700-2100) – zima

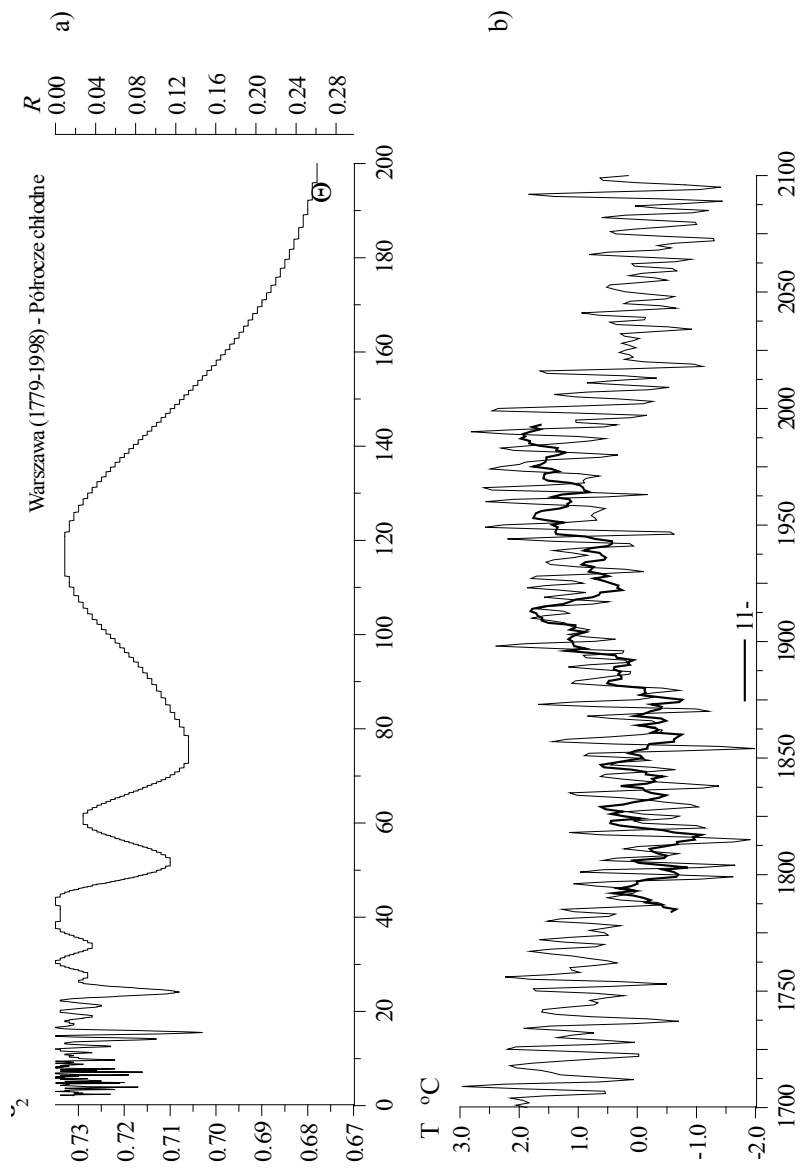
a) Widmo temperatury powietrza w paśmie 2, 1-200 lat

b) Prognozy temperatury powietrza w XXI wieku

Air temperature in Warsaw (1700-2100) – winter

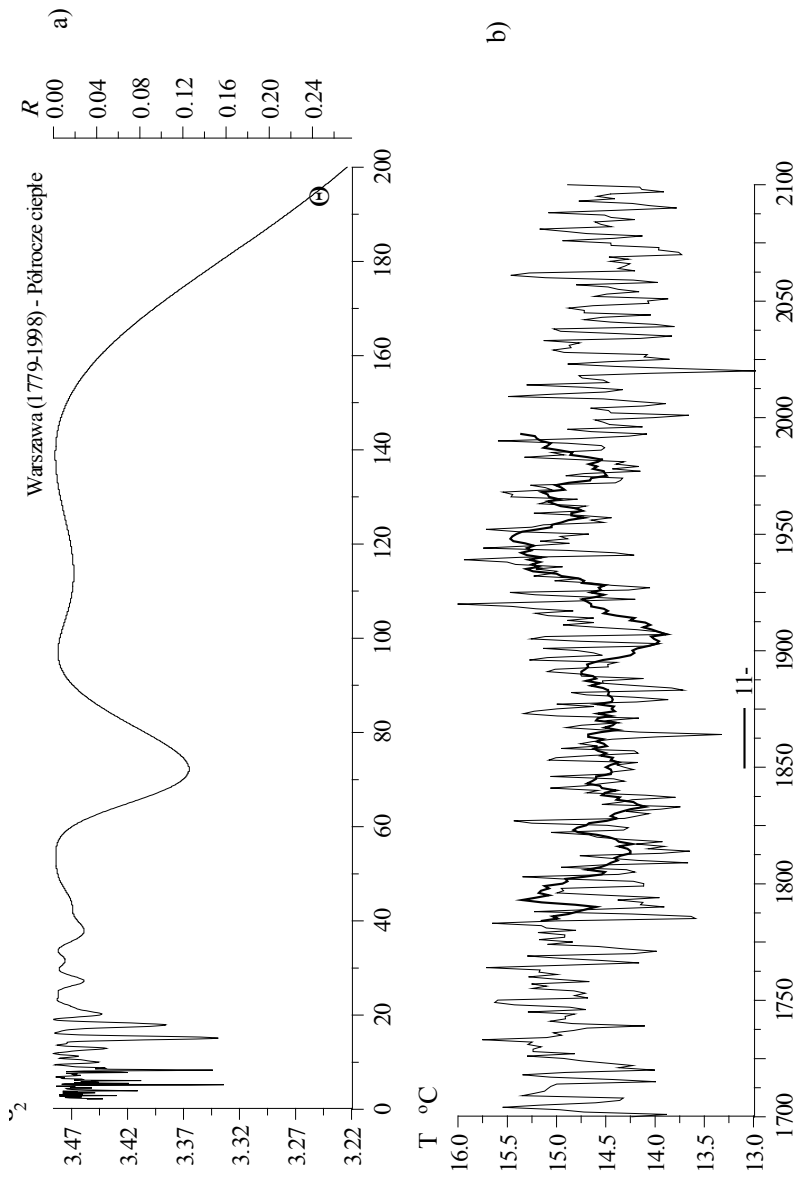
a) Spectrum of air temperature in the strip 2, 1-200 years

b) Forecasts of air temperature in 21st century



Rys. 47. Temperatura powietrza w Warszawie (1700-2100) – półrocze chłodne

- a) Widmo temperatury powietrza w paśmie 2,1-200 lat
 - b) Prognozy temperatury powietrza w XXI wieku
- Air temperature in Warsaw (1700-2100) – cold period
- a) Spectrum of air temperature in the strip 2,1-200 years
 - b) Forecasts of air temperature in 21st century



Rys. 48. Temperatura powietrza w Warszawie (1700-2100) – półrocze ciepłe

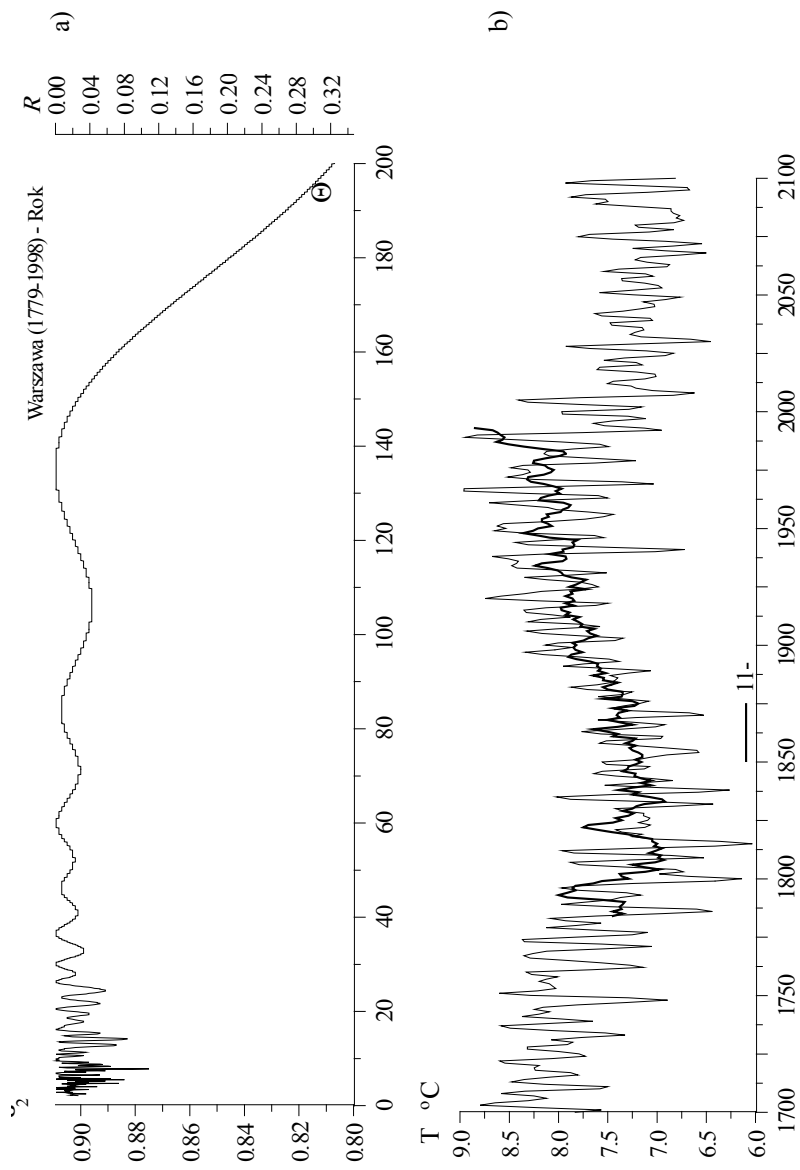
a) Widmo temperatury powietrza w paśmie 2, 1-200 lat

b) Prognozy temperatury powietrza w XXI wieku

Air temperature in Warsaw (1700-2100) – warm period

a) Spectrum of air temperature in the strip 2, 1-200 years

b) Forecasts of air temperature in 21st century



Rys. 49. Temperatura powietrza w Warszawie (1700-2100) – rok

a) Widmo temperatury powietrza w Warszawie w paśmie 2, 1.-200 lat

b) Prognozy temperatury powietrza w XXI wieku

Air temperature in Warsaw (1700-2100) – year

a) Spectrum of air temperature in the strip 2, 1.-200 years

b) Forecasts of air temperature in 21st century

Tab. 7a. Okresy Θ , amplitudy b , fazy c temperatury powietrza w Krakowie w latach 1826-1997 (ε^2 – wariancja resztkowa, R – współczynnik korelacji) – styczeń-czerwiec
 The periods Θ , amplitudes b and phases c of air temperature in Krakow in the years 1826-1997 (ε^2 – rest variance, R – coefficient of correlation) – January-June

Styczeń					Luty				
Θ	b	c	ε^2	R	Θ	b	c	ε^2	R
3,3	0,793	-1,3001	10,979	0,171	3,3	0,924	-1,7102	12,102	0,183
4,2	0,768	1,8916	10,988	0,168	4,6	0,807	-0,9796	12,208	0,159
6,5	0,834	1,4082	10,970	0,173	5,3	0,925	0,7862	12,074	0,189
8,3	0,816	1,4792	10,843	0,203	5,6	0,619	0,4171	12,203	0,160
9,3	1,029	-0,3618	10,622	0,246	7,4	1,209	-2,3554	11,795	0,241
10,5	0,750	-2,3192	10,876	0,196	8,2	0,714	2,4850	12,311	0,130
11,4	0,487	-2,5400	11,111	0,132	8,7	0,923	-3,0902	12,035	0,197
15,4	0,607	-0,8606	10,962	0,175	9,7	0,750	2,5692	12,294	0,135
19,1	0,601	-0,6989	10,928	0,183	11,1	0,865	-1,1470	12,109	0,182
22,4	0,477	1,3058	11,069	0,145	12,1	0,478	-1,8219	12,307	0,131
58,6	0,857	-2,9998	10,776	0,217	53,3	0,408	1,9064	12,380	0,107
101,3	0,415	2,5788	11,105	0,134	87,0	0,241	-0,2339	12,481	0,058

Marzec					Kwiecień				
Θ	b	c	ε^2	R	Θ	b	c	ε^2	R
3,4	0,532	-2,5636	6,197	0,149	3,2	0,453	0,6133	3,187	0,172
4,4	0,454	-1,3039	6,226	0,133	5,3	0,470	-0,1695	3,165	0,191
5,7	0,580	1,3482	6,183	0,156	6,4	0,375	2,3219	3,218	0,142
5,9	0,642	-0,4133	6,159	0,168	8,1	0,274	1,5883	3,234	0,124
7,0	0,454	1,2921	6,195	0,150	9,7	0,407	-1,9583	3,176	0,182
7,8	0,808	0,4294	5,956	0,245	10,4	0,341	-1,8949	3,211	0,149
9,2	0,492	-1,9620	6,207	0,143	11,4	0,269	1,6595	3,239	0,117
11,0	0,745	1,4037	6,052	0,212	17,2	0,413	-0,5317	3,160	0,195
38,8	0,452	1,5034	6,187	0,154	19,8	0,230	-0,3785	3,209	0,151
55,0	0,408	2,2167	6,140	0,176	23,4	0,498	1,3589	3,127	0,219
90,0	0,470	0,3271	6,111	0,189	78,7	0,354	2,1795	3,209	0,151
					190,7	0,647	-0,2129	3,123	0,222

Maj					Czerwiec				
Θ	b	c	ε^2	R	Θ	b	c	ε^2	R
3,2	0,447	0,9788	2,900	0,186	3,7	0,339	3,1310	1,775	0,178
3,8	0,361	-2,1943	2,935	0,151	5,1	0,332	-2,2762	1,775	0,178
5,2	0,374	-1,0649	2,934	0,152	5,7	0,248	-1,9395	1,793	0,148
7,5	0,420	-0,5951	2,920	0,167	8,0	0,203	-0,0950	1,807	0,120
8,2	0,386	-1,4520	2,952	0,131	8,7	0,256	-2,7626	1,794	0,146
8,9	0,399	0,9703	2,949	0,135	10,3	0,240	0,5306	1,799	0,137
11,4	0,426	2,4934	2,906	0,180	13,0	0,304	-0,4847	1,773	0,181
16,4	0,230	1,7606	2,936	0,150	14,6	0,266	-2,1810	1,782	0,167
19,2	0,413	-0,8807	2,913	0,174	25,3	0,281	-0,4501	1,803	0,129
29,2	0,382	3,1324	2,944	0,141	30,2	0,290	-0,1070	1,781	0,169
41,4	0,325	-2,9047	2,930	0,157	52,7	0,133	0,9701	1,809	0,115
72,4	0,209	-0,7462	2,970	0,106	98,4	0,411	2,2460	1,746	0,218

Tab. 7b. Okresy Θ , amplitudy b , fazy c temperatury powietrza w Krakowie w latach 1826-1997 (ε^2 – wariancja resztkowa, R – współczynnik korelacji) – lipiec-grudzień
 The periods Θ , amplitudes b and phases c of air temperature in Krakow in the years 1826-1997 (ε^2 – rest variance, R – coefficient of correlation) – July-December

Lipiec					Sierpień				
Θ	b	c	ε^2	R	Θ	b	c	ε^2	R
4,0	0,343	-2,0223	1,529	0,210	4,0	0,343	-2,0223	1,542	0,193
4,3	0,285	-1,0824	1,489	0,263	4,3	0,285	-1,0824	1,560	0,161
5,4	0,294	2,1106	1,490	0,262	5,4	0,294	2,1106	1,558	0,165
7,6	0,250	2,4194	1,469	0,286	7,6	0,250	2,4194	1,574	0,132
7,9	0,283	1,5012	1,502	0,247	7,9	0,283	1,5012	1,563	0,155
9,5	0,199	-2,5045	1,556	0,165	9,5	0,199	-2,5045	1,559	0,163
10,4	0,344	-2,4335	1,546	0,183	10,4	0,344	-2,4335	1,516	0,231
11,5	0,266	-1,1854	1,568	0,141	11,5	0,266	-1,1854	1,552	0,176
14,8	0,225	-2,8576	1,565	0,147	14,8	0,225	-2,8576	1,568	0,145
24,6	0,250	0,4918	1,556	0,165	24,6	0,250	0,4918	1,568	0,145
42,9	0,251	-0,1756	1,539	0,195	42,9	0,251	-0,1756	1,573	0,134
182,9	0,518	3,0414	1,554	0,169	182,9	0,518	3,0414	1,503	0,248

Wrzesień					Październik				
Θ	b	c	ε^2	R	Θ	b	c	ε^2	R
4,0	0,284	-2,6319	2,042	0,138	3,5	0,417	2,4831	2,770	0,186
4,7	0,340	-0,1733	2,012	0,183	4,7	0,473	-1,4650	2,760	0,196
5,0	0,283	-2,4085	2,029	0,159	5,1	0,483	0,9191	2,749	0,205
5,7	0,339	2,9806	2,000	0,198	5,4	0,557	1,5081	2,716	0,232
6,4	0,484	-1,8502	1,950	0,251	5,8	0,466	1,8321	2,769	0,187
8,1	0,301	3,0593	2,032	0,154	8,5	0,368	-1,4772	2,797	0,159
9,1	0,290	2,4006	2,024	0,166	10,1	0,255	-2,6146	2,830	0,118
20,5	0,343	2,7872	2,010	0,185	12,1	0,270	-2,1054	2,831	0,116
28,5	0,417	-0,9749	1,979	0,222	18,0	0,393	0,7388	2,787	0,170
49,3	0,212	0,4403	2,045	0,133	38,5	0,485	0,5236	2,728	0,222
74,7	0,406	0,8862	2,001	0,197	59,2	0,172	0,2961	2,812	0,142
150,5	0,293	1,5262	2,015	0,179	114,6	0,296	0,7146	2,816	0,137

Listopad					Grudzień				
Θ	b	c	ε^2	R	Θ	b	c	ε^2	R
4,1	0,441	2,7816	4,475	0,156	3,9	0,787	0,1060	8,729	0,188
4,3	0,475	-3,0826	4,485	0,149	4,9	0,892	1,9665	8,656	0,208
5,7	0,605	-0,3540	4,383	0,211	5,2	0,726	0,6887	8,776	0,173
6,6	0,547	-2,1269	4,412	0,195	6,1	0,663	-0,3226	8,804	0,164
9,2	0,380	-0,0731	4,469	0,160	8,2	0,660	-2,7747	8,714	0,192
9,8	0,305	2,7264	4,488	0,147	8,8	0,413	-0,4168	8,853	0,147
10,8	0,629	-0,9059	4,396	0,204	9,9	0,541	-0,0819	8,840	0,151
12,5	0,509	1,2572	4,473	0,158	11,0	0,207	-2,8644	9,019	0,056
16,1	0,403	2,0364	4,496	0,141	15,0	0,538	-1,7703	8,883	0,135
31,4	0,358	-2,4379	4,506	0,133	22,4	0,481	-0,6452	8,927	0,115
41,4	0,429	-2,1606	4,502	0,136	33,8	0,612	-2,4567	8,724	0,189
79,7	0,241	-1,7330	4,487	0,148	80,2	0,411	3,0541	8,866	0,142

Tab. 7c. Okresy Θ , amplitudy b , fazy c temperatury powietrza w Krakowie w latach 1826-1997 (ε^2 – wariancja resztkowa, R – współczynnik korelacji) – wiosna-półrocze ciepłe
 The periods Θ , amplitudes b and phases c of air temperature in Krakow in the years 1826-1997 (ε^2 – rest variance, R – coefficient of correlation) – spring-warm period

Wiosna					Lato				
Θ	b	c	ε^2	R	Θ	b	c	ε^2	R
3,2	0,267	0,6681	1,677	0,150	3,1	0,263	-1,2598	0,694	0,227
4,0	0,287	-1,4328	1,674	0,156	3,9	0,248	-0,4522	0,697	0,218
4,9	0,137	2,1889	1,705	0,079	5,1	0,281	-2,8268	0,688	0,244
7,9	0,381	1,0928	1,640	0,210	5,9	0,163	2,5300	0,710	0,172
8,7	0,120	2,0697	1,703	0,086	7,0	0,240	2,4244	0,701	0,205
9,3	0,101	-0,0535	1,704	0,082	7,8	0,179	-0,2899	0,716	0,146
10,3	0,054	-0,8312	1,708	0,067	8,8	0,192	0,2869	0,710	0,172
11,2	0,342	2,2337	1,634	0,218	11,4	0,137	2,0723	0,719	0,132
12,4	0,321	1,0935	1,653	0,191	25,0	0,192	1,2126	0,710	0,172
30,0	0,325	1,8743	1,670	0,163	40,1	0,112	-0,7539	0,715	0,151
39,4	0,178	0,3814	1,678	0,148	88,6	0,288	1,2577	0,682	0,261
82,6	0,168	1,1533	1,662	0,177	168,3	0,177	-2,6160	0,692	0,233

Jesień					Zima (XII-II)				
Θ	b	c	ε^2	R	Θ	b	c	ε^2	R
3,4	0,598	-2,2857	7,049	0,155	3,3	0,472	-1,0438	5,177	0,144
4,1	0,694	1,5227	7,015	0,170	5,2	0,587	-0,1077	5,103	0,186
5,0	0,683	1,8720	7,005	0,174	5,6	0,453	0,7484	5,159	0,155
7,9	0,549	-0,6604	7,072	0,145	5,8	0,569	1,2385	5,131	0,171
10,8	0,496	1,0227	7,092	0,135	7,7	0,689	-1,1580	4,984	0,239
13,1	0,520	-2,6664	7,078	0,142	8,3	0,774	1,4651	4,840	0,291
14,9	0,331	-0,6049	7,089	0,136	10,4	0,449	-0,0654	5,149	0,161
17,4	0,591	-1,3577	7,042	0,158	11,3	0,359	-0,2484	5,166	0,151
30,8	0,608	-0,2058	7,010	0,172	15,6	0,545	-2,8671	5,107	0,184
45,6	0,552	-2,1707	7,073	0,144	18,5	0,532	-2,6560	5,137	0,168
66,6	0,912	-1,8504	6,881	0,218	58,5	0,468	-2,8184	5,123	0,176
191,2	0,853	-2,9988	7,028	0,164	90,1	0,252	0,3275	5,158	0,156

Półrocze chłodne					Półrocze ciepło				
Θ	b	c	ε^2	R	Θ	b	c	ε^2	R
4,5	0,350	1,4896	2,126	0,165	3,5	0,202	1,6617	0,558	0,191
7,8	0,417	0,3505	2,061	0,239	4,0	0,150	-2,0801	0,567	0,145
8,3	0,404	1,5372	2,057	0,242	5,1	0,189	-2,9004	0,561	0,177
10,4	0,318	0,1801	2,124	0,168	6,4	0,191	-2,7493	0,561	0,177
11,2	0,231	2,5402	2,135	0,152	7,9	0,126	0,8972	0,569	0,133
12,8	0,275	-0,4339	2,132	0,156	9,6	0,191	-2,2839	0,560	0,182
14,1	0,070	-0,1226	2,163	0,101	11,4	0,167	2,0992	0,566	0,151
15,7	0,265	2,2655	2,122	0,170	17,0	0,176	-2,5095	0,561	0,177
26,9	0,156	-1,9224	2,169	0,087	30,4	0,120	0,7782	0,566	0,151
41,3	0,027	-2,2413	2,175	0,069	39,4	0,119	0,6663	0,565	0,157
57,4	0,296	-0,4116	2,098	0,200	80,2	0,220	-0,7822	0,551	0,221
86,5	0,146	1,1093	2,115	0,179	174,0	0,351	-0,1720	0,514	0,336

Tab. 7d. Okresy Θ , amplitudy b , fazy c temperatury powietrza w Krakowie w latach 1826-1997 (ε^2 – wariancja resztkowa, R – współczynnik korelacji) – rok

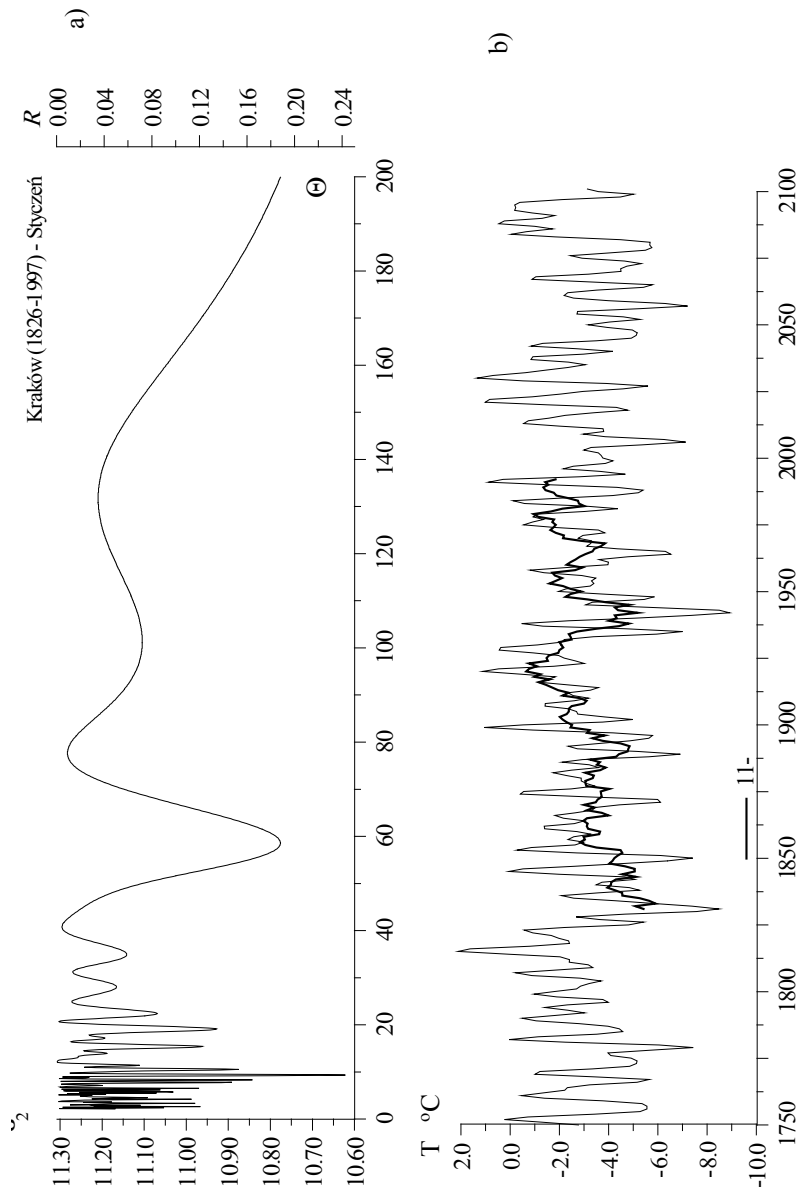
The periods Θ , amplitudes b and phases c of air temperature in Krakow in the years 1826-1997 (ε^2 – rest variance, R – coefficient of correlation) – year

Θ	b	c	ε^2	R
4,5	0,157	1,3882	0,815	0,125
5,3	0,195	-0,5990	0,808	0,155
5,5	0,230	-1,2765	0,797	0,193
5,8	0,130	1,4740	0,811	0,143
6,5	0,174	0,8710	0,808	0,155
7,8	0,244	0,2486	0,784	0,230
8,3	0,220	1,6302	0,785	0,228
9,3	0,135	0,3991	0,807	0,159
11,3	0,163	-0,6137	0,801	0,180
16,2	0,189	0,2676	0,809	0,151
55,5	0,138	-1,2029	0,809	0,151
84,2	0,044	0,3406	0,803	0,173

Tab. 8. Temperatura średnia \bar{T} , wariancja s^2 , wariancja resztkowa trendów czasowych ε^2 , współczynnik korelacji wielokrotnej R , specjalny współczynnik korelacji R_s i błąd standardowy ε_s temperatury powietrza w Krakowie w latach 1826-1997

The average temperature \bar{T} , variance s^2 , rest variance of the time trends ε^2 , coefficient of multiple correlation R , special coefficient correlation R_s and standard error ε_s of air temperature in Krakow in the years 1826-1997

Miesiące	\bar{T}	s^2	ε^2	R	R_s	ε_s
Styczeń	-3,09	11,308	7,104	0,610	0,812	2,883
Luty	-1,14	12,523	8,404	0,573	0,626	3,136
Marzec	2,53	6,337	4,120	0,592	0,823	2,196
Kwiecień	8,22	3,284	2,258	0,559	0,984	1,625
Maj	13,71	3,004	2,086	0,553	0,995	1,562
Czerwiec	17,07	1,833	1,325	0,527	0,998	1,245
Lipiec	18,66	1,600	0,863	0,678	0,999	1,005
Sierpień	17,83	1,602	1,061	0,581	0,998	1,114
Wrzesień	13,95	2,082	1,320	0,605	0,997	1,243
Październik	8,79	2,870	1,854	0,595	0,988	1,473
Listopad	2,96	4,587	2,753	0,632	0,891	1,795
Grudzień	-1,16	9,047	5,976	0,583	0,652	2,644
Wiosna	8,16	1,716	1,146	0,576	0,992	1,159
Lato	17,80	0,732	0,428	0,643	0,999	0,708
Jesień	7,36	7,223	5,015	0,553	0,958	2,424
Zima	-1,92	5,286	2,934	0,667	0,821	1,854
Półrocze chłodne	1,41	2,185	1,289	0,640	0,832	1,229
Półrocze ciepłe	14,90	0,579	0,343	0,639	0,999	0,634
Rok	8,16	0,828	0,442	0,683	0,997	0,719



Rys. 50. Temperatura powietrza w Krakowie (1750-2100) – styczeń

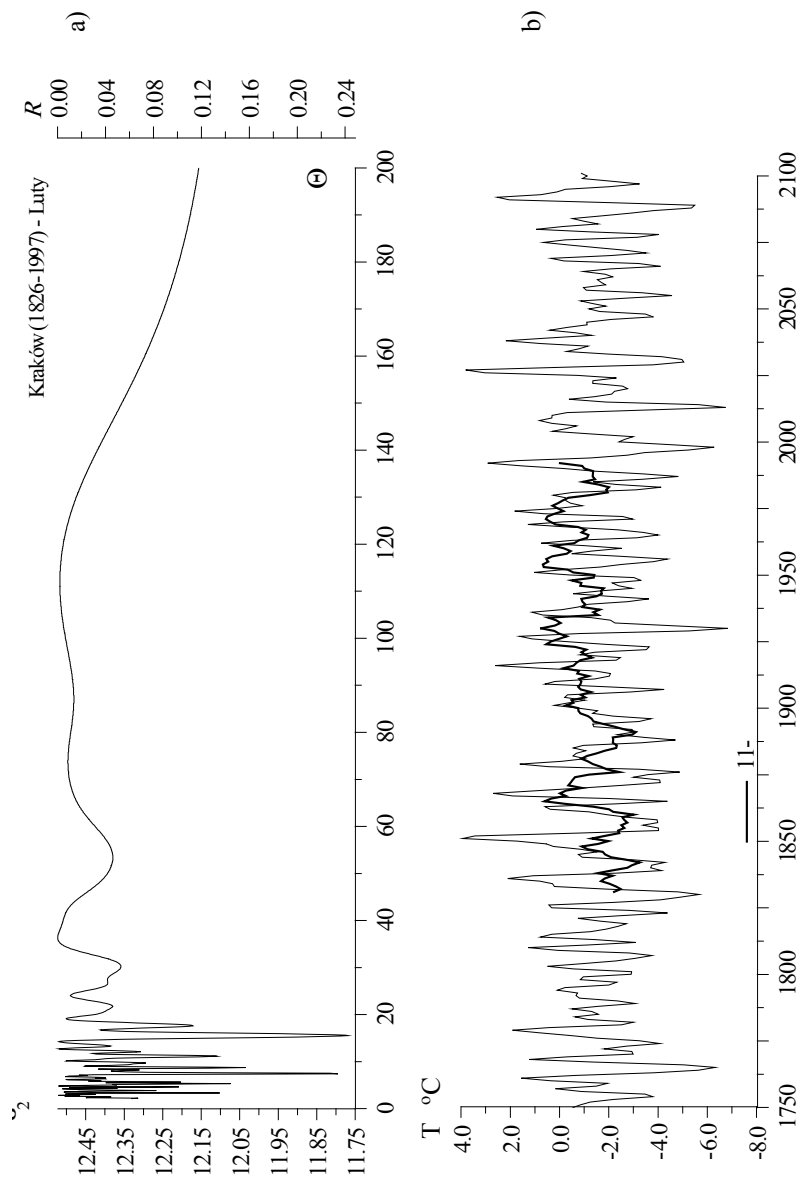
a) Widmo temperatury powietrza w paśmie 2, 1-200 lat

b) Prognozy temperatury powietrza w XXI wieku

Air temperature in Krakow (1750-2100) – January

a) Spectrum of air temperature in the strip 2, 1-200 years

b) Forecasts of air temperature in 21st century



Rys. 51. Temperatura powietrza w Krakowie (1750-2100) – luty

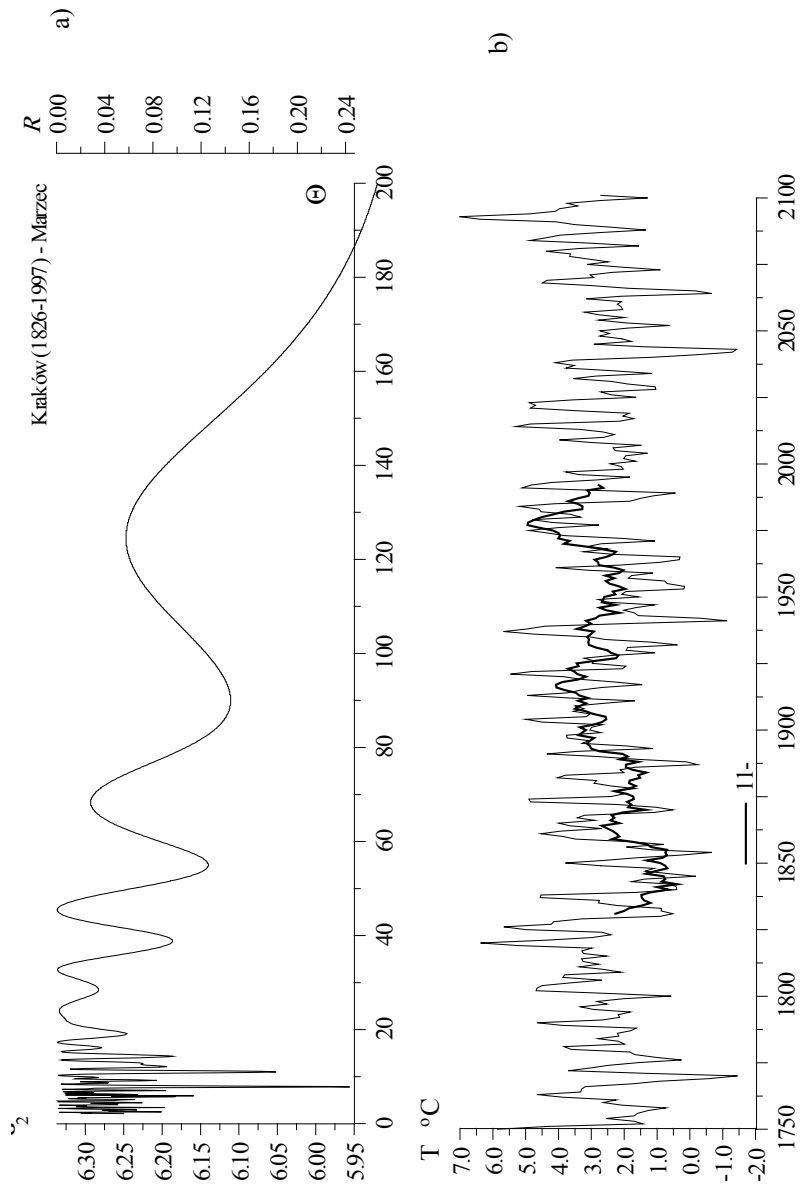
a) Widmo temperatury powietrza w paśmie 2, 1-200 lat

b) Prognozy temperatury powietrza w XXI wieku

Air temperature in Krakow (1750-2100) – February

a) Spectrum of air temperature in the strip 2, 1-200 years

b) Forecasts of air temperature in 21st century



Rys. 52. Temperatura powietrza w Krakowie (1750-2100) – marzec

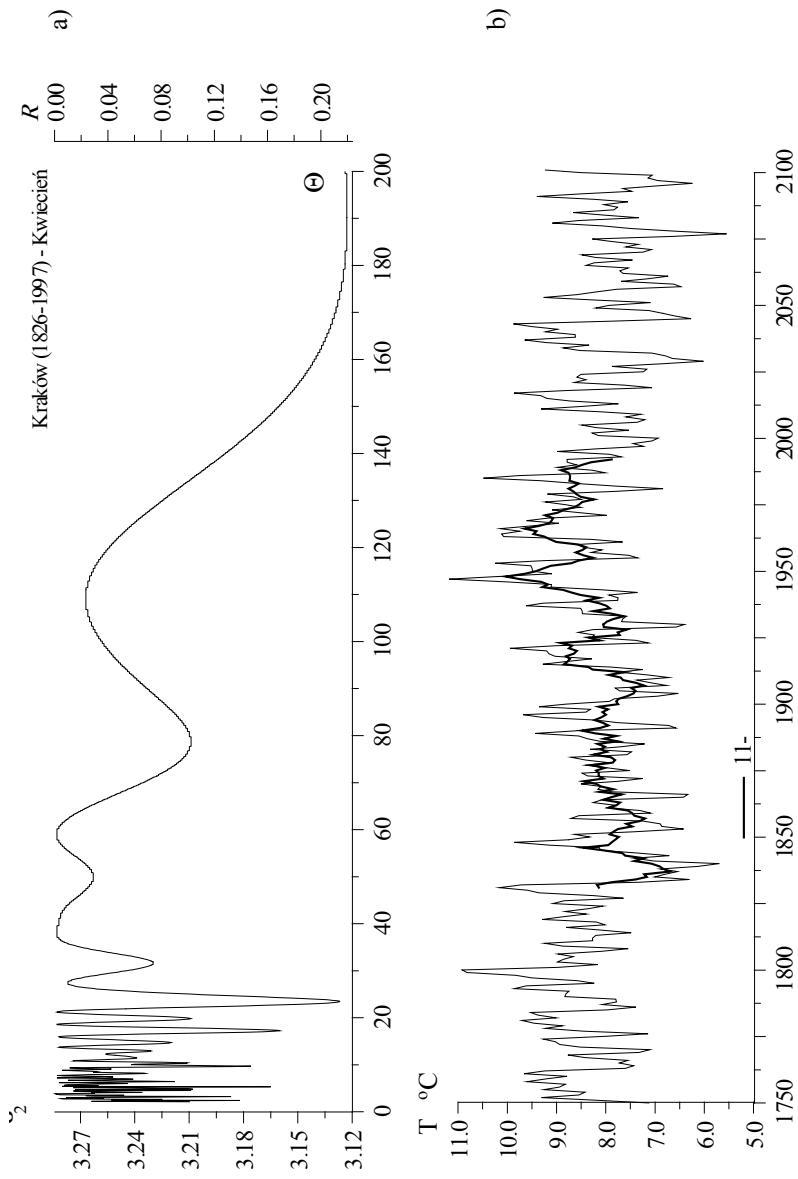
a) Widmo temperatury powietrza w paśmie 2, 1-200 lat

b) Prognozy temperatury powietrza w XXI wieku

Air temperature in Krakow (1750-2100) – March

a) Spectrum of air temperature in the strip 2, 1-200 years

b) Forecasts of air temperature in 21st century



Rys. 53. Temperatura powietrza w Krakowie (1750-2100) – kwiecień

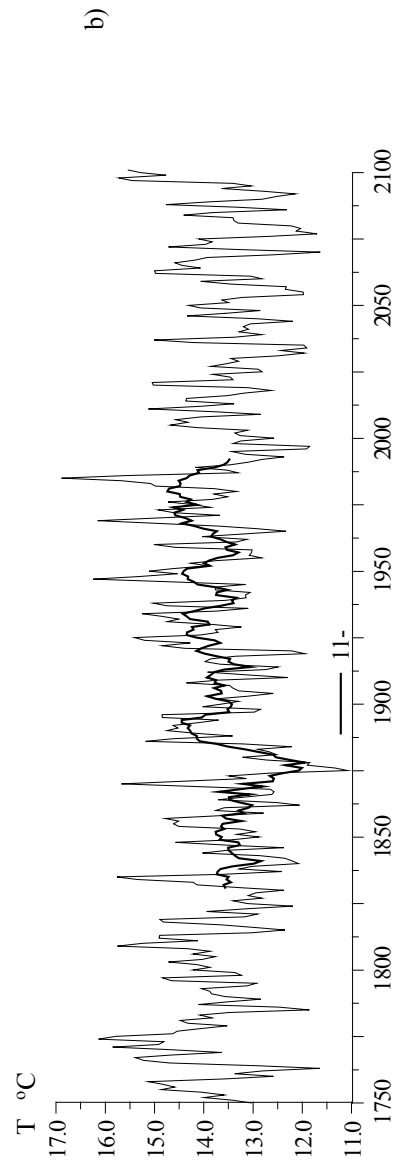
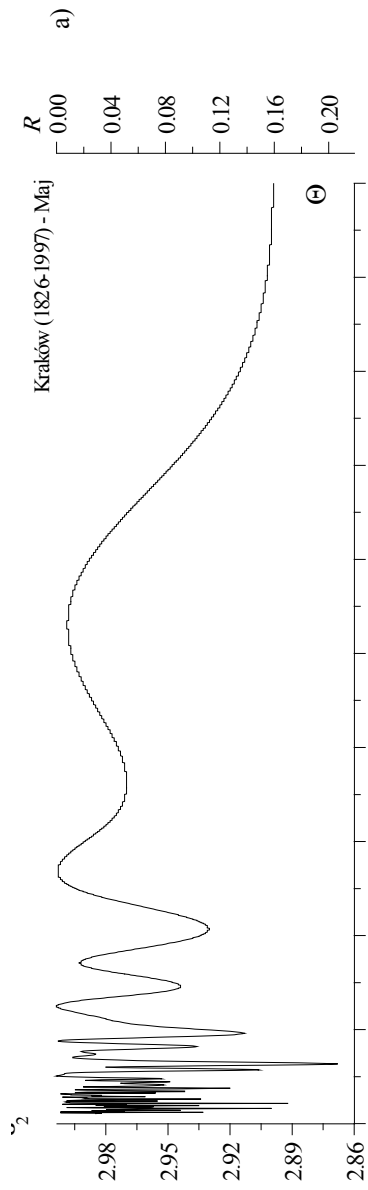
a) Widmo temperatury powietrza w paśmie 2, 1-200 lat

b) Prognozy temperatury powietrza w XXI wieku

Air temperature in Krakow (1750-2100) – April

a) Spectrum of air temperature in the strip 2, 1-200 years

b) Forecasts of air temperature in 21st century



Rys. 54. Temperatura powietrza w Krakowie (1750-2100) – maj

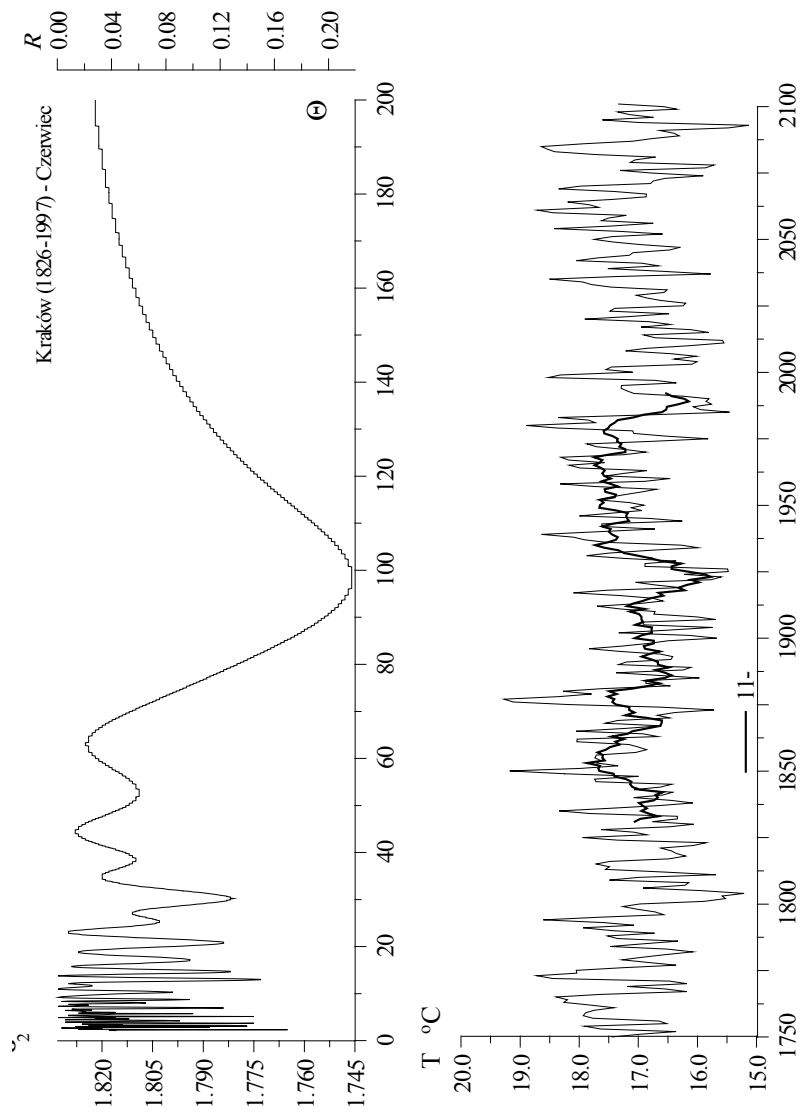
a) Widmo temperatury powietrza w paśmie 2, 1-200 lat

b) Prognozy temperatury powietrza w XXI wieku

Air temperature in Krakow (1750-2100) – May

a) Spectrum of air temperature in the strip 2, 1-200 years

b) Forecasts of air temperature in 21st century



Rys. 55. Temperatura powietrza w Krakowie (1750-2100) – czerwiec

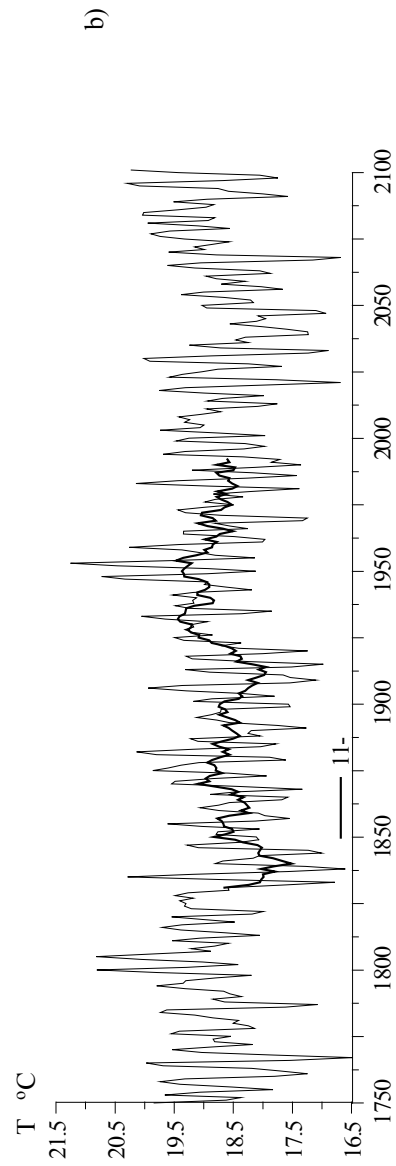
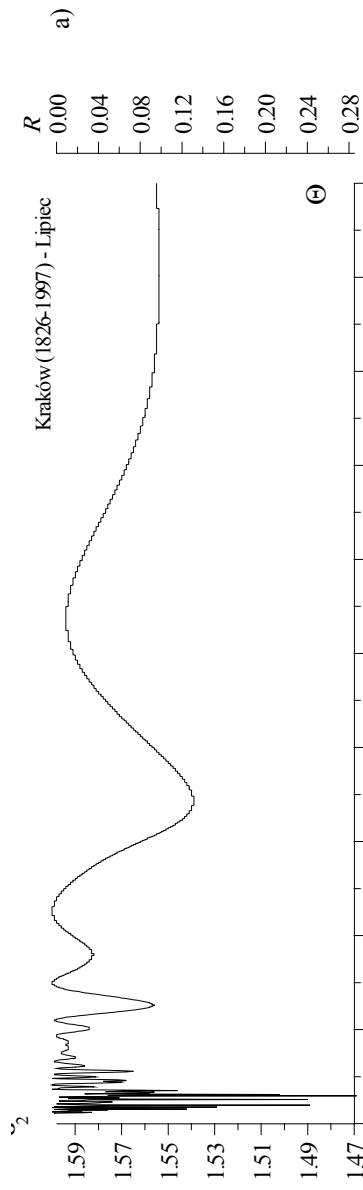
a) Widmo temperatury powietrza w paśmie 2, 1.-200 lat

b) Prognozy temperatury powietrza w XXI wieku

Air temperature in Krakow (1750-2100) – June

a) Spectrum of air temperature in the strip 2, 1.-200 years

b) Forecasts of air temperature in 21st century



Rys. 56. Temperatura powietrza w Krakowie (1750-2100) – lipiec

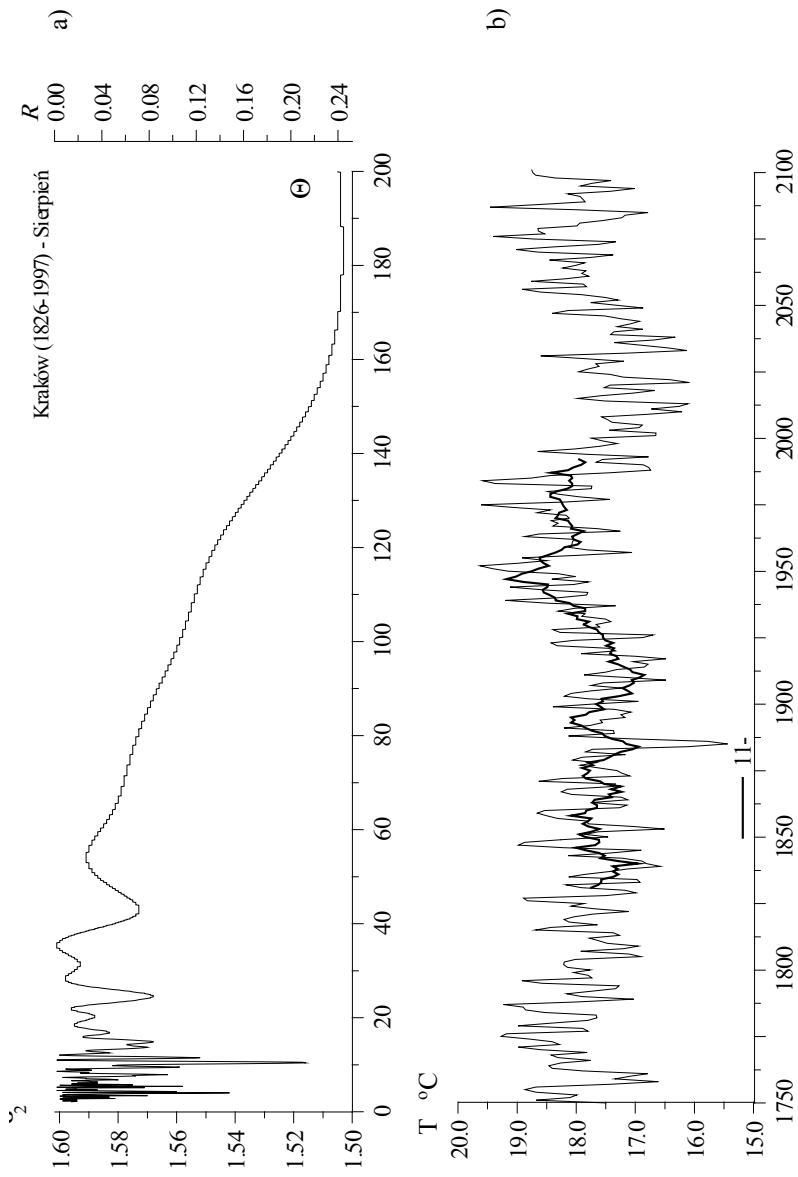
a) Widmo temperatury powietrza w paśmie 2, 1-200 lat

b) Prognozy temperatury powietrza w XXI wieku

Air temperature in Krakow (1750-2100) – July

a) Spectrum of air temperature in the strip 2, 1-200 years

b) Forecasts of air temperature in 21st century



Rys. 57. Temperatura powietrza w Krakowie (1750-2100) – sierpień

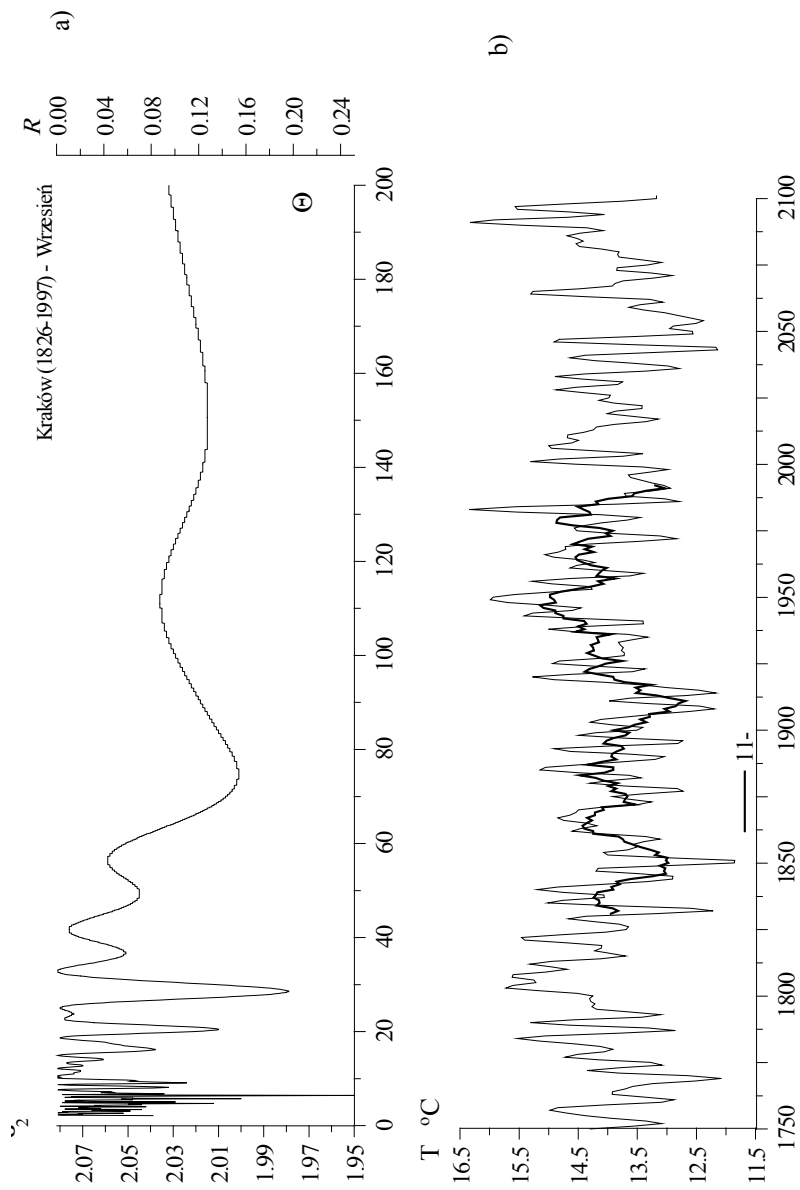
a) Widmo temperatury powietrza w paśmie 2, 1.-200 lat

b) Prognozy temperatury powietrza w XXI wieku

Air temperature in Krakow (1750-2100) – August

a) Spectrum of air temperature in the strip 2, 1.-200 years

b) Forecasts of air temperature in 21st century



Rys. 58. Temperatura powietrza w Krakowie (1750-2100) – wrzesień

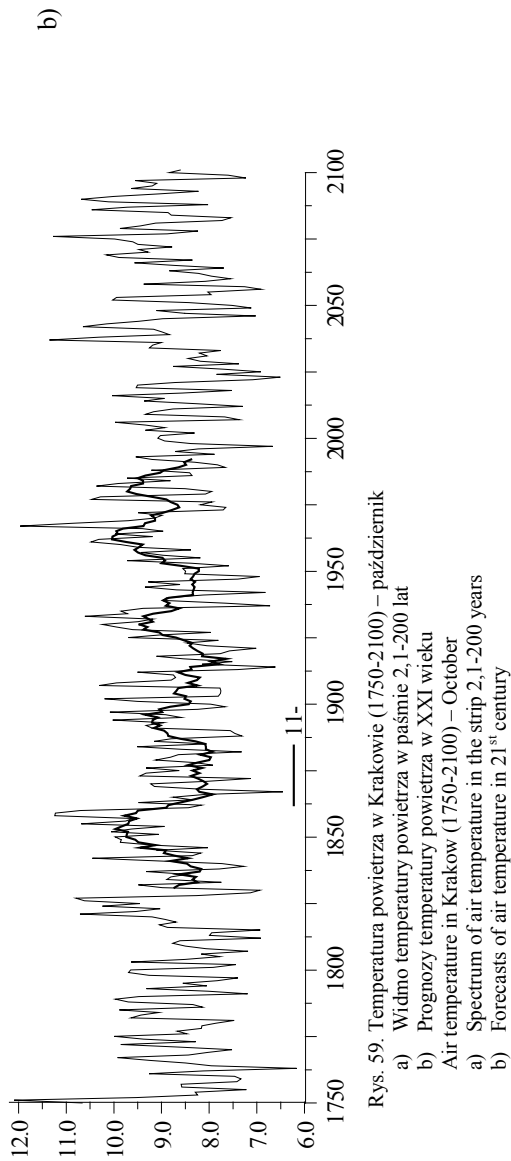
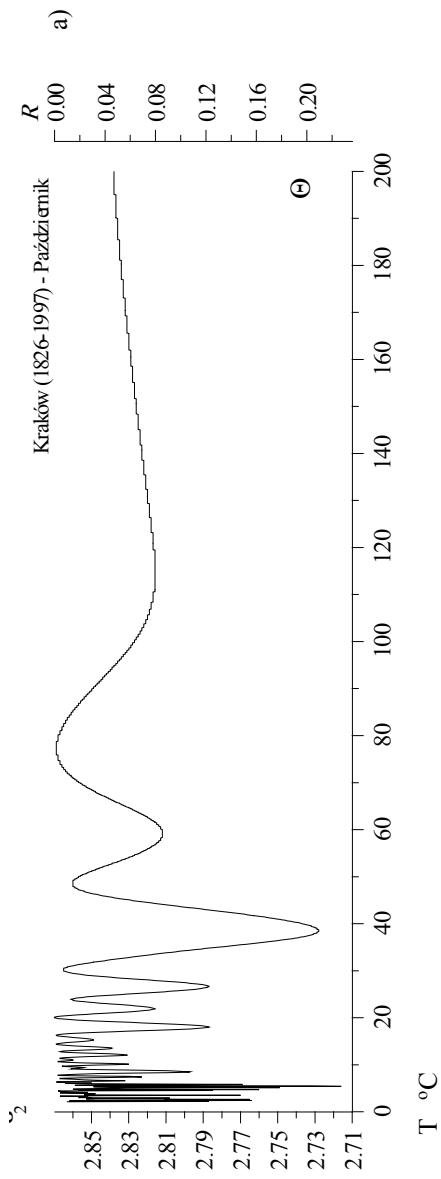
a) Widmo temperatury powietrza w paśmie 2, 1-200 lat

b) Prognozy temperatury powietrza w XXI wieku

Air temperature in Krakow (1750-2100) – September

a) Spectrum of air temperature in the strip 2, 1-200 years

b) Forecasts of air temperature in 21st century



Rys. 59. Temperatura powietrza w Krakowie (1750-2100) – październik

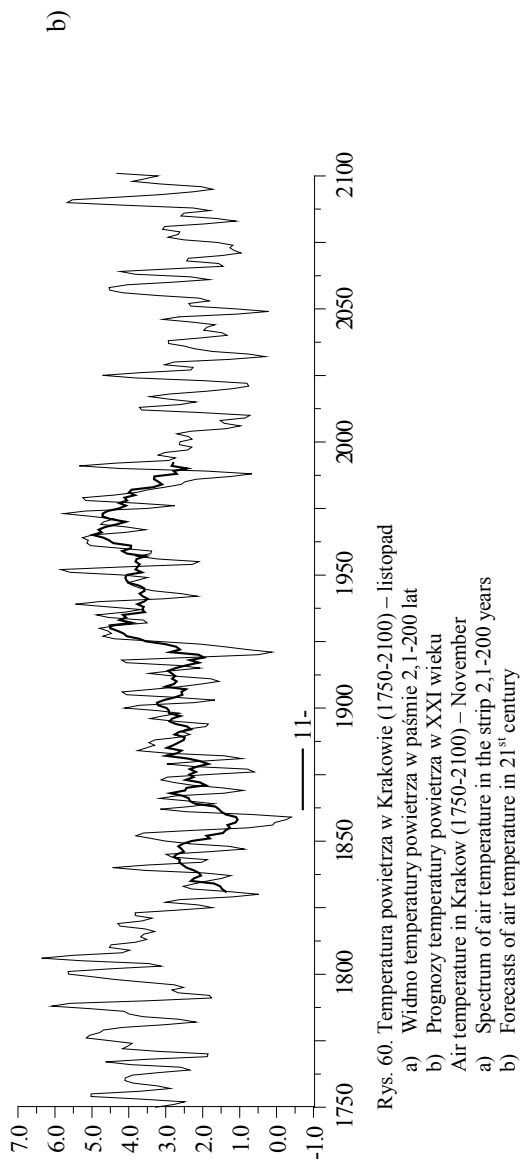
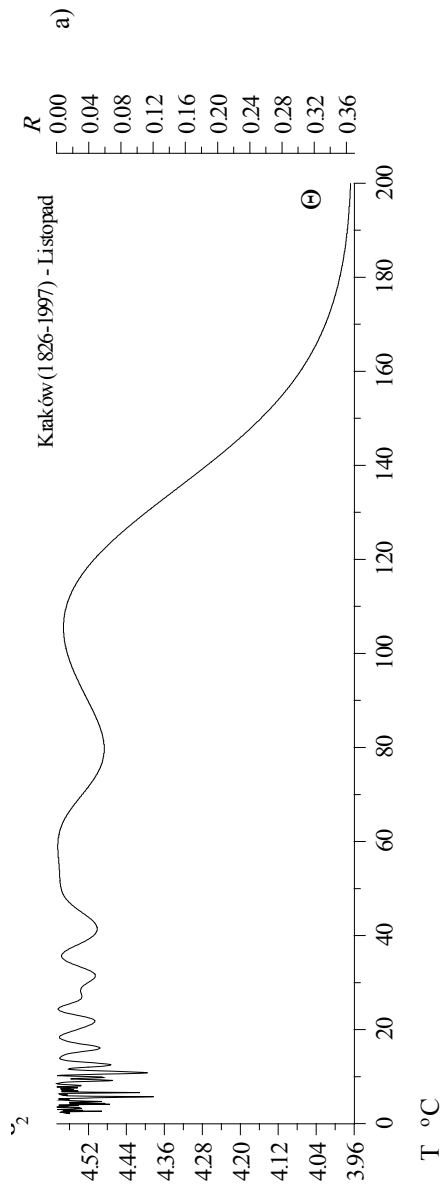
a) Widmo temperatury powietrza w paśmie 2, 1.-200 lat

b) Prognozy temperatury powietrza w XXI wieku

Air temperature in Kraków (1750-2100) – October

a) Spectrum of air temperature in the strip 2, 1.-200 years

b) Forecasts of air temperature in 21st century



Rys. 60. Temperatura powietrza w Krakowie (1750-2100) – listopad

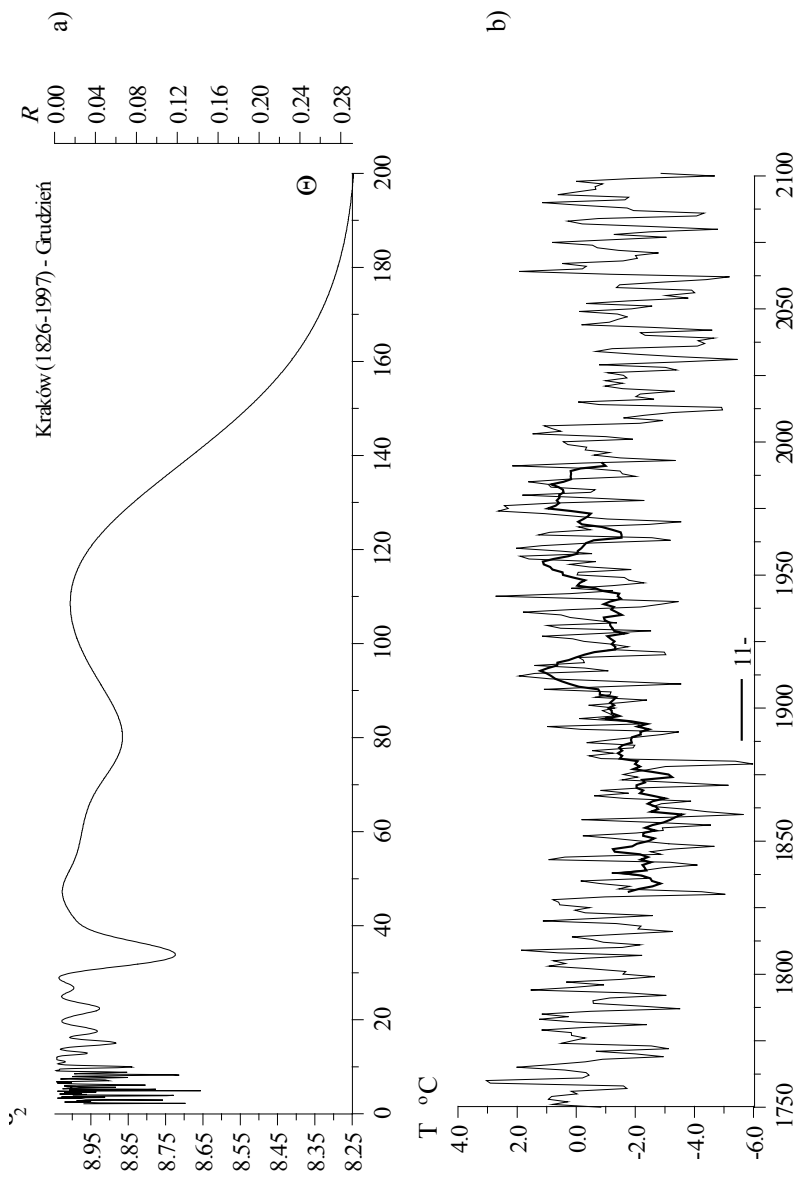
a) Widmo temperatury powietrza w paśmie 2, 1-200 lat

b) Prognozy temperatury powietrza w XXI wieku

Air temperature in Krakow (1750-2100) – November

a) Spectrum of air temperature in the strip 2, 1-200 years

b) Forecasts of air temperature in 21st century



Rys. 61. Temperatura powietrza w Krakowie (1750-2100) – grudzień

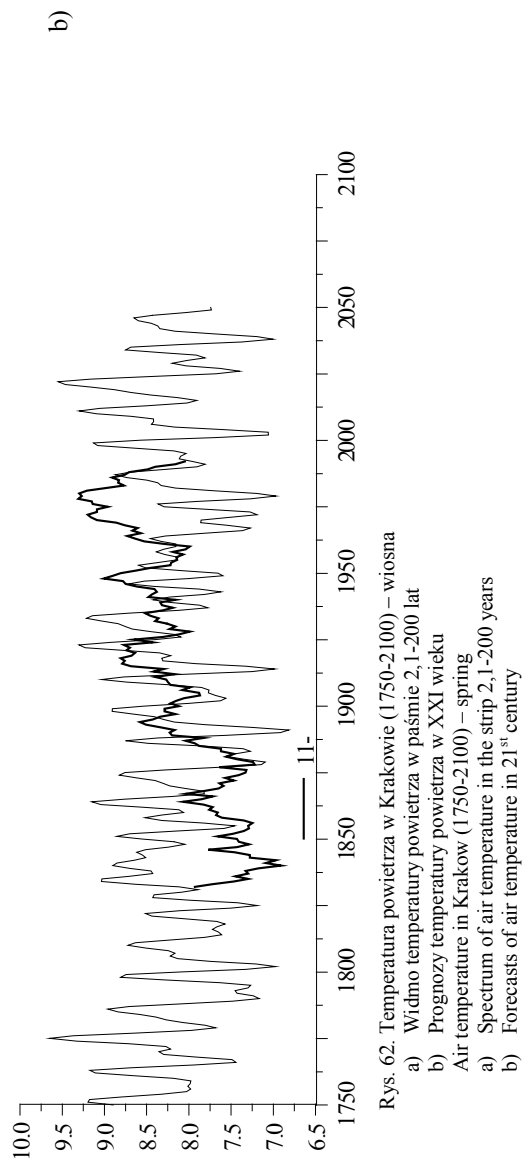
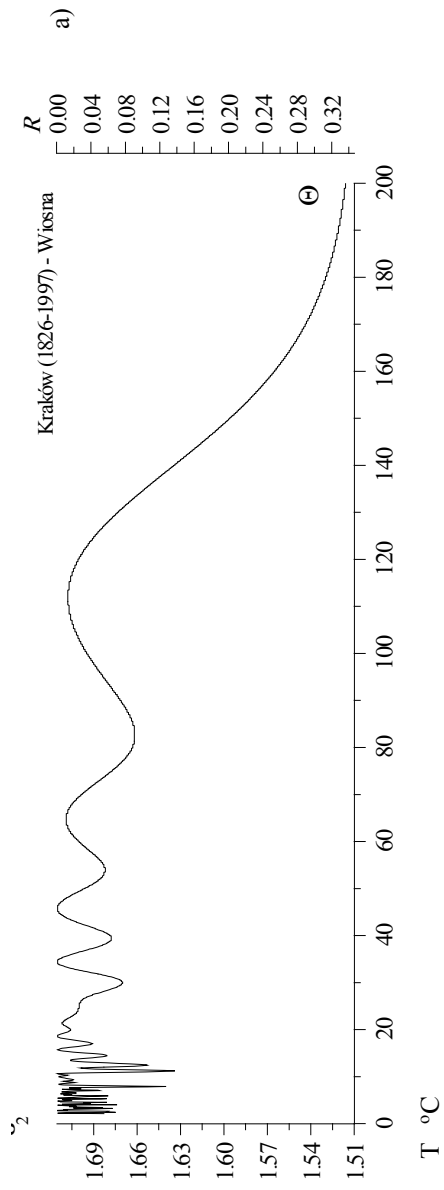
a) Widmo temperatury powietrza w paśmie 2, 1-200 lat

b) Prognozy temperatury powietrza w XXI wieku

Air temperature in Krakow (1750-2100) – December

a) Spectrum of air temperature in the strip 2, 1-200 years

b) Forecasts of air temperature in 21st century



Rys. 62. Temperatura powietrza w Krakowie (1750-2100) – wiosna

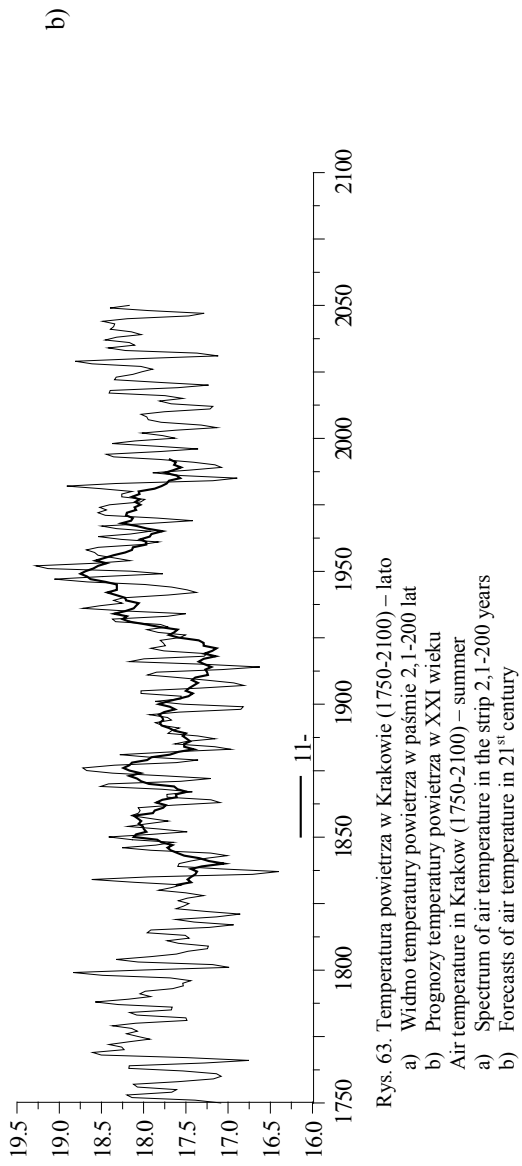
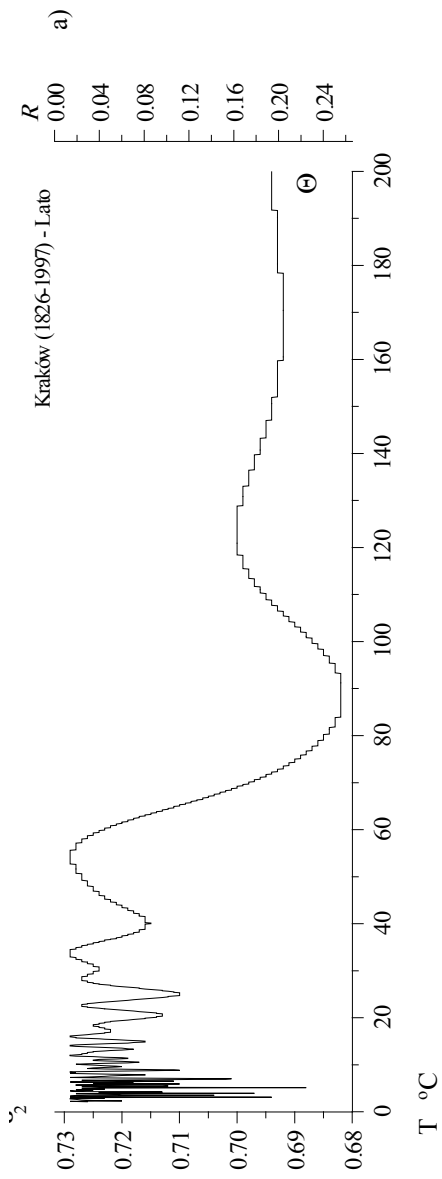
a) Widmo temperatury powietrza w paśmie 2, 1-200 lat

b) Prognozy temperatury powietrza w XXI wieku

Air temperature in Krakow (1750-2100) – spring

a) Spectrum of air temperature in the strip 2, 1-200 years

b) Forecasts of air temperature in 21st century



Rys. 63. Temperatura powietrza w Krakowie (1750-2100) – lato

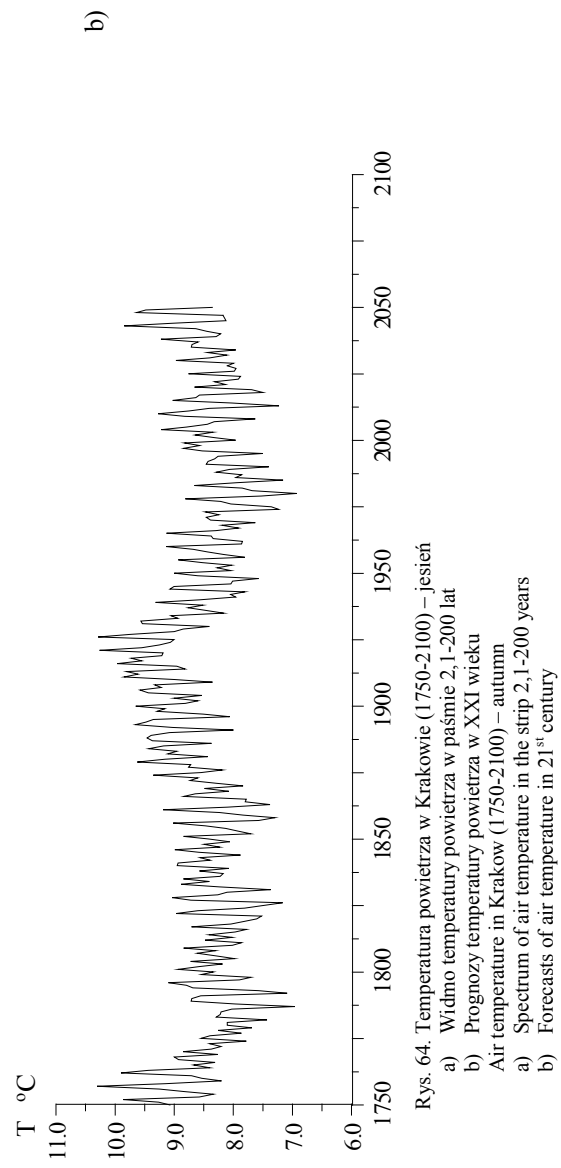
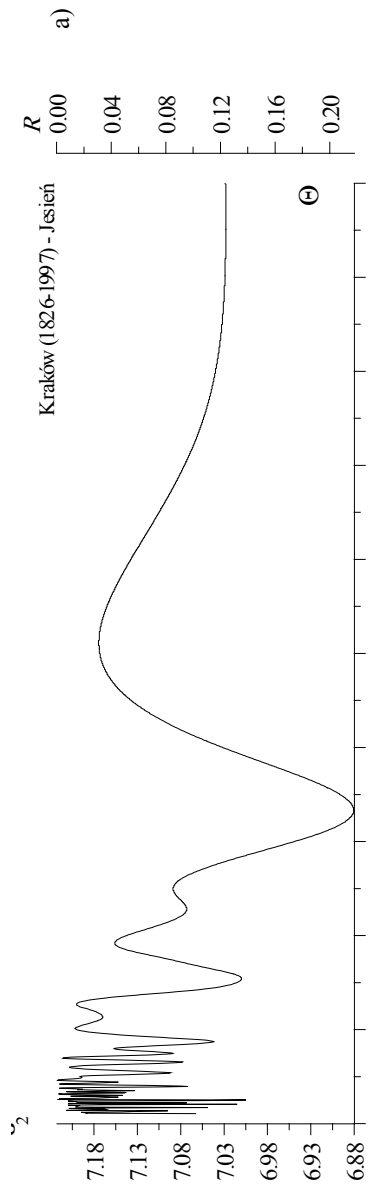
a) Widmo temperatury powietrza w paśmie 2, 1.-200 lat

b) Prognozy temperatury powietrza w XXI wieku

Air temperature in Krakow (1750-2100) – summer

a) Spectrum of air temperature in the strip 2, 1.-200 years

b) Forecasts of air temperature in 21st century



Rys. 64. Temperatura powietrza w Krakowie (1750-2100) – jesień

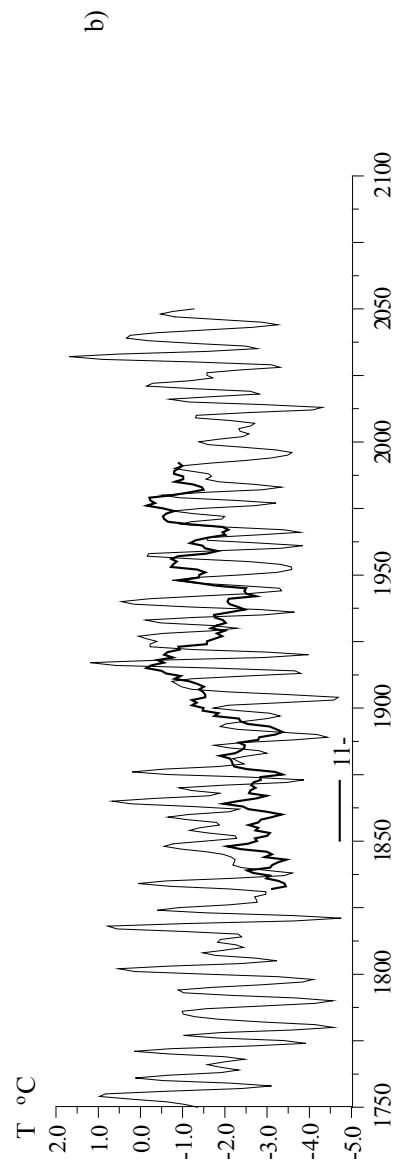
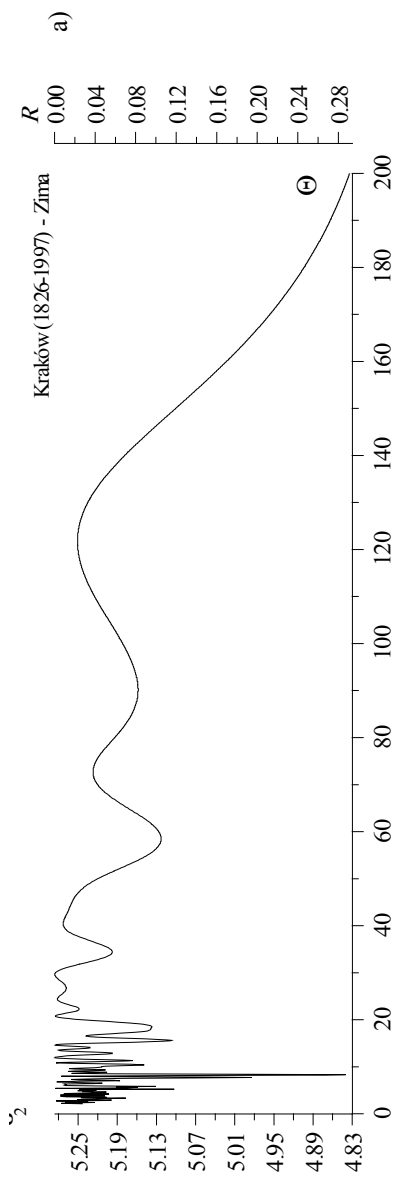
a) Widmo temperatury powietrza w paśmie 2, 1.-200 lat

b) Prognozy temperatury powietrza w XXI wieku

Air temperature in Krakow (1750-2100) – autumn

a) Spectrum of air temperature in the strip 2, 1.-200 years

b) Forecasts of air temperature in 21st century



Rys. 65. Temperatura powietrza w Krakowie (1750-2100) – zima

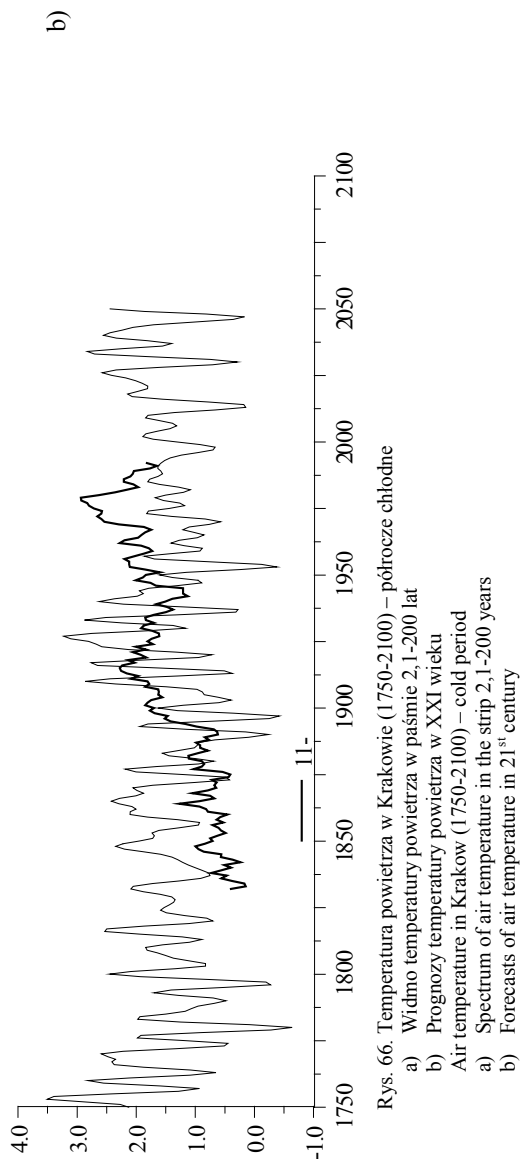
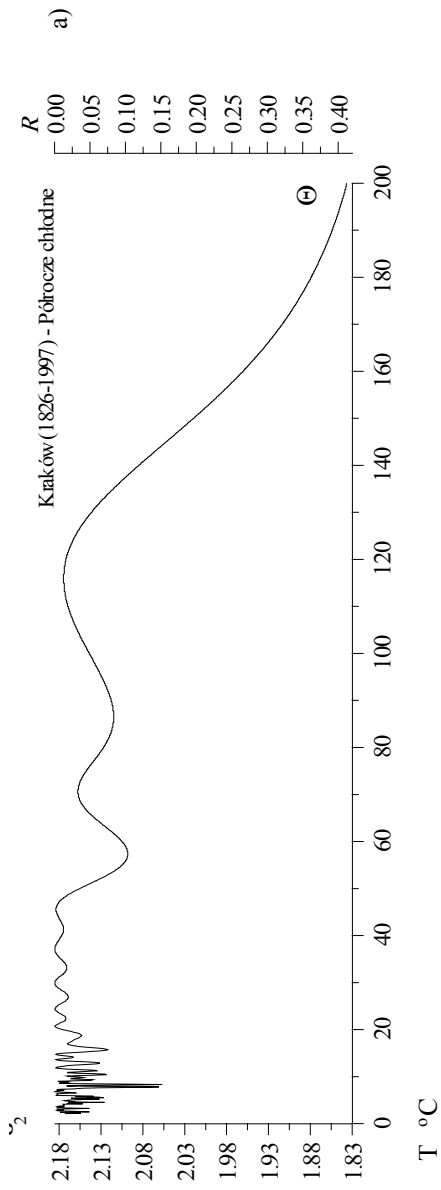
a) Widmo temperatury powietrza w paśmie 2, 1.-200 lat

b) Prognozy temperatury powietrza w XXI wieku

Air temperature in Krakow (1750-2100) – winter

a) Spectrum of air temperature in the strip 2, 1.-200 years

b) Forecasts of air temperature in 21st century



Rys. 66. Temperatura powietrza w Krakowie (1750-2100) – półrocze chłodne

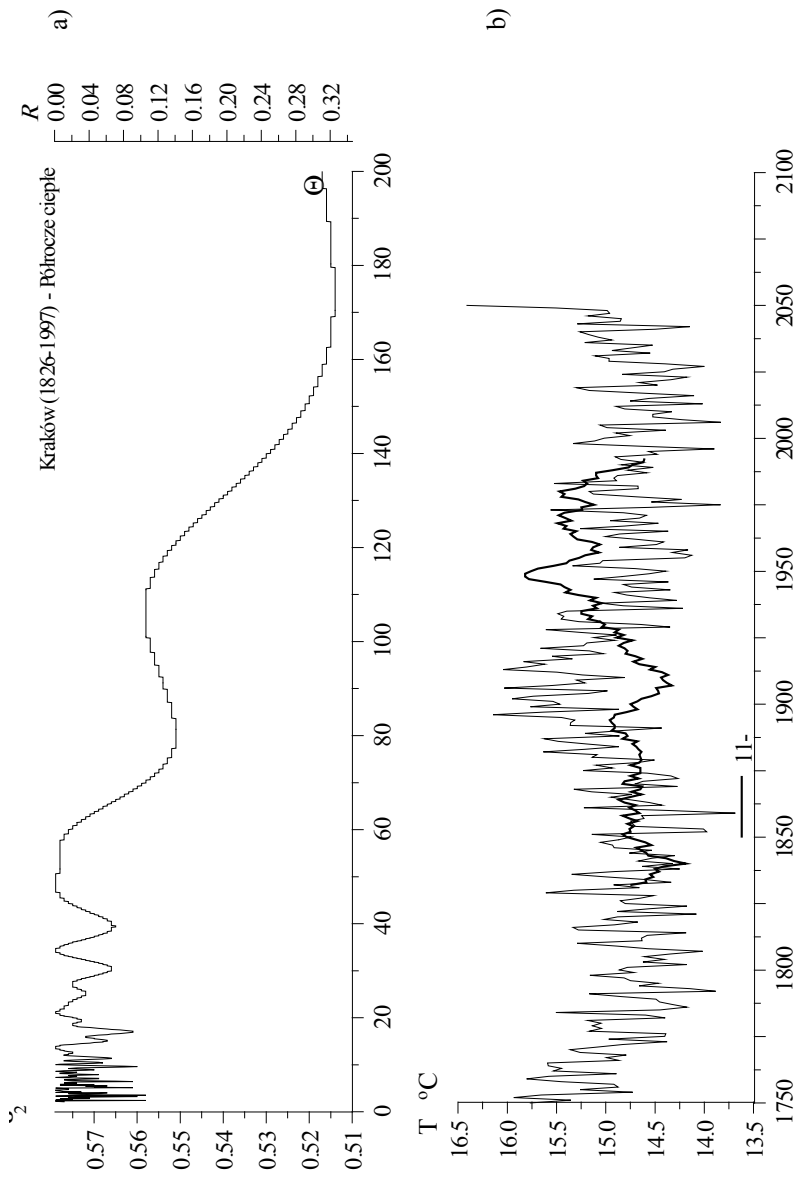
a) Widmo temperatury powietrza w paśmie 2, 1-200 lat

b) Prognozy temperatury powietrza w XXI wieku

Air temperature in Krakow (1750-2100) – cold period

a) Spectrum of air temperature in the strip 2, 1-200 years

b) Forecasts of air temperature in 21st century



Rys. 67. Temperatura powietrza w Krakowie (1750-2100) – półroczne ciepłe

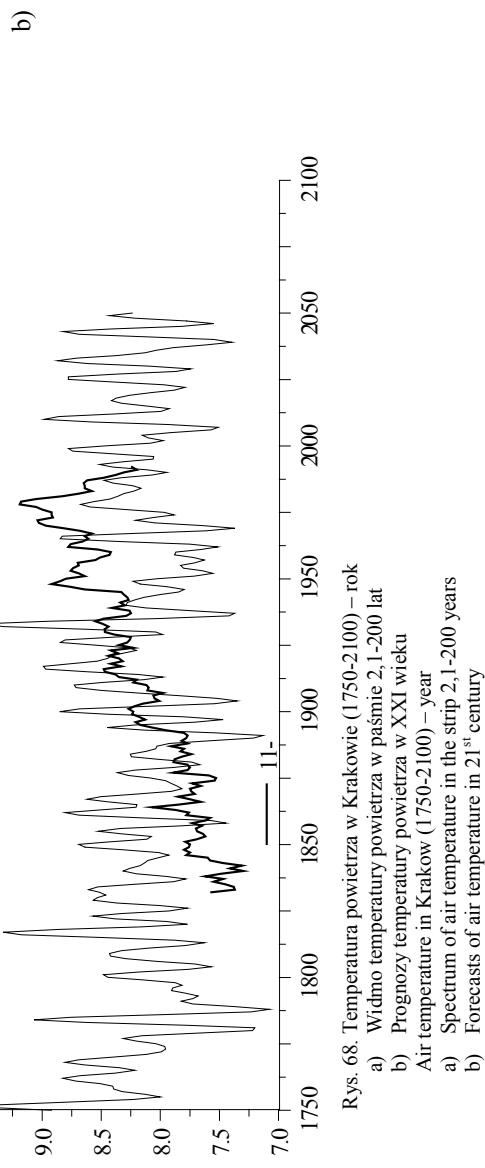
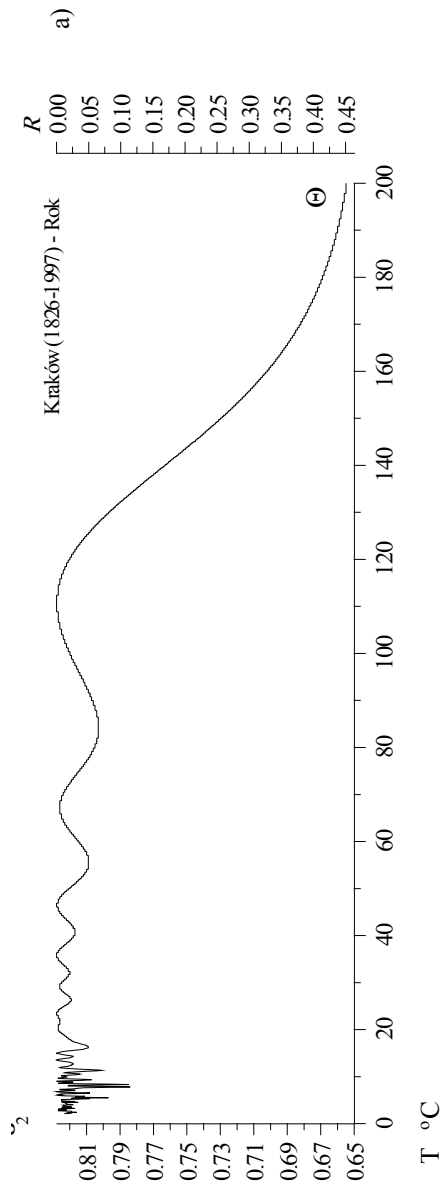
a) Widmo temperatury powietrza w paśmie 2, 1-200 lat

b) Prognozy temperatury powietrza w XXI wieku

Air temperature in Krakow (1750-2100) – warm period

a) Spectrum of air temperature in the strip 2, 1-200 years

b) Forecasts of air temperature in 21st century



Rys. 68. Temperatura powietrza w Krakowie (1750-2100) – rok

a) Widmo temperatury powietrza w paśmie 2, 1.-200 lat

b) Prognozy temperatury powietrza w XXI wieku

Air temperature in Krakow (1750-2100) – year

a) Spectrum of air temperature in the strip 2, 1.-200 years

b) Forecasts of air temperature in 21st century

Tab. 9a. Okresy Θ , amplitudy b , fazy c temperatury powietrza w Pradze w latach 1771-1980 (ε^2 – wariancja resztkowa, R – współczynnik korelacji) – styczeń-czerwiec
 The periods Θ , amplitudes b and phases c of air temperature in Prague in the years 1771-1980 (ε^2 – rest variance, R – coefficient of correlation) – January-June

Styczeń					Luty				
Θ	b	c	ε^2	R	Θ	b	c	ε^2	R
3,5	0,618	-0,8576	9,463	0,139	3,1	0,736	-2,6780	8,557	0,181
5,4	0,650	2,9023	9,446	0,146	3,8	0,828	1,1025	8,511	0,195
7,8	0,857	-0,4555	9,242	0,206	7,4	0,668	-2,2468	8,642	0,152
8,4	0,689	-0,1857	9,429	0,152	7,7	0,505	-0,8356	8,691	0,133
8,8	0,409	-1,2887	9,484	0,131	8,4	0,861	-0,2179	8,493	0,200
9,3	0,908	-0,2934	9,265	0,200	11,5	0,574	-1,0016	8,699	0,129
10,2	0,507	2,2736	9,435	0,150	12,8	0,444	0,1261	8,675	0,139
16,1	0,636	0,8247	9,431	0,151	14,4	0,956	-1,1109	8,395	0,226
22,4	0,587	0,9889	9,358	0,174	18,0	0,664	-2,6264	8,625	0,158
25,8	0,665	-2,5739	9,351	0,176	30,1	0,518	-1,3227	8,709	0,125
51,1	0,738	-1,8699	9,382	0,167	58,6	0,253	3,0196	8,772	0,092
192,6	0,961	1,2798	9,334	0,181	95,7	0,575	-3,0075	8,643	0,152

Marzec					Kwiecień				
Θ	b	c	ε^2	R	Θ	b	c	ε^2	R
4,4	0,538	-1,2204	5,004	0,161	4,1	0,412	2,7975	3,679	0,151
5,0	0,566	-1,0239	4,998	0,164	4,5	0,377	2,0053	3,693	0,138
6,2	0,510	0,8675	4,983	0,173	6,6	0,448	2,4425	3,653	0,172
6,6	0,281	1,3226	5,077	0,108	7,0	0,393	0,1113	3,673	0,156
6,9	0,445	1,4752	5,000	0,163	10,7	0,402	-0,5703	3,673	0,156
7,8	0,600	0,3506	4,935	0,198	13,2	0,415	-2,6055	3,647	0,177
10,4	0,376	0,7193	5,044	0,134	14,7	0,405	-1,5479	3,685	0,146
13,1	0,461	2,6894	4,973	0,178	17,0	0,398	-1,9321	3,662	0,165
14,2	0,485	0,5923	4,966	0,182	24,5	0,596	-0,7051	3,612	0,201
39,4	0,507	-0,5451	5,025	0,147	40,9	0,502	-3,0816	3,649	0,175
49,9	0,464	-1,6416	4,997	0,165	74,9	0,527	0,9025	3,592	0,214
74,4	0,198	-1,9129	5,079	0,106	157,1	0,448	-1,3102	3,619	0,197

Maj					Czerwiec				
Θ	b	c	ε^2	R	Θ	b	c	ε^2	R
2,6	0,435	0,7586	3,189	0,173	3,3	0,341	1,3051	2,101	0,167
5,5	0,315	-0,4628	3,221	0,142	5,7	0,373	-2,3977	2,096	0,174
5,9	0,316	0,8310	3,225	0,138	7,1	0,347	1,7065	2,103	0,165
6,9	0,503	2,6965	3,167	0,192	7,9	0,234	-0,2786	2,133	0,115
7,4	0,385	-3,0323	3,216	0,148	10,1	0,349	2,5569	2,095	0,175
8,9	0,300	1,1807	3,222	0,141	14,8	0,285	3,1219	2,116	0,145
9,8	0,400	-2,7598	3,184	0,178	20,9	0,219	-2,3641	2,110	0,154
11,3	0,476	0,2894	3,194	0,169	24,6	0,372	-2,2724	2,070	0,206
13,7	0,491	0,9939	3,185	0,177	29,6	0,210	-1,5618	2,128	0,124
20,0	0,395	-1,2461	3,211	0,153	37,7	0,251	-1,6320	2,113	0,150
65,7	0,170	-1,7572	3,250	0,107	78,5	0,215	2,1339	2,118	0,142
137,9	0,655	1,0016	3,076	0,254	165,7	0,412	2,0326	2,051	0,226

Tab. 9b. Okresy Θ , amplitudy b , fazy c temperatury powietrza w Pradze w latach 1771-1980 (ε^2 – wariancja resztkowa, R – współczynnik korelacji) – lipiec-grudzień

The periods Θ , amplitudes b and phases c of air temperature in Prague in the years 1771-1980 (ε^2 – rest variance, R – coefficient of correlation) – July-December

Lipiec					Sierpień				
Θ	b	c	ε^2	R	Θ	b	c	ε^2	R
2,9	0,342	0,3711	2,059	0,177	4,0	0,481	-2,8767	2,489	0,210
3,9	0,350	-0,5434	2,068	0,165	5,1	0,294	0,7989	2,550	0,144
5,1	0,337	-2,2871	2,068	0,165	5,4	0,448	2,2627	2,475	0,222
6,5	0,347	0,7901	2,060	0,176	5,6	0,221	2,6384	2,548	0,146
7,7	0,257	-0,7179	2,091	0,128	7,7	0,288	-1,0812	2,548	0,146
15,9	0,228	-3,1121	2,086	0,137	8,4	0,383	-0,2499	2,524	0,175
17,6	0,171	1,7050	2,093	0,124	10,9	0,276	0,7173	2,557	0,134
20,2	0,299	-2,0292	2,049	0,190	13,9	0,411	1,2015	2,506	0,194
23,5	0,355	2,5116	2,051	0,188	16,4	0,287	-0,3532	2,546	0,149
35,6	0,317	-0,8829	2,079	0,149	24,3	0,370	0,2356	2,522	0,177
72,4	0,439	2,1331	2,004	0,239	34,9	0,371	-2,1331	2,543	0,153
142,5	0,382	-2,5198	2,030	0,212	79,0	0,423	3,0168	2,528	0,171

Wrzesień					Październik				
Θ	b	c	ε^2	R	Θ	b	c	ε^2	R
4,7	0,306	-0,4561	2,228	0,145	3,5	0,310	2,8773	2,391	0,142
5,6	0,269	-2,3672	2,234	0,136	4,7	0,474	-1,3481	2,325	0,217
6,3	0,258	-0,1519	2,230	0,142	7,5	0,384	-0,7307	2,355	0,187
6,8	0,327	-0,5852	2,206	0,175	8,2	0,184	2,5422	2,398	0,132
8,4	0,299	0,0767	2,226	0,148	8,7	0,332	-0,1357	2,365	0,176
9,2	0,318	-2,0720	2,214	0,165	11,0	0,305	3,1116	2,379	0,159
12,4	0,314	2,7231	2,226	0,148	12,0	0,311	2,1776	2,378	0,160
13,7	0,383	0,0869	2,193	0,191	33,4	0,392	2,9036	2,367	0,173
15,2	0,323	1,4371	2,226	0,148	53,5	0,122	-2,6081	2,422	0,087
24,1	0,280	3,0343	2,241	0,124	77,1	0,064	0,7540	2,431	0,062
29,7	0,187	-2,8645	2,247	0,112	174,2	0,486	-0,8251	2,303	0,237
70,1	0,586	2,9405	2,128	0,255					

Listopad					Grudzień				
Θ	b	c	ε^2	R	Θ	b	c	ε^2	R
4,3	0,293	2,8747	3,316	0,115	3,5	0,835	0,7938	7,138	0,223
4,6	0,329	2,8289	3,302	0,132	4,1	0,654	-1,9926	7,300	0,168
5,5	0,475	-0,7782	3,248	0,183	5,1	0,657	0,6271	7,307	0,165
5,8	0,465	-1,7825	3,266	0,168	6,1	0,755	-0,3147	7,236	0,192
7,7	0,315	2,6363	3,297	0,137	7,8	0,591	1,0036	7,333	0,154
10,6	0,567	2,9858	3,198	0,220	8,2	0,511	-2,4217	7,365	0,140
12,4	0,305	-0,2520	3,299	0,135	10,2	0,600	2,9821	7,331	0,155
15,2	0,413	2,1487	3,257	0,175	15,3	0,583	0,8666	7,320	0,160
21,9	0,440	0,5980	3,244	0,186	18,1	0,513	1,9856	7,357	0,144
33,0	0,266	-2,4685	3,315	0,116	22,5	0,399	1,9922	7,389	0,128
73,9	0,225	-1,9259	3,304	0,129	30,0	0,455	2,1851	7,355	0,145
166,5	0,694	3,0615	3,079	0,289	72,8	0,428	0,4140	7,382	0,132

Tab. 9c. Okresy Θ , amplitudy b , fazy c temperatury powietrza w Pradze w latach 1771-1980 (ε^2 – wariancja resztkowa, R – współczynnik korelacji) – wiosna-półrocze ciepłe
 The periods Θ , amplitudes b and phases c of air temperature in Prague in the years 1771-1980 (ε^2 – rest variance, R – coefficient of correlation) – spring-warm period

Wiosna					Lato				
Θ	b	c	ε^2	R	Θ	b	c	ε^2	R
3,4	0,286	-2,3284	1,618	0,156	3,9	0,304	-0,3373	1,052	0,206
4,1	0,289	-2,7433	1,622	0,148	5,4	0,256	2,3830	1,058	0,192
4,4	0,303	-1,2841	1,621	0,150	5,9	0,240	2,4887	1,061	0,185
6,9	0,364	1,7628	1,595	0,195	6,5	0,180	0,7023	1,077	0,140
10,4	0,229	0,3937	1,619	0,154	7,8	0,206	-0,1013	1,075	0,147
11,2	0,243	2,8419	1,618	0,156	8,4	0,224	-0,5834	1,074	0,150
13,0	0,271	2,2793	1,606	0,178	9,7	0,205	-1,3441	1,079	0,134
14,3	0,290	0,2892	1,596	0,194	13,9	0,242	1,3516	1,066	0,172
29,6	0,297	3,0406	1,606	0,178	20,4	0,247	-2,9166	1,066	0,172
38,8	0,209	0,5669	1,626	0,140	36,7	0,261	2,2885	1,061	0,185
76,4	0,249	-3,0456	1,625	0,142	76,7	0,272	-1,3476	1,034	0,242
158,9	0,537	-0,0282	1,515	0,294	193,5	0,418	0,0065	0,966	0,347

Jesień					Zima				
Θ	b	c	ε^2	R	Θ	b	c	ε^2	R
2,9	0,234	0,3937	1,139	0,149	3,5	0,604	-1,0680	4,316	0,202
3,4	0,239	-2,5258	1,137	0,154	5,1	0,478	-0,6604	4,389	0,156
4,7	0,317	-1,0141	1,113	0,211	7,4	0,515	-2,2226	4,384	0,160
5,5	0,218	-1,3188	1,137	0,154	7,7	0,575	-0,9434	4,311	0,204
6,9	0,192	-0,6098	1,147	0,123	8,4	0,580	-0,3658	4,322	0,198
7,5	0,200	-0,4948	1,142	0,140	10,1	0,466	-2,7875	4,375	0,166
10,4	0,276	0,2122	1,129	0,175	14,2	0,459	0,1175	4,376	0,165
15,4	0,222	-0,8359	1,143	0,136	15,5	0,446	-1,6520	4,370	0,169
21,5	0,200	-2,7543	1,144	0,133	18,0	0,511	-2,3133	4,353	0,180
33,6	0,267	-1,8193	1,128	0,178	22,5	0,342	3,0167	4,385	0,159
74,5	0,197	0,1015	1,127	0,180	51,0	0,329	-2,3113	4,399	0,149
163,9	0,523	1,6820	0,996	0,381	99,3	0,330	0,7854	4,466	0,086

Półrocze chłodne					Półrocze ciepło				
Θ	b	c	ε^2	R	Θ	b	c	ε^2	R
4,2	0,246	2,0361	1,738	0,130	3,9	0,195	-0,4201	0,815	0,152
5,5	0,335	-1,0652	1,709	0,183	5,3	0,186	-1,2525	0,818	0,140
7,4	0,270	-2,0298	1,719	0,166	6,5	0,186	0,8284	0,819	0,136
7,8	0,301	0,3293	1,706	0,187	7,4	0,175	2,9010	0,819	0,136
10,3	0,346	1,5924	1,705	0,189	9,7	0,219	-1,7483	0,808	0,178
14,3	0,338	-0,3483	1,708	0,184	12,7	0,140	-0,6430	0,818	0,140
15,4	0,314	-0,1822	1,710	0,181	13,9	0,163	1,2534	0,811	0,167
18,0	0,303	-2,0856	1,709	0,183	15,3	0,177	-1,0166	0,817	0,144
22,4	0,288	0,5708	1,690	0,210	29,1	0,143	2,3818	0,822	0,122
25,7	0,200	2,0896	1,715	0,173	37,1	0,220	-0,6830	0,808	0,178
50,6	0,229	1,9129	1,720	0,165	74,6	0,341	0,3779	0,754	0,310
87,6	0,140	-2,1954	1,756	0,082	183,8	0,432	-2,9913	0,690	0,416

Tab. 9d. Okresy Θ , amplitudy b , fazy c temperatury powietrza w Pradze w latach 1771-1980 (ε^2 – wariancja resztkowa, R – współczynnik korelacji) – rok

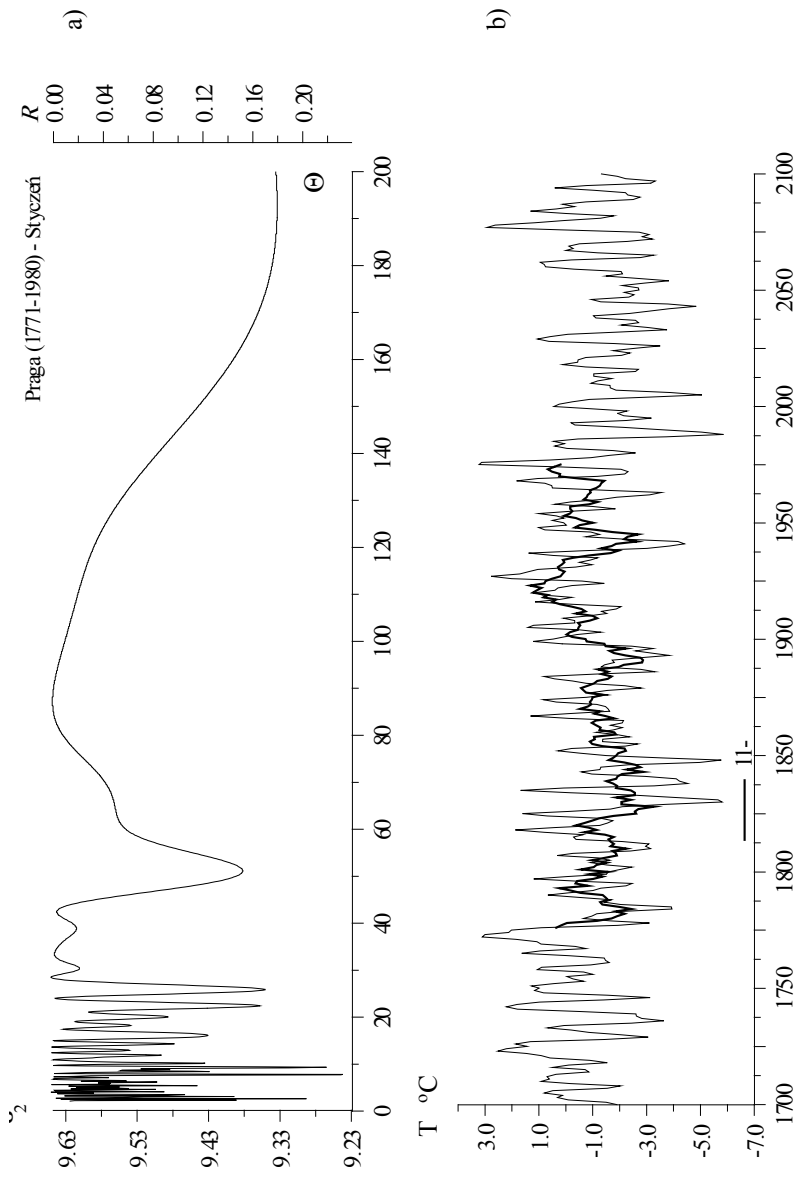
The periods Θ , amplitudes b and phases c of air temperature in Prague in the years 1771-1980 (ε^2 – rest variance, R – coefficient of correlation) – year

Θ	b	c	ε^2	R
3,4	0,182	-3,0482	0,797	0,140
4,7	0,194	-1,0157	0,792	0,160
5,5	0,147	-1,1340	0,799	0,131
7,4	0,175	-2,3643	0,791	0,164
7,8	0,199	0,1714	0,783	0,192
8,4	0,217	-0,2929	0,787	0,178
10,3	0,188	1,7534	0,791	0,164
17,8	0,194	-2,6805	0,791	0,164
25,3	0,146	1,2136	0,793	0,156
35,7	0,174	-0,5100	0,796	0,144
81,4	0,129	0,1766	0,792	0,160
186,5	0,460	-1,8164	0,690	0,389

Tab. 10. Temperatura średnia \bar{T} , wariancja s^2 , wariancja resztkowa trendów czasowych ε^2 , współczynnik korelacji wielokrotnej R , specjalny współczynnik korelacji R_s i błąd standardowy ε_s temperatury powietrza w Pradze w latach 1771-1980

The average temperature \bar{T} , variance s^2 , rest variance of the time trends ε^2 , coefficient of multiple correlation R , special coefficient correlation R_s , and standard error ε_s of air temperature in Prague in the years 1771-1980

Miesiące	\bar{T}	s^2	ε^2	R	R_s	ε_s
Styczeń	-0,99	9,651	6,698	0,553	0,609	2,757
Luty	0,54	8,846	6,190	0,548	0,568	2,651
Marzec	3,94	5,137	3,648	0,538	0,907	2,035
Kwiecień	9,181	3,765	2,506	0,578	0,986	1,687
Maj	14,59	3,288	2,151	0,588	0,995	1,563
Czerwiec	17,87	2,162	1,533	0,539	0,998	1,319
Lipiec	19,56	2,126	1,426	0,574	0,998	1,272
Sierpień	19,00	2,604	1,702	0,588	0,998	1,390
Wrzesień	15,11	2,276	1,537	0,570	0,997	1,321
Październik	9,69	2,440	1,775	0,522	0,991	1,420
Listopad	4,21	3,360	2,187	0,591	0,947	1,576
Grudzień	0,68	7,512	5,290	0,544	0,580	2,450
Wiosna	9,24	1,658	1,065	0,598	0,994	2,451
Lato	18,82	1,099	0,626	0,656	0,999	1,100
Jesień	9,68	1,165	0,693	0,636	0,996	0,843
Zima	0,07	4,499	3,037	0,570	0,571	0,887
Półrocze chłodne	3,02	1,768	1,209	0,562	0,943	1,857
Półrocze ciepłe	15,89	0,834	0,450	0,679	0,999	1,172
Rok	9,453	0,813	0,499	0,622	0,997	0,715



Rys. 69. Temperatura powietrza w Pradze (1700-2100) – styczeń

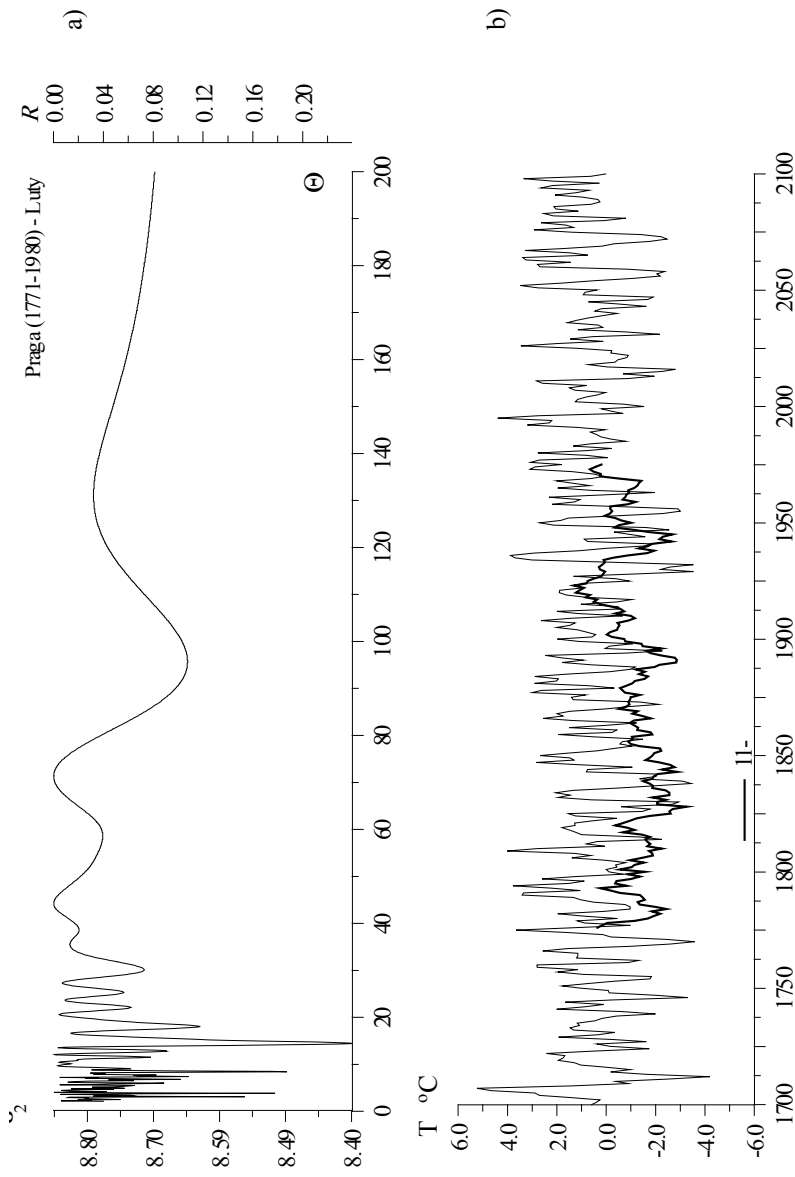
a) Widmo temperatury powietrza w paśmie 2, 1-200 lat

b) Prognozy temperatury powietrza w XXI wieku

Air temperature in Prague (1700-2100) – January

a) Spectrum of air temperature in the strip 2, 1-200 years

b) Forecasts of air temperature in 21st century



Rys. 70. Temperatura powietrza w Pradze (1700-2100) – luty

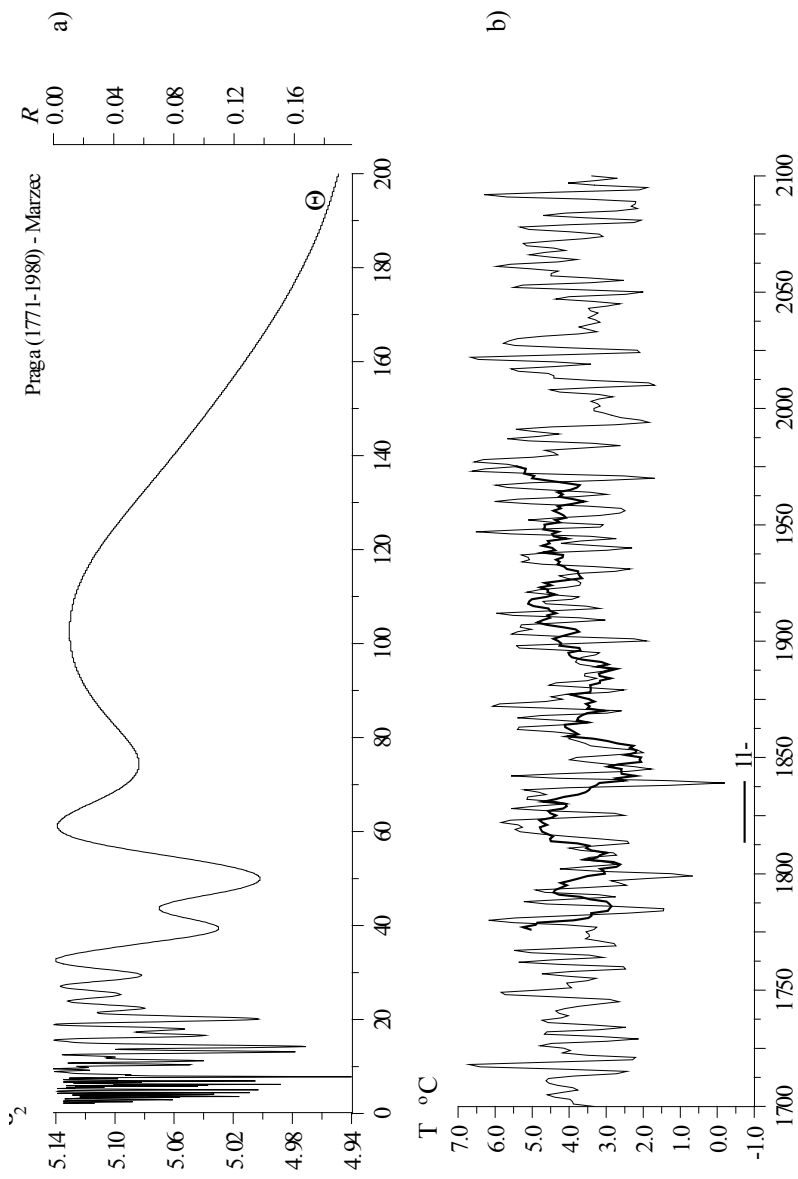
a) Widmo temperatury powietrza w paśmie 2, 1-200 lat

b) Prognozy temperatury powietrza w XXI wieku

Air temperature in Prague (1700-2100) – February

a) Spectrum of air temperature in the strip 2, 1-200 years

b) Forecasts of air temperature in 21st century



Rys. 71. Temperatura powietrza w Pradze (1700-2100) – marzec

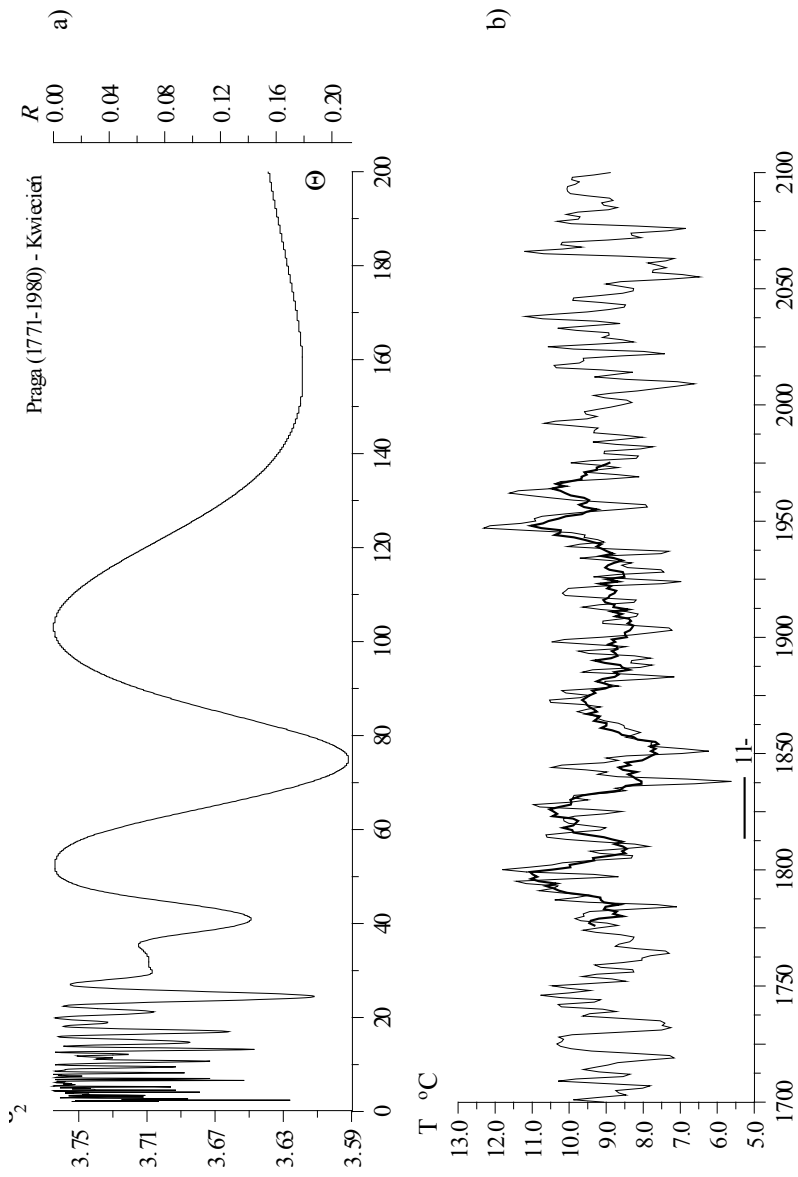
a) Widmo temperatury powietrza w paśmie 2, 1-200 lat

b) Prognozy temperatury powietrza w XXI wieku

Air temperature in Prague (1700-2100) – March

a) Spectrum of air temperature in the strip 2, 1-200 years

b) Forecasts of air temperature in 21st century



Rys. 72. Temperatura powietrza w Pradze (1700-2100) – kwiecień

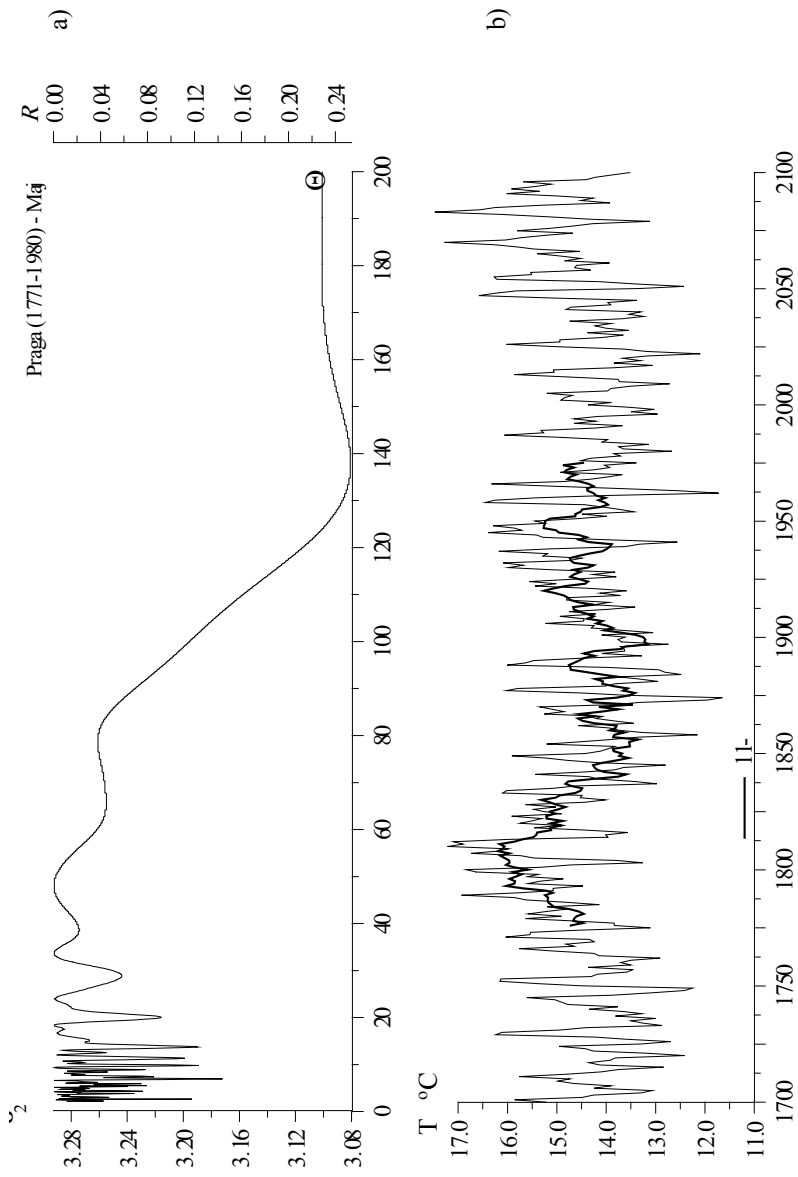
a) Widmo temperatury powietrza w paśmie 2, 1.-200 lat

b) Prognozy temperatury powietrza w XXI wieku

Air temperature in Prague (1700-2100) – April

a) Spectrum of air temperature in the strip 2, 1.-200 years

b) Forecasts of air temperature in 21st century



Rys. 73. Temperatura powietrza w Pradze (1700-2100) – maj

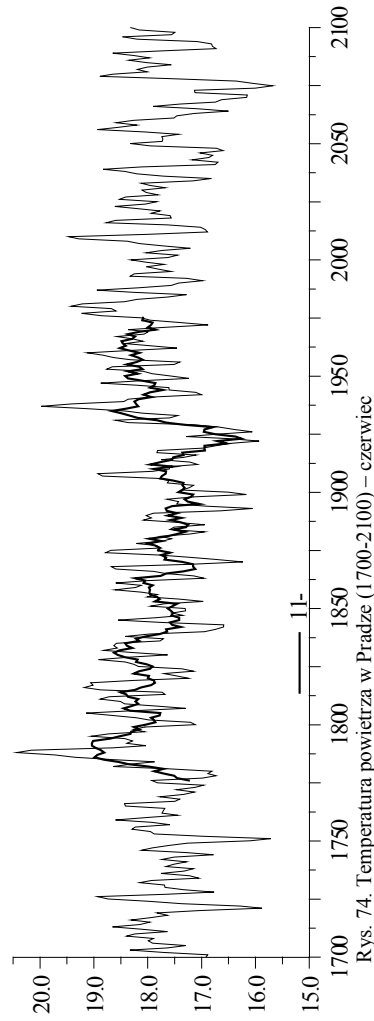
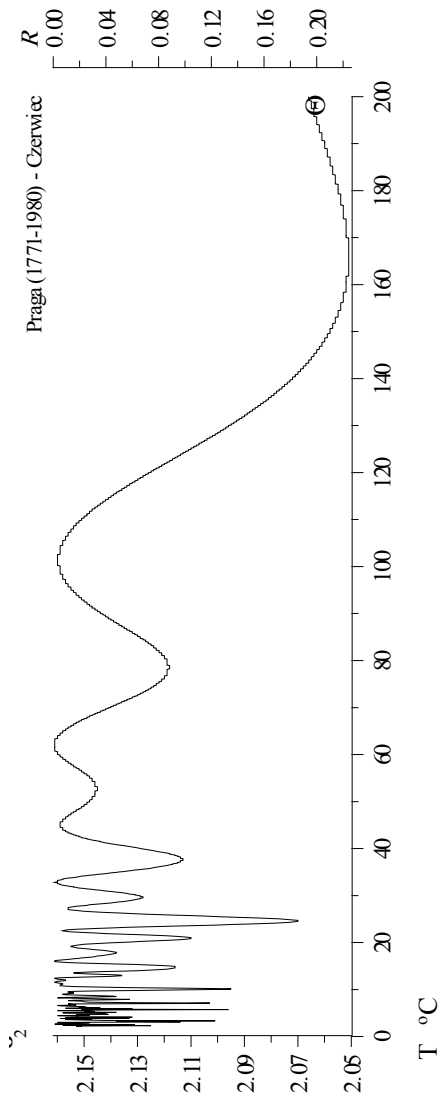
a) Widmo temperatury powietrza w paśmie 2, 1-200 lat

b) Prognozy temperatury powietrza w XXI wieku

Air temperature in Prague (1700-2100) – May

a) Spectrum of air temperature in the strip 2, 1-200 years

b) Forecasts of air temperature in 21st century



Rys. 74. Temperatura powietrza w Pradze (1700-2100) – czerwiec

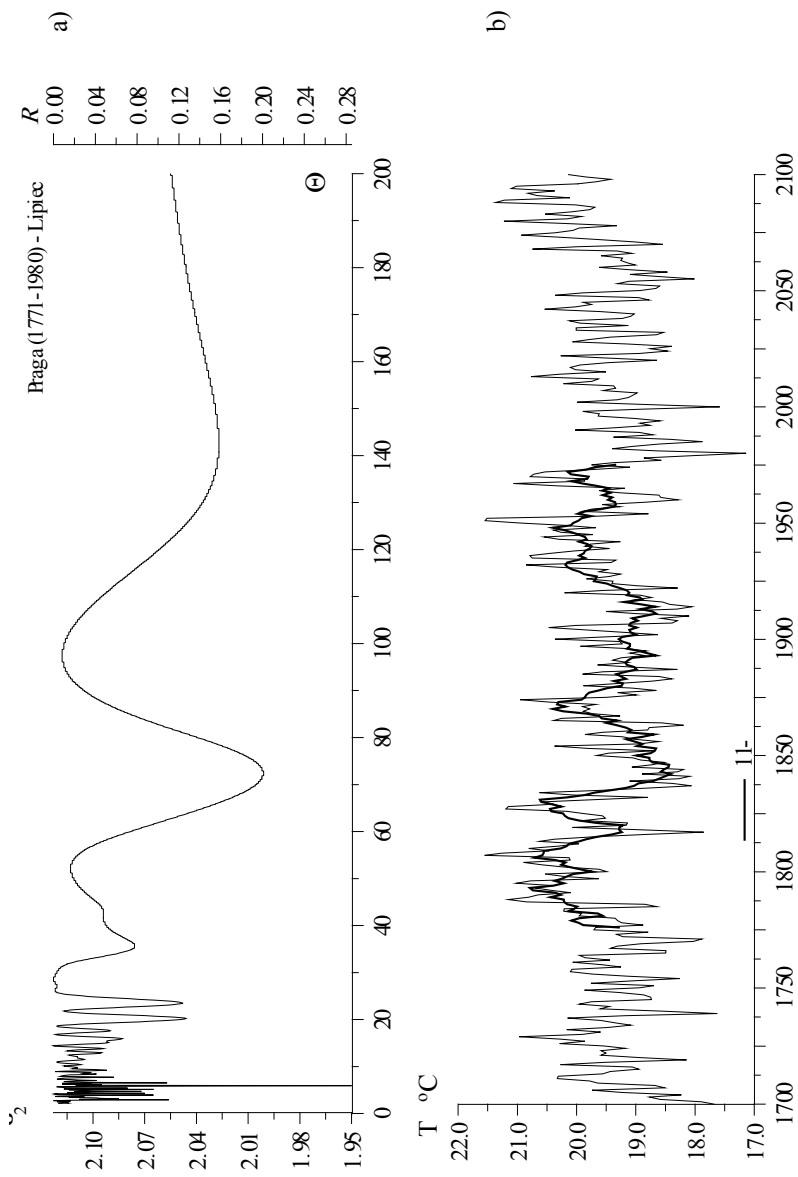
a) Widmo temperatury powietrza w Pradze (1700-2100) – czerwiec

b) Prognozy temperatury powietrza w XXI wieku

Air temperature in Prague (1700-2100) – June

a) Spectrum of air temperature in the strip 2, 1-200 years

b) Forecasts of air temperature in 21st century



Rys. 75. Temperatura powietrza w Pradze (1700-2100) – lipiec

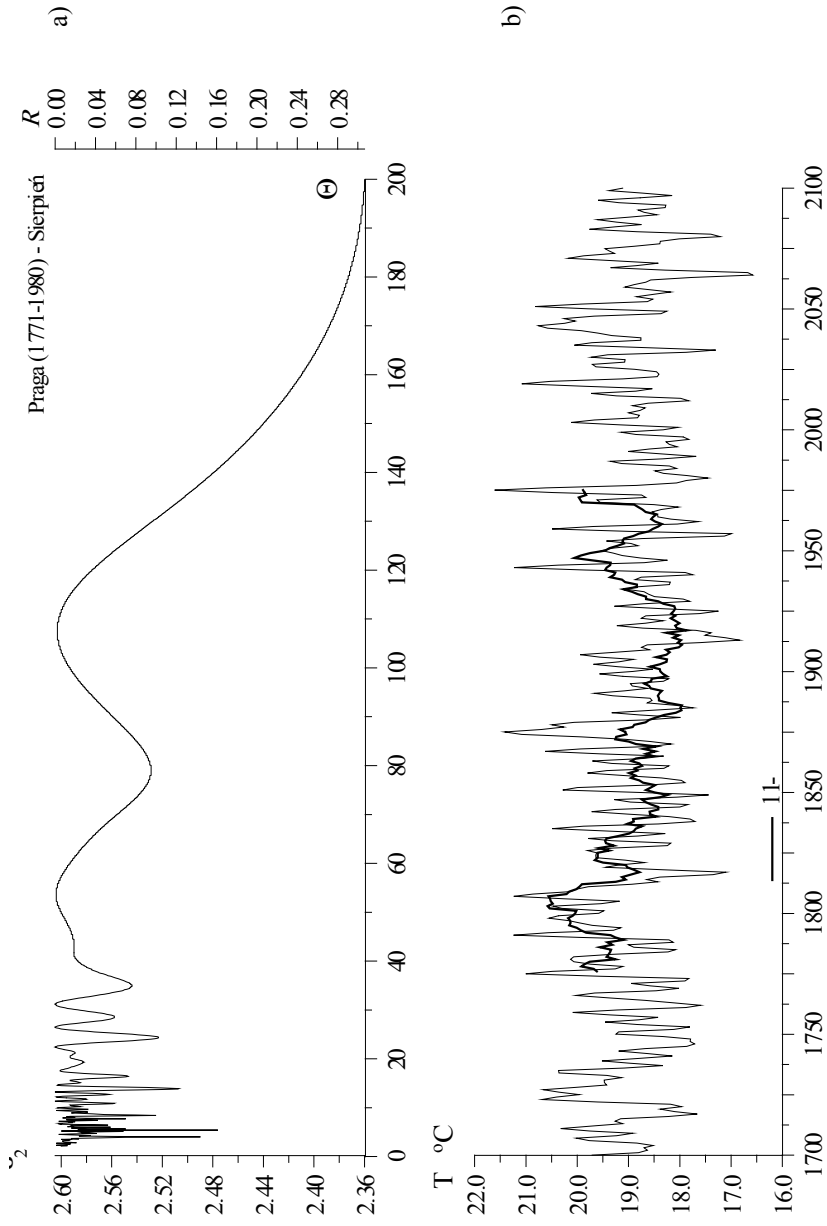
a) Widmo temperatury powietrza w paśmie 2, 1-200 lat

b) Prognozy temperatury powietrza w XXI wieku

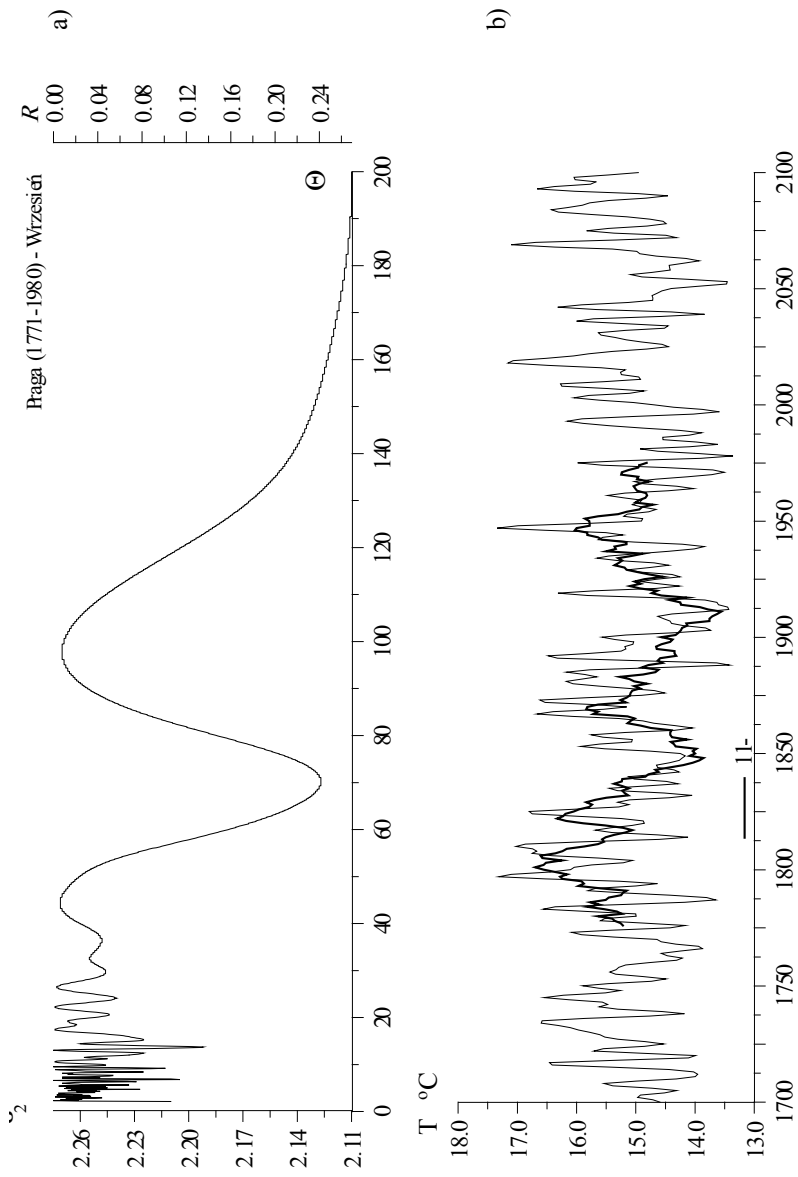
Air temperature in Prague (1700-2100) – July

a) Spectrum of air temperature in the strip 2, 1-200 years

b) Forecasts of air temperature in 21st century



Rys. 76. Temperatura powietrza w Pradze (1700-2100) – sierpień
 a) Widmo temperatury powietrza w paśmie 2,1-200 lat
 b) Prognozy temperatury powietrza w XXI wieku
 Air temperature in Prague (1700-2100) – August
 a) Spectrum of air temperature in the strip 2,1-200 years
 b) Forecasts of air temperature in 21st century



Rys. 77. Temperatura powietrza w Pradze (1700-2100) – wizesień

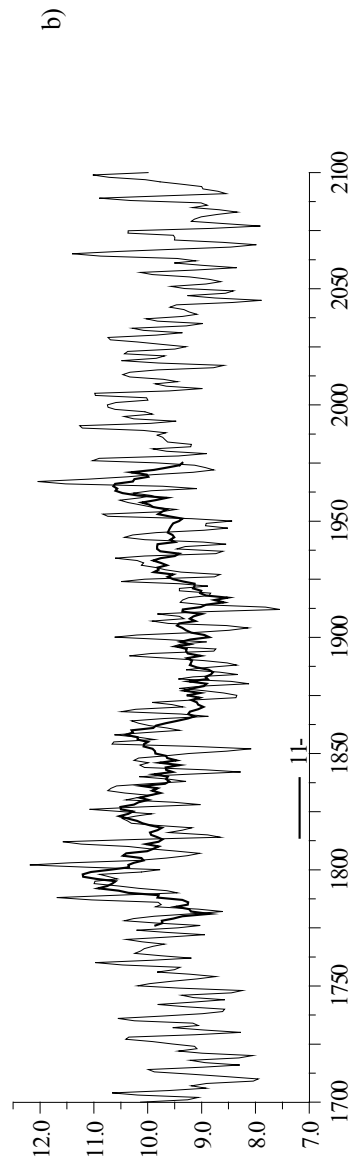
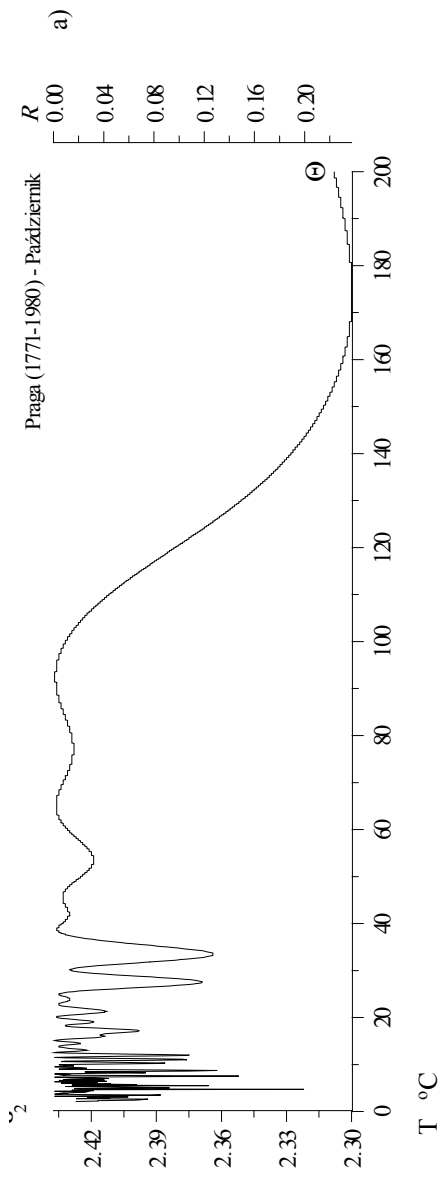
a) Widmo temperatury powietrza w paśmie 2, 1-200 lat

b) Prognozy temperatury powietrza w XXI wieku

Air temperature in Prague (1700-2100) – September

a) Spectrum of air temperature in the strip 2, 1-200 years

b) Forecasts of air temperature in 21st century



Rys. 78. Temperatura powietrza w Pradze (1700-2100) – październik

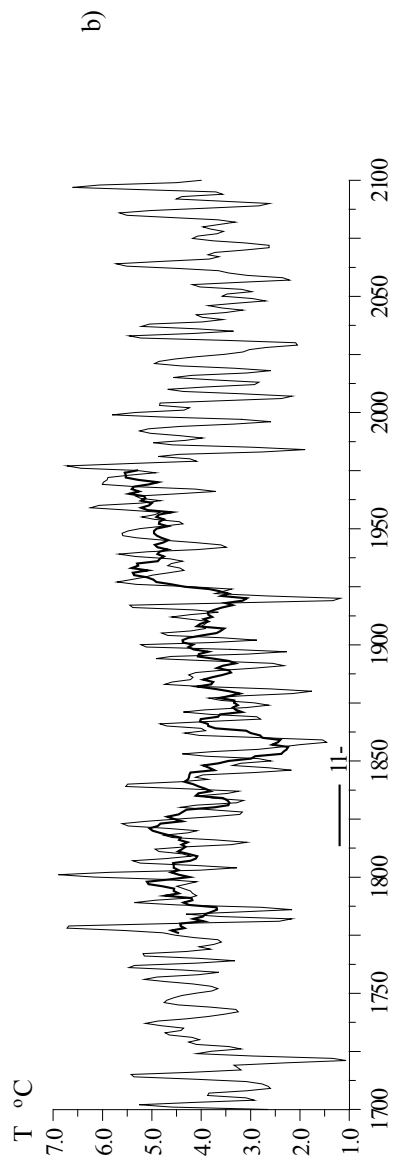
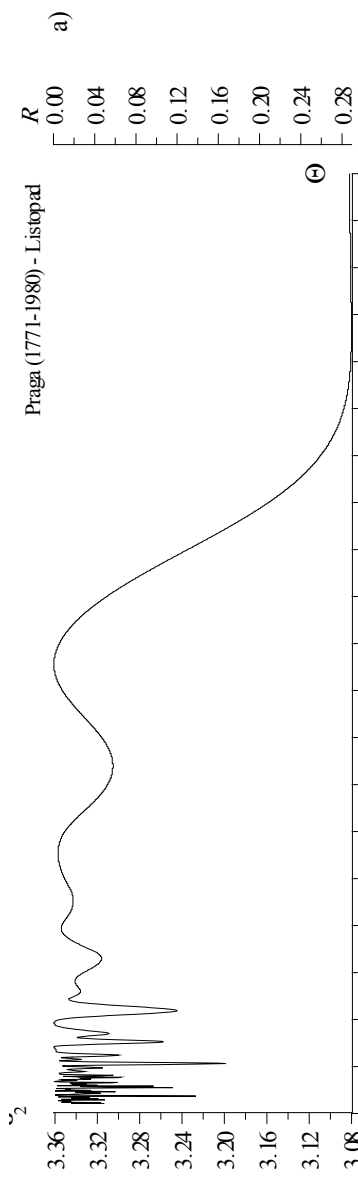
a) Widmo temperatury powietrza w Pradze w paśmie 2,1-200 lat

b) Prognozy temperatury powietrza w XXI wieku

Air temperature in Prague (1700-2100) – October

a) Spectrum of air temperature in the strip 2,1-200 years

b) Forecasts of air temperature in 21st century



Rys. 79. Temperatura powietrza w Pradze (1700-2100) – listopad

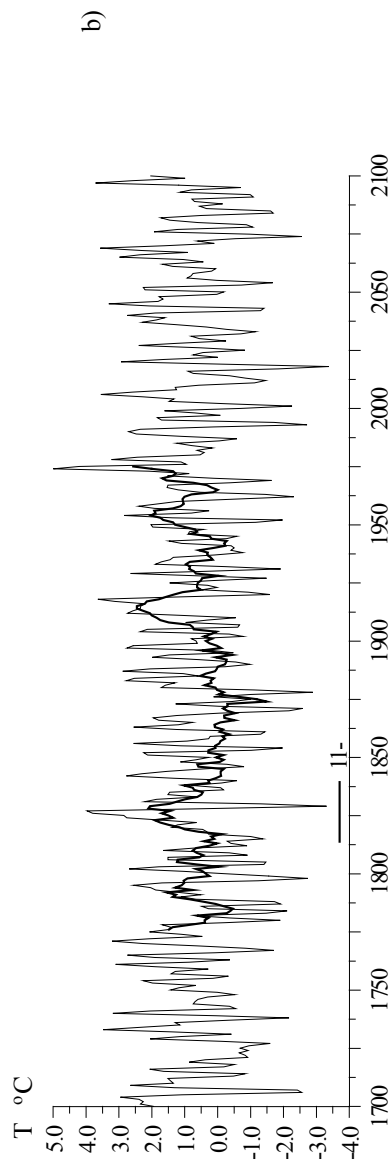
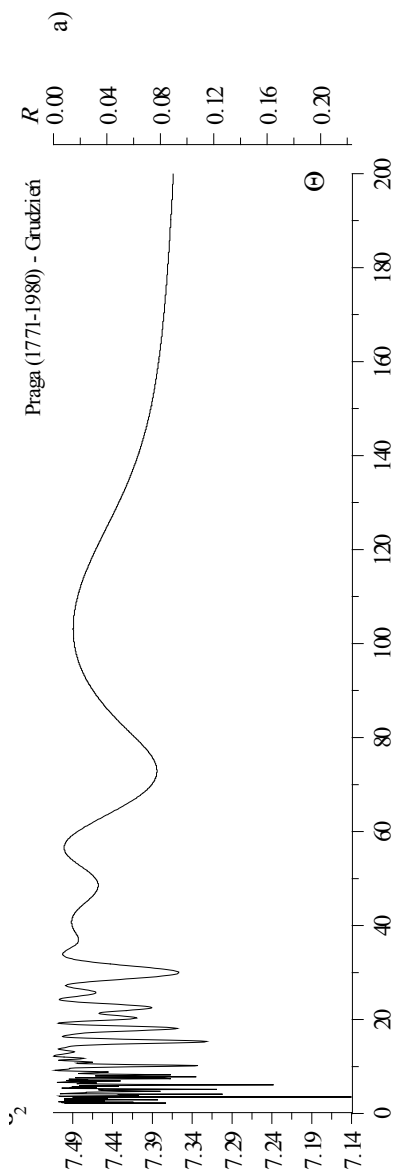
a) Widmo temperatury powietrza w paśmie 2, 1-200 lat

b) Prognozy temperatury powietrza w XXI wieku

Air temperature in Prague (1700-2100) – November

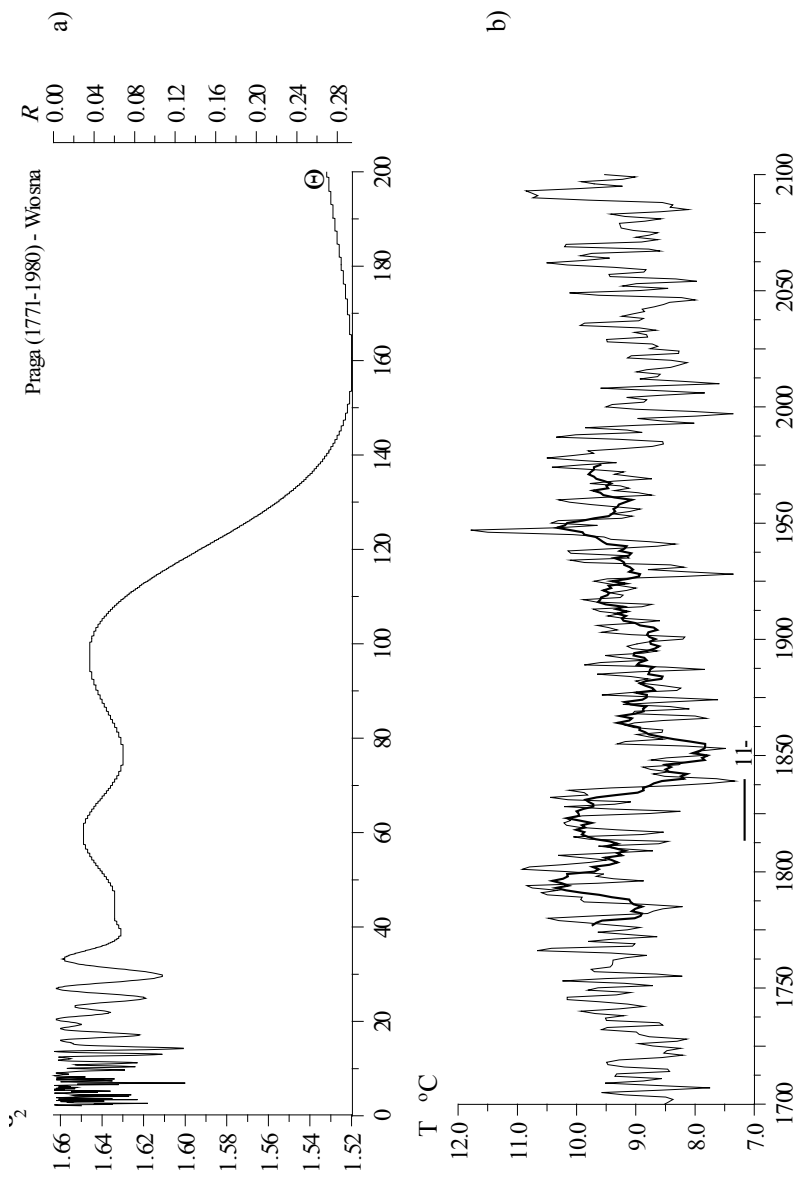
a) Spectrum of air temperature in the strip 2, 1-200 years

b) Forecasts of air temperature in 21st century



Rys. 80. Temperatura powietrza w Pradze (1700-2100) – grudzień

- a) Widmo temperatury powietrza w paśmie 2,1-200 lat
 - b) Prognozy temperatury powietrza w XXI wieku
- Air temperature in Prague (1700-2100) – December
- a) Spectrum of air temperature in the strip 2,1-200 years
 - b) Forecasts of air temperature in 21st century



Rys. 81. Temperatura powietrza w Pradze (1700-2100) – wiosna

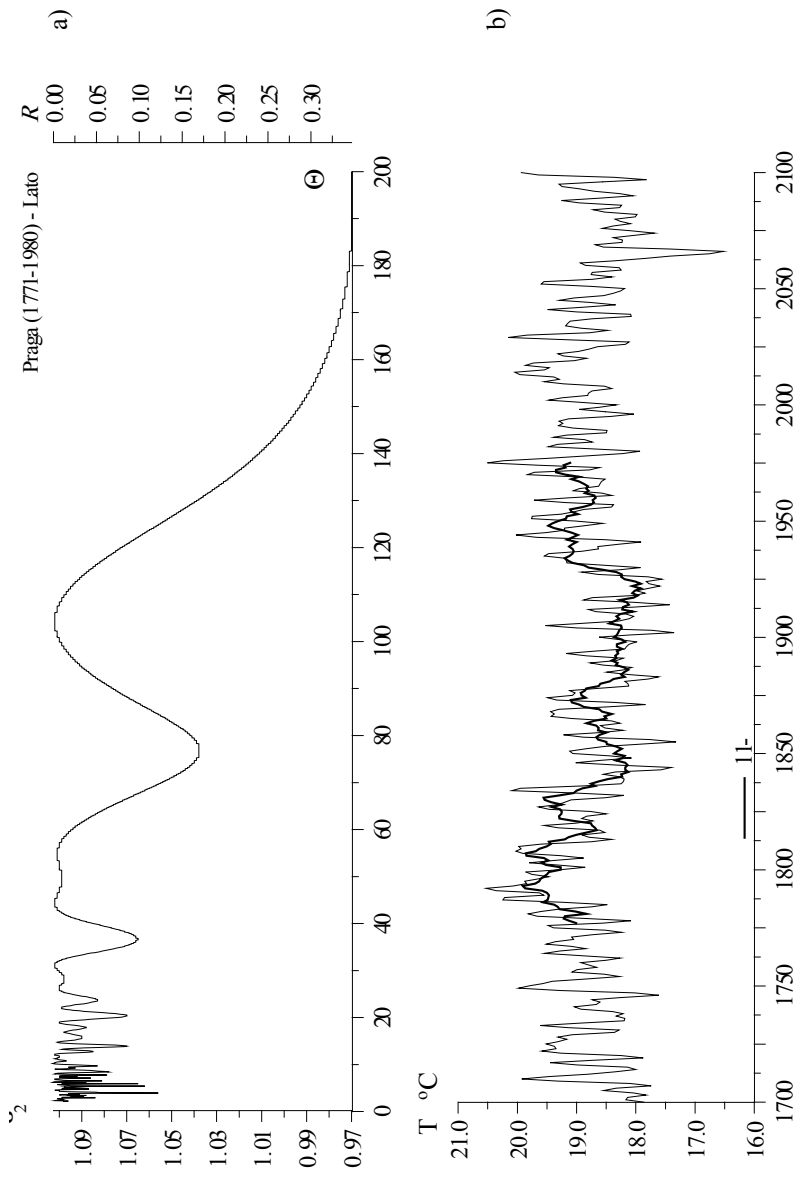
a) Widmo temperatury powietrza w paśmie 2, 1-200 lat

b) Prognozy temperatury powietrza w XXI wieku

Air temperature in Prague (1700-2100) – spring

a) Spectrum of air temperature in the strip 2, 1-200 years

b) Forecasts of air temperature in 21st century



Rys. 82. Temperatura powietrza w Pradze (1700-2100) – lato

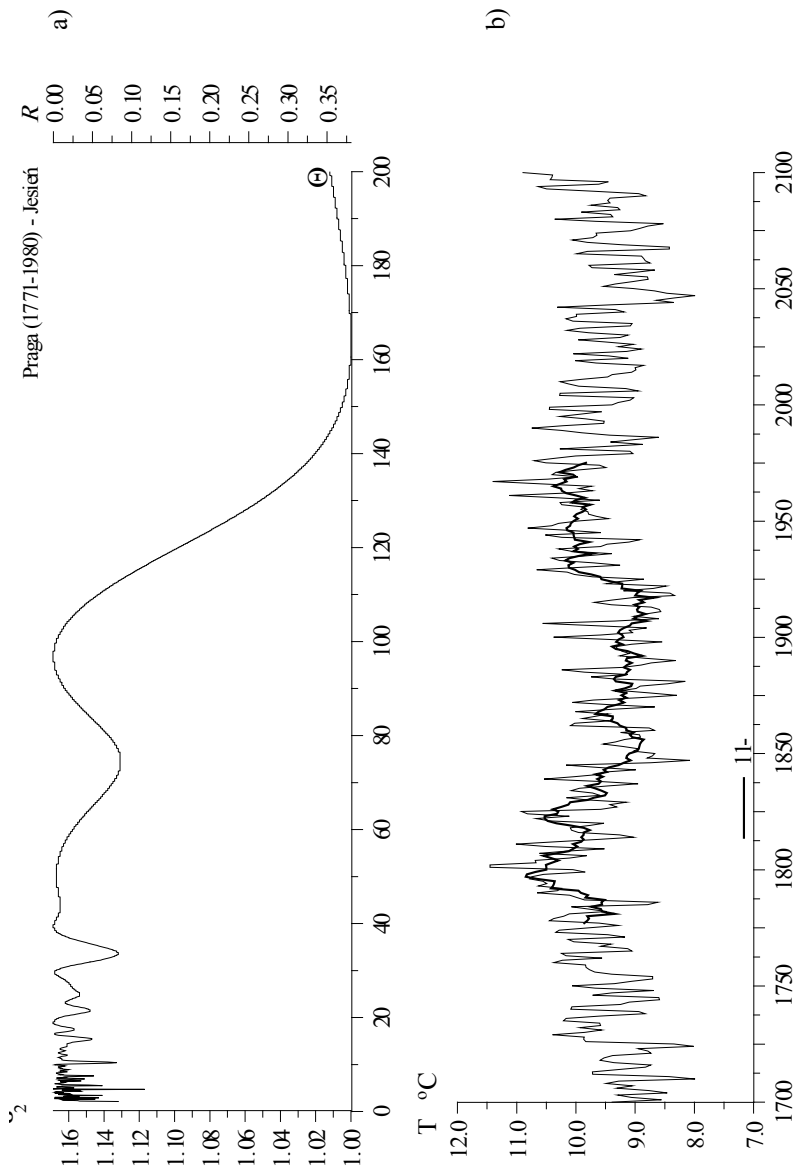
a) Widmo temperatury powietrza w paśmie 2, 1-200 lat

b) Prognozy temperatury powietrza w XXI wieku

Air temperature in Prague (1700-2100) – summer

a) Spectrum of air temperature in the 21st century

b) Forecasts of air temperature in 21st century



Rys. 83. Temperatura powietrza w Pradze (1700-2100) – jesień

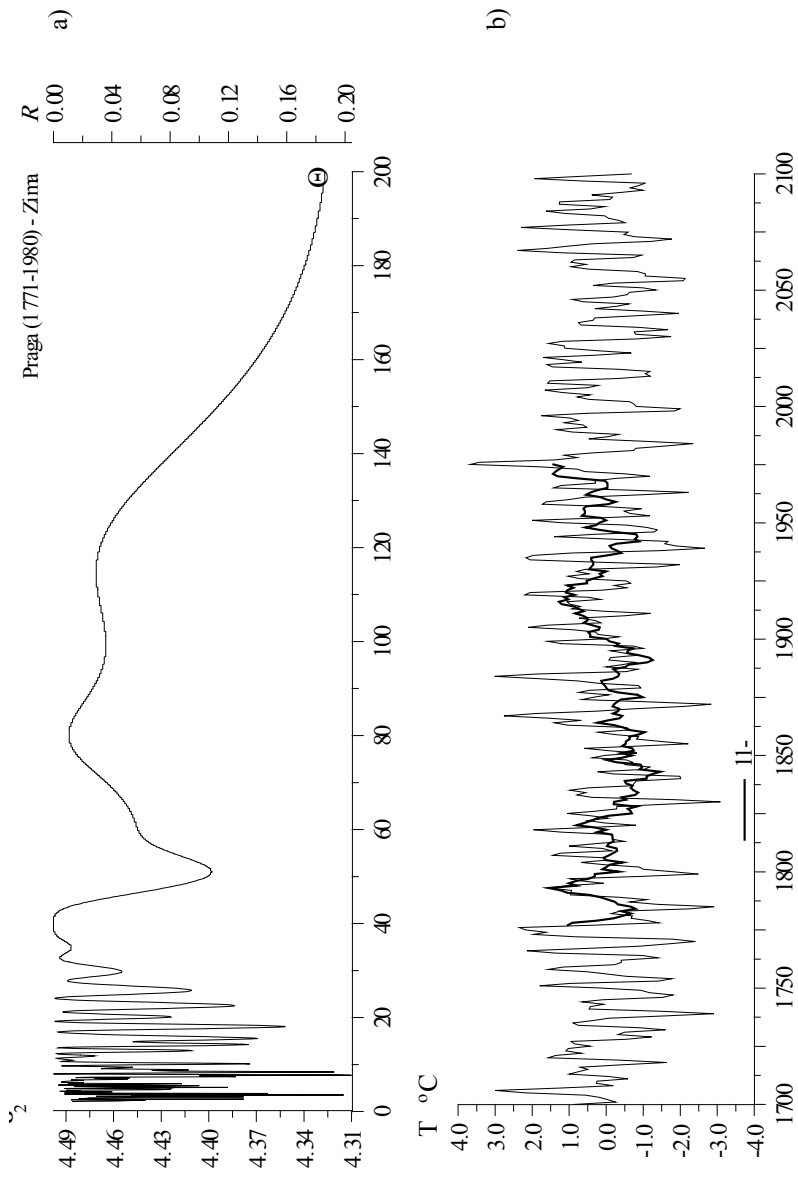
a) Widmo temperatury powietrza w paśmie 2,1-200 lat

b) Prognozy temperatury powietrza w XXI wieku

Air temperature in Prague (1700-2100) – autumn

a) Spectrum of air temperature in the strip 2,1-200 years

b) Forecasts of air temperature in 21st century



Rys. 84. Temperatura powietrza w Pradze (1700-2100) – zima

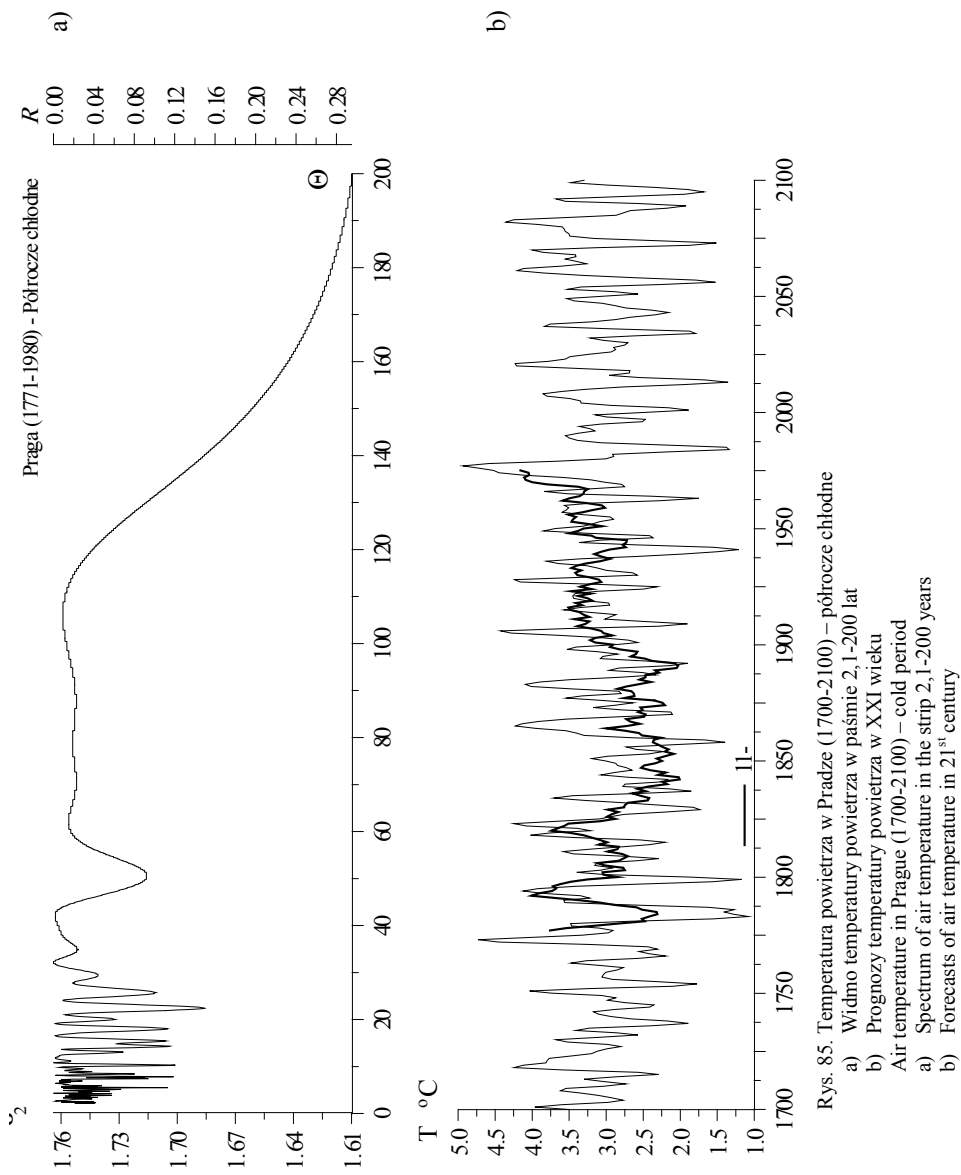
a) Widmo temperatury powietrza w paśmie 2, 1-200 lat

b) Prognozy temperatury powietrza w XXI wieku

Air temperature in Prague (1700-2100) – winter

a) Spectrum of air temperature in the strip 2, 1-200 years

b) Forecasts of air temperature in 21st century



Rys. 85. Temperatura powietrza w Pradze (1700-2100) – północze chłodne

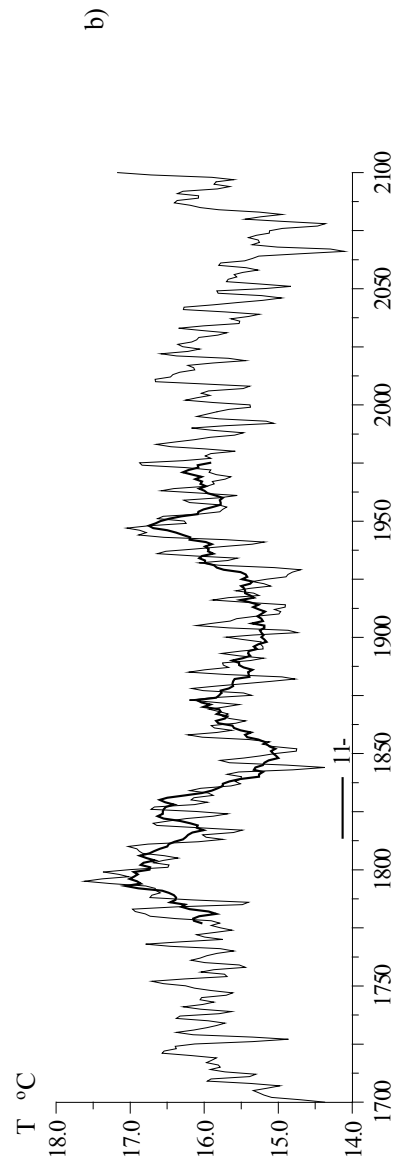
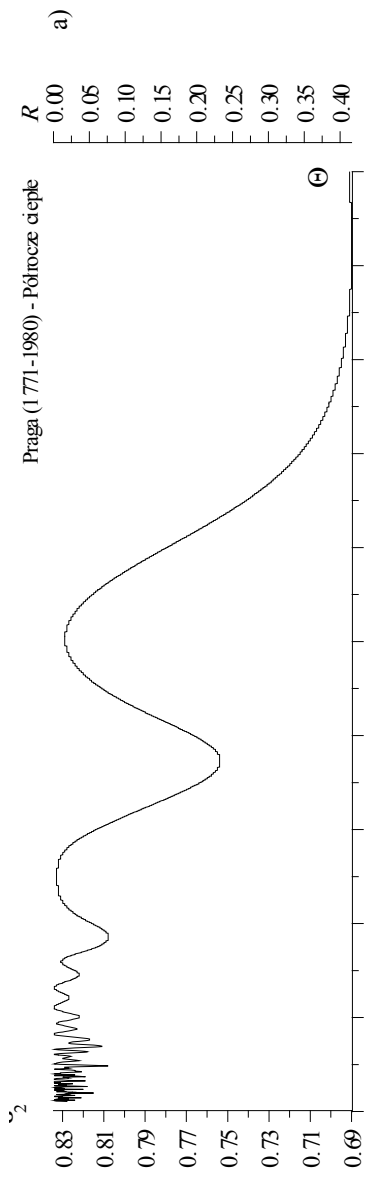
a) Widmo temperatury powietrza w paśmie 2,1-200 lat

b) Prognozy temperatury powietrza w XXI wieku

Air temperature in Prague (1700-2100) – cold period

a) Spectrum of air temperature in the strip 2,1-200 years

b) Forecasts of air temperature in 21st century

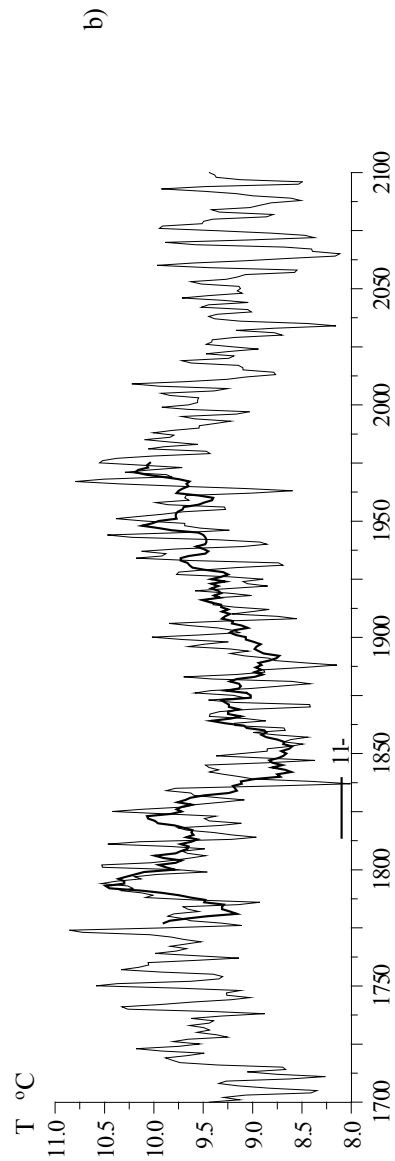
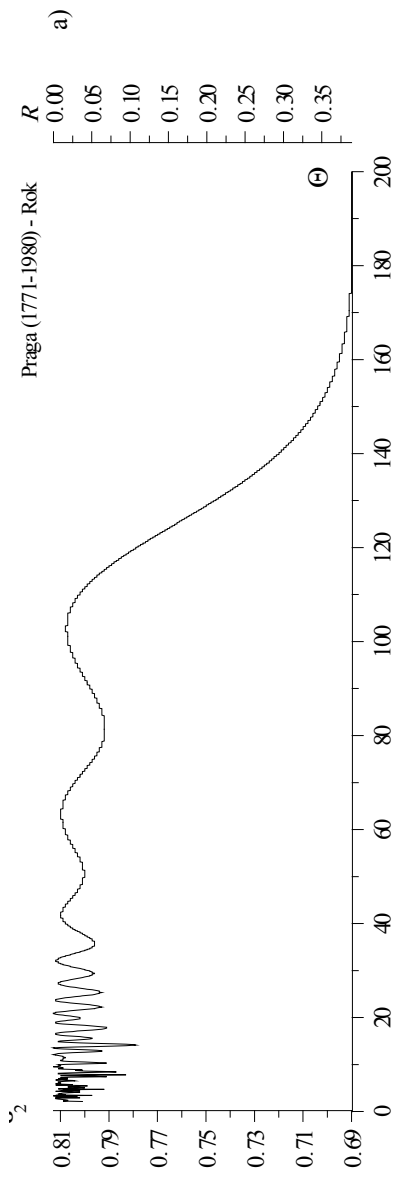


Rys. 86. Temperatura powietrza w Pradze (1700-2100) – półroczne ciepłe

a) Widmo temperatury powietrza w paśmie 2, 1.-200 lat
b) Prognozy temperatury powietrza w XXI wieku

Air temperature in Prague (1700-2100) – warm period

a) Spectrum of air temperature in the strip 2, 1.-200 years
b) Forecasts of air temperature in 21st century



Rys. 87. Temperatura powietrza w Pradze (1700-2100) – rok

a) Widmo temperatury powietrza w paśmie 2,1-200 lat

b) Prognozy temperatury powietrza w XXI wieku

Air temperature in Prague (1700-2100) – year

a) Spectrum of air temperature in the strip 2,1-200 years

b) Forecasts of air temperature in 21st century

Tab. 11a. Okresy Θ , amplitudy b , fazy c temperatury powietrza w Genewie w latach 1768-1980 (ε^2 – wariancja resztkowa, R – współczynnik korelacji) – styczeń-czerwiec
 The periods Θ , amplitudes b and phases c of air temperature in Geneva in the years 1768-1980 (ε^2 – rest variance, R – coefficient of correlation) – January-June

Styczeń					Luty				
Θ	b	c	ε^2	R	Θ	b	c	ε^2	R
3,1	0,630	-3,1111	4,876	0,200	3,8	0,521	0,9679	4,495	0,172
5,5	0,491	-0,6672	4,975	0,143	5,5	0,482	-0,4279	4,510	0,163
6,1	0,571	-2,6238	4,909	0,183	6,1	0,486	0,8877	4,500	0,169
6,4	0,339	-1,8102	5,008	0,119	6,6	0,320	-2,9024	4,544	0,138
7,7	0,605	-1,5106	4,866	0,205	6,9	0,376	1,3707	4,551	0,133
8,4	0,418	-0,1518	4,962	0,152	8,4	0,446	-0,1756	4,528	0,150
9,3	0,530	-0,9625	4,942	0,164	11,4	0,606	2,4971	4,457	0,195
11,7	0,610	-1,2062	4,916	0,179	15,5	0,512	-1,1912	4,465	0,190
16,8	0,531	-0,2635	4,900	0,188	18,3	0,430	1,5156	4,510	0,163
19,1	0,394	-1,1123	4,920	0,177	25,9	0,320	-0,2209	4,565	0,121
26,0	0,413	0,6537	5,012	0,115	54,0	0,365	-2,6353	4,566	0,120
68,5	0,689	0,8965	4,971	0,146	89,0	0,249	1,3559	4,614	0,064

Marzec					Kwiecień				
Θ	b	c	ε^2	R	Θ	b	c	ε^2	R
2,9	0,404	2,1865	3,093	0,160	3,9	0,383	-1,2552	2,487	0,164
4,2	0,396	3,1338	3,078	0,174	4,7	0,326	-0,3985	2,504	0,142
4,4	0,394	-0,7880	3,080	0,172	7,5	0,296	-1,6422	2,506	0,139
5,7	0,396	-2,3864	3,097	0,156	10,2	0,544	-2,4074	2,423	0,228
6,2	0,396	0,9294	3,095	0,158	13,0	0,434	-3,1126	2,454	0,199
7,8	0,551	0,5135	3,025	0,217	16,8	0,407	2,3560	2,463	0,190
13,3	0,356	-2,4629	3,087	0,166	24,4	0,470	-2,6756	2,468	0,185
16,8	0,521	2,9769	3,005	0,231	32,7	0,397	2,0554	2,458	0,195
20,3	0,355	-1,4475	3,084	0,169	40,1	0,526	-1,8004	2,401	0,246
41,5	0,418	1,1648	3,081	0,171	51,9	0,163	-1,6094	2,498	0,150
58,3	0,476	-0,2090	3,074	0,178	74,0	0,559	-0,4336	2,340	0,290
199,4	0,430	3,0040	3,052	0,196	135,7	0,176	0,1700	2,509	0,135

Maj					Czerwiec				
Θ	b	c	ε^2	R	Θ	b	c	ε^2	R
3,7	0,310	-2,5386	2,449	0,143	3,9	0,322	0,0613	1,788	0,170
5,9	0,279	1,6218	2,460	0,126	5,1	0,273	-0,8935	1,802	0,146
6,9	0,411	2,9006	2,422	0,177	6,0	0,300	-2,2894	1,799	0,152
7,5	0,317	-0,2140	2,438	0,157	7,8	0,354	-0,0861	1,772	0,194
10,3	0,299	3,0401	2,454	0,136	10,5	0,314	2,7961	1,790	0,167
12,6	0,349	-1,0283	2,413	0,186	11,3	0,066	2,0047	1,837	0,049
13,7	0,289	1,1874	2,434	0,162	14,2	0,256	0,6835	1,811	0,129
20,4	0,337	-1,7562	2,429	0,168	18,0	0,206	0,1958	1,823	0,100
28,9	0,518	-1,4482	2,395	0,205	29,3	0,241	3,1215	1,798	0,154
41,6	0,417	1,6238	2,385	0,214	53,1	0,362	-2,2658	1,731	0,245
71,4	0,275	0,2166	2,415	0,184	76,9	0,316	0,1140	1,745	0,229
130,6	0,559	2,8234	2,294	0,287	135,3	0,218	-0,1758	1,790	0,167

Tab. 11b. Okresy Θ , amplitudy b , fazy c temperatury powietrza w Genewie w latach 1768-1980 (ε^2 – wariancja resztkowa, R – współczynnik korelacji) – lipiec-grudzień
 The periods Θ , amplitudes b and phases c of air temperature in Geneva in the years 1768-1980 (ε^2 – rest variance, R – coefficient of correlation) – July-December

Lipiec					Sierpień				
Θ	b	c	ε^2	R	Θ	b	c	ε^2	R
3,0	0,351	2,4081	2,363	0,158	4,3	0,335	-0,5181	1,761	0,175
3,9	0,429	-0,6079	2,336	0,190	5,4	0,324	2,4233	1,765	0,168
5,8	0,472	-1,0413	2,304	0,222	7,4	0,304	-2,5428	1,771	0,158
7,9	0,260	1,5583	2,387	0,123	10,7	0,246	-0,6280	1,773	0,155
11,2	0,241	1,3145	2,388	0,121	11,4	0,114	1,3611	1,798	0,101
12,7	0,291	-0,5785	2,376	0,140	13,9	0,403	1,8019	1,724	0,226
24,1	0,446	2,3711	2,329	0,197	25,0	0,278	1,1064	1,768	0,163
31,1	0,319	1,7307	2,383	0,129	30,1	0,263	2,9608	1,765	0,168
40,1	0,432	-2,1504	2,307	0,219	38,4	0,295	-2,7928	1,734	0,213
53,5	0,304	-0,2269	2,330	0,196	52,5	0,187	1,6351	1,752	0,188
78,3	0,515	2,3027	2,249	0,268	75,2	0,415	2,3165	1,686	0,268
154,4	0,163	-0,7658	2,378	0,137	140,9	0,375	-2,4226	1,711	0,241

Wrzesień					Październik				
Θ	b	c	ε^2	R	Θ	b	c	ε^2	R
2,9	0,315	-0,3040	1,935	0,160	2,9	0,290	0,3105	1,814	0,152
6,8	0,293	-0,8102	1,943	0,147	4,9	0,308	-2,0460	1,812	0,155
7,8	0,286	1,3566	1,945	0,144	5,5	0,328	-0,2677	1,807	0,164
10,4	0,377	-0,9968	1,909	0,197	7,6	0,278	1,3341	1,813	0,153
12,4	0,311	2,5429	1,921	0,181	11,0	0,290	2,7998	1,814	0,152
14,7	0,312	-0,7978	1,937	0,157	14,6	0,262	-3,0520	1,807	0,164
31,1	0,390	1,8551	1,917	0,186	17,1	0,363	2,6758	1,763	0,225
41,1	0,328	-0,8507	1,942	0,149	19,1	0,192	1,7929	1,807	0,164
74,0	0,509	-0,2649	1,841	0,270	21,5	0,247	-1,3079	1,804	0,168
163,0	0,248	2,5274	1,912	0,193	42,3	0,256	1,1385	1,816	0,148
					80,7	0,297	1,2034	1,796	0,181
					152,7	0,172	2,7457	1,837	0,103

Listopad					Grudzień				
Θ	b	c	ε^2	R	Θ	b	c	ε^2	R
3,4	0,438	-2,1081	2,002	0,214	2,9	0,382	0,4252	4,618	0,126
3,7	0,362	0,6198	2,032	0,177	3,9	0,654	1,2370	4,468	0,219
6,0	0,251	-1,9361	2,070	0,115	4,8	0,539	1,4826	4,536	0,182
7,6	0,263	2,0005	2,060	0,134	5,8	0,510	2,1511	4,556	0,170
8,5	0,173	0,5929	2,081	0,089	6,0	0,470	-1,2783	4,555	0,171
9,6	0,208	1,9759	2,078	0,097	6,9	0,360	-2,2809	4,607	0,135
10,6	0,370	2,7202	2,037	0,170	7,5	0,448	0,3626	4,606	0,135
11,3	0,230	-2,7398	2,075	0,104	10,3	0,343	1,6282	4,607	0,135
18,5	0,184	-1,3711	2,071	0,113	11,7	0,370	0,6705	4,617	0,126
21,9	0,321	0,5955	2,047	0,156	22,5	0,440	2,4158	4,602	0,139
32,6	0,234	-0,0576	2,070	0,115	43,8	0,615	-2,6504	4,545	0,177
61,9	0,334	-1,1800	2,039	0,167	79,5	0,374	1,2300	4,626	0,119

Tab. 11c. Okresy Θ , amplitudy b , fazy c temperatury powietrza w Genewie w latach 1768-1980 (ε^2 – wariancja resztkowa, R – współczynnik korelacji) – wiosna-półrocze ciepłe
 The periods Θ , amplitudes b and phases c of air temperature in Geneva in the years 1768-1980 (ε^2 – rest variance, R – coefficient of correlation) – spring-warm period

Wiosna					Lato				
Θ	b	c	ε^2	R	Θ	b	c	ε^2	R
3,9	0,243	-0,8602	1,084	0,159	3,9	0,264	-0,2547	0,967	0,187
4,4	0,178	-1,0133	1,096	0,120	5,9	0,223	2,4964	0,977	0,158
6,6	0,226	1,9294	1,087	0,150	7,8	0,193	0,4442	0,981	0,144
7,8	0,249	0,1905	1,077	0,177	10,6	0,170	0,7532	0,982	0,141
10,3	0,369	2,6053	1,040	0,254	11,3	0,093	-2,1070	0,991	0,104
11,2	0,125	2,5499	1,092	0,134	13,8	0,253	1,8525	0,962	0,200
12,9	0,299	2,2269	1,061	0,214	24,3	0,223	0,1225	0,975	0,164
16,9	0,299	0,3008	1,063	0,210	30,7	0,218	-3,0359	0,976	0,161
31,1	0,301	2,4932	1,061	0,214	39,9	0,284	2,5781	0,936	0,256
41,1	0,409	-1,2123	1,002	0,315	53,1	0,289	-2,0693	0,914	0,296
72,3	0,290	2,0317	1,037	0,260	76,5	0,392	-1,1210	0,875	0,356
137,2	0,374	1,0218	1,017	0,292	144,1	0,209	-0,5946	0,941	0,247

Jesień					Zima (XII-II)				
Θ	b	c	ε^2	R	Θ	b	c	ε^2	R
3,4	0,266	-2,0771	0,885	0,195	3,8	0,320	0,7551	2,089	0,157
5,5	0,188	-0,4665	0,902	0,140	5,5	0,372	-0,4599	2,073	0,180
6,8	0,229	-0,8909	0,893	0,171	5,8	0,392	0,8475	2,064	0,191
7,6	0,174	1,2571	0,901	0,143	7,4	0,305	-2,6422	2,090	0,156
9,5	0,139	0,6452	0,908	0,114	7,7	0,290	-1,3126	2,092	0,153
10,4	0,223	-0,4003	0,895	0,165	8,5	0,284	-2,9282	2,085	0,163
11,2	0,011	-2,8880	0,918	0,046	10,3	0,249	1,0371	2,095	0,148
17,2	0,166	0,4953	0,905	0,127	11,7	0,284	-1,0210	2,099	0,142
31,6	0,278	1,5416	0,886	0,192	15,6	0,417	-2,7105	2,048	0,210
40,9	0,199	-2,1417	0,908	0,114	26,2	0,295	-1,9591	2,096	0,147
74,0	0,285	-0,1650	0,875	0,221	47,3	0,316	-1,9756	2,098	0,143
178,2	0,182	2,2268	0,878	0,214	93,1	0,105	2,8941	2,128	0,081

Półrocze chłodne					Półrocze ciepłe				
Θ	b	c	ε^2	R	Θ	b	c	ε^2	R
3,9	0,199	0,9316	0,879	0,153	3,9	0,200	-0,4542	0,668	0,169
5,5	0,209	-0,1642	0,876	0,164	5,9	0,167	2,4470	0,672	0,150
7,5	0,206	0,4697	0,879	0,153	7,4	0,192	-2,9028	0,668	0,169
7,8	0,169	0,0049	0,880	0,149	11,3	0,076	-1,1870	0,683	0,081
9,3	0,163	-1,8510	0,880	0,149	12,7	0,171	0,0691	0,665	0,181
10,3	0,206	1,5290	0,873	0,174	13,8	0,150	1,7240	0,669	0,164
11,1	0,095	-0,4601	0,891	0,101	31,3	0,283	-1,7512	0,648	0,240
13,2	0,211	-3,1074	0,876	0,164	40,4	0,338	0,1564	0,610	0,336
15,3	0,249	1,6849	0,871	0,180	74,8	0,410	1,5524	0,559	0,432
26,0	0,227	0,6166	0,873	0,174	139,9	0,271	2,9439	0,618	0,318
41,5	0,251	1,3516	0,878	0,157					
93,4	0,101	-3,0777	0,885	0,130					

Tab. 11d. Okresy Θ , amplitudy b , fazy c temperatury powietrza w Genewie w latach 1768-1980 (ε^2 – wariancja resztkowa, R – współczynnik korelacji) – rok

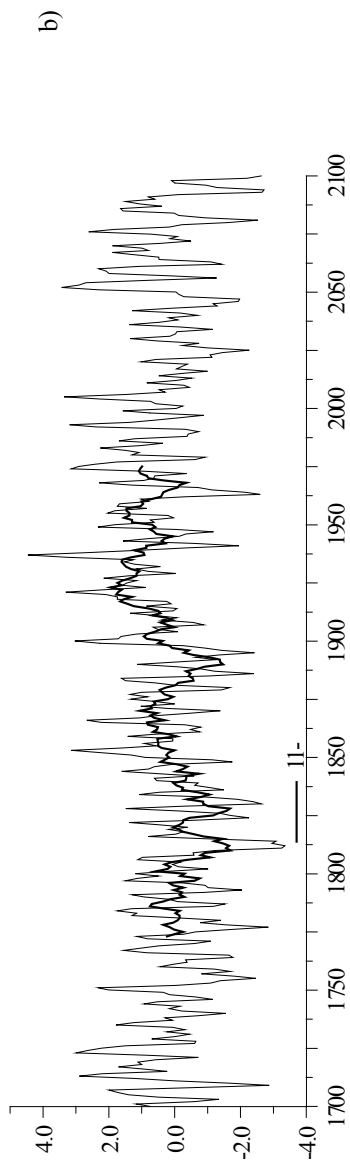
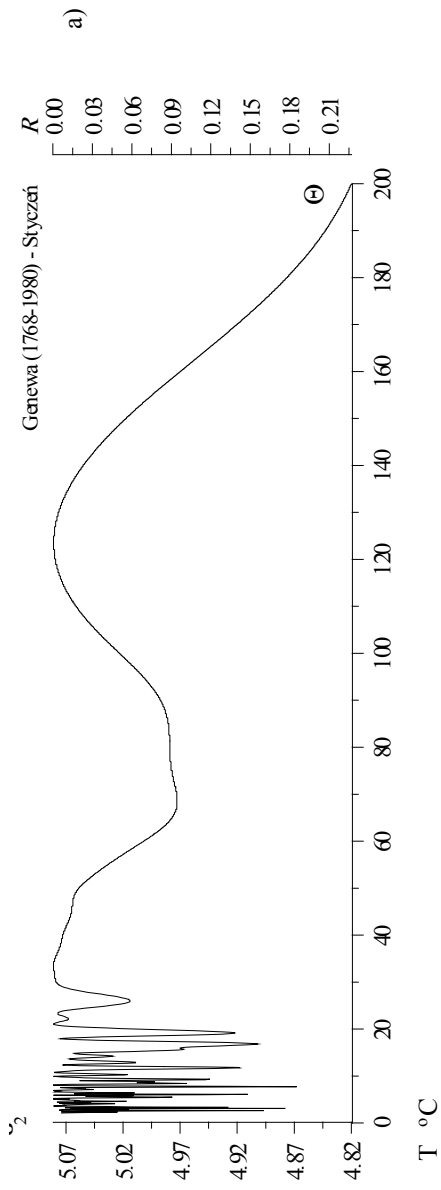
The periods Θ , amplitudes b and phases c of air temperature in Geneva in the years 1768-1980 (ε^2 – rest variance, R – coefficient of correlation) – year

Θ	b	c	ε^2	R
3,1	0,172	-2,2142	0,458	0,176
3,9	0,155	0,2357	0,461	0,157
7,4	0,156	-2,5404	0,456	0,188
7,8	0,143	0,1118	0,456	0,188
10,3	0,159	1,5749	0,458	0,176
11,1	0,084	-0,1833	0,467	0,109
12,9	0,176	1,6078	0,459	0,170
31,1	0,217	2,2239	0,450	0,219
40,6	0,278	1,4664	0,427	0,311
75,8	0,217	-2,4632	0,430	0,300
163,9	0,266	2,7638	0,418	0,340

Tab. 12. Temperatura średnia \bar{T} , wariancja s^2 , wariancja resztkowa trendów czasowych ε^2 , współczynnik korelacji wielokrotnej R , specjalny współczynnik korelacji R_s i błąd standardowy ε_s temperatury powietrza w Genewie w latach 1768-1980

The average temperature \bar{T} , variance s^2 , rest variance of the time trends ε^2 , coefficient of multiple correlation R , special coefficient correlation R_s and standard error ε_s of air temperature in Geneva in the years 1768-1980

Miesiące	\bar{T}	s^2	ε^2	R	R_s	ε_s
Styczeń	0,25	5,079	3,164	0,614	0,620	1,893
Luty	1,93	4,633	3,402	0,515	0,770	1,963
Marzec	5,19	3,174	1,994	0,610	0,966	1,503
Kwiecień	9,43	2,556	1,501	0,642	0,992	1,304
Maj	13,89	2,500	1,527	0,624	0,996	1,315
Czerwiec	17,34	1,841	1,312	0,536	0,998	1,219
Lipiec	19,39	2,423	1,573	0,592	0,998	1,335
Sierpień	18,59	1,816	1,156	0,603	0,998	1,144
Wrzesień	15,05	1,986	1,373	0,556	0,997	1,247
Październik	9,85	1,857	1,342	0,526	0,993	1,233
Listopad	4,96	2,098	1,550	0,511	0,971	1,325
Grudzień	1,43	4,692	3,267	0,551	0,718	1,924
Wiosna	9,51	1,112	0,558	0,706	0,997	0,796
Lato	18,44	1,002	0,571	0,656	0,999	0,805
Jesień	9,95	0,920	0,647	0,545	0,997	0,856
Zima	1,21	2,142	1,441	0,572	0,774	1,278
Półrocze chłodne	3,94	0,900	0,606	0,571	0,981	0,829
Półrocze ciepłe	15,61	0,688	0,340	0,711	0,999	0,621
Rok	9,77	0,473	0,246	0,693	0,999	0,528



Rys. 88. Temperatura powietrza w Genewie (1700-2100) – styczeń

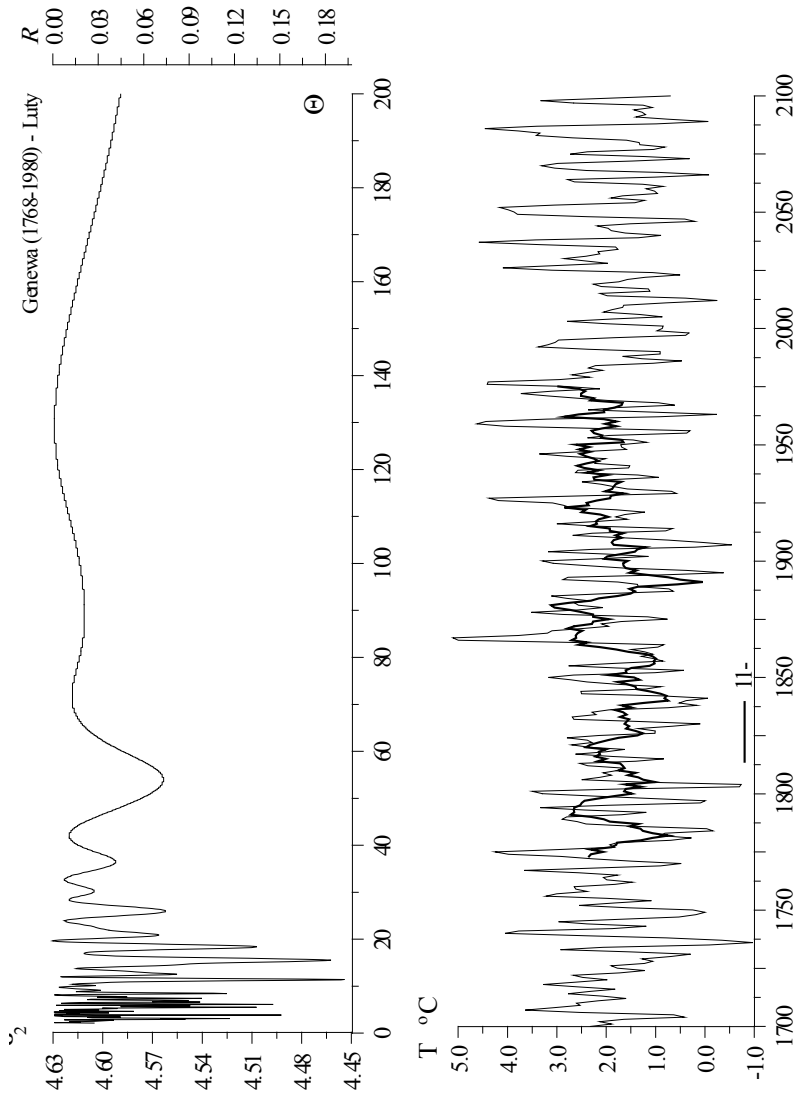
a) Widmo temperatury powietrza w paśmie 2, 1-200 lat

b) Prognozy temperatury powietrza w XXI wieku

Air temperature in Geneva (1700-2100) – January

a) Spectrum of air temperature in the strip 2, 1-200 years

b) Forecasts of air temperature in 21st century



Rys. 89. Temperatura powietrza w Genewie (1700-2100) – luty

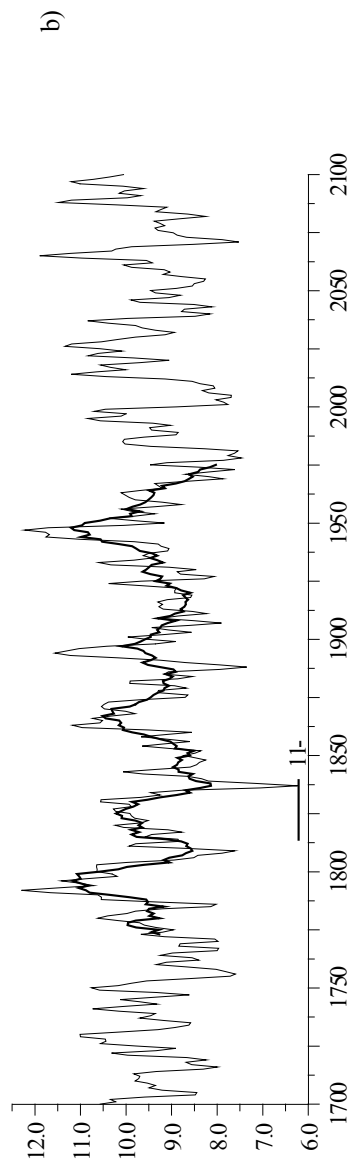
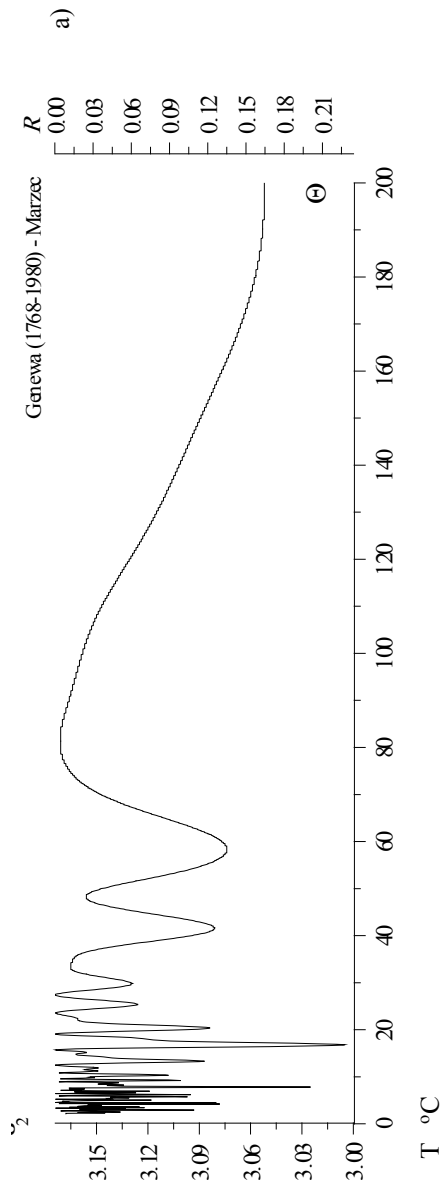
a) Widmo temperatury powietrza w paśmie 2, 1-200 lat

b) Prognozy temperatury powietrza w XXI wieku

Air temperature in Geneva (1700-2100) – February

a) Spectrum of air temperature in the strip 2, 1-200 years

b) Forecasts of air temperature in 21st century



Rys. 90. Temperatura powietrza w Genewie (1700-2100) – marzec

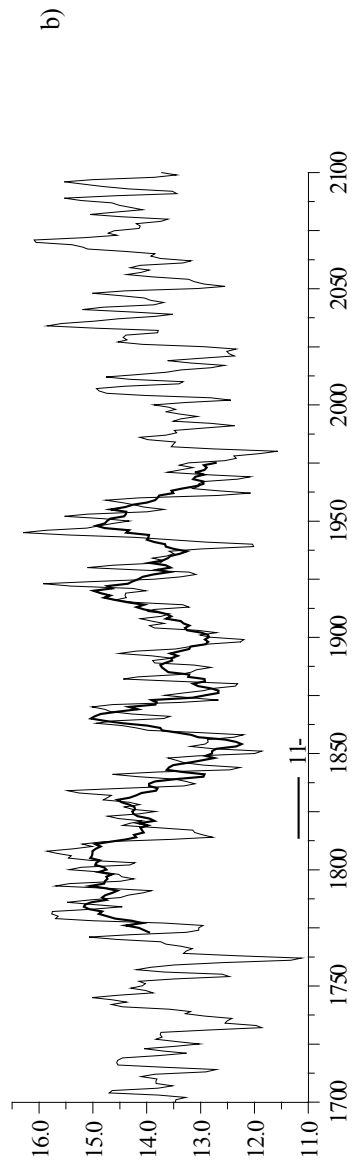
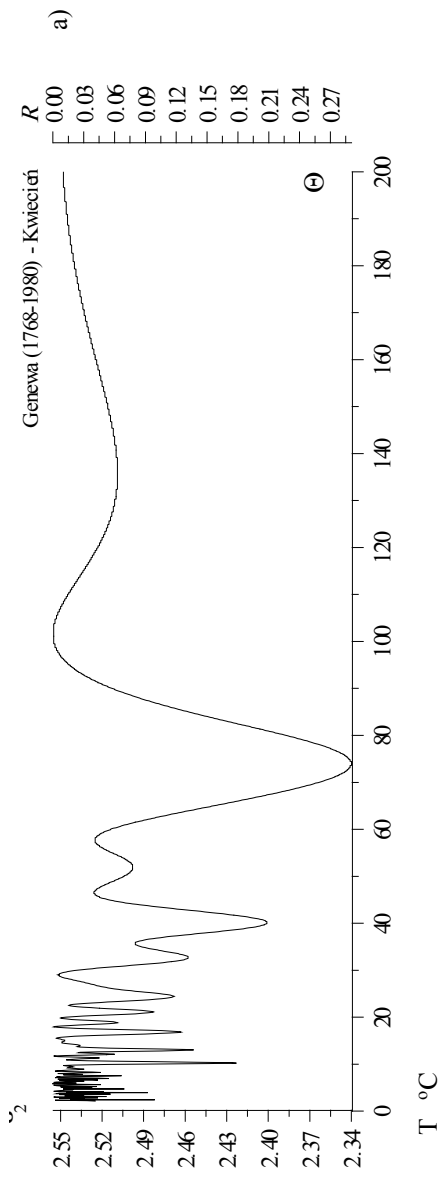
a) Widmo temperatury powietrza w paśmie 2, 1.-200 lat

b) Prognozy temperatury powietrza w XXI wieku

Air temperature in Geneva (1700-2100) – March

a) Spectrum of air temperature in the strip 2, 1.-200 years

b) Forecasts of air temperature in 21st century



Rys. 91. Temperatura powietrza w Genewie (1700-2100) – kwiecień

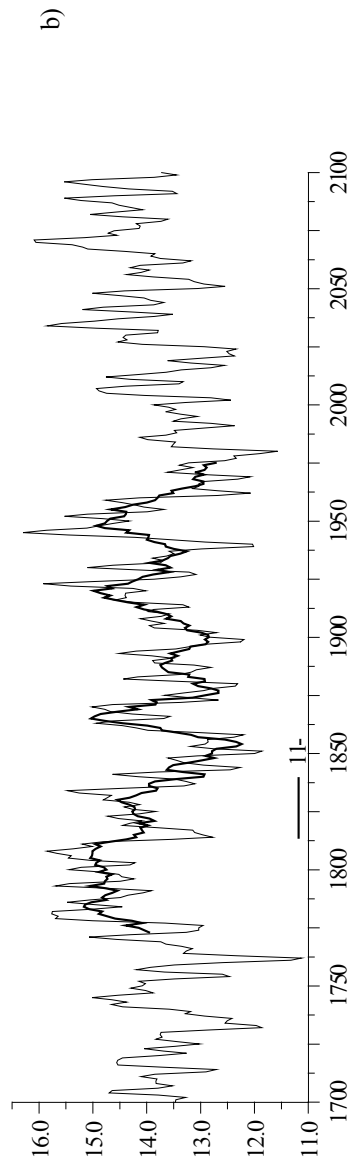
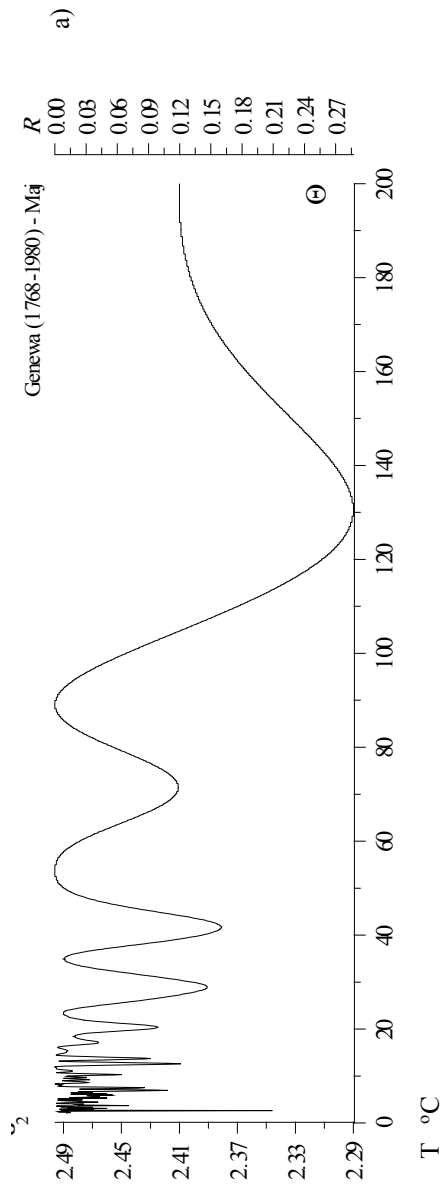
a) Widmo temperatury powietrza w paśmie 2,1-200 lat

b) Prognozy temperatury powietrza w XXI wieku

Air temperature in Geneva (1700-2100) – April

a) Spectrum of air temperature in the strip 2,1-200 years

b) Forecasts of air temperature in 21st century



Rys. 92. Temperatura powietrza w Genewie (1700-2100) – maj

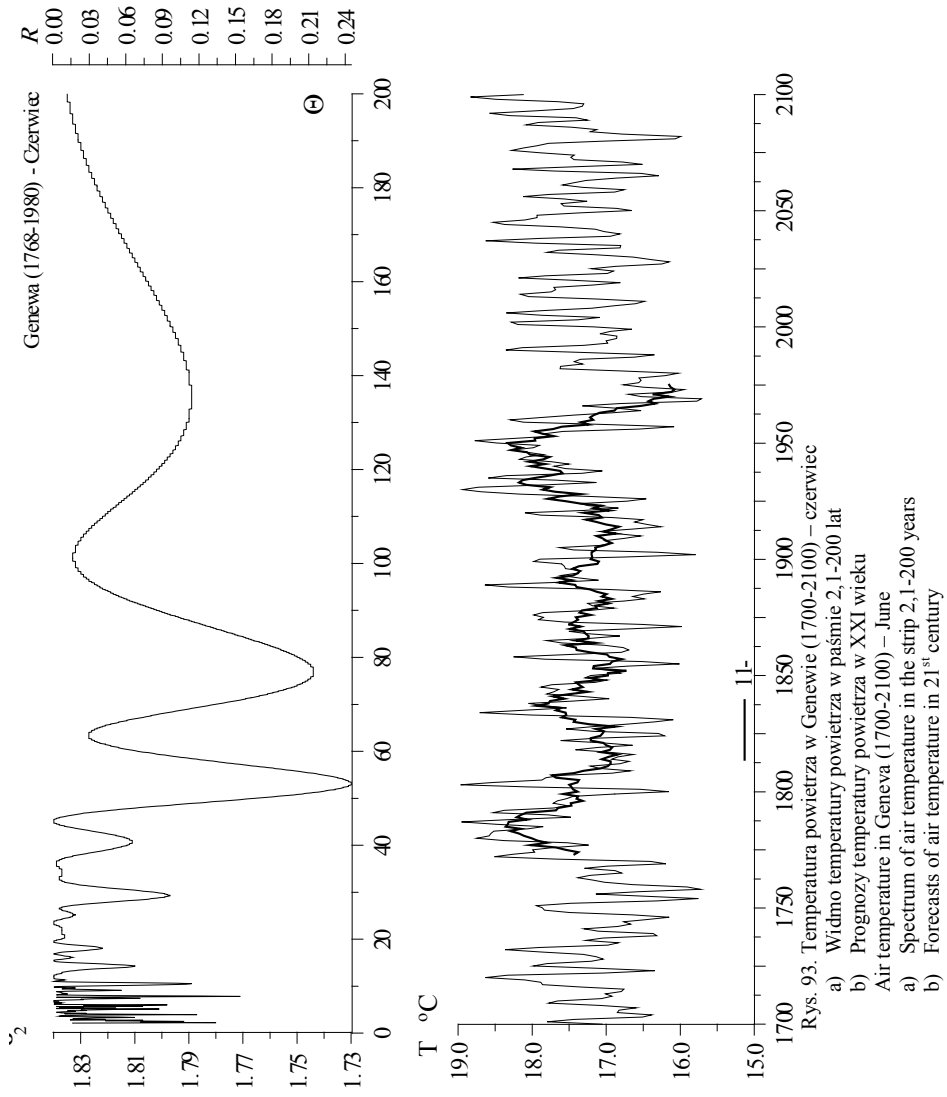
a) Widmo temperatury powietrza w paśmie 2, 1-200 lat

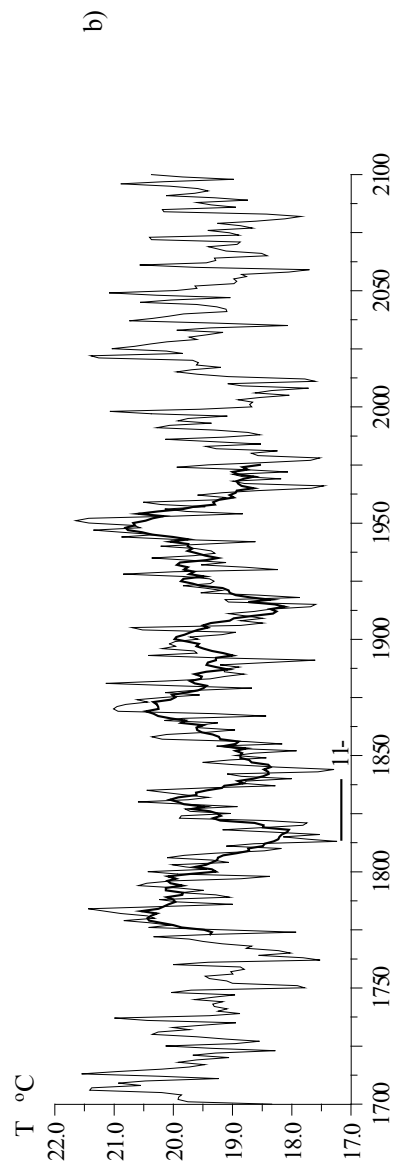
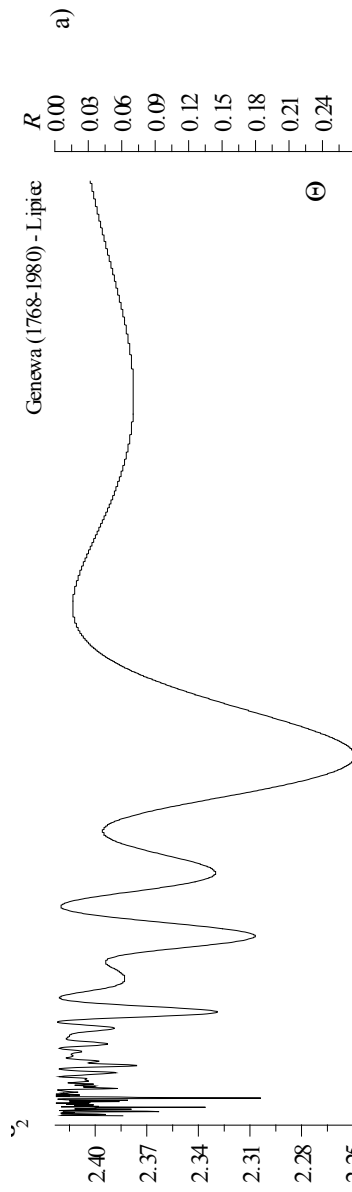
b) Prognozy temperatury powietrza w XXI wieku

Air temperature in Geneva (1700-2100) – May

a) Spectrum of air temperature in the strip 2, 1-200 years

b) Forecasts of air temperature in 21st century





Rys. 94. Temperatura powietrza w Genewie (1700-2100) – lipiec

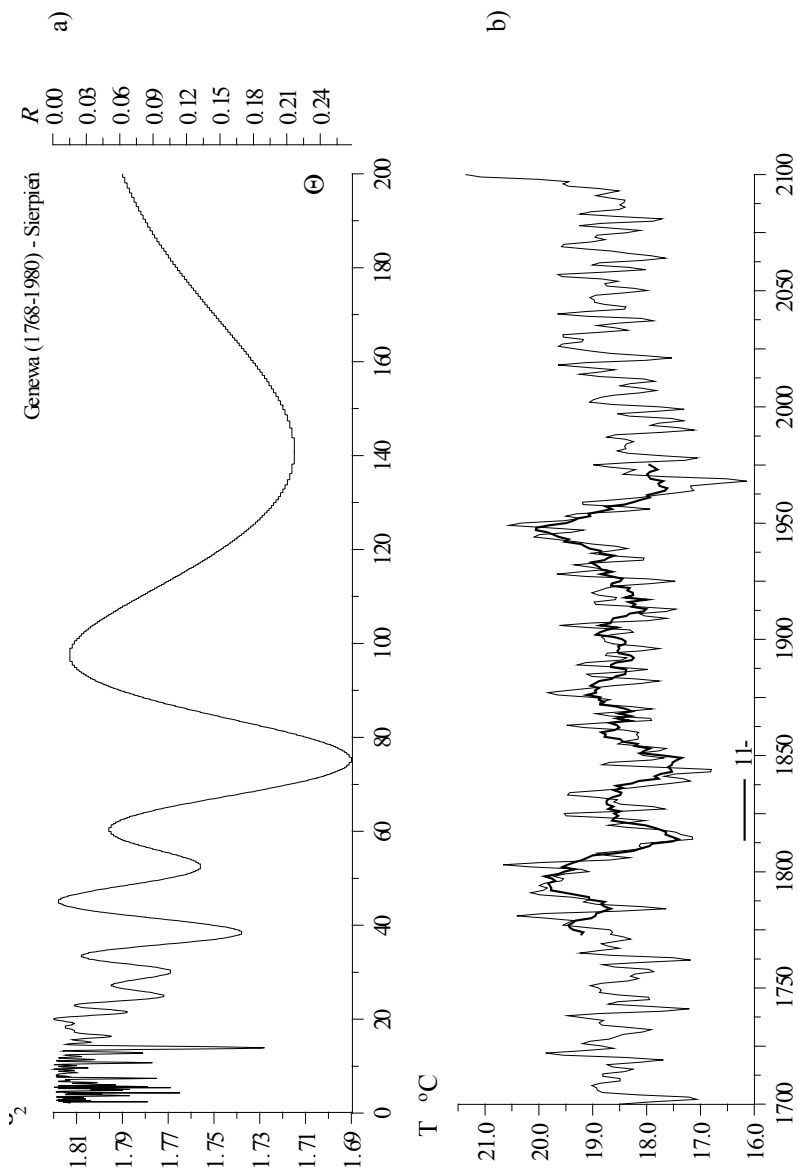
a) Widmo temperatury powietrza w paśmie 2, 1.-200 lat

b) Prognozy temperatury powietrza w XXI wieku

Air temperature in Geneva (1700-2100) – July

a) Spectrum of air temperature in the strip 2, 1.-200 years

b) Forecasts of air temperature in 21st century



Rys. 95. Temperatura powietrza w Genewie (1700-2100) – sierpień

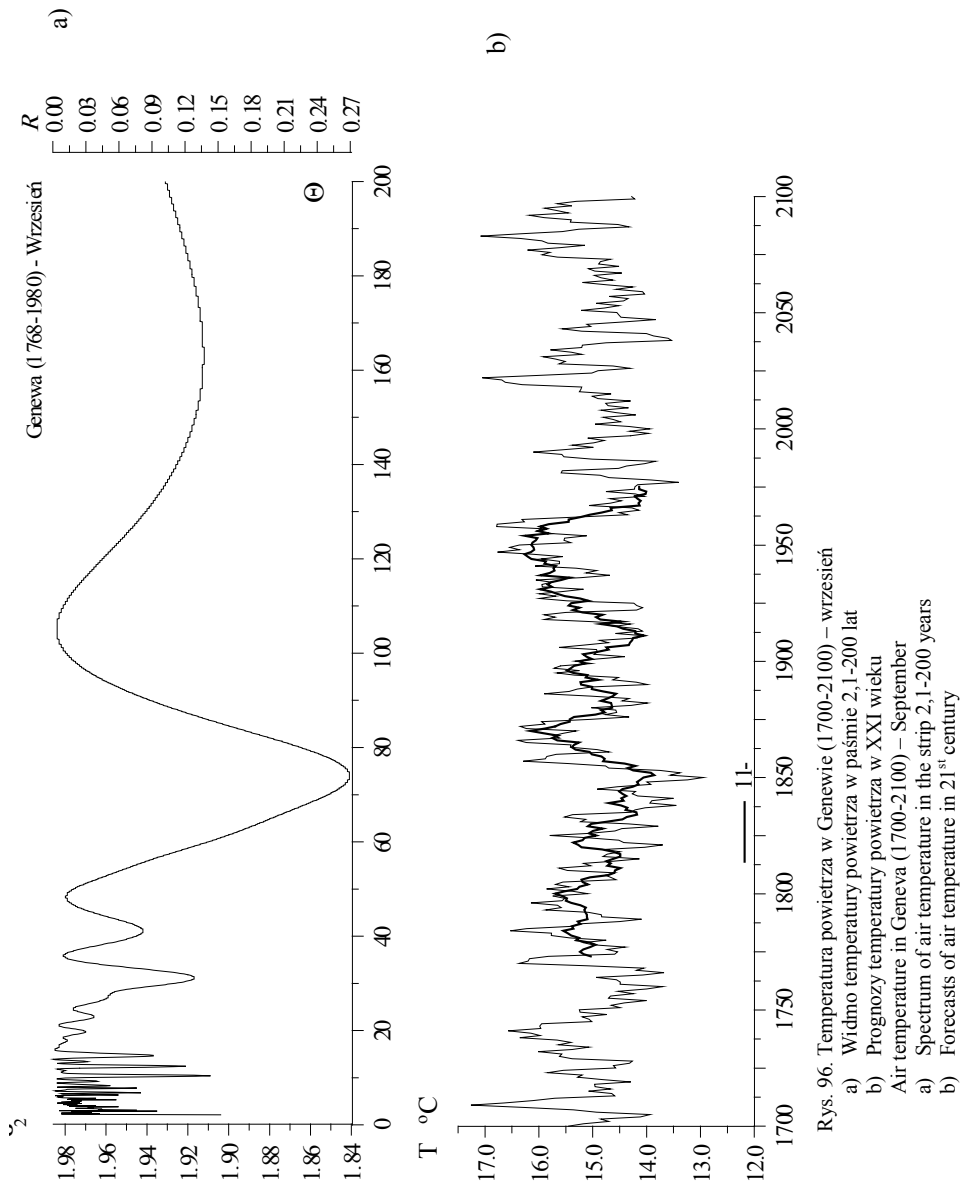
a) Widmo temperatury powietrza w paśmie 2, 1.-200 lat

b) Prognozy temperatury powietrza w XXI wieku

Air temperature in Geneva (1700-2100) – August

a) Spectrum of air temperature in the strip 2, 1.-200 years

b) Forecasts of air temperature in 21st century



Rys. 96. Temperatura powietrza w Genewie (1700-2100) – wrzesień

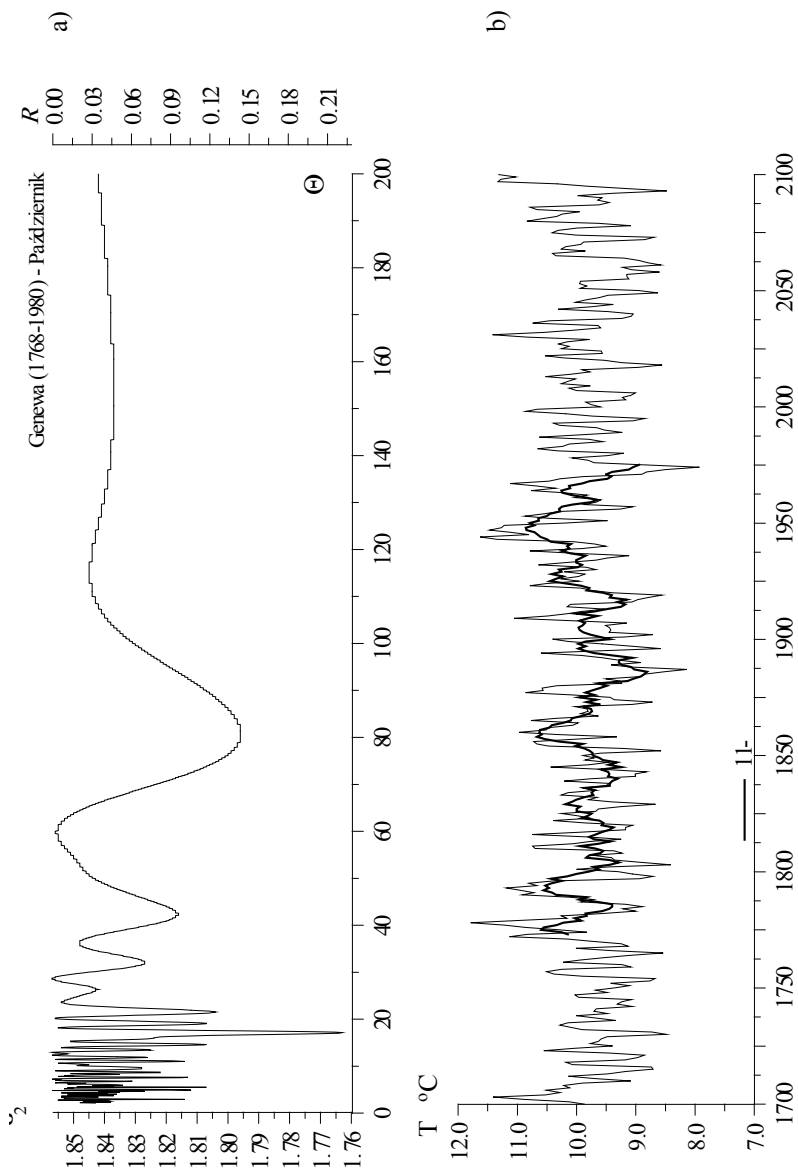
a) Widmo temperatury powietrza w paśmie 2, 1.-200 lat

b) Prognozy temperatury powietrza w XXI wieku

Air temperature in Geneva (1700-2100) – September

a) Spectrum of air temperature in the strip 2, 1.-200 years

b) Forecasts of air temperature in 21st century



Rys. 97. Temperatura powietrza w Genewie (1700-2100) – październik

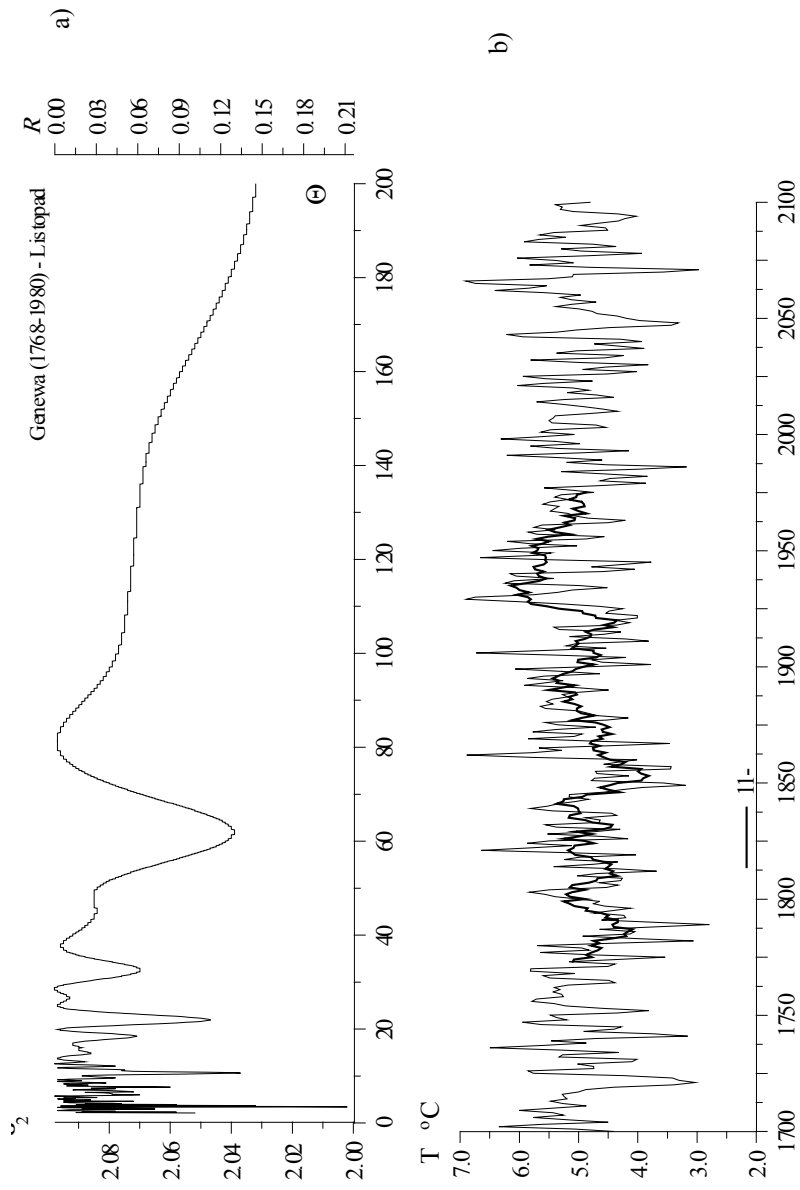
a) Widmo temperatury powietrza w paśmie 2,1-200 lat

b) Prognozy temperatury powietrza w XXI wieku

Air temperature in Geneva (1700-2100) – October

a) Spectrum of air temperature in the strip 2,1-200 years

b) Forecasts of air temperature in 21st century



Rys. 98. Temperatura powietrza w Genewie (1700-2100) – listopad

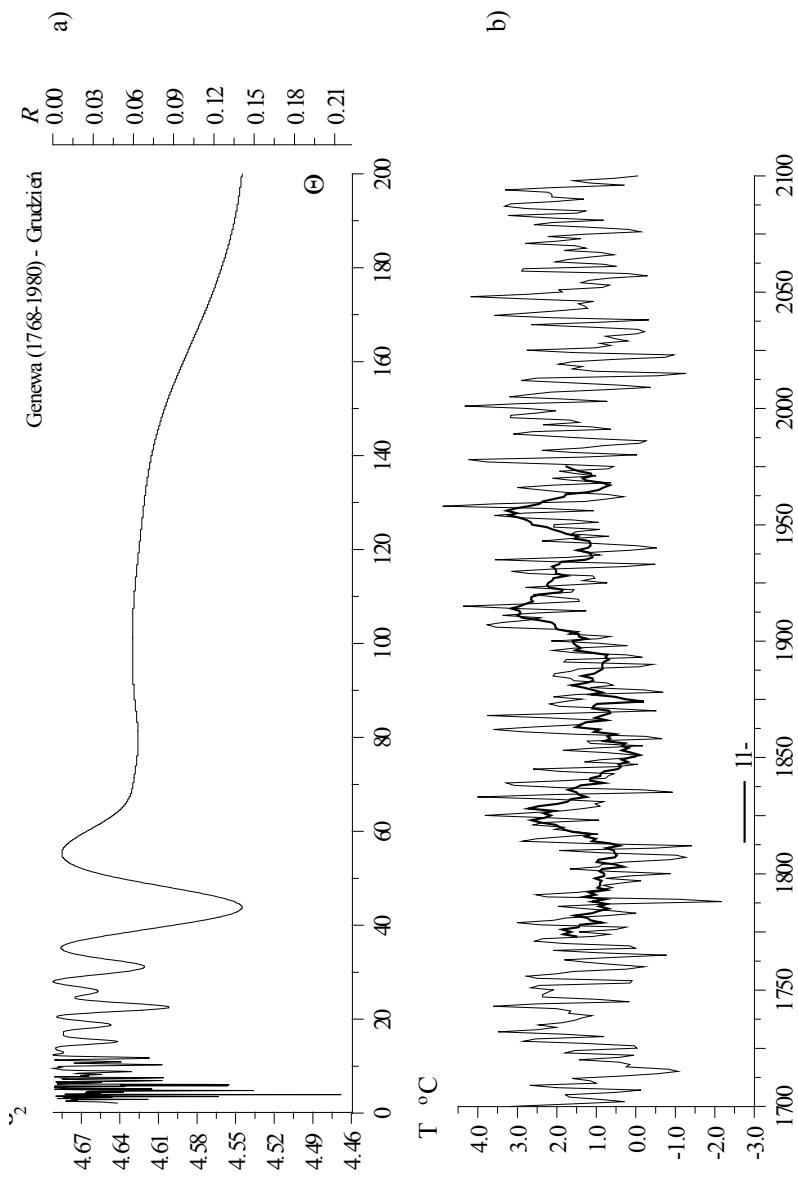
a) Widmo temperatury powietrza w paśmie 2, 1-200 lat

b) Prognozy temperatury powietrza w XXI wieku

Air temperature in Geneva (1700-2100) – November

a) Spectrum of air temperature in the strip 2, 1-200 years

b) Forecasts of air temperature in 21st century



Rys. 99. Temperatura powietrza w Genewie (1700-2100) – grudzień

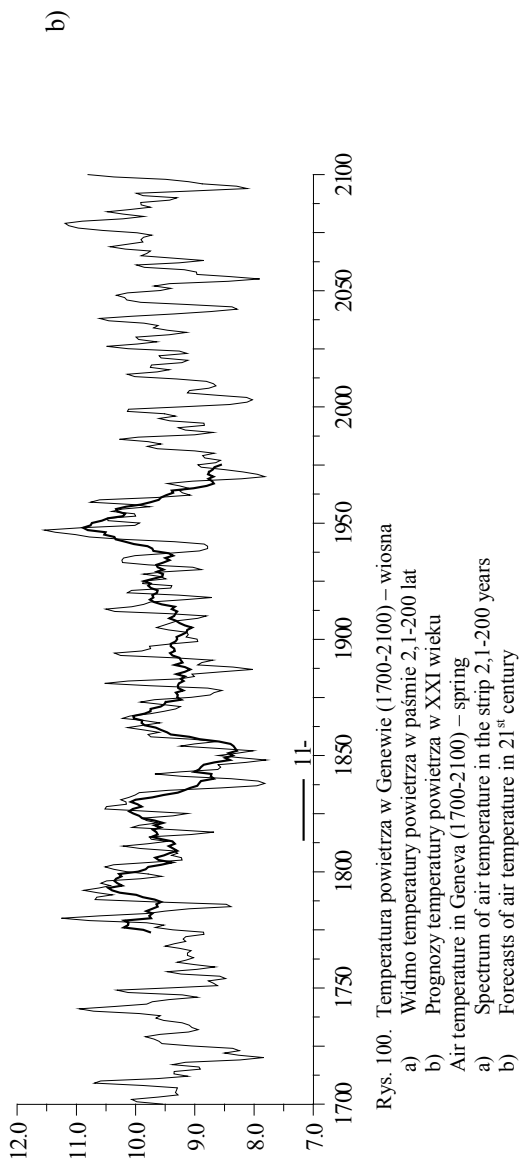
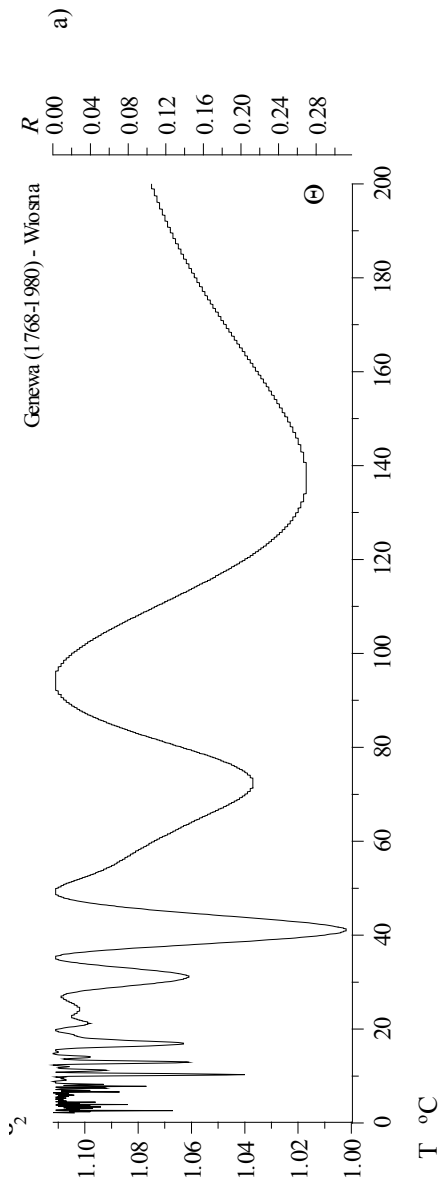
a) Widmo temperatury powietrza w paśmie 2, 1-200 lat

b) Prognozy temperatury powietrza w XXI wieku

Air temperature in Geneva (1700-2100) – December

a) Spectrum of air temperature in the strip 2, 1-200 years

b) Forecasts of air temperature in 21st century



Rys. 100. Temperatura powietrza w Genewie (1700-2100) – wiosna

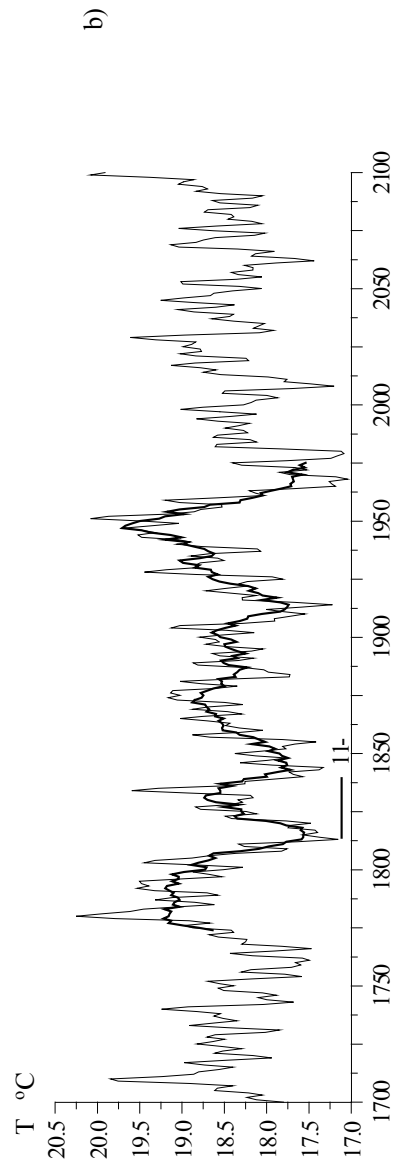
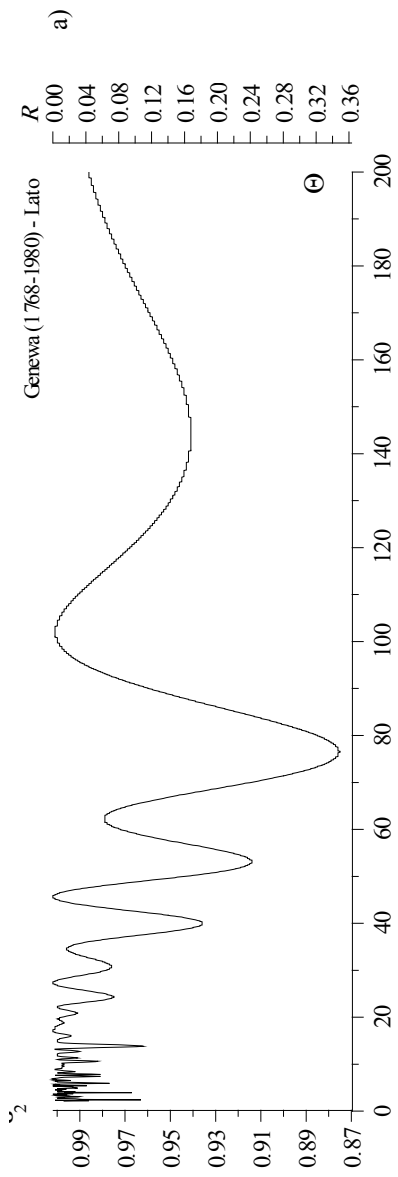
a) Widmo temperatury powietrza w paśmie 2, 1-200 lat

b) Prognozy temperatury powietrza w XXI wieku

Air temperature in Geneva (1700-2100) – spring

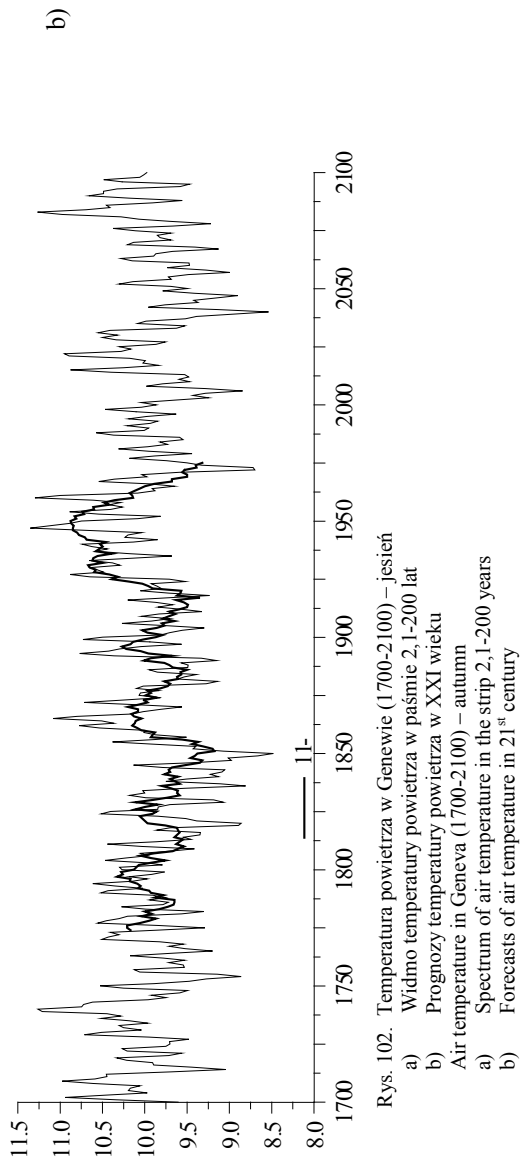
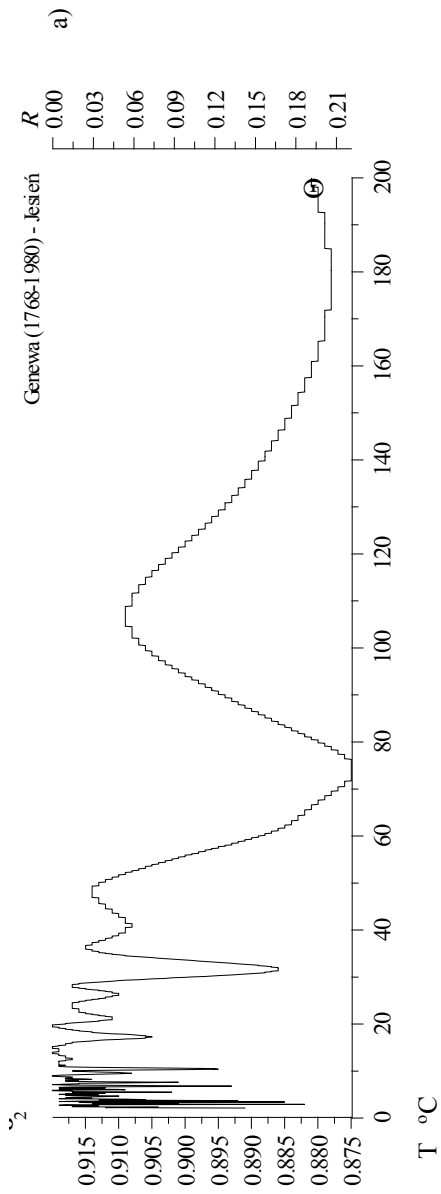
a) Spectrum of air temperature in the strip 2, 1-200 years

b) Forecasts of air temperature in 21st century



Rys. 101. Temperatura powietrza w Genewie (1700-2100) – lato

- a) Widmo temperatury powietrza w paśmie 2, 1-200 lat
 - b) Prognozy temperatury powietrza w XXI wieku
- Air temperature in Geneva (1700-2100) – summer
- a) Spectrum of air temperature in the strip 2, 1-200 years
 - b) Forecasts of air temperature in 21st century



Rys. 102. Temperatura powietrza w Genewie (1700-2100) – jesień

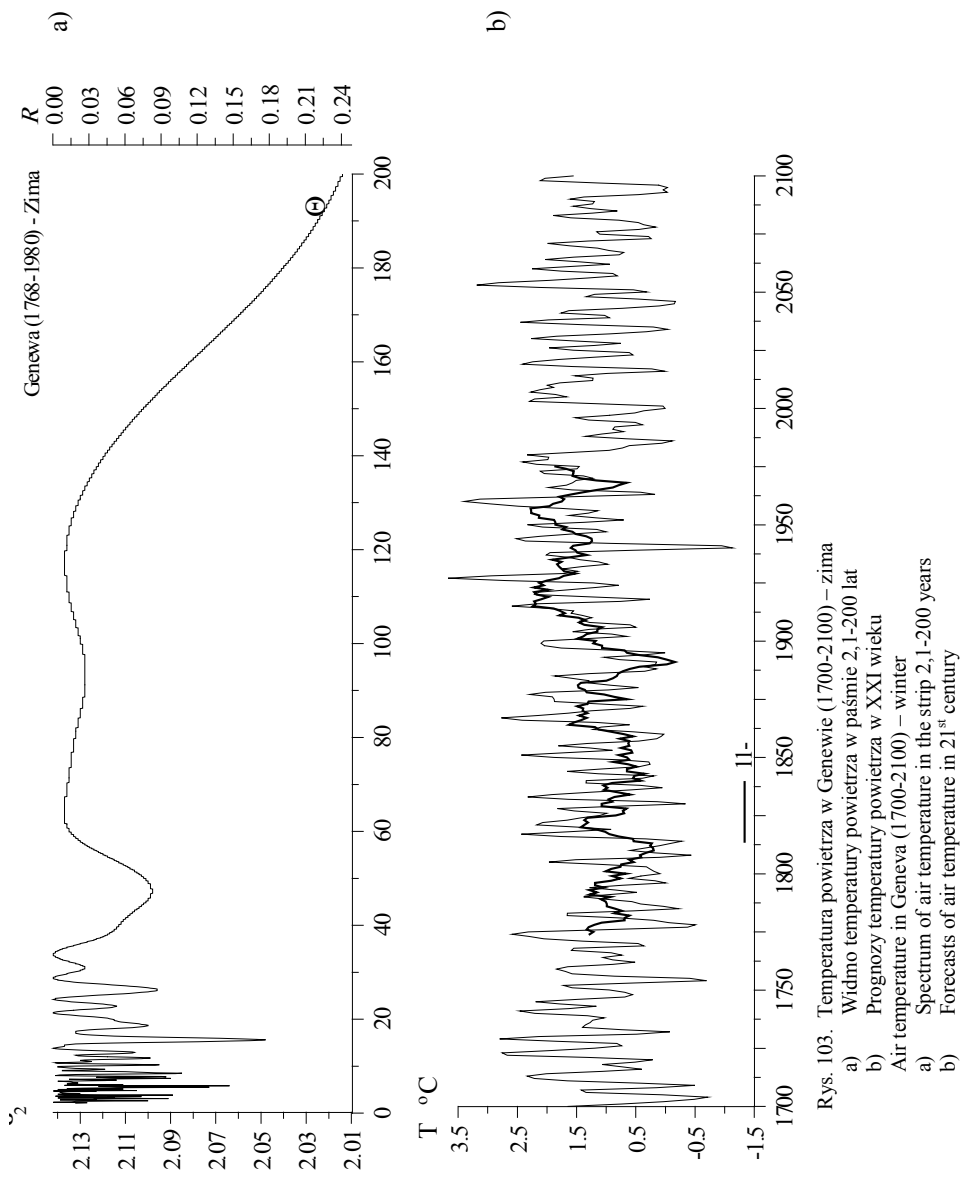
a) Widmo temperatury powietrza w paśmie 2, 1-200 lat

b) Prognozy temperatury powietrza w XXI wieku

Air temperature in Geneva (1700-2100) – autumn

a) Spectrum of air temperature in the strip 2, 1-200 years

b) Forecasts of air temperature in 21st century



Rys. 103. Temperatura powietrza w Genewie (1700-2100) – zima

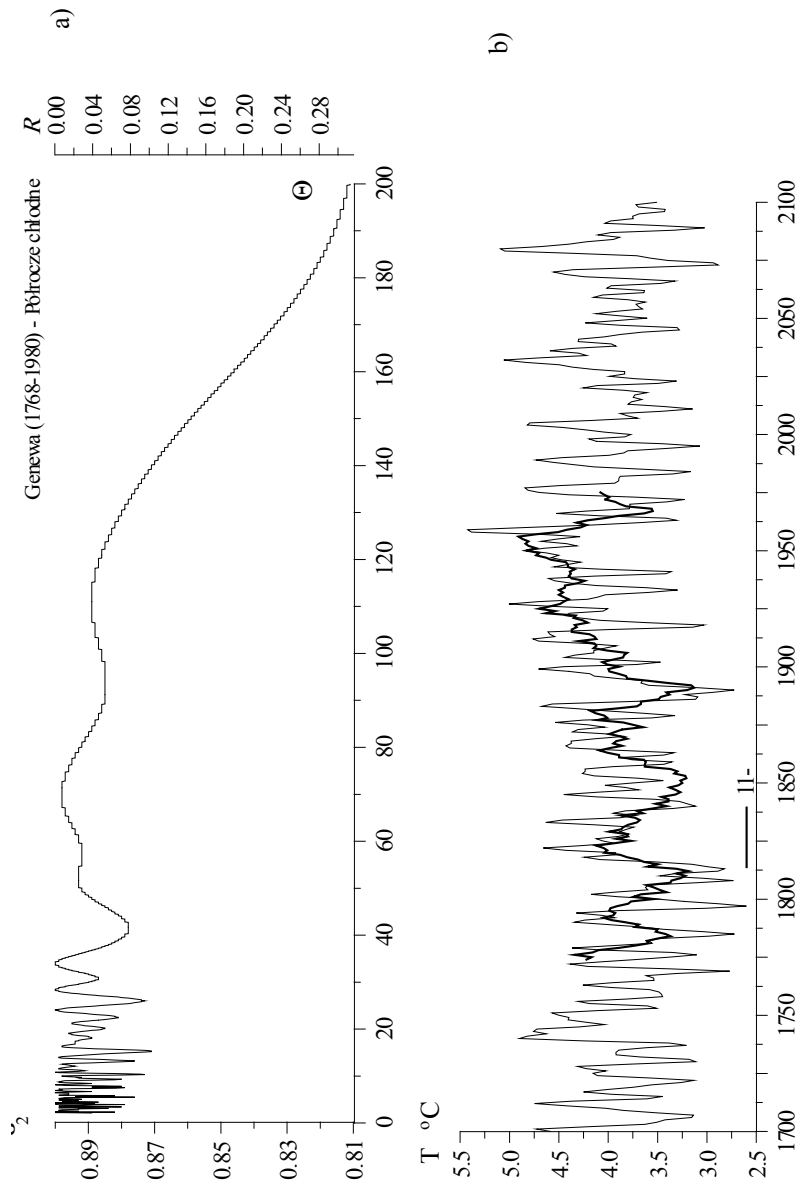
a) Widmo temperatury powietrza w paśmie 2, 1-200 lat

b) Prognozy temperatury powietrza w XXI wieku

Air temperature in Geneva (1700-2100) – winter

a) Spectrum of air temperature in the strip 2, 1-200 years

b) Forecasts of air temperature in 21st century



Rys. 104. Temperatura powietrza w Genewie (1700-2100) – półrocze chłodne

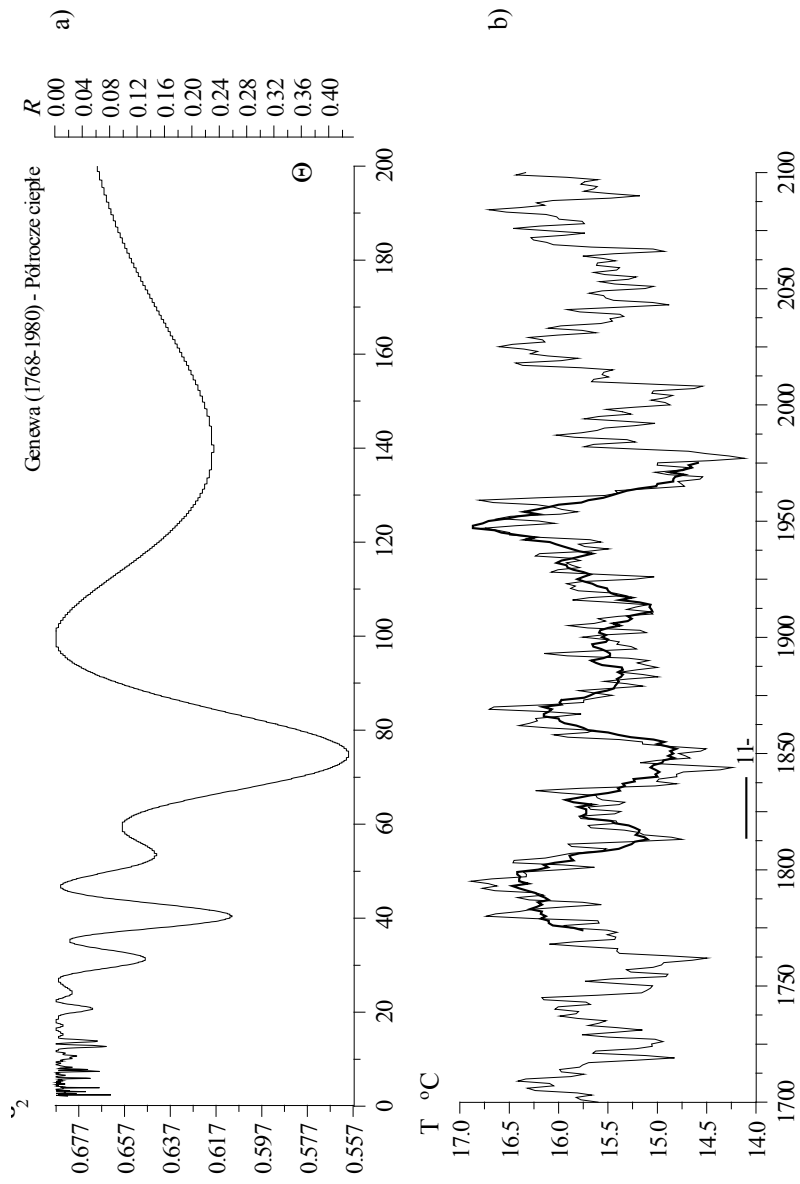
a) Widmo temperatury powietrza w paśmie 2, 1-200 lat

b) Prognozy temperatury powietrza w XXI wieku

Air temperature in Geneva (1700-2100) – cold period

a) Spectrum of air temperature in the strip 2, 1-200 years

b) Forecasts of air temperature in 21st century



Rys. 105. Temperatura powietrza w Genewie (1700-2100) – półrocze ciepłe

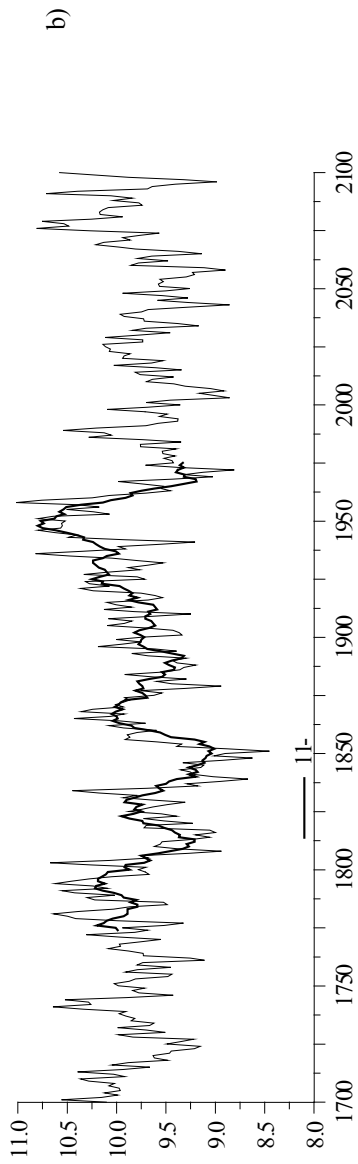
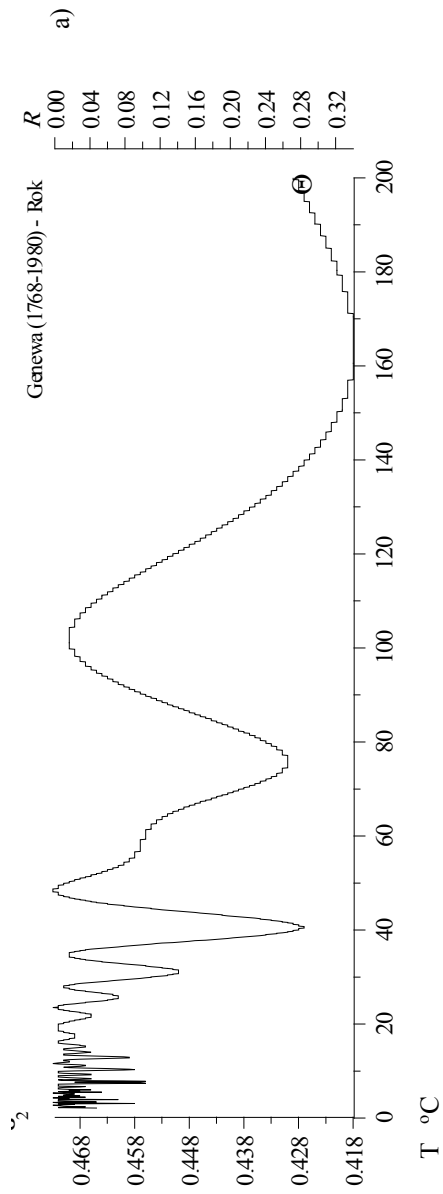
a) Widmo temperatury powietrza w paśmie 2, 1-200 lat

b) Prognozy temperatury powietrza w XXI wieku

Air temperature in Geneva (1700-2100) – warm period

a) Spectrum of air temperature in the strip 2, 1-200 years

b) Forecasts of air temperature in 21st century



Rys. 106. Temperatura powietrza w Genewie (1700-2100) – rok

a) Widmo temperatury powietrza w paśmie 2, 1-200 lat

b) Prognozy temperatury powietrza w XXI wieku

Air temperature in Geneva (1700-2100) – year

a) Spectrum of air temperature in the strip 2, 1-200 years

b) Forecasts of air temperature in 21st century

V. POLE TEMPERATURY POWIETRZA W EUROPIE A TYPY CYRKULACJI ATMOSFERYCZNEJ

1. Typy cyrkulacji w Europie i kierunki adwekcji mas powietrza

W badaniach wiekowych zmian klimatu Europy (i Polski) i ich uwarunkowań kluczowe znaczenie mają katalogi długich serii chronologicznych klasyfikacji typów cyrkulacji. Często stosowana jest klasyfikacja Wangenheima (1938), wyodrębniająca trzy grupy (makrotypy) układów barycznych w miesięcznych przedziałach czasu:

- W – o dominacji cyrkulacji strefowej zachodniej, związanej z przemieszczaniem się układów barycznych znad Oceanu Atlantyckiego nad Europę;
- E – o dominacji cyrkulacji południkowej w Europie wywołanej wyżem nad europejską częścią Rosji i niżami nad wschodnim Atlantykiem i zachodnią Syberią;
- C – z dominacją południkowej adwekcji ciepła z Afryki, występującej przy niskim ciśnieniu nad zachodnim Atlantykiem i europejską częścią Rosji, wspomaganą przez klin wysokiego ciśnienia nad wschodnim Atlantykiem.

Dotychczasowe badania związków klimatu Polski z tymi makrotypami cyrkulacji W, E, C wraz z porównaniem średnich miesięcznych widm temperatury, opadów dotyczą przedziału czasu 1891-1976.

W ostatnich latach coraz częściej w Polsce jest stosowany katalog klasyfikacji typów cyrkulacji B. Osuchowskiej-Klein – codziennych z lat 1901-1995. Klasyfikacja ta wyróżnia 13 typów i 4 makrotypy cyrkulacji atmosferycznej (w odniesieniu do wzorcowych układów barycznych na poziomie morza nad Europą i północnym Atlantykiem), które warunkują określone kierunki adwekcji mas powietrza nad obszar Polski z wyodrębnieniem układów cyklonalnych i antycyklonalnych. W badaniach zmian klimatu Polski wykorzystywane są także ciągi chronologiczne wskaźnika cyrkulacji strefowej (różnicy ciśnienia hPa między równoleżnikami 35° i 65° na poziomie morza) w latach 1899-1984 i liczby dni cyklonalnych typów cyrkulacji nad Polską w latach 1901-1975 wg B. Osuchowskiej-Klein.

Coraz cieplejsze zimy i lata w Europie i Polsce dobrze wyjaśnia ciąg chronologiczny wskaźnika *NAO* (North Atlantic Oscillation) z lat 1825-1997, zdefiniowanego przez

P.D. Jonesa i innych (1997).

Jest to różnica ciśnienia na poziomie morza między Gibraltarem i Południowo-Zachodnią Skandynawią.

Analiza statystyczna wskaźnika *NAO* (wg Jonesa i innych) i temperatury powietrza w Polsce w latach 1825-1997 prowadzi do analogicznych wniosków A.A. Marsza (1999-2001) wynikających z zastosowania wskaźników *NAO*, zdefiniowanych przez J.C. Rogersa (1984) i J. Hurrella (1995). Korelacje świadczą, iż klimat Polski i Europy jest kształtowany przez cyrkulację strefową – adwekcję mas powietrza z nad północnego Atlantyku (cieplejszych zimą i chłodniejszych latem).

Dynamika zmian pola ciśnienia badana jest metodą telekoneksji Wallace'a i Gutzlera (1981), polegającą na opisie pola ciśnienia czy też geopotencjału macierzą korelacji, w przyjętej siatce geograficznej. Na mapach wyodrębniają się obszary o dużych dodatnich wartościach współczynników korelacji, jak też ujemnych. W ten sposób można określić obszary o współzależnych polach ciśnienia (także ujemnie skorelowane), np. północno-atlantycki obszar telekoneksji z dwoma ośrodkami aktywności: Niżem Islandzkim i Wyżem Azorskim.

Jednym ze sposobów klasyfikacji powoli zmieniających się typów cyrkulacji jest stosowana metoda składowych głównych. Na podstawie ciągów czasowych ciśnienia na poziomie morza (lub geopotencjału na powierzchni 500 hPa) w węzłach siatki współrzędnych φ, λ wyznaczana jest macierz kowariancji (po standaryzacji – macierz korelacji). Po przekształceniu ortogonalnym w wektory własne macierz kowariancji jest diagonalna. Jej elementy przekątne (wartości własne) – to wariancje nowych zmiennych niezależnych (składowych głównych). Na ogół kilka wektorów własnych przyporządkowanych największym wartościom własnym wyjaśnia znaczną część wariancji pola wyjściowego.

Stosując metodę kierunków głównych, A.G. Barnston i R.E. Livezey (1987) na podstawie średnich miesięcznych wartości geopotencjału na powierzchni izobarycznej 700 hPa wydzielili na półkuli północnej (między równoleżnikami 20°-90°N) główne typy cyrkulacji.

Postępem w badaniach cyrkulacji atmosferycznej jest klasyfikacja typów przeprowadzona przez J. Wibig w pracy pt. *Wpływ cyrkulacji atmosferycznej na rozkład przestrzenny anomalii temperatury i opadów w Europie* (2001).

Do wydzielenia typów cyrkulacji na powierzchni 500 hPa wykorzystano średnie miesięczne wartości geopotencjału ($\Phi = -\int_0^z g dz$, gdzie, g – przyspieszenie ziemskie)

z obszaru 35°-70°N, 40°W-50°E (w siatce geograficznej φ – co 5°, λ – co 10°). Zastosowano obiektywną metodę „składowych głównych”, przyporządkowując kolejnym, malejącym wartościom własnym λ macierzy korelacji [R] (spełniającym równanie charakterystyczne $\det[R - \lambda I] = 0$) odpowiednie typy cyrkulacji. Wartości własne macierzy korelacji – to wariancje geopotencjału po przekształceniu ortogonalnym, tj. w nowych

współrzędnych. Kilka największych wartości własnych wskazuje główne układy baryczne nad Atlantykiem Północnym i Europą.

J. Wibig wydzieliła wg malejących wariacji geopotencjału na powierzchni izobarycznej 500 hPa (także na podstawie pola ciśnienia na poziomie morza) 6 zasadniczych typów cyrkulacji: oscylacja północnoatlantycka, typ skandynawski, wschodnioeuropejski, środkowoeuropejski, wschodnioatlantycki i śródziemnomorski.

Okazało się, że pola temperatury powietrza i opadów w Europie są kształtowane przez te wyodrębnione typy cyrkulacji atmosferycznej.

2. Typy cyrkulacji atmosferycznej w Polsce wg klasyfikacji B. Osuchowskiej-Klein

Typy cyrkulacji w przyziemnych warstwach atmosfery wydzielone są na podstawie pola ciśnienia na poziomie morza, określonego położeniem izobar głównych układów ciśnienia nad Europą i północnym Atlantykiem. Położenie centrów układów niżowych i wyżowych warunkuje kierunki napływu (adwekcji) mas powietrza nad Polskę, odpowiadające układom cyklonalnym i antycyklonalnym. W klasyfikacji tej ustalono wzorce typów cyrkulacji, tj. podstawowe układy izobar opisujące niżę i wyżę nad Europą. Kierunki adwekcji powietrza napływającego wskazują izobary przecinające obszar Polski. Klasyfikacja nie uwzględnia odchylenia wiatru gradientowego w pobliżu powierzchni Ziemi od kierunku izobar, wywołanych siłami tarcia o podłoże i lepkością turbulencyjną. Obserwowane kierunki wiatru przy powierzchni Ziemi są nieco odchyłone od izobar w stronę niższego ciśnienia (ku centrum niżu od centrum wyżu).

Pogoda w Polsce kształtowana jest przede wszystkim kierunkiem adwekcji mas powietrza i rodzajem układu barycznego.

W klasyfikacji B. Osuchowskiej-Klein wyróżniono 13 typów cyrkulacji. Posłużono się katalogiem typów cyrkulacji w latach 1900-1991 (Osuchowska-Klein, 1978, 1991). Wyodrębniono następujące typy cyrkulacji atmosferycznej:

	Typy	
	Cyklonalne	Antycyklonalne
Zachodnia	A	C ₂ D
Północno-zachodnia	CB	E ₂ D
Północno-wschodnia	E ₀	E
Północno-wschodnia i wschodnia	F	E ₁
Południowo-wschodnia	B	–
Południowa	D	–
Południowo-zachodnia i południowa	–	D ₂ C
Centralna	–	G

oraz inne: BE - południową cyrkulację pośrednią i sytuacje nieokreślone X.

Można wyodrębnić cztery makrotypy cyrkulacji atmosferycznej:

Cyrkulacja zachodnia – typy A, CB, B, D, C₂D, E₂C, D₂C

Cyrkulacja wschodnia – typy E₀, E, E₁, F, BE

Cyrkulacja cyklonalna – typy A, CB, E₀, F, B, BE, D

Cyrkulacja antycyklonalna – typy C₂D, E₂C, E, E₁, D₂C, G

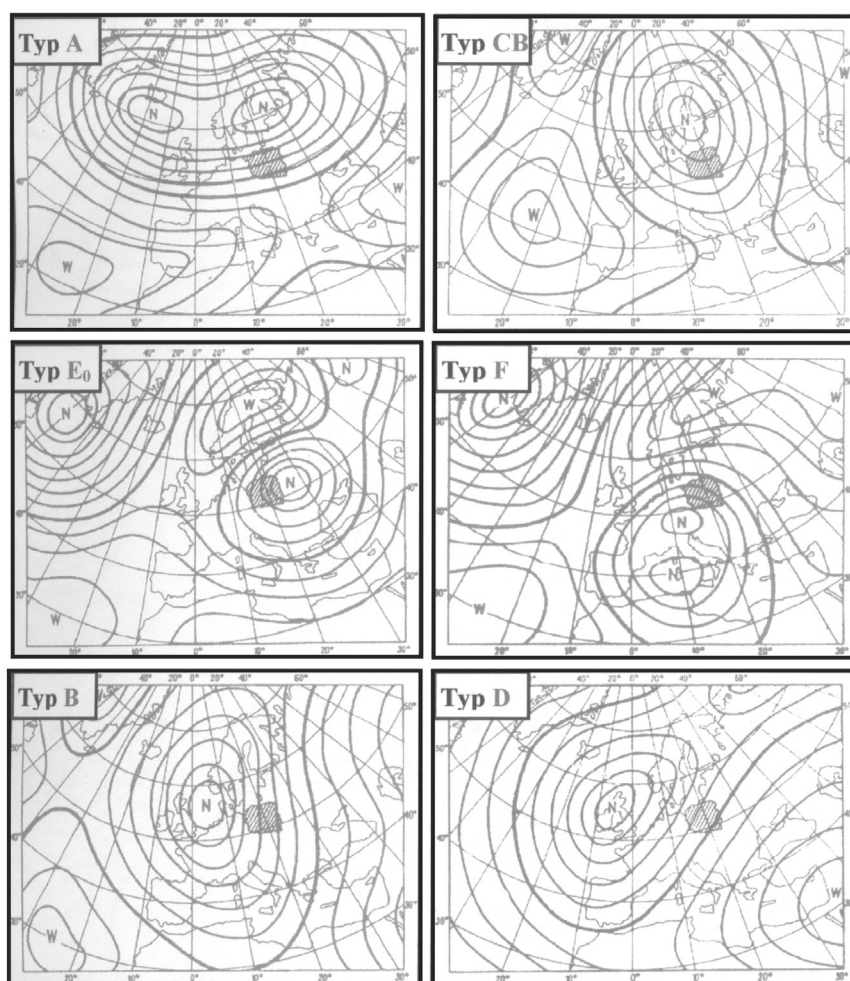
Wzorcowe pola ciśnienia w poszczególnych typach cyrkulacji charakteryzują mapy izobar na rys. 107 i 108 (wg Osuchowskiej-Klein), a kierunki adwekcji powietrza – wektory na rys. 109.

Częstość wydzielonych makrotypów cyrkulacji: zachodniej (W), wschodniej (E) oraz cyklonalnej (C_L) i antycyklonalnej (C_A) w badanym 25-leciu 1971-1995 i 90-leciu 1900-1990 podano w tabeli:

	1971-1995				1900-1990			
	W	E	C _L	C _A	W	E	C _L	C _A
I	60,3	39,7	50,3	49,7	62,1	37,9	53,9	46,1
II	49,1	50,9	48,9	51,1	57,1	42,9	51,8	48,2
III	51,3	48,7	54,2	45,8	54,3	45,7	49,3	50,7
IV	42,7	57,3	57,6	42,4	52,2	47,8	53,4	46,6
V	33,1	66,9	45,8	54,2	41,0	59,0	41,9	58,1
VI	48,3	51,7	53,3	46,7	56,3	43,7	43,0	56,4
VII	52,2	47,8	46,1	53,9	58,2	41,8	47,2	52,8
VIII	49,1	50,9	42,2	57,8	60,2	39,8	47,9	52,1
IX	62,0	38,0	48,8	51,2	61,1	38,9	45,2	54,8
X	56,6	43,4	45,3	54,7	57,9	42,1	45,1	54,9
XI	65,1	34,9	56,3	43,7	61,9	38,1	57,1	42,9
XII	63,3	36,7	54,2	45,8	65,2	34,8	59,4	41,6
Rok	52,7	47,3	50,2	49,8	57,3	42,7	49,6	50,4

Można stwierdzić ogólnie, że częstość makrotypów cyklonalnych i antycyklonalnych w obu seriach jest zbliżona (50%). W obu przedziałach czasu przeważa makrotyp cyrkulacji zachodniej nad wschodnim. Natomiast w latach 1971-1995 mniejszy jest udział (o 4,6%) makrotypu zachodniego niż wschodniego w kształtowaniu klimatu Polski. Ostatnie 25-lecie cechuje się większą częstością występowania makrotypu cyklonalnego w miesiącach: marzec (o 4,9%), kwiecień (o 4,2%), maj (o 3,9%), czerwiec (o 9,7%), a mniejszą- w miesiącach styczeń (o 3,6%), grudzień (o 4,2%), sierpień (o 5,7%). W pozostałych miesiącach różnice częstości makrotypów C_L, C_A w tych przedziałach czasu nie przekraczają 3%.

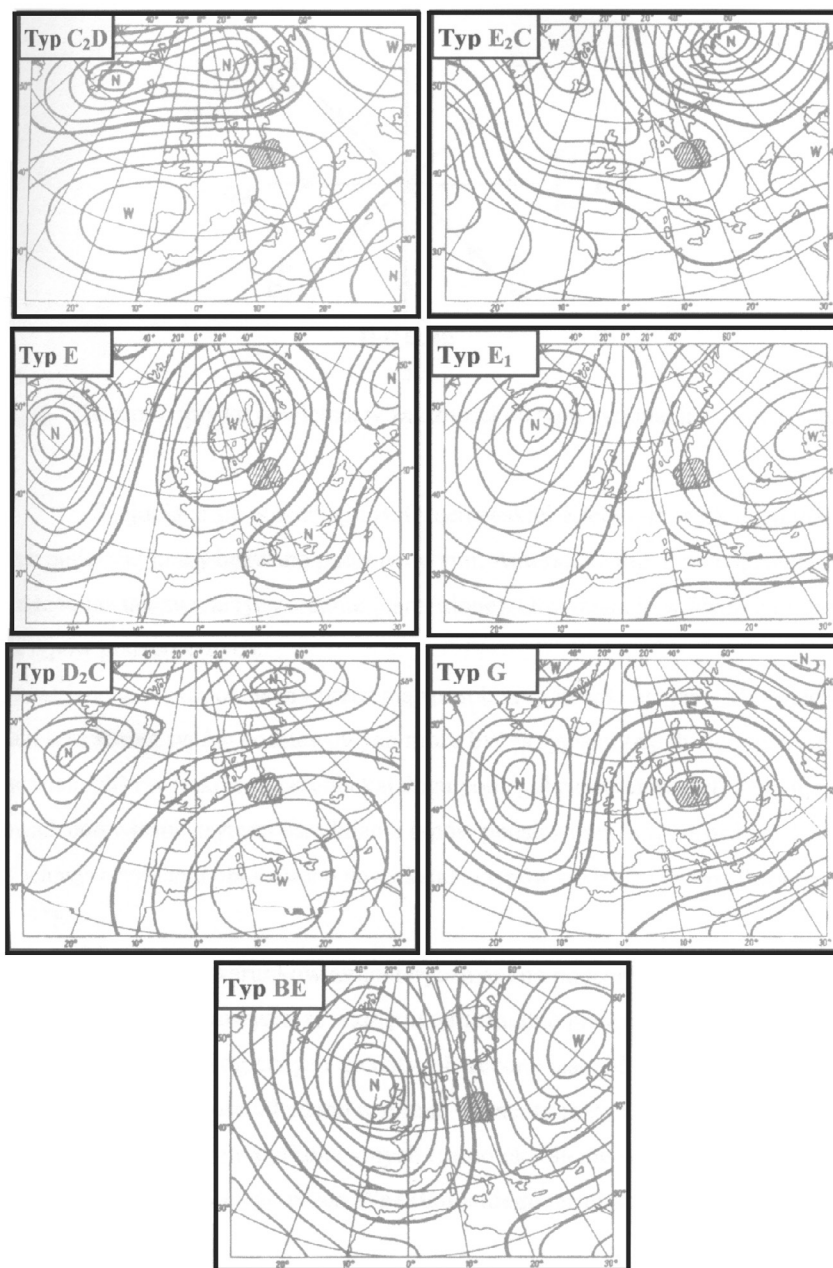
Czas trwania poszczególnych typów cyrkulacji na ogół jest odmienny. Jest on najdłuższy w przypadkach cyrkulacji północno-wschodniej E (2,6 dni) oraz południowo-wschodniej i wschodniej E₁ (2,55 dni). Średni czas trwania pozostałych typów zawiera się w wąskim przedziale 1,65 - 2,10 dni (E₂C, E₀). Sytuacje nieokreślone X trwają zaledwie 1 dzień (w 93%).



Rys. 107. Pole ciśnienia atmosferycznego cyklonalnych typów cyrkulacji atmosferycznej według klasyfikacji B. Osuchowskiej-Klein

Atmospheric pressure field of the cyclonal circulation types, after the classification by B. Osuchowskiej-Klein

W prognozach pogody istotne znaczenie odgrywa kolejność występowania poszczególnych typów cyrkulacji atmosferycznej, tj. prawdopodobieństwo przechodzenia w inny typ cyrkulacji. Mało prawdopodobne przejścia typów cyrkulacji w inne umożliwiają wykluczenie niektórych zmian pogody w Polsce. Na przykład bardzo rzadko po południowo-wschodniej cyrkulacji D występuje cyrkulacja północno-wschodnia E. Nie stwierdzono żadnego przypadku, by po południowej cyrkulacji B i północno-zachodniej E₂C wystąpiła cyrkulacja pośrednia BE.



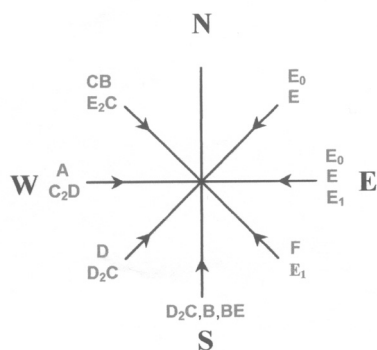
Rys. 108. Pole ciśnienia atmosferycznego antycyklonalnych typów cyrkulacji atmosferycznej i typu BE według klasyfikacji B. Osuchowskiej-Klein

Atmospheric pressure field of the anticyclonal circulation types and BE type, after the classification by B. Osuchowskiej-Klein

Natomiast najbardziej prawdopodobnymi zmianami cyrkulacji są przejścia:

- z południowo-zachodniej D – w południową B
- z południowo-wschodniej E₁ – w południową BE
- z północno-wschodniej E – w centralną cyrkulację G
- z północno-zachodniej CB – w północno-wschodnią E₀
- z zachodniej C₂D – w zachodnią A
- z zachodniej A – w północno-zachodnią CB

Te najczęstsze następowania po sobie typów cyrkulacji ułatwiają przewidywanie zmienności elementów meteorologicznych z dnia na dzień, np. silnych mrozów.



Typy cyrkulacji cyklonalnej:	Typy cyrkulacji antycyklonalnej:
A – zachodnia	C ₂ D – zachodnia
CB – północno-zachodnia	E ₂ C – północno-zachodnia
E ₀ – północno-wschodnia i wschodnia	E – północno-wschodnia
F – południowo-wschodnia	E ₁ – południowo-wschodnia i wschodnia
B – południowa	D ₂ C – południowo-zachodnia i południowa
D – południowo-zachodnia	G – centralna
Pozostałe:	
BE – południowa cyrkulacja pośrednia między cyklonalną i antycyklonalną	
X – sytuacja nieokreślona	

Rys. 109. Zależność kierunków adwekcji mas powietrza w Polsce od typów cyrkulacji (według klasyfikacji B Osuchowskiej-Klein)

Dependence of advection sines of air mass in Poland upon the circulation types (after the classification by B. Osuchowskiej-Klein)

3. Cechy termiczne klimatu Polski a typy cyrkulacji atmosferycznej

Pole temperatury powietrza w Polsce jest kształtowane przez różne typy cyrkulacji atmosferycznej. Jego zależność od dominujących typów cyrkulacji w latach 1971-1995 opisują izotermie na mapach (rys. 110-122) i izarytmy odchylenia od średnich – tzw. anomalii temperatury powietrza (rys. 123-135). Mapy wykonano na podstawie wyników pomiarów z 59 stacji meteorologicznych Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej. Dotyczą one zarówno poszczególnych miesięcy, jak też roku.

Najwyższe średnie roczne wartości temperatury powietrza na obszarze Polski są spowodowane południowo-zachodnim typem cyrkulacji D. Dość duże wartości średniej temperatury w roku występują przy typach cyrkulacji z adwekcją powietrza z sektora zachodniego i południowego: A, B, F, E₁, C₂D. Najchłodniej jest na znacznym obszarze Polski (nawet poniżej 7,0°C) podczas typów cyrkulacji, warunkujących napływ powietrza z północo-wschodu – E₀, E. Znaczne ochłodzenia w ciągu roku przynoszą także typy cyrkulacji północno-zachodniej E₂C oraz centralnej G, zwłaszcza we wschodniej części Polski.

Na podstawie izoterm średniej rocznej temperatury powietrza można stwierdzić duże zróżnicowanie wartości między zachodnią i wschodnią częścią Polski przy typach cyrkulacji: C₂D, D₂C, G, E i E₁.

Równoleżnikowy układ izoterm (średnich rocznych), wskazujący na spadek temperatury z południa na północ, uwarunkowany jest typami cyrkulacji B i F. Natomiast układ izoterm z północo-wschodu na południo-wschód, wyodrębniających cieplejszą część południową i chłodniejszą północno-wschodnią, wywołany jest typami cyrkulacji A, D, CB, E₀, E₂C. Te ogólne cechy pola temperatury powietrza kształtowanego przez różne typy cyrkulacji atmosferycznej uwidaczniają się również na mapach anomalii temperatury powietrza (rys. 123-135).

Anomalie dodatnie informują o obszarach cieplejszych w Polsce a ujemne o chłodniejszych, w zależności od typów cyrkulacji.

Ocieplenia w ciągu całego roku towarzyszą południowo-zachodniej cyrkulacji typu D oraz (z wyjątkiem listopada) południowo-zachodniej i południowej cyrkulacji typu D₂C.

W chłodnym półroczu do „najcieplejszych” typów cyrkulacji należy zachodnia cyrkulacja typu A oraz południowo-zachodnia D. W miesiącach od listopada do marca, kształtowane przez nie dodatnie odchylenia na obszarze Polski przekraczają 3,0°C, a w styczniu i lutym nawet 4,0-5,0°C. Zimą znaczne ocieplenie (rzędu 2,5-3,5°C) przynosi również południowo-zachodnia cyrkulacja typu D₂C. Od maja do sierpnia najwyższe średnie wartości temperatury powietrza odpowiadają południowo-wschodniej i wschodniej cyrkulacji E₁. Dodatnie odchylenie przy typie cyrkulacji E₁ kształtuje się na poziomie 2,0-4,0°C w maju, a ponad 5,0°C w czerwcu i lipcu. We wrześniu najcieplejsze obszary w południowej i zachodniej części Polski związane są z występowaniem południowo-zachodniej i południowej cyrkulacji D₂C, a na wschodzie i północy kraju – południowo-zachodniej cyrkulacji typu D.

Ujemne odchylenia temperatury powietrza w ciągu całego roku kształtują typy cyrkulacji północno-wschodniej i wschodniej E₀ oraz północno-zachodniej typu E₂C. Od października do marca niższe od średnich miesięcznych wartości temperatury powietrza występują przy południowo-wschodniej i wschodniej cyrkulacji E₁, centralnej cyrkulacji

typu G i północno-wschodniej typu E. Ujemne odchylenia kształtowane są zazwyczaj przez typ E, a w styczniu przekraczają one 3,0-4,0°C i są największe w Polsce.

W północnej Polsce w styczniu i lutym najniższe wartości temperatury powietrza występują również przy północno-wschodniej i wschodniej cyrkulacji E₀ oraz południowo-wschodniej F z tym, że liczebność tego typu w badanym okresie była wyjątkowo mała.

Najmniejsze średnie wartości temperatury powietrza w ciepłym półroczu (poza wymienionymi typami E₀ i E₂C) cechują północno-zachodnią cyrkulację CB, zachodnią cyrkulację A oraz zwłaszcza w zachodniej części Polski – południową cyrkulację B.

Z rozkładu średnich rocznych izoterm na obszarze Polski wynika, że wzrostowi zasięgu oddziaływania Morza Bałtyckiego najbardziej sprzyjają typy cyrkulacji związane z napływem powietrza z sektora północnego: północno-zachodniego E₂C oraz północno-wschodniego i wschodniego E₀. Od października do lutego oddziaływanie ma charakter ocieplający, a od kwietnia do lipca – ochładzający (zwłaszcza przy adwekcji powietrza z sektora zachodniego i północnego w cyklonalnych typach cyrkulacji: A, CB i E₀).

Zakres zmienności średniej temperatury powietrza w Polsce zależy przede wszystkim od typów cyrkulacji. Przy niektórych typach cyrkulacji przekracza on nawet 12,0°C. Ekstremalne różnice w nizinnej części Polski (ponad 6,5°C) występują w styczniu i grudniu przy południowo-wschodniej cyrkulacji. W okresie od grudnia do marca duże zróżnicowanie warunków termicznych występuje przy typach D i E₁; latem zaś wyróżnia się: południowa cyrkulacja B, południowo-zachodnia i południowa cyrkulacja D₂C oraz centralna cyrkulacja G.

Najmniejszym zakresem zmienności średniej dobowej temperatury powietrza (z wyłączeniem obszarów górskich) charakteryzuje się okres od lipca do września. Różnice temperatury rzadko przekraczają wtedy 4,0°C. W przypadku typów północno-wschodniego i wschodniego cyrkulacji C₂D ich wartość spada nawet poniżej 2,0-3,0°C. W ciągu całego roku zróżnicowane warunki termiczne na obszarze Polski kształtuje ponadto północno-zachodnia cyrkulacja CB oraz południowo-zachodnia cyrkulacja E₂C.

Wyniki badań zależności pola temperatury powietrza w Polsce od typów cyrkulacji atmosferycznej mają znaczenie nie tylko poznawcze. Mogą one być wykorzystywane w prognozach pogody w poszczególnych regionach Polski przy różnych sytuacjach synoptycznych. Szczególnie ważne jest prawdopodobieństwo warunkowe typów cyrkulacji przechodzenia jednego typu cyrkulacji w drugi.

4. Deformacja pola temperatury powietrza przez Ocean Atlantycki – odchylenie gradientów horyzontalnych od południków lokalnych

Strefowość pola temperatury powietrza w Polsce i Europie jest deformowana oddziaływaniem termicznym wód Oceanu Atlantyckiego – różnicą temperatury wód Oceanu i lądu Europy.

O dominacji tego oddziaływania, zwłaszcza zimą, świadczy m.in. południkowy układ izoterm.

Dobrą miarą wpływu Oceanu Atlantyckiego na klimat Polski i Europy są gradienty horyzontalne, zdefiniowane w tomach VI pt. *Wpływ Oceanu Atlantyckiego i rzeźby terenu na klimat Polski* (1990) i VIII pt. *Cechy oceaniczne klimatu Polski*, (1994) *Atlasu współzależności parametrów meteorologicznych i geograficznych w Polsce*.

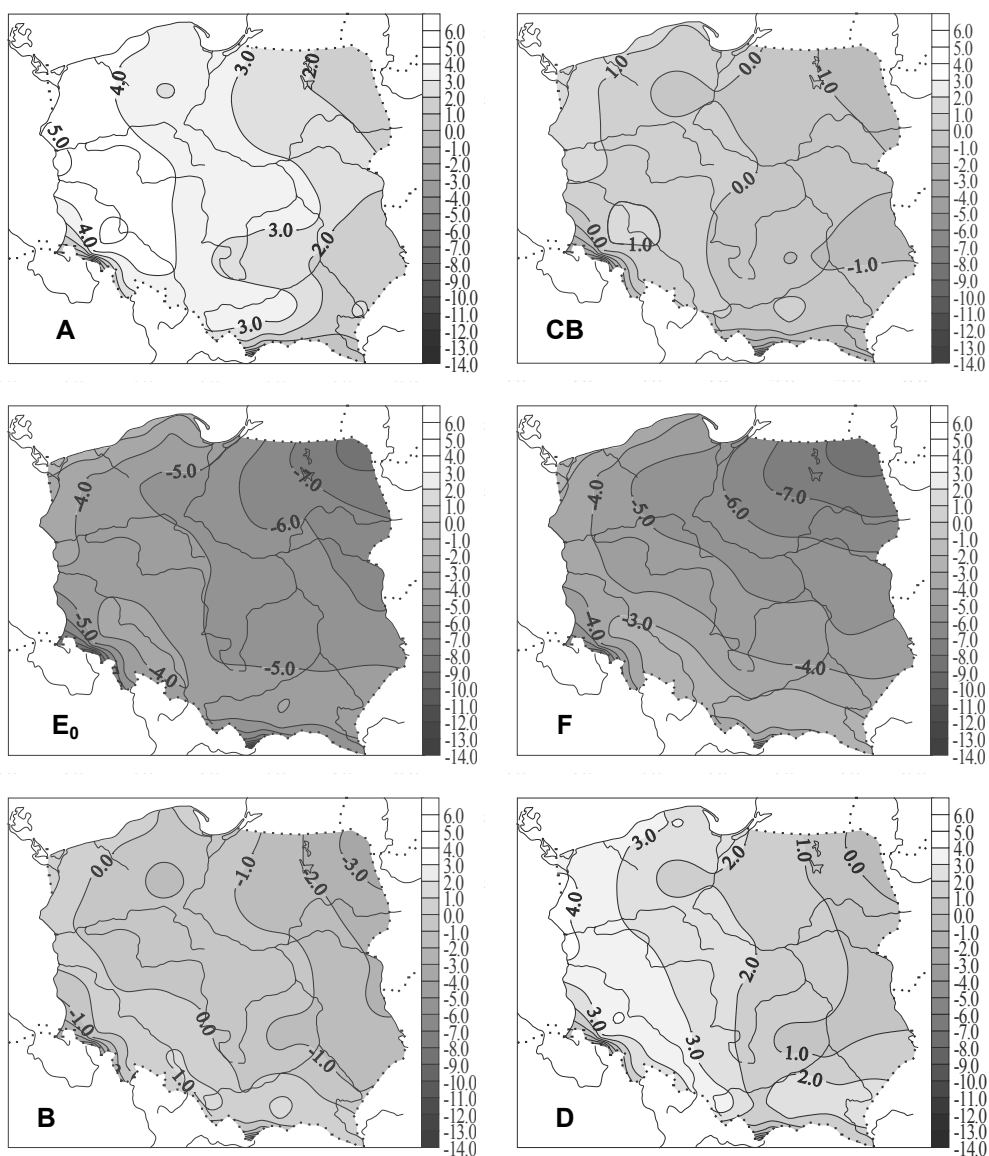
W tym celu pole temperatury powietrza w Polsce (i Europie) aproksymowano wielomianem regresji 4- stopnia $T = f(\varphi, \lambda, H)$ – względem szerokości geograficznej (φ), długości (λ) i wysokości nad poziomem morza (H). Gradient horyzontalny – to wektor

$\vec{\Gamma} = \left[\frac{\partial T}{\partial \varphi}, \frac{\partial T}{\partial \lambda} \right]$ o składowej południkowej $\frac{\partial T}{\partial \varphi}$ i równoleżnikowej $\frac{\partial T}{\partial \lambda}$, po wyelimi-

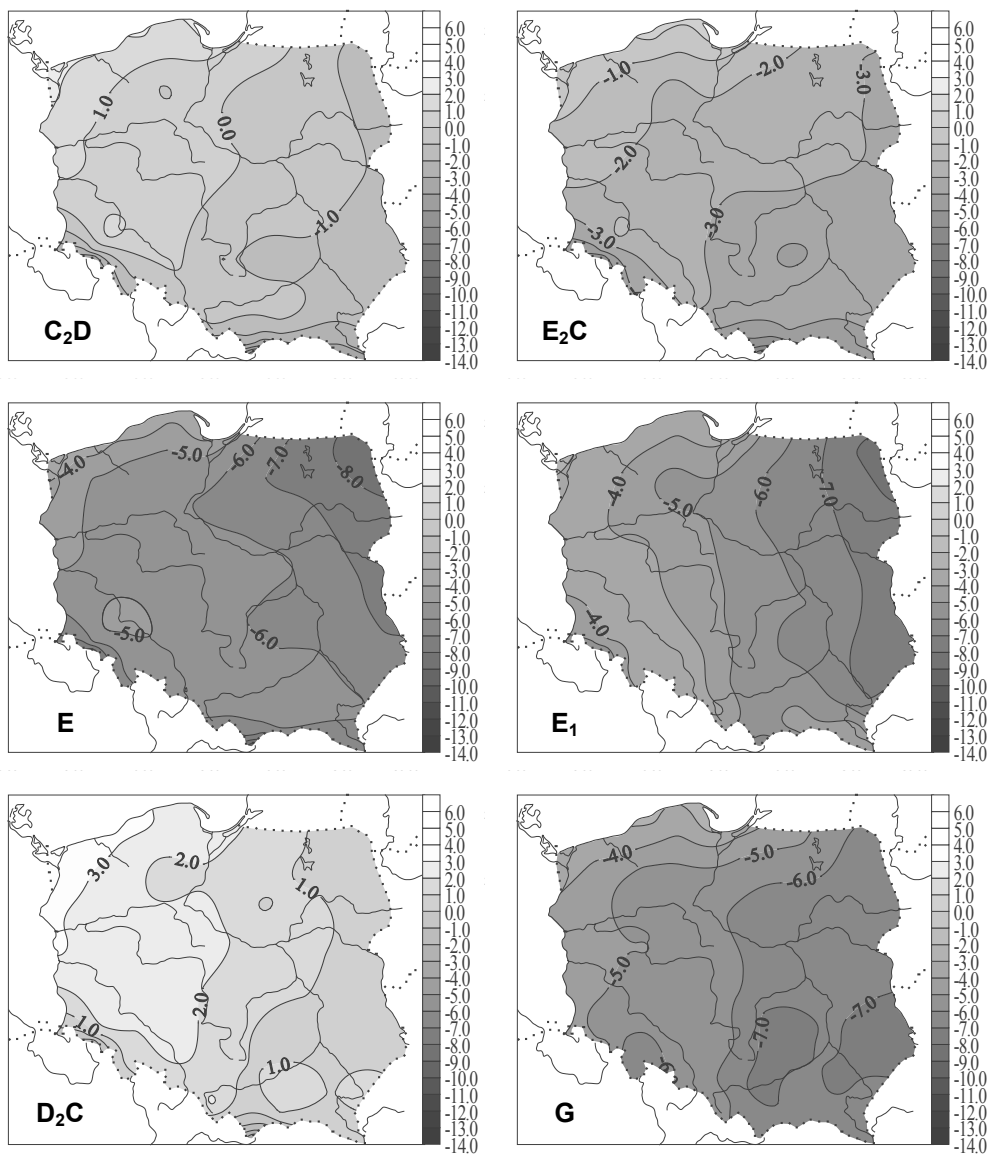
nowaniu wpływu wysokości nad poziomem morza $\left(\frac{\partial T}{\partial H} \right)$.

Zgodnie z zasadą strefowości klimatu na Ziemi gradienty horyzontalne $\vec{\Gamma}$ powinny być skierowane na południe Polski (Europy). Ich odchylenia od południków lokalnych (azymuty) zależą od temperatury wód Oceanu Atlantyckiego, która kształtuje cyrkulację strefową nad obszarem Europy. Na podstawie azymutów gradientu horyzontalnego temperatury powietrza wydzielono strefy różnego oddziaływania Oceanu Atlantyckiego na klimat Polski (i Europy).

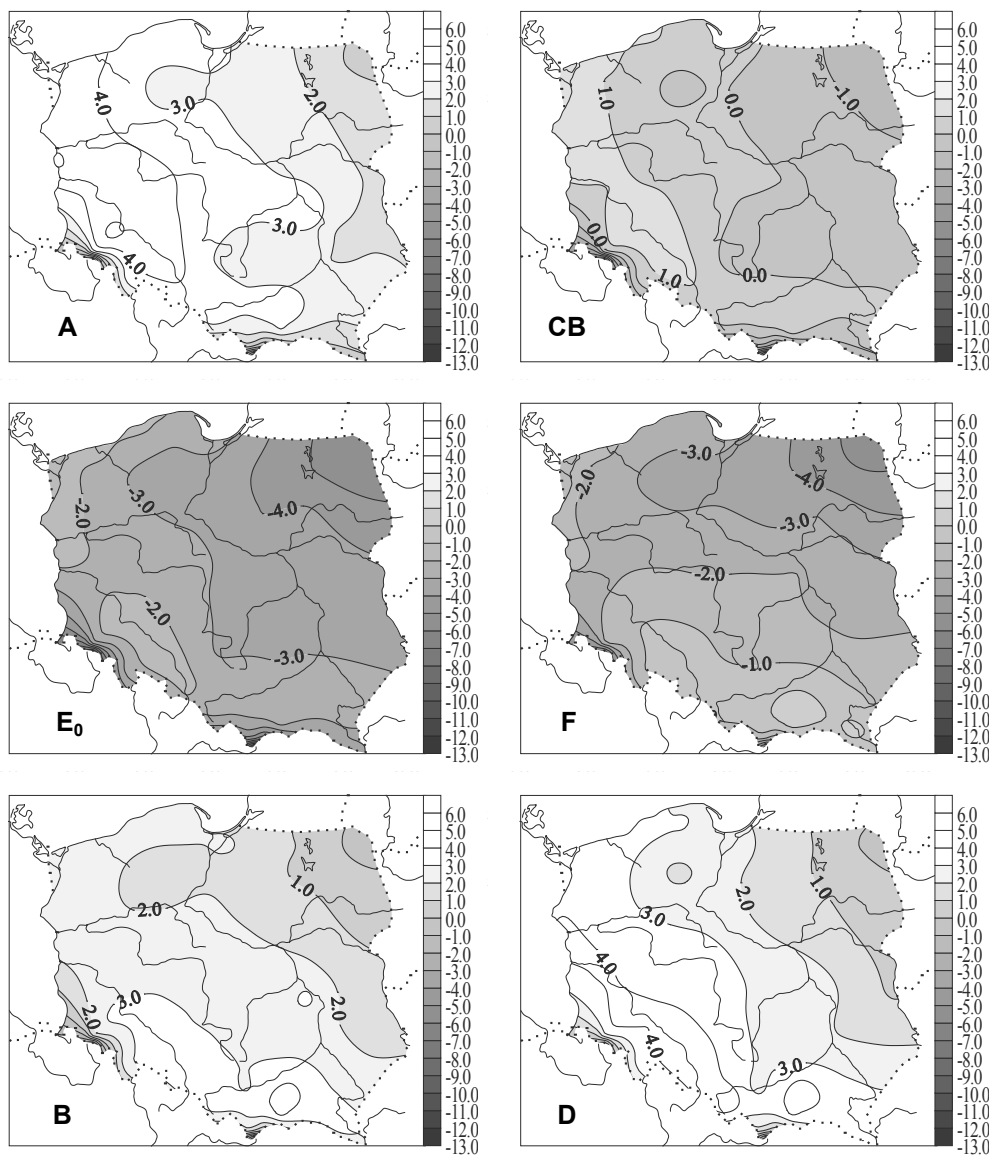
W półroczu chłodnym wektory $\vec{\Gamma}$ są odchylone na zachód od południków miejscowych o kąty 30° i 60° . Natomiast w półroczu ciepłym są one odchylone na wschód. Izarytmy azymutów $0 < a < 180^\circ$ i $180^\circ < a < 360^\circ$ świadczą w tych porach roku o ocieplającym czy też ochładzającym oddziaływaniu Oceanu Atlantyckiego na klimat Europy.



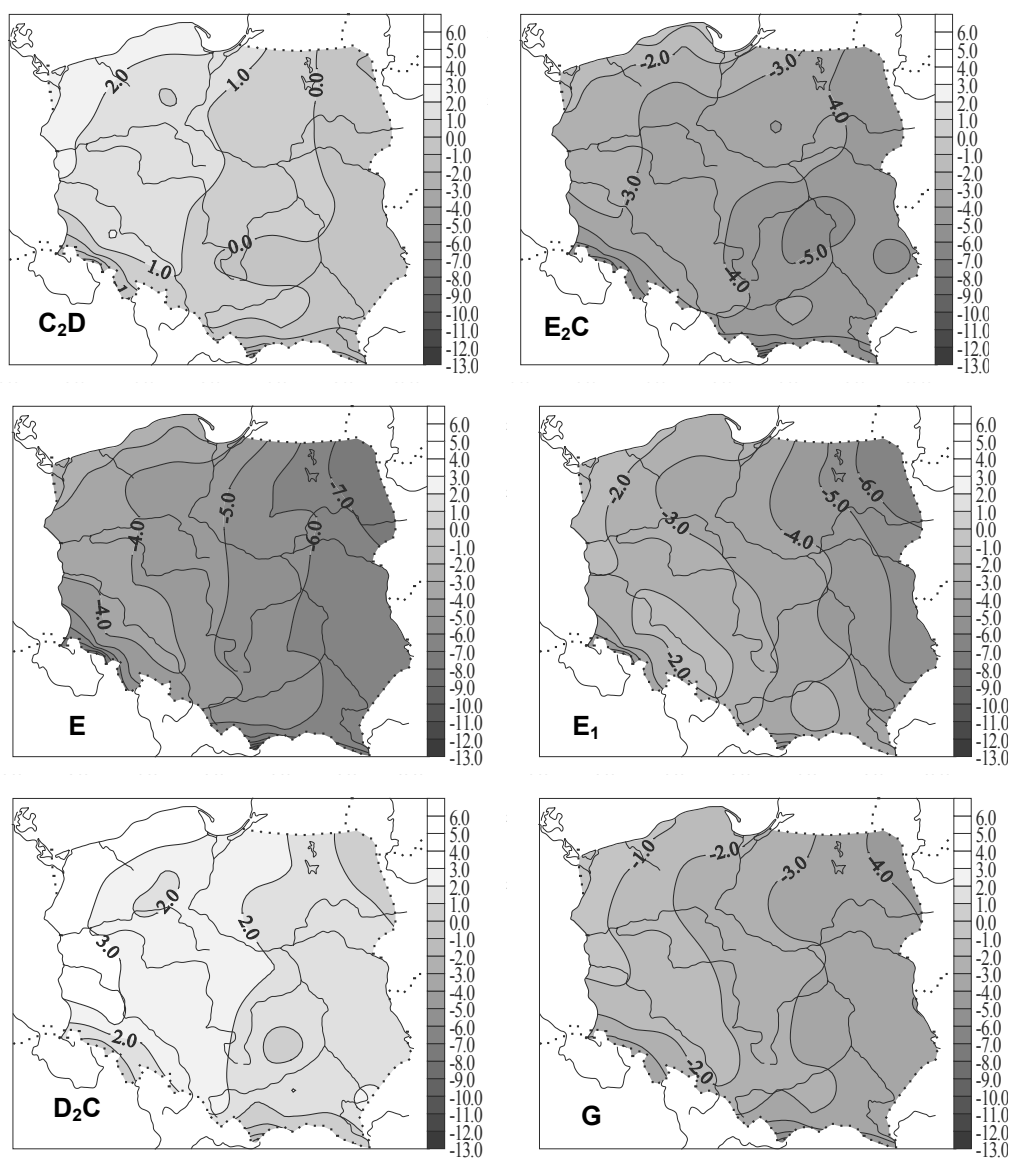
Rys. 110a. Zależność temperatury powietrza w Polsce (°C) od typów cyrkulacji cyklonalnej (1971-1995) – styczeń
 Dependence of air temperature in Poland (°C) upon the cyclonal circulation type (1971-1995) – January



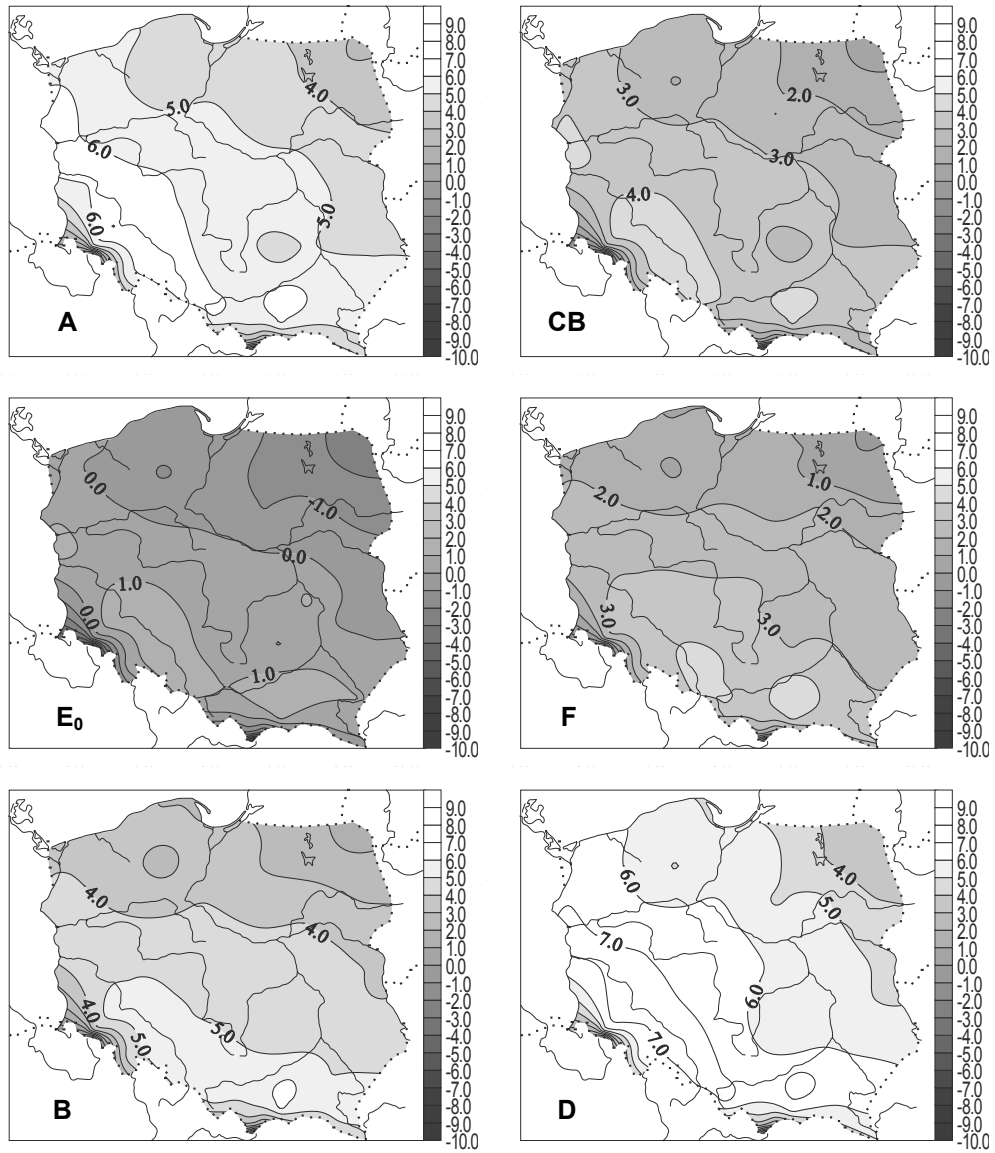
Rys. 110b. Zależność temperatury powietrza w Polsce (°C) od typów cyrkulacji antycyklonalnej (1971-1995) – styczeń
 Dependence of air temperature in Poland (°C) upon the anticyclonal circulation type (1971-1995) – January



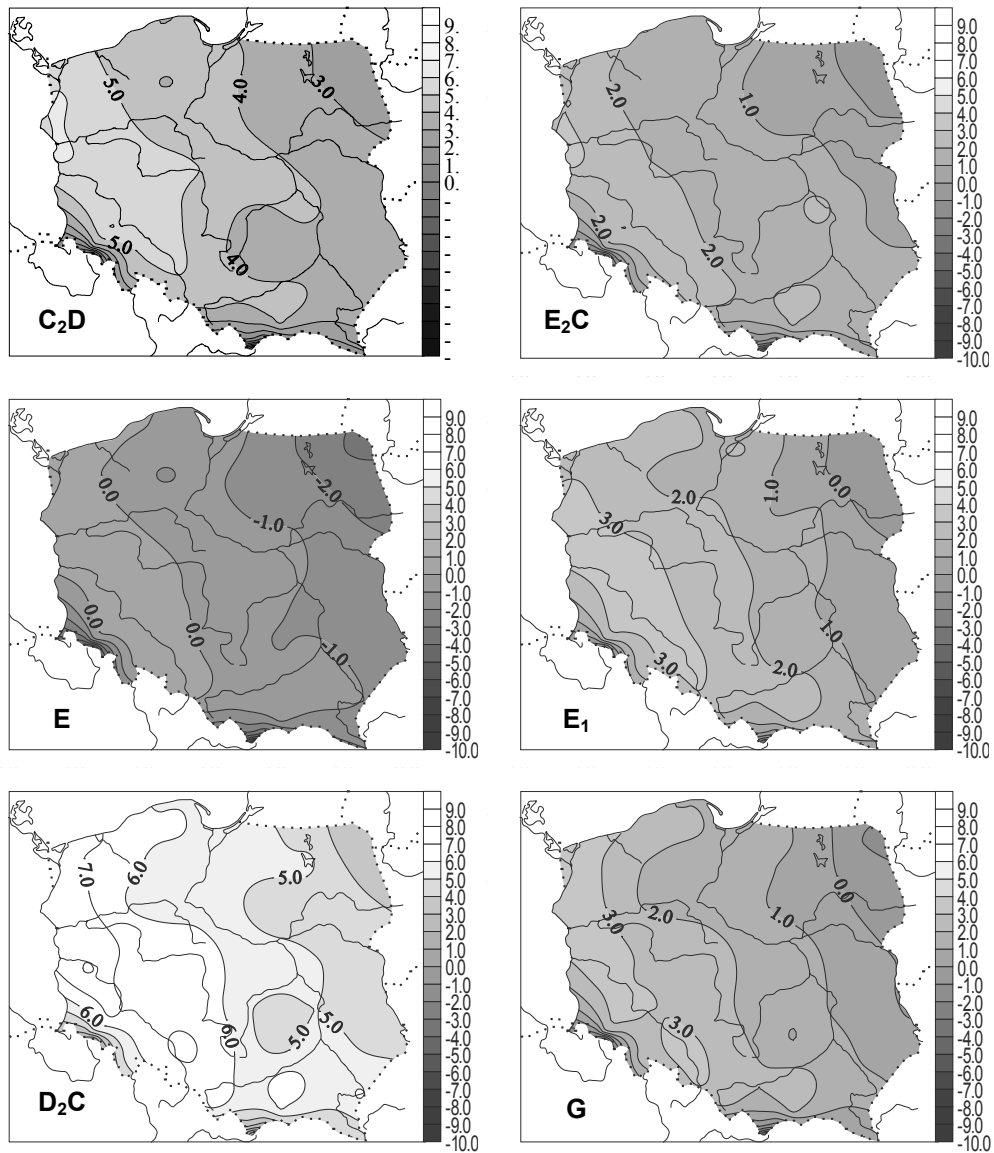
Rys. 111a. Zależność temperatury powietrza w Polsce (°C) od typów cyrkulacji cyklonalnej (1971-1995) – luty
 Dependence of air temperature in Poland (°C) upon the cyclonal circulation type (1971-1995) – February



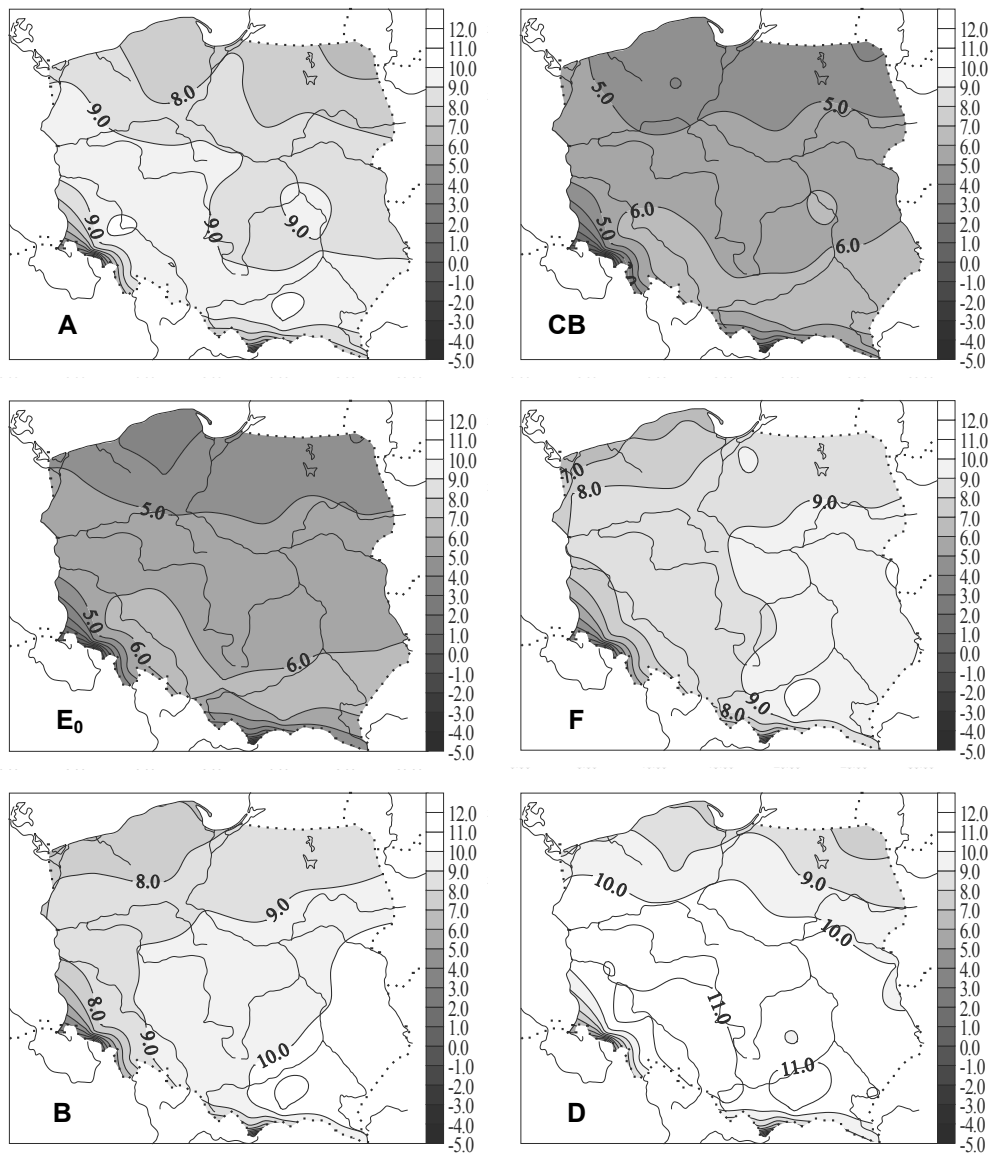
Rys. 111b. Zależność temperatury powietrza w Polsce (°C) od typów cyrkulacji antycyklonalnej (1971-1995) – luty
 Dependence of air temperature in Poland (°C) upon the anticyclonal circulation type (1971-1995) – February



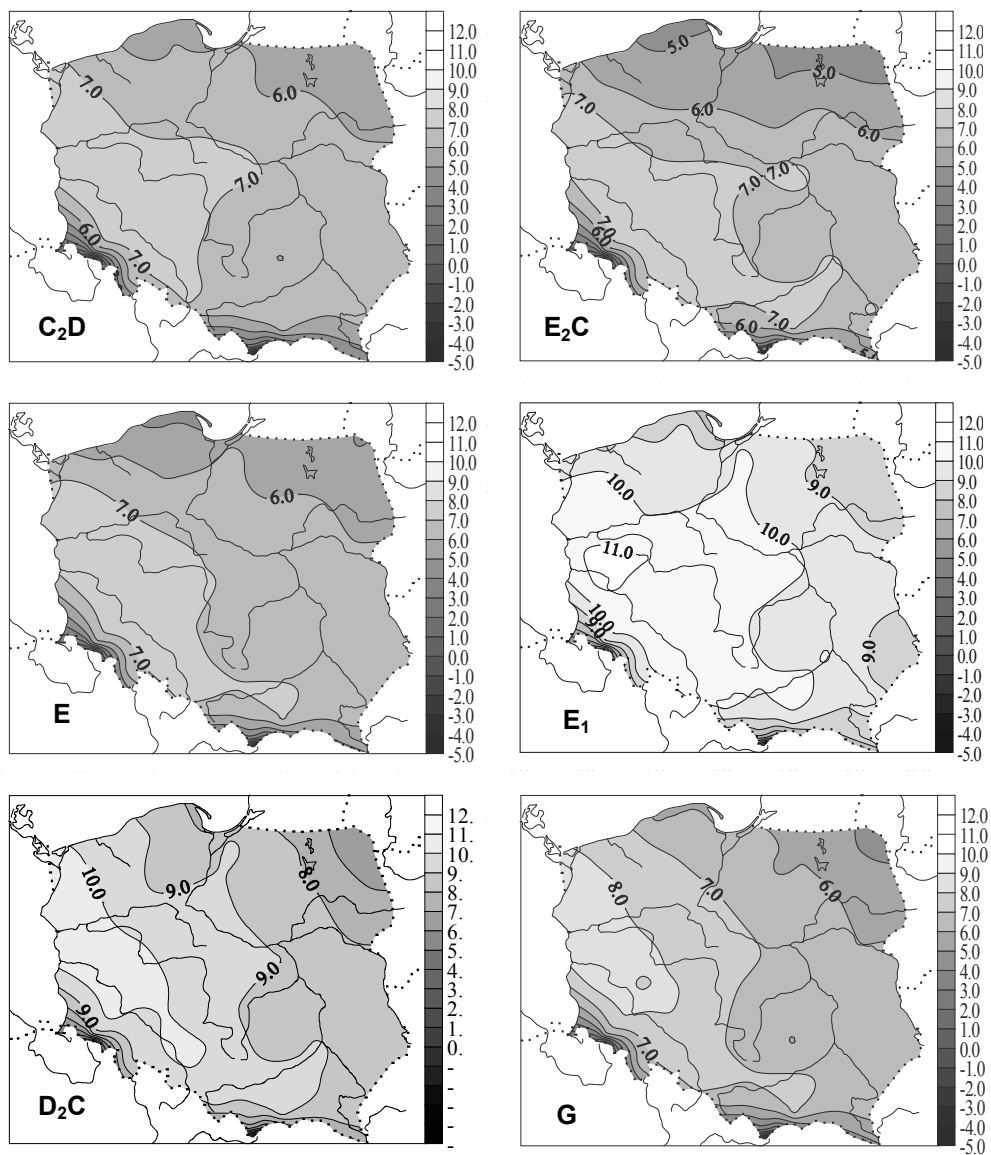
Rys. 112a. Zależność temperatury powietrza w Polsce (°C) od typów cyrkulacji cyklonalnej (1971-1995) – marzec
 Dependence of air temperature in Poland (°C) upon the cyclonal circulation type (1971-1995) – March



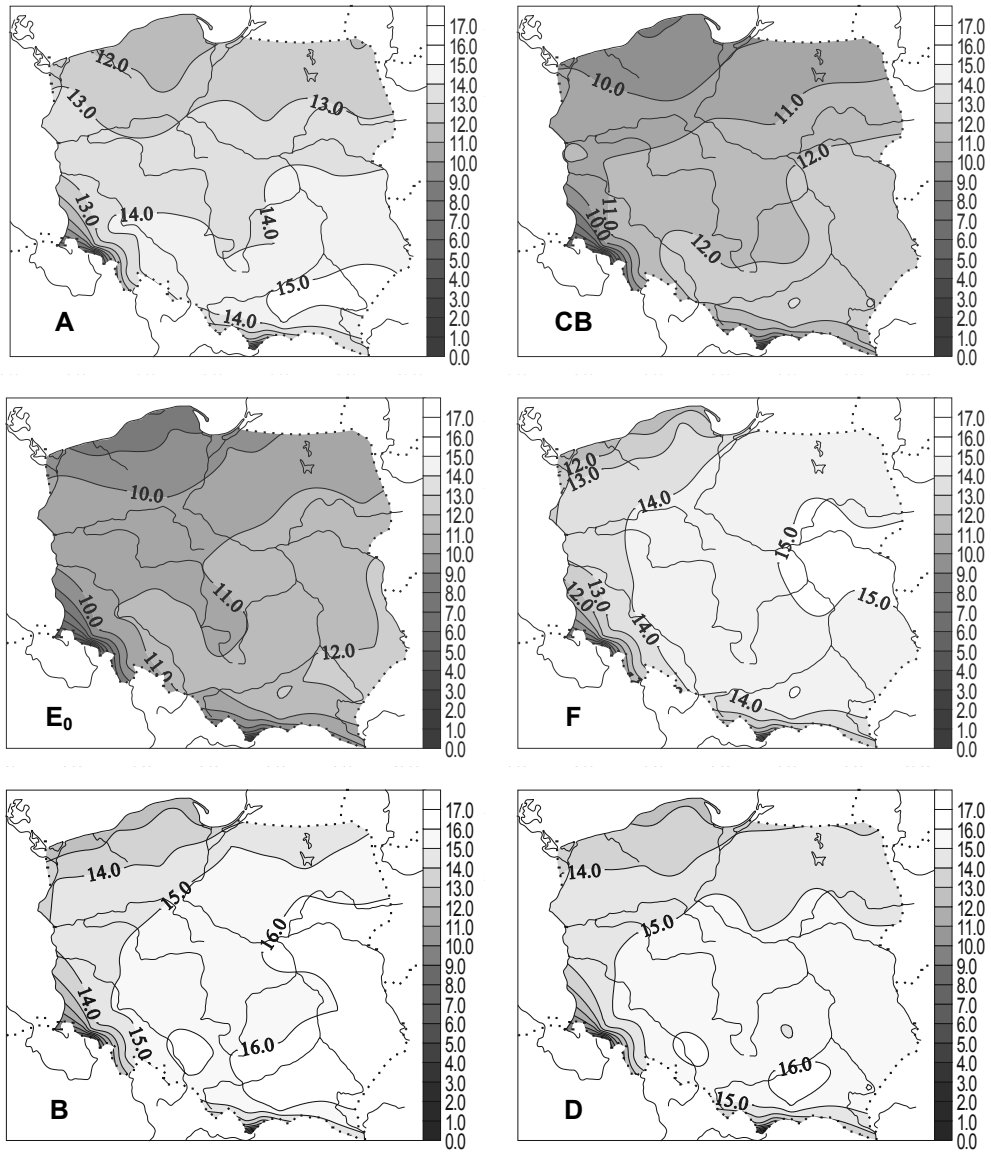
Rys. 112b. Zależność temperatury powietrza w Polsce (°C) od typów cyrkulacji antycyklonalnej (1971-1995) – marzec
 Dependence of air temperature in Poland (°C) upon the anticyclonal circulation type (1971-1995) – March



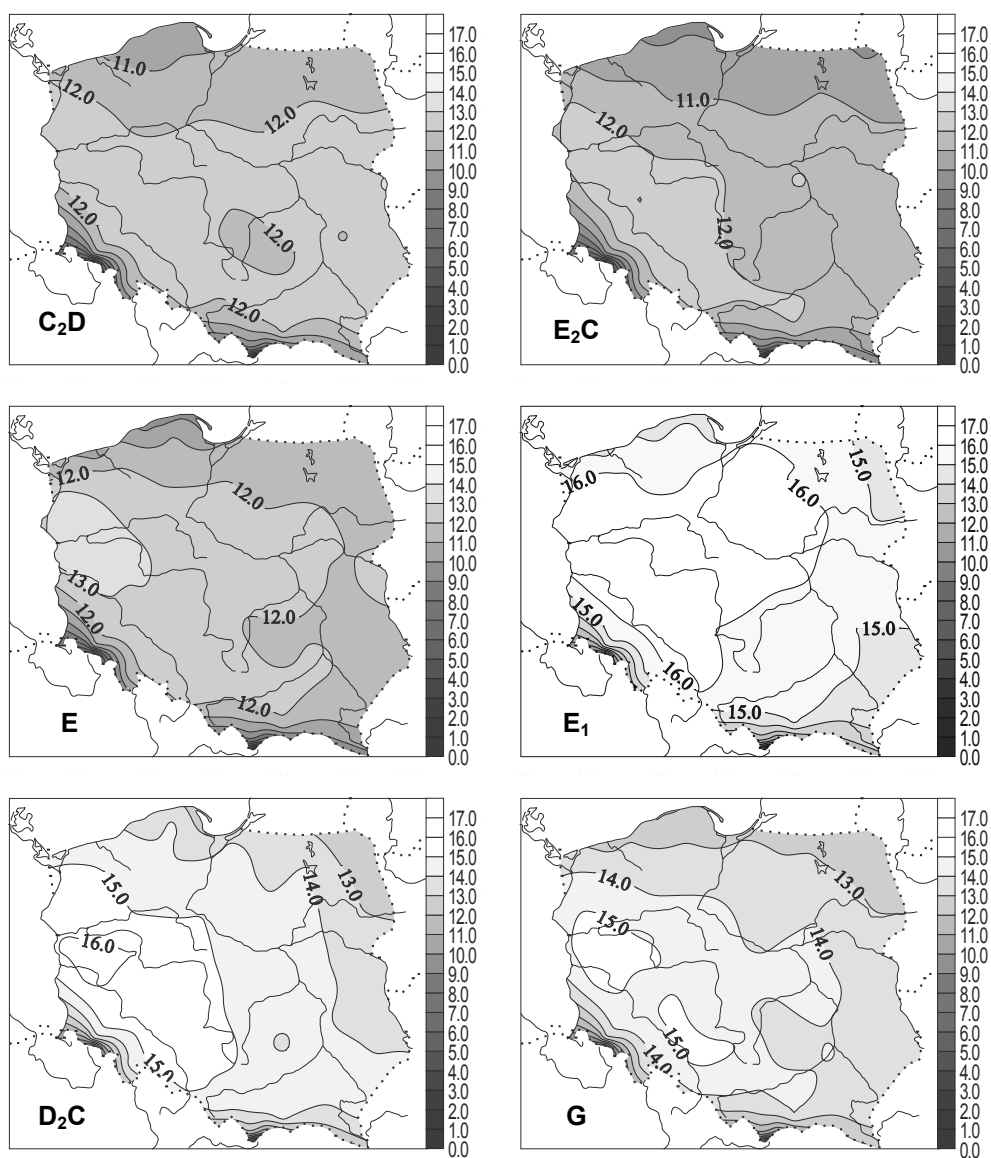
Rys. 113a. Zależność temperatury powietrza w Polsce (°C) od typów cyrkulacji cyklonalnej (1971-1995) – kwiecień
 Dependence of air temperature in Poland (°C) upon the cyclonal circulation type (1971-1995) – April



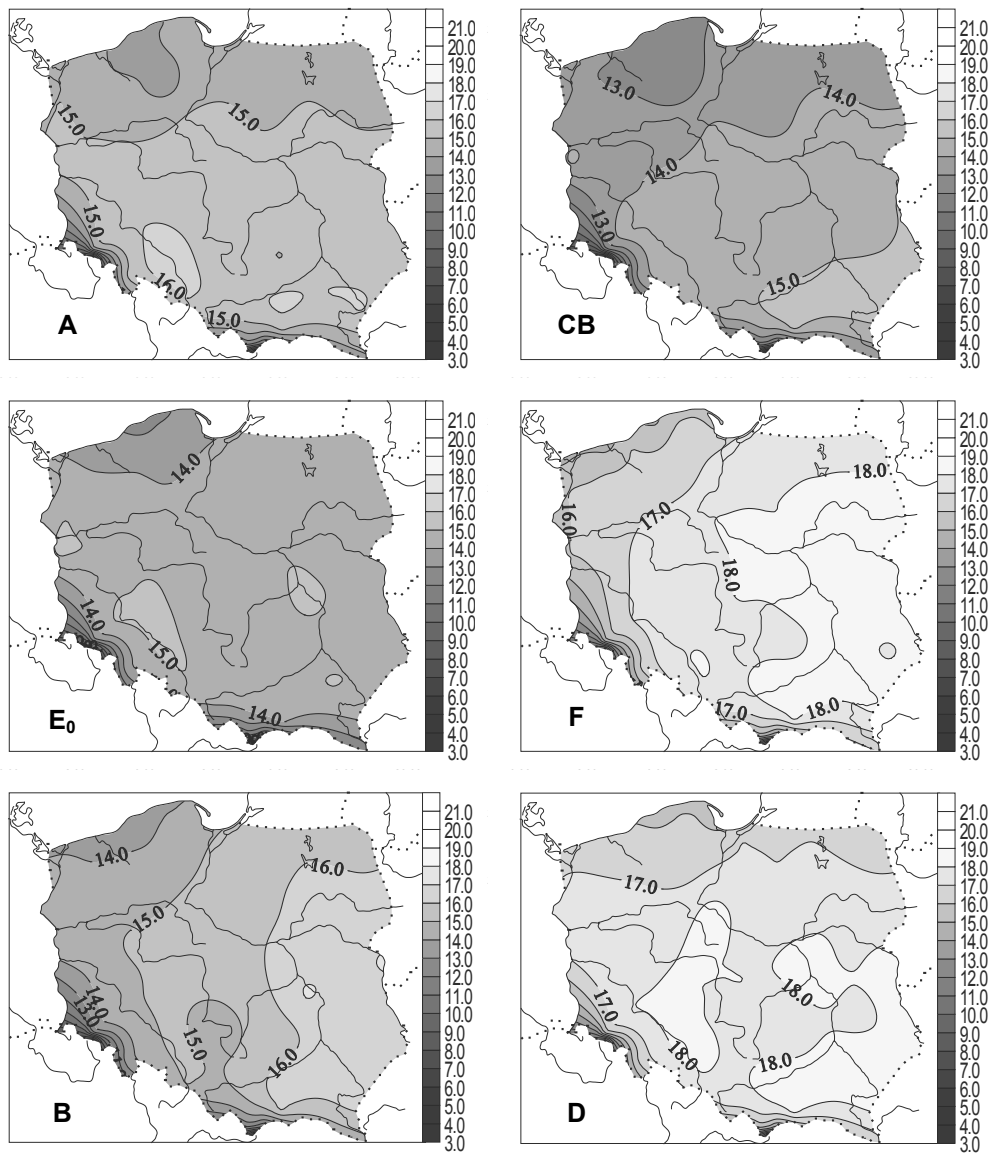
Rys. 113b. Zależność temperatury powietrza w Polsce (°C) od typów cyrkulacji antycyklonalnej (1971-1995) – kwiecień
 Dependence of air temperature in Poland (°C) upon the anticyclonal circulation type (1971-1995) – April



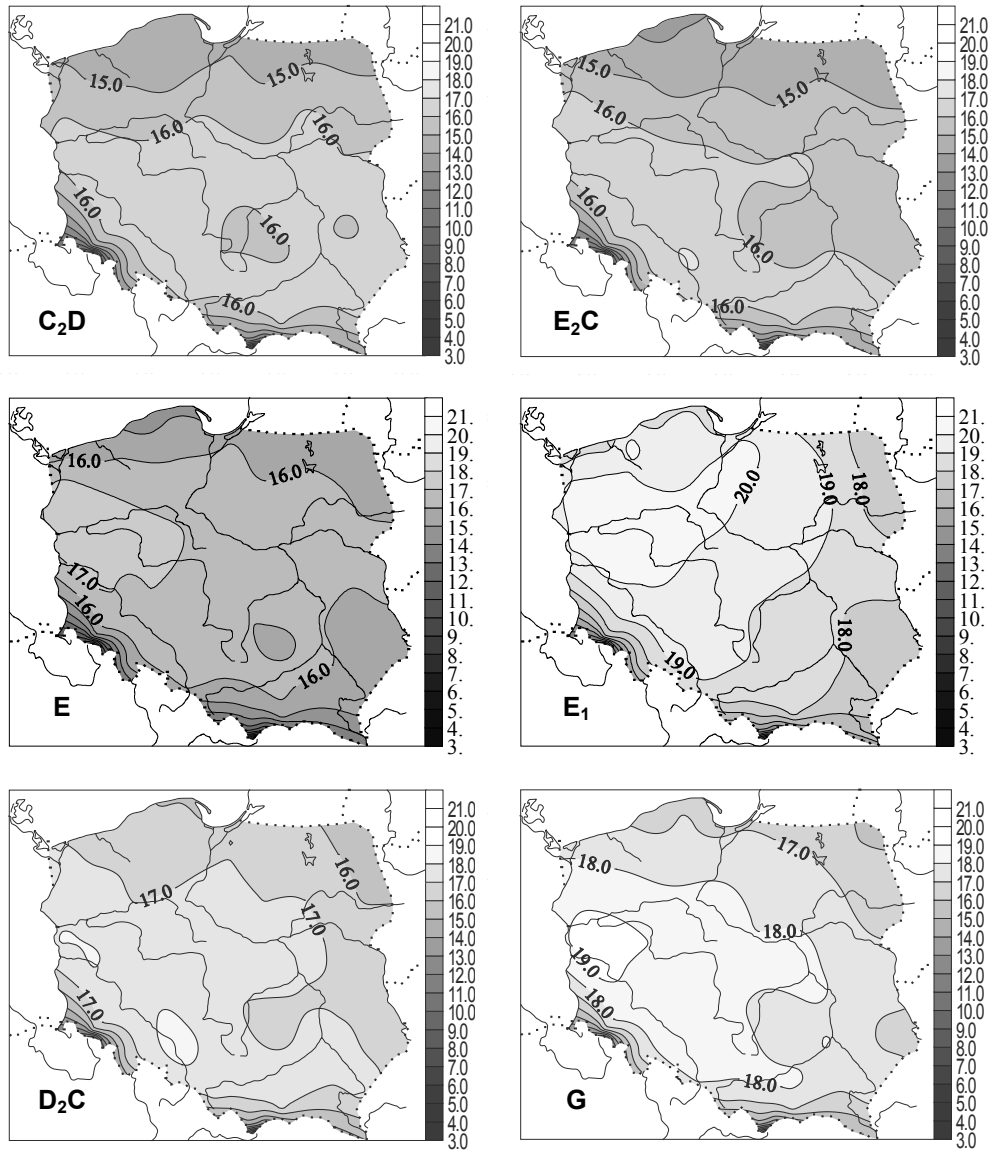
Rys. 114a. Zależność temperatury powietrza w Polsce (°C) od typów cyrkulacji cyklonalnej (1971-1995) – maj
 Dependence of air temperature in Poland (°C) upon the cyclonal circulation type (1971-1995) – May



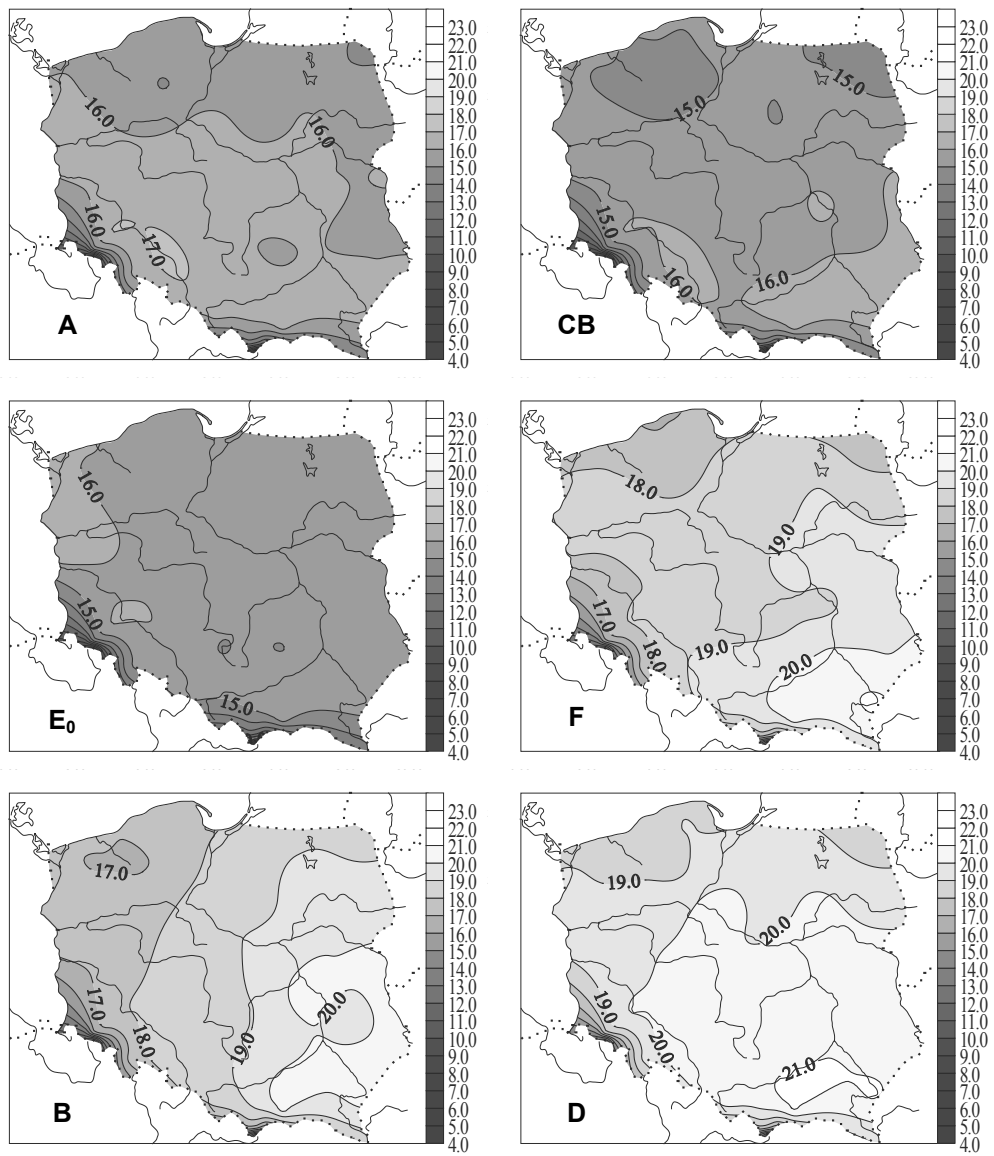
Rys. 114b. Zależność temperatury powietrza w Polsce (°C) od typów cyrkulacji antycyklonalnej (1971-1995) – maj
 Dependence of air temperature in Poland (°C) upon the anticyclonal circulation type (1971-1995) – May



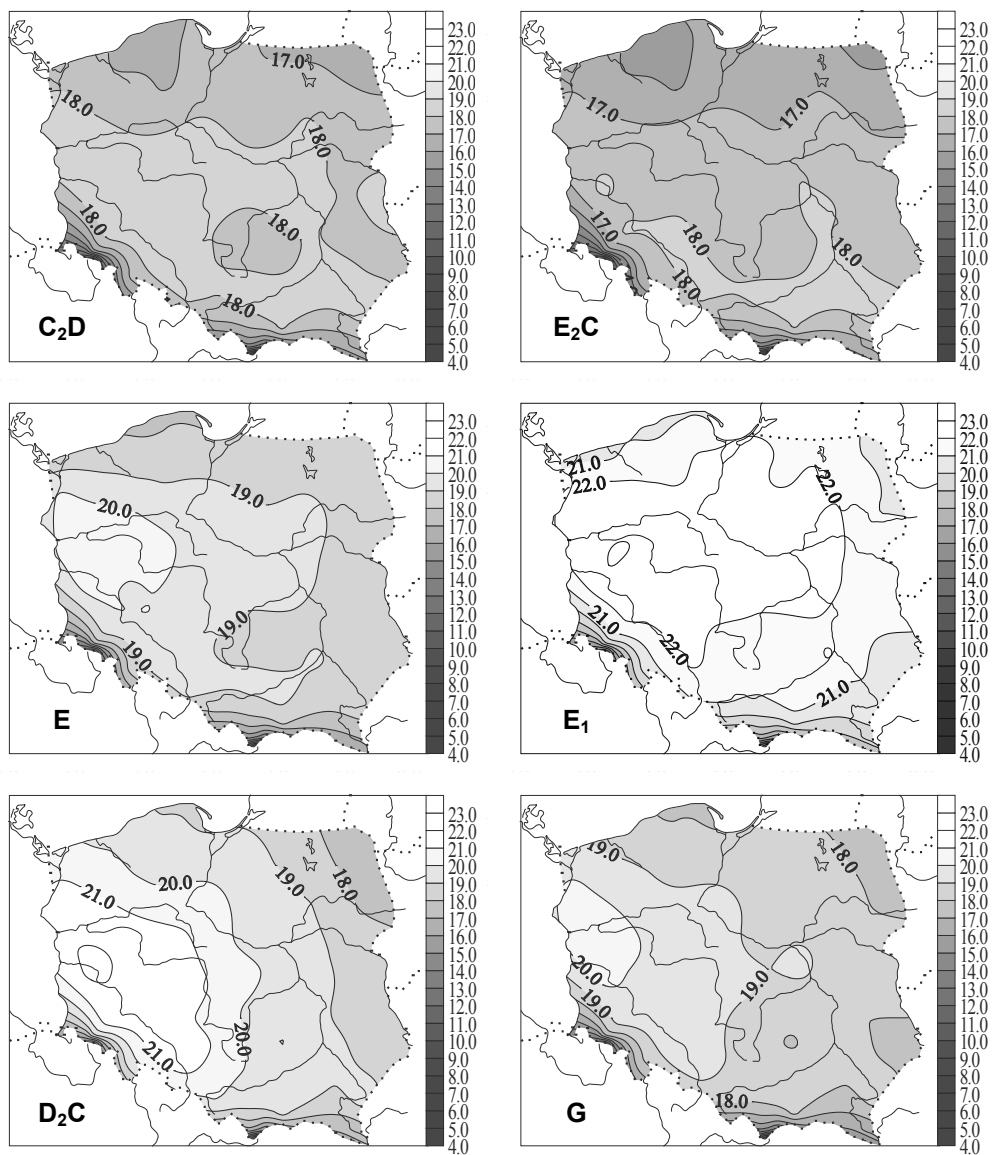
Rys. 115a. Zależność temperatury powietrza w Polsce (°C) od typów cyrkulacji cyklonalnej (1971-1995) – czerwiec
 Dependence of air temperature in Poland (°C) upon the cyclonal circulation type (1971-1995) – June



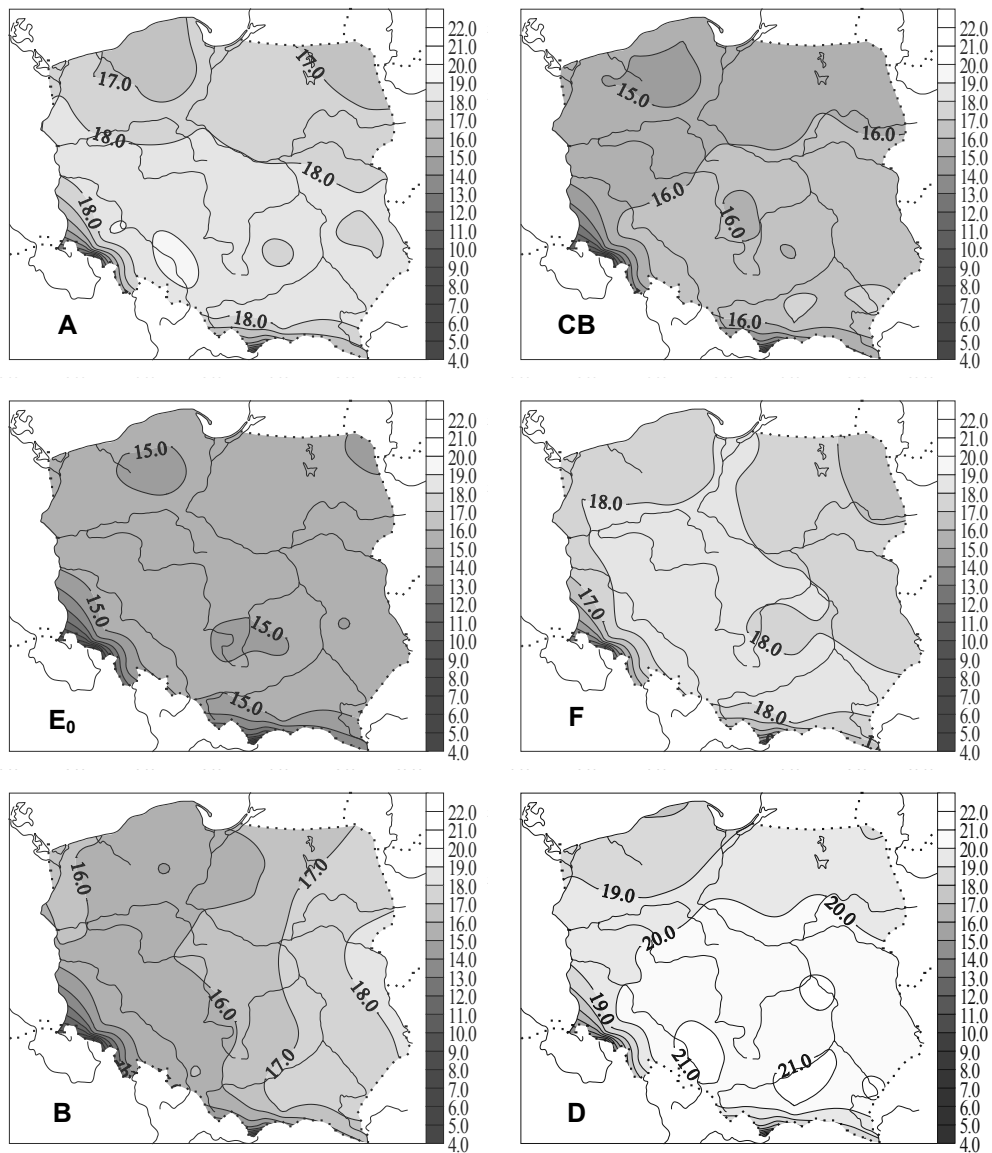
Rys. 115b. Zależność temperatury powietrza w Polsce (°C) od typów cyrkulacji antycyklonalnej (1971-1995) – czerwiec
 Dependence of air temperature in Poland (°C) upon the anticyclonal circulation type (1971-1995) – June



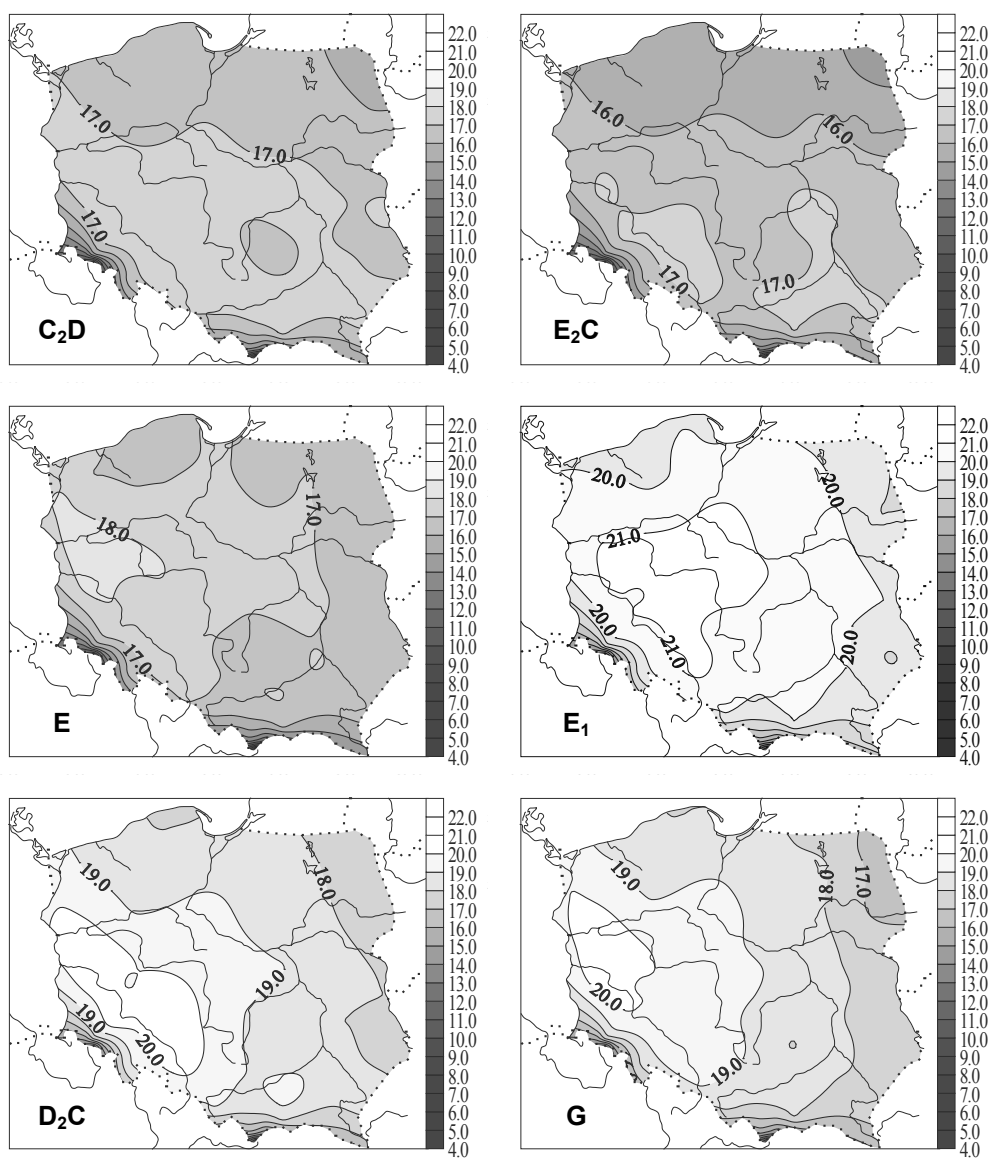
Rys. 116a. Zależność temperatury powietrza w Polsce (°C) od typów cyrkulacji cyklonalnej (1971-1995) – lipiec
 Dependence of air temperature in Poland (°C) upon the cyclonal circulation type (1971-1995) – July



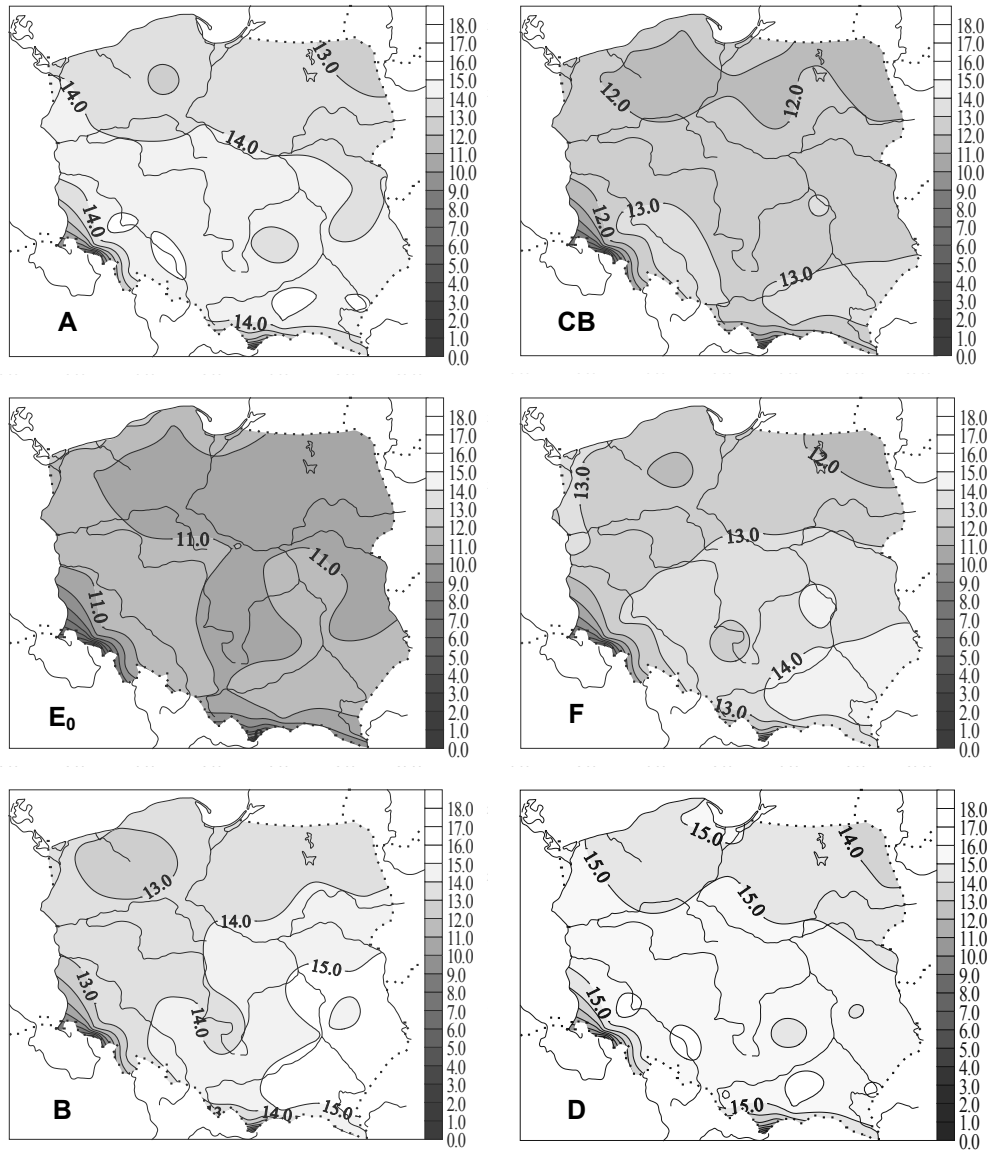
Rys. 116b. Zależność temperatury powietrza w Polsce (°C) od typów cyrkulacji antycyklonalnej (1971-1995) – lipiec
 Dependence of air temperature in Poland (°C) upon the anticyclonal circulation type (1971-1995) – July



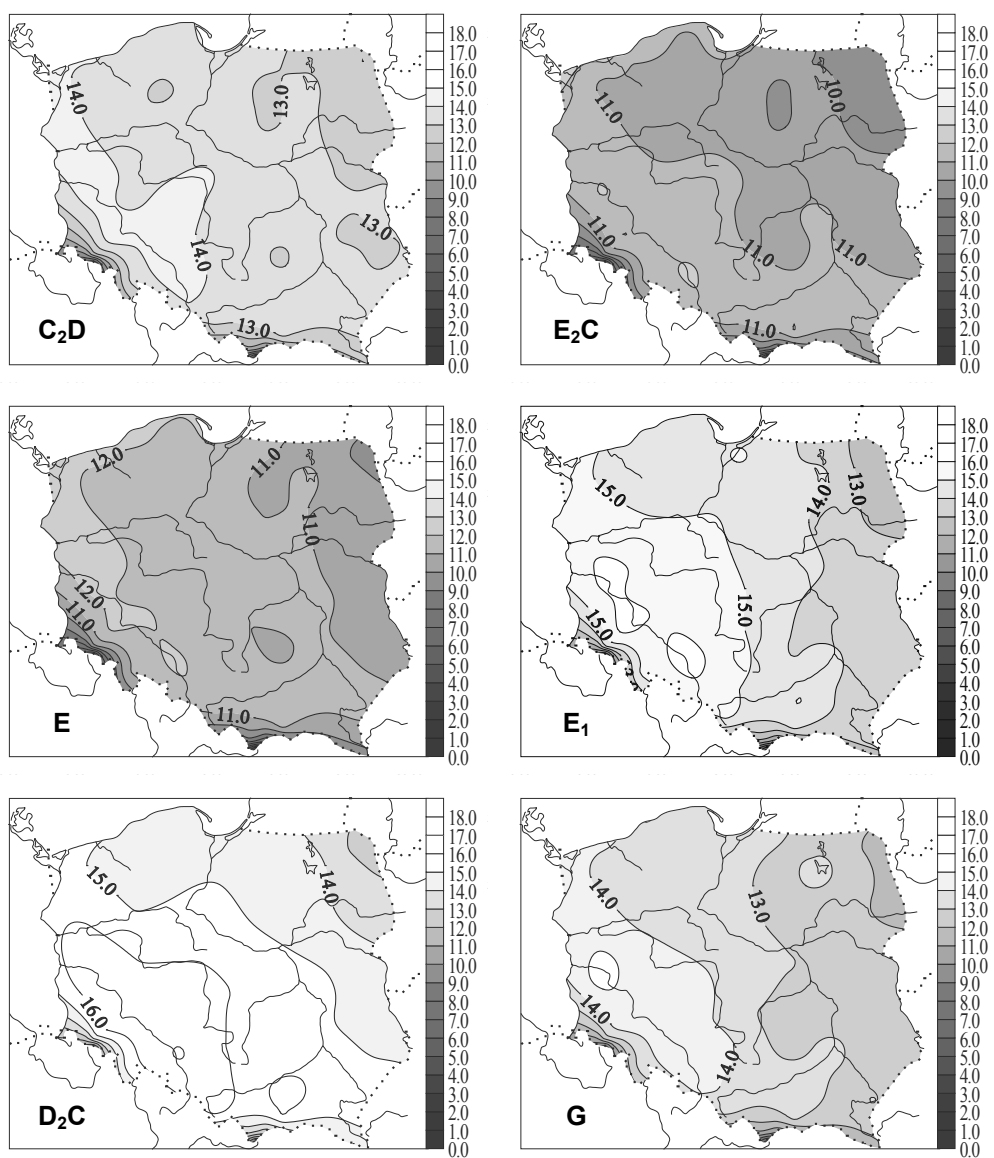
Rys. 117a. Zależność temperatury powietrza w Polsce (°C) od typów cyrkulacji cyklonalnej (1971-1995) – sierpień
 Dependence of air temperature in Poland (°C) upon the cyclonal circulation type (1971-1995) – August



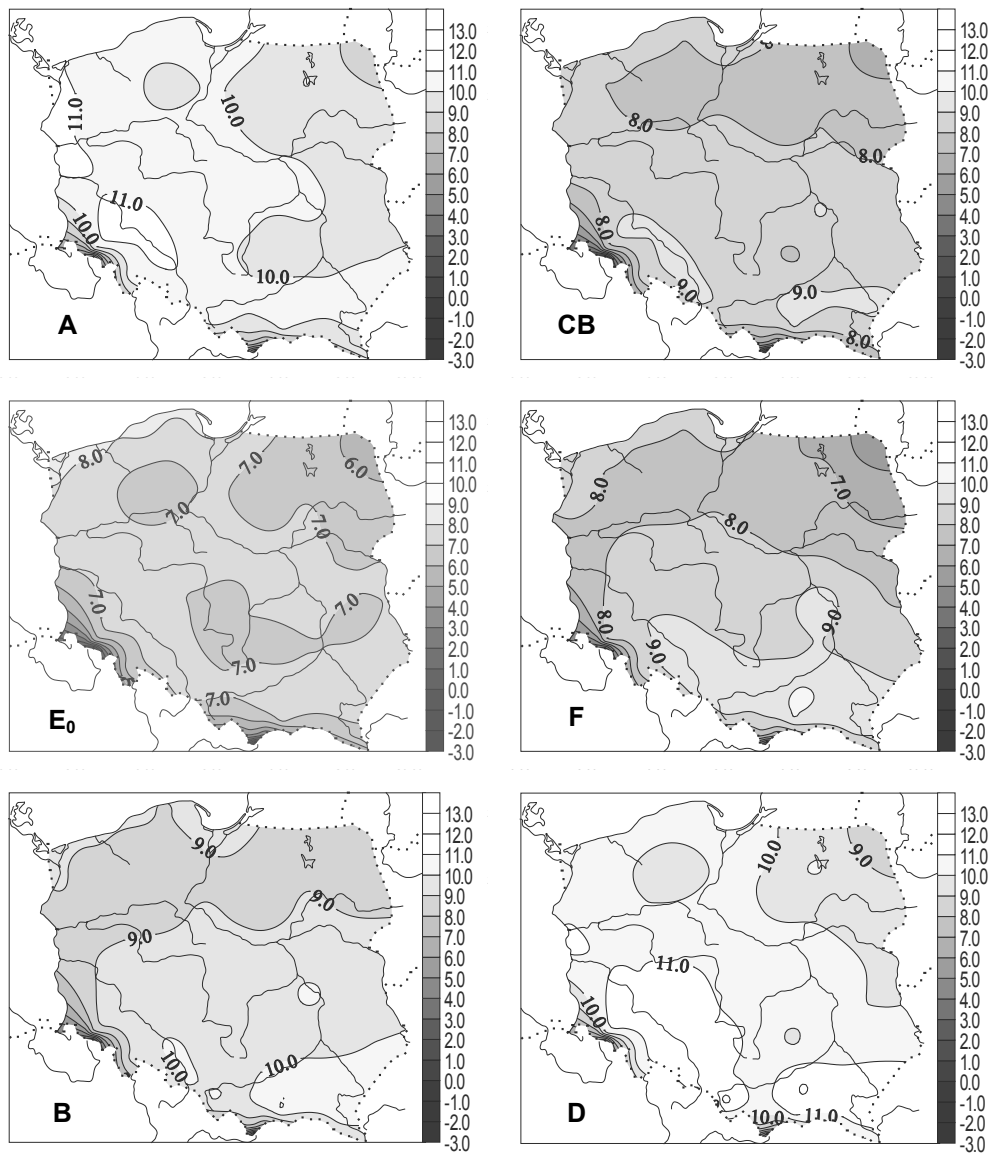
Rys. 117b. Zależność temperatury powietrza w Polsce (°C) od typów cyrkulacji antycyklonalnej (1971-1995) – sierpień
 Dependence of air temperature in Poland (°C) upon the anticyclonal circulation type (1971-1995) – August



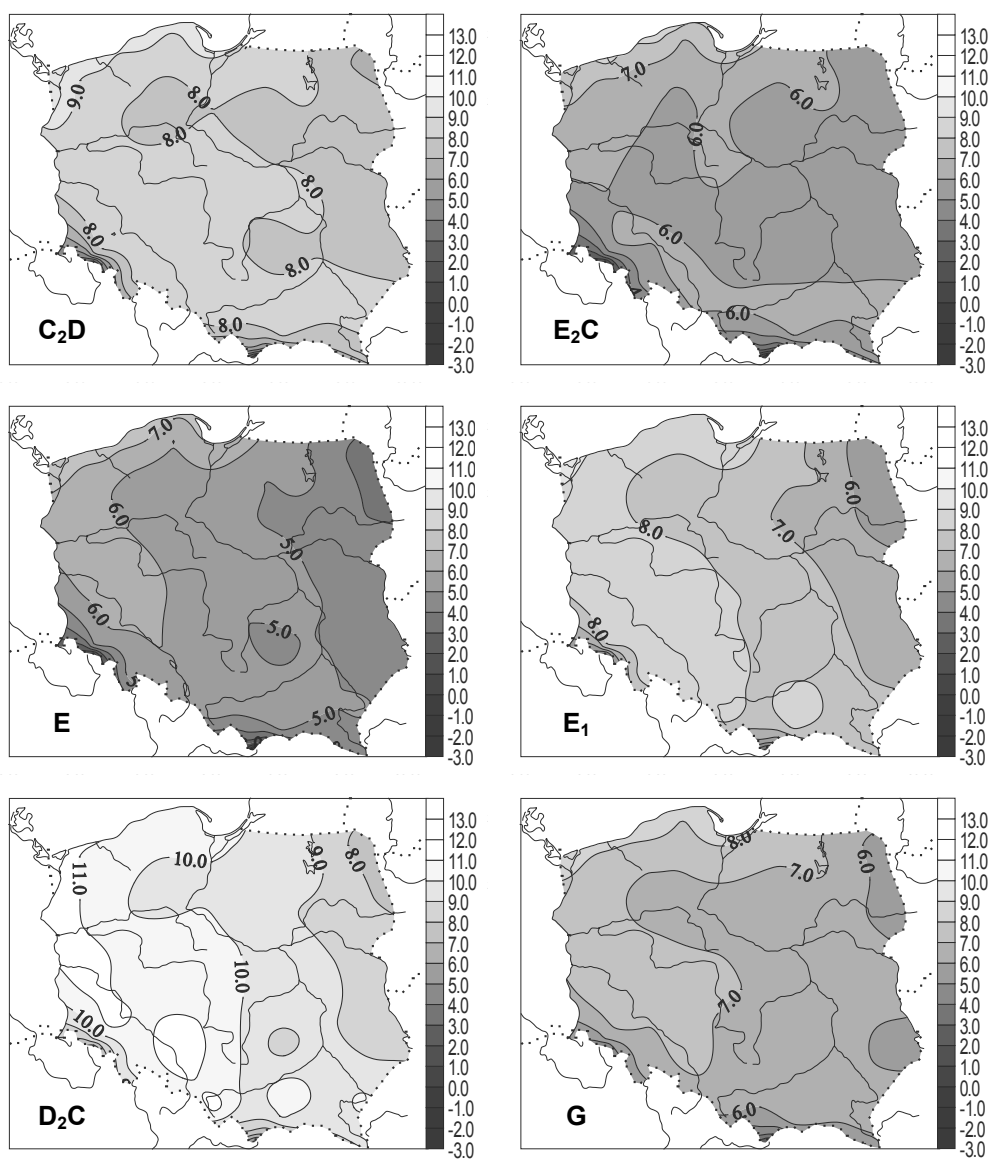
Rys. 118a. Zależność temperatury powietrza w Polsce (°C) od typów cyrkulacji cyklonalnej (1971-1995) – wrzesień
 Dependence of air temperature in Poland (°C) upon the cyclonal circulation type (1971-1995) – September



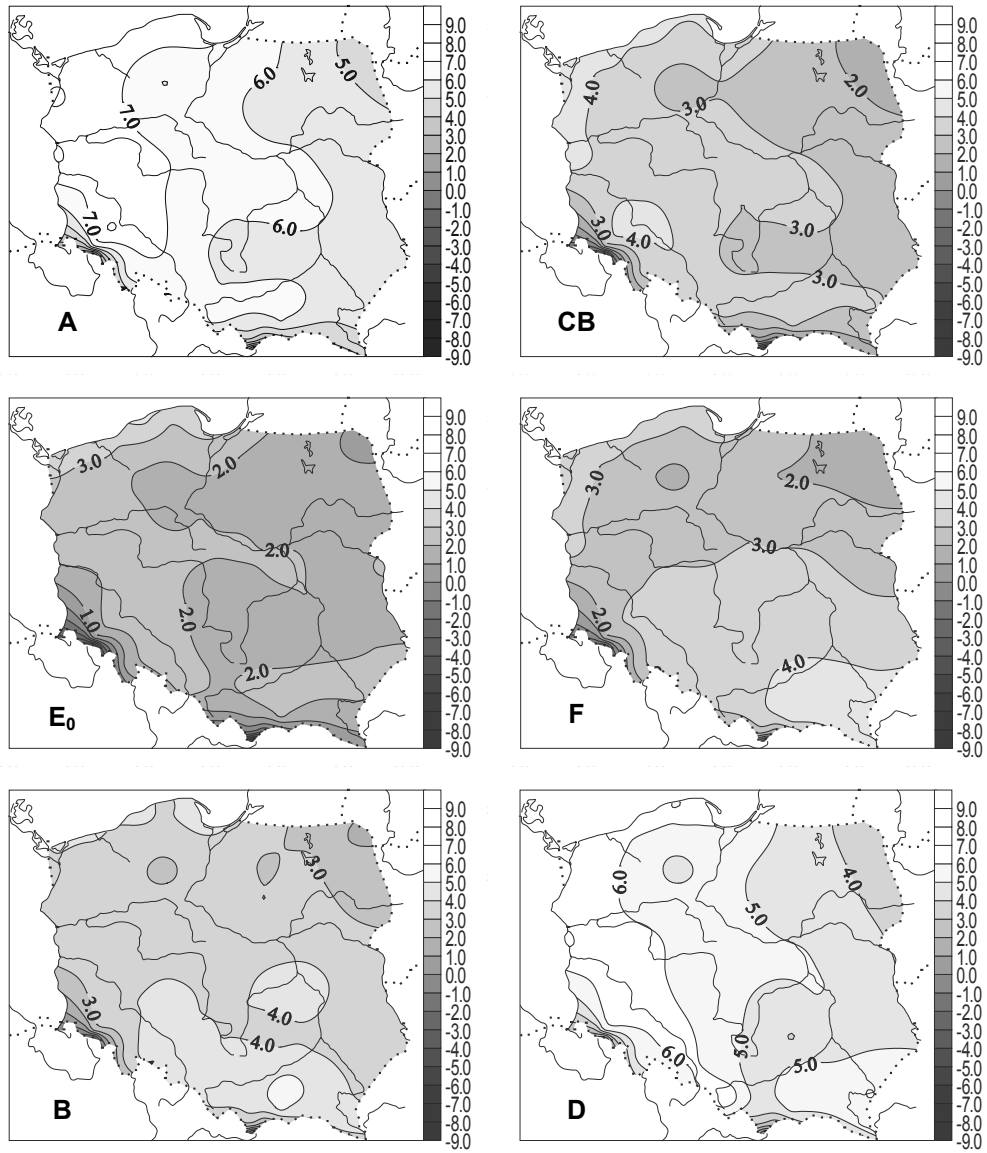
Rys. 118b. Zależność temperatury powietrza w Polsce (°C) od typów cyrkulacji antycyklonalnej (1971-1995) – wrzesień
 Dependence of air temperature in Poland (°C) upon the anticyclonal circulation type (1971-1995) – September



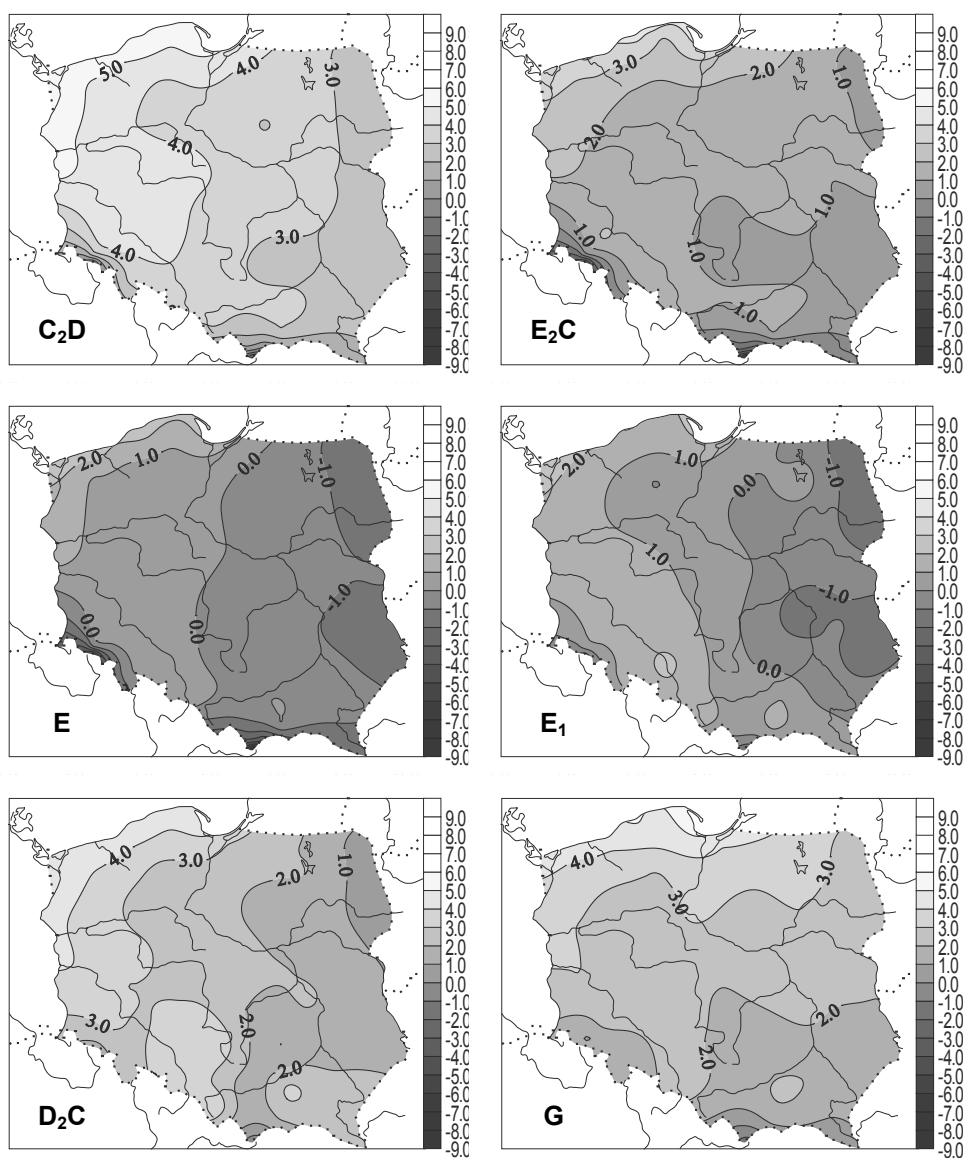
Rys. 119a. Zależność temperatury powietrza w Polsce (°C) od typów cyrkulacji cyklonalnej (1971-1995) – październik
 Dependence of air temperature in Poland (°C) upon the cyclonal circulation type (1971-1995) – October



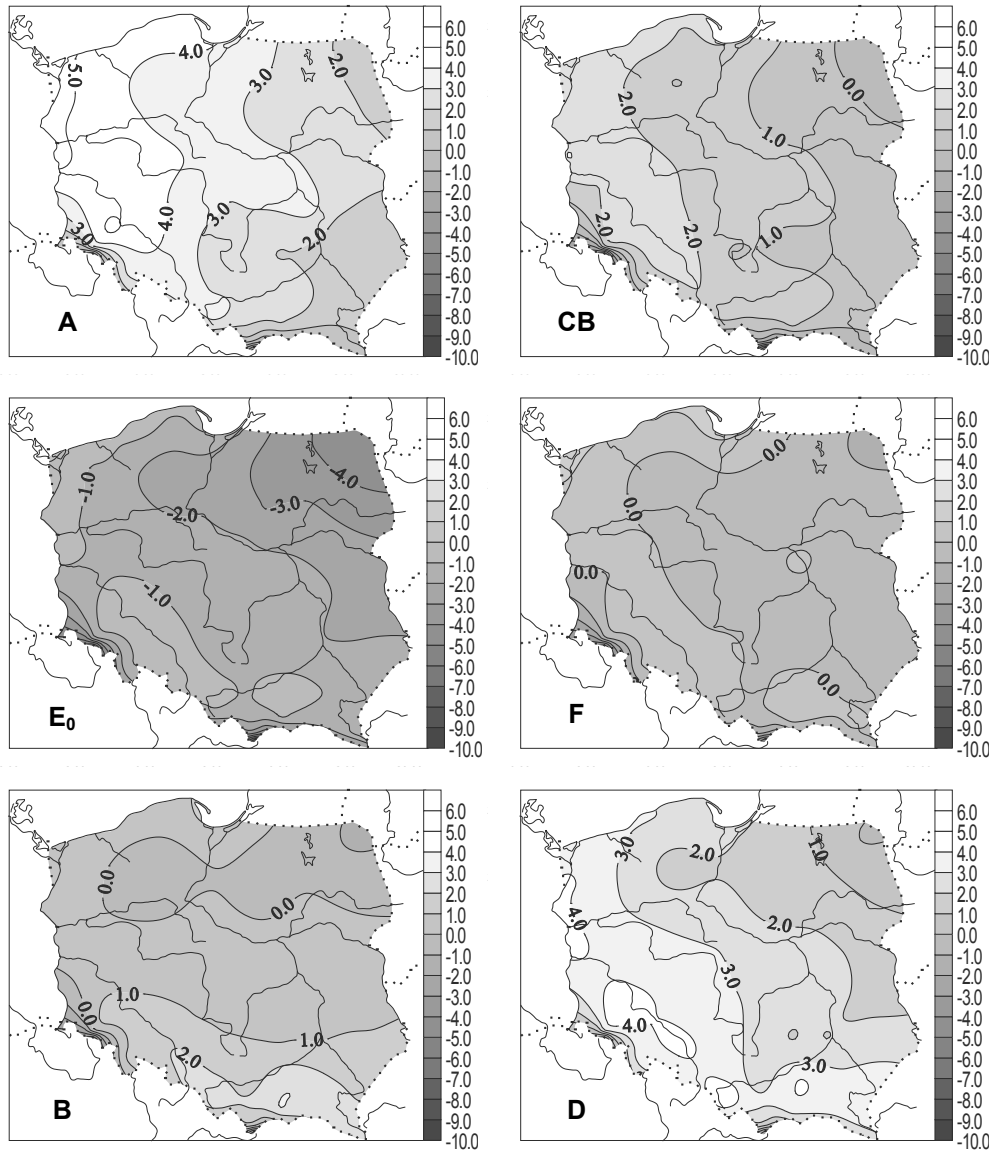
Rys. 119b. Zależność temperatury powietrza w Polsce (°C) od typów cyrkulacji antycyklonalnej (1971-1995) – październik
 Dependence of air temperature in Poland (°C) upon the anticyclonal circulation type (1971-1995) – October



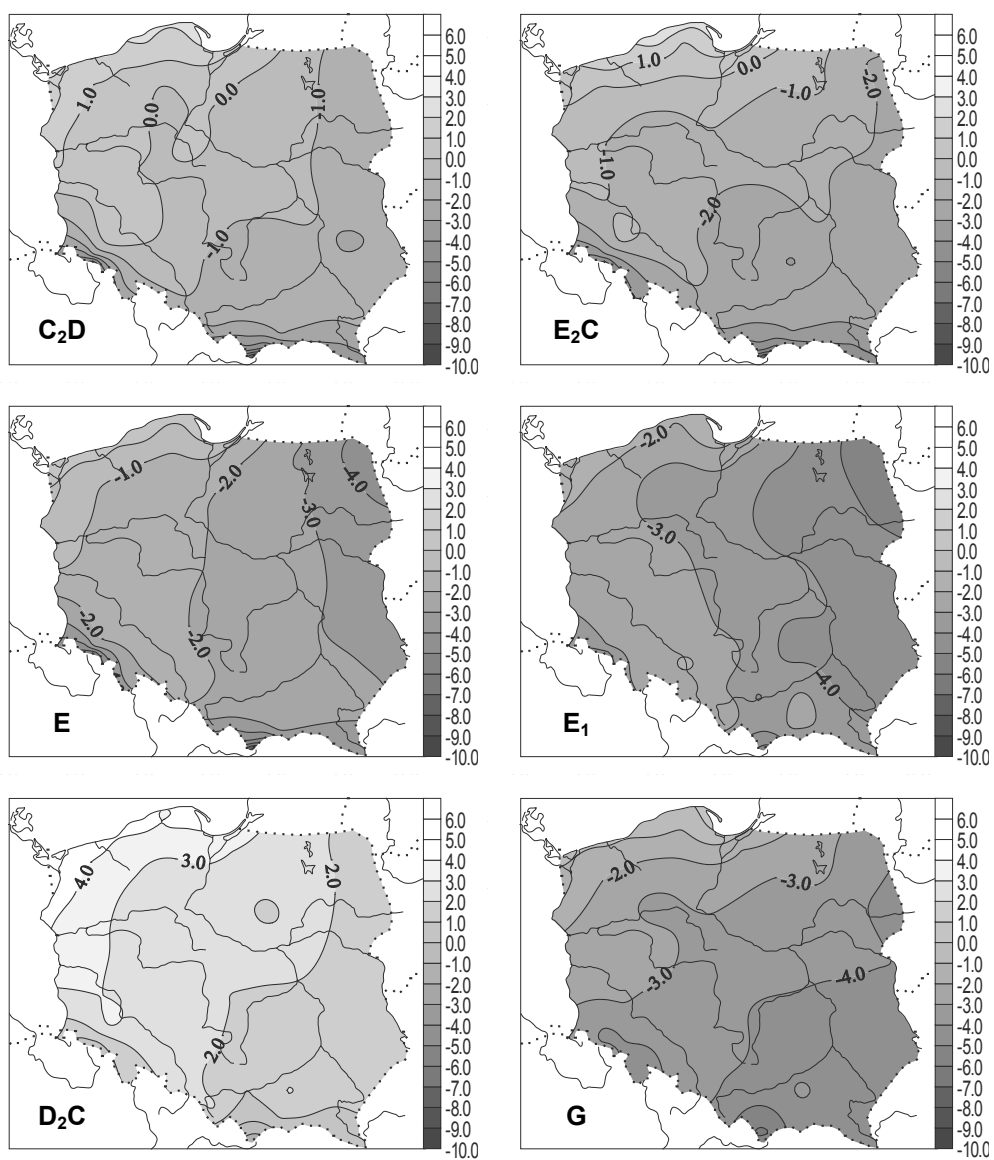
Rys. 120a. Zależność temperatury powietrza w Polsce (°C) od typów cyrkulacji cyklonalnej (1971-1995) – listopad
 Dependence of air temperature in Poland (°C) upon the cyclonal circulation type (1971-1995) – November



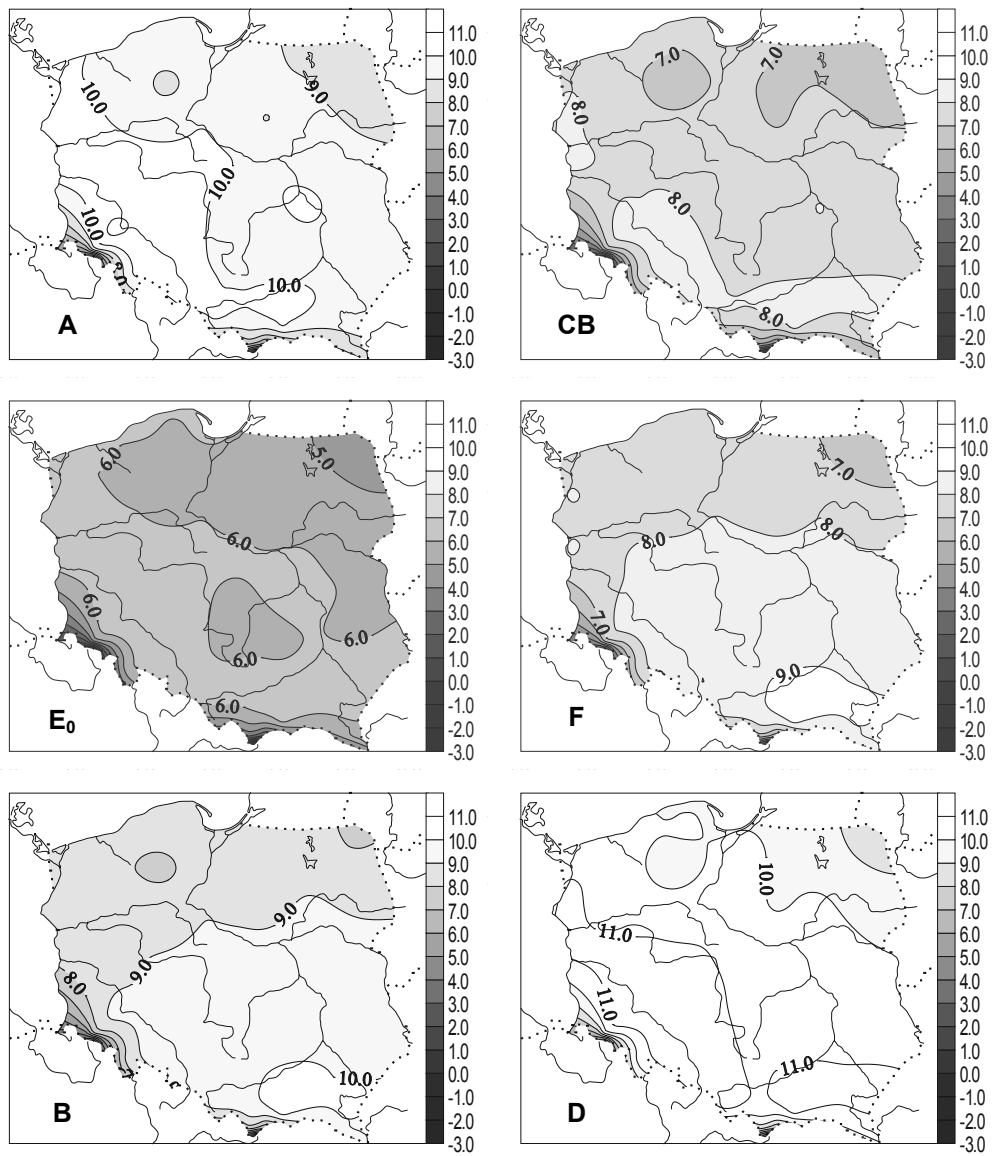
Rys. 120b. Zależność temperatury powietrza w Polsce (°C) od typów cyrkulacji antycyklonalnej (1971-1995) – listopad
 Dependence of air temperature in Poland (°C) upon the anticyclonal circulation type (1971-1995) – November



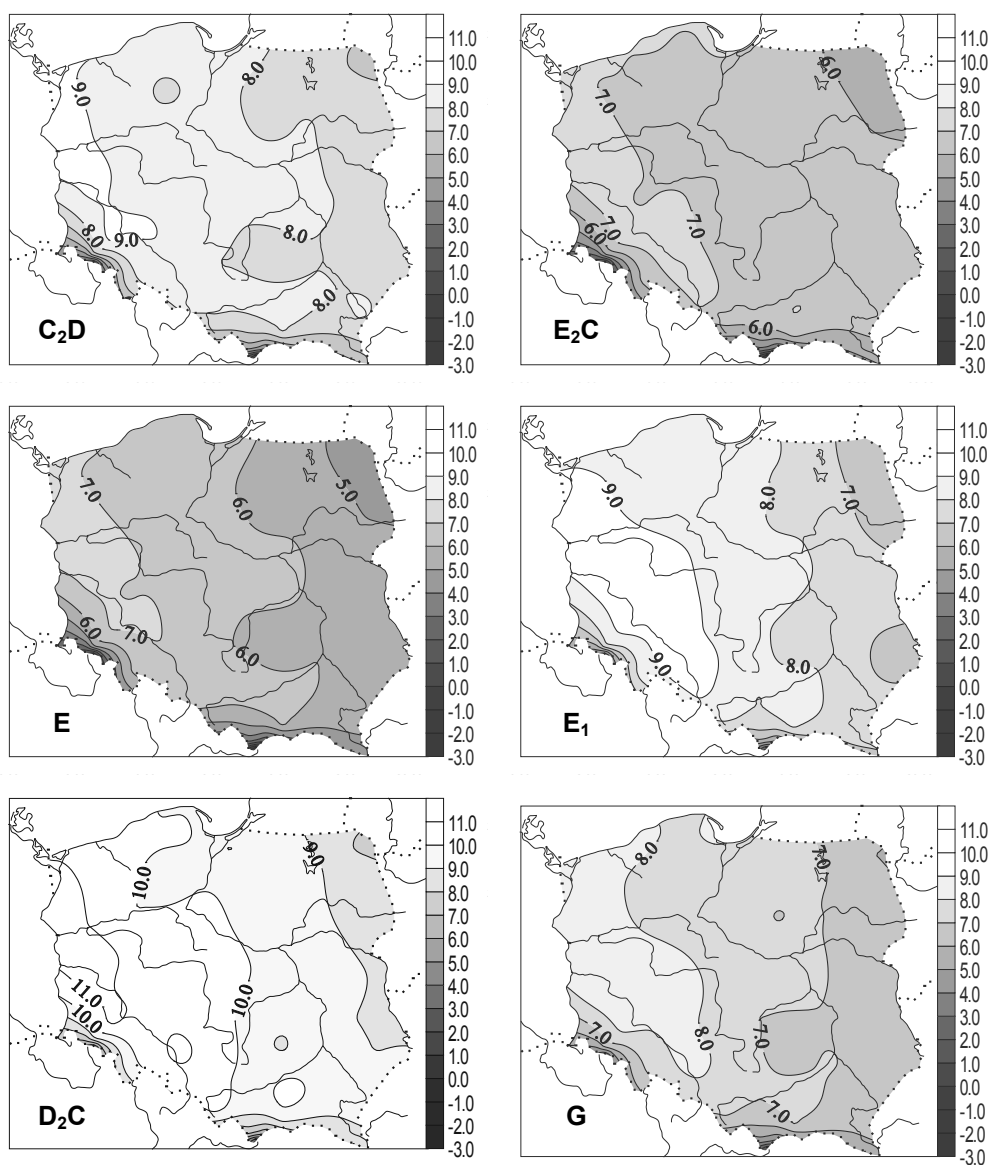
Rys. 121a. Zależność temperatury powietrza w Polsce (°C) od typów cyrkulacji cyklonalnej (1971-1995) – grudzień
 Dependence of air temperature in Poland (°C) upon the cyclonal circulation type (1971-1995) – December



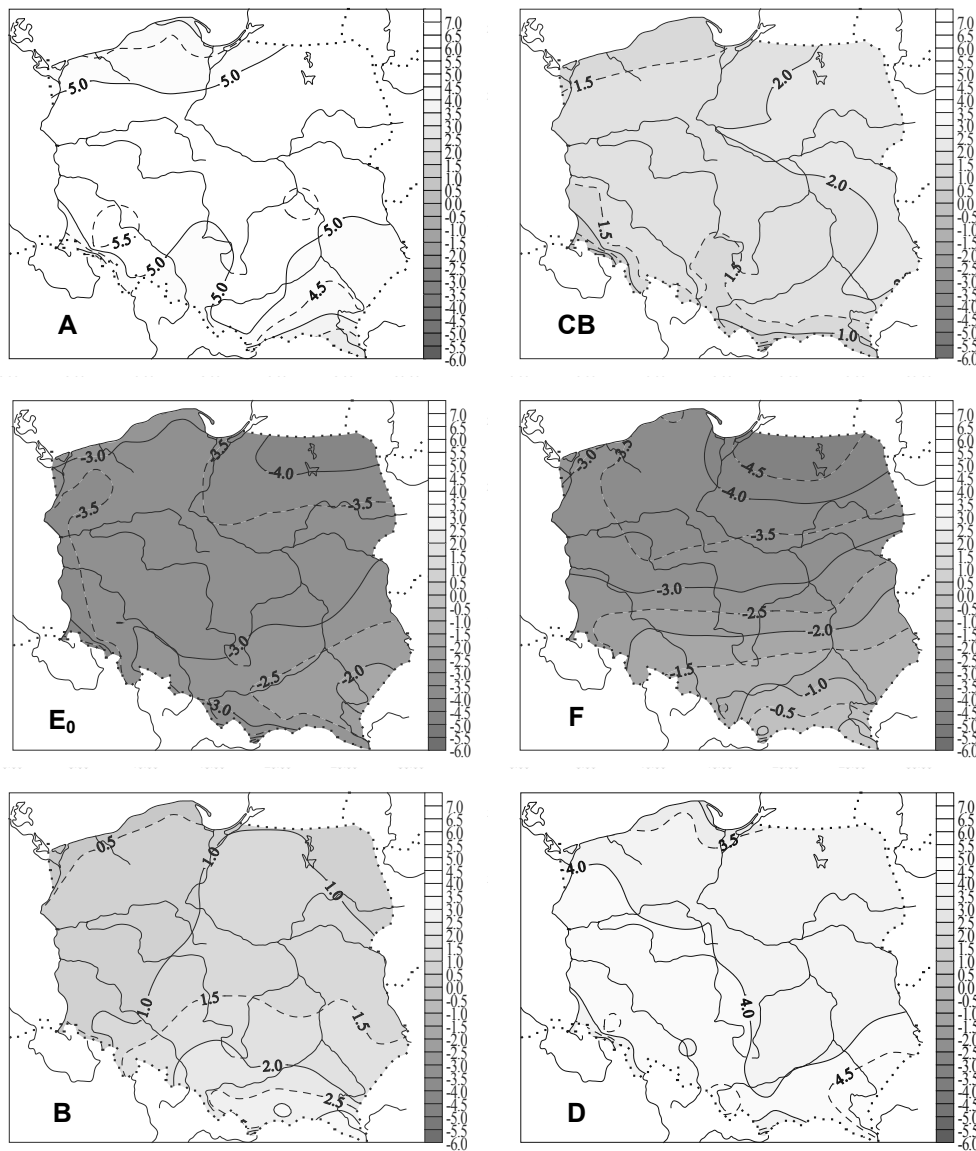
Rys. 121b. Zależność temperatury powietrza w Polsce (°C) od typów cyrkulacji antycyklonalnej (1971-1995) – grudzień
 Dependence of air temperature in Poland (°C) upon the anticyclonal circulation type (1971-1995) – December



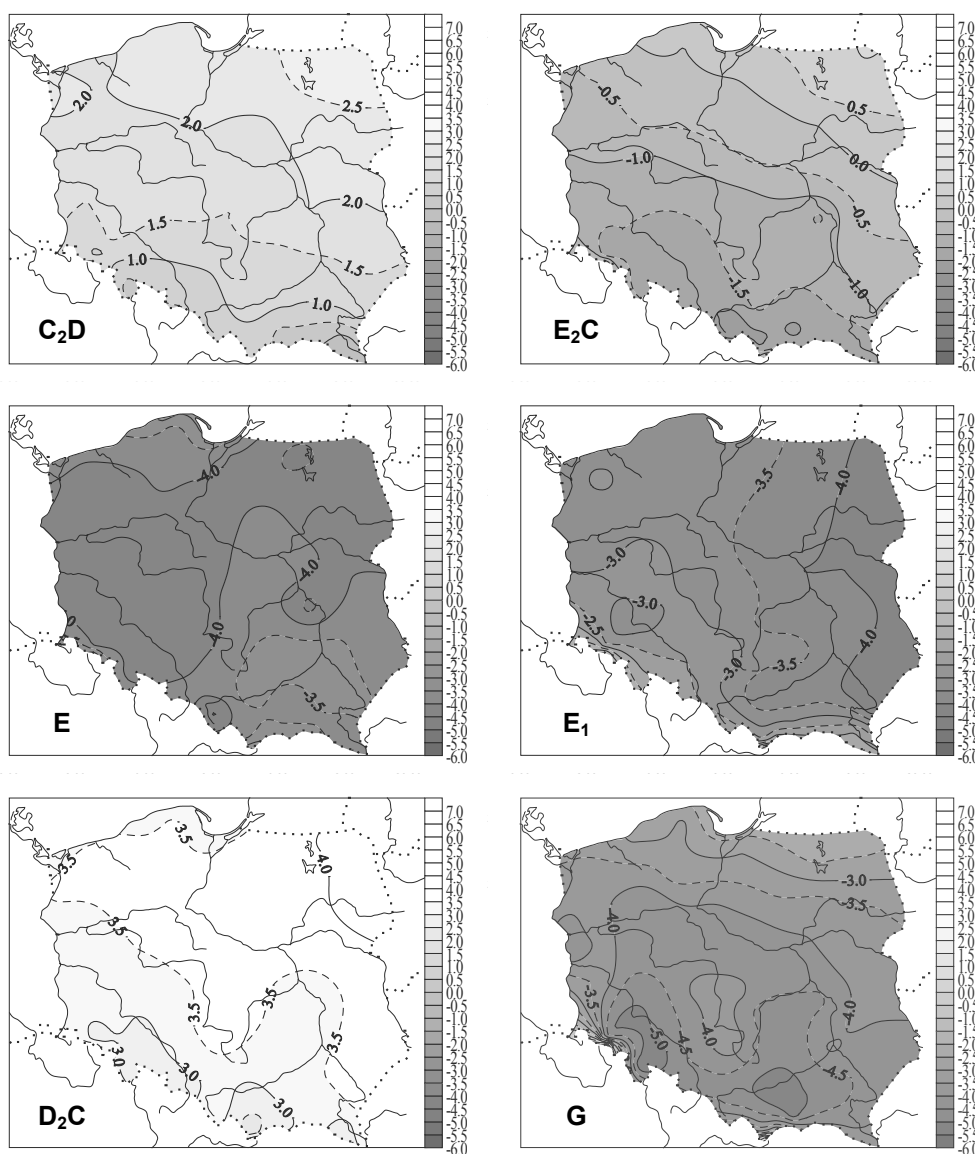
Rys. 122a. Zależność temperatury powietrza w Polsce (°C) od typów cyrkulacji cyklonalnej (1971-1995) – rok
 Dependence of air temperature in Poland (°C) upon the cyclonal circulation type (1971-1995) – Year



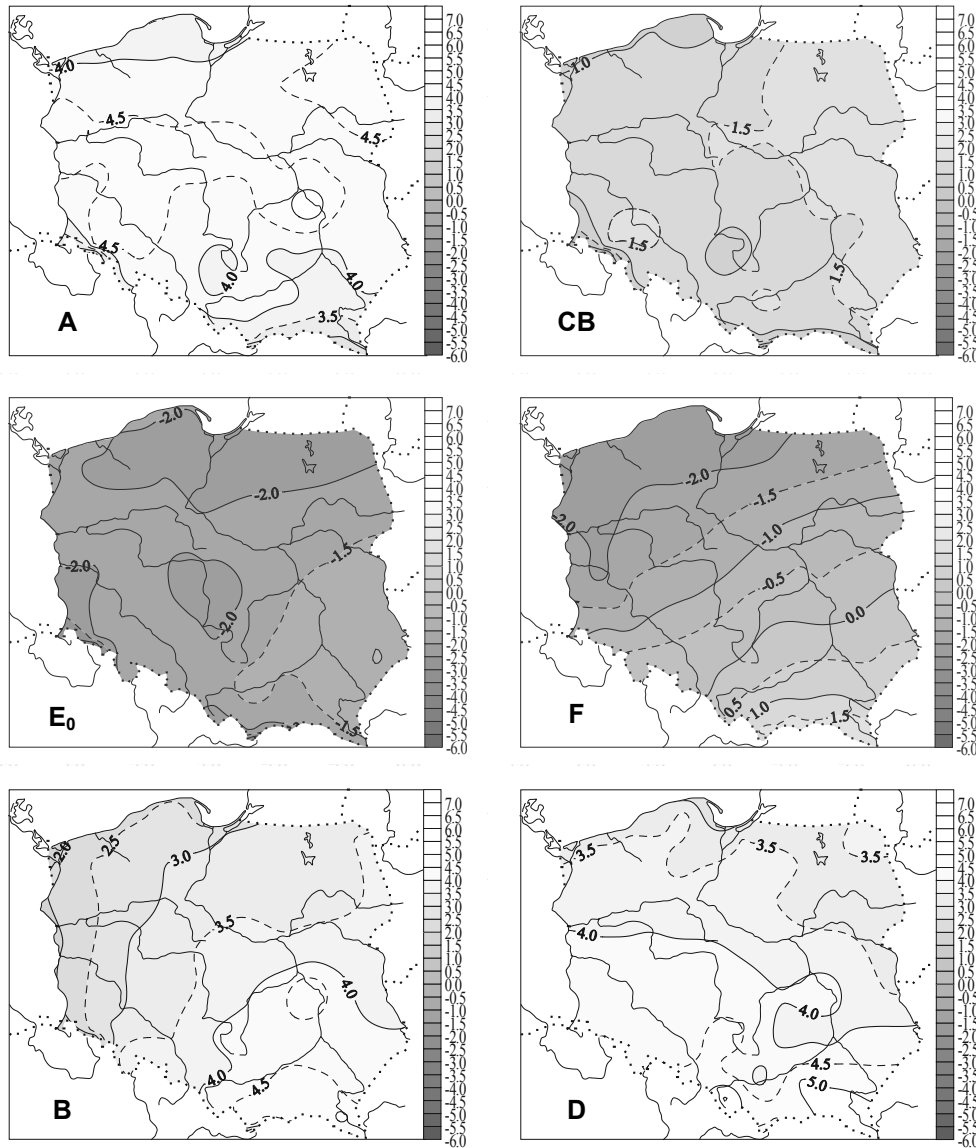
Rys. 122b. Zależność temperatury powietrza w Polsce (°C) od typów cyrkulacji antycyklonalnej (1971-1995) – rok
 Dependence of air temperature in Poland (°C) upon the anticyclonal circulation type (1971-1995) – Year



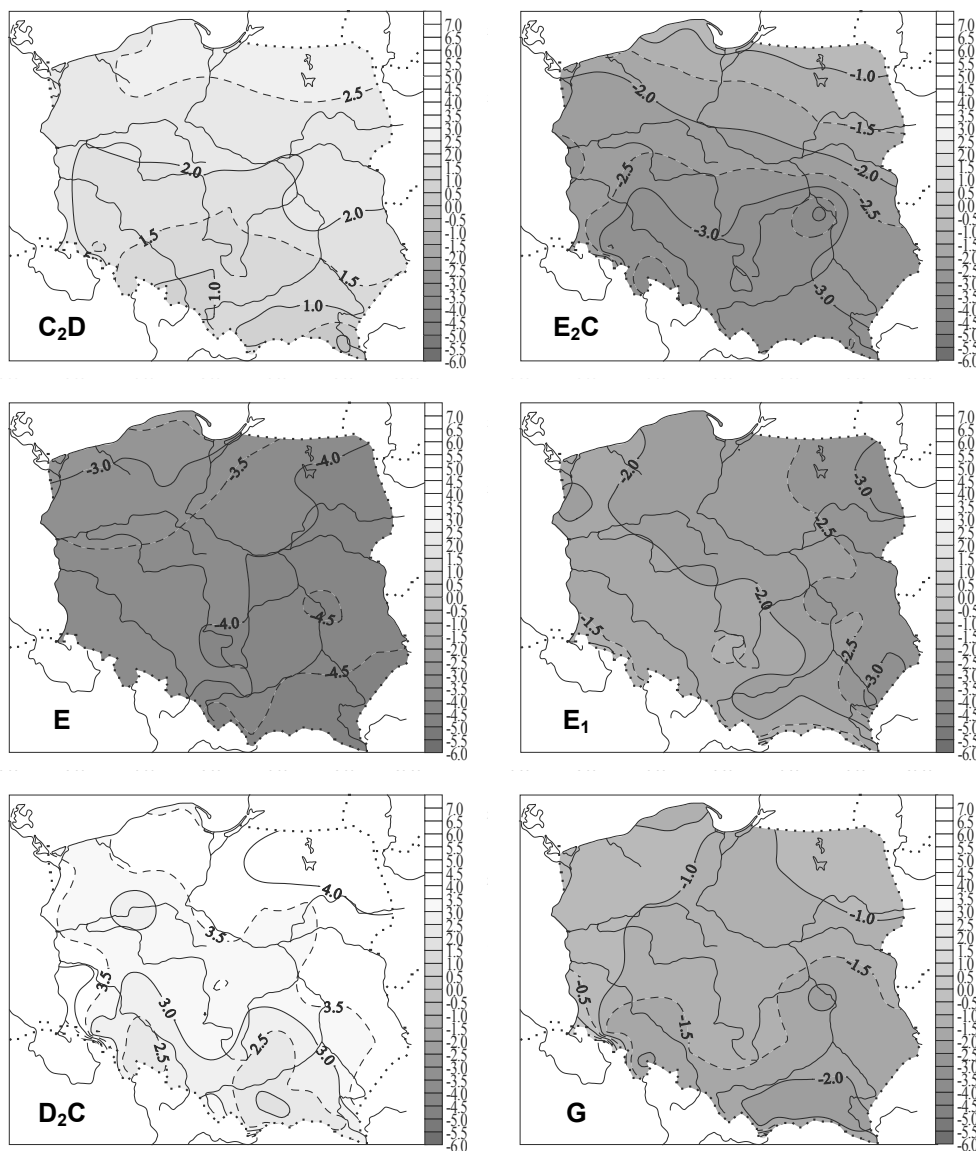
Rys. 123a. Anomalie temperatury powietrza w Polsce (°C) w zależności od typów cyrkulacji cyklonalnej (1971-1995) – styczeń
 Anomalies of air temperature in Poland (°C) upon the cyclonal circulation type (1971-1995) – January



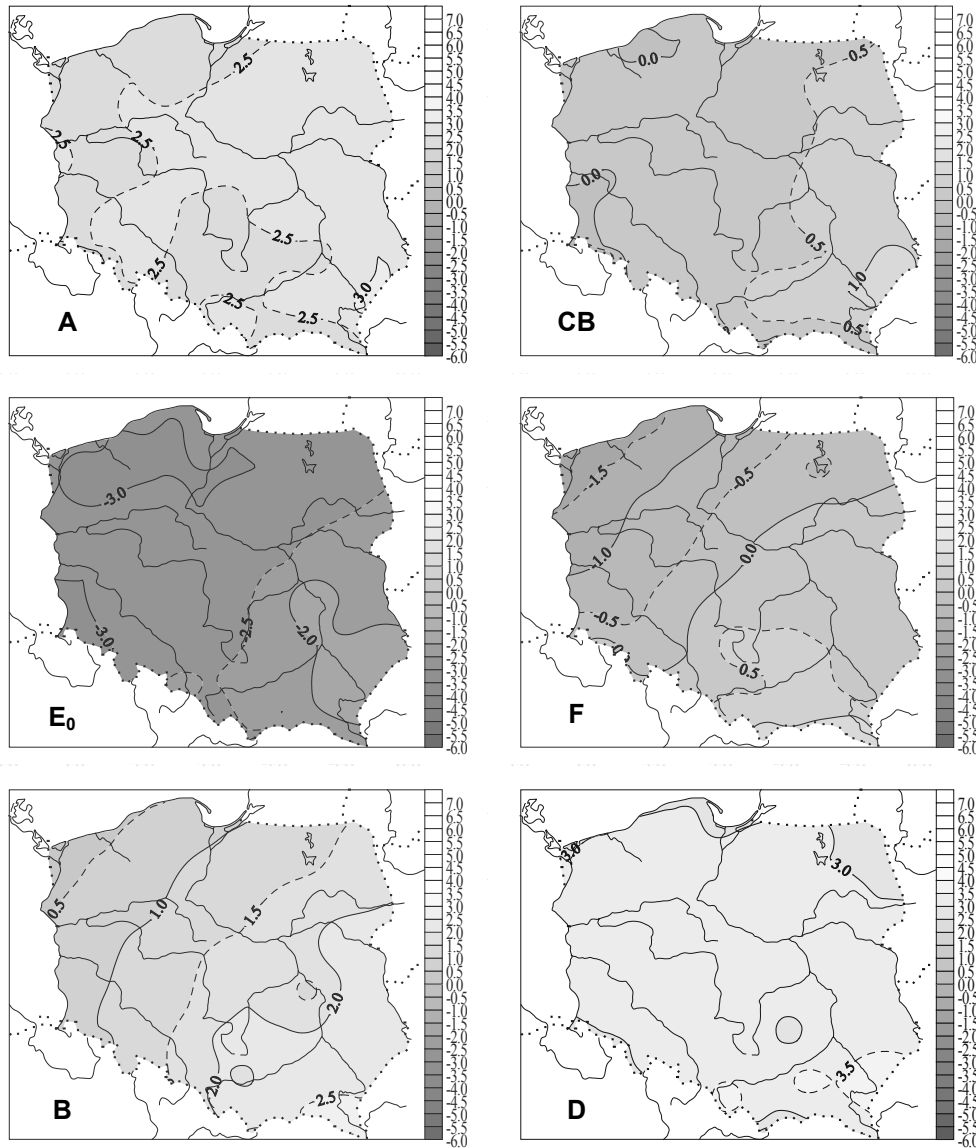
Rys. 123b. Anomalie temperatury powietrza w Polsce (°C) w zależności od typów cyrkulacji antycyklonalnej (1971-1995) – styczeń
 Anomalies of air temperature in Poland (°C) upon the anticyclonal circulation type (1971-1995) – January



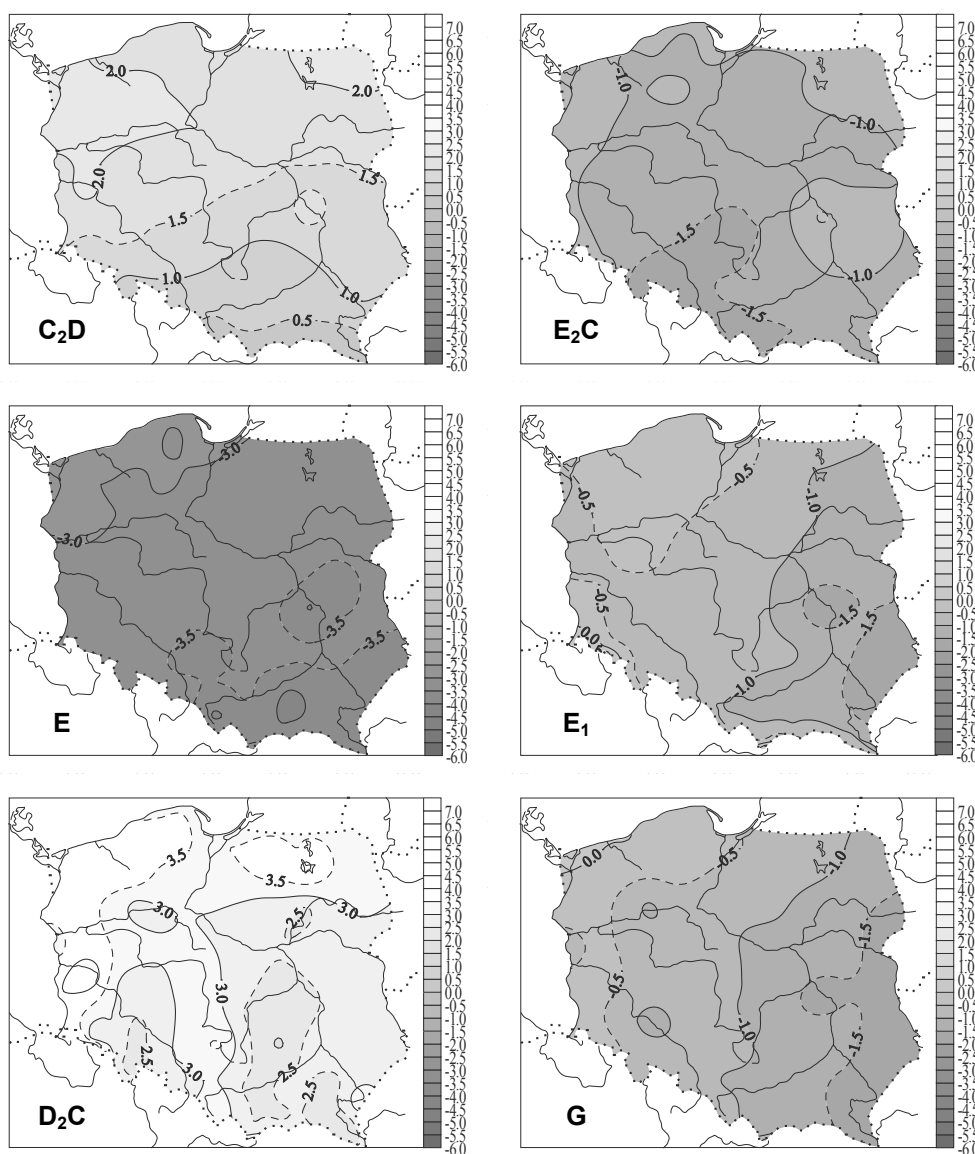
Rys. 124a. Anomalie temperatury powietrza w Polsce (°C) w zależności od typów cyrkulacji cyklonalnej (1971-1995) – luty
 Anomalies of air temperature in Poland (°C) upon the cyclonal circulation type (1971-1995) – February



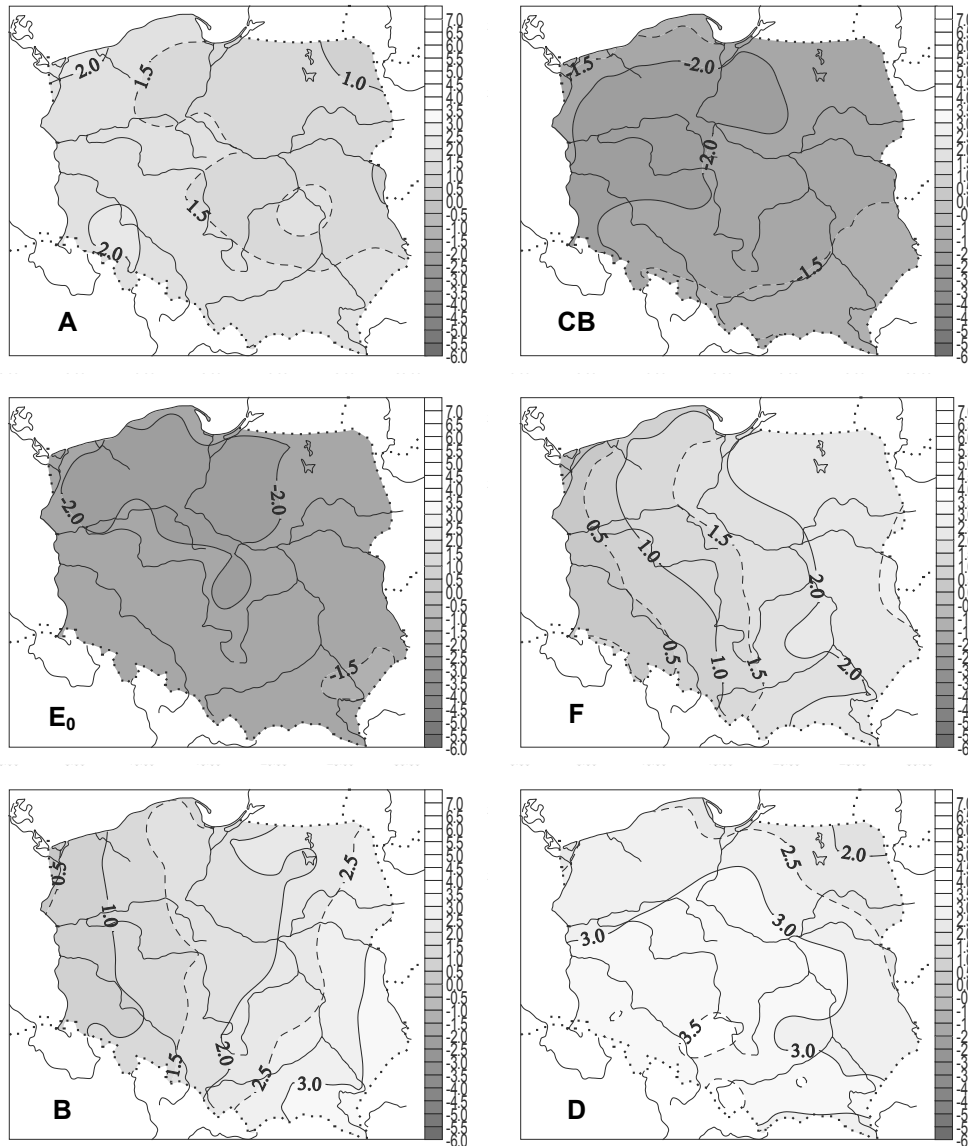
Rys. 124b. Anomalie temperatury powietrza w Polsce (°C) w zależności od typów cyrkulacji antycyklonalnej (1971-1995) – luty
 Anomalies of air temperature in Poland (°C) upon the anticyclonal circulation type (1971-1995) – February



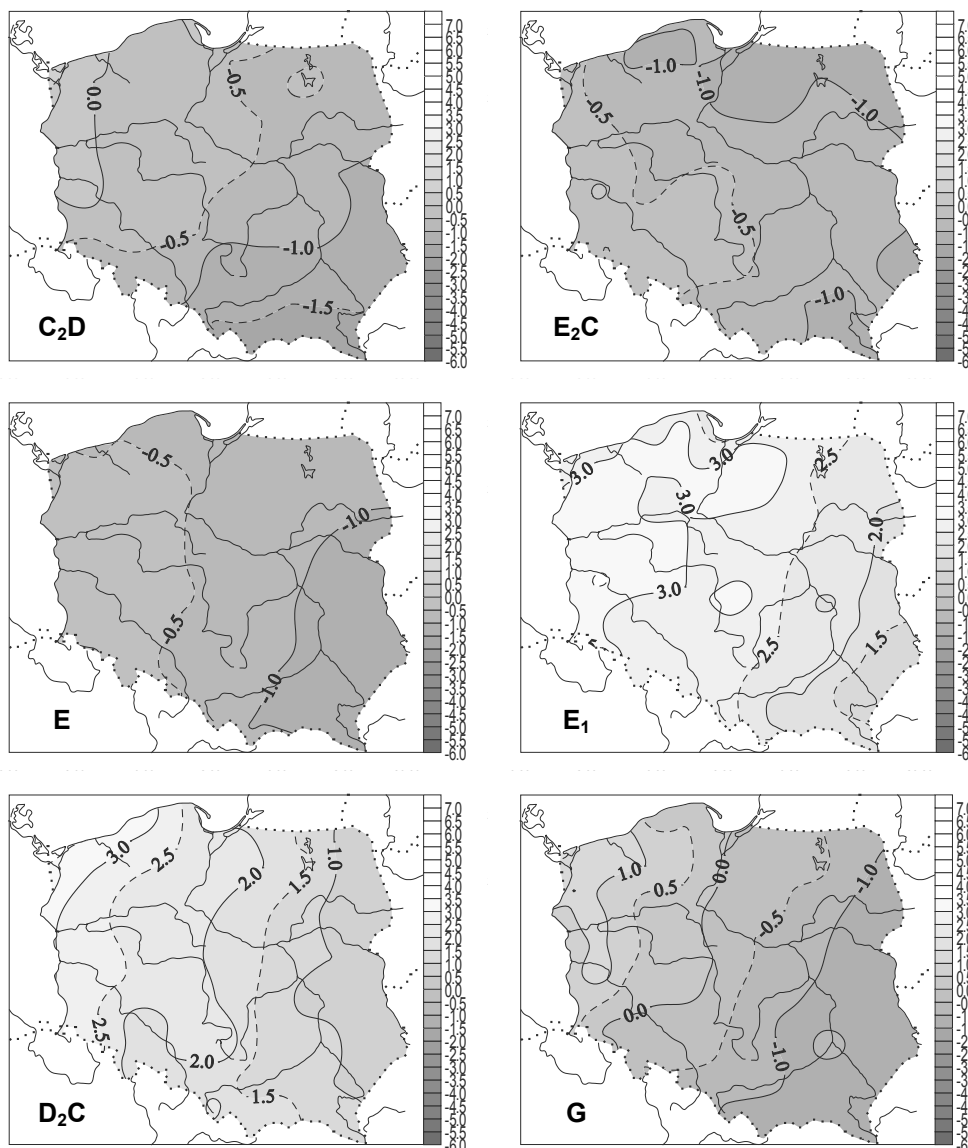
Rys. 125a. Anomalie temperatury powietrza w Polsce (°C) w zależności od typów cyrkulacji cyklonalnej (1971-1995) – marzec
 Anomalies of air temperature in Poland (°C) upon the cyclonal circulation type (1971-1995) – March



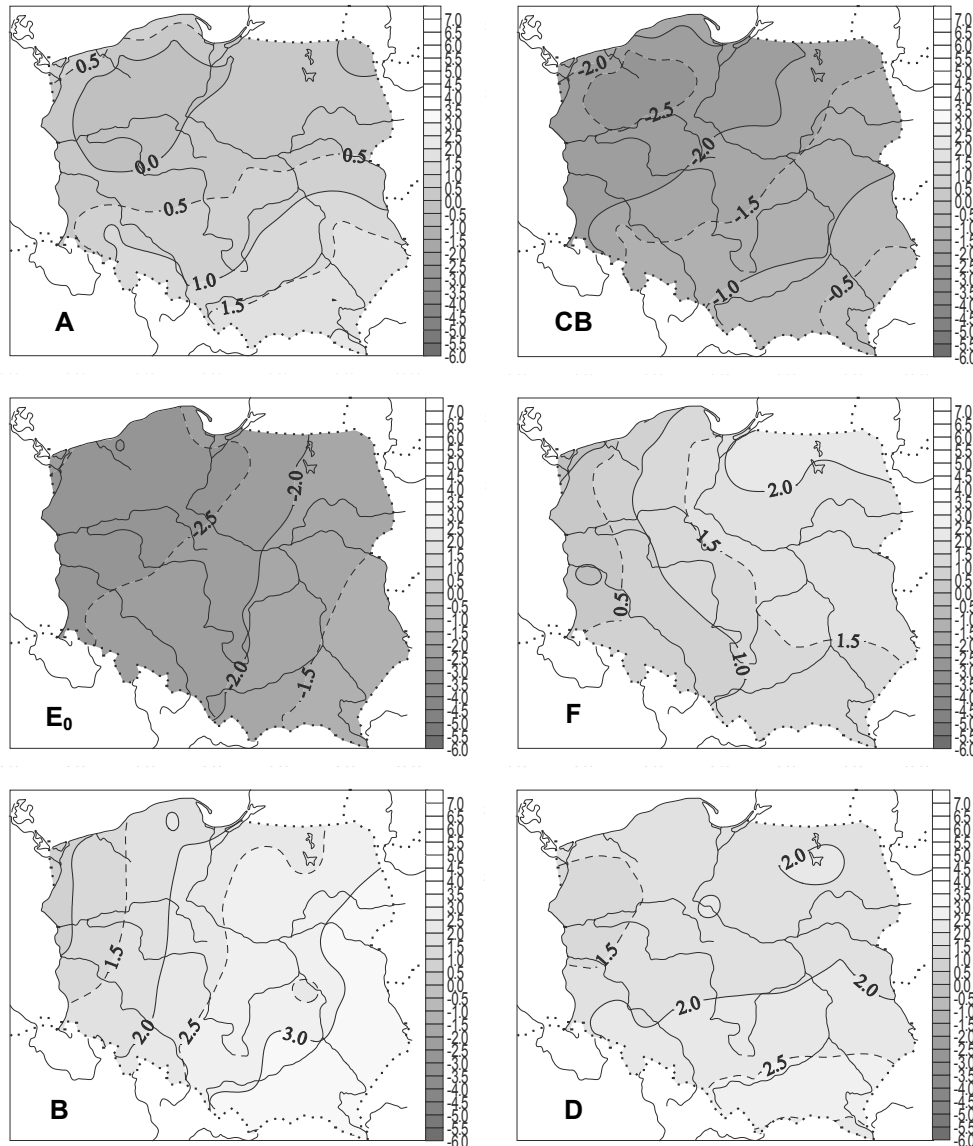
Rys. 125b. Anomalie temperatury powietrza w Polsce (°C) w zależności od typów cyrkulacji antycyklonalnej (1971-1995) – marzec
 Anomalies of air temperature in Poland (°C) upon the anticyclonal circulation type (1971-1995) – March



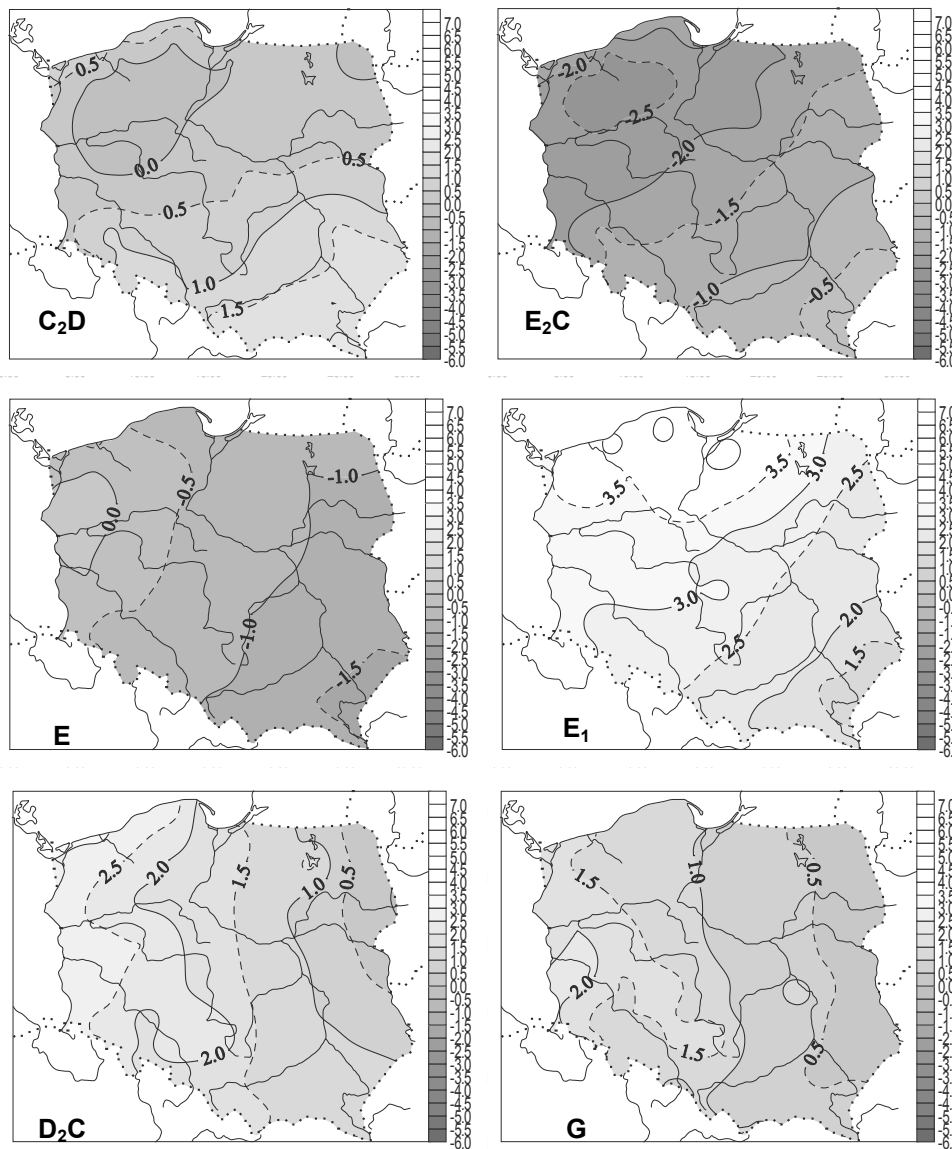
Rys. 126a. Anomalie temperatury powietrza w Polsce (°C) w zależności od typów cyrkulacji cyklonalnej (1971-1995) – kwiecień
 Anomalies of air temperature in Poland (°C) upon the cyclonal circulation type (1971-1995) – April



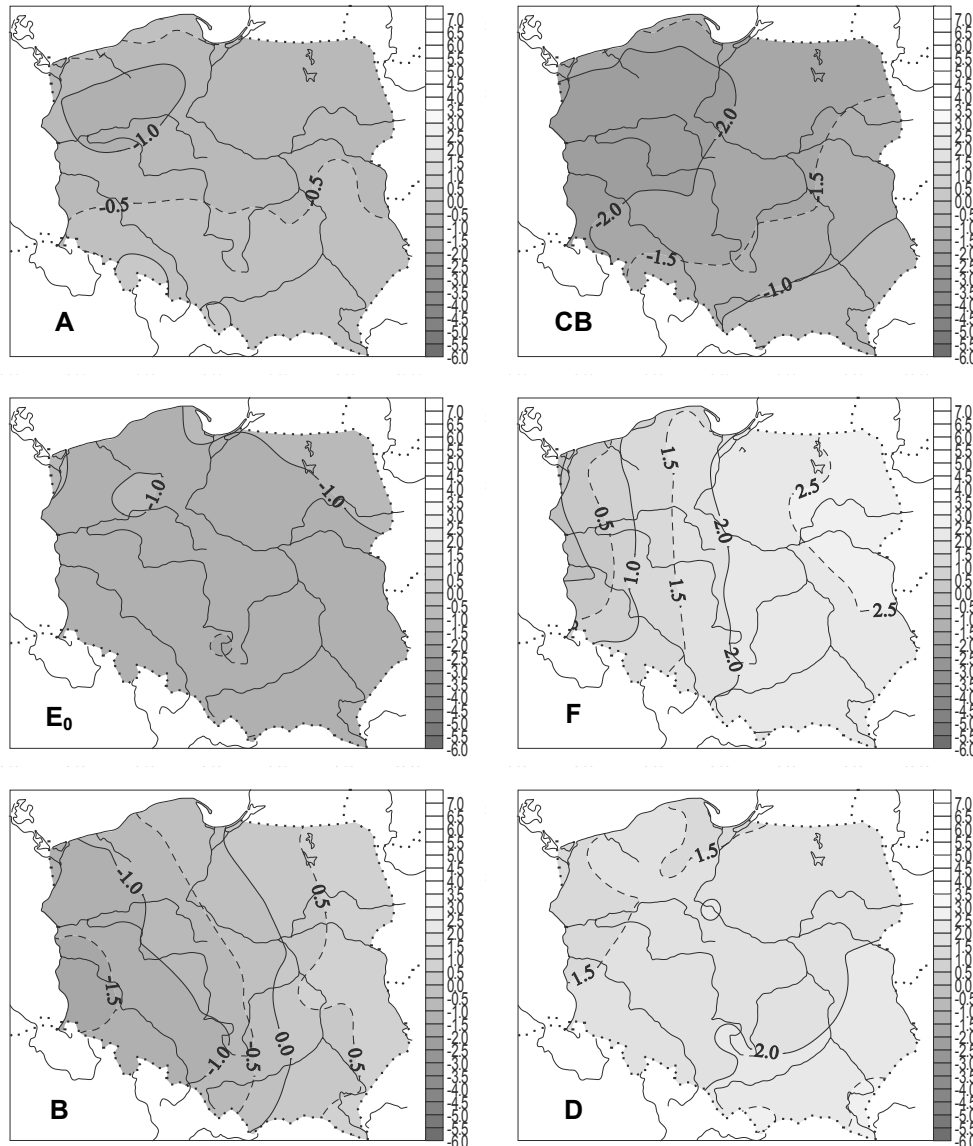
Rys. 17b. Anomalie temperatury powietrza w Polsce (°C) w zależności od typów cyrkulacji antycyklonalnej (1971-1995) – kwiecień
 Anomalies of air temperature in Poland (°C) upon the anticyclonal circulation type (1971-1995) – April



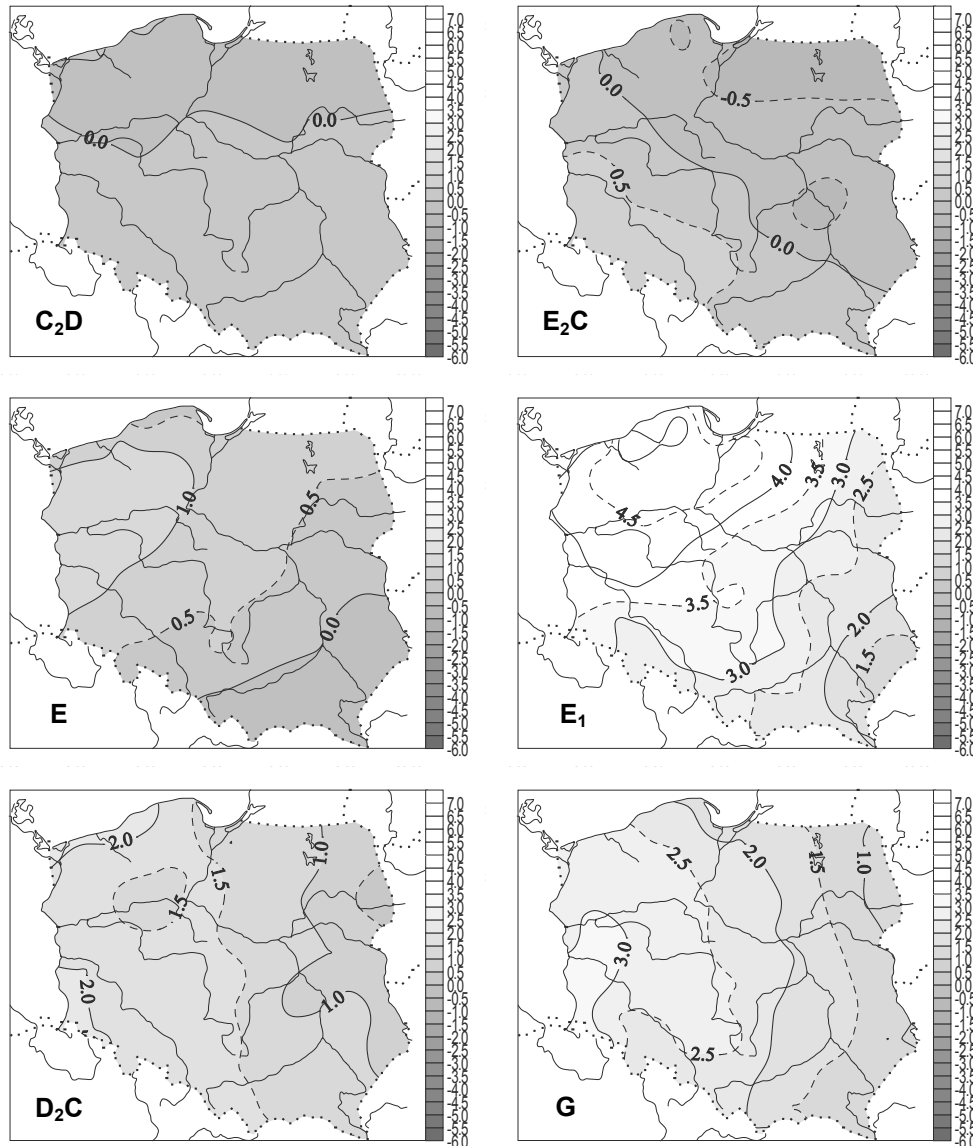
Rys. 127a. Anomalie temperatury powietrza w Polsce (°C) w zależności od typów cyrkulacji cyklonalnej (1971-1995) – maj
 Anomalies of air temperature in Poland (°C) upon the cyclonal circulation type (1971-1995) – May



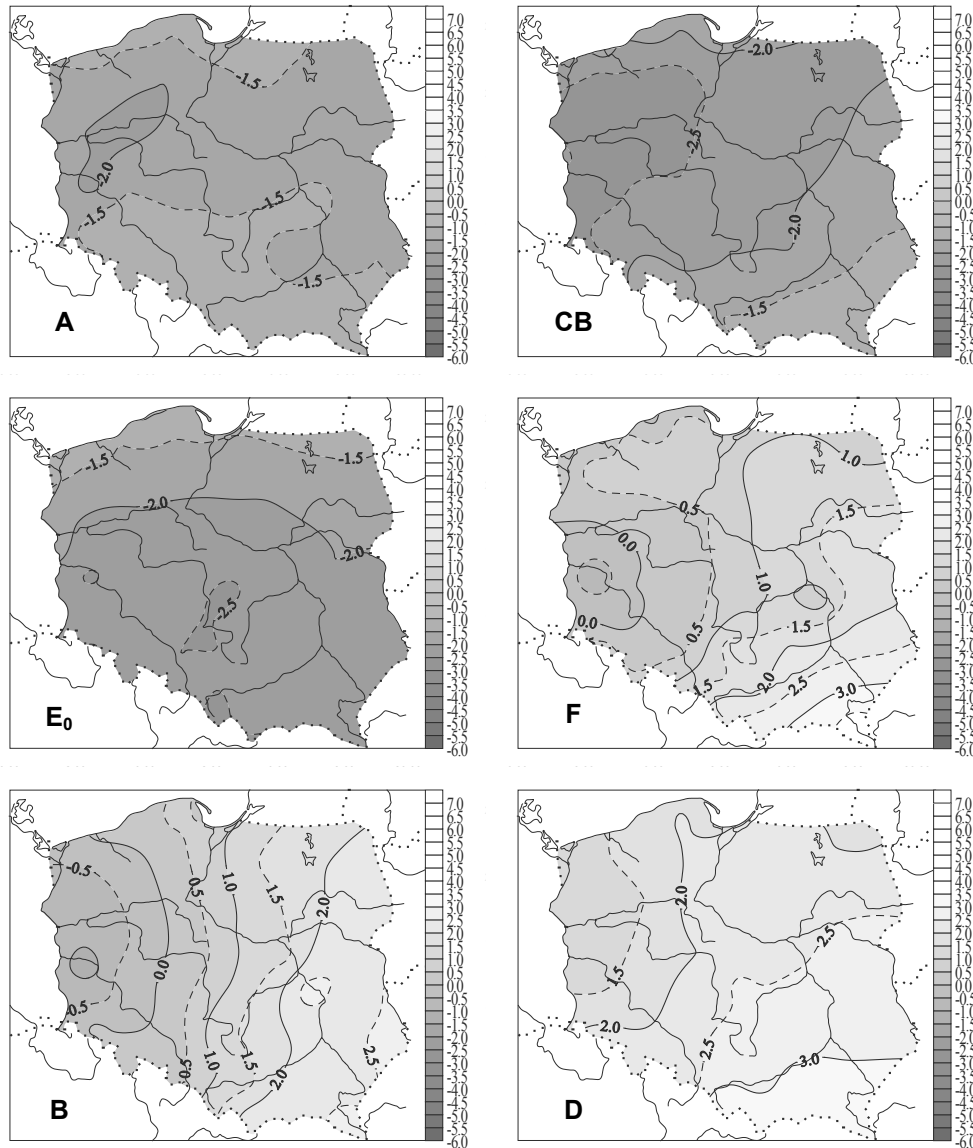
Rys. 127b. Anomalie temperatury powietrza w Polsce (°C) w zależności od typów cyrkulacji antycyklonalnej (1971-1995) – maj
 Anomalies of air temperature in Poland (°C) upon the anticyclonal circulation type (1971-1995) – May



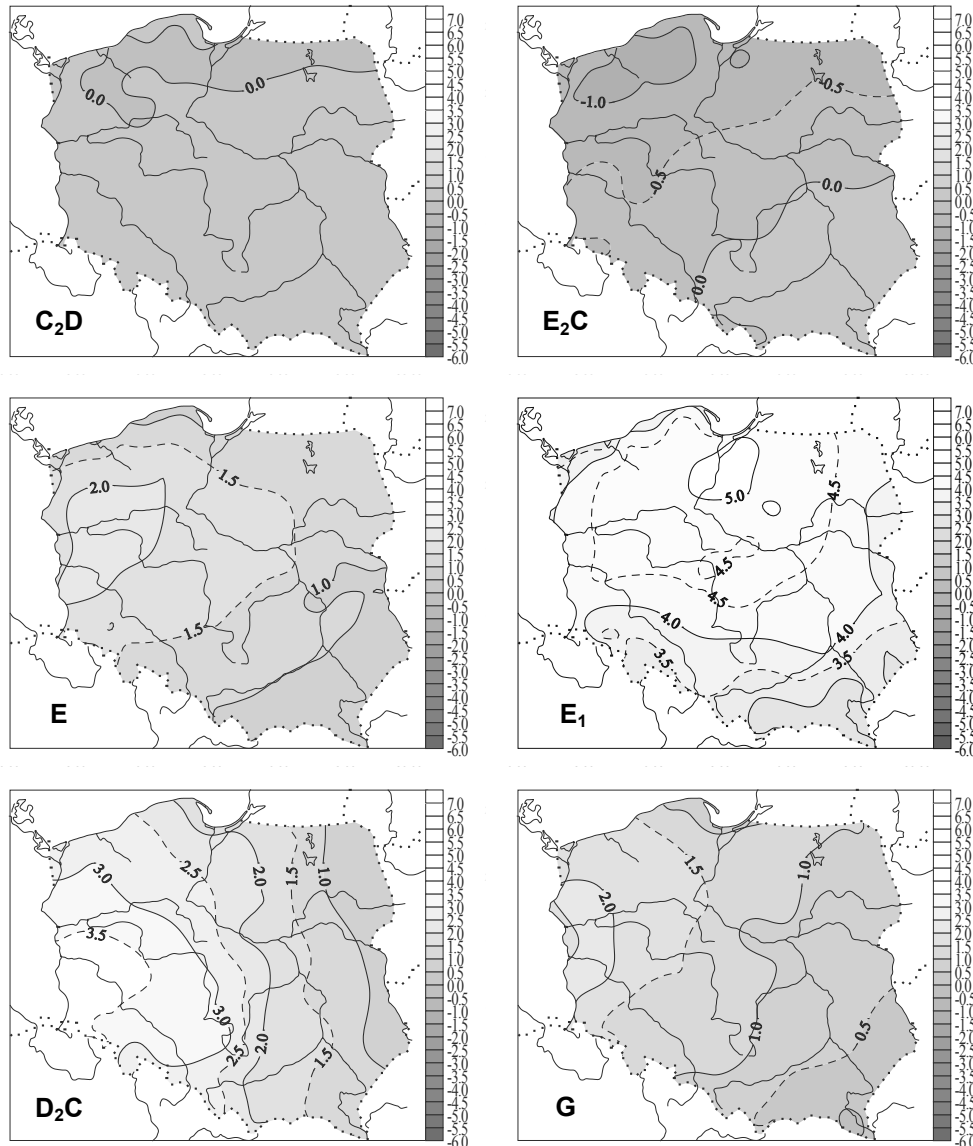
Rys. 128a. Anomalie temperatury powietrza w Polsce (°C) w zależności od typów cyrkulacji cyklonalnej (1971-1995) – czerwiec
 Anomalies of air temperature in Poland (°C) upon the cyclonal circulation type (1971-1995) – June



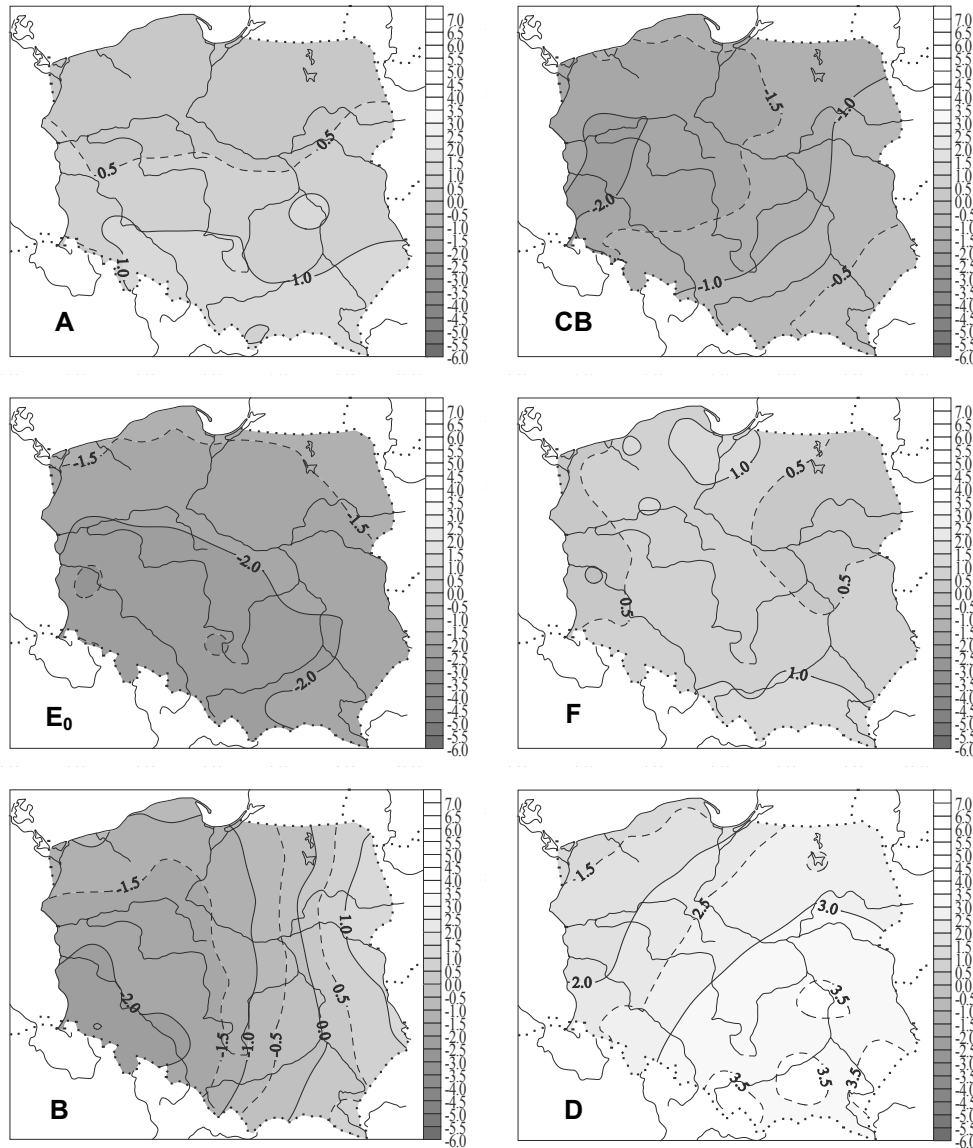
Rys. 128b. Anomalie temperatury powietrza w Polsce (°C) w zależności od typów cyrkulacji antycyklonalnej (1971-1995) – czerwiec
 Anomalies of air temperature in Poland (°C) upon the anticyclonal circulation type (1971-1995) – June



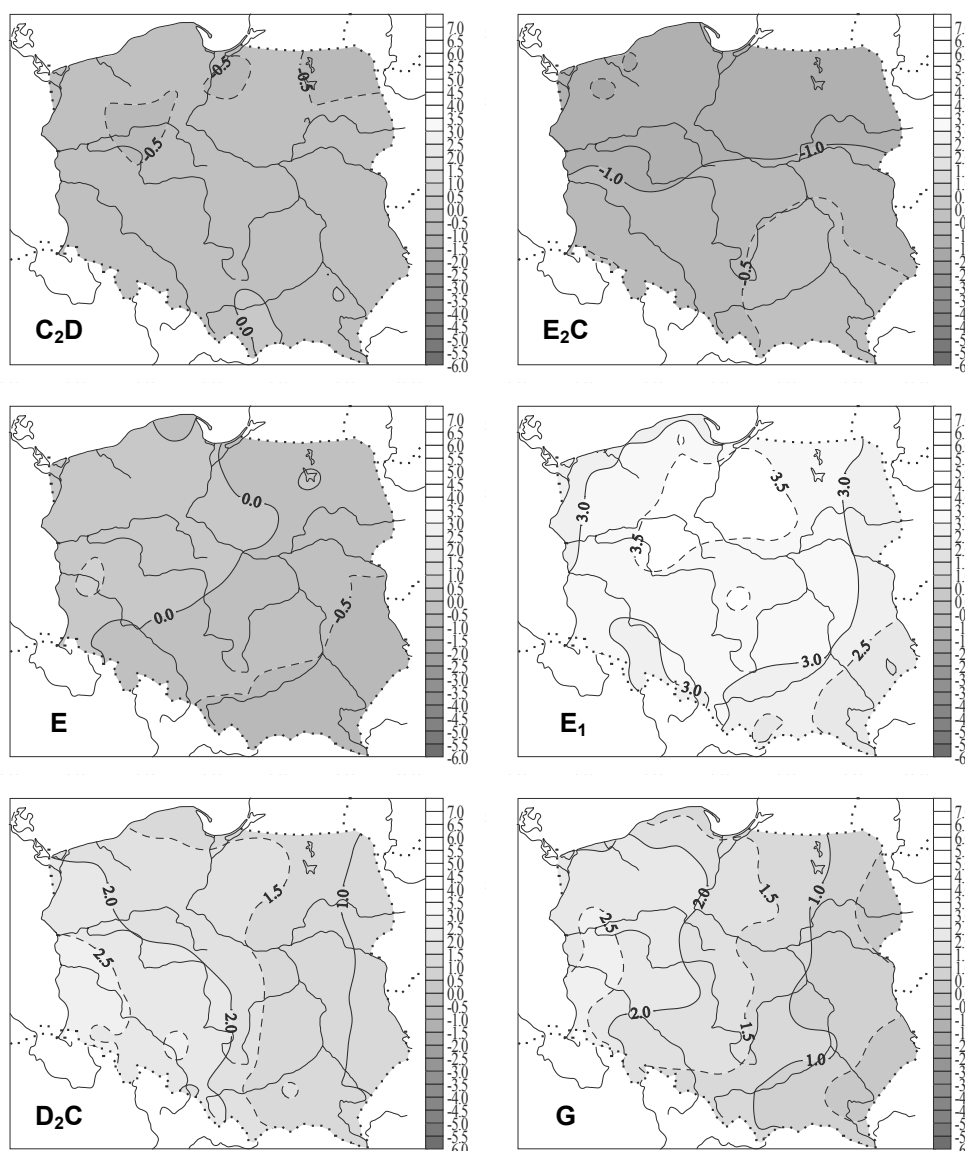
Rys. 129a. Anomalie temperatury powietrza w Polsce (°C) w zależności od typów cyrkulacji cyklonalnej (1971-1995) – lipiec
 Anomalies of air temperature in Poland (°C) upon the cyclonal circulation type (1971-1995) – July



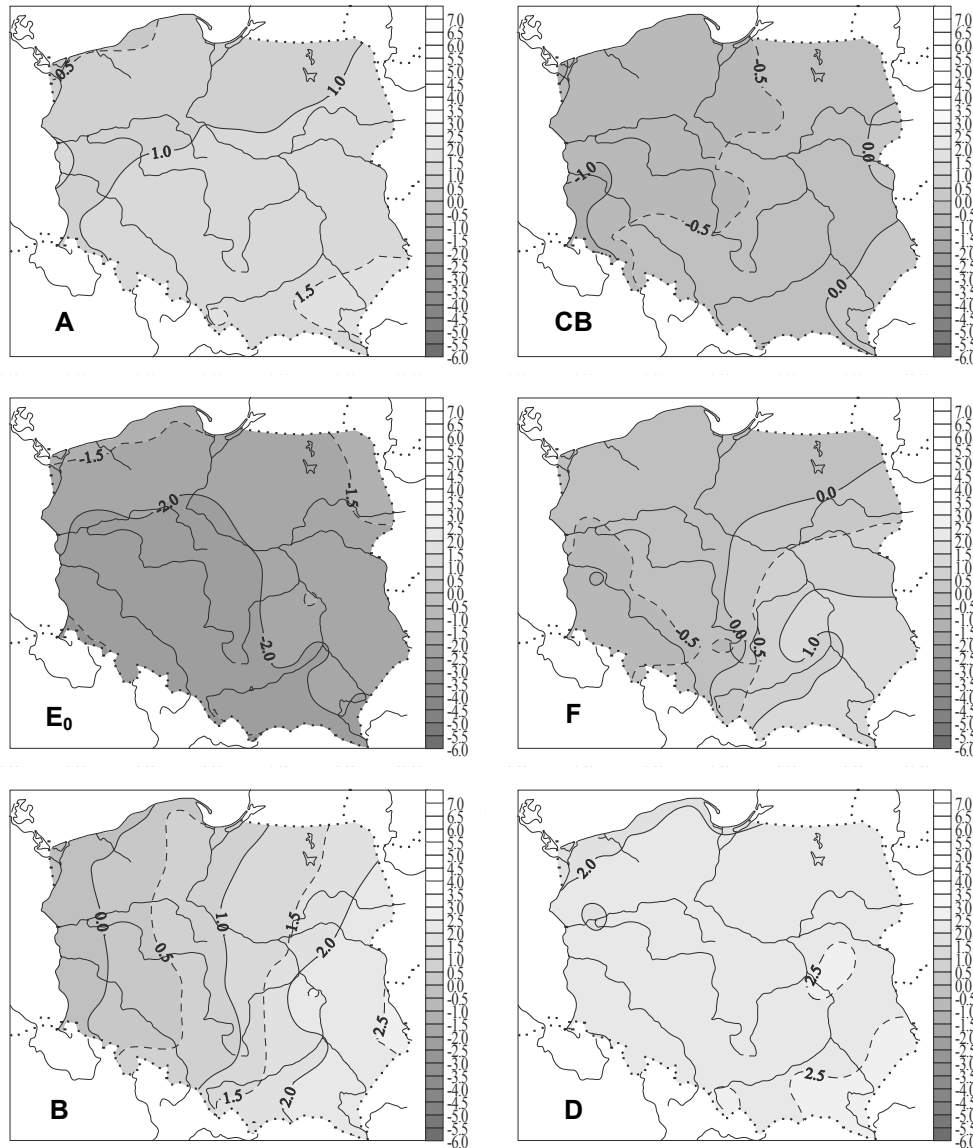
Rys. 129b. Anomalie temperatury powietrza w Polsce (°C) w zależności od typów cyrkulacji antycyklonalnej (1971-1995) – lipiec
 Anomalies of air temperature in Poland (°C) upon the anticyclonal circulation type (1971-1995) – July



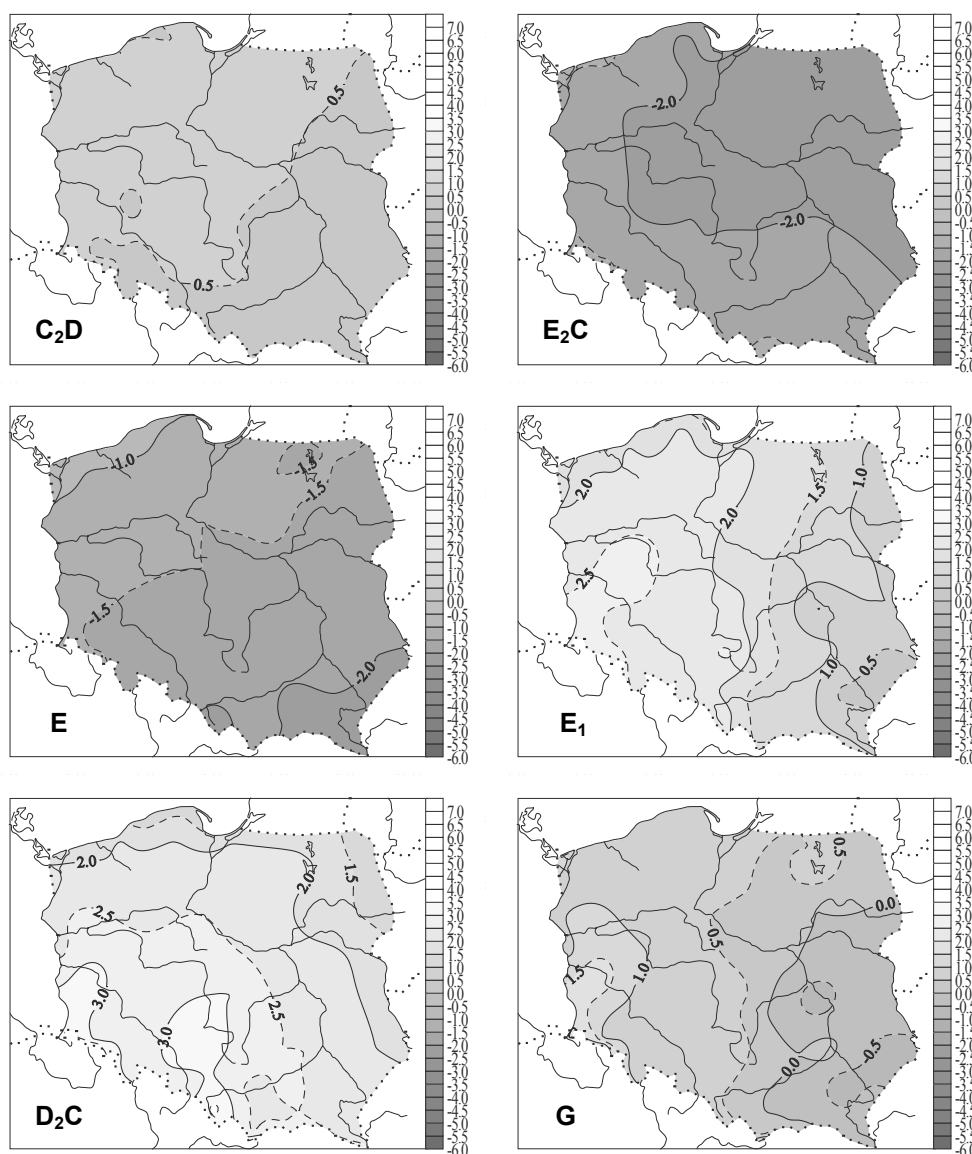
Rys. 130a. Anomalie temperatury powietrza w Polsce (°C) w zależności od typów cyrkulacji cyklonalnej (1971-1995) – sierpień
 Anomalies of air temperature in Poland (°C) upon the cyclonal circulation type (1971-1995) – August



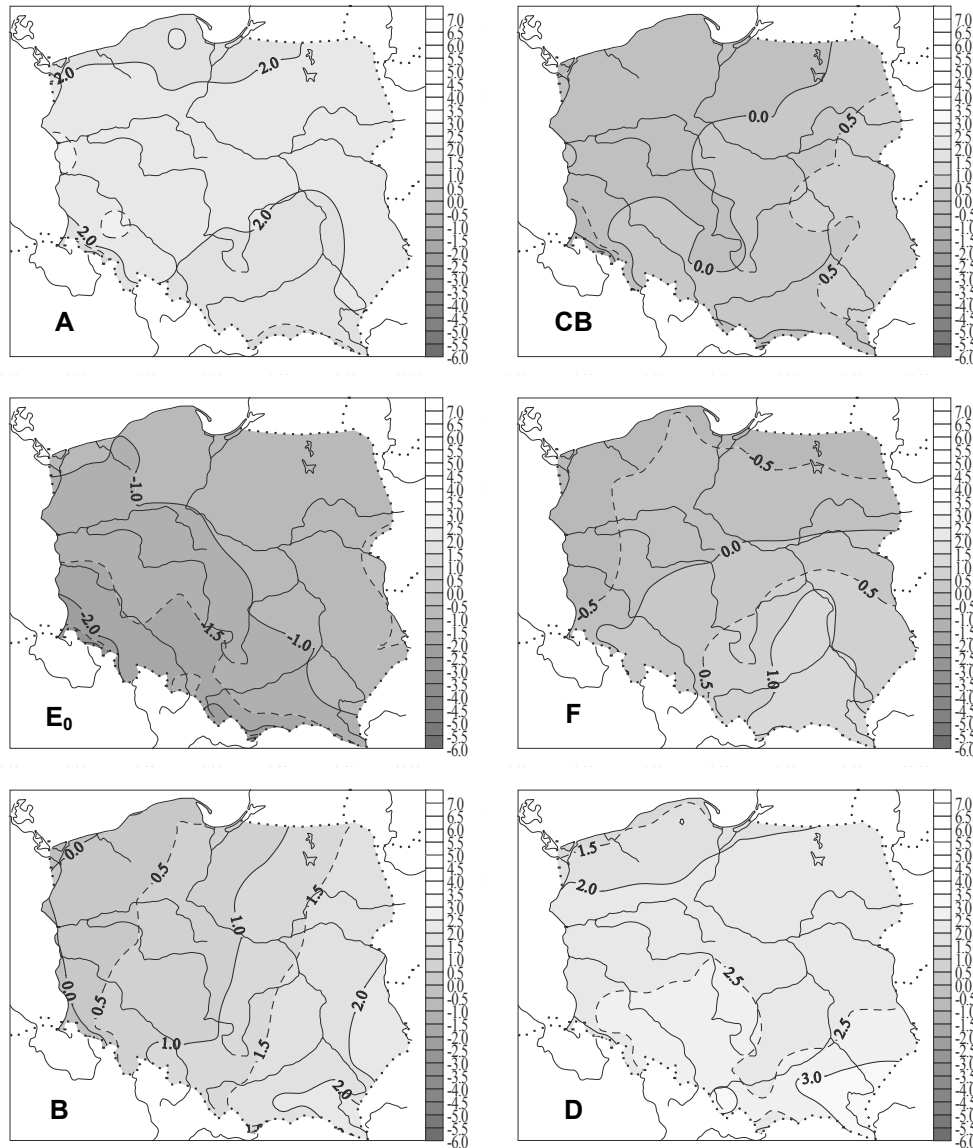
Rys. 130b. Anomalie temperatury powietrza w Polsce (°C) w zależności od typów cyrkulacji antycyklonalnej (1971-1995) – sierpień
 Anomalies of air temperature in Poland (°C) upon the anticyclonal circulation type (1971-1995) – August



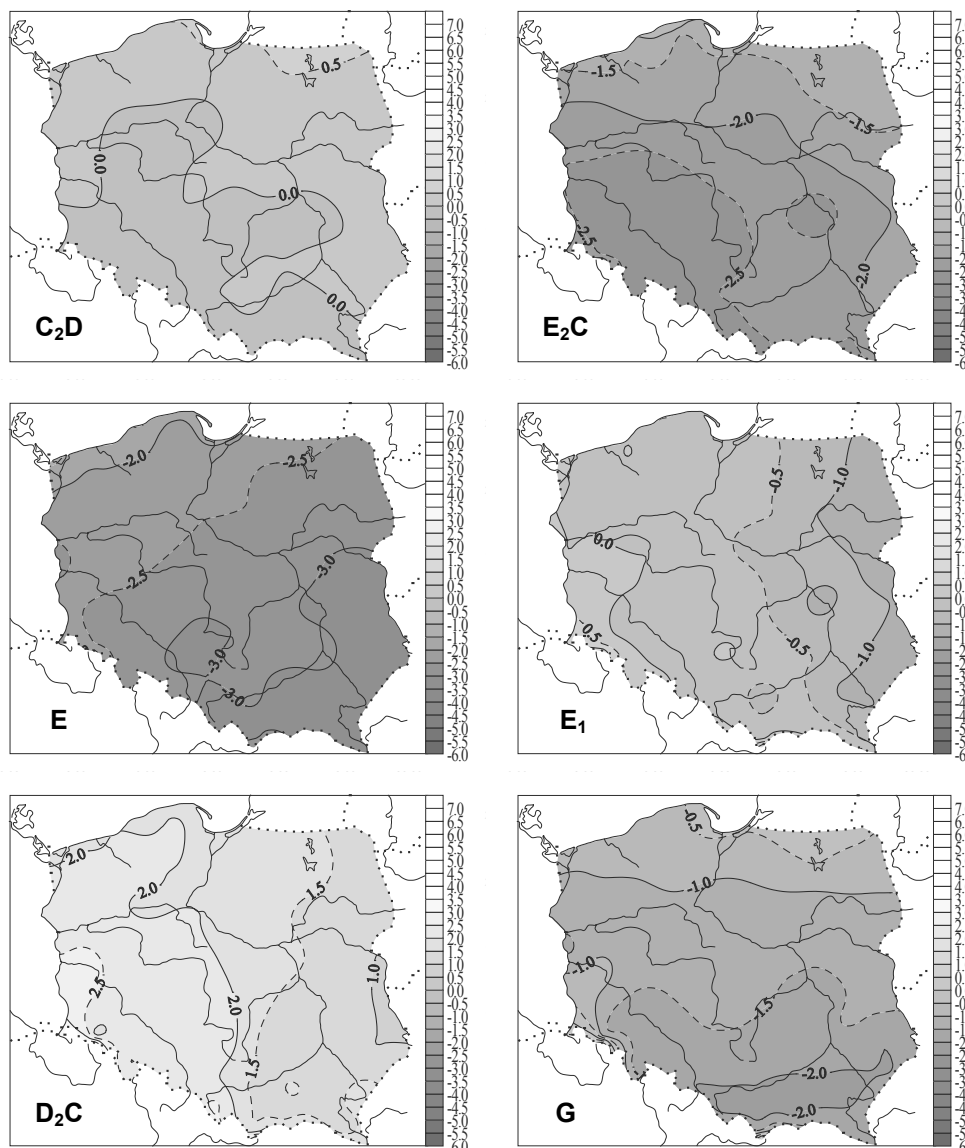
Rys. 130a. Anomalie temperatury powietrza w Polsce (°C) w zależności od typów cyrkulacji cyklonalnej (1971-1995) – wrzesień
 Anomalies of air temperature in Poland (°C) upon the cyclonal circulation type (1971-1995) – September



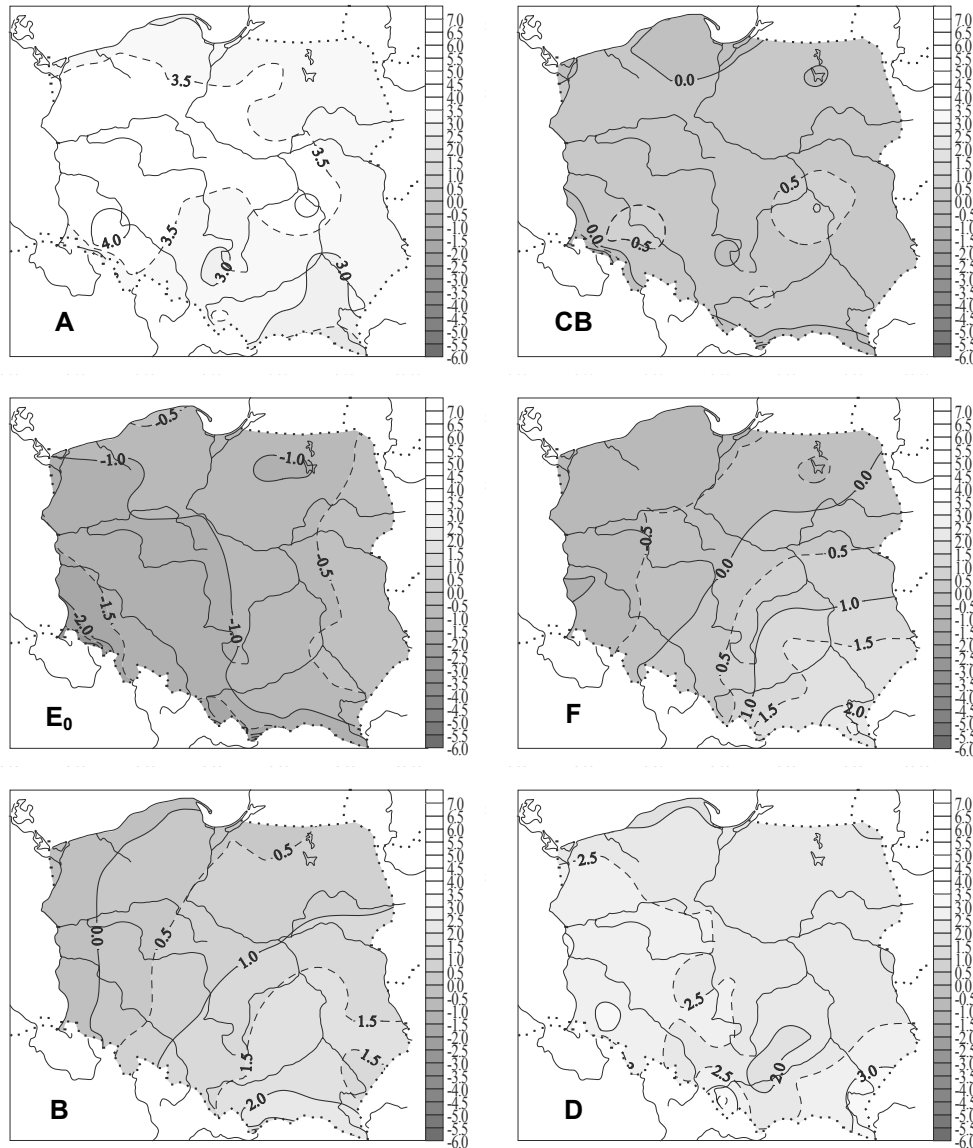
Rys. 22b. Anomalie temperatury powietrza w Polsce (°C) w zależności od typów cyrkulacji antycyklonalnej (1971-1995) – wrzesień
 Anomalies of air temperature in Poland (°C) upon the anticyclonal circulation type (1971-1995) – September



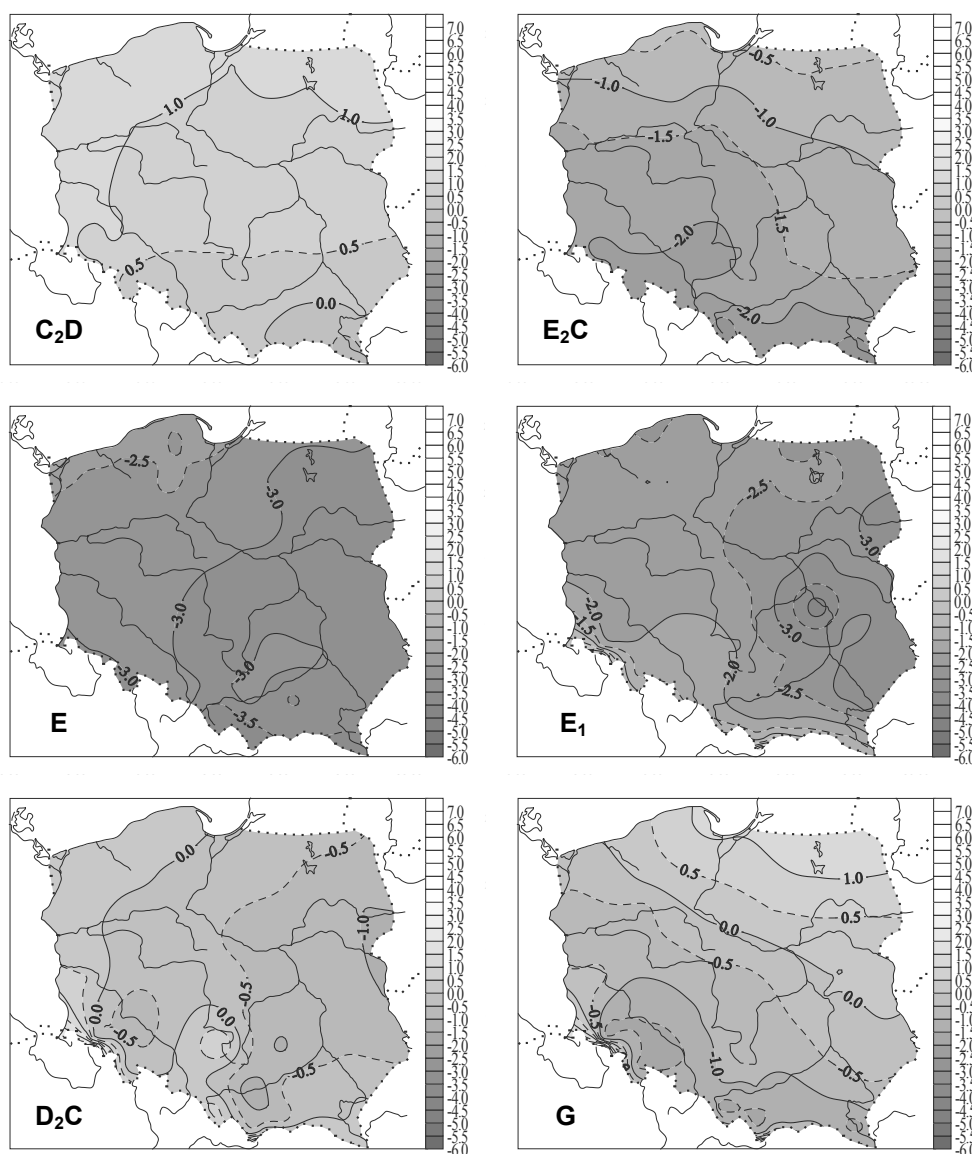
Rys. 132a. Anomalie temperatury powietrza w Polsce (°C) w zależności od typów cyrkulacji cyklonalnej (1971-1995) – październik
 Anomalies of air temperature in Poland (°C) upon the cyclonal circulation type (1971-1995) – October



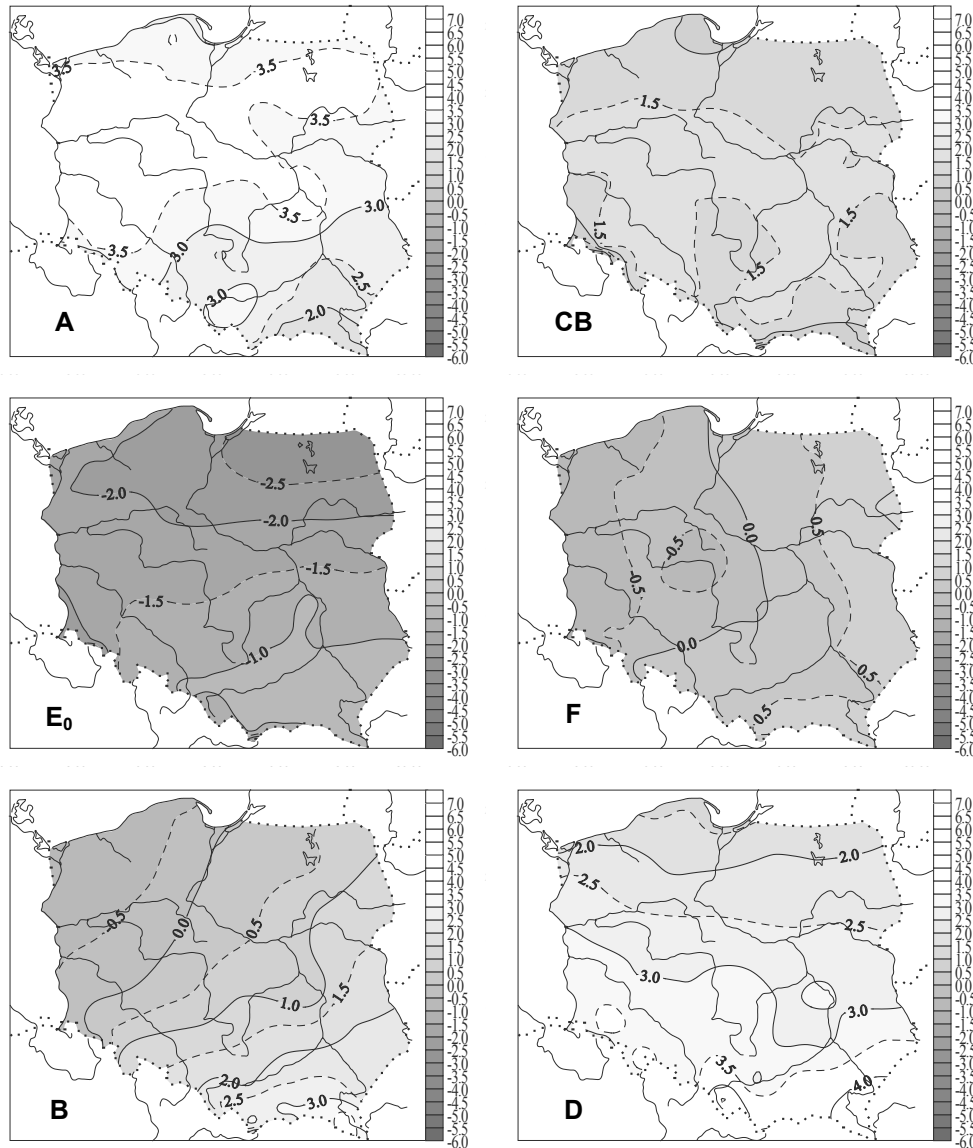
Rys. 132b. Anomalie temperatury powietrza w Polsce (°C) w zależności od typów cyrkulacji antycyklonalnej (1971-1995) – październik
 Anomalies of air temperature in Poland (°C) upon the anticyclonal circulation type (1971-1995) – October



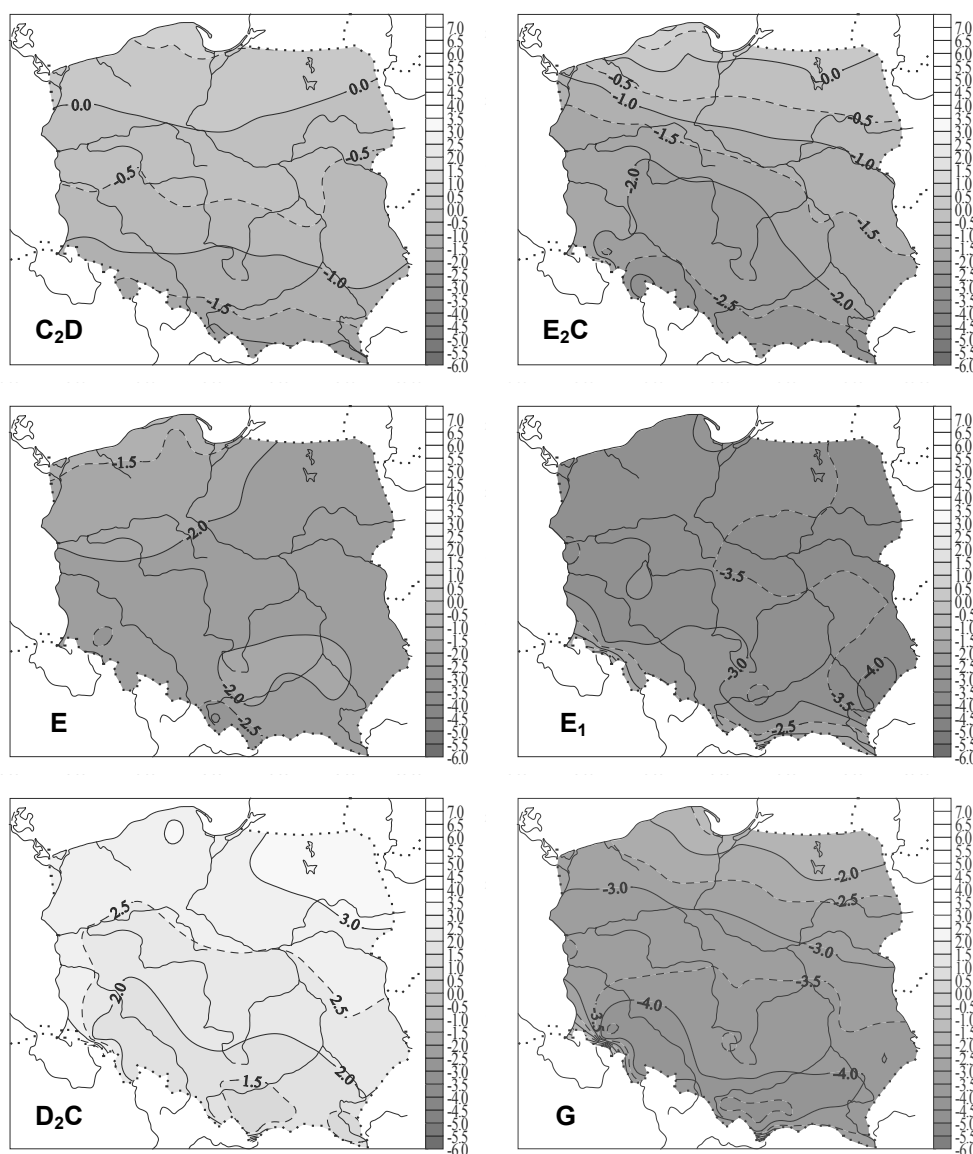
Rys. 133a. Anomalie temperatury powietrza w Polsce (°C) w zależności od typów cyrkulacji cyklonalnej (1971-1995) – listopad
 Anomalies of air temperature in Poland (°C) upon the cyclonal circulation type (1971-1995) – November



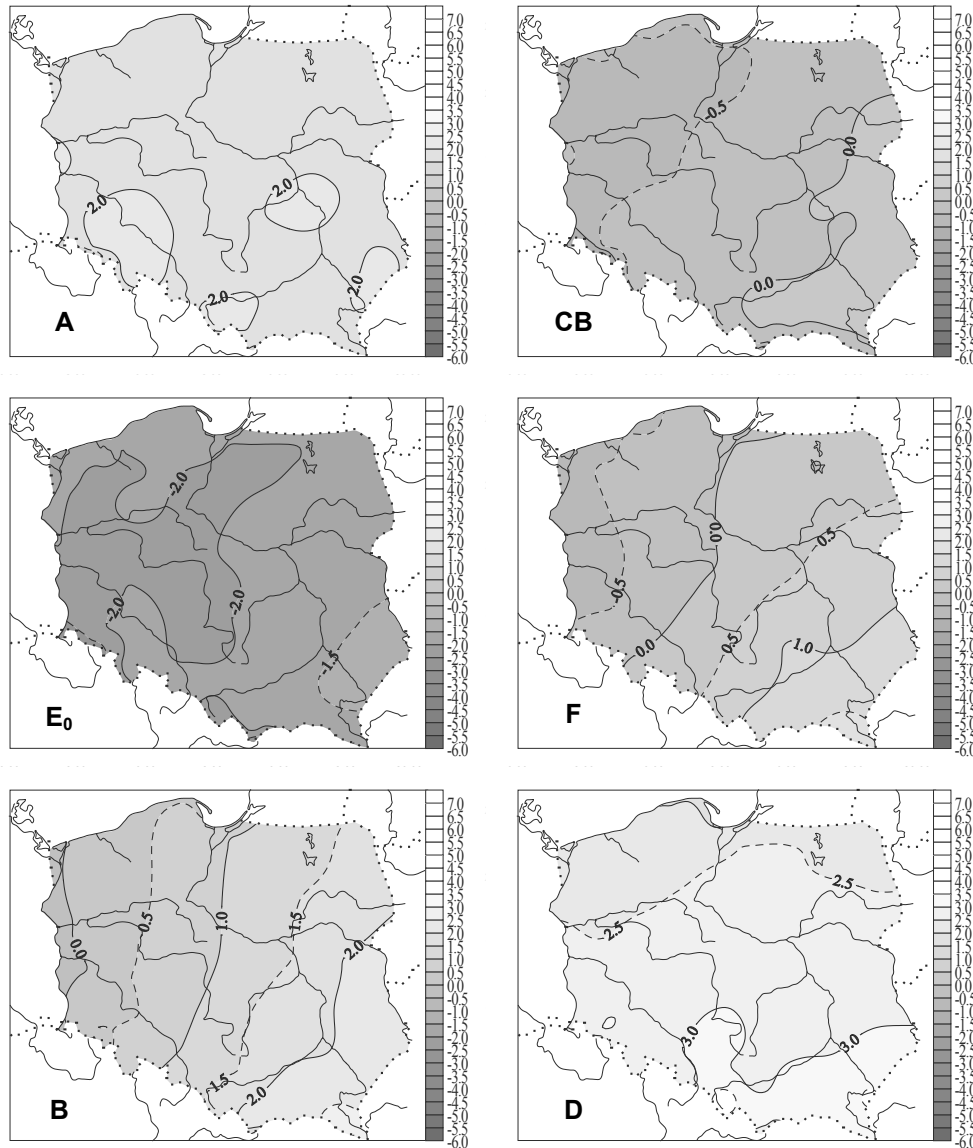
Rys. 133b. Anomalie temperatury powietrza w Polsce (°C) w zależności od typów cyrkulacji antycyklonalnej (1971-1995) – listopad
 Anomalies of air temperature in Poland (°C) upon the anticyclonal circulation type (1971-1995) – November



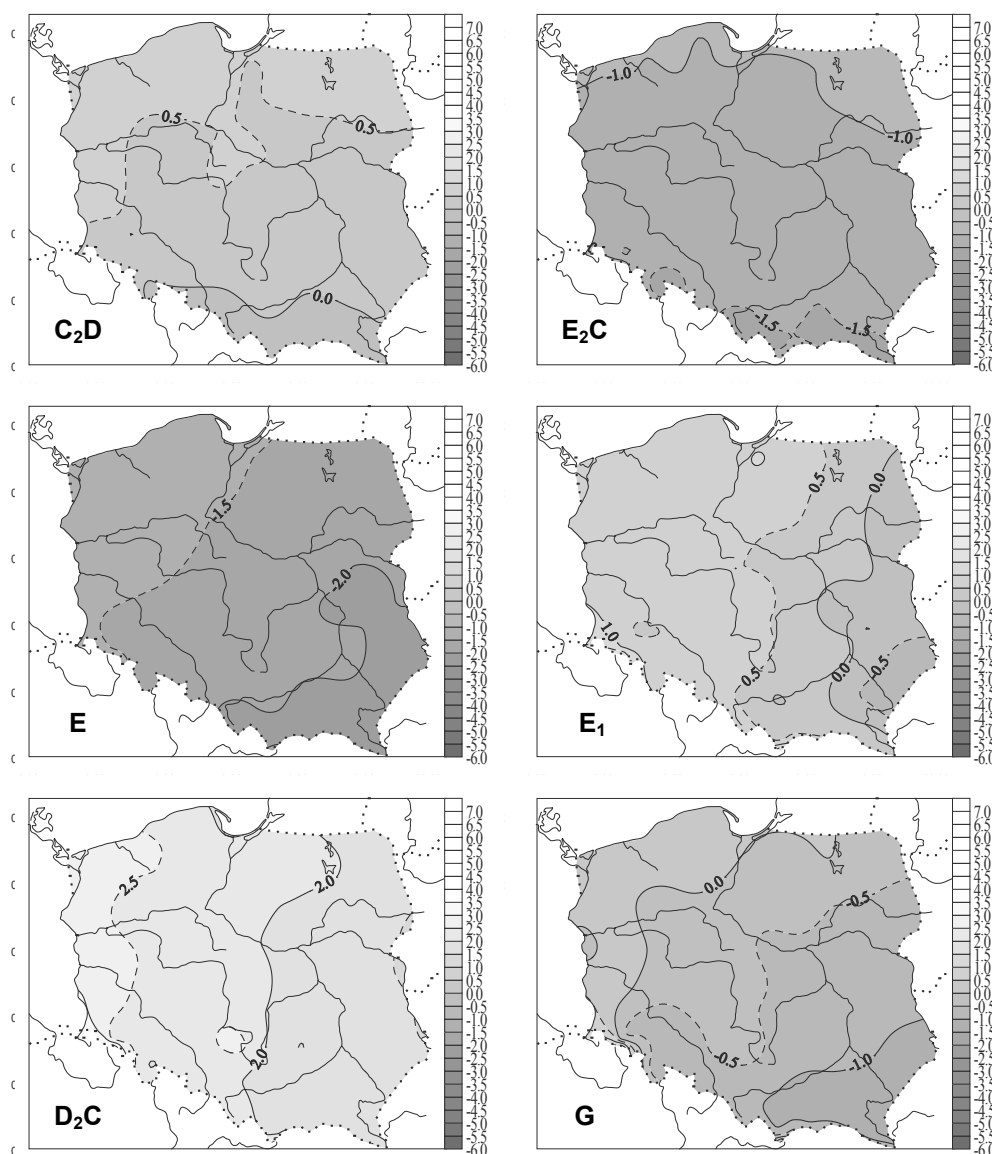
Rys. 134a. Anomalie temperatury powietrza w Polsce (°C) w zależności od typów cyrkulacji cyklonalnej (1971-1995) – grudzień
 Anomalies of air temperature in Poland (°C) upon the cyclonal circulation type (1971-1995) – December



Rys. 134b. Anomalie temperatury powietrza w Polsce (°C) w zależności od typów cyrkulacji antycyklonalnej (1971-1995) – grudzień
 Anomalies of air temperature in Poland (°C) upon the anticyclonal circulation type (1971-1995) – December



Rys. 135a. Anomalie temperatury powietrza w Polsce (°C) w zależności od typów cyrkulacji cyklonalnej (1971-1995) – rok
 Anomalies of air temperature in Poland (°C) upon the cyclonal circulation type (1971-1995) – Year



Rys. 135b. Anomalie temperatury powietrza w Polsce (°C) w zależności od typów cyrkulacji antycyklonalnej (1971-1995) – rok
 Anomalies of air temperature in Poland (°C) upon the anticyclonal circulation type (1971-1995)
 – Year

VI. ZAKOŃCZENIE

Celem pracy są prognozy klimatu miast w Europie na podstawie długich serii pomiarów temperatury powietrza (Warszawa, Kraków, Praga, Genewa). Jest nim też określenie wpływu cyrkulacji atmosferycznej (położenia nizin i wyżów nad Północnym Atlantykiem) na pole temperatury powietrza w Europie.

Dobłą miarą cyrkulacji strefowej (równoleżnikowej), warunkującej napływ mas powietrza z Oceanu Atlantyckiego z zachodu na wschód, jest wskaźnik P.D. Jonesa i innych (1997) Oscylacji Północnego Atlantyku *NAO* (1825-1997). Coraz cieplejsze zimy w Europie (i Polsce), zwłaszcza w ostatnim 30-leciu, są efektem tendencji rosnącej wskaźnika *NAO*. Natomiast nieco cieplejsze lata są wynikiem słabnącego ochładzającego oddziaływania wód Oceanu Atlantyckiego – tendencji malejącej *NAO*.

W prognozowaniu zmian klimatu w XXI wieku kluczowe znaczenie ma znalezienie składników okresowych (deterministycznych) w seriach pomiarowych w XVIII-XX wieku. W tym celu zbadano okresowość: wskaźnika Oscylacji Północnego Atlantyku *NAO* (1825-1997) i temperatury powietrza w wybranych miastach środkowej Europy – w Warszawie (1779-1998), Krakowie (1826-1997), Pradze (1771-1980) i Genewie (1768-1980). Widma i okresy wyznaczono metodą „sinusoid regresji” (Boryczka, 2001).

W prognozach zmian klimatu Europy (średnich miesięcznych, sezonowych, półrocznych i rocznych wartości) przyjęto założenie, że ekstrema wykrytych cykli *NAO* i temperatury powietrza będą się powtarzać nadal, tak jak w XVIII-XX wieku. Założenie to jest dość wiarygodne, gdyż analogiczna cykliczność występuje w ciągach czasowych: aktywności Słońca (stałej słonecznej) i parametrów Układu Słonecznego. Aktywność Słońca (liczby Wolfa z lat 1700-1997) jest silnie skorelowana np. z wypadkową sił grawitacyjnego oddziaływania planet na Słońce, przyspieszeniem Słońca względem środka masy Układu Słonecznego itp. Natomiast temperatura powietrza zależy od zmian, głównie długookresowych aktywności Słońca.

Zmiany krótkookresowe aktywności Słońca (stałej słonecznej) nie odgrywają większej roli w kształtowaniu klimatu, ze względu na bardzo powolne przenikanie ciepła w głąb Ziemi (do głębszych warstw lądów i głębszych warstw oceanów).

Prognozy zmian klimatu w XXI wieku opracowano na podstawie interferencji najsilniejszych cykli (o najmniejszej wariancji resztkowej, największym współczynniku korelacji), obecnych w widmach wskaźnika *NAO* i temperatury powietrza. Już na podstawie prognoz wskaźnika Oscylacji Północnego Atlantyku (*NAO*) można wnioskować o zbliżającym się ochłodzeniu naturalnym w bieżącym stuleciu, zwłaszcza podczas zim. Tendencja malejąca wskaźnika *NAO* w latach 2001-2100 świadczy, iż osłabnie ocieplające oddziaływanie Oceanu Atlantyckiego na klimat miast Europy.

Naturalne ochłodzenie klimatu, tj. najmroźniejsze zimy o średniej temperaturze powietrza -7°C wystąpią prawdopodobnie w połowie obecnego stulecia (około roku 2050). Według wypadkowej letnich cykli wskaźnika *NAO* i temperatury powietrza chłodne lata wystąpią w pierwszych dwóch dekadach tego stulecia. Są to prognozy naturalnych wahań klimatu w Europie w bieżącym stuleciu. To naturalne ochłodzenie będzie nieco złagodzone przez czynniki antropogeniczne. Systematyczny wzrost zawartości CO_2 w atmosferze (efekt cieplarniany) i rozbudowa miast (miejska wyspa ciepła) zmniejsza naturalne spadki temperatury wynikające z sondażu przyszłości.

W regionalnych prognozach krótko- i długoterminowych klimatu na obszarze Polski duże znaczenie ma znajomość zależności pola temperatury powietrza w Polsce od typów cyrkulacji. Ocieplenia klimatu Polski w latach 1971-1995 (dodatnie anomalie temperatury powietrza) w zimie oraz ochłodzenia (ujemne anomalie) w lecie są wywołane napływem cieplejszych lub chłodniejszych mas powietrza z nad Oceanu Atlantyckiego. Najcieplejsze masy powietrza w półroczu chłodnym (anomalie dodatnie w styczniu i lutym przekraczają w przeważającej części kraju $2,5-5,0^{\circ}\text{C}$) są przy typach cyrkulacji zachodniej A i południowo-zachodniej D (wg klasyfikacji B. Osuchowskiej-Klein).

Natomiast ochłodzenia w tym półroczu występują podczas napływu powietrza z sektora wschodniego, przy antycyklonalnych typach cyrkulacji E, E_1 .

Unikatowe są też mapy izoterm i izarytm anomalii temperatury powietrza w zależności od kierunków adwekcji mas powietrza i rodzaju układów barycznych (cyklonalnych i antycyklonalnych) – od typów cyrkulacji (Baranowski, 2001).

Postępem badań w zakresie zmian klimatu są prognozy wskaźnika Oscylacji Północnego Atlantyku (*NAO*) i temperatury powietrza w wybranych miastach Europy, z wyodrębnieniem poszczególnych miesięcy. Poszerzono też badania w zakresie cykliczności cyrkulacji strefowej (wskaźnika *NAO*) i jej wpływu na pole temperatury powietrza w Europie.

LITERATURA

- Baranowski D., 2001, *Zróżnicowanie 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., 1974, *Empiryczne równania klimatu Polski*, (maszynopis), Warszawa.
- 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., 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 prichodziaszczuju k powierchnosti Ziemli sołniecznuju 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.
- Cyberski J., 1995, *Współczesne i prognozowane zmiany bilansu wodnego i jego rola w kształtowaniu zasolenia wód Bałtyku*, Wyd. Uniw. Gdańsk., *Rozprawy i Monografie* nr 206, Gdańsk.
- Dydina L.A., 1982, *Osobiennosti rozwitija sinopticzieskich processow w Arktikie i ich ispolzowanije w prognozach na srednije sroki*, Gidromietieoizdat, Leningrad.
- Girs A.A., 1948, *K woprosu izuczenija osnownych form atmosfiernoj cyrkulacji*, *Mietieorologija i Gidrologija*, t. 10, nr 3.
- Girs A.A., 1974, *Sołnieczno-atmosfiernyje swiazi i ich rol w dołgosroczych 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.
- Kicińska B., 1999, *Wpływ cyrkulacji atmosferycznej na stężenie dwutlenku siarki w powietrzu w Polsce*, (maszynopis rozprawy doktorskiej), Warszawa.
- Kondratiew K.J., Nikolski G.A., 1970, *Solar radiation and solar activity*, Quart. J. Roy. Meteor. Soc., no 96.
- 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.
- Kuchcik M., 2000, *Wpływ warunków aerosanitarnych i biometeorologicznych na zgony mieszkańców Warszawy*, (maszynopis rozprawy doktorskiej), Warszawa.
- Lamb H.H., 1974, *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. WGSR UW, Warszawa.
- 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.
- Osuchowska-Klein B., 1978, *Katalog typów cyrkulacji atmosferycznej*, Wyd. KiŁ, Warszawa.
- Osuchowska-Klein B., 1991, *Katalog typów cyrkulacji atmosferycznej (1976-1990)*, Wyd. IMGW, Warszawa.
- Rakipowa L.R., 1960, *O wozdziejstwie solnicznej aktywnosci na obszczuju cirkulaciju atmosfery*, Astronom. zbornik, III i IV.
- Reznikow A.P., 1982, *Priedskazanije jestiestwiennych processow obuczajuszcziesja 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.
- Romer E., 1962, *Wybór prac*, T. III, PWN, Warszawa.
- 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., 1974, *Atlas współzależności parametrów meteorologicznych i geograficznych w Polsce*, cz. I, Wyd. UW, Warszawa.
- Stopa-Boryczka M., Boryczka J., 1976, *Atlas współzależności parametrów meteorologicznych i geograficznych w Polsce*, cz. II, Wyd. UW, Warszawa.
- Stopa-Boryczka M., Boryczka J., 1980, *Atlas współzależności parametrów meteorologicznych i geograficznych w Polsce*, cz. III, *Geograficzne gradienty parametrów wilgotności powietrza w Polsce*, Wyd. UW, Warszawa.

- Stopa-Boryczka M., Martyn D., Boryczka J., Wawer J., i in., 1986, *Atlas współzależności parametrów meteorologicznych i geograficznych w Polsce*, cz. IV, *Klimat północno-wschodniej Polski*, Wyd. UW, Warszawa.
- Stopa-Boryczka M., Boryczka J., Kicińska B., Żmudzka E., 1989, *Atlas współzależności parametrów meteorologicznych i geograficznych w Polsce*, cz. V, *Z badań klimatu Polski*, Wyd. UW, 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., Błażek E., Skrzypczuk J., 1995, *Atlas współzależności parametrów meteorologicznych i geograficznych w Polsce*, cz. IX, *Naturalne i antropogeniczne zmiany klimatu Warszawy*, Wyd. UW, Warszawa.
- 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*, Przegł. Geofiz., z. 1-2.
- Trepińska J., 2001, *Fluktuacje termiczne w Europie od małej 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 procesów*, Meteorologia i Hidrologia, t. 3, nr 3.
- Wibig J., 2001, *Wpływ cyrkulacji atmosferycznej na rozkład przestrzenny anomalii temperatury i opadów w Europie*, Wyd. Uniwersytetu Łódzkiego, Łódź.
- 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.

SUMMARY

The purpose of the report was to present the forecasts for the climate of towns in Europe on the basis of the long-time chronological series of air temperature measurements (in Warsaw, Cracow, Prague, and Geneva). Another purpose was constituted by the determination of the influence exerted by the atmospheric circulation (locations of the high- and low-pressure areas over the North Atlantic) on the air temperature field in Europe.

A good measure of the zonal (parallel) circulation, conditioning the inflow of the air masses from over the Atlantic Ocean to the East is provided by the indicator of P.D. Jones et al. (1997), the North Atlantic Oscillation, *NAO*, indicator, determined for the period (1825-1997). The increasingly warm winters in Europe (and in Poland), especially during the last three decades, are the effect of the weakening cooling impact of the waters of Atlantic Ocean – the decreasing tendency of the *NAO*.

In the forecasting of the changes of climate in the 21st century key significance must be assigned to identification of periodic (deterministic) components in the measurement series spanning the 18th-20th centuries. With this fact in mind the periodicity was analysed of the North Atlantic Oscillation index, *NAO* (1825-1997), and the air temperature in selected towns of Central Europe, namely in Warsaw (1779-1998), Cracow (1826-1997), Prague (1771-1980), and Geneva (1768-1980). The spectra and the periods were determined with the method of “sinusoids of regression” (Boryczka, 2001).

The forecasts of climate change in Europe (of the monthly, seasonal, half-year and annual averages) were elaborated under the assumption that the extremes of the identified cycles of the *NAO* and the air temperature will get repeated in the future as they occurred in the 18th-20th centuries. This assumption is quite plausible, since analogous periodicity appears in the time series of the solar activity (solar constant) and of the parameters of the solar system. Solar activity (Wolf numbers from the period 1700-1997) is strongly correlated with, for instance, the resultant of the action of the gravity forces on the Sun, the acceleration of the Sun with respect to the centre of mass of the solar system, etc. On the other hand, air temperature depends mainly upon the long-term changes in solar activity.

The short-term changes in solar activity (solar constant) do not play a bigger role in the shaping of climate, in view of the very slow penetration of heat into the Earth (into the deeper layers of the continents and the oceans).

The forecasts of climate changes in the 21st century were elaborated on the basis of the inference of the strongest cycles (those with the smallest rest variance, and the biggest correlation coefficient), present in the spectra of oscillations of the *NAO* and air temperature. It is possible to conclude on the approaching natural cooling in the current century, especially of winters, already on the basis of the forecasts of the North Atlantic Oscillation index *NAO*. The decreasing tendency of the *NAO* index in the years 2001-2100 is the witness to the weakening warming influence of the Atlantic Ocean on the climate of towns of Europe.

The natural cooling of climate, that is – the coldest winters, with the average air temperatures of -7°C – will most probably take place in the middle of the present century (at around the year 2050). According to the resultant of the summer cycles of the *NAO* index and air temperature the cool summers will occur during the first two decades of this century. These are the forecasts of the natural fluctuations of climate in Europe in the current century. The natural cooling forecasted will be somewhat weakened by the anthropogenic factors. The systematic increase of the CO_2 concentration in the atmosphere (the greenhouse effect) and the expansion of towns (urban heat islands) weaken the natural temperature decreases, whose image results from the probing of the future.

High importance ought to be attached in the elaboration of the regional short- and medium-term climate forecasts to the knowledge of dependence of the air temperature field in Poland upon the circulation types. The warming of the climate of Poland in the years 1971-1995 (positive air temperature anomalies) in winters and the cooling in summers (negative anomalies) are brought about by the inflow of the warmer air masses from over the Atlantic Ocean. The warmest air masses in the cool half-year (the positive anomalies in January and February exceed over the majority of Polish territory $2.5\text{-}5.0^{\circ}\text{C}$) occur for the circulation types: western A and south-western D (conform to the classification of B. Osuchowska-Klein).

On the other hand, the cooling in the same half-year takes place during the inflow of the air from the eastern sector, under the anticyclonal circulation types E and E_1 .

A unique result is also constituted by the maps of isotherms and isarhythms of the air temperature anomalies, depending upon the directions of advection of the air masses and the nature of pressure systems (cyclonal and anticyclonal), that is – upon the circulation types (Baranowski, 2001).

An advance in the study of climate change has been made through the elaboration of the forecasts of the North Atlantic Oscillation index (*NAO*) and the air temperatures in the selected cities of Europe, with distinction of individual months. In addition, new elements have been included in the study of periodicity of the zonal circulation (the *NAO* index) and its influence on the field of air temperature in Europe.