

**MROŻNE ZIMY  
I UPALNE LATA W POLSCE**

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

**XVII. THE FROSTY WINTERS AND HOT SUMMERS IN POLAND**

# atlas

OF INTERDEPENDENCE  
OF METEOROLOGICAL  
AND GEOGRAPHICAL  
PARAMETERS  
IN POLAND

 **WARSAW UNIVERSITY PRESS**  
WARSAW 2003

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

**XVII. MROŻNE ZIMY I UPALNE LATA W POLSCE**

# atlas

WSPÓLZALEŻNOŚCI  
PARAMETRÓW  
METEOROLOGICZNYCH  
I GEOGRAFICZNYCH  
W POLSCE

 WYDAWNICTWA UNIWERSYTETU WARSZAWSKIEGO  
WARSZAWA 2003

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 2003

ISBN 83-235-0053-3

Skład i łamanie  
Jan Skrzypczuk

Druk i oprawa: Zakład Graficzny UW, zam. nr

## SPIS TREŚCI

I. WPROWADZENIE .....	7
II. EKSTREMALNE ZJAWISKA POGODOWE W X-XVI WIEKU (wg kronik) .....	9
III. PRZESZŁOŚĆ I TERAŻNIEJSZOŚĆ KLIMATU ZIEMI .....	15
1. Zarys klimatu minionych epok geologicznych .....	15
2. Ochłodzenia i ocieplenia klimatu w ostatnich stuleciach .....	17
3. Tendencje zmian klimatu w XVII-XX wieku .....	20
IV. ROLA CYRKULACJI ATMOSFERYCZNEJ W KSZTAŁTOWANIU KLIMATU EUROPY .....	23
1. Wpływ Niżu Islandzkiego i Wyżu Azorskiego na klimat Europy ..	23
2. Kierunki adwekcji mas powietrza przy różnych typach cyrkulacji ..	24
3. Dominujące kierunki i prędkości wiatru w Polsce .....	26
V. MROŻNE ZIMY I UPALNE LATA W EUROPIE W XVIII-XXI WIEKU ZE SZCZEGÓLNYM UWZGLĘDNIENIEM POLSKI .....	29
1. Mroźne i łagodne zimy oraz ciepłe i chłodne lata .....	30
2. Widma temperatury powietrza w Europie .....	31
3. Zmiany temperatury powietrza w Europie w XVIII-XX wieku. Prognozy po rok 2100 .....	31
VI. DOBOWE AMPLITUDY TEMPERATURY POWIETRZA W POLSCE I ICH ZALEŻNOŚĆ OD TYPÓW CYRKULACJI ATMOSFERYCZNEJ (1971-1995) .....	171
1. Dobowe wahania temperatury powietrza na obszarze Polski ..	178
2. Zależność dobowej amplitudy temperatury od typów cyrkulacji atmosferycznej .....	181
3. Zmienność dobowej amplitudy temperatury powietrza w przebiegu rocznym .....	182

VII. ZMIANY ROCZNE POLA OPADÓW ATMOSFERYCZNYCH W POLSCE I ICH UWARUNKOWANIA (1951-1995).....	237
1. Roczne sumy opadów w Polsce .....	239
2. Miesięczne sumy opadów .....	245
3. Maksima i minima roczne sum opadów .....	246
4. Amplituda roczna opadów .....	247
5. Sumy opadów w porach roku .....	248
6. Iloraz sezonowych sum opadów .....	251
VIII. ZAKOŃCZENIE .....	285
LITERATURA .....	289
SUMMARY .....	295

## I. WPROWADZENIE

Celem pracy jest określenie zakresu zmian i wahań temperatury powietrza podczas sezonów zimowych (XII, I, II) i letnich (VI, VII, VIII) w Europie, ze szczególnym uwzględnieniem Polski.

Najpierw przedstawiono opisy niebezpiecznych zjawisk pogodowych w kronikach pogody w X-XVI wieku. Trudno nie zainteresować się informacją, że „w 1219 roku w Polsce przez całe lato padał deszcz, który rzadko ustawał. Z powodu powodzi był głód, zima była bardzo ciężka, a zimą 1322/1323 było między Danią, słowiańskim krajem i Jutlandią zamrożone Morze Bałtyckie, tak że rozbójnicy, przychodząc ze słowiańskiego kraju, splądrowali niektóre okolice Danii, a pośrodku morza na lodzie były założone gospody dla przejezdnych”.

Sporo miejsca poświęcono przeszłości i teraźniejszości klimatu Europy i Polski. Szczególną uwagę zwrócono na zmiany klimatu minionych epok geologicznych. Obecnie żyjemy w epoce lodowej (czwartorzędu), która rozpoczęła się 2 miliony lat temu i trwa nadal z pokrywą lodową znajdującą się na obu biegunach (na Antarktydzie i Arktyce).

Według zawartości substancji organicznych w osadach polskich jezior za datę holoceńskiego ochłodzenia klimatu Polski można przyjąć 12 000 BP (Jez. Wikaryjskie). Największe holoceńskie ocieplenie klimatu Polski (wg osadów Jez. Gościąg) wystąpiło 13 000-11 000 i 9 000-8 500 lat temu.

Rekonstrukcja temperatury powietrza w warstwie przyziemnej w różnych miejscach Ziemi w ostatnim tysiącleciu (według redukcji lodowców, szerokości pierścieni drzew i pomiarów bezpośrednich) wskazuje 3 zasadnicze przedziały czasu : „optimum średniowieczne” – 800-1200, „mała epoka lodowa” – 1400-1900 i współczesne ocieplenie – od 1900 roku.

W Europie (i Polsce) przede wszystkim zimy są coraz cieplejsze. Na przykład w Warszawie zimy są coraz cieplejsze o  $1^{\circ}\text{C}/100$  lat, a lata o  $0,1^{\circ}\text{C}/100$  lat. Średnia roczna temperatura wzrasta o  $0,7^{\circ}\text{C}/100$  lat.

Nie wiadomo, jaka część postępującego ocieplenia klimatu jest efektem oddziaływania czynników naturalnych, a jaka czynników antropogenicznych. Ocieplenie klimatu w XIX-XX wieku może być wywołane wzrostem aktywności Słońca i spadkiem aktywności wulkanicznej na Ziemi.

Temperaturę powietrza podczas zim w Warszawie i wskaźnik NAO cechuje analogiczna cykliczność z dominującym okresem 7,8-letnim. Podobieństwo tych cykli świadczy, iż zimy w Warszawie są kształtowane przez okresowe wahania wskaźnika NAO (cyrkulacji strefowej).

Najważniejszą część pracy stanowi rozdział 5 „Mroźne zimy i upalne lata w Europie w XVIII-XXI wieku, ze szczególnym uwzględnieniem Polski”. Zawiera on wykresy zmian temperatury powietrza podczas zimy i lata w XVIII-XXI wieku w 40 miejscowościach europejskich. Widma temperatury powietrza i tendencje zmian, określone równaniami prostych regresji omówiono wcześniej – w rozdziale III – „Przeszłość i teraźniejszość klimatu ...”. Szczególne znaczenie mają jednak prognozy klimatu do roku 2100 na podstawie interferencji silniejszych cykli zawartych w widmach. Prognozy wskazują na naturalne ochłodzenie klimatu Europy (i Polski) w XXI wieku, które częściowo może być złagodzone przez czynniki antropogeniczne (efekt cieplarniany i miejskie wyspy ciepła).

W tabelkach zestawiono po 10 najmroźniejszych i najłagodniejszych zim i po 10 najcieplejszych i najchłodniejszych lat.

Istotny jest również kolejny rozdział VI („Dobowe amplitudy temperatury powietrza w Polsce i ich zależność od typów cyrkulacji atmosferycznej (1971-1995)”), opracowany przez D. Baranowskiego. Szczególne znaczenie mają mapy izarytm średnich miesięcznych wartości dobowej amplitudy temperatury powietrza przy różnych kierunkach adwekcji mas powietrza i typach cyrkulacji cyklonalnej i antycyklonalnej (wg klasyfikacji Osuchowskiej-Klein). Rozdział ten jest rozszerzeniem badań autora rozpoczętych w pracy doktorskiej (2001). Innym ważnym elementem jest pole opadów atmosferycznych w Polsce (jego zmienność czasowa i przestrzenna) przedstawione w rozdziale VII – „Zmiany roczne pola opadów atmosferycznych w Polsce i ich uwarunkowania (1951-1995)”, opracowanym przez autorów D. Baranowskiego i M. Kirschenstein. Zagadnienie to zostało częściowo rozwiązane wcześniej w pracy doktorskiej M. Kirschenstein pt. „Wysokie dobowe sumy opadów atmosferycznych na obszarze północno-zachodniej Polski i ich uwarunkowania” (2000). Interesujące są mapy izarytm wskaźników (ilorazów), które wyróżniają obszary o cechach oceanicznych (kontynentalnych) klimatu Polski.

Ważniejsze wyniki badań zawarte XVII tomie Atlasu przedstawiono graficznie na licznych wykresach, tabelach i mapach.



## II. EKSTREMALNE ZJAWISKA POGODOWE W X-XVI WIEKU (wg kronik)

### ZIMA 940/941 – POLSKA

Ostra zima. Ukazały się komety.

### ZIMA 1069 – POLSKA ZACHODNIA

Ponieważ rzeki przez duże zimna były skute [lodem], wtargnął cesarz Henryk do ziemi Łużyczan...

### ZIMA 1110/1111 – POLSKA PÓŁNOCNA

Niestrudzony Bolesław także zimową porą nie odpoczywał beczynny w spokoju, lecz wkroczył do Prus, krainy północnej, skutej lodami...

Tam bowiem wkraczając wykorzystał lody na jeziorach i bagnach, które posłużyły mu za most[y], gdyż nie prowadzi[ł] żaden inny dostęp do owej krainy, jak tylko przez jeziora i bagna.

### ROK 1219 – POLSKA

W Polsce przez całe lato padał deszcz, który rzadko ustawał. Z powodu powodzi był głód; zima była bardzo ciężka.

### 18 PAŹDZIERNIK 1225 – WISŁA

....ciągnęli... w dniu Szymona i Judy [28 października] pod Vogelsange'm przez Wisłę, która wówczas była zamrznięta wskutek silnego mrozu....

### ROK 1270 – WISŁA (KRAKÓW) I INNE RZEKI

Ale nie z samych dziwów, lecz i niepogód nadzwyczajnych i powodzi stał się rok ten pamiętny u Polaków. Od dnia bowiem dwudziestego drugiego czerwca aż do połowy sierpnia ciągle i nawałne dniem i nocą padały deszcze, skąd rzeki wezbrane wystąpiwszy z brzegów, tak niezwykle wylały, że nie tylko zboża, łąki, niwy i polne obszary, ale nawet wsie z domostwami pozatapiały. Wisła, rzeka do takiej wzrosła wysokości, że całą przestrzeń między Górą Lasotą a kościołem św. Stanisława na Skalce zalała, a silnym prądem bardzo wiele ludzi i domów, bydła, trzody, koni i drobnego dobytku porwała, pozrywała młyny, pola i lasy zamieniła w pustkowia, i nie tylko grunta ale i wsie z ich zabudowaniami i nieruchomościami zalawszy, role pozatapiane na długi czas potem uczyniła płonnymi i nieużytecznymi.

#### OKOŁO 1 LISTOPADA 1304 – POMORZE, MORZE BAŁTYCKIE

Zdarzyła się bardzo silna burza na morzu, wskutek której zostało dużo domów, kościołów i wież zniszczonych i dużo okrętów rozbitych i zatopionych. Tej samej nocy powstał nowy port przy Rugii, który został nazwany „nową głębią”.

#### ZIMA 1322/1323 – MORZE BAŁTYCKIE

Było bowiem między Danią, słowiańskim krajem i Jutlandią zamrożone całe Morze Bałtyckie, tak że rozbójnicy, przychodząc ze słowiańskiego kraju, spłądrowali niektóre okolice Danii, a pośrodku morza na lodzie były założone gospody dla przejezdnych.

#### ROK 1322 – WISŁA, KRAKÓW

W tym samym roku tak wielki był upał, że starzy ludzie stwierdzili, iż nigdy za swoich dni na ziemi krakowskiej takiego żaru nie zaznali, a rzeka Wisła wskutek wielkiej suszy tak bardzo zmniejszyła się, że w licznych miejscach stała się łatwa do przechodzenia w bród dla dziesięcio – i dwunastoletnich chłopców.

#### ROK 1347, 21 WRZEŚNIA – POMORZE

Roku pańskiego 1347, osiem dni przed dniem świętego Michała [29 września], spadło tak dużo śniegu, że wskutek ciężaru, które wywierał na drzewa, połamał gałęzie; po czym wkrótce wystąpił bardzo silny deszcz, [który] spowodował tak wielki wylew wód, że ludzie byli zmuszeni przebywać przez kilka dni na dachach.

#### ROK 1412 – POLSKA I INNE KRAJE

Zima w tym roku nadzwyczaj była ciepła, bez żadnego przymrozku i szronu, tak iż w Litwie nawet, kraju zimnym i mroźnym, około święta Oczyszczenia Najświętszej Maryi [2 lutego] ludzie mieli już jarzyny do jedzenia i kwiaty, co za dziwowisko wielkie i cud prawdziwy uważano.

#### ZIMA 1423 – MORZE BAŁTYCKIE

Była tak mocna zima, że Bałtyk był pokryty lodem, że można było konno saniami wozić towary z Gdańska do Lubeki, a również z Pomorza do Danii.

#### ZIMA 1431/1432 – WISŁA DOLNA

Także Wisła była wtedy pokryta bardzo mocnym lodem i stała od dnia świętej Katarzyny [25 listopada] aż do dnia świętego Jerzego [23 kwietnia].

#### 20-21 LIPCA 1432 – NYSA ŁUŻYCKA, ZGORZELEC

Okolo godziny jedenastej zaczął padać silny deszcz kroplami bez przerwy cały dzień i noc, tak że następnego dnia po dniu Praksedy, w poniedziałek w wigilię błogosławionej Marii Magdaleny, nastąpił o godzinie 18 wylew rzeki Nysy tak wielki, jaki tylko za naszych czasów kiedykolwiek był widziany, i [rzeka Nysa] wezbrała tak wysoko, że narobiła szkód prawie nie do naprawienia, zniszczyła wiele budowli, stodoły w pobliżu Nysy ze zbożem i sianem zupełnie zniszczyła, mosty całkowicie połamała i młyny, szczególnie te z czterema kołami w Clephiswalde, gruntownie zniszczyła i uniosła z sobą chatę stróża łaźniennego nad Nysą i kilka domów na ulicy Hottera przewróciła, także w tym czasie utonęło wielu ludzi...

#### ZIMA 1453/1454 – ŚLĄSK

W roku pańskim 1453 przed św. Michałem [29 września] po raz drugi zakwitły kolczaste róże, lecz później tak wielkie nastały mrozy, że ludzie, konie i ptaki na polach ginęli z zimna. Mróz zaczął się w dniu Klemensa [23 listopada], lecz w dniach św. Andrzeja i Barbary, Poczęcia i Mikołaja aż do Łucji [tj. 13 grudnia] dawał się silnie we znaki. W sobotę po Łucji zmieniła się aura i przez cały tydzień był wielki wiatr i padał deszcz. Wskutek mrozu najbardziej ucierpiały drzewa orzechowe, winnice i wiele innych drzew.

#### ZIMA 1455 – ZATOKA GDAŃSKA

Tak [był] twardy, że można było do Niedzieli Palmowej [21 marca] jeździć po lodzie z Helu do Gdańska.

#### ZIMA 1496/1497 – ŚLĄSK, ODRA

Była najcięższa zima ze wszystkich minionych lat, jaką ludzie mogli zapamiętać. Zaczęła się na Andrzeja [30 XI 1469] i trwała bezustannie aż do Tyburcjusza [14 IV 1470]. Odra w bardzo wielu miejscach była zamrznięta aż do dnia; wiele ryb w stawach z powodu lodu zginęło.

#### ROK 1473 – EUROPA

Rok ten pamiętny był dla całej Europy i dla Królestwa Polskiego nadzwyczajnymi słońca upały i suszą nieprzerwaną; pojawienie się bowiem poprzednie komety zrzuciło niesłychane skwary i brak wody, tak że źródła wszystkie powysychały i największe rzeki w Polsce można było w bród przebywać. Nie tylko pod Krakowem, Sandomierzem, Warszawą, Płockiem ale i pod Toruniem Wisła była tak płytka. Paliły się we wszystkich stronach Polski lasy, bory, krzaki i zarośla ogniem niewstrzymanym, który nie dał się ugasić, póki wszystkiej drzewiny z korzeniami nie strawił. Słychać było wszędy trzask i łomot upadających drzew. Pasięki także i barcie w lasach pogorzały, zasiewy wiosenne zbytnia susza powypalała.

#### ROK 1493 – POLSKA

W tym roku zima w styczniu i lutym była tak łagodna, że drzewa w sadach zakwitły, trawa była duża, ptaki wily gniazda, lecz w marcu mróz wszystko zniszczył.

#### ZIMA 1495 – ZATOKA GDAŃSKA

Również tego roku była ciężka zima, tak że lód leżał aż do wieczora zapustnego, że można było jechać wprost z wału ochronnego z załadowanymi saniami prosto na Hel i na Redę i z powrotem, i nikt nie wiedział, jak daleko morze było zamrznięte.

#### ROK 1497 – MORZE BAŁTYCKIE, MIERZEJA WIŚLANA

W tydzień Trzech Króli przyszła silna burza z północy i trwała cztery dni; wtedy została przerwana mierzeja i wówczas powstała nowa głębia w Królewcu.

#### WIOSNA – LATO 1500 – POLSKA

... Tego samego roku żniwa były w Polsce, wbrew uświęconym zwyczajom, przed świętem Jana Chrzciciela [24 czerwca], bowiem wiosna i lato były dość gorące.

#### ROK 1507 – POLSKA

W roku 1507 była bardzo łagodna zima, tak że nie zamarzła żadna rzeka. Także Wisła, a również Hab i Radunia, spływały bez lodu.

#### LATO 1528 – WISŁA, KRAKÓW

W tym samym roku Wisła nadmiernie wylała, tak że woda w kościele bernardynów sięgała prawie wysokości człowieka i bernardyni do klasztoru jeździli statkami.

#### 19 LIPCA 1528 – WISŁA, KRAKÓW

Dnia 19 lipca: znowu w tym samym miesiącu około 19 rzeka Wisła tak bardzo wylała, że cały klasztor bernardynów i kościół woda zalała. Wyrządziła ludziom wielką szkodę na łąkach, ogrodach i polach obok leżących. Woda zatopiła bydło, trzodę, zboża, które miały być zżęte, siano i inny ludzki dobytek.

#### LATO 1530 – ŚLĄSK

W roku 1530 było również suche lato, tak że młyny nie mogły mleć.

#### LATO 1540 – POLSKA

Latem 1540 roku tak potworna była susza, że skały, góry i doliny jakby ogniem były spalone i susza ta utrzymywała się aż do zimy.

#### ZIMA 1553/1534 – ZATOKA GDAŃSKA

Zima była tak sroga, że można było jechać saniami po lodzie aż na Hel, i trwała aż do niedzieli Palmowej [18 marca]. Potem lód spłynął bez szkód.

#### ZIMA 1556/1557 – POLSKA

W końcu tego roku i na początku następnego zima była bardzo trwała; śniegi i wielkie mrozy trwały prawie od świętej Jadwigi [15 października] bez przerwy aż do Zwiastowania NMP [25 marca]. W roku 1557 przez prawie cały marzec aż do końca zalegały lody.

#### 6 STYCZNIA 1564 – WARTA, GORZÓW WLKP.

W dniu Trzech Króli zdarzył się okropnie duży przybór wody, która przez trzy tygodnie okrutnie szumiała i huczała i tak okrutny lód przed mostem spiętrzyła, iż wywołała zaniepokojenie; wszystkie mosty zostały zerwane; prócz tego przygotowane na środku trzy przęsła uległy zburzeniu. Następnie po obu stronach i przy tamie utworzyła okrutną warstwę oraz wyrwała duży otwór w murze miejskim koło ostatniego mostu zwodzonego, kamienie z fundamentu wyrzuciła na wierzch, co wywołało wśród ludzi wielkie zdumienie.

#### ZIMA 1571/1572 – POLSKA

W tym roku była, jak podaje M. S. Codex Conventualis, bardzo sroga zima, bowiem od października aż do Wielkanocy bez przerwy trwała, a mróz do tego stopnia był ostry, że woda wylana w powietrze wcześniej zamarzała zanim spadła na ziemię.

#### 9 STYCZNIA 1572 – TORUŃ

Dnia 9 stycznia około 9 godziny w nocy nastąpiło w Toruniu straszliwe trzęsienie ziemi wraz z potężnym wiatrem sztormowym, a następnie ogromne oberwanie się chmury; na skutek tej ulewy znaczna część muru miejskiego została obalona, dziewiętnaście przęseł z mostów uniesionych i około trzystu ludzi utonęło.

#### MARZEC-KWIECIEŃ 1572 – ODRA, WARTA I INNE RZEKI

Do tego czasu taki olbrzymi wylew wód zewsząd zalał miasta i pola, o jakim z minionych lat pamięć nasza zaledwie raz jeden może sobie przypomnieć; przybrała Łaba, Odra, Hawela, Sprewa, Warta, na skutek tego rodzaju trwającego kataklizmu w licznych miejscach pola i lasy były spławne...

#### ZIMA 1572/1573 – POLSKA

Również w tym roku zima była bardzo ciężka i długa, a mianowicie od Wszystkich Świętych [1 listopada] do św. Walentego [14 lutego] itd., która w ciągu trzech dni ustąpiła wskutek bardzo silnych wiatrów.

#### LATO-JESIEŃ 1590 – POLSKA POŁUDNIOWO-ZACHODNIA

Było bardzo gorące suche lato, tak że w kraju rzeki, jak Bóbr, Kwisa, Kaczawa, Widawa, Oława, Ślęza i wiele innych wyschły całkowicie. Odra również była tak płytka, że można było w każdym miejscu przejść ją w bród.

#### 8 CZERWCA – 23 SIERPNIA 1593 – BYSTRZYCA, ŚWIDNICA

Od święta Medarda [8 czerwca] do dnia 23 sierpnia codziennie z przerwami, bądź ustawicznie padały deszcze, wskutek czego przez całe lato aż do tego czasu zdarzyło się czternaście wylewów, które u nas utrudniły w zbiorach siana, a gdzie indziej zniszczyły wskutek zamulenia kielkujące zasiewy, a gwałtowne prądy uniosły bydło i ludzi.

#### 13 MARCA 1599 – ODRA, WROCŁAW

Odra. Pękał bardzo gruby lód; woda gwałtownie wzrosła, uniosła przy młynie Ukochanej Marii z mostu dwa przęśla, uczyniła duże szkody.

*Wg Wyjątki ze źródeł historycznych o nadzwyczajnych zjawiskach hydrologiczno-meteorologicznych na ziemiach polskich w wiekach od X do XVI, (red. A. Rojecki), Wyd. K i Ł Warszawa 1965.*

Wybór tekstów – *Danuta Martyn*

### III. PRZESZŁOŚĆ I TERAŹNIEJSZOŚĆ KLIMATU ZIEMI

#### 1. Zarys klimatu minionych epok geologicznych

Historię klimatu Ziemi można podzielić na części, wynikające ze skali czasu i stosowanych metod badań. Są to przedziały czasu: 1. – od 3,5 miliarda lat, 2. – od 2 milionów lat (czwartorzęd), 3. – od 10 000 lat (Holocen), 4. – od kilkuset lat (dane historyczne, dendrometryczne i instrumentalne).

O najstarszej historii Ziemi informują formy rzeźby powierzchni polodowcowych, dawne linie brzegowe mórz i oceanów, jezior, rafy koralowe i znalezione relikty pierwszych form życia na Ziemi.

„Księgami”, gdzie zapisana jest historia klimatu Ziemi, są: osady głębokomorskie, osady jeziorne, a przede wszystkim lody Antarktydy, Arktyki i lodowce wysokogórskie.

Ochłodzenia i ocieplenia klimatu określane są na podstawie tzw. paleotemperatury – tj. zawartości izotopów: tlenu  $^{18}\text{O}$  i wodoru  $^2\text{H}$  (deuteru) w substancjach organicznych, zdeponowanych w osadach i rdzeniach lodowych. Parowanie „ciężkiej wody”  $\text{H}_2\text{O}$  ( $^2\text{H}$ ,  $^{18}\text{O}$ ) w oceanach w określonej temperaturze jest mniejsze niż zwykłej wody  $\text{H}_2\text{O}$  ( $^1\text{H}$ ,  $^{16}\text{O}$ ). Duża zawartość izotopów tlenu  $^{18}\text{O}$  i wodoru  $^2\text{H}$  w szkieletach dawno żyjących w oceanach organizmów świadczy o chłodnym klimacie (o chłodnej wodzie oceanu), a mała – o ciepłym (cieplej wodzie). Natomiast w rdzeniach lodu, powstałego z kondensacji pary wodnej, pochodzącej z oceanów jest przeciwnie. Duża zawartość tych izotopów w lodzie wskazuje na klimat ciepły, a mała - na klimat chłodny.

W rekonstrukcji dawnego klimatu fundamentalne znaczenie ma ustalenie wieku skał, osadów i rdzeni lodowych. W „datowaniach” wykorzystuje się czas połowicznego rozpadu pierwiastków promieniotwórczych. Są to izotop węgla  $^{14}\text{C}$  (5730 lat) i izotopy pochodzące z rozpadu uranu: protaktyn  $^{231}\text{Pa}$ , tor  $^{230}\text{Th}$ , izotop uranu  $^{234}\text{U}$  i inne – o okresie połowicznego rozpadu kilkaset tysięcy lat.

Około 2,3 miliarda lat temu aktywność wulkaniczna była mała, a temperatura Ziemi znacznie się obniżyła. Nastąpiła pierwsza (archaiczna) epoka lodowa na Ziemi. Świadczą o tym charakterystyczne moreny polodowcowe. Ich wiek określa się na 2,2-2,4 miliarda lat temu. Ślady tego archaicznego zlodowacenia spotkać można w Kanadzie, na Alasce, w Indiach i Australii. Zlodowacenie archaiczne doprowadziło do powstania pokryw lodowych w obszarach podbiegunowych obu półkul.

W ciągu ostatniego miliarda lat wystąpiło 6 wielkich epok lodowych: 950, 750, 620, 440, 280, 3-2 (zlodowacenie czwartorzędowe) – średnio co 190 milionów lat. Są to tzw.

„zimy kosmiczne”, których przyczyną może być obieg Układu Słonecznego dookoła środka naszej galaktyki (Drogi Mlecznej). Rok galaktyczny jest równy około 226 milionów lat

Obecnie żyjemy w epoce lodowej (czwartorzędu), która rozpoczęła się 2 miliony lat temu i trwa nadal, z pokrywą lodową znajdującą się na obu biegunach (na Antarktydzie i w Arktyce)

Zlodowacenia Ziemi, które wystąpiły w ciągu ostatniego miliona lat, wynikają ze zmian kształtu orbity Ziemi (Milanković, 1930). Według tej teorii zmiany okresowe parametrów eliptycznej orbity Ziemi spowodowały znaczące spadki promieniowania słonecznego w dużych szerokościach geograficznych, zwłaszcza w obszarach okołobiegunowych. Daty kolejnych głównych minimów promieniowania słonecznego w szerokości geograficznej  $65^\circ$  pokrywają się z datami kolejnych zlodowaceń Ziemi, określonymi przez geologów.

Cztery ostatnie zlodowacenia Ziemi (obejmujące obszar Polski) były efektem nakładania się trzech długich cykli: 92 000 lat – mimośrod (ekscentryczności) orbity, 40 000 lat – nachylenia płaszczyzny ekliptyki do równika, 21 000 lat – położenia peryhelium względem punktu równonocy wiosennej.

Analogiczne cykle stwierdzono w badaniach osadów głębokomorskich (Hays i inni, 1976). Okazało się, że izotop tlenu  $^{18}\text{O}$  zawarty w węglanach wapnia cechuje się zblizoną okresowością: 100 000 lat, 42 000 lat, 23 000 lat.

W ciągu ostatniego miliona lat wystąpiło 10 głównych ochłodzeń i 10 ociepleń klimatu. Średni odstęp między ochłodzeniami (zlodowaceniami Ziemi) wynosi około 100 000 lat. Jedno z ostatnich minimów lokalnych sum rocznych promieniowania słonecznego ( $1196 \text{ MJ}\cdot\text{m}^{-2}$ ) wystąpiło około 22 000 lat temu przy nachyleniu ekliptyki  $\varepsilon = 22^\circ,56$  i mimośrodku  $e = 0,061$  (ostatnia faza zlodowacenia Würm).

Zlodowacenia Ziemi występowały przy największym spłaszczeniu orbity Ziemi ( $e = 0,066$ ), gdy w lecie odległość Ziemi od Słońca była największa, a nachylenie ekliptyki małe.

Prawdopodobnie kolejne zlodowacenie Ziemi nastąpi za około 62 000 lat ( $I_{\text{min}} = 1189 \text{ MJ}\cdot\text{m}^{-2}$ ) przy ekscentryczności orbity Ziemi  $e = 0,066$ .

Chronologiczne ciągi czasowe substancji organicznych zdeponowanych w osadach polskich jezior: Wikaryjskie, Święte, Gościąż informują o holocenijskich wahaniach klimatu Polski. W datowaniach osadów zastosowano metodę radioaktywnego izotopu  $^{14}\text{C}$  węgla lub (w przypadku Jez. Gościąż) zliczono 10-letnie przyrosty warstwy osadów. Akumulowane substancje organiczne w osadach tych jezior są dodatnio skorelowane z temperaturą atmosfery. Daty ochłodzeń i ociepleń klimatu Polski – to minima i maksima koncentracji substancji organicznych.

Według zawartości substancji organicznych w osadach wymienionych jezior za datę holocenijskiego ochłodzenia klimatu Polski można przyjąć 12000 BP (Wikaryjskie), 11450-9000 BP (Święte), 11000-9000 (Gościąż).

Największe holocenijskie ocieplenia klimatu Polski – według osadów jez. Gościąż, są datowane 13 000-11 000 BP i 9 000-8500 BP.

W przedziale czasu od 20 000 do 12 540 lat temu rekonstruowano zawartość substancji organicznych w osadach na podstawie interferencji cykli: 50, 230, 360, 390, 540, 590, 1120, 1380, 1770, 2970, 6080, 12 380 lat.

## 2. Ochłodzenia i ocieplenia klimatu w ostatnich stuleciach

Rekonstrukcje temperatury powietrza w warstwie przyziemnej w różnych miejscach Ziemi w ostatnim tysiącleciu (wg redukcji lodowców, szerokości pierścieni drzew i pomiarów bezpośrednich) wskazują trzy zasadnicze przedziały czasu: „optimum średniowieczne” – 800-1200, „mała epoka lodowa” – 1400-1900 i współczesne ocieplenie – od 1900 roku. Należy zauważyć, że serie dendrometryczne (grubości słoje drzew) uwzględniają głównie temperaturę i opady okresu wegetacyjnego.

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

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

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

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

Ciągi chronologiczne liczb Wolfa (liczb plam słonecznych) i temperatury powietrza wskazują, że podczas maksimum aktywności Słońca w cyklu 11-letnim jest cieplej niż w czasie minimum (większe są również przyrosty drewna w lasach – grubsze słoje drzew). Jest to wynikiem zależności dystrybucji ciepła na powierzchni Ziemi od aktywności Słońca.

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

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

W Europie (i w Polsce) dominują około 8-letnie okresy temperatury powietrza o dużych amplitudach  $\Delta T = 2b = T_{\max} - T_{\min}$  (tab. 1)



Tabela 1. Okresy około 8-letnie temperatury powietrza w Europie  
 Table 1. The close-to-8-year long periods of air temperature in Europe

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

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

Od dawna znana jest cykliczność około 11-letnia temperatury powietrza, związana z cyklem 11-letnim plam słonecznych. Okresy około 11-letnie temperatury powietrza i amplitudy  $\Delta T$  ( $^{\circ}\text{C}$ ) w wybranych miejscowościach w zimie, lecie i roku zestawiono w tabeli 2.

Tabela 2. Okresy około 11-letnie temperatury powietrza w Europie  
 Table 2. The close-to-11-year long periods of air temperature in Europe

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

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

Krótkookresowe zmiany aktywności Słońca (stałej słonecznej) nie odgrywają istotnej roli w kształtowaniu klimatu Ziemi, ze względu na bardzo powolne przenikanie ciepła do głębszych warstw Ziemi. Większą rolę odgrywają długie cykle: 102-letni i 187-letni aktywności Słońca (tab.3). W otoczeniu maksimum plam słonecznych w tych cyklach kumulowane są duże ilości energii w głębszych warstwach lądów i oceanów. Energia magazynowana w oceanach wywiera wpływ na cyrkulację atmosferyczną.

Tabela 3. Okresy około 100- i 180- letnie: aktywności Słońca, stałej słonecznej i erupcji wulkanicznych (lata)  
 Table 3. The close-to-100 and 200-year long periods of solar activity, solar constant and volcanic eruptions (years)

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

Analogiczne okresy są obecne w seriach pomiarowych temperatury powietrza (tab. 4 i 5,  $\Delta T = 2b$  – amplituda).

Tabela 4. Okresy około 100-letnie temperatury powietrza w Europie  
Table 4. The close-to-100-year long periods of air temperature in Europe

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

Tabela 5. Okresy około 180-letnie temperatury powietrza w Europie  
Table 5. The close-to-180-year long periods of air temperature in Europe

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

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

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

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

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

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

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

### 3. Tendencje zmian klimatu w XVII-XX wieku

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

Tendencje temperatury powietrza w Europie określone według równań prostych regresji  $T = A_0 + At$  (współczynniki kierunkowe  $A$  w °C/100 lat) podano w tab. 6. Charakteryzują one średnie przyrosty temperatury powietrza na 100 lat w odpowiednich przedziałach czasowych. Na ogół tendencje temperatury powietrza w miastach europejskich w zimie są rosnące ( $A > 0$ ), a w lecie malejące ( $A < 0$ ).

Tabela 6. Tendencje zmian temperatury powietrza w niektórych miastach Europy (°C/100 lat)  
Table 6. The secular tendencies of air temperature in Europe (°C/100 lat)

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

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

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

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

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

Wraz z postępującym ociepleniem klimatu podnosi się poziom mórz i oceanów. Rekonstrukcje dawnych linii brzegowych wskazują, iż poziom mórz i oceanów podczas

ocieplenia klimatu jest znacznie wyższy niż w czasie ochłodzenia (złodowacenia Ziemi). W czasie ostatniej fazy złodowacenia Würm 18 000 lat temu poziom Atlantyku obniżył się około 135 m wraz z przyrostem pokrywy lodowej (Lamb, 1972-1977).

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

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

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

Podnoszenie się poziomu mórz i oceanów w XIX-XX wieku wynika prawdopodobnie z rozszerzalności objętościowej wody. Objętość wód oceanów (bez mórz) obecnie wynosi 1370,4 mln km<sup>3</sup>, a średnia głębokość 3704 m. Wzrostowi temperatury wody o 1°C (od 4 do 5°C) odpowiada przyrost poziomu oceanów o 18 cm.

#### **IV. ROLA CYRKULACJI ATMOSFERYCZNEJ W KSZTAŁTOWANIU KLIMATU EUROPY**

##### **1. Wpływ Nizżu Islandzkiego i Wyżu Azorskiego na klimat Europy**

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

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

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

Kierunek i prędkość ruchu powietrza wynika z równoważenia się: siły gradientowej ciśnienia, siły Coriolisa i siły odśrodkowej (oraz siły tarcia o podłoże i lepkości turbulencyjnej – w pobliżu powierzchni Ziemi). Na większych wysokościach kierunek wiatru gradientowego jest deformowany przez pole temperatury powietrza – o poziomym gradiencie skierowanym ku biegunowi północnemu – przez wiatr tzw. termiczny (wiejący wzdłuż izoterm, a więc też wzdłuż równoleżników z zachodu na wschód).

Wskaźnikiem NAO, zdefiniowanym przez P.D. Jonesa i in. (1997) jest standaryzo-

wana różnica ciśnienia na poziomie morza między Gibraltarem i południowo-zachodnią Islandią.

Wskaźnik NAO w latach 1825-2000 cechuje się okresowością kilku, kilkunastoletnią i około 100-letnią (tab.3).

Tabela 7. Okresy  $\Theta$  wskaźnika Oscylacji Północnego Atlantyku NAO w latach 1825-1998

( $R$  – współczynnik korelacji)

Table 7. The periods of North Atlantic Oscillation index (NAO) in years 1825-1198

( $R$  – correlation coefficient)

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

W seriach pomiarowych wskaźnika NAO w zimie podobnie jak temperatury powietrza w Warszawie (1779-1998 i Krakowie (1826-1995) dominuje cykl około 8-letni. Jest to jednocześnie cykl aktywności Słońca (8,1 lat) i przyspieszenia Słońca (7,75 lat). Maksima tych około 8-letnich cykli przypadają w przybliżeniu na te same lata.

Pole ciśnienia atmosferycznego w Polsce zmienia się w ciągu roku. Przebieg roczny ciśnienia atmosferycznego w Warszawie w latach 1971-2000 cechuje się dwoma maksimumami (wiosną i jesienią) i dwoma minimumami – w styczniu i lipcu, związanymi z zimową wędrówką nad Bałtykiem niżów atlantyckich i silnym ogrzaniem kontynentu europejskiego w odniesieniu do chłodnych wód Atlantyku.

## 2. Kierunki adwekcji mas powietrza przy różnych typach cyrkulacji

W badaniach wiekowych zmian klimatu Europy (i Polski) i ich uwarunkowań kluczowe znaczenie mają katalogi długich serii chronologicznych klasyfikacji typów cyrkulacji.

Najpierw stosowana była klasyfikacja Wangenheima (1938), wyodrębniająca w latach 1891-1976 trzy grupy 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, wspomaganej przez klin wysokiego ciśnienia nad wschodnim Atlantykiem.

Obecnie coraz częściej w Polsce jest stosowany katalog codziennych sytuacji synoptycznych z lat 1901-1995 według klasyfikacji B. Osuchowskiej-Klein (1975). Klasyfikacja ta wyróżnia typy 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.

Wzorcowe pola ciśnienia dla 8 najczęściej występujących typów cyrkulacji w Polsce charakteryzują mapy izobar i kierunki adwekcji mas powietrza (według B. Osuchowskiej-Klein). Są to typy cyrkulacji: zachodniej (W), wschodniej (E), cyklonalnej ( $C_L$ ) i antycyklonalnej ( $C_A$ ) (tab. 8). Obejmują one: A – zachodnią cyrkulację cyklonalną, CB – północno-zachodnią cyrkulację cyklonalną, D – południowo-zachodnią cyrkulację cyklonalną, B – południową cyrkulację cyklonalną,  $C_2D$  – zachodnią cyrkulację antycyklonalną,  $E_0$  – północno-wschodnią cyrkulację cyklonalną, E – północno-wschodnią cyrkulację antycyklonalną,  $E_1$  – południowo-wschodnią i wschodnią cyrkulację antycyklonalną.

Tabela 8. Częstość wszystkich typów cyrkulacji: zachodniej (W), wschodniej (E) oraz cyklonalnej ( $C_L$ ) i antycyklonalnej ( $C_A$ ) w latach 1971-1995 i 1900-1990

Table 7. Western (W), eastern (E), cyclonal ( $C_L$ ) and anticyclonal ( $C_A$ ) circulation types in years 1971-1995 and 1900-1990

	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
IV	42,7	57,3	57,6	42,4	52,2	47,8	53,4	46,6
VII	52,2	47,8	46,1	53,9	58,2	41,8	47,2	52,8
X	56,6	43,4	45,3	54,7	57,9	42,1	45,1	54,9
Rok	52,7	47,3	50,2	49,8	57,3	42,7	49,6	50,4

Można stwierdzić ogólnie, że częstość typów cyklonalnych i antycyklonalnych w obu seriach jest zbliżona (50%). W obu przedziałach czasu przeważają typy cyrkulacji zachodniej nad wschodnią. Natomiast w latach 1971-1995 mniejszy jest udział (o 4,6%) typów cyrkulacji zachodniej niż wschodniej w kształtowaniu klimatu Polski. Ostatnie 25-letnie cechuje się większą częstością występowania typów cyklonalnych – w kwietniu o 4,2%, a mniejszą – w styczniu o 3,6%. 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  $E_1$  (2,55 dni).

Nad obszar Polski napływają masy powietrza z różnych stref geograficznych – z różnych obszarów źródłowych. Znad północnego Atlantyku napływa powietrze polarnomorskie, które w zimie powoduje odwilże, opady śniegu lub deszczu. W lecie napływ tego powietrza do Polski powoduje ochłodzenie wraz z opadami. Częstość występowania w ciągu roku powietrza polarnego-morskiego wynosi 65%, w tym 16% świeżego i 49% starego (transformowanego) (Bołaszewska i Reutt, 1962). Powietrze polarno-kontynentalne napływa nad Polskę przeważnie ze wschodu w układach wyżowych ciśnienia. W zimie występują wtedy mrozy bez opadów, a w lecie dni słoneczne. Częstość powietrza polarnego-kontynentalnego jest największa wiosną (w marcu 60% dni, średnio w roku 29%). Nad Polskę napływa również powietrze arktyczne z północy (głównie wiosną – w kwietniu 21%, maju 18%) i jesienią – w październiku 11%) lub zwrotnikowe z południa przy cyrkulacji południkowej. Powietrze zwrotnikowe napływa do Polski bardzo rzadko (2% dni) i przynosi gwałtowne ocieplenie w zimie i upały w lecie.

Poszczególne masy powietrza o odmiennych cechach fizycznych (różnej temperaturze, wilgotności itp.) przemieszczające się nad obszarem Europy (i Polski) są oddzielone powierzchniami frontalnymi. Dlatego też po przejściu frontu występują na ogół gwałtowne skoki wartości temperatury, wilgotności powietrza i innych elementów me-

teorologicznych. Fronty atmosferyczne przemieszczają się nad Polskę średnio przez około 225 dni w ciągu roku tj. 60% wszystkich dni, odznaczając się gwałtownymi zmianami pogody. Ponad 50% wszystkich frontów atmosferycznych przemieszcza się nad Polską z sektora zachodniego w kierunku wschodnim, a około 15% z północozachodu na południo-wschód (Paszyński, Niedźwiedź, 1991).

Transport ogromnych ilości ciepła z nad równika lub „chłodu” z nad bieguna północnego zależy od trzech stref cyrkulacji atmosfery: 1 – między równikiem  $0^{\circ}$  i równoleżnikiem  $30^{\circ}$ , 2 – między równoleżnikami  $30^{\circ}$  i  $60^{\circ}$  (w strefie umiarkowanych szerokości geograficznych, obejmujących obszar Europy), 3 – między kołem polarnym  $60^{\circ}$  i biegunem.

W pasie równika silnie ogrzane powietrze unosi się do góry i na wysokości kilku kilometrów zaczyna przemieszczać się początkowo w stronę biegunów, a następnie wzdłuż równoleżnika  $\varphi = 30^{\circ}$  – z zachodu na wschód (powodując w tym pasie akumulację powietrza). W pobliżu równika tworzy się pas niskiego ciśnienia (niż), a wzdłuż równoleżnika  $30^{\circ}$  – pas wysokiego ciśnienia (wyż). Część powietrza przemieszcza się dołem od równoleżnika  $30^{\circ}$  (na północ – poprzez obszar Polski do równoleżnika  $60^{\circ}$ ). Ze wzrostem szerokości geograficznej powietrze to odchyła się coraz bardziej na wschód od południków, ze względu na większą prędkość liniową w pobliżu równoleżnika  $30^{\circ}$  niż dalej na północ (siłę Coriolisa). Wiatry dolne w strefie umiarkowanej  $30^{\circ}$ - $60^{\circ}$  mają zatem przeważający kierunek południowo-zachodni. Za równoleżnikiem  $60^{\circ}$ , ze względu na wysokie ciśnienie na biegunie, wiatr ma kierunek pasatów – północno-wschodni (jak w strefie  $\varphi = 0^{\circ}$ - $30^{\circ}$ )

### 3. Dominujące kierunki i prędkości wiatru w Polsce

Zgodnie z ogólną cyrkulacją atmosferyczną w szerokościach geograficznych  $30^{\circ}$ - $60^{\circ}$  dominującymi wiatrami w Polsce, podobnie jak w zachodniej i północnej Europie, są wiatry południowo-zachodnie, zachodnie i północno-zachodnie. Wiatry z sektora zachodniego (SW-W-NW) cechują się częstością 40-55%. Udział wiatrów z sektora wschodniego (NE-E-SE) zawiera się w przedziale 15-30%, a wiatrów z sektora południowego jest więcej niż z północnego. Częstość wiatru zmienia się w ciągu roku. W lecie przeważają wiatry o kierunkach W i NW, a jesienią kierunki S i SE, lecz dominującym kierunkiem jest nadal W. W zimie przeważają wiatry SW przy jednoczesnym wzroście wiatrów o kierunku E. Wiosną cechuje się równomiernym rozkładem kierunków wiatru z dość dużym udziałem wiatrów północnych N, zwłaszcza w północnej części Polski

Pole prędkości wiatru w Polsce (średnie w roku) charakteryzuje się głównym maksimum 12,5 m/s na Śnieżce. Na Kasprowym Wierchu prędkość wiatru jest prawie dwukrotnie mniejsza (6,5 m/s). Na pozostałym obszarze Polski dużymi prędkościami wiatru wyróżniają się pas wybrzeża o średnich prędkościach w przedziale 4,5-5,5 m/s oraz Kraina Wielkich Dolin o średniej rocznej powyżej 4,0 m/s. Natomiast najmniejszą prędkością wiatru, niezależnie od pory roku, cechują się kotliny śródgórskie, zwłaszcza Rów Podtatrzański (średnia roczna prędkość wiatru nie przekracza 2,0 m/s) oraz niziny w południowo-zachodniej części Polski (3,0 m/s). W przebiegu rocznym maksimum prędkości wiatru przypada na miesiące zimowe (styczeń – Śnieżka 15,1 m/s, Kasprowy Wierch – 8,2 m/s), a minimum na miesiące letnie (czerwiec – Śnieżka 9,6 m/s, Kasprowy Wierch – 5,6 m/s).



W nizinnej części Polski prędkość wiatru w ciągu roku zmienia się od 3,0-4,0 m/s zimą do 2,0-3,0 m/s latem.

Zakres wahań prędkości wiatru w Polsce zmienia się od 0 (cisze) do ponad 30 m/s. Cisze występują najrzadziej na wybrzeżu i na szczytach gór, osiągając tam zaledwie 2-4% wszystkich obserwacji. Na niżej mają częstotliwość 10-20%, a w kotlinach śródgórskich nawet 30%.

Wiatry silne ( $v > 10$  m/s) występują najczęściej na wybrzeżu Bałtyku np. na Helu i w Łebie średnia ich liczba dochodzi do 60 w roku, w rejonie Rozewia, przekracza 70. Zima jest porą roku o największej częstotliwości wiatrów silnych, a lato – o najmniejszej. Są one wywołane dużymi gradientami ciśnienia w układach niżowych wędrujących nad Polską. W styczniu obserwuje się prawie 30% wiatrów  $> 10$  m/s przy cyrkulacji cyklonalnej zachodniej (A) i nieco mniej niż 30% przy cyrkulacji cyklonalnej północno-wschodniej (CB). W lecie częstotliwość wiatrów silnych jest największa przy cyrkulacji cyklonalnej północno-zachodniej (CB) i cyklonalnej północno-wschodniej ( $E_0$ ). W Warszawie częstotliwość wiatrów silnych wynosi: zima – 2,0%, wiosna – 1,2%, lato – 0,2%, jesień – 1,1%. W środkowej Polsce wiatry silne zdarzają się znacznie rzadziej – średnio około 35 dni w roku.

Wiatry bardzo silne ( $v > 15$  m/s) obserwuje się w ciągu całego roku na szczytach górskich: na Śnieżce ponad 200 dni, a na Kasprowym Wierchu 190 (Chomicz 1977).

Wiatr – to poziomy ruch powietrza wywołany poziomą różnicą (gradientem) ciśnienia. Kierunek przepływu powietrza w pobliżu powierzchni Ziemi jest nieco odchylony od kierunku izobar (pod wpływem tarcia) w stronę niższego ciśnienia. Pole wiatru w Polsce jest deformowane przez morze Bałtyckie, jeziora oraz rzeźbę terenu (góry).

Wiatrem lokalnym typowym dla wybrzeża Bałtyku jest bryza. W dzień wieje ona od morza do lądu (morska), a w nocy od lądu do morza (lądowa). Wiatr ten jest wywołany różnicą temperatury między lądem i wodą. Ląd podczas dnia ogrzewa się szybciej niż woda, a nocą wolniej ochładza. Nad lądem, w miejsce unoszącego się w dzień powietrze ciepłego do góry napływa dołem od morza powietrze chłodne (gęstsze). W nocy jest przeciwnie, znad lądu dołem napływa nad morze powietrze chłodne. Te zmiany dobowe kierunku wiatru obserwuje się przeważnie podczas ciszy i małych prędkości wiatru. Zasięg bryzy morskiej wynosi kilkanaście kilometrów.

Bryza występuje również w otoczeniu jezior (bryza jeziorna). Jej zasięg jest znacznie mniejszy, np. w przypadku Jez. Śniardwy sięga ona na odległość kilkuset metrów.

Zjawisko bryzy obserwuje się także w dużych miastach np. w Warszawie (bryza miejska), ze względu na dobowe wahania różnicy temperatury między miastem i jego otoczeniem. Miasto ogrzewa się w dzień wolniej od jego otoczenia, a w nocy wolniej ochładza. Już w godzinach wieczornych obserwuje się napływ do miasta chłodnego powietrza z terenów zewnętrznych.

Analogiczna lokalna cyrkulacja powietrza występuje w górach – wiatry górskie i dolinne. Wiatry dolinne – to napływ nocą, poczynając od godzin wieczornych, chłodnego powietrza ze zboczy gór, zwłaszcza o ekspozycji południowej.

W górach obserwuje się również wiatry fenowe, zwane w Tatrach wiałami halnymi, związane z przepływem powietrza nad łańcuchami górskimi. Wiatry te powstają przy gwałtownym napływie powietrza od strony południowej Karpat lub Sudetów. Sprzyjające warunki występują wówczas, gdy od zachodu zbliża się w kierunku Polski głęboki niż, a na Ukrainie znajduje się ośrodek wysokiego ciśnienia (wyż). Powietrze, napotykać na

przeszkodę (góry), po stronie dowietrznej zmuszone jest do wznoszenia do góry po zboczach południowych. Powietrze wilgotne unosząc się do góry ochładza się o około  $0,6^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$  (wg gradientu wilgotno-adiabatyicznego), aż do poziomu kondensacji pary wodnej. Po przekroczeniu szczytów górskich powietrze szybko opada w dół. Po stronie odwietrznej, jako powietrze suche ogrzewa się o  $1^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$  (wg gradientu sucho-adiabatyicznego). Dlatego też, po stronie północnej Karpat i Sudetów wiatry halne są ciepłe i suche. Ich prędkość na stokach górskich wynosi niekiedy  $60\text{ m/s}$ , a w dolinach  $30\text{ m/s}$ . Wiatry halne powodują na ogół duże zniszczenia w lasach. Wiatry tego rodzaju w Sudetach są najsilniejsze przy napływie powietrza z południo-zachodu.

W Polsce występują też lądowe tzw. trąby powietrzne, huragany podobne do występujących w strefie międzyzwrotnikowej. Na powierzchni Ziemi podczas burzy tworzy się stożkowy lej niskiego ciśnienia, sięgający szczytem podstawy chmury burzowej (niż o małym promieniu izobar – dużej sile odśrodkowej). W centrum tego niżu ciśnienie spada o kilkadziesiąt hPa. Cechuje się on ruchem wirowym powietrza (obrotowym) o prędkościach  $50\text{-}100\text{ m/s}$  – o dużej sile ssącej i ruchem postępowym  $30\text{-}40\text{ km/h}$ . Taka trąba powietrzna wystąpiła 20 lipca 1931 r. w godzinach 18-20 w okolicy Lublina we wsi Strzeszkowice Małe (w odległości  $15\text{ km}$  na południo-zachód od Lublina). Według R. Gumińskiego (1948) podczas burzy (przy chmurach kłębiastych, deszczowych) utworzył się wtedy silny wir, który przesuwał się w kierunku północno-wschodnim, unosił piasek, gałęzie i snopki zboża. Siła wiatru była tak duża, że na stacji kolejowej wywrócone zostały z szyn załadowane wagony oraz rozwalone domy murowane o grubości ścian  $50\text{ cm}$ .

W tym dniu, wskutek ssącego działania powietrza została wyrzucona prawie wszystka woda z jeziora pod Rozkopaczowem za Kijanami, wraz z rybami, na pobliskie pola.

## V. MROŻNE ZIMY I UPALNE LATA W EUROPIE W XVIII-XXI WIEKU ZE SZCZEGÓLNYM UWZGLĘDNIENIEM POLSKI

W rozdziale tym wykorzystano najdłuższe serie pomiarów temperatury powietrza w 40 miejscowościach europejskich. Najpierw omówiono mroźne i łagodne zimy oraz ciepłe i chłodne lata. Szczególne znaczenie poznawcze mają widma temperatury powietrza w zimie i w lecie. Znaczenie praktyczne mogą mieć prognozy temperatury powietrza w tych miejscowościach, sięgające po rok 2100. Spis miejscowości i ich współrzędne geograficzne ( $\varphi$  – szerokość geograficzna,  $\lambda$  – długość geograficzna oraz H – wysokość nad poziomem morza podano w tabeli 9).

Tabela 9. Rozmieszczenie stacji meteorologicznych w Europie  
Table 9. Location of meteorological stations in Europe

Miejscowość	Okres	$\varphi$	$\lambda$	H
Akureyri	1882-2002	65°41'N	18°05'W	27
Anglia Środkowa	1660-1973	–	–	–
Ateny	1858-2002	37°58'N	23°43'E	107
Bazylea	1755-1980	47°36'N	7°36'E	316
Berlin	1769-1990	52°28'N	13°18'E	58
Budapeszt	1780-1991	47°31'N	19°02'E	129
Genewa	1768-1980	46°15'N	6°08'E	416
Greenwich	1763-1969	51°30'N	0°00'	
Innsbruck	1777-2000	48°24'N	17°09'E	207
Kijów	1812-2000	50°24'N	30°34'E	167
Kopenhaga	1768-1991	55°37'N	12°39'E	5
Kraków	1827-1997	50°04'N	19°57'E	221
Kremsmuenster	1767-1981	48°00'N	14°06'E	
Lwów	1824-2002	49°49'N	23°57'E	323
Marsylia	1838-2002	43°27'N	5°14'E	36
Mińsk	1891-2002	53°56'N	27°38'E	231
Monachium	1781-1991	48°22'N	11°48'E	447
Moskwa	1779-2002	55°50'N	37°37'E	156
Odessa	1821-2002	46°26'N	30°46'E	42
Oksford	1828-1980	51°42'N	1°12'E	63
Oslo	1816-1991	59°57'N	10°43'E	96
Paryż	1757-1995	48°58'N	2°27'E	65
Poczdami	1984-1992	52°23'N	13°04'E	100
Praga	1771-2002	50°06'N	14°15'E	365
Ryga	1795-1990	56°58'N	24°03'E	7
Rzym	1811-1991	41°48'N	12°36'E	46

Tabela 9. cd.  
Table 9. continuous

Miejscowość	Okres	$\varphi$	$\lambda$	H
Saentis	1883-1988	47°15'N	9°21'E	2500
Sonnblick	1921-1980	47°03'N	12°57'E	3109
Stambuł	1839-2002	40°58'N	29°05'E	33
Sztokholm	1756-1994	59°34'N	18°06'E	44
Tallinn	1779-2002	59°23'N	24°35'E	34
Trondheim	1761-1981	63°24'N	10°30'E	133
Uppsala	1739-1970	59°54'N	17°36'E	
Vestmannaeyjar	1884-1981	63°24'N	20°17'E	124
Warszawa	1779-1998	52°13'N	21°02'E	110
Wiedeń	1775-2002	48°15'N	16°22'E	200
Wilno	1777-2002	54°38'N	25°06'E	156
Wrocław	1792-2002	51°08'N	16°59'E	116
Zagrzeb	1862-2002	45°49'N	15°59'E	162
Zurich	1864-1980	47°23'N	8°34'E	569

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

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

Zmienność wiekową zim i lat w 40 miejscowościach europejskich scharakteryzowano, zestawiając po 10 najmroźniejszych i najłagodniejszych zim (średnich z XII, I, II) oraz po 10 najcieplejszych i najchłodniejszych lat (średnich z VI, VII, VIII, tab.10-49). Najmroźniejsza zima w Polsce wystąpiła w roku 1830 (Warszawa – -9,8 °C, Kraków – -10,3, Wrocław – -10,3). Do mroźnych można zaliczyć także zimy: 1963 (Warszawa – -9,5, Kraków – -6,9, Wrocław – -8,4), 1929 (Warszawa – -7,9, Kraków – -7,7, Wrocław – -7,1) i 1940 (Warszawa – -8,8, Kraków – -7,4, Wrocław – -7,1). Najłagodniejsze zimy wystąpiły w ostatniej dekadzie XX wieku: Warszawa – 1990 (2,3 °C), 1989 (1,9), Kraków – 1975 (2,2), 1990 (1,9), Wrocław – 1990 (3,2), 1998 (2,8). Najniższą temperaturę -41,0°C w Polsce zanotowano dotychczas 11 stycznia 1940 r. w Siedlcach (Kuziemska 1983). Spadek temperatury do -40,6°C wystąpił wcześniej 10 lutego 1929 r. w Żywcu.

Najwyższą zaś temperaturę 40,2°C zmierzono 29 lipca 1921 r. w Prószkowie (koło Poznania), a samym Poznaniu – 38,7°C. W Warszawie było najcieplej w czerwcu 1811 (22,2°C) i później w latach 1964 (20,0), 1979 (19,6). Do najcieplejszych lipców w Warszawie można zaliczyć 1864 (22,4°C), 1811 (22,3), 1959 (21,5), 1963 (20,9), 2002 (21,1), 2001 (20,7). W sierpniu najcieplej było w latach: 1807 (23,6°C), 1992 (21,5), 1951 (20,7), 2002 (20,7). Do najcieplejszych sezonów letnich należą: 1811 (21,4), 1992

(20,0), 2002 (19,8), a do najchłodniejszych: 1821 (14,6), 1923 (15,6), 1980 (16,1). Skrajne wartości temperatury powietrza występują przy układach wyżowych.

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

## 2. Widma temperatury powietrza w Europie

Widma temperatury powietrza w 40 miejscowościach europejskich podczas zimy i lata wyznaczono metodą „sinusoid regresji” w paśmie 2,0-200 lat z odstępem  $\Delta\Theta = 0,1$  roku. Metoda „sinusoid regresji” wyznaczania widm i okresów opracowana w Zakładzie Klimatologii UW polega na dopasowaniu (według warunku najmniejszych kwadratów) kolejnych sinusoid o równaniu  $T = a_0 + b \sin(2\pi t/(\Theta+c))$  przy zmiennym okresie  $\Theta$  do wyników pomiarów. Ciąg wartości wariancji resztkowej  $\varepsilon_1^2, \varepsilon_2^2, \dots, \varepsilon_n^2$  – to tzw. widmo, a jego minima lokalne – to okresy  $\Theta$ . Tylko tę metodę można było stosować, gdy w serii pomiarowej odstęp czasu były różne – występowały liczne braki.

Oto parametry zimowych cykli temperatury powietrza w Uppsali (1739-1970):

Zima			Lato		
Okres $\Theta$	$b$	Faza $c$	Okres $\Theta$	$b$	Faza $c$
6,1	0,531	3,1222	6,0	0,246	2,8067
12,7	0,646	-0,8719	7,9	0,142	0,0468
23,2	0,535	-0,2635	11,1	0,221	-1,1273
26,0	0,461	-1,3267	13,7	0,230	-2,3016
30,1	0,710	1,6685	18,4	0,271	1,3435
102,7	0,403	1,9351	21,0	0,213	-0,7315
188,1	1,156	0,523	27,3	0,144	1,4194
			37,5	0,254	-2,9977
			45,4	0,180	-2,5058
			94,0	0,305	-2,6456
			192,8	0,222	0,5981

Widma temperatury powietrza (podczas zimy i lata) w 40 miejscowościach znajdujących się w Europie przedstawiają wykresy na rys. 1-40

## 3. Zmiany temperatury powietrza w Europie w XVIII-XX wieku. Prognozy po rok 2100

W identyfikacji naturalnych przyczyn zmian klimatu Ziemi fundamentalne znaczenie ma spełnienie zasady, że okresowość przyczyn i skutków powinna być zbliżona. Dlatego też istotne jest wskazanie analogicznej cykliczności domniemanych przyczyn – zmiennych:

astronomicznych (aktywność Słońca, parametry Układu Słonecznego) i skutków – zmiennych klimatologicznych (cyrkulacja atmosferyczna, temperatura powietrza)

W widmach wymienionych zmiennych są obecne okresy zbliżone do okresów obiegu czterech największych planet dookoła Słońca i ich wzajemnego położenia.

W prognozach przyjęto założenie, że ekstrema wyznaczonych cykli o dość dużych amplitudach (istotnych) będą się powtarzać nadal, tak jak w XVIII-XX wieku. Do takiego założenia upoważnia 178,9-letni cykl planetarny. Po upływie 178,9 lat powtarzają się wartości parametrów Układu Słonecznego (odległości środka masy US od Słońca, przyspieszenia Słońca, wypadkowej siły grawitacji planet). Wykresy zmian liczb Wolfa (i stałej słonecznej) w latach 1700-1879 i 1880-2000 – po upływie 179 lat są prawie przystające. Odstęp czasu między maksimami absolutnymi liczb Wolfa (1778, 1957) wynosi 179 lat. Jest to w przybliżeniu okresowość w sensie matematycznym  $f(t + 178,9) = f(t)$ .

Przebieg czasowy liczb Wolfa w latach 1700-2100 (maksima główne w latach 1778 i 1957) można otrzymać uwzględniając momenty mas 4- największych planet (Jowisz, Saturn, Uran, Neptun) – modulację momentów mas bliższych planet przez dalsze.

Można sądzić, że aktywność Słońca (stała słoneczna) jest kształtowana przez pola grawitacyjne tych planet.

Cykl około 180-letni jest obecny w najdłuższych seriach pomiarowych temperatury powietrza i opadów atmosferycznych.

Cykl 180-letni wielokrotnie powtarza się w ciągach chronologicznych paleotemperatury (izotopu  $^{18}\text{O}$ ) i zawartości substancji w osadach jeziornych sprzed kilkunastu tysięcy lat.

Metody prognozowania sprawdzano też na przykładzie krótkiej, 30-letniej serii pomiarów w Zamościu z lat 1951-1980 (Stopa-Boryczka, Boryczka 1998). Ekstrapolowanie wartości trendu czasowego – wypadkowej cykli: 3,25; 7,75; 12,6 lat – w latach 1981-1990 (poza przedział aproksymacji 1951-1980) są zbliżone do wyników pomiarów temperatury powietrza w dziesięcioleciu 1981-1990. Na uwagę zasługuje synchroniczność ekstremów wyrównanej temperatury powietrza w Zamościu z minimami i maksimami aktywności Słońca w cyklu 11-letnim. Maksima temperatury powietrza przypadają na daty maksimów plam słonecznych: 1957, 1968, 1979, 1989.

Ciągi czasowe temperatury powietrza w ostatnich stuleciach w Europie świadczą, że współczesne ocieplenie klimatu może w dużym stopniu wynikać z przyczyn naturalnych. Nie bez znaczenia są prawie przystające proste regresji standaryzowanych wartości aktywności Słońca i temperatury powietrza w Warszawie w latach 1779-2000:  $W^* = 0,0037t - 6,956$ ,  $T^* = 0,0047t - 8,940$

Tendencja rosnąca temperatury powietrza, zwłaszcza zimą, jest po prostu wypadkową nakładania się cykli naturalnych. Na przykład coraz cieplejsze zimy w Warszawie – o  $1,03^\circ\text{C}/100$  lat w latach 1779-1998 są efektem nałożenia się kilku okresów: 3,3; 5,2; 7,1; 8,3; 12,9; 15,3; 18,1; 22,5; 39,6; 73,8; 113,4; 178,9 lat. Ich wypadkowa (prosta regresji) 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 –  $0,05^\circ\text{C}/100$  lat, Pradze –  $0,25^\circ\text{C}/100$  lat są efektem nakładania się cyklicznych wahań temperatury powietrza.

Funkcje prognostyczne  $T = f(t)$  – to wypadkowe interferencji istotnych statystycznych cykli:  $T = a_0 + \sum b \sin(2\pi t/\Theta + c)$ . Na przykład funkcja prognostyczna średniej temperatury powietrza w zimie w Uppsali ma postać:

$$T = -3,8 + 0,531 \sin(2\pi t/6,1 + 3,1222) + 0,646 \sin(2\pi t/12,7 - 0,8719) + \\ + 0,535 \sin(2\pi t/23,2 - 0,2635) + 0,461 \sin(2\pi t/26,0 - 1,3267) + \\ + 0,710 \sin(2\pi t/30,1 + 1,6685) + 0,403 \sin(2\pi t/102,7 + 1,9351) + \\ + 1,156 \sin(2\pi t/188,1 + 0,523)$$

Oceną dokładności 80 funkcji prognostycznych temperatury powietrza w zimie (40) i w lecie (40) są: wariancja resztkowa  $\varepsilon^2$ , współczynnik korelacji wielokrotnej  $R$  i współczynnik specjalny korelacji  $R_s$  podane w tab. 50 i 51.

Zmiany temperatury powietrza podczas zimy i lata w 40 miejscowościach obszaru Europy przedstawiają wykresy wartości funkcji prognostycznych  $T = f(t)$  na rys. 41-80. W przedziałach pomiarowych są to wartości aproksymowane na podstawie funkcji  $T = f(t)$ , a poza przedziałem aproksymacji – wartości prognozowane. Na rysunkach tych przedstawiono również zmierzone wartości temperatury powietrza (zimą i latem) w poszczególnych miejscowościach wraz z prostą regresji i jej równaniem.

Zmiany średnich wartości temperatury powietrza w zimie w Warszawie w XXI wieku opisuje funkcja trendu czasowego  $T = f(t)$  o współczynniku korelacji  $R = 0,589$ :

$$T = -2,54 + 0,542 \sin(2\pi t/3,3 + 0,5592) + 0,669 \sin(2\pi t/5,2 + 0,5598) + \\ + 0,488 \sin(2\pi t/7,1 + 2,4537) + 0,832 \sin(2\pi t/8,3 + 2,5615) + \\ + 0,483 \sin(2\pi t/12,9 + 1,2135) + 0,455 \sin(2\pi t/15,3 + 1,1780) + \\ + 0,458 \sin(2\pi t/18,1 + 1,8846) + 0,260 \sin(2\pi t/22,5 - 2,6135) + \\ + 0,312 \sin(2\pi t/39,6 - 2,5485) + 0,263 \sin(2\pi t/73,8 + 2,0027) + \\ + 0,511 \sin(2\pi t/113,4 - 2,9818) + 0,156 \sin(2\pi t/178,9 + 2,0110)$$

W Europie (i Polsce) w XXI wieku można oczekiwać znacznego ochłodzenia klimatu, zwłaszcza bardziej mroźnych zim niż w drugiej połowie XX wieku. Świadczą o tym wykresy wypadkowych  $T = f(t)$  z nakładania się (interferencji) cykli temperatury powietrza, obecnych w seriach pomiarowych. Główne minima funkcji  $T = f(t)$  w Warszawie przypadają na lata: 2005 (-3,8°C), 2012 (-4,1), 2019 (-3,7), 20032 (-3,6), 2046 (-4,0), 2052-2055 (-4,2), 2068-2072 (-4,4), 2088 (-4,7°C).

Należy zaznaczyć, że są to prognozy naturalnych zmian klimatu, wywołanych przez naturalne (okresowe) czynniki.

Tabela 10. Mroźne zimy i upalne lata w Akureyri (1882-2002)  
 Table 10. The frosty winters and hot summers in Akureyri (1882-2002)

ZIMA				LATO			
mroźna		ciepła		cieple		chłodne	
1918	-7,7	1934	1,5	1933	13,4	1882	5,5
1886	-5,7	1954	1,3	1939	12,7	1907	7,1
1892	-5,4	1964	1,2	1934	12,2	1886	7,8
1902	-5,4	1992	1,0	1947	12,2	1892	7,8
1910	-4,9	1929	0,9	1945	12,0	1915	8,0
1966	-4,7	1932	0,9	1936	11,9	1887	8,1
1893	-4,2	1938	0,8	1894	11,9	1993	8,3
1905	-4,0	1942	0,7	1932	11,9	1952	8,3
1936	-4,0	1972	0,6	1925	11,8	1903	8,3
1885	-3,8	1991	0,3	1941	11,8	1956	8,6

Tabela 11. Mroźne zimy i upalne lata w Anglii Środkowej (1660-1973)  
 Table 11. The frosty winters and hot summers in England (1660-1973)

ZIMA				LATO			
mroźna		ciepła		cieple		chłodne	
1684	-1,2	1869	6,8	1826	17,6	1725	13,1
1740	-0,4	1834	6,5	1846	17,1	1695	13,2
1963	-0,3	1686	6,3	1947	17,0	1816	13,4
1855	0,3	1796	6,2	1933	17,0	1860	13,5
1814	0,4	1935	6,1	1781	17,0	1907	13,6
1795	0,5	1734	6,1	1911	17,0	1823	13,6
1695	0,7	1877	5,9	1899	16,9	1888	13,7
1879	0,7	1943	5,9	1868	16,9	1879	13,7
1716	0,8	1822	5,8	1676	16,8	1694	13,7
1679	1,0	1925	5,8	1666	16,7	1675	13,7

Tabela 12. Mroźne zimy i upalne lata w Atenach (1858-2002)  
 Table 12. The frosty winters and hot summers in Athens (1858-2002)

ZIMA				LATO			
mroźna		ciepła		cieple		chłodne	
1858	5,2	1936	12,9	1999	28,9	1913	24,6
1880	7,2	1955	12,2	2001	28,8	1976	24,7
1882	7,3	1951	12,0	2000	28,8	1984	25,0
1992	7,5	2001	11,9	1998	28,8	1882	25,1
1891	7,9	1926	11,8	1946	28,4	1983	25,1
1859	7,9	1966	11,8	1927	28,2	1903	25,1
1905	7,9	1977	11,7	1945	28,1	1884	25,2
1949	8,0	1970	11,7	2002	28,1	1914	25,2
1909	8,1	1879	11,6	1860	28,0	1885	25,3
1874	8,1	1902	11,5	1931	27,9	1933	25,3



Tabela 13. Mroźne zimy i upalne lata w Bazylei (1755-1980)  
 Table 13. The frosty winters and hot summers in Basel (1755-1980)

ZIMA				LATO			
mroźna		ciepła		ciepłe		chłodne	
1830	-5,4	1975	4,4	1947	20,6	1816	14,4
1755	-4,3	1834	4,4	1952	19,9	1813	15,3
1880	-4,2	1916	4,4	1950	19,7	1841	15,6
1963	-4,2	1877	4,2	1859	19,5	1805	15,7
1766	-4,0	1869	4,1	1807	19,5	1913	15,8
1895	-3,9	1974	3,4	1911	19,4	1821	15,8
1891	-3,7	1912	3,3	1976	19,2	1843	15,8
1929	-2,9	1966	3,2	1846	19,2	1909	15,8
1942	-2,8	1948	3,2	1826	19,0	1956	15,8
1789	-2,7	1980	3,1	1903	18,9	1882	15,9

Tabela 14. Mroźne zimy i upalne lata w Berlinie (1769-1990)  
 Table 14. The frosty winters and hot summers in Berlin (1769-1990)

ZIMA				LATO			
mroźna		ciepła		ciepłe		chłodne	
1830	-6,6	1990	4,3	1834	21,2	1962	15,4
1940	-6,0	1796	4,2	1826	21,0	1844	15,8
1947	-5,2	1925	3,9	1781	20,9	1816	16,1
1823	-5,1	1975	3,8	1775	20,5	1965	16,1
1838	-5,0	1866	3,7	1819	20,4	1805	16,1
1799	-5,0	1989	3,6	1868	20,3	1956	16,1
1963	-4,9	1899	3,5	1778	20,2	1987	16,2
1805	-4,5	1869	3,4	1783	20,0	1984	16,2
1929	-4,3	1822	3,2	1859	19,9	1974	16,2
1800	-4,2	1884	3,2	1794	19,9	1806	16,3

Tabela 15. Mroźne zimy i upalne lata w Budapeszcie (1780-1991)  
 Table 15. The frosty winters and hot summers in Budapest (1780-1991)

ZIMA				LATO			
mroźna		ciepła		ciepłe		chłodne	
1830	-5,0	1951	3,5	1834	24,3	1913	18,7
1841	-4,4	1916	3,4	1811	24,1	1926	19,3
1799	-4,4	1975	3,4	1781	23,7	1821	19,4
1891	-4,4	1990	3,4	1797	23,6	1965	19,4
1838	-4,1	1796	3,4	1794	23,5	1882	19,5
1893	-3,8	1983	3,4	1807	23,3	1984	19,5
1940	-3,7	1988	3,3	1848	23,3	1940	19,5
1929	-3,6	1843	3,1	1950	23,0	1978	19,6
1963	-3,5	1974	3,1	1802	22,9	1884	19,7
1784	-3,2	1834	3,1	1859	22,9	1918	19,7

Tabela 16. Mroźne zimy i upalne lata w Genewie (1768-1980)  
 Table 16. The frosty winters and hot summers in Geneva (1768-1980)

ZIMA				LATO			
mroźna		ciepła		ciepłe		chłodne	
1830	-3,5	1834	4,7	1952	21,1	1816	15,5
1891	-2,8	1869	4,5	1947	20,9	1813	16,2
1963	-2,7	1877	4,5	1928	20,7	1841	16,4
1880	-2,6	1916	4,0	1950	20,7	1843	16,4
1895	-2,3	1937	3,7	1793	20,5	1980	16,4
1808	-1,7	1912	3,6	1807	20,5	1978	16,5
1810	-1,6	1920	3,6	1945	20,3	1860	16,7
1785	-1,5	1828	3,4	1782	20,3	1977	16,8
1795	-1,5	1788	3,4	1834	20,3	1909	16,8
1929	-1,5	1930	3,4	1859	20,2	1968	16,9

Tabela 17. Mroźne zimy i upalne lata w Greenwich (1763-1969)  
 Table 17. The frosty winters and hot summers in Greenwich (1763-1969)

ZIMA				LATO			
mroźna		ciepła		ciepłe		chłodne	
1785	0,2	1796	7,0	1783	18,8	1816	13,4
1814	0,3	1869	6,9	1826	18,6	1860	14,1
1795	0,6	1877	6,5	1868	18,4	1812	14,3
1830	0,6	1935	6,5	1859	18,3	1814	14,4
1838	1,1	1957	6,5	1947	18,3	1823	14,4
1784	1,1	1899	6,4	1959	18,3	1769	14,5
1841	1,2	1834	6,3	1778	18,2	1841	14,5
1947	1,2	1916	6,2	1781	18,2	1817	14,6
1820	1,2	1846	6,1	1911	18,2	1821	14,6
1891	1,2	1967	6,1	1933	18,2	1767	14,7

Tabela 18. Mroźne zimy i upalne lata w Innsbrucku (1777-2000)  
 Table 18. The frosty winters and hot summers in Innsbruck (1777-2000)

ZIMA				LATO			
mroźna		ciepła		ciepłe		chłodne	
1891	-7,0	1998	2,5	1792	21,1	1786	14,9
1929	-6,7	1792	2,4	1807	20,9	1889	15,3
1963	-5,7	1811	2,1	1780	20,8	1913	15,4
1895	-5,0	1788	2,0	1793	20,1	1816	15,4
1795	-4,8	1974	1,9	1791	19,8	1785	15,5
1779	-4,4	1834	1,9	1834	19,8	1813	15,6
1799	-4,3	1791	1,8	1790	19,7	1882	15,7
1940	-4,2	1822	1,8	1992	19,6	1884	15,8
1942	-4,1	1916	1,8	1777	19,6	1918	15,9
1886	-4,0	1994	1,7	1877	19,6	1926	15,9

Tabela 19. Mroźne zimy i upalne lata w Kijowie (1812-2000)

Table 19. The frosty winters and hot summers in Kijow in (1812-2000)

ZIMA				LATO			
mroźna		ciepła		ciepłe		chłodne	
1838	-10,2	1990	0,9	1999	21,5	1832	15,1
1830	-10,1	1843	0,4	1992	21,4	1825	15,9
1862	-10,1	1989	-0,2	1946	21,4	1835	16,5
1841	-10,1	1983	-0,5	1841	21,2	1887	16,6
1954	-10,0	1975	-0,6	1939	20,9	1911	16,6
1942	-9,9	2001	-0,7	1938	20,9	1831	16,7
1871	-9,8	1899	-1,2	1817	20,9	1836	16,7
1891	-9,3	1961	-1,2	1936	20,8	1899	16,7
1929	-9,3	1822	-1,4	2001	20,8	1824	16,8
1985	-9,2	1902	-1,4	2002	20,8	1928	16,8

Tabela 20. Mroźne zimy i upalne lata w Kopenhadze (1768-1991)

Table 20. The frosty winters and hot summers in Kopenhaga (1768-1991)

ZIMA				LATO			
mroźna		ciepła		ciepłe		chłodne	
1830	-4,5	1989	4,7	1783	19,9	1840	13,4
1838	-4,4	1990	4,4	1798	19,4	1841	13,7
1871	-3,8	1975	4,2	1826	19,4	1844	14,1
1893	-3,6	1925	3,7	1776	19,2	1821	14,2
1841	-3,6	1988	3,4	1775	19,2	1902	14,3
1799	-3,5	1973	3,0	1834	18,8	1849	14,3
1942	-3,4	1822	2,9	1819	18,8	1864	14,4
1940	-3,3	1957	2,9	1947	18,6	1856	14,4
1805	-3,2	1949	2,8	1788	18,5	1923	14,5
1814	-3,2	1983	2,8	1975	18,5	1907	14,5

Tabela 21. Mroźne zimy i upalne lata w Krakowie w latach (1827-1997)

Table 21. The frosty winters and hot summers in Krakow (1827-1997)

ZIMA				LATO			
mroźna		ciepła		ciepłe		chłodne	
1830	-10,3	1975	2,2	1834	20,8	1844	15,9
1929	-7,7	1990	1,9	1992	20,1	1913	16,1
1940	-7,4	1843	1,8	1983	19,7	1838	16,1
1871	-7,2	1916	1,8	1982	19,6	1832	16,2
1838	-7,2	1989	1,6	1875	19,5	1836	16,2
1841	-7,2	1925	1,6	1946	19,4	1923	16,4
1947	-6,9	1899	1,3	1939	19,3	1919	16,4
1963	-6,9	1974	1,3	1963	19,3	1864	16,4
1865	-5,9	1910	1,2	1950	19,3	1899	16,5
1996	-5,8	1961	1,1	1846	19,2	1909	16,6

Tabela 22. Mroźne zimy i upalne lata w Kramsmuenster (1767-1981)  
 Table 22. The frosty winters and hot summers in Kramsmuenster (1767-1981)

ZIMA				LATO			
mroźna		ciepła		cieple		chłodne	
1830	-7,1	1916	2,7	1811	21,0	1840	14,6
1768	-6,9	1834	2,1	1782	20,8	1816	15,0
1963	-6,4	1783	2,0	1775	20,6	1833	15,2
1940	-6,2	1975	1,9	1778	20,4	1882	15,4
1784	-6,1	1791	1,7	1781	20,3	1821	15,5
1929	-5,8	1920	1,7	1807	20,1	1860	15,6
1880	-5,7	1921	1,6	1790	20,1	1913	15,7
1802	-5,5	1948	1,3	1783	19,9	1843	15,9
1799	-5,3	1899	1,1	1791	19,9	1829	15,9
1947	-5,1	1869	1,1	1772	19,8	1844	15,9

Tabela 23. Mroźne zimy i upalne lata we Lwowie (1824-2002)  
 Table 23. The frosty winters and hot summers in Lwow (1824-2002)

ZIMA				LATO			
mroźna		ciepła		cieple		chłodne	
1830	-10,4	1990	1,0	1939	20,2	1832	15,0
1929	-9,0	1899	0,6	1855	20,1	1984	15,2
1850	-8,6	1925	0,6	1850	19,9	1978	15,4
1963	-8,4	1910	0,6	1834	19,6	1940	15,6
1954	-8,2	1853	0,4	1938	19,5	1962	15,6
1838	-7,8	1975	0,2	1944	19,4	1838	15,6
1985	-7,6	1902	0,2	1932	19,4	1913	15,7
1947	-7,4	1994	0,1	1937	19,3	1980	15,7
1841	-7,3	1916	0,0	1897	19,3	1976	15,8
1942	-6,7	1936	0,0	1936	19,2	1837	15,9

Tabela 24. Mroźne zimy i upalne lata w Marsylii (1838-2002)  
 Table 24. The frosty winters and hot summers in Marsylia (1838-2002)

ZIMA				LATO			
mroźna		ciepła		cieple		chłodne	
1942	3,6	1912	9,8	1994	24,9	1888	19,9
1963	3,8	1869	9,8	1952	24,0	1909	20,0
1929	4,2	1990	9,7	1998	24,0	1914	20,1
1953	4,3	2001	9,6	2001	23,9	1890	20,2
1941	4,5	1867	9,4	1950	23,9	1838	20,2
1934	4,8	1877	9,4	1999	23,8	1871	20,2
1947	5,0	1899	9,3	1982	23,8	1912	20,2
1981	5,0	1849	9,1	1989	23,8	1841	20,3
1871	5,1	1866	9,0	1973	23,6	1883	20,4
1932	5,1	1920	9,0	2000	23,6	1891	20,4

Tabela 25. Mroźne zimy i upalne lata w Mińsku (1891-2002)  
Table 25. The frosty winters and hot summers in Minsk (1891-2002)

ZIMA				LATO			
mroźna		ciepła		ciepłe		chłodne	
1940	-11,5	1990	0,0	1999	20,0	1928	14,4
1929	-11,1	1989	-0,8	2002	19,6	1923	14,5
1942	-10,9	1975	-0,9	1901	19,3	1904	14,7
1893	-10,8	1925	-1,4	1992	19,2	1962	14,9
1985	-10,2	1961	-1,8	1896	18,7	1993	15,2
1954	-10,2	2000	-1,9	1972	18,7	1920	15,3
1947	-9,8	1983	-1,9	1897	18,6	1918	15,4
1963	-9,7	2001	-2,2	2001	18,5	1978	15,4
1970	-9,1	1992	-2,3	1939	18,5	1984	15,4
1956	-9,0	1899	-2,3	1959	18,5	1965	15,5

Tabela 26. Mroźne zimy i upalne lata w Monachium (1781-1991)  
Table 26. The frosty winters and hot summers in Munich (1781-1991)

ZIMA				LATO			
mroźna		ciepła		ciepłe		chłodne	
1963	-7,0	1834	3,1	1807	19,8	1816	14,3
1929	-6,9	1796	2,9	1811	18,9	1913	14,4
1830	-6,7	1877	2,5	1950	18,9	1882	14,9
1891	-5,9	1916	2,2	1859	18,8	1813	15,0
1880	-5,6	1975	2,1	1834	18,8	1821	15,0
1895	-5,1	1989	1,8	1947	18,8	1909	15,0
1942	-5,1	1990	1,8	1846	18,7	1843	15,1
1947	-5,0	1794	1,7	1952	18,6	1916	15,1
1940	-5,0	1966	1,7	1794	18,4	1918	15,1
1784	-4,5	1869	1,6	1802	18,3	1926	15,1

Tabela 27. Mroźne zimy i upalne lata w Moskwie (1779-2002)  
Table 27. The frosty winters and hot summers in Moscow (1779-2002)

ZIMA				LATO			
mroźna		ciepła		ciepłe		chłodne	
1893	-16,8	1961	-2,9	1841	21,6	1904	13,6
1942	-15,0	1989	-3,3	1839	20,9	1928	14,6
1956	-14,5	2000	-3,5	1938	20,3	1976	14,7
1838	-14,0	1990	-3,7	1972	20,1	1899	14,7
1840	-13,7	1843	-3,9	1850	20,1	1923	14,7
1889	-13,5	1983	-4,1	1999	19,8	1825	14,8
1883	-13,5	1957	-4,2	1936	19,8	1962	14,8
1789	-13,3	1822	-4,3	1854	19,6	1950	14,9
1841	-13,3	1975	-4,3	1981	19,5	1888	15,0
1783	-13,1	1952	-4,3	1954	19,4	1916	15,1

Tabela 28. Mroźne zimy i upalne lata w Odessie (1821-2002)  
 Table 28. The frosty winters and hot summers in Odessa (1821-2002)

ZIMA				LATO			
mroźna		ciepła		cieple		chłodne	
1954	-7,2	1990	2,9	1850	24,0	1829	19,0
1891	-6,4	1966	2,7	1999	23,5	1976	19,0
1858	-5,4	1983	2,4	1938	23,4	1831	19,3
1840	-5,3	1902	2,3	1946	23,4	1919	19,4
1929	-5,2	2001	2,3	1848	23,3	1826	19,4
1942	-4,9	1899	2,1	1936	22,9	1933	19,4
1909	-4,9	1936	2,0	1875	22,8	1978	19,4
1848	-4,8	1916	2,0	2002	22,8	1984	19,5
1893	-4,8	1989	2,0	1891	22,8	1980	19,5
1896	-4,8	1961	1,9	2001	22,8	1913	19,6

Tabela 29. Mroźne zimy i upalne lata w Oksfordzie (1828-1980)  
 Table 29. The frosty winters and hot summers in Oxford (1828-1980)

ZIMA				LATO			
mroźna		ciepła		cieple		chłodne	
1963	-0,8	1869	7,1	1976	18,7	1841	13,9
1830	0,7	1975	6,7	1911	18,1	1860	14,1
1841	0,8	1877	6,6	1947	18,0	1843	14,3
1947	0,9	1834	6,5	1975	17,9	1922	14,4
1838	1,1	1935	6,4	1899	17,8	1888	14,4
1879	1,2	1899	6,4	1933	17,8	1907	14,4
1891	1,2	1943	6,2	1868	17,7	1920	14,4
1847	1,3	1884	6,1	1859	17,5	1879	14,5
1895	1,3	1920	6,0	1959	17,5	1845	14,5
1845	1,5	1949	6,0	1949	17,5	1839	14,6

Tabela 30. Mroźne zimy i upalne lata w Oslo (1816-1991)  
 Table 30. The frosty winters and hot summers in Oslo (1816-1991)

ZIMA				LATO			
mroźna		ciepła		cieple		chłodne	
1871	-8,5	1925	0,9	1947	18,6	1821	12,5
1966	-8,5	1822	0,5	1901	18,5	1817	12,8
1942	-8,4	1973	0,4	1914	18,4	1851	13,6
1845	-8,3	1930	0,3	1955	18,1	1962	13,7
1875	-8,3	1949	0,3	1933	18,0	1856	13,7
1941	-7,9	1874	0,2	1846	18,0	1928	13,8
1877	-7,8	1882	-0,2	1897	18,0	1816	13,9
1893	-7,8	1824	-0,3	1868	17,9	1841	13,9
1963	-7,8	1932	-0,4	1858	17,7	1848	14,0
1841	-7,7	1935	-0,5	1896	17,6	1862	14,0

Tabela 31. Mroźne zimy i upalne lata w Paryżu (1757-1995)  
Table 31. The frosty winters and hot summers in Paris (1757-1995)

ZIMA				LATO			
mroźna		ciepła		ciepłe		chłodne	
1830	-1,6	1975	6,9	1775	21,3	1816	15,3
1880	-1,4	1995	6,9	1757	21,1	1860	15,4
1963	-1,1	1877	6,6	1761	20,9	1956	15,9
1795	-0,8	1796	6,4	1762	20,9	1978	16,0
1784	-0,6	1916	6,3	1947	20,7	1909	16,0
1891	-0,5	1834	6,3	1976	20,6	1882	16,1
1789	0,1	1990	6,3	1760	20,4	1916	16,1
1845	0,4	1869	6,1	1772	20,4	1841	16,2
1942	0,4	1912	6,1	1759	20,3	1888	16,2
1841	0,5	1994	6,1	1826	20,2	1890	16,2

Tabela 32. Mroźne zimy i upalne lata w Poczdamie (1894-1992)  
Table 32. The frosty winters and hot summers in Potsdam (1894-1992)

ZIMA				LATO			
mroźna		ciepła		ciepłe		chłodne	
1940	-6,3	1990	4,0	1992	20,1	1907	15,2
1963	-5,7	1975	3,6	1983	19,3	1902	15,4
1947	-5,6	1989	3,4	1947	19,2	1962	15,5
1929	-5,5	1925	3,0	1959	18,9	1923	15,5
1970	-4,4	1899	2,9	1982	18,8	1916	15,6
1942	-3,9	1988	2,6	1917	18,7	1918	15,7
1941	-3,4	1974	2,3	1975	18,7	1956	15,8
1924	-3,0	1916	2,1	1976	18,6	1909	15,9
1985	-2,9	1957	2,1	1911	18,6	1913	16,0
1895	-2,8	1910	2,0	1950	18,6	1987	16,1

Tabela 33. Mroźne zimy i upalne lata w Pradze (1771-2002)  
Table 33. The frosty winters and hot summers in Prague (1771-2002)

ZIMA				LATO			
mroźna		ciepła		ciepłe		chłodne	
1799	-6,9	1796	4,3	1985	16,0	1775	20,7
1963	-6,9	1794	4,0	1962	16,0	1859	20,7
1830	-6,1	1834	3,5	1977	16,0	1808	20,7
1929	-5,5	1791	3,3	1996	15,9	1787	20,8
1784	-5,5	1790	3,2	1965	15,9	1781	21,0
1841	-5,5	1916	3,2	1987	15,8	1868	21,1
1838	-5,5	1822	3,1	1956	15,6	1826	21,4
1985	-4,5	1807	3,0	1984	15,5	1807	21,9
1871	-4,4	1825	2,8	1980	15,3	1811	22,1
1964	-4,4	1935	2,7	1978	15,0	1834	22,2

Tabela 34. Mroźne zimy i upalne lata w Rydze (1795-1990)  
Table 34. The frosty winters and hot summers in Ryga (1795-1990)

ZIMA				LATO			
mroźna		ciepła		cieple		chłodne	
1799	-10,5	1824	1,7	1826	20,7	1928	13,4
1940	-9,9	1990	1,1	1798	19,6	1962	13,6
1803	-9,8	1989	0,9	1868	19,4	1902	14,0
1871	-9,8	1925	0,7	1939	18,8	1904	14,0
1841	-9,7	1825	0,5	1858	18,8	1923	14,3
1893	-9,6	1961	0,3	1811	18,7	1830	14,5
1942	-9,6	1975	0,2	1797	18,6	1844	14,6
1809	-9,5	1882	-0,2	1901	18,5	1965	14,9
1970	-9,0	1949	-0,3	1805	18,5	1976	14,9
1979	-8,7	1843	-0,3	1896	18,4	1929	15,0

Tabela 35. Mroźne zimy i upalne lata w Rzymie (1811-1991)  
Table 35. The frosty winters and hot summers in Rome (1811-1991)

ZIMA				LATO			
mroźna		ciepła		cieple		chłodne	
1929	5,2	1977	10,6	1822	26,6	1953	21,2
1858	5,5	1988	10,2	1928	25,9	1825	21,7
1880	5,5	1979	10,1	1947	25,9	1969	21,9
1942	5,7	1955	10,0	1950	25,7	1851	22,1
1901	5,9	1974	9,9	1945	25,6	1816	22,1
1891	6,0	1966	9,7	1820	25,2	1847	22,1
1905	6,0	1912	9,6	1952	25,1	1909	22,1
1850	6,1	1972	9,6	1904	24,9	1843	22,2
1909	6,2	1982	9,6	1942	24,9	1965	22,2
1874	6,4	1838	9,5	1927	24,9	1977	22,2

Tabela 36. Mroźne zimy i upalne lata w Seantis (1883-1988)  
Table 36. The frosty winters and hot summers in Seantis (1883-1988)

ZIMA				LATO			
mroźna		ciepła		cieple		chłodne	
1940	-10,0	1959	-3,0	1942	6,7	1913	2,4
1933	-9,9	1965	-5,3	1928	6,2	1909	2,7
1909	-9,8	1962	-6,0	1911	6,0	1916	2,8
1886	-9,6	1920	-6,0	1904	5,7	1968	2,8
1889	-9,5	1912	-6,1	1887	5,7	1918	3,0
1923	-9,5	1967	-6,5	1929	5,6	1890	3,1
1907	-9,4	1951	-6,5	1885	5,6	1891	3,1
1944	-9,1	1964	-6,6	1935	5,5	1912	3,1
1922	-9,0	1934	-6,6	1954	5,5	1970	3,2
1915	-9,0	1954	-6,6	1905	5,4	1940	3,2



Tabela 37. Mroźne zimy i upalne lata w Sonnblick (1921-1980)  
 Table 37. The frosty winters and hot summers in Sonnblick (1921-1980)

ZIMA				LATO			
mroźna		ciepła		cieple		chłodne	
1929	-14,2	1962	-9,9	1939	2,3	1926	-0,6
1939	-14,1	1959	-10,1	1928	2,1	1924	-0,3
1956	-14,1	1961	-10,3	1958	1,6	1933	-0,3
1933	-13,9	1938	-10,6	1929	1,6	1942	-0,1
1931	-13,8	1932	-10,9	1950	1,6	1955	-0,1
1941	-13,8	1934	-10,9	1960	1,5	1965	-0,1
1923	-13,7	1964	-10,9	1931	1,4	1925	0,0
1955	-13,7	1951	-11,0	1938	1,4	1956	0,1
1954	-13,4	1936	-11,0	1935	1,3	1923	0,2
1949	-13,4	1945	-11,0	1932	1,3	1952	0,2

Tabela 38. Mroźne zimy i upalne lata w Stambule (1839-2002)  
 Table 38. The frosty winters and hot summers in Stamboul (1839-2002)

ZIMA				LATO			
mroźna		ciepła		cieple		chłodne	
1954	2,5	1873	9,3	1883	24,5	1919	20,4
1858	2,7	1879	9,2	1860	24,3	1933	20,8
1880	3,7	1955	9,1	1885	24,3	1949	20,9
1932	3,7	1853	9,0	1946	24,2	1857	21,0
1849	3,8	1936	8,9	1875	24,1	1912	21,0
1942	3,9	1951	8,9	1880	24,1	1918	21,2
1949	3,9	2001	8,7	1954	24,1	1925	21,2
1929	4,2	1966	8,7	1850	24,0	1976	21,2
1891	4,3	1915	8,5	1871	24,0	1913	21,3
1943	4,4	1953	8,5	1998	24,0	1914	21,3

Tabela 39. Mroźne zimy i upalne lata w Sztokholmie (1756-1994)  
 Table 39. The frosty winters and hot summers in Stockholm (1756-1994)

ZIMA				LATO			
mroźna		ciepła		cieple		chłodne	
1809	-8,7	1973	1,8	1789	19,2	1902	13,1
1814	-8,2	1790	1,6	1819	19,2	1928	13,2
1871	-8,2	1949	1,6	1826	19,0	1832	13,4
1942	-7,8	1925	1,5	1775	18,6	1862	13,5
1789	-7,7	1930	1,3	1858	18,6	1907	13,5
1893	-7,4	1822	1,1	1783	18,5	1867	13,6
1805	-7,3	1824	1,0	1901	18,3	1844	13,7
1767	-7,2	1975	1,0	1969	18,2	1923	13,8
1838	-7,1	1989	0,9	1798	18,2	1821	13,8
1875	-6,7	1990	0,6	1947	18,1	1987	13,9

Tabela 40. Mroźne zimy i upalne lata w Tallinnie (1779-2002)  
 Table 40. The frosty winters and hot summers in Tallinn (1779-2002)

ZIMA				LATO			
mroźna		ciepła		ciepłe		chłodne	
1829	-11,8	1925	1,3	1834	18,4	1902	12,1
1942	-11,8	1992	0,2	1789	18,1	1836	12,7
1871	-11,2	1961	0,1	1826	18,0	1928	12,7
1809	-11,0	1975	0,0	1858	17,9	1904	13,1
1820	-10,5	1949	0,0	1936	17,5	1815	13,1
1893	-10,5	1993	-0,1	2002	17,5	1962	13,1
1789	-10,3	1930	-0,3	1972	17,3	1923	13,1
1838	-10,1	1990	-0,5	1973	17,2	1892	13,2
1940	-9,5	1973	-0,5	1997	17,2	1832	13,3
1803	-9,3	1843	-0,5	1798	17,2	1987	13,5

Tabela 41. Mroźne zimy i upalne lata w Trondheim (1761-1981)  
 Table 41. The frosty winters and hot summers in Trondheim (1761-1981)

ZIMA				LATO			
mroźna		ciepła		ciepłe		chłodne	
1966	-7,8	1933	2,1	1852	17,2	1964	11,2
1900	-7,2	1934	1,7	1826	17,1	1869	11,2
1875	-6,5	1925	1,5	1831	17,0	1904	11,1
1881	-6,5	1932	1,3	1819	16,9	1923	11,1
1879	-6,5	1790	1,3	1789	15,8	1902	11,0
1845	-5,9	1930	1,3	1853	15,8	1928	10,9
1979	-5,9	1874	1,2	1930	15,7	1962	10,8
1789	-5,9	1973	1,0	1858	15,5	1765	10,7
1809	-5,9	1949	0,8	1901	15,4	1800	10,6
1799	-5,8	1944	0,8	1937	15,4	1921	10,5

Tabela 42. Mroźne zimy i upalne lata w Uppsali (1739-1970)  
 Table 42. The frosty winters and hot summers in Uppsala (1739-1970)

ZIMA				LATO			
mroźna		ciepła		ciepłe		chłodne	
1871	-9,7	1949	0,7	1901	18,1	1902	12,6
1942	-9,7	1925	0,6	1858	18,0	1928	13,0
1970	-8,8	1930	0,4	1936	17,5	1867	13,4
1893	-8,7	1882	-0,5	1937	17,5	1862	13,5
1855	-8,7	1750	-0,6	1969	17,5	1907	13,5
1966	-8,6	1874	-0,6	1752	17,3	1888	13,6
1838	-8,4	1939	-0,6	1914	17,3	1885	13,6
1940	-8,3	1842	-0,7	1959	17,2	1856	13,7
1875	-8,2	1863	-0,9	1868	17,2	1869	13,7
1881	-8,2	1961	-1,0	1947	17,2	1923	13,7

Tabela 43. Mroźne zimy i upalne lata w Vestmannaeyjar (1884-1981)  
 Table 43. The frosty winters and hot summers in Vestmannaeyjar (1884-1981)

ZIMA				LATO			
mroźna		ciepła		ciepłe		chłodne	
1920	0,50	1964	4,13	1889	11,87	1959	9,17
1952	0,50	1929	3,93	1893	11,80	1963	9,17
1888	0,53	1934	3,50	1891	11,70	1965	9,17
1902	0,53	1947	3,23	1890	11,00	1962	9,20
1910	0,53	1932	3,17	1887	10,53	1961	9,27
1937	0,57	1972	3,17	1884	10,27	1978	9,27
1907	0,60	1912	3,13	1886	10,03	1968	9,33
1945	0,70	1930	3,10	1888	9,93	1974	9,33
1968	0,70	1926	3,03	1892	9,93	1885	9,37
1951	0,77	1946	3,03	1885	9,37	1940	9,43

Tabela 44. Mroźne zimy i upalne lata w Warszawie (1779-1998)  
 Table 44. The frosty winters and hot summers in Warsaw (1779-1998)

ZIMA				LATO			
mroźna		ciepła		ciepłe		chłodne	
1830	-9,7	1990	2,3	1811	21,4	1821	14,6
1799	-9,5	1989	1,9	1834	20,6	1844	15,5
1963	-9,5	1843	1,2	1781	20,5	1810	15,6
1838	-8,8	1975	1,1	1992	20,0	1923	15,6
1789	-8,5	1991	1,1	1826	20,0	1978	15,9
1823	-8,4	1998	1,1	1783	19,8	1785	16,0
1871	-8,3	1925	0,8	2002	19,8	1818	16,0
1820	-8,3	1910	0,8	1807	19,7	1902	16,0
1970	-8,1	1994	0,7	1859	19,5	1832	16,0
1929	-7,9	1899	0,7	1868	19,5	1980	16,1

Tabela 45. Mroźne zimy i upalne lata w Wiedniu (1775-2002)  
 Table 45. The frosty winters and hot summers in Vienna (1775-2002)

ZIMA				LATO			
mroźna		ciepła		ciepłe		chłodne	
1830	-6,7	1998	3,6	1811	22,4	1913	16,6
1940	-5,3	1916	3,4	1992	21,7	1821	16,9
1841	-5,1	1989	3,3	1807	21,5	1829	16,9
1929	-5,0	1995	3,2	1834	21,5	1926	16,9
1799	-4,8	1834	3,1	1994	21,2	1918	17,0
1838	-4,8	1975	3,1	1782	21,1	1864	17,1
1963	-4,8	1796	3,1	1783	21,1	1902	17,1
1891	-4,7	1988	3,0	1797	20,9	1813	17,2
1947	-4,4	1990	2,8	2002	20,9	1920	17,2
1942	-3,9	1994	2,8	1802	20,8	1916	17,2

Tabela 46. Mroźne zimy i upalne lata w Wilnie (1777-2002)  
 Table 46. The frosty winters and hot summers in Wilno (1777-2002)

ZIMA				LATO			
mroźna		ciepła		ciepłe		chłodne	
1789	-11,3	1843	0,8	1811	20,6	1928	14,3
1940	-11,0	1990	0,3	1826	20,3	1923	14,6
1799	-11,0	1994	0,3	1858	20,1	1993	14,7
1803	-10,7	1822	0,1	1834	19,8	1978	14,8
1871	-10,2	1791	0,0	1859	19,7	1974	14,9
1929	-10,2	1989	-0,2	1860	19,5	1976	14,9
1830	-9,7	1824	-0,2	1809	19,4	1965	15,0
1942	-9,7	1925	-0,3	1861	19,4	1904	15,0
1838	-9,6	1961	-0,3	1939	19,4	1821	15,1
1805	-9,5	1884	-0,4	1868	19,4	1987	15,1

Tabela 47. Mroźne zimy i upalne lata we Wrocławiu (1792-2002)  
 Table 47. The frosty winters and hot summers in Wrocław (1792-2002)

ZIMA				LATO			
mroźna		ciepła		ciepłe		chłodne	
1830	-10,3	1990	3,2	1992	20,3	1825	14,2
1963	-8,4	1998	2,8	1834	20,2	1821	15,4
1799	-7,8	1899	2,5	1811	19,9	1795	15,5
1947	-7,2	1916	2,4	1807	19,7	1844	15,6
1929	-7,1	1989	2,3	1797	19,6	1799	15,7
1940	-7,1	1910	2,2	1846	19,6	1978	15,7
1827	-6,5	1988	2,1	2002	19,6	1805	15,8
1838	-6,1	1925	2,1	1917	19,4	1829	15,8
1871	-5,9	1975	2,1	1852	19,4	1813	16,0
1970	-5,7	1866	1,9	1868	19,3	1923	16,0

Tabela 48. Mroźne zimy i upalne lata w Zagrzebiu (1862-2002)  
 Table 48. The frosty winters and hot summers in Zagreb (1862-2002)

ZIMA				LATO			
mroźna		ciepła		cieple		chłodne	
1880	-4,9	2001	5,2	1950	23,3	1913	18,8
1891	-4,3	1916	4,8	1946	22,8	1926	18,9
1963	-3,6	1936	4,8	1952	22,8	1978	18,9
1929	-3,3	1877	4,6	1992	22,7	1882	19,1
1876	-2,9	1869	4,5	2000	22,5	1884	19,1
1940	-2,6	1994	4,4	1994	22,4	1984	19,1
1947	-2,4	1910	4,4	1917	22,2	1919	19,2
1942	-2,3	1990	4,3	1877	22,1	1918	19,3
1954	-2,0	1975	4,2	1928	22,1	1940	19,3
1964	-2,0	1951	4,1	1862	22,0	1987	19,4

Tabela 49. Mroźne zimy i upalne lata w Zurichu (1864-1980)  
 Table 49. The frosty winters and hot summers in Zurich (1864-1980)

ZIMA				LATO			
mroźna		ciepła		cieple		chłodne	
1953	-4,5	1964	3,3	1911	19,1	1918	15,0
1864	-3,4	1866	3,0	1873	19	1946	15,1
1895	-3,3	1916	2,8	1904	18,7	1913	15,4
1871	-3,1	1936	2,6	1942	18,7	1968	15,4
1940	-2,9	1900	2,4	1877	18,6	1909	15,6
1890	-2,7	1967	2,4	1928	18,6	1970	15,6
1879	-2,7	1868	2,3	1868	18,5	1916	15,6
1917	-2,6	1877	2,3	1881	18,4	1924	15,6
1929	-2,5	1920	2,2	1935	18,4	1912	15,8
1887	-2,4	1925	2,2	1905	18,3	1962	15,8

Tabela 50. Ocena dokładności funkcji prognostycznych  $T(t)$  – zima

( $T_{sr}$  – średnia arytmetyczna,  $s$  – odchylenie standardowe,  $\varepsilon^2$  – wariancja resztkowa,  $R$  – współczynnik korelacji wielokrotnej,  $R_s$  – współczynnik specjalny korelacji)

Table 50. Accuracy evaluation of prognostic function  $T(t)$  – winter

( $T_{sr}$  – average of air temperature,  $s$  – standard deviation,  $\varepsilon^2$  – residual variance,  $R$  – multiple correlation index,  $R_s$  – coefficient correlation)

Nr	Miejscowość	$T_{sr}$	$s$	$\varepsilon^2$	$R$	$R_s$
1	Akureyri	-1,83	1,56	1,171	0,719	0,893
2	Anglia Środkowa	3,62	1,35	1,466	0,444	0,900
3	Ateny	9,95	1,80	0,998	0,529	0,995
4	Bazylea	0,46	1,82	2,426	0,516	0,558
5	Berlin	0,17	2,11	3,352	0,494	0,499
6	Budapeszt	0,17	1,85	2,613	0,487	0,494
7	Genewa	1,21	1,46	1,515	0,541	0,761
8	Greenwich	4,04	1,43	1,518	0,509	0,958
9	Innsbruck	-1,09	1,74	2,243	0,512	0,686
10	Kijów	-4,91	2,40	4,097	0,538	0,929
11	Kopenhaga	0,21	1,76	2,351	0,492	0,503
12	Kraków	-1,92	2,30	3,788	0,532	0,761
13	Kremsmuenster	-1,54	1,86	2,493	0,529	0,757
14	Lwów	-3,08	2,13	2,928	0,595	0,890
15	Marsylia	7,20	1,24	1,060	0,561	0,990
16	Mińsk	-5,53	2,45	3,871	0,596	0,946
17	Monachium	-0,16	1,87	2,733	0,470	0,662
18	Moskwa	-8,83	2,75	4,897	0,593	0,971
19	Odessa	-1,24	2,10	2,932	0,581	0,714
20	Oksford	4,16	1,43	1,458	0,533	0,962
21	Oslo	-3,74	2,18	3,232	0,567	0,910
22	Paryż	3,42	1,61	1,939	0,496	0,930
23	Poczdami	0,04	2,04	2,746	0,585	0,585
24	Praga	-0,35	2,08	3,108	0,528	0,547
25	Ryga	-4,16	2,47	4,719	0,508	0,892
26	Rzym	7,96	1,02	0,720	0,558	0,994
27	Saentis	7,76	1,10	0,896	0,512	0,993
28	Sonnblick	12,36	1,34	1,337	0,507	0,996
29	Stambuł	6,34	1,39	1,379	0,537	0,984
30	Sztokholm	-2,83	2,21	3,526	0,525	0,852
31	Tallinn	-4,70	2,58	5,023	0,497	0,909
32	Trondheim	-2,58	1,89	2,696	0,497	0,858
33	Uppsala	-3,85	2,24	3,585	0,533	0,905
34	Vestmannaeyjar	1,77	0,96	0,481	0,689	0,939
35	Warszawa	-2,54	2,40	4,344	0,480	0,800
36	Wiedeń	-0,26	1,94	2,907	0,476	0,491
37	Wilno	-4,66	2,52	4,516	0,535	0,915
38	Wrocław	-1,20	2,40	4,061	0,543	0,661
39	Zagrzeb	1,38	2,04	2,990	0,529	0,712
40	Zurich	0,16	1,60	1,712	0,573	0,578

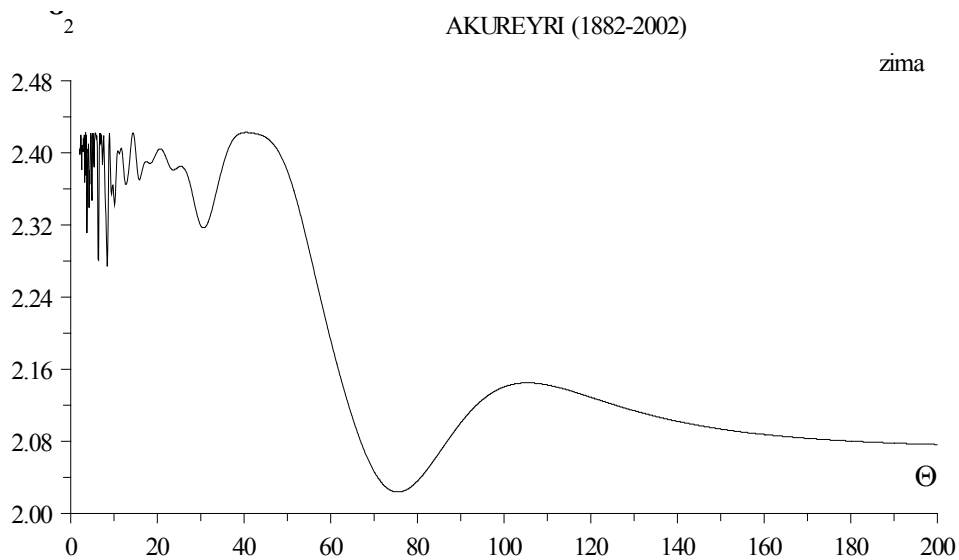
Tabela 51. Ocena dokładności funkcji prognostycznych  $T(t)$  – lato

( $T_{sr}$  – średnia arytmetyczna,  $s$  – odchylenie standardowe,  $\varepsilon^2$  – wariancja resztkowa,  $R$  – współczynnik korelacji wielokrotnej,  $R_s$  – współczynnik specjalny korelacji)

Table 51. Accuracy evaluation of prognostic function  $T(t)$  – summer

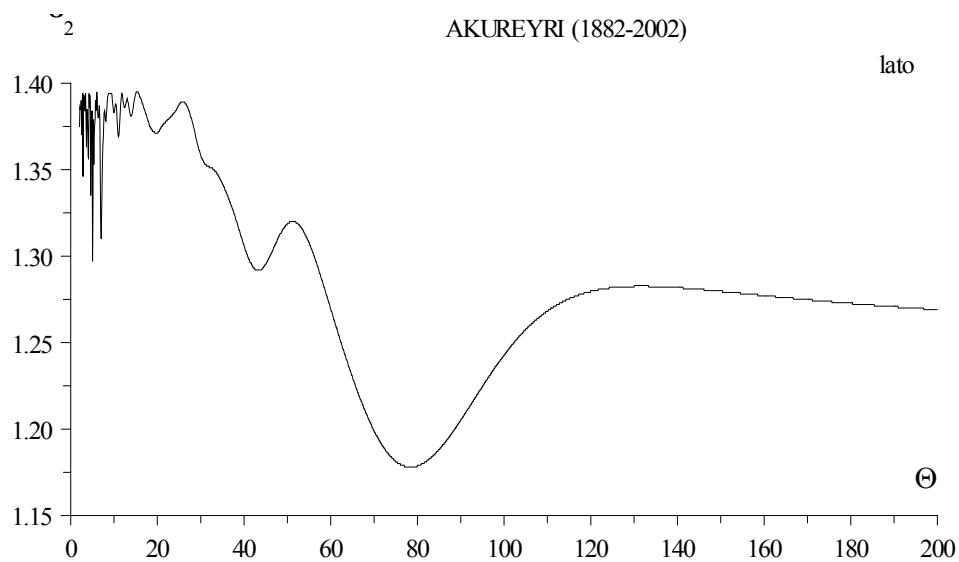
( $T_{sr}$  – average of air temperature,  $s$  – standard deviation,  $\varepsilon^2$  – residual variance,  $R$  – multiple correlation index,  $R_s$  – coefficient correlation)

Nr	Miejscowość	$T_{sr}$	$s$	$\varepsilon^2$	$R$	$R_s$
1	Akureyri	10,04	1,18	0,749	0,681	0,990
2	Anglia Środkowa	15,25	0,78	0,444	0,532	0,990
3	Ateny	26,50	0,86	0,331	0,744	1,000
4	Bazylea	17,45	0,91	0,552	0,582	0,999
5	Berlin	17,98	1,04	0,685	0,604	0,999
6	Budapeszt	21,19	0,99	0,618	0,610	0,999
7	Genewa	18,44	1,00	0,584	0,646	0,999
8	Greenwich	16,23	0,98	0,600	0,611	0,999
9	Innsbruck	17,49	1,14	0,714	0,675	0,999
10	Kijów	18,65	1,16	0,860	0,603	0,999
11	Kopenhaga	16,40	1,14	0,801	0,617	0,999
12	Kraków	17,84	0,85	0,458	0,609	0,999
13	Kremsmuenster	17,56	1,09	0,657	0,668	0,999
14	Lwów	17,42	1,06	0,585	0,689	0,999
15	Marsylia	21,91	0,97	0,459	0,718	1,000
16	Mińsk	16,79	1,10	0,751	0,613	0,999
17	Monachium	16,67	0,93	0,585	0,567	0,999
18	Moskwa	17,15	1,39	1,145	0,640	0,998
19	Odessa	21,19	2,10	0,716	0,571	0,999
20	Oksford	15,95	0,90	0,536	0,582	0,999
21	Oslo	15,79	1,16	0,952	0,544	0,998
22	Paryż	18,00	1,18	0,823	0,638	0,999
23	Poczdam	17,27	0,94	0,514	0,651	0,999
24	Praga	18,36	1,32	0,801	0,735	0,999
25	Ryga	16,55	1,14	0,767	0,627	0,999
26	Rzym	23,45	0,90	0,419	0,692	1,000
27	Saentis	4,28	0,88	0,435	0,666	0,989
28	Sonnblick	0,72	0,63	0,140	0,806	0,921
29	Stambuł	22,72	0,92	0,392	0,730	1,000
30	Sztokholm	15,96	1,20	1,019	0,541	0,998
31	Tallinn	15,21	1,12	0,960	0,479	0,998
32	Trondheim	13,28	1,27	1,062	0,586	0,997
33	Uppsala	15,36	1,12	0,882	0,550	0,998
34	Vestmannaeyjar	10,21	0,86	0,187	0,865	0,999
35	Warszawa	17,87	1,04	0,754	0,552	0,999
36	Wiedeń	18,79	1,03	0,817	0,477	0,999
37	Wilno	17,24	1,22	1,083	0,518	0,998
38	Wrocław	17,51	0,98	0,698	0,520	0,999
39	Zagrzeb	20,58	0,92	0,483	0,652	0,999
40	Zurich	17,00	0,91	0,460	0,662	0,999



Rys. 1a. Widmo temperatury powietrza w Akureyri w latach 1882-2002  
(w paśmie 2,0- 200 lat,  $\Delta\Theta = 0,1$ ) – zima

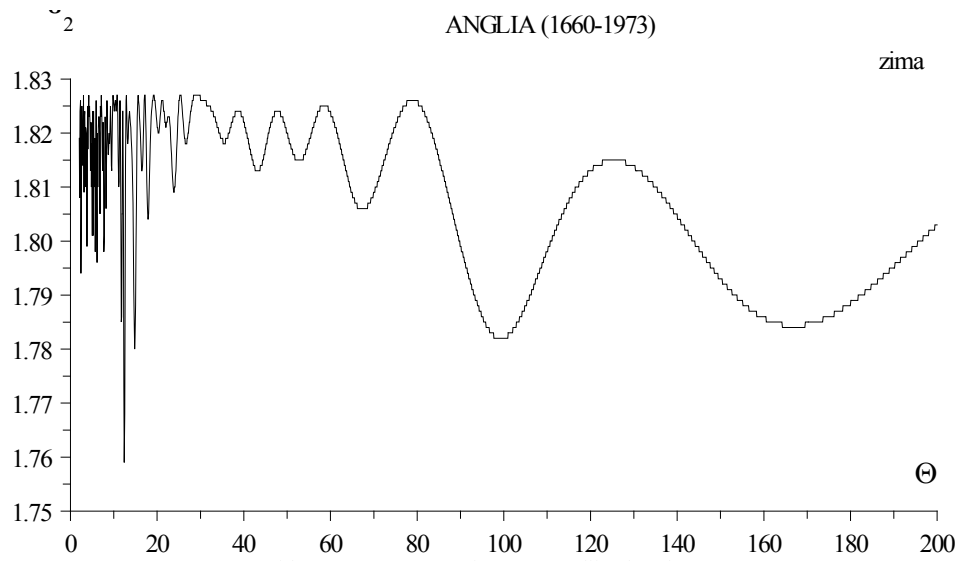
Fig. 1a. Spectrum of air temperature in Akureyri in the years 1882-2002  
(in the strip 2.0-200 years,  $\Delta\Theta = 0.1$ ) – winter



Rys. 1b. Widmo temperatury powietrza w Akureyri w latach 1882-2002  
(w paśmie 2,0- 200 lat,  $\Delta\Theta = 0,1$ ) – lato

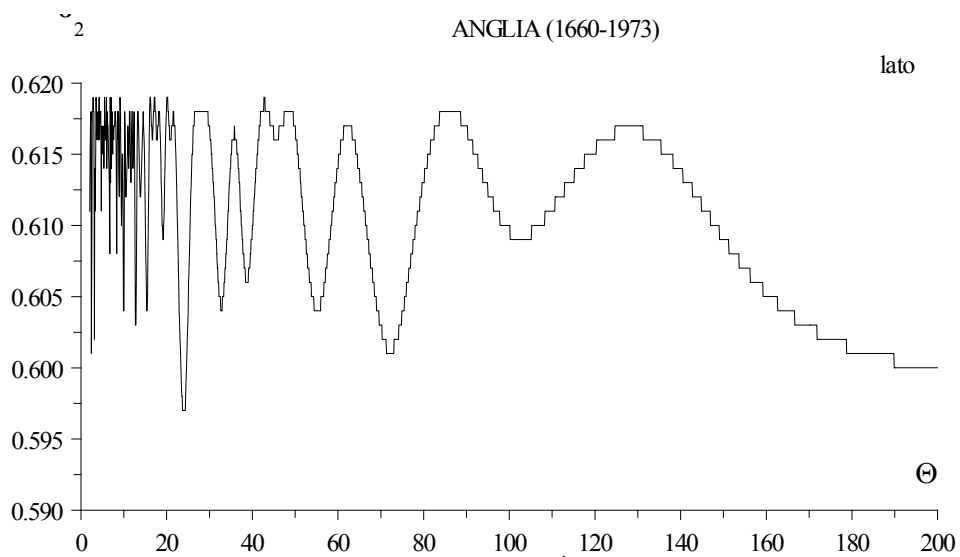
Fig. 1b. Spectrum of air temperature in Akureyri in the years 1882-2002  
(in the strip 2.0-200 years,  $\Delta\Theta = 0.1$ ) – summer





Rys. 2a. Widmo temperatury powietrza w Anglii w latach 1660-1973  
(w paśmie 2,0- 200 lat,  $\Delta\Theta = 0,1$ ) – zima

Fig. 2a. Spectrum of air temperature in England in the years 1660-1973  
(in the strip 2.0-200 years,  $\Delta\Theta = 0.1$ ) – winter



Rys. 2b. Widmo temperatury powietrza w Anglii Środkowej w latach 1660-1973  
(w paśmie 2,0- 200 lat,  $\Delta\Theta = 0,1$ ) – lato

Fig. 2b. Spectrum of air temperature in England in the years 1660-1973  
(in the strip 2.0-200 years,  $\Delta\Theta = 0.1$ ) – summer

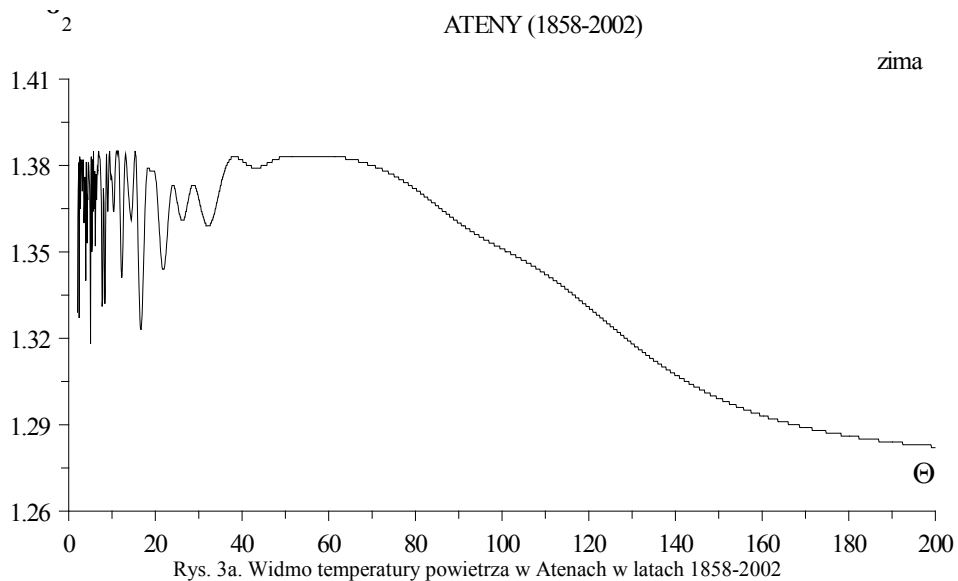


Fig. 3a. Spectrum of air temperature in Athens in the years 1858-2002  
(in the strip 2.0-200 years,  $\Delta\Theta = 0.1$ ) – winter

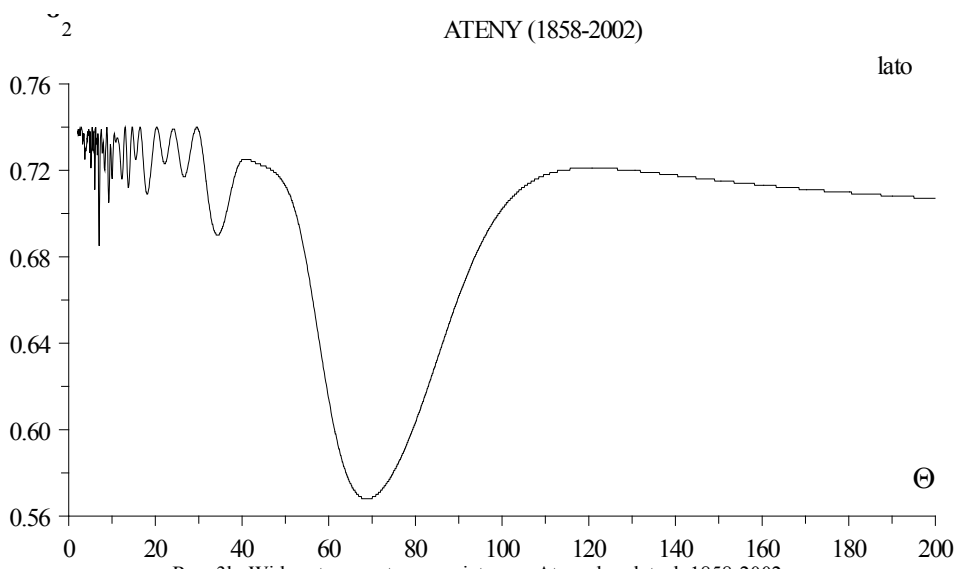
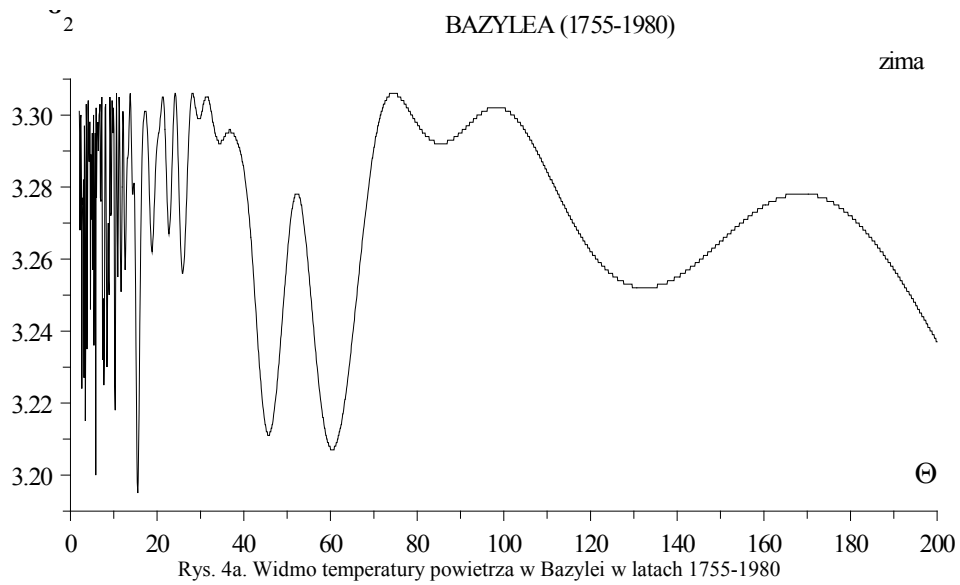
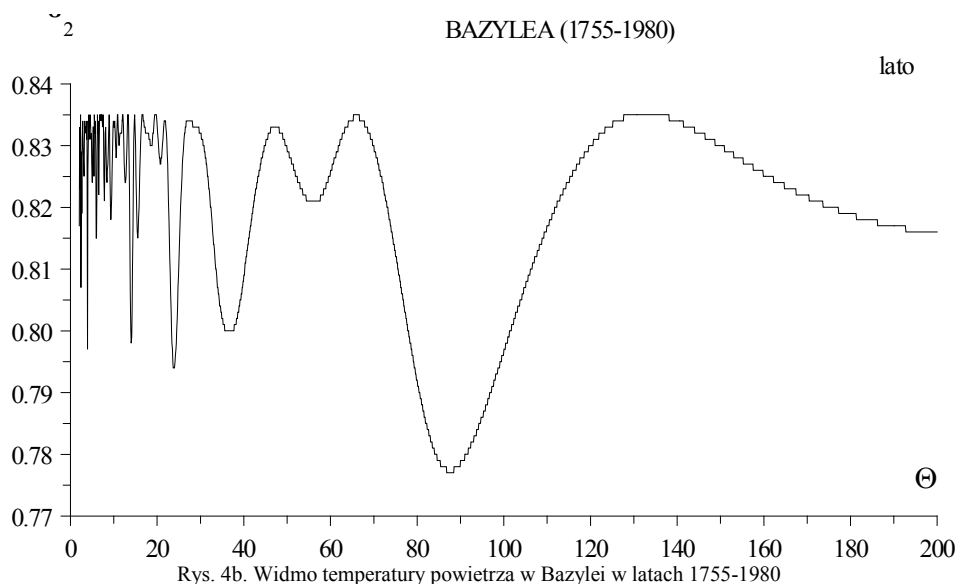


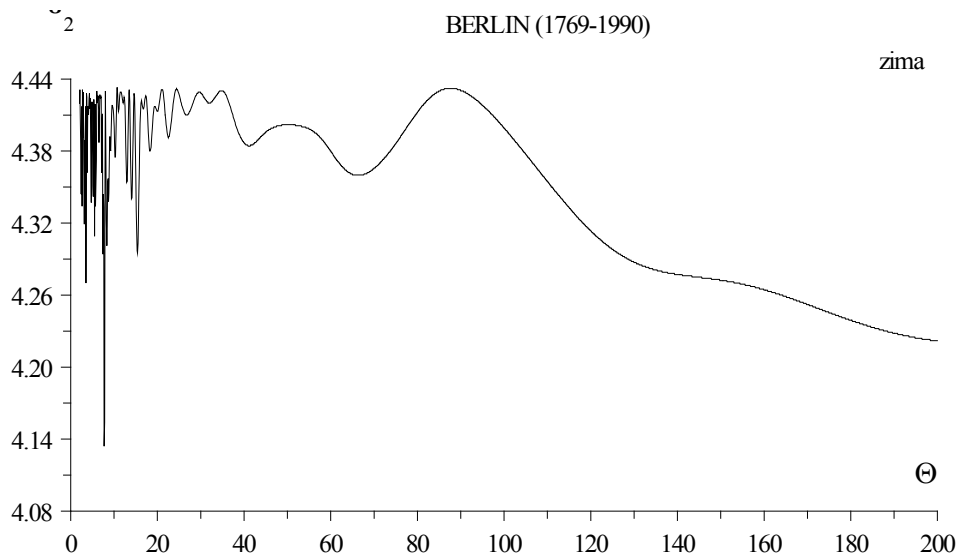
Fig. 3b. Spectrum of air temperature in Athens in the years 1858-2002  
(in the strip 2.0-200 years,  $\Delta\Theta = 0.1$ ) – summer



**Fig. 4a. Spectrum of air temperature in Basel in the years 1755-1980**  
(in the strip 2.0-200 years,  $\Delta\Theta = 0.1$ ) – winter

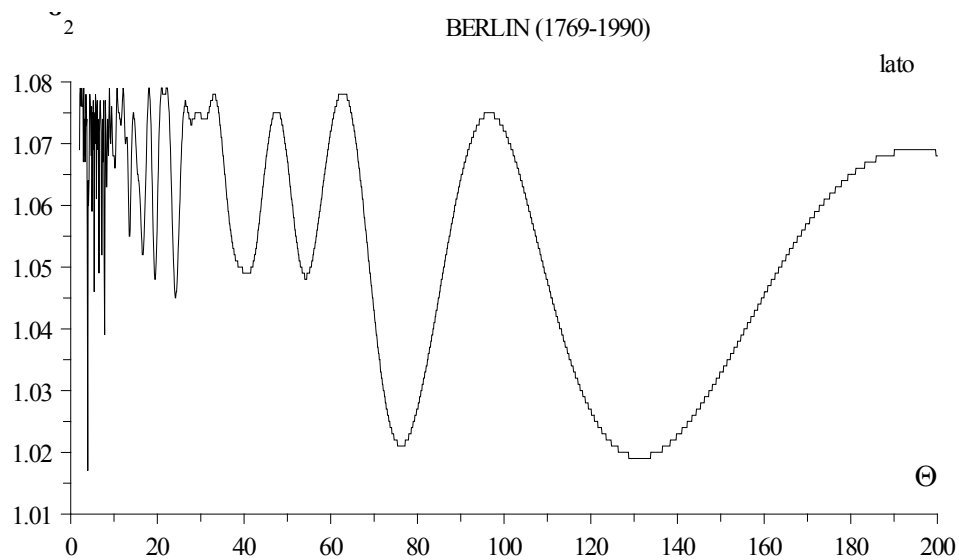


**Fig. 4b. Spectrum of air temperature in Basel in the years 1755-1980**  
(in the strip 2.0-200 years,  $\Delta\Theta = 0.1$ ) – summer



Rys. 5a. Widmo temperatury powietrza w Berlinie w latach 1769-1990  
(w paśmie 2,0- 200 lat,  $\Delta\Theta = 0,1$ ) – zima

Fig. 5a. Spectrum of air temperature in Berlin in the years 1769-1990  
(in the strip 2.0-200 years,  $\Delta\Theta = 0.1$ ) – winter



Rys. 5b. Widmo temperatury powietrza w Berlinie w latach 1769-1990  
(w paśmie 2,0- 200 lat,  $\Delta\Theta = 0,1$ ) – lato

Fig. 5b. Spectrum of air temperature in Berlin in the years 1769-1990  
(in the strip 2.0-200 years,  $\Delta\Theta = 0.1$ ) – summer

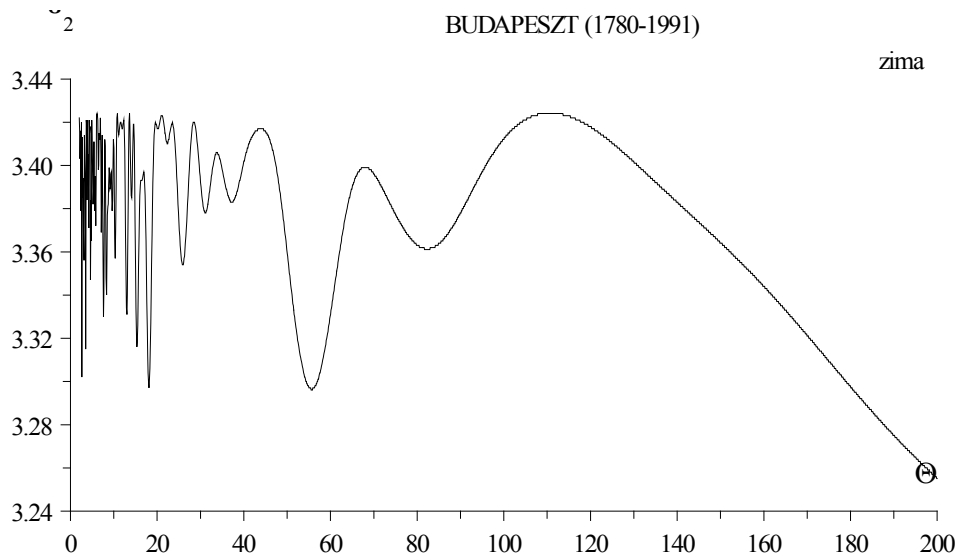


Fig. 6a. Spectrum of air temperature in Budapest in the years 1780-1991  
(in the strip 2.0-200 years,  $\Delta\Theta = 0.1$ ) – winter

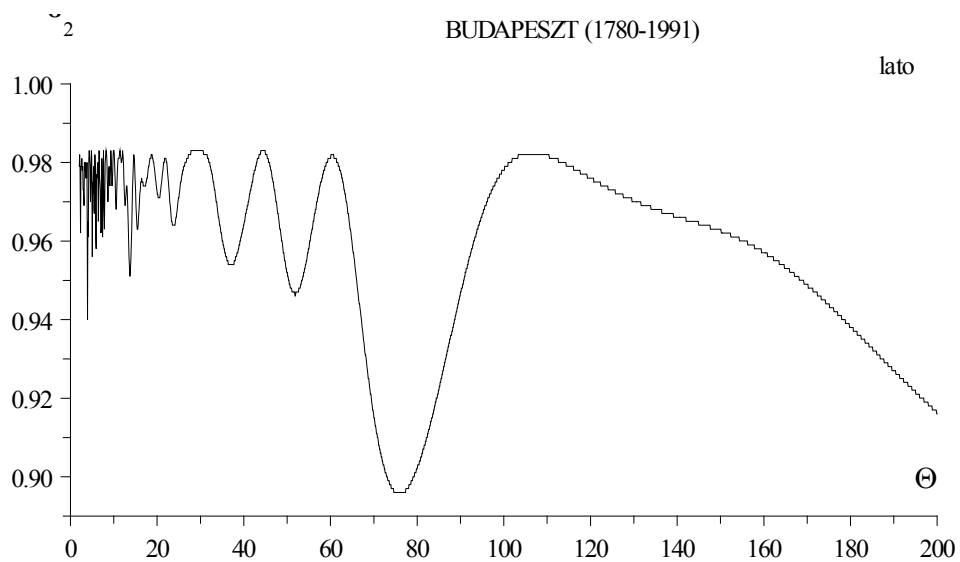


Fig. 6b. Spectrum of air temperature in Budapest in the years 1780-1991  
(in the strip 2.0-200 years,  $\Delta\Theta = 0.1$ ) – summer

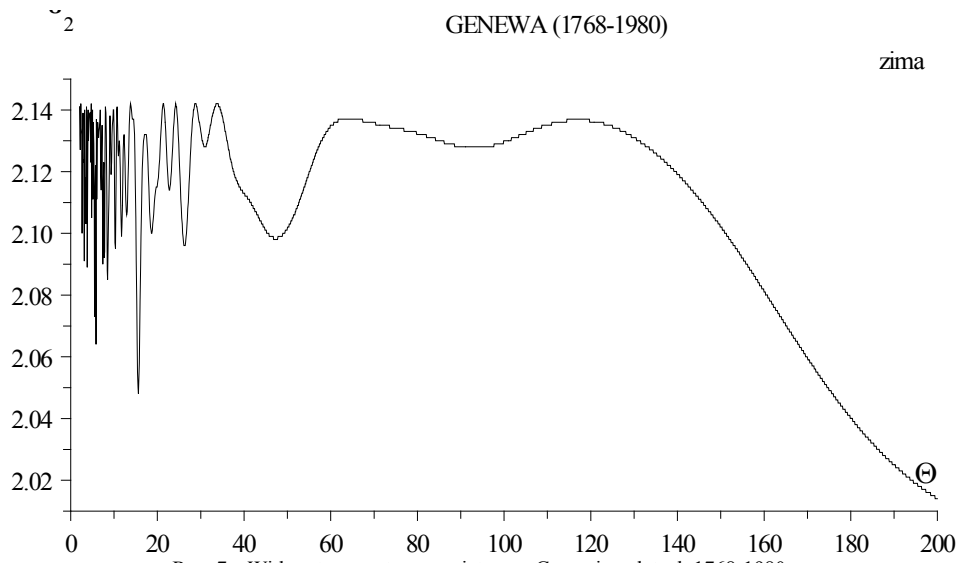


Fig. 7a. Spectrum of air temperature in Geneva in the years 1768-1980  
(in the strip 2.0-200 years,  $\Delta\Theta = 0.1$ ) – winter

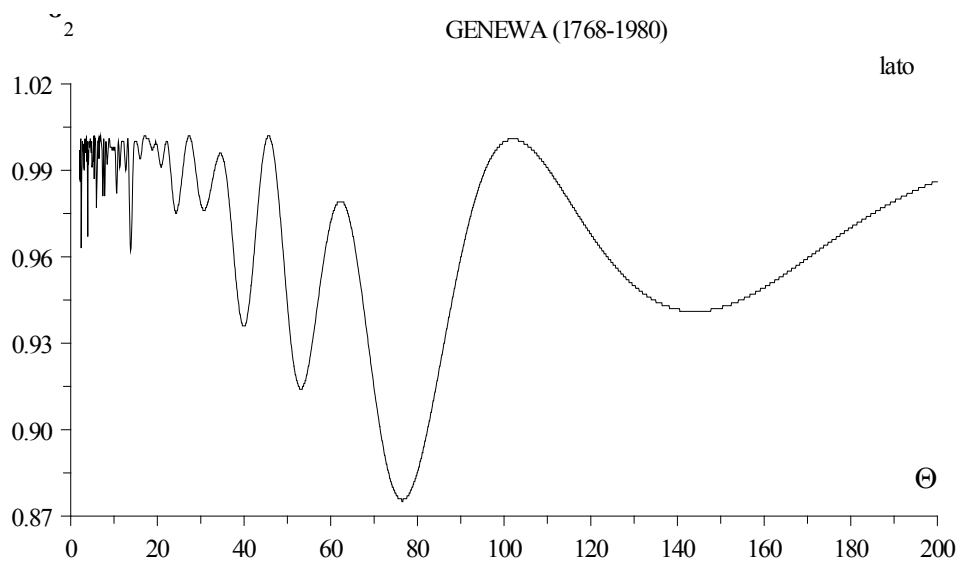


Fig. 7b. Spectrum of air temperature in Geneva in the years 1768-1980  
(in the strip 2.0-200 years,  $\Delta\Theta = 0.1$ ) – summer



Fig. 8a. Spectrum of air temperature in Greenwich in the years 1763-1969  
(in the strip 2.0-200 years,  $\Delta\Theta = 0.1$ ) – winter

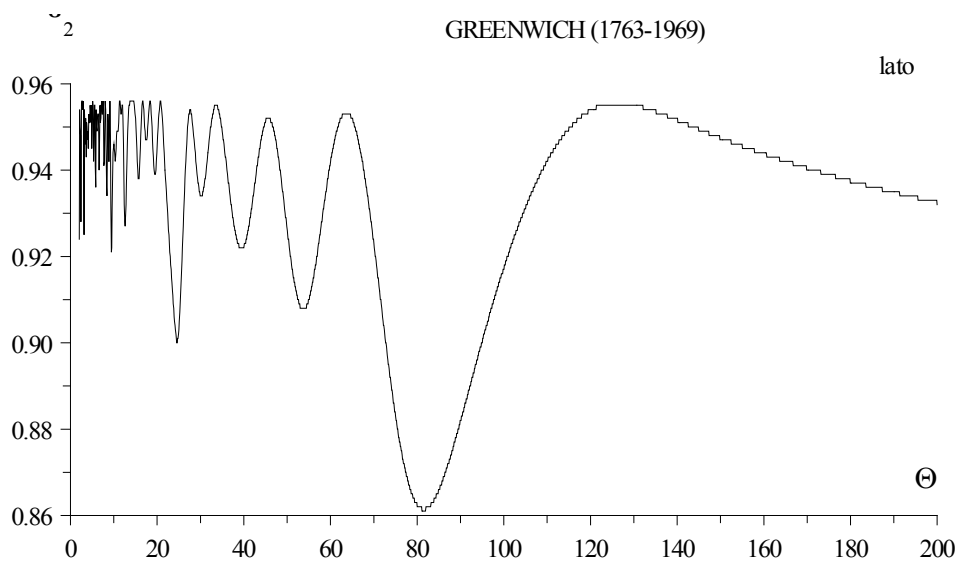
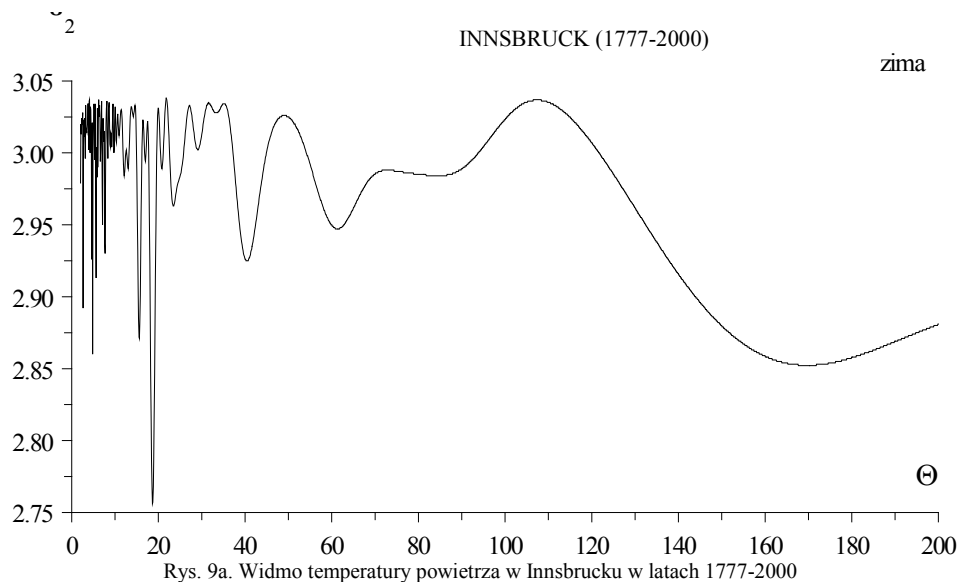
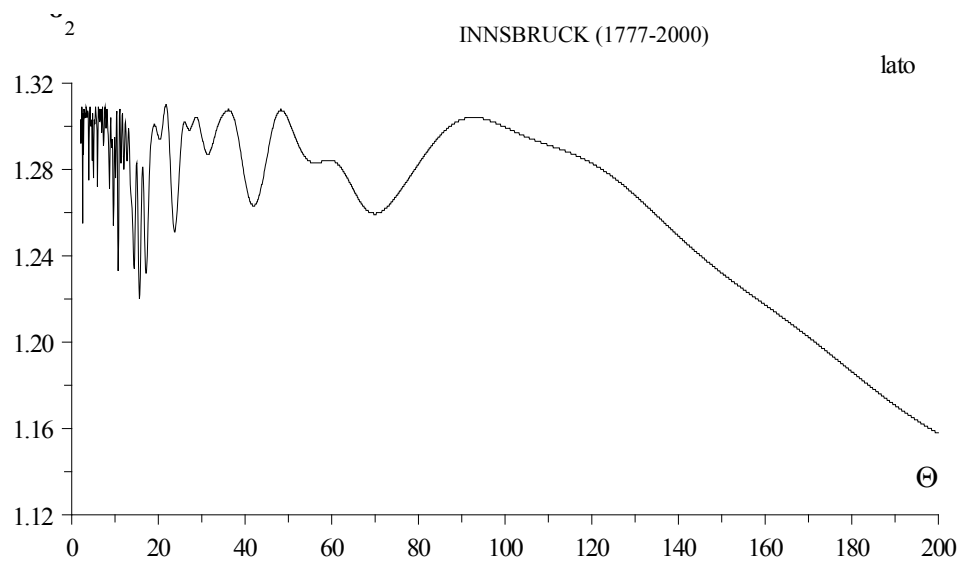


Fig. 8b. Spectrum of air temperature in Greenwich in the years 1763-1969  
(in the strip 2.0-200 years,  $\Delta\Theta = 0.1$ ) – summer



Rys. 9a. Widmo temperatury powietrza w Innsbrucku w latach 1777-2000  
 (w paśmie 2,0- 200 lat,  $\Delta\Theta = 0,1$ ) – zima  
 Fig. 9a. Spectrum of air temperature in Innsbruck in the years 1777-2000  
 (in the strip 2.0-200 years,  $\Delta\Theta = 0.1$ ) – winter



Rys. 9b. Widmo temperatury powietrza w Innsbrucku w latach 1777-2000  
 (w paśmie 2,0- 200 lat,  $\Delta\Theta = 0,1$ ) – lato  
 Fig. 9b. Spectrum of air temperature in Innsbruck in the years 1777-2000  
 (in the strip 2.0-200 years,  $\Delta\Theta = 0.1$ ) – summer



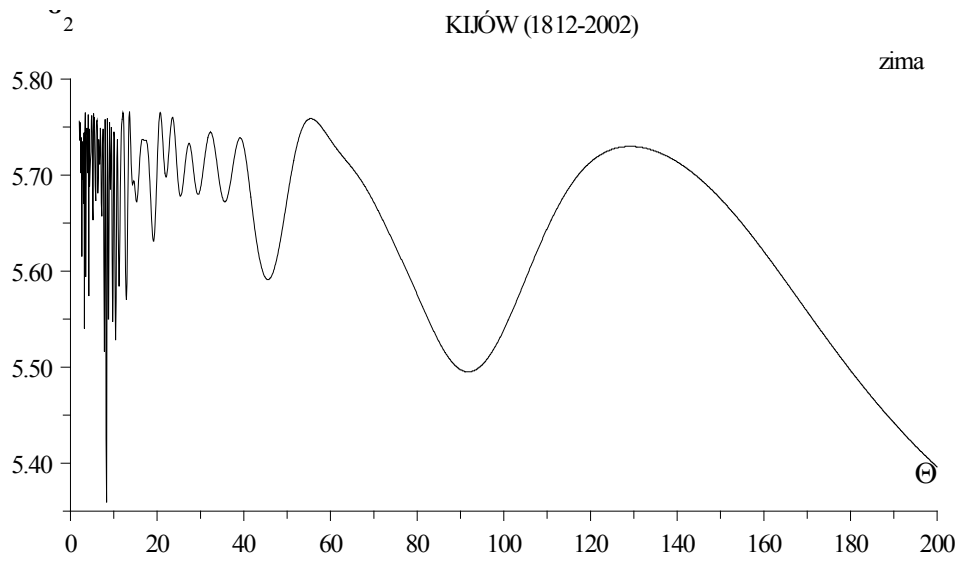


Fig. 10a. Spectrum of air temperature in Kijow in the years 1812-2000  
(in the strip 2.0-200 years,  $\Delta\Theta = 0.1$ ) – winter

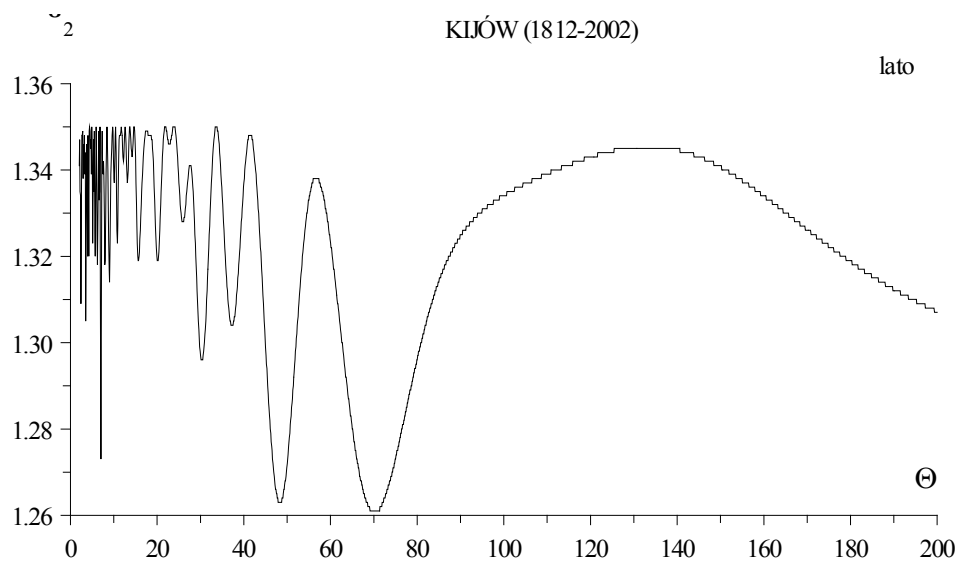
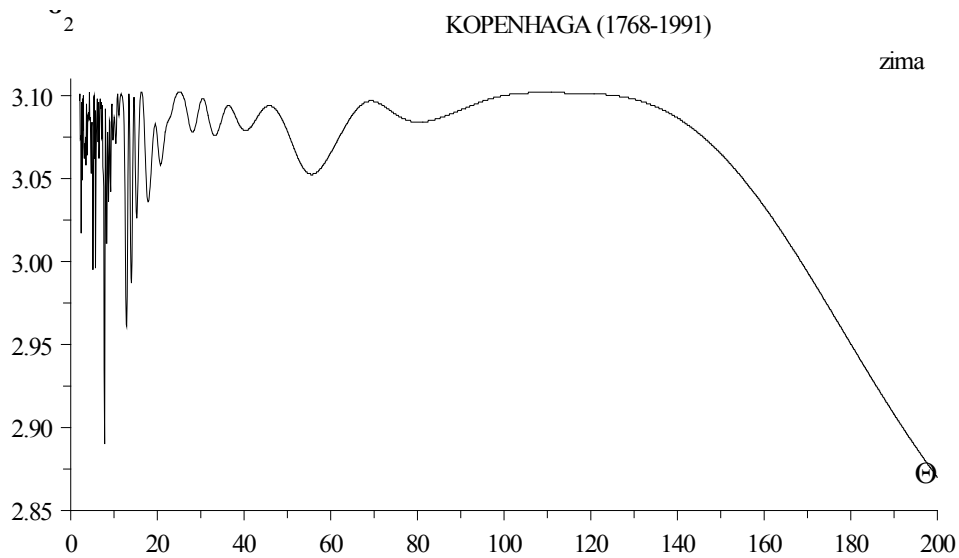
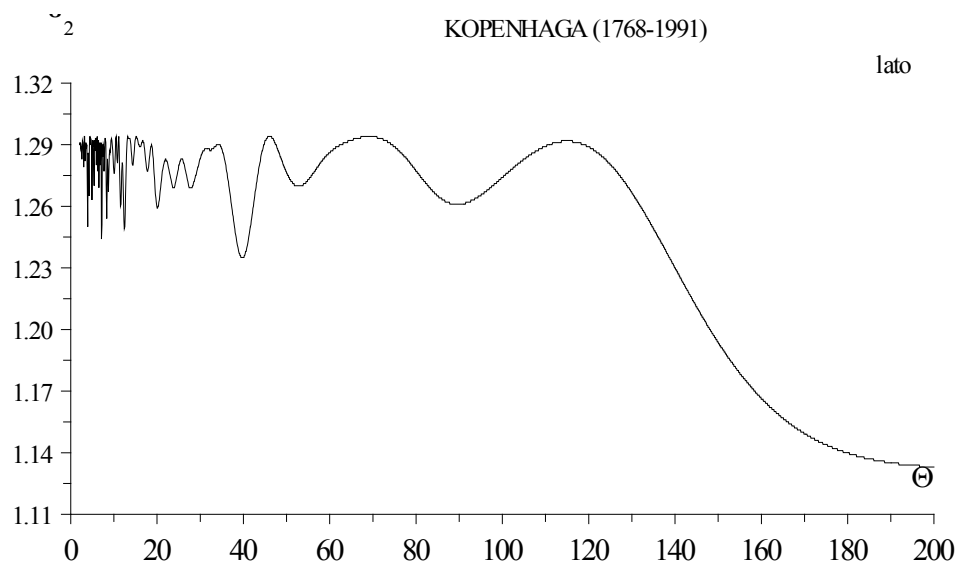


Fig. 10b. Spectrum of air temperature in Kijow in the years 1812-2000  
(in the strip 2.0-200 years,  $\Delta\Theta = 0.1$ ) – summer



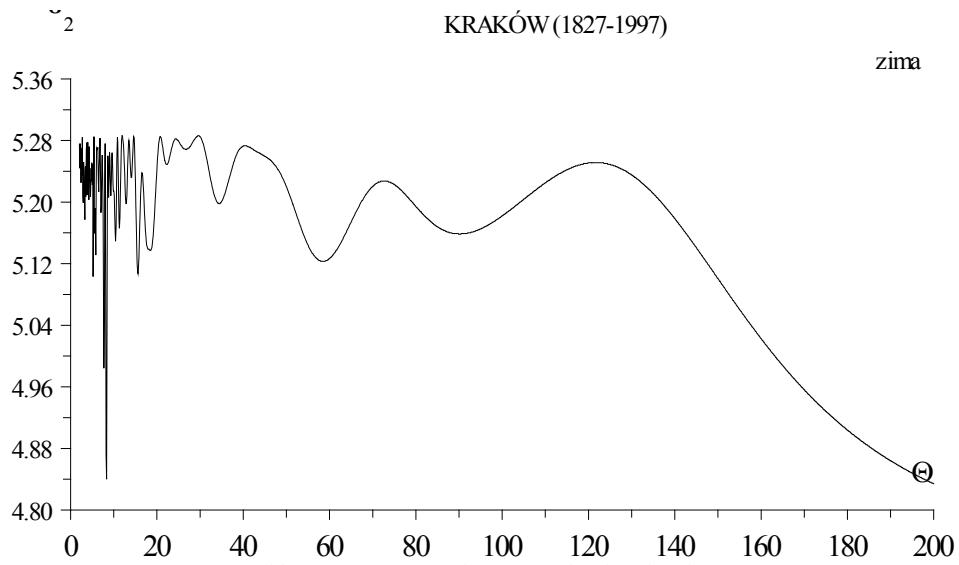
Rys. 11a. Widmo temperatury powietrza w Kopenhadze w latach 1768-1991  
(w paśmie 2,0- 200 lat,  $\Delta\Theta = 0,1$ ) – zima

Fig. 11a. Spectrum of air temperature in Copenhagen in the years 1768-1991  
(in the strip 2.0-200 years,  $\Delta\Theta = 0.1$ ) – winter



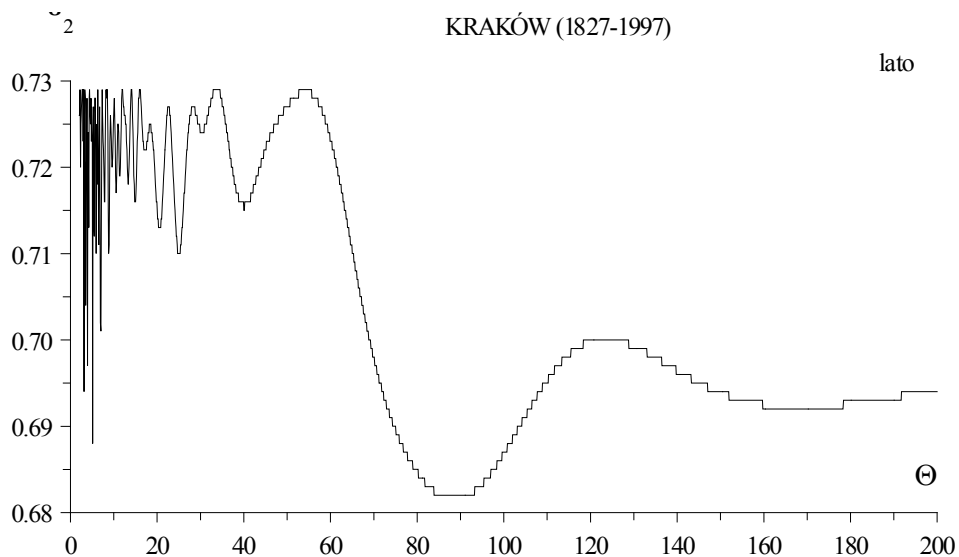
Rys. 11b. Widmo temperatury powietrza w Kopenhadze w latach 1768-1991  
(w paśmie 2,0- 200 lat,  $\Delta\Theta = 0,1$ ) – lato

Fig. 11b Spectrum of air temperature in Copenhagen in the years 1768-1991  
(in the strip 2.0-200 years,  $\Delta\Theta = 0.1$ ) – summer



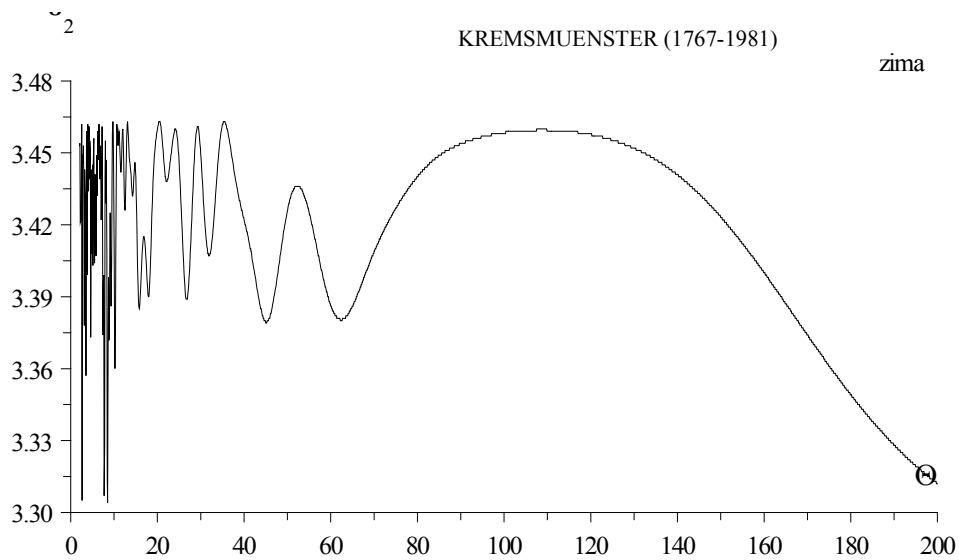
Rys. 12a. Widmo temperatury powietrza w Krakowie w latach 1827-1997  
(w paśmie 2,0- 200 lat,  $\Delta\Theta = 0,1$ ) – zima

Fig. 12a. Spectrum of air temperature in Krakow in the years 1827-1997  
(in the strip 2.0-200 years,  $\Delta\Theta = 0.1$ ) – winter



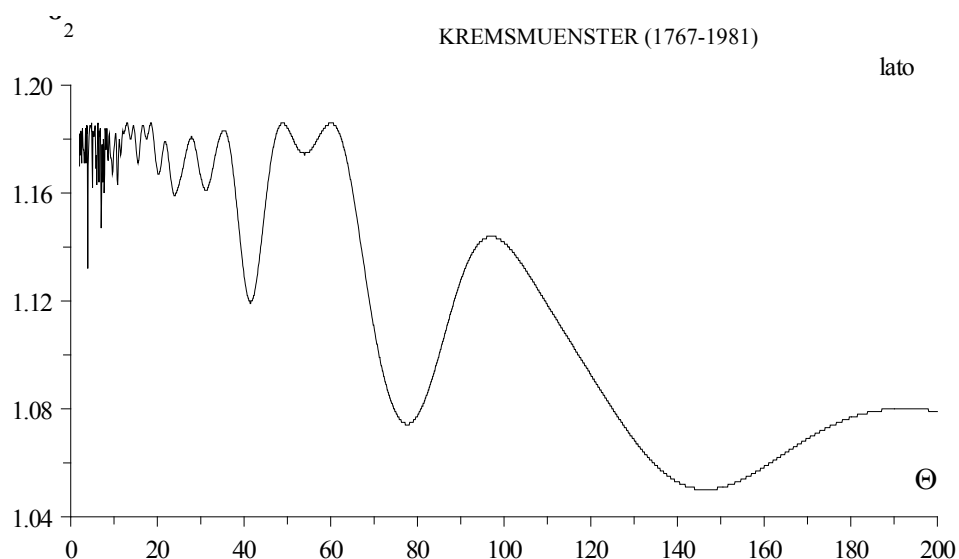
Rys. 12b. Widmo temperatury powietrza w Krakowie w latach 1827-1997  
(w paśmie 2,0- 200 lat,  $\Delta\Theta = 0,1$ ) – lato

Fig. 12b. Spectrum of air temperature in Krakow in the years 1827-1997  
(in the strip 2.0-200 years,  $\Delta\Theta = 0.1$ ) – summer



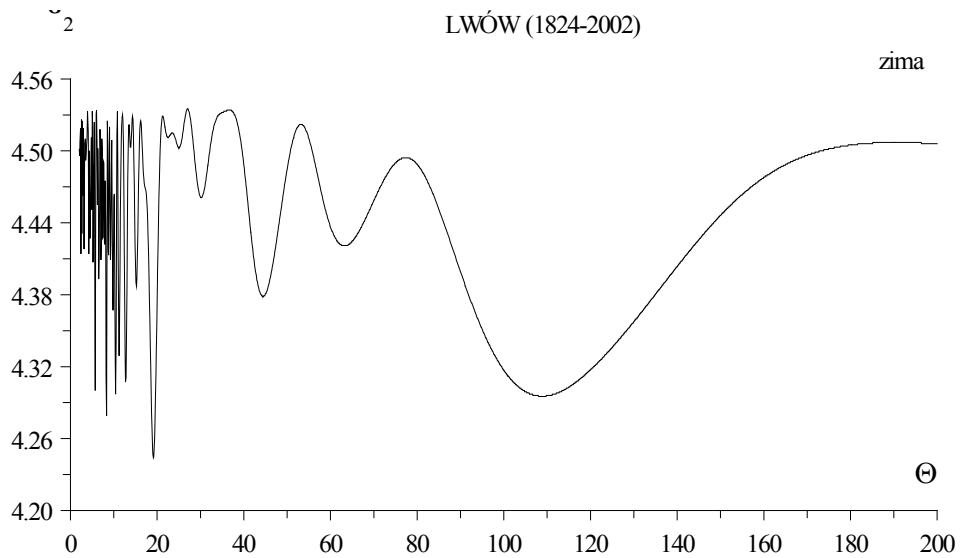
Rys. 13a. Widmo temperatury powietrza w Kramsmuenster w latach 1767-1981  
(w paśmie 2,0- 200 lat,  $\Delta\Theta = 0,1$ ) – zima

Fig. 13a. Spectrum of air temperature in Kramsmuenster in the years 1767-1981  
(in the strip 2.0-200 years,  $\Delta\Theta = 0.1$ ) – winter

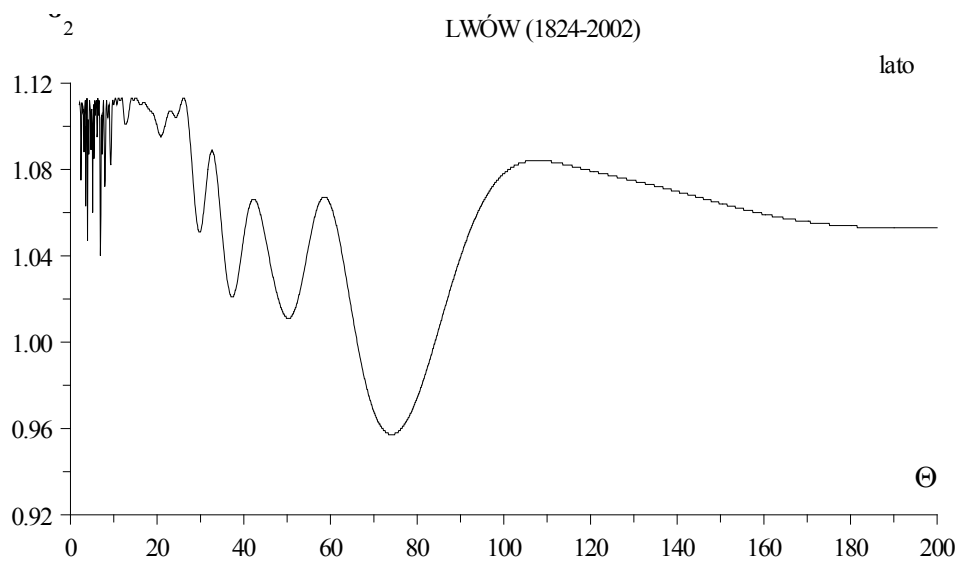


Rys. 13b. Widmo temperatury powietrza w Kramsmuenster w latach 1767-1981  
(w paśmie 2,0- 200 lat,  $\Delta\Theta = 0,1$ ) – lato

Fig. 13b. Spectrum of air temperature in Kramsmuenster in the years 1767-1981  
(in the strip 2.0-200 years,  $\Delta\Theta = 0.1$ ) – summer



Rys. 14a. Widmo temperatury powietrza we Lwowie w latach 1824-2002  
 (w paśmie 2,0- 200 lat,  $\Delta\Theta = 0,1$ ) – zima  
 Fig. 14a. Spectrum of air temperature in Lwów in the years 1824-2002  
 (in the strip 2.0-200 years,  $\Delta\Theta = 0.1$ ) – winter



Rys. 14b. Widmo temperatury powietrza we Lwowie w latach 1824-2002  
 (w paśmie 2,0- 200 lat,  $\Delta\Theta = 0,1$ ) – lato  
 Fig. 14b. Spectrum of air temperature in Lwów in the years 1824-2002  
 (in the strip 2.0-200 years,  $\Delta\Theta = 0.1$ ) – summer

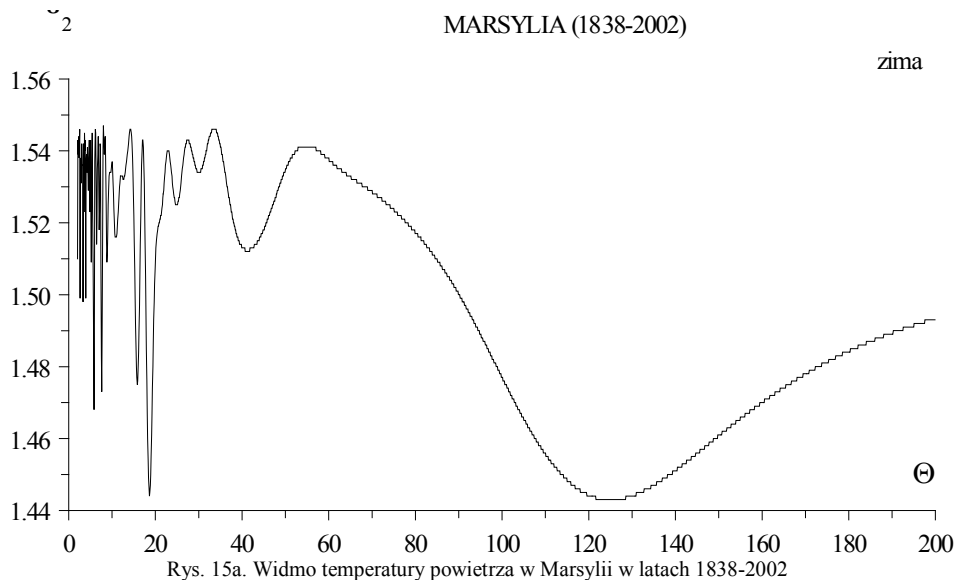


Fig. 15a. Spectrum of air temperature in Marsylia in the years 1838-2002  
(in the strip 2.0-200 years,  $\Delta\Theta = 0.1$ ) – winter

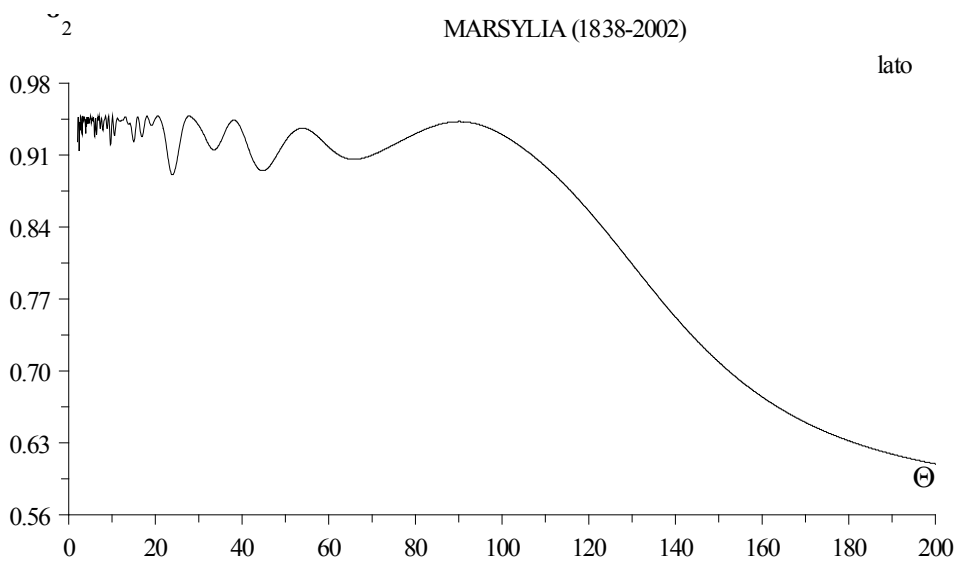
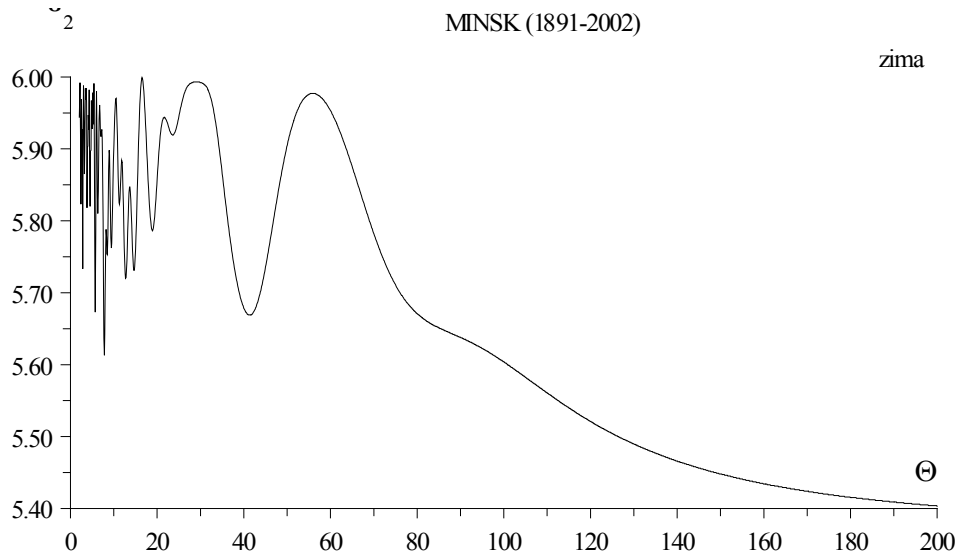
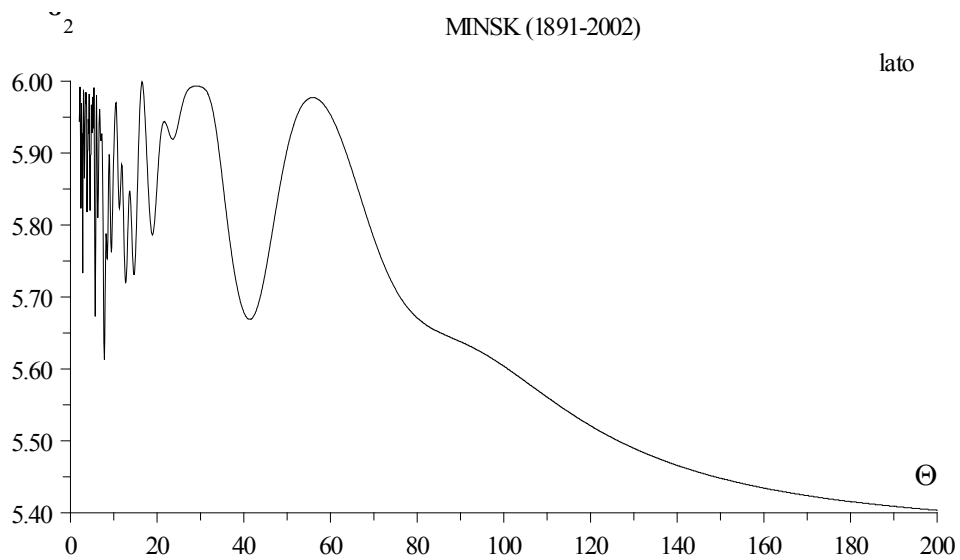


Fig. 15b. Spectrum of air temperature in Marsylia in the years 1838-2002  
(in the strip 2.0-200 years,  $\Delta\Theta = 0.1$ ) – summer



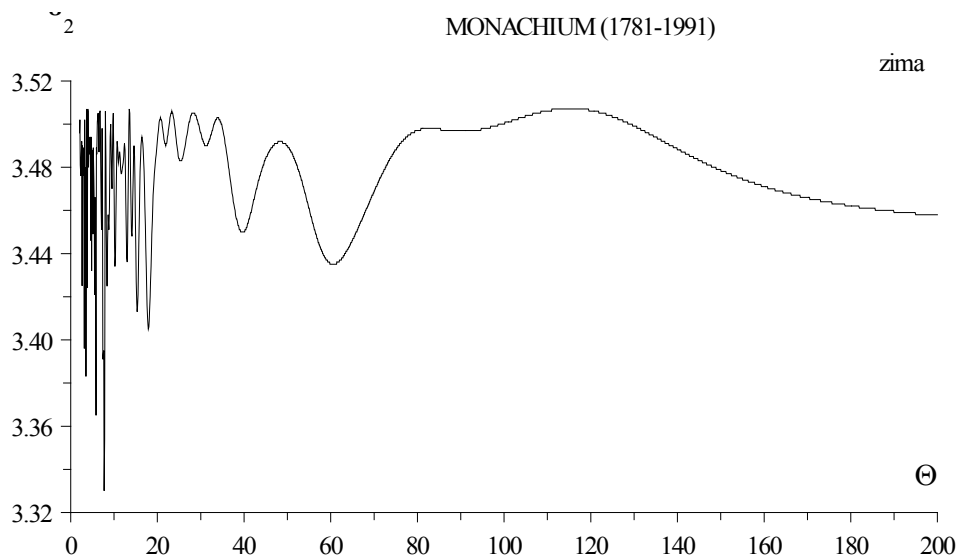
Rys. 16a. Widmo temperatury powietrza w Mińsku w latach 1891-2002  
(w paśmie 2,0- 200 lat,  $\Delta\Theta = 0,1$ ) – zima

**Fig. 16a. Spectrum of air temperature in Minsk in the years 1891-2002**  
(in the strip 2.0-200 years,  $\Delta\Theta = 0.1$ ) – winter



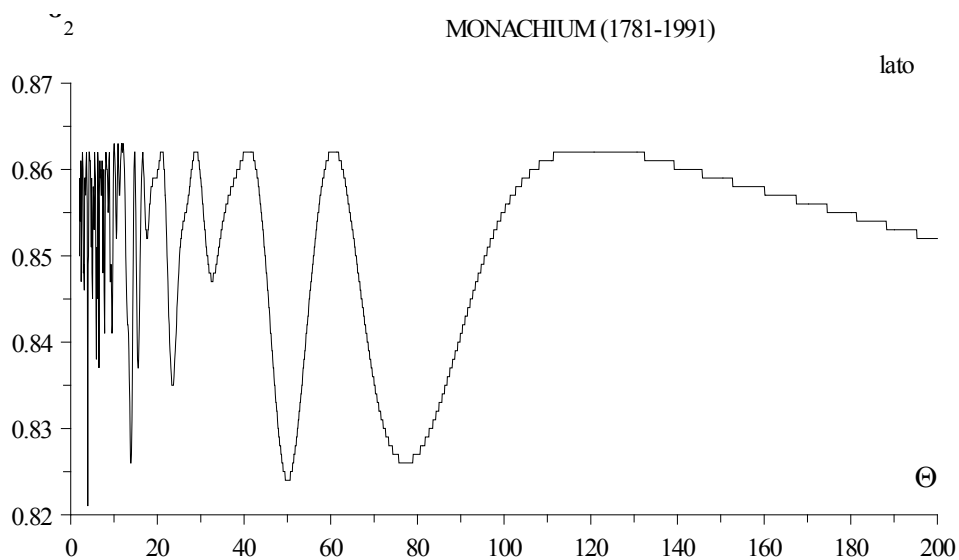
Rys. 16b. Widmo temperatury powietrza w Mińsku w latach 1891-2002  
(w paśmie 2,0- 200 lat,  $\Delta\Theta = 0,1$ ) – lato

**Fig. 16b. Spectrum of air temperature in Minsk in the years 1891-2002**  
(in the strip 2.0-200 years,  $\Delta\Theta = 0.1$ ) – summer



Rys. 17a. Widmo temperatury powietrza w Monachium w latach 1781-1991  
(w paśmie 2,0- 200 lat,  $\Delta\Theta = 0,1$ ) – zima

Fig. 17a. Spectrum of air temperature in Munich in the years 1781-1991  
(in the strip 2.0-200 years,  $\Delta\Theta = 0.1$ ) – winter



Rys. 17b. Widmo temperatury powietrza w Monachium w latach 1781-1991  
(w paśmie 2,0- 200 lat,  $\Delta\Theta = 0,1$ ) – lato

Fig. 17b. Spectrum of air temperature in Munich in the years 1781-1991  
(in the strip 2.0-200 years,  $\Delta\Theta = 0.1$ ) – summer



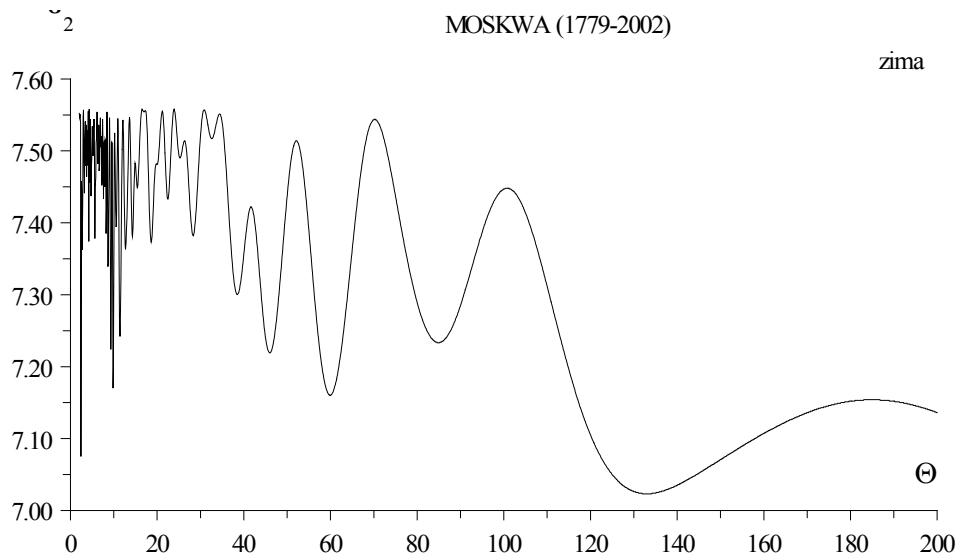


Fig. 18a. Spectrum of air temperature in Moscow in the years 1779-2002  
(in the strip 2.0-200 years,  $\Delta\Theta = 0.1$ ) – winter

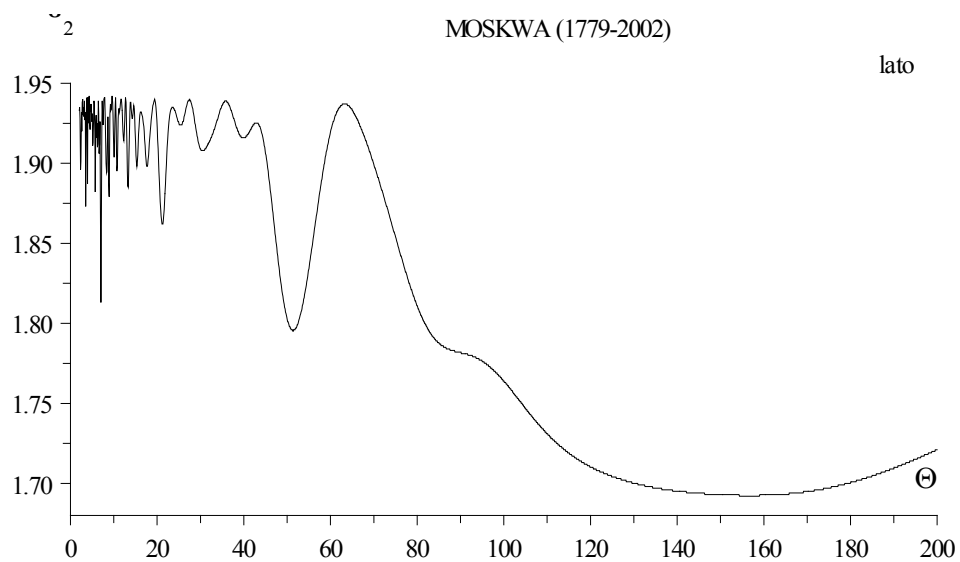
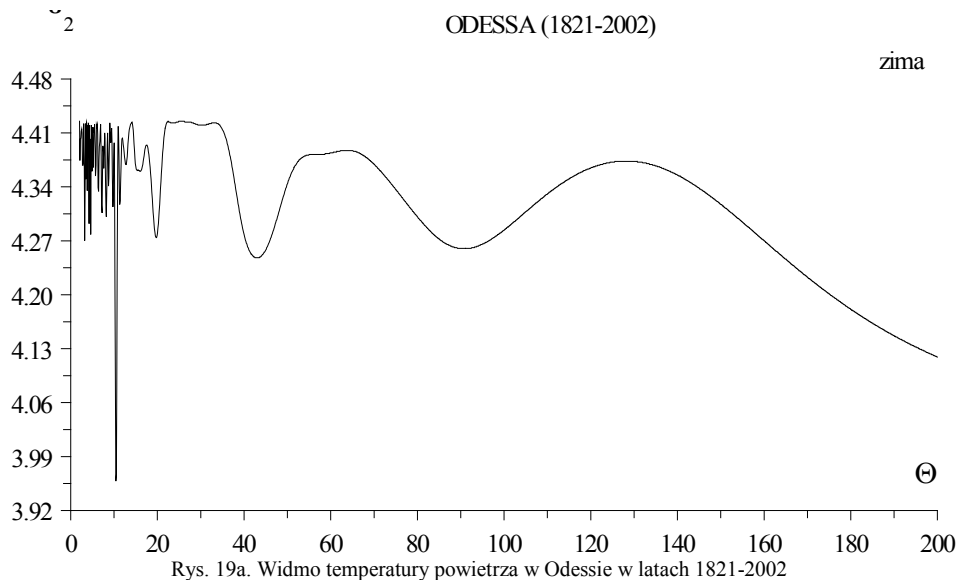
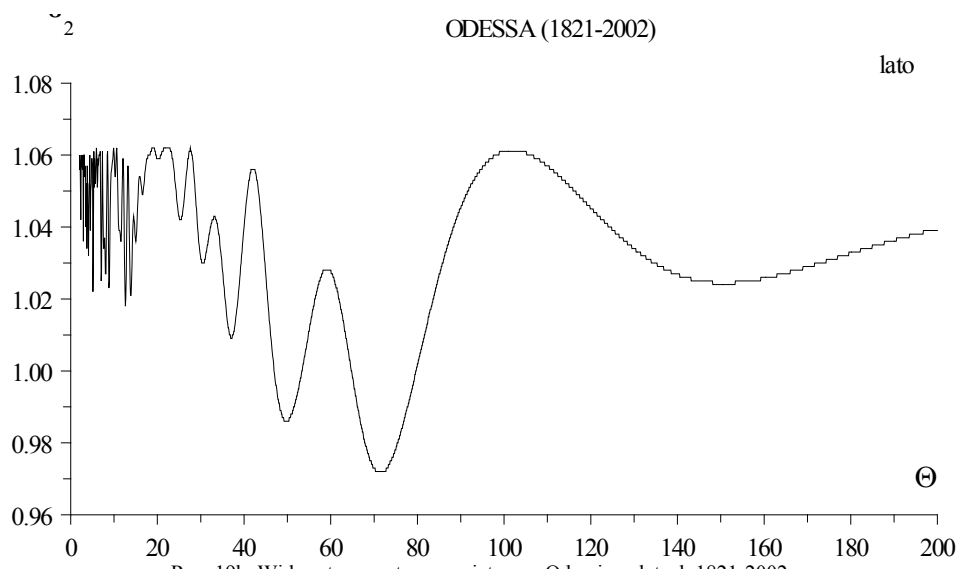


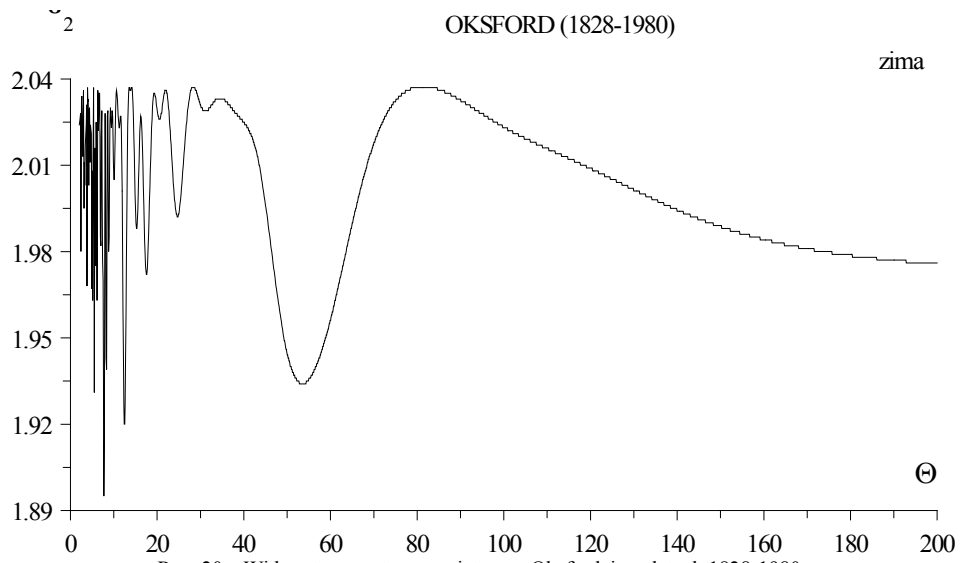
Fig. 18b. Spectrum of air temperature in Moscow in the years 1779-2002  
(in the strip 2.0-200 years,  $\Delta\Theta = 0.1$ ) – summer



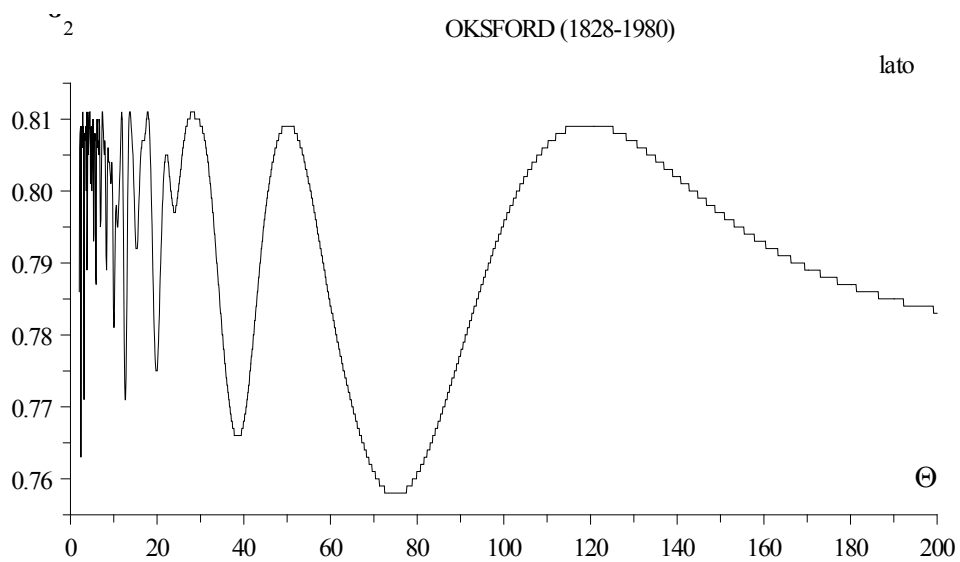
Rys. 19a. Widmo temperatury powietrza w Odessie w latach 1821-2002  
(w paśmie 2,0- 200 lat,  $\Delta\Theta = 0,1$ ) – zima  
Fig. 19a. Spectrum of air temperature in Odessa in the years 1821-2002  
(in the strip 2.0-200 years,  $\Delta\Theta = 0.1$ ) – winter



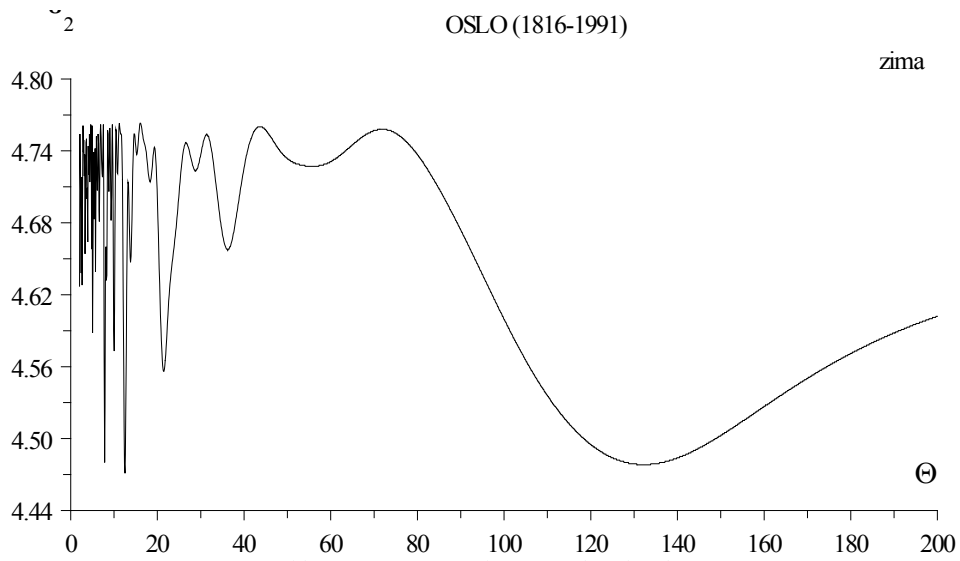
Rys. 19b. Widmo temperatury powietrza w Odessie w latach 1821-2002  
(w paśmie 2,0- 200 lat,  $\Delta\Theta = 0,1$ ) – lato  
Fig. 19b. Spectrum of air temperature in Odessa in the years 1821-2002  
(in the strip 2.0-200 years,  $\Delta\Theta = 0.1$ ) – summer



Rys. 20a. Widmo temperatury powietrza w Oksfordzie w latach 1828-1980  
 (w paśmie 2,0- 200 lat,  $\Delta\Theta = 0,1$ ) – zima  
 Fig. 20a. Spectrum of air temperature in Oxford in the years 1828-1980  
 (in the strip 2.0-200 years,  $\Delta\Theta = 0.1$ ) – winter

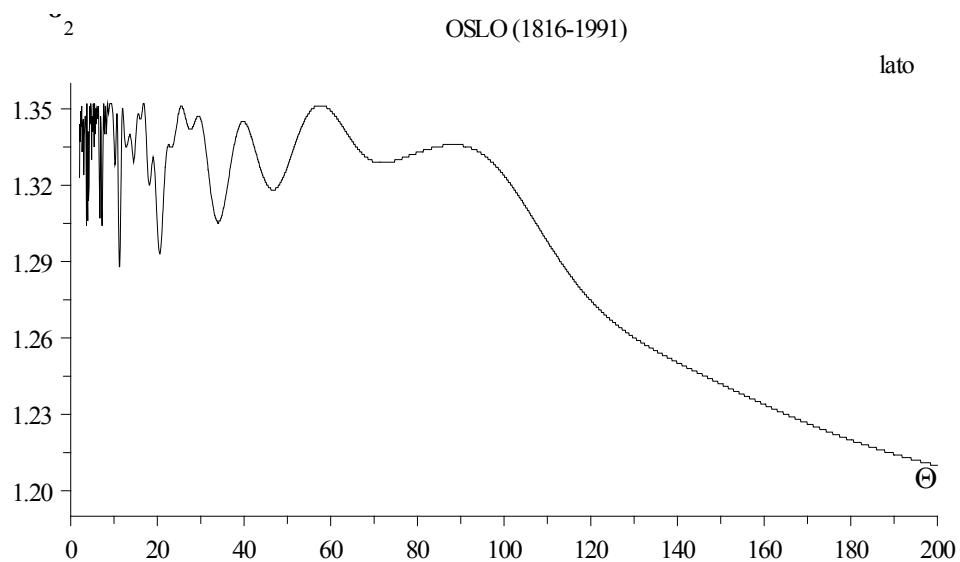


Rys. 20b. Widmo temperatury powietrza w Oksfordzie w latach 1828-1980  
 (w paśmie 2,0- 200 lat,  $\Delta\Theta = 0,1$ ) – lato  
 Fig. 20b. Spectrum of air temperature in Oxford in the years 1828-1980  
 (in the strip 2.0-200 years,  $\Delta\Theta = 0.1$ ) – summer



Rys. 21a. Widmo temperatury powietrza w Oslo w latach 1816-1991  
(w paśmie 2,0- 200 lat,  $\Delta\Theta = 0,1$ ) – zima

Fig. 21a. Spectrum of air temperature in Oslo in the years 1816-1991  
(in the strip 2.0-200 years,  $\Delta\Theta = 0.1$ ) – winter

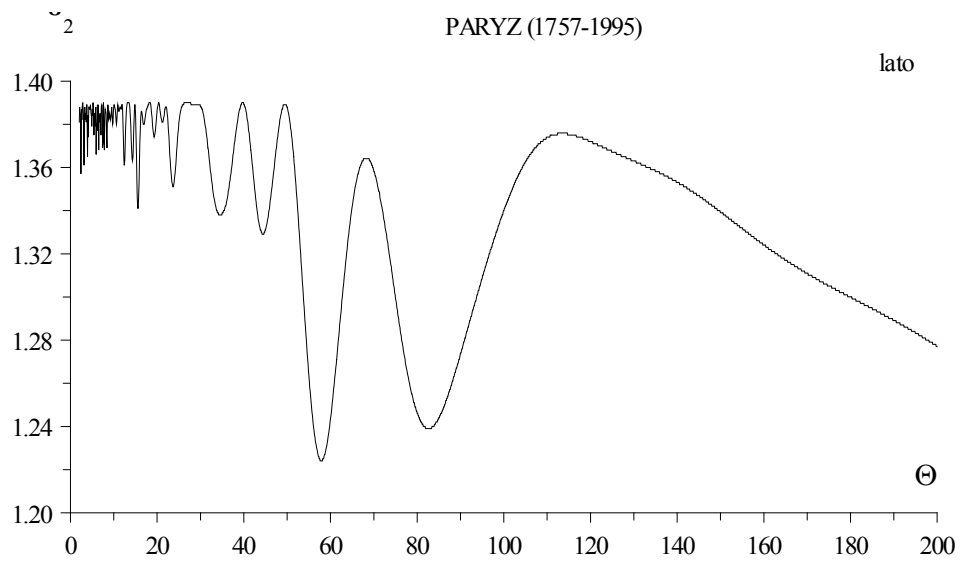


Rys. 21b. Widmo temperatury powietrza w Oslo w latach 1816-1991  
(w paśmie 2,0- 200 lat,  $\Delta\Theta = 0,1$ ) – lato

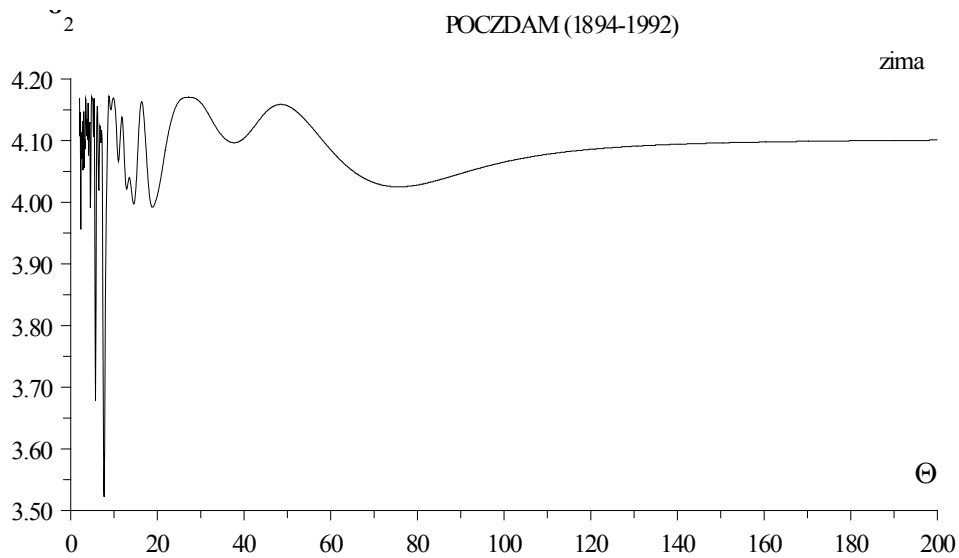
Fig. 21b. Spectrum of air temperature in Oslo in the years 1816-1991  
(in the strip 2.0-200 years,  $\Delta\Theta = 0.1$ ) – summer



Rys. 22a. Widmo temperatury powietrza w Paryżu w latach 1757-1995  
 (w paśmie 2,0- 200 lat,  $\Delta\Theta = 0,1$ ) – zima  
 Fig. 22a. Spectrum of air temperature in Paris in the years 1757-1995  
 (in the strip 2.0-200 years,  $\Delta\Theta = 0.1$ ) – winter

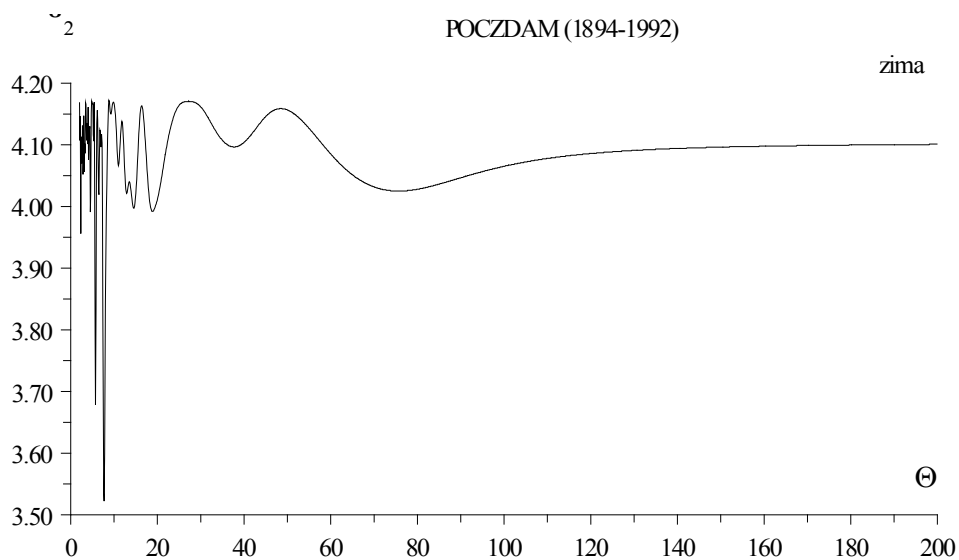


Rys. 22b. Widmo temperatury powietrza w Paryżu w latach 1757-1995  
 (w paśmie 2,0- 200 lat,  $\Delta\Theta = 0,1$ ) – lato  
 Fig. 22b. Spectrum of air temperature in Paris in the years 1757-1995  
 (in the strip 2.0-200 years,  $\Delta\Theta = 0.1$ ) – summer



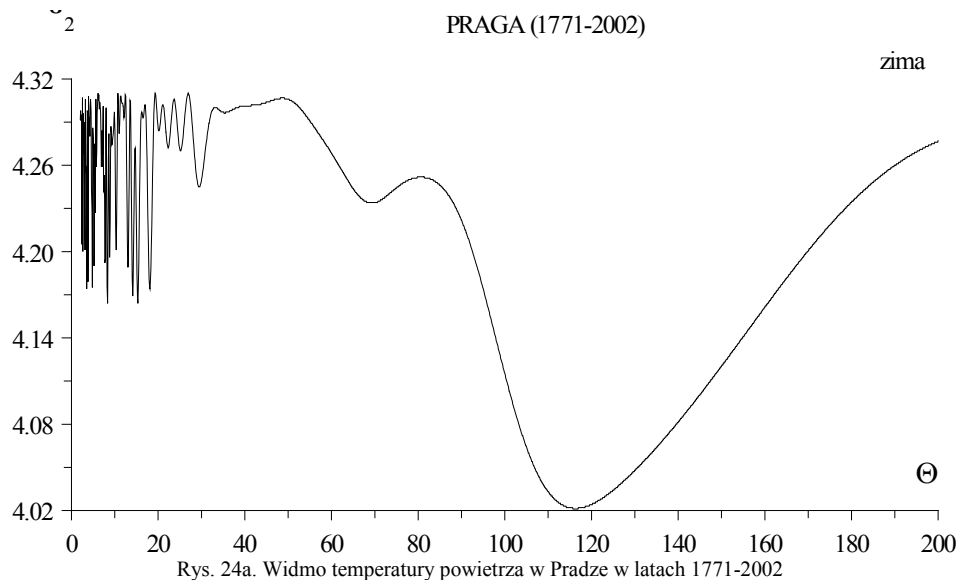
Rys. 23a. Widmo temperatury powietrza w Poczdamie w latach 1894-1992  
(w paśmie 2,0- 200 lat,  $\Delta\Theta = 0,1$ ) – zima

Fig. 23a. Spectrum of air temperature in Potsdam in the years 1894-1992  
(in the strip 2.0-200 years,  $\Delta\Theta = 0.1$ ) – winter

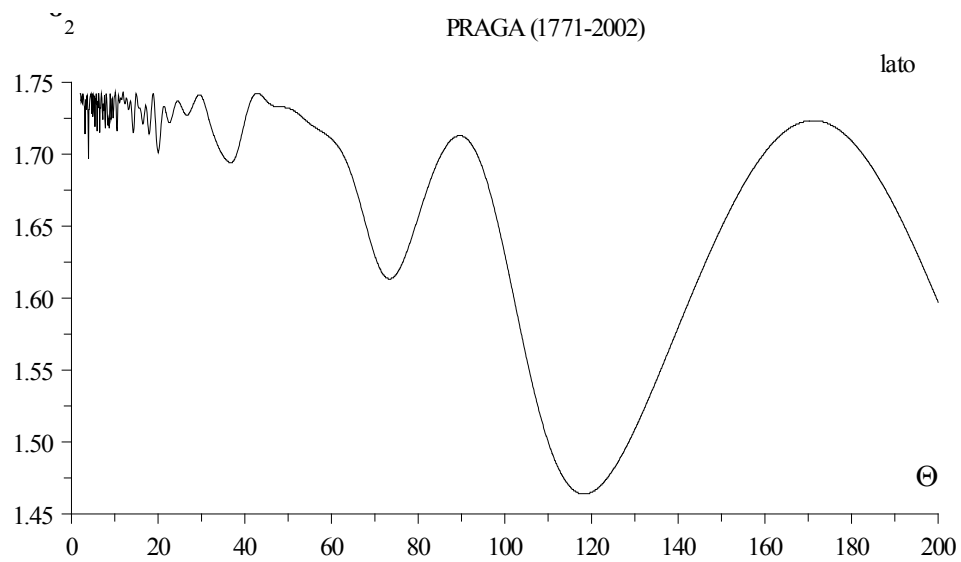


Rys. 23b. Widmo temperatury powietrza w Poczdamie w latach 1894-1992  
(w paśmie 2,0- 200 lat,  $\Delta\Theta = 0,1$ ) – zima

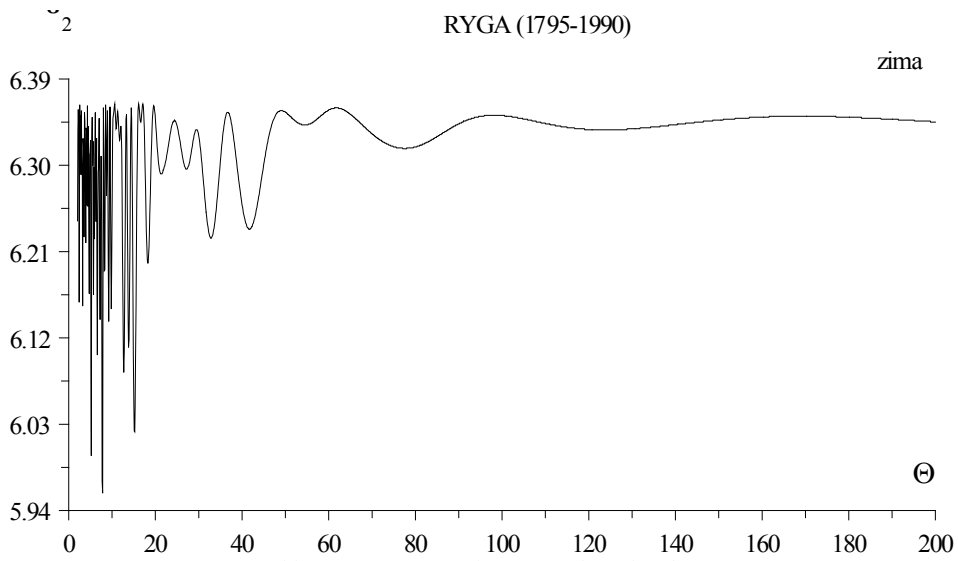
Fig. 23b. Spectrum of air temperature in Potsdam in the years 1894-1992  
(in the strip 2.0-200 years,  $\Delta\Theta = 0.1$ ) – winter



Rys. 24a. Widmo temperatury powietrza w Pradze w latach 1771-2002  
 (w paśmie 2,0- 200 lat,  $\Delta\Theta = 0,1$ ) – zima  
 Fig. 24a. Spectrum of air temperature in Prague in the years 1771-2002  
 (in the strip 2.0-200 years,  $\Delta\Theta = 0.1$ ) – winter

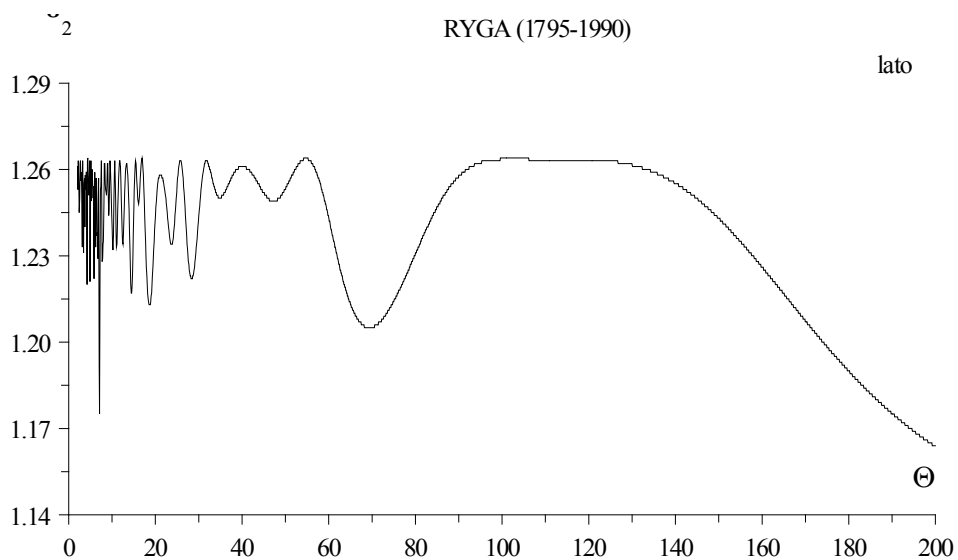


Rys. 24b. Widmo temperatury powietrza w Pradze w latach 1771-2002  
 (w paśmie 2,0- 200 lat,  $\Delta\Theta = 0,1$ ) – lato  
 Fig. 24b. Spectrum of air temperature in Prague in the years 1771-2002  
 (in the strip 2.0-200 years,  $\Delta\Theta = 0.1$ ) – summer



Rys. 25a. Widmo temperatury powietrza w Rydze w latach 1795-1990  
(w paśmie 2,0- 200 lat,  $\Delta\Theta = 0,1$ ) – zima

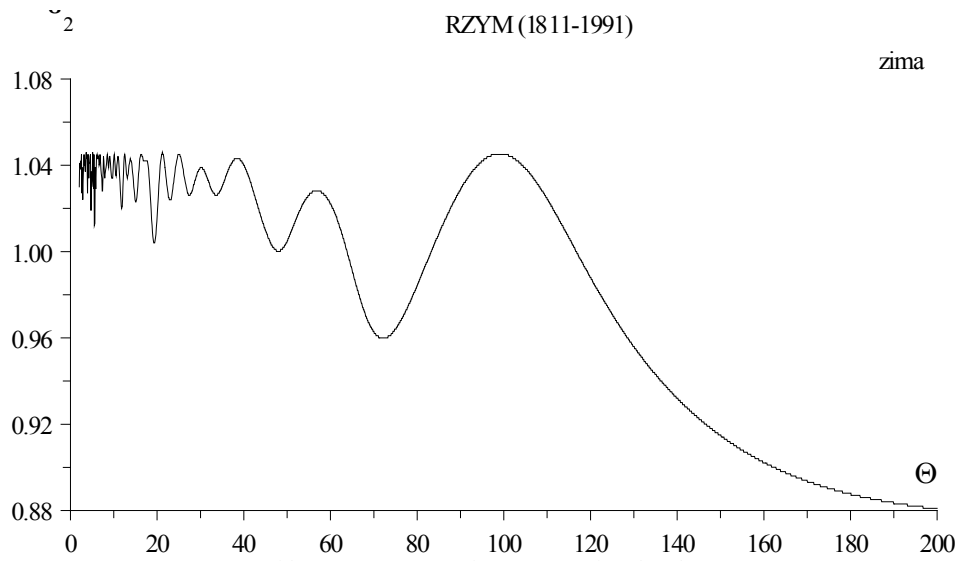
Fig. 25a. Spectrum of air temperature in Ryga in the years 1795-1990  
(in the strip 2.0-200 years,  $\Delta\Theta = 0.1$ ) – winter



Rys. 25b. Widmo temperatury powietrza w Rydze w latach 1795-1990  
(w paśmie 2,0- 200 lat,  $\Delta\Theta = 0,1$ ) – lato

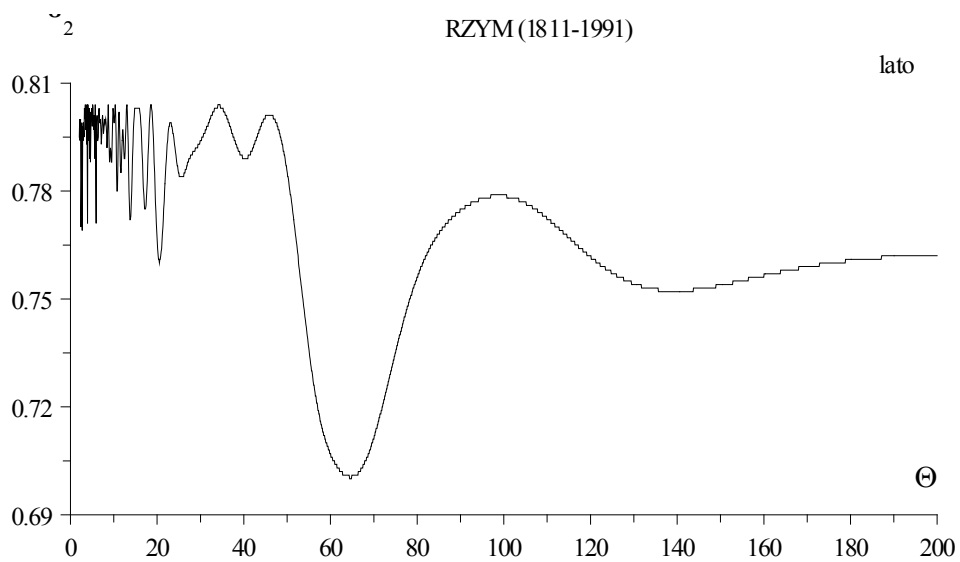
Fig. 25b. Spectrum of air temperature in Ryga in the years 1795-1990  
(in the strip 2.0-200 years,  $\Delta\Theta = 0.1$ ) – summer





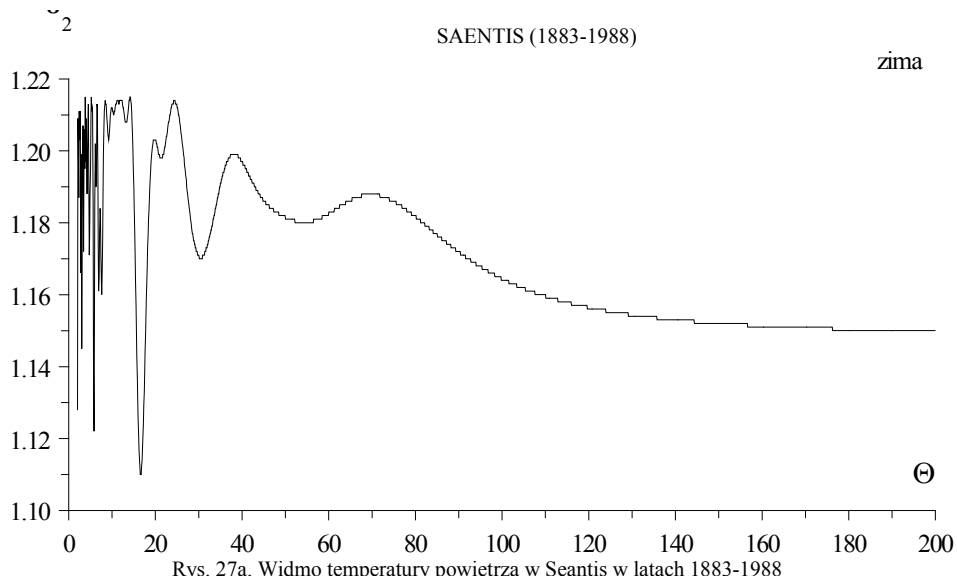
Rys. 26a. Widmo temperatury powietrza w Rzymie w latach 1811-1991  
(w paśmie 2,0- 200 lat,  $\Delta\Theta = 0,1$ ) – zima

Fig. 26a. Spectrum of air temperature in Rome in the years 1811-1991  
(in the strip 2.0-200 years,  $\Delta\Theta = 0.1$ ) – winter



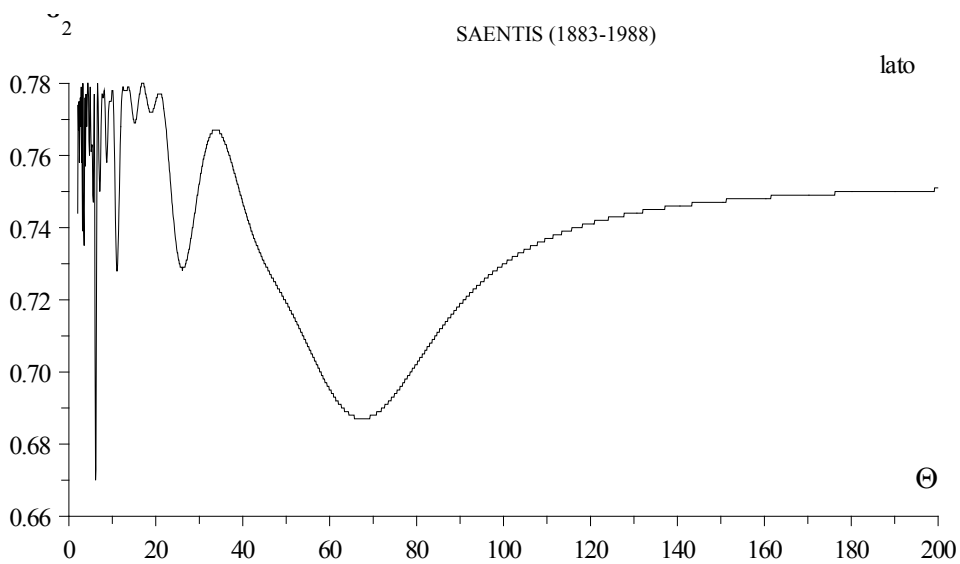
Rys. 26b. Widmo temperatury powietrza w Rzymie w latach 1811-1991  
(w paśmie 2,0- 200 lat,  $\Delta\Theta = 0,1$ ) – lato

Fig. 26b. Spectrum of air temperature in Rome in the years 1811-1991  
(in the strip 2.0-200 years,  $\Delta\Theta = 0.1$ ) – summer



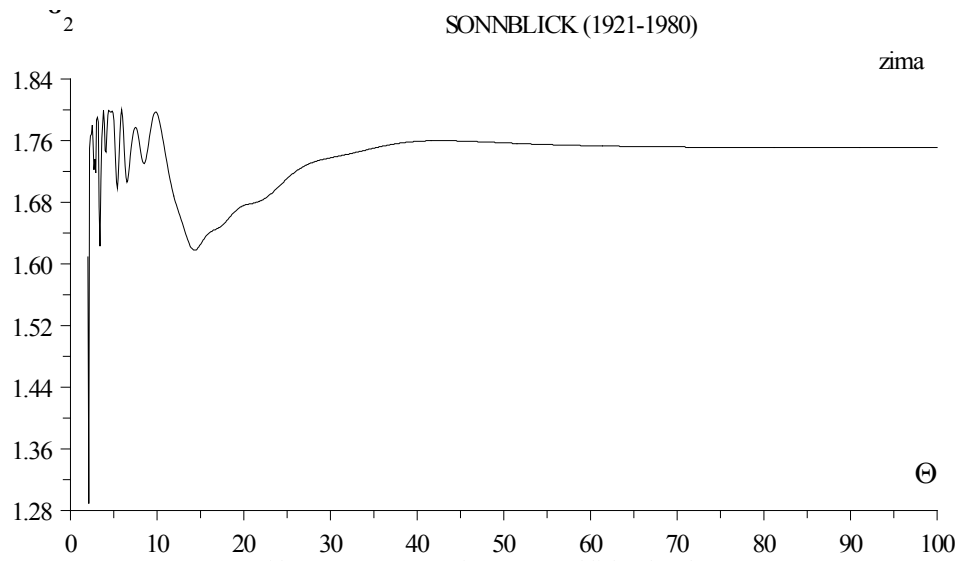
Rys. 27a. Widmo temperatury powietrza w Seantis w latach 1883-1988  
(w paśmie 2,0- 200 lat,  $\Delta\Theta = 0,1$ ) – zima

Fig. 27a. Spectrum of air temperature in Seantis in the years 1883-1988  
(in the strip 2.0-200 years,  $\Delta\Theta = 0.1$ ) – winter

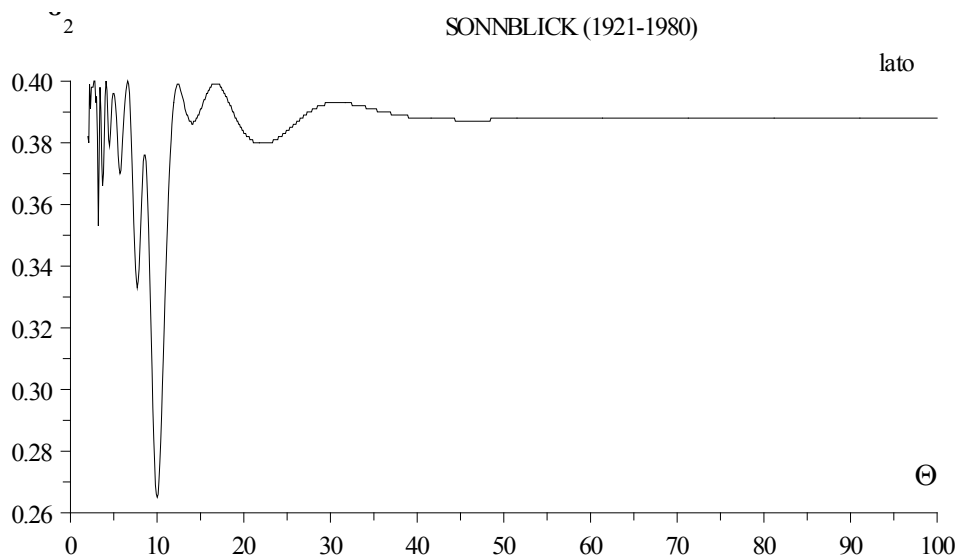


Rys. 27b. Widmo temperatury powietrza w Seantis w latach 1883-1988  
(w paśmie 2,0- 200 lat,  $\Delta\Theta = 0,1$ ) – lato

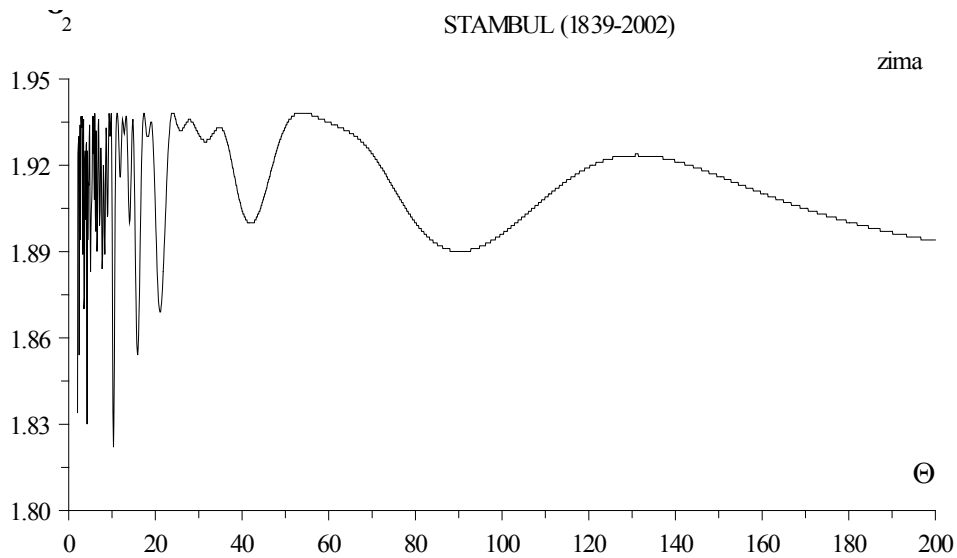
Fig. 27b. Spectrum of air temperature in Seantis in the years 1883-1988  
(in the strip 2.0-200 years,  $\Delta\Theta = 0.1$ ) – summer



Rys. 28a. Widmo temperatury powietrza w Sonnblick w latach 1921-1980  
(w paśmie 2,0- 100 lat,  $\Delta\Theta = 0,1$ ) – zima  
Fig. 28a. Spectrum of air temperature in Sonnblick in the years 1921-1980  
(in the strip 2.0-100 years,  $\Delta\Theta = 0.1$ ) – winter

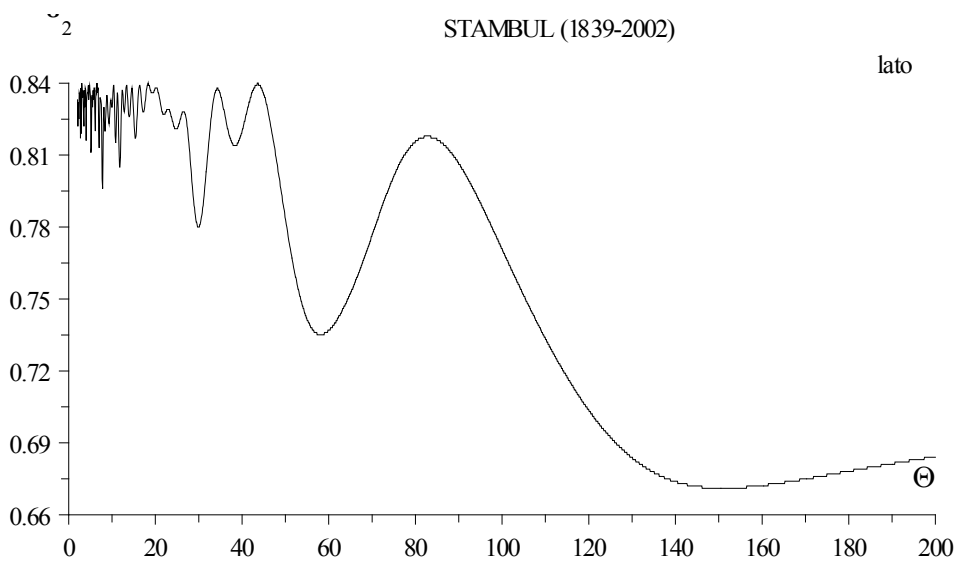


Rys. 28b. Widmo temperatury powietrza w Sonnblick w latach 1921-1980  
(w paśmie 2,0- 100 lat,  $\Delta\Theta = 0,1$ ) – lato  
Fig. 28b. Spectrum of air temperature in Sonnblick in the years 1921-1980  
(in the strip 2.0-100 years,  $\Delta\Theta = 0.1$ ) – summer



Rys. 29a. Widmo temperatury powietrza w Stambuł w latach 1839-2002  
(w paśmie 2,0- 200 lat,  $\Delta\Theta = 0,1$ ) – zima

Fig. 29a. Spectrum of air temperature in Stamboul in the years 1839-2002  
(in the strip 2.0-200 years,  $\Delta\Theta = 0.1$ ) – winter



Rys. 29b. Widmo temperatury powietrza w Stambuł w latach 1839-2002  
(w paśmie 2,0- 200 lat,  $\Delta\Theta = 0,1$ ) – lato

Fig. 29b. Spectrum of air temperature in Stamboul in the years 1839-2002  
(in the strip 2.0-200 years,  $\Delta\Theta = 0.1$ ) – summer

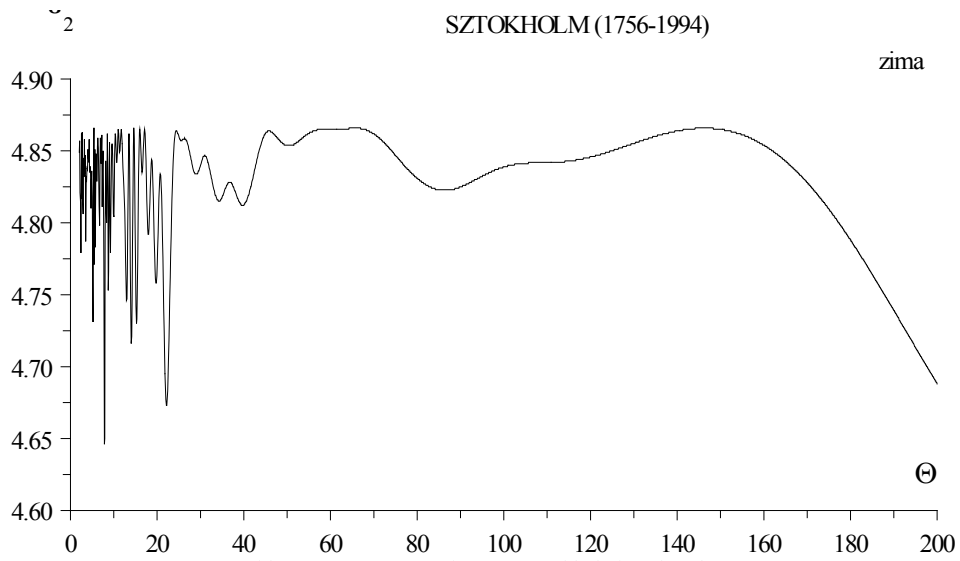
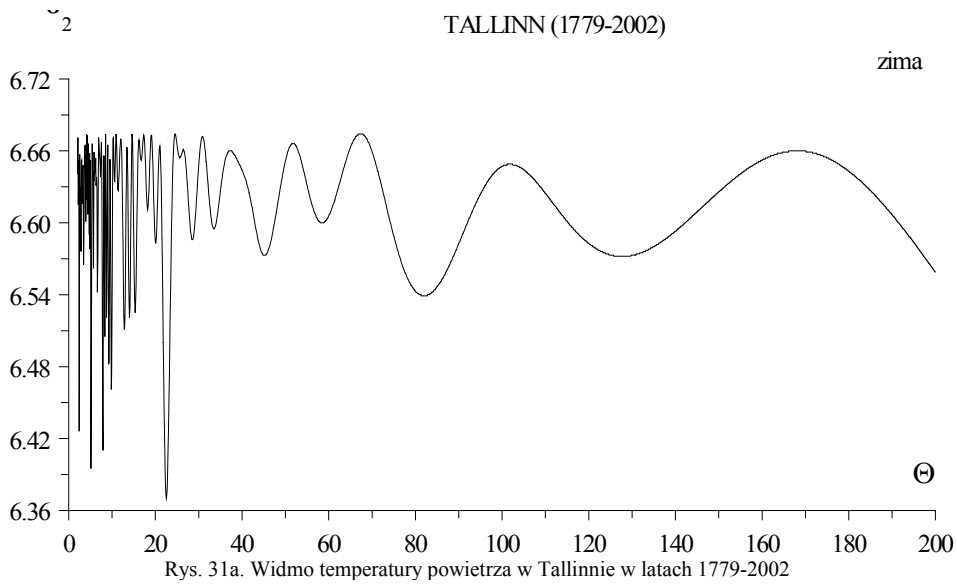


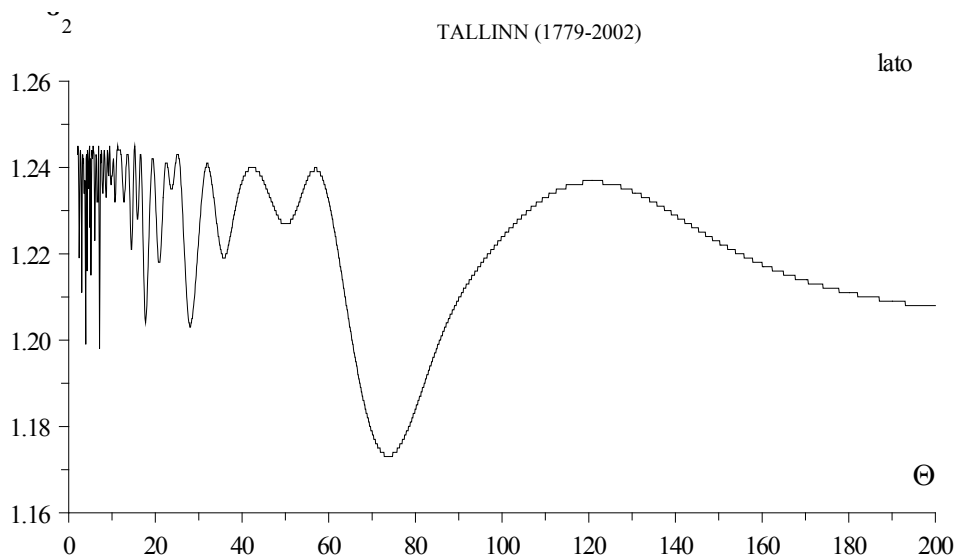
Fig. 30a. Spectrum of air temperature in Stockholm in the years 1756-1994  
(in the strip 2.0-200 years,  $\Delta\Theta = 0.1$ ) – winter



Fig. 30b. Spectrum of air temperature in Stockholm in the years 1756-1994  
(in the strip 2.0-200 years,  $\Delta\Theta = 0.1$ ) – summer



Rys. 31a. Widmo temperatury powietrza w Tallinnie w latach 1779-2002  
 (w paśmie 2,0- 200 lat,  $\Delta\Theta = 0,1$ ) – zima  
 Fig. 31a. Spectrum of air temperature in Tallinn in the years 1779-2002  
 (in the strip 2.0-200 years,  $\Delta\Theta = 0.1$ ) – winter



Rys. 31b. Widmo temperatury powietrza w Tallinnie w latach 1779-2002  
 (w paśmie 2,0- 200 lat,  $\Delta\Theta = 0,1$ ) – lato  
 Fig. 31b. Spectrum of air temperature in Tallinn in the years 1779-2002  
 (in the strip 2.0-200 years,  $\Delta\Theta = 0.1$ ) – summer



Fig. 32a. Spectrum of air temperature in Trondheim in the years 1761-1981  
(in the strip 2.0-200 years,  $\Delta\Theta = 0.1$ ) – winter

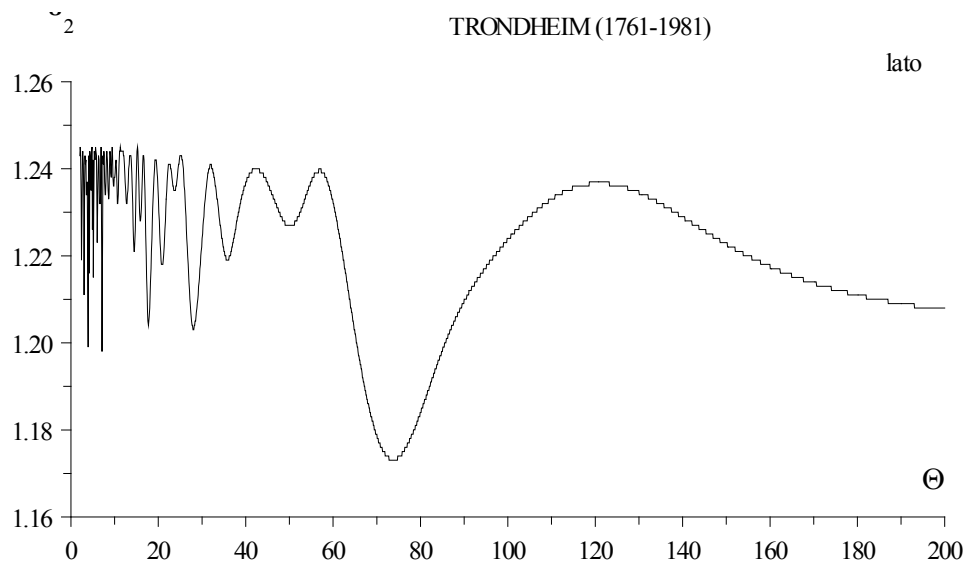
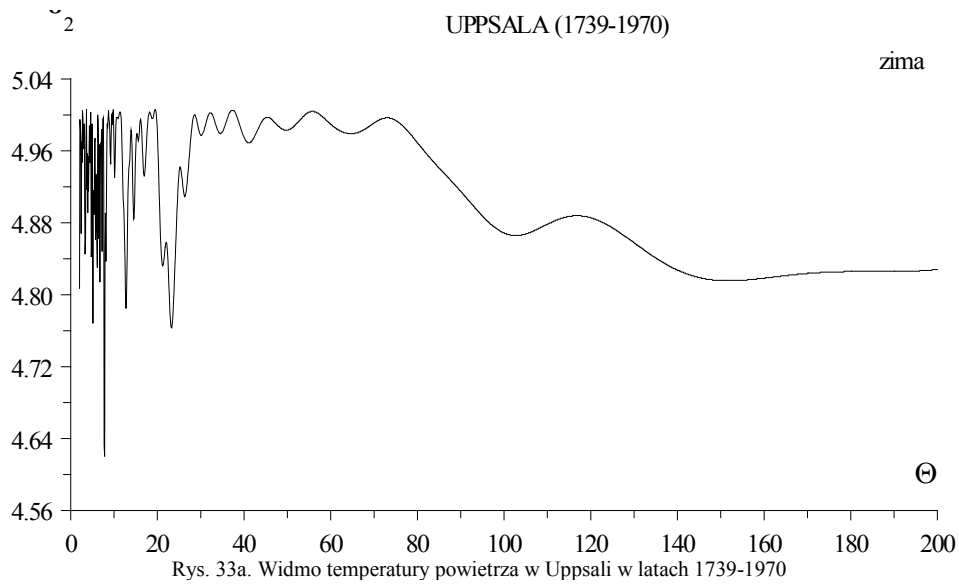
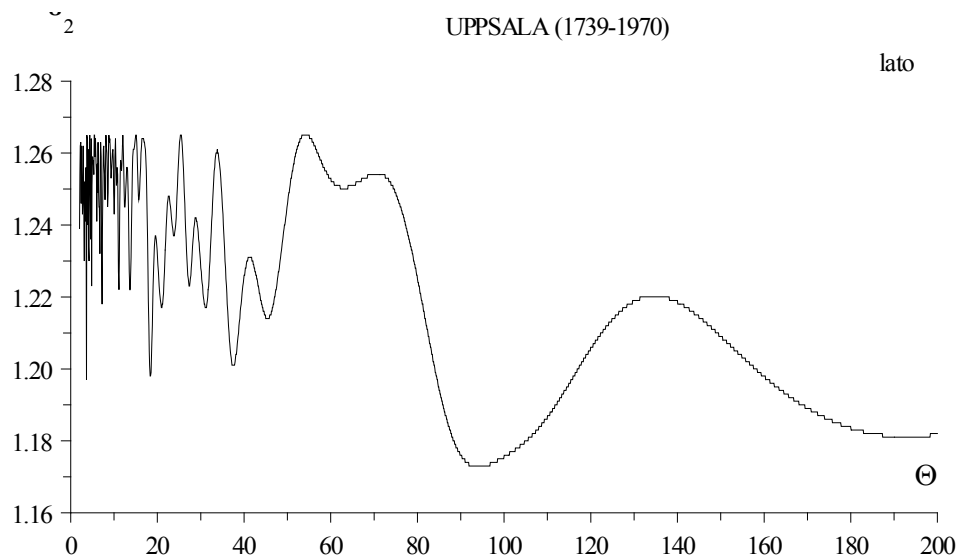


Fig. 32b. Spectrum of air temperature in Trondheim in the years 1761-1981  
(in the strip 2.0-200 years,  $\Delta\Theta = 0.1$ ) – summer

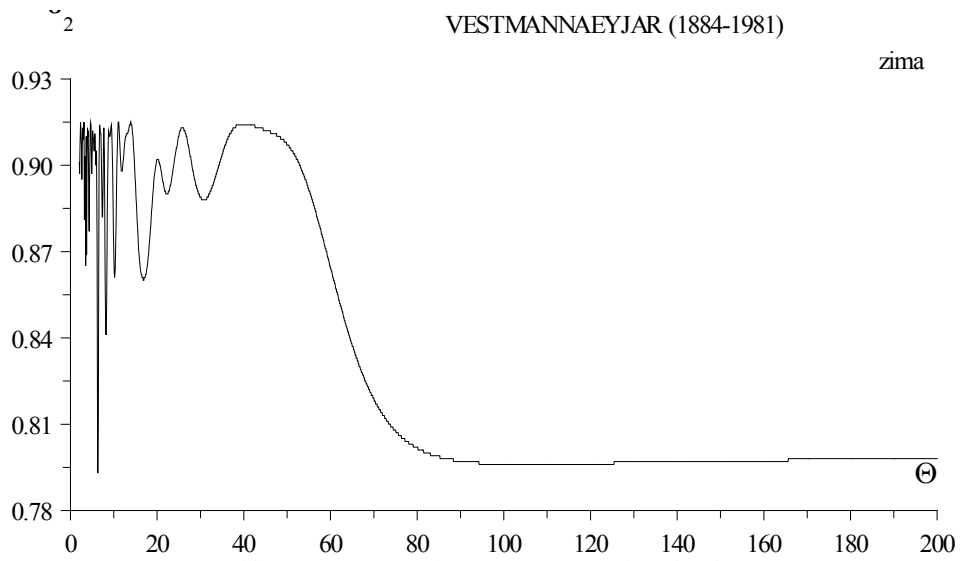


Rys. 33a. Widmo temperatury powietrza w Uppsali w latach 1739-1970  
 (w paśmie 2,0- 200 lat,  $\Delta\Theta = 0,1$ ) – zima  
 Fig. 33a. Spectrum of air temperature in Uppsala in the years 1739-1970  
 (in the strip 2.0-200 years,  $\Delta\Theta = 0.1$ ) – winter



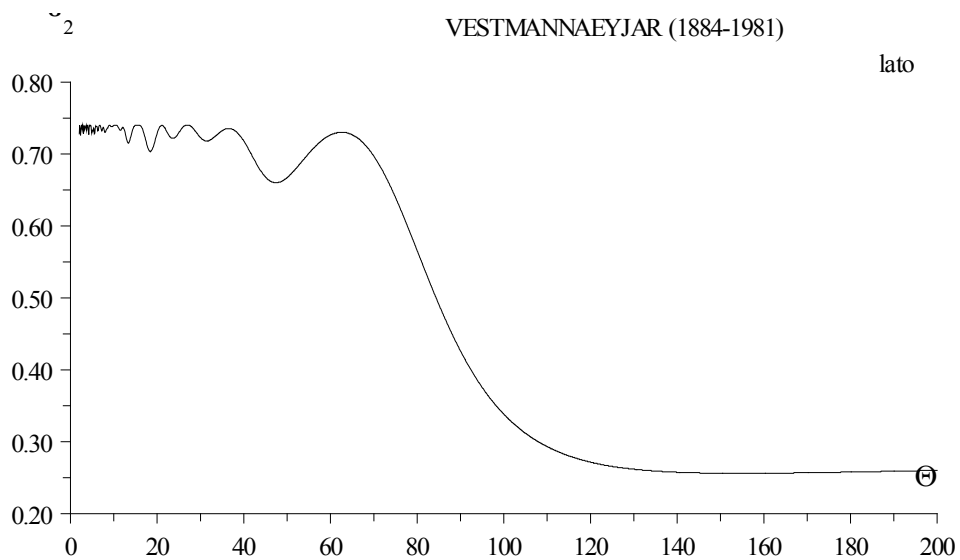
Rys. 33b. Widmo temperatury powietrza w Uppsali w latach 1739-1970  
 (w paśmie 2,0- 200 lat,  $\Delta\Theta = 0,1$ ) – lato  
 Fig. 33b. Spectrum of air temperature in Uppsala in the years 1739-1970  
 (in the strip 2.0-200 years,  $\Delta\Theta = 0.1$ ) – summer





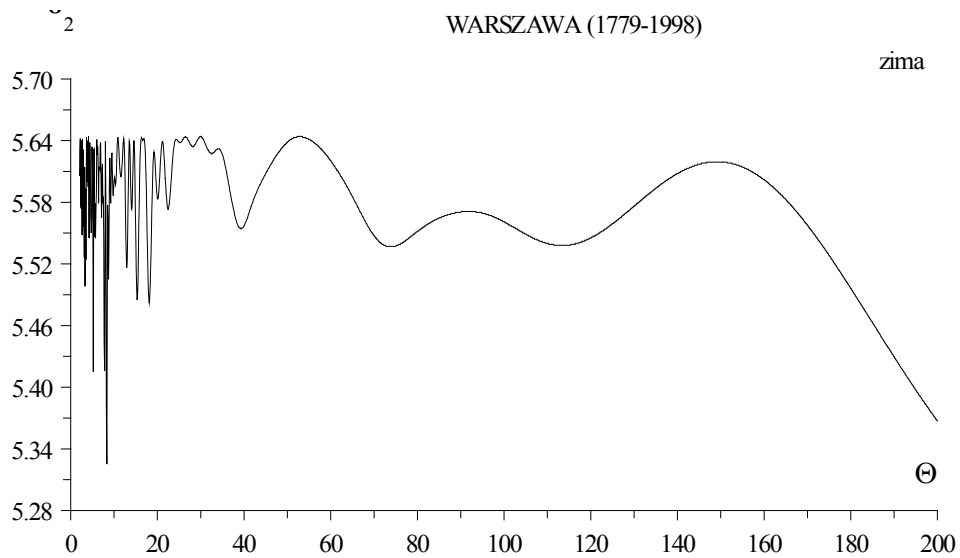
Rys. 34a. Widmo temperatury powietrza w Vestmannaeyjar w latach 1884-1981  
(w paśmie 2,0- 200 lat,  $\Delta\Theta = 0,1$ ) – zima

Fig. 34a. Spectrum of air temperature in Vestmannaeyjar in the years 1884-1981  
(in the strip 2.0-200 years,  $\Delta\Theta = 0.1$ ) – winter



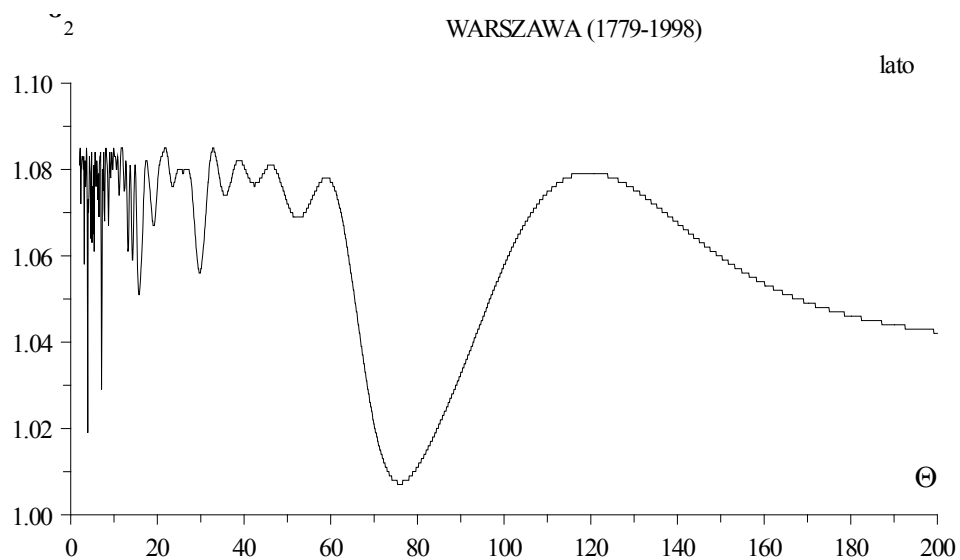
Rys. 34b. Widmo temperatury powietrza w Vestmannaeyjar w latach 1884-1981  
(w paśmie 2,0- 200 lat,  $\Delta\Theta = 0,1$ ) – lato

Fig. 34b. Spectrum of air temperature in Vestmannaeyjar in the years 1884-1981  
(in the strip 2.0-200 years,  $\Delta\Theta = 0.1$ ) – summer



Rys. 35a. Widmo temperatury powietrza w Warszawie w latach 1779-1998  
(w paśmie 2,0- 200 lat,  $\Delta\Theta = 0,1$ ) – zima

Fig. 35a. Spectrum of air temperature in Warsaw in the years 1779-1998  
(in the strip 2.0-200 years,  $\Delta\Theta = 0.1$ ) – winter



Rys. 35b. Widmo temperatury powietrza w Warszawie w latach 1779-1998  
(w paśmie 2,0- 200 lat,  $\Delta\Theta = 0,1$ ) – lato

Fig. 35b. Spectrum of air temperature in Warsaw in the years 1779-1998  
(in the strip 2.0-200 years,  $\Delta\Theta = 0.1$ ) – summer

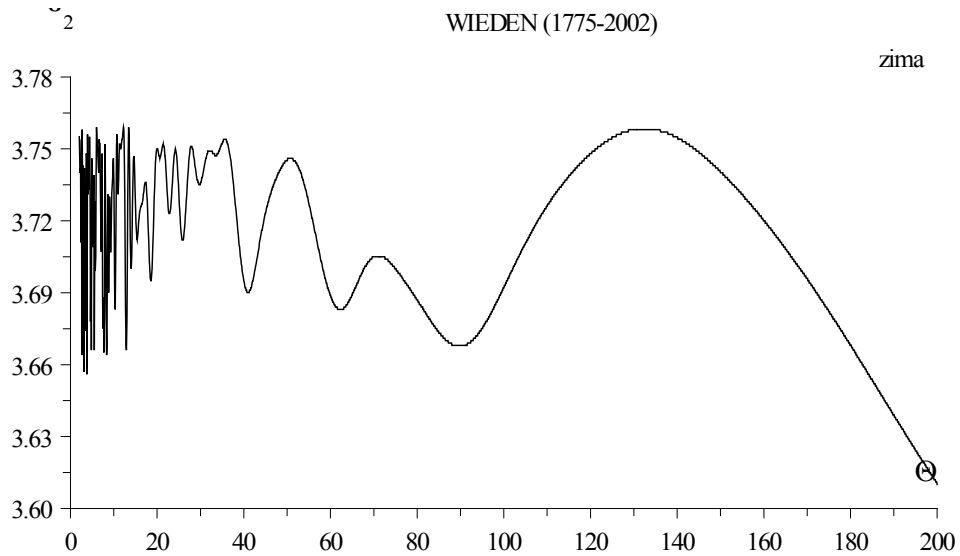
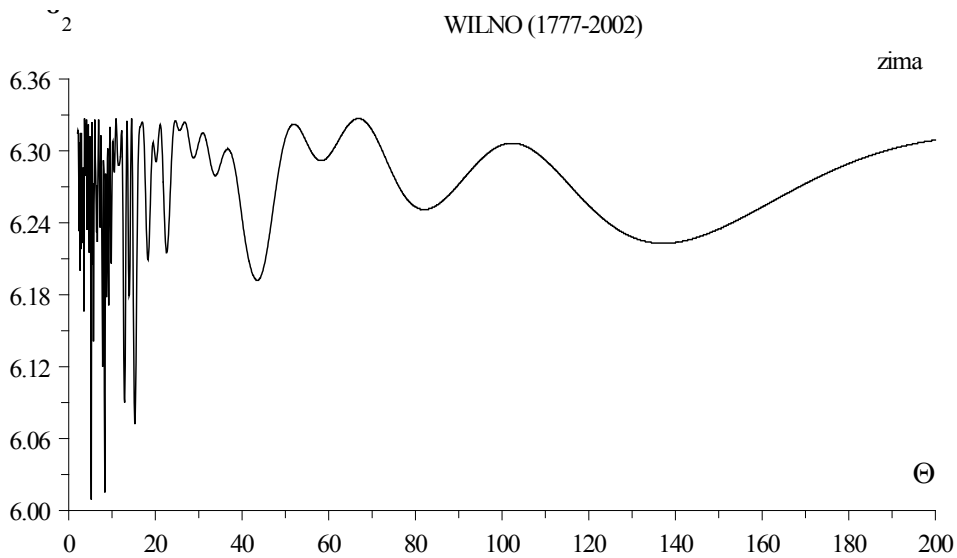


Fig. 36a. Spectrum of air temperature in Vienna in the years 1775-2002  
(in the strip 2.0-200 years,  $\Delta\Theta = 0.1$ ) – winter

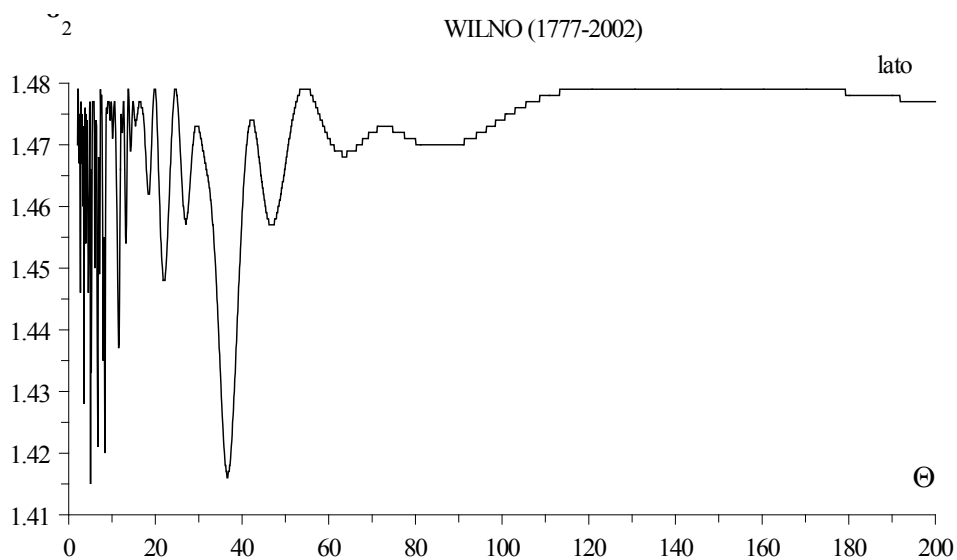


Fig. 36b. Spectrum of air temperature in Vienna in the years 1775-2002  
(in the strip 2.0-200 years,  $\Delta\Theta = 0.1$ ) – summer



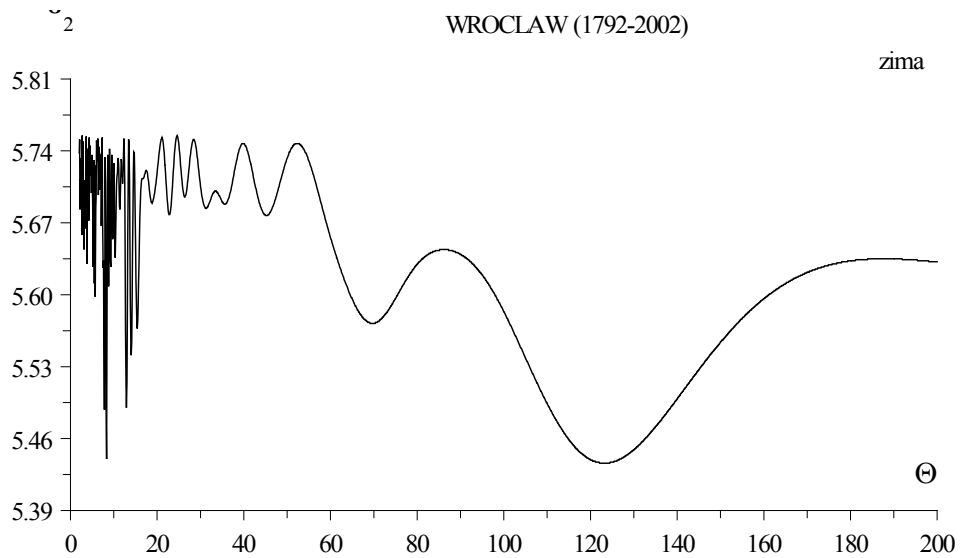
Rys. 37a. Widmo temperatury powietrza w Wilnie w latach 1777-2002  
(w paśmie 2,0- 200 lat,  $\Delta\Theta = 0,1$ ) – zima

Fig. 37a. Spectrum of air temperature in Wilno in the years 1777-2002  
(in the strip 2.0-200 years,  $\Delta\Theta = 0.1$ ) – winter

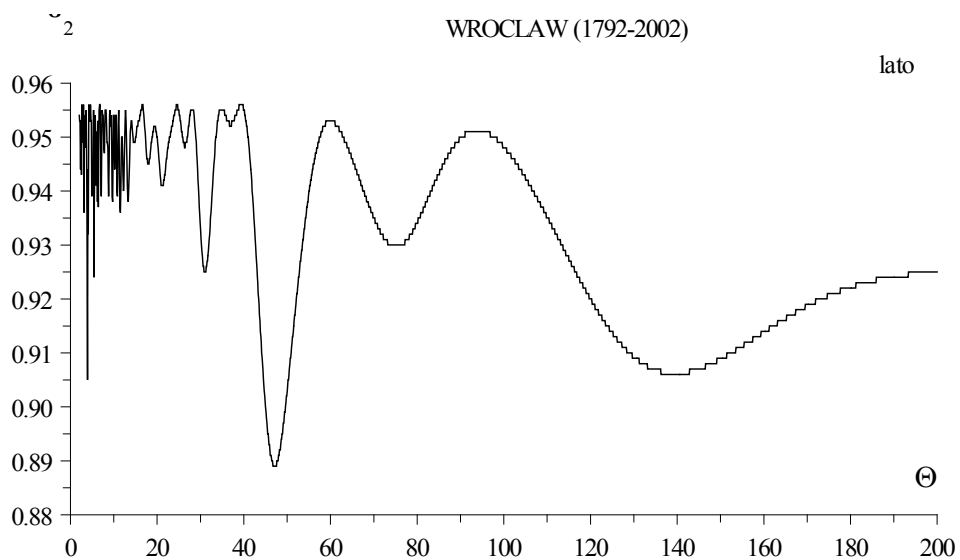


Rys. 37b. Widmo temperatury powietrza w Wilnie w latach 1777-2002  
(w paśmie 2,0- 200 lat,  $\Delta\Theta = 0,1$ ) – lato

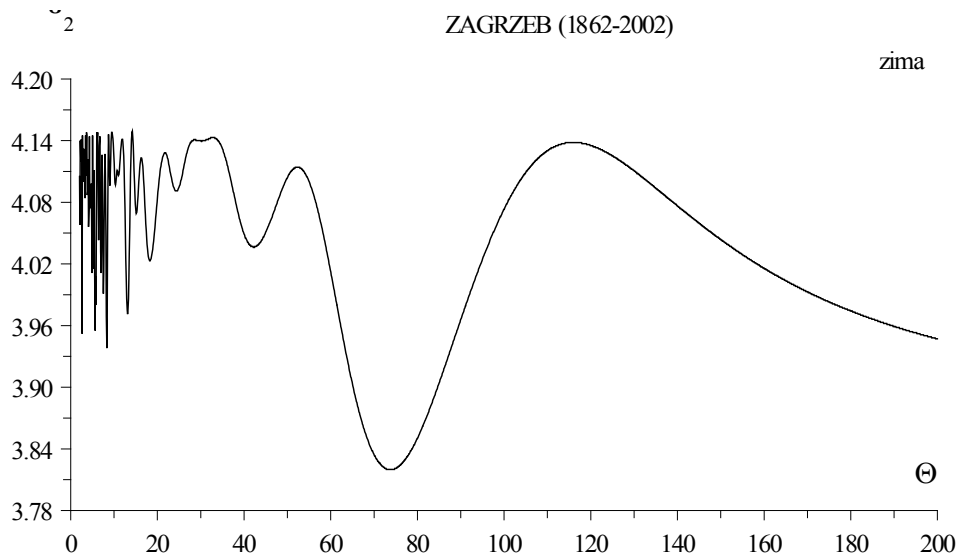
Fig. 37b. Spectrum of air temperature in Wilno in the years 1777-2002  
(in the strip 2.0-200 years,  $\Delta\Theta = 0.1$ ) – summer



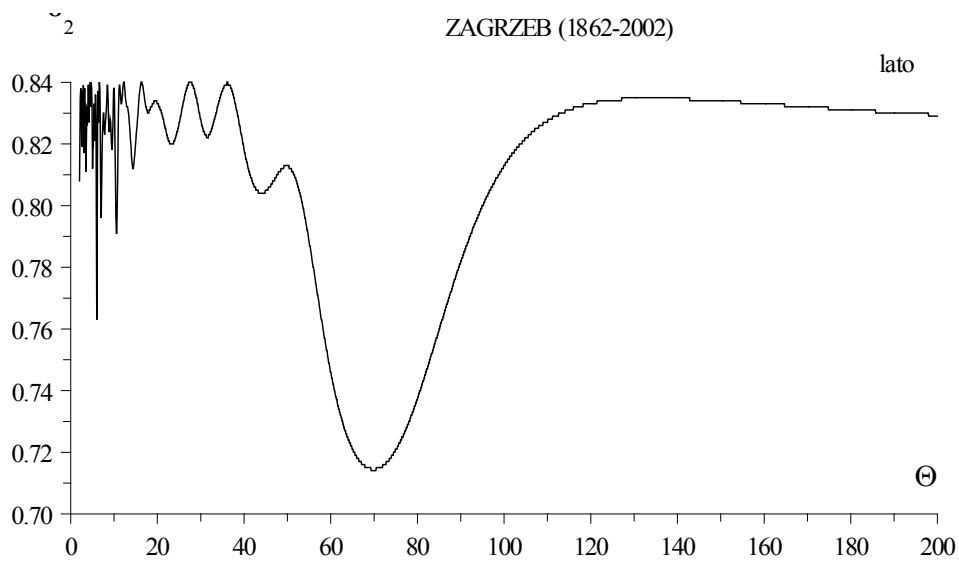
Rys. 38a. Widmo temperatury powietrza we Wrocławiu w latach 1792-2002  
 (w paśmie 2,0- 200 lat,  $\Delta\Theta = 0,1$ ) – zima  
 Fig. 38a. Spectrum of air temperature in Wrocław in the years 1792-2002  
 (in the strip 2.0-200 years,  $\Delta\Theta = 0.1$ ) – winter



Rys. 38b. Widmo temperatury powietrza we Wrocławiu w latach 1792-2002  
 (w paśmie 2,0- 200 lat,  $\Delta\Theta = 0,1$ ) – lato  
 Fig. 38b. Spectrum of air temperature in Wrocław in the years 1792-2002  
 (in the strip 2.0-200 years,  $\Delta\Theta = 0.1$ ) – summer



Rys. 39a. Widmo temperatury powietrza w Zagrzebiu w latach 1862-2002  
 (w paśmie 2,0- 200 lat,  $\Delta\Theta = 0,1$ ) – zima  
 Fig. 39a. Spectrum of air temperature in Zagreb in the years 1862-2002  
 (in the strip 2.0-200 years,  $\Delta\Theta = 0.1$ ) – winter



Rys. 39b. Widmo temperatury powietrza w Zagrzebiu w latach 1862-2002  
 (w paśmie 2,0- 200 lat,  $\Delta\Theta = 0,1$ ) – lato  
 Fig. 39b. Spectrum of air temperature in Zagreb in the years 1862-2002  
 (in the strip 2.0-200 years,  $\Delta\Theta = 0.1$ ) – summer

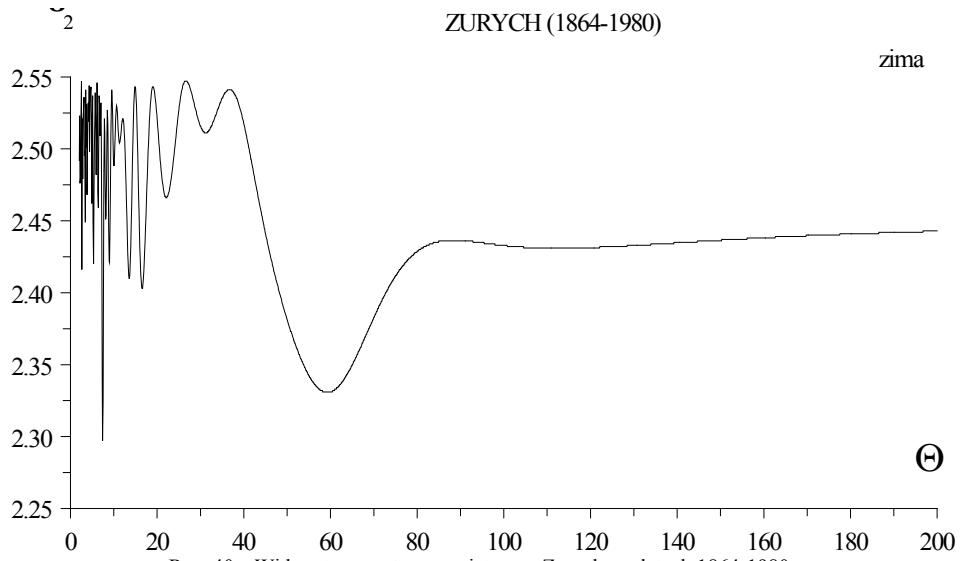


Fig. 40a. Spectrum of air temperature in Zurich in the years 1864-1980  
(in the strip 2.0-200 years,  $\Delta\Theta = 0.1$ ) – winter

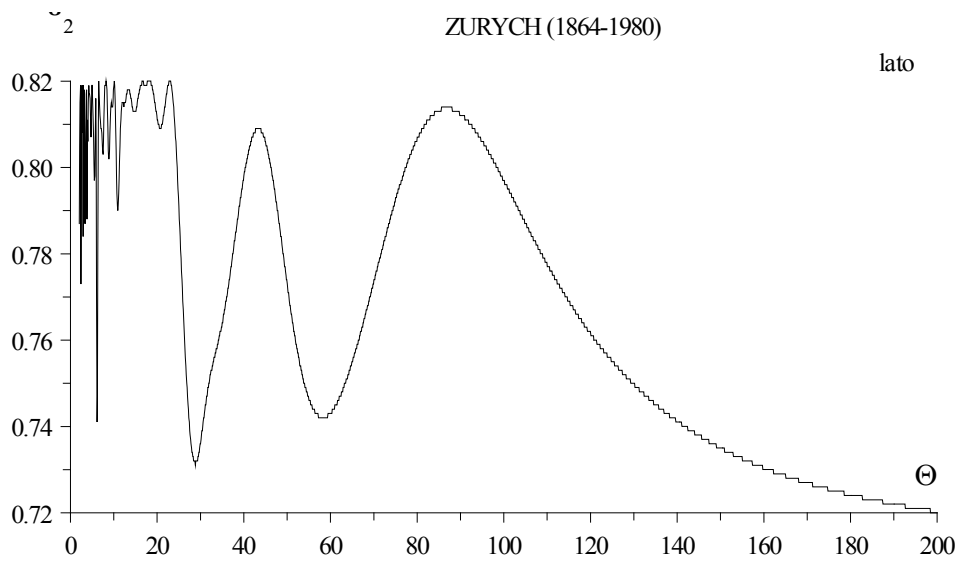
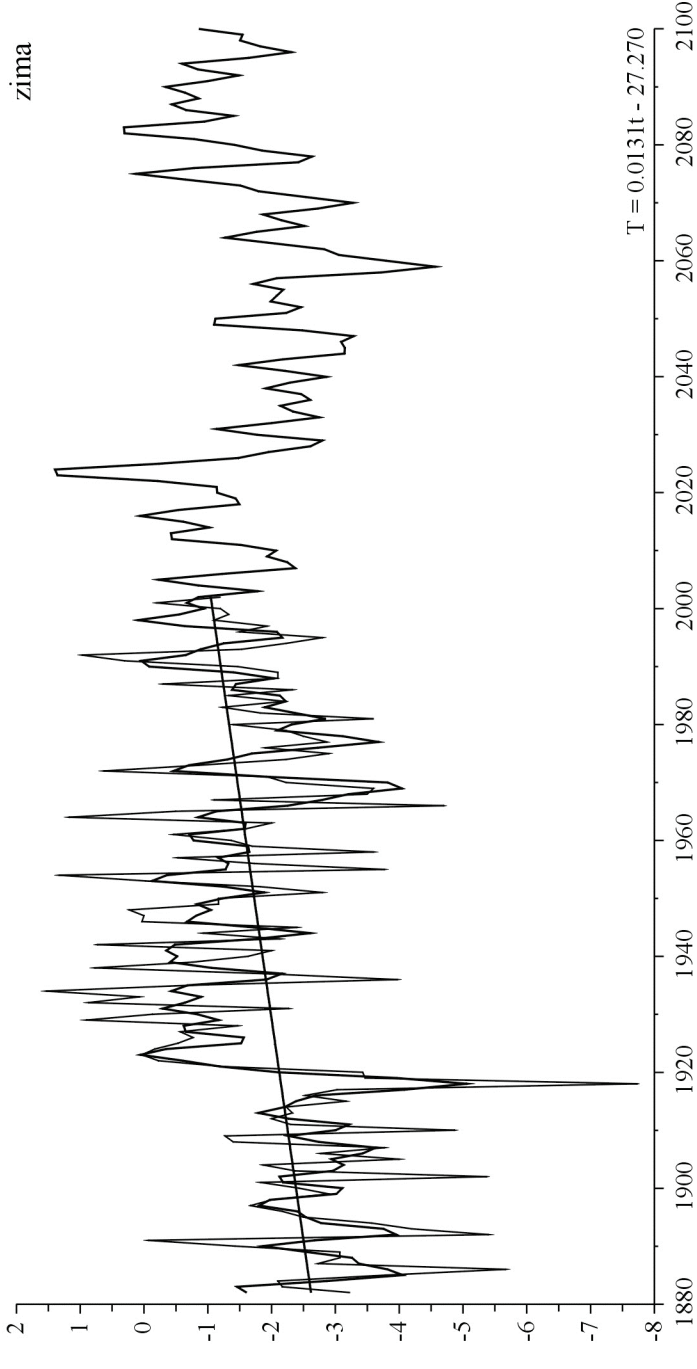


Fig. 40b. Spectrum of air temperature in Zurich in the years 1864-1980  
(in the strip 2.0-200 years,  $\Delta\Theta = 0.1$ ) – summer

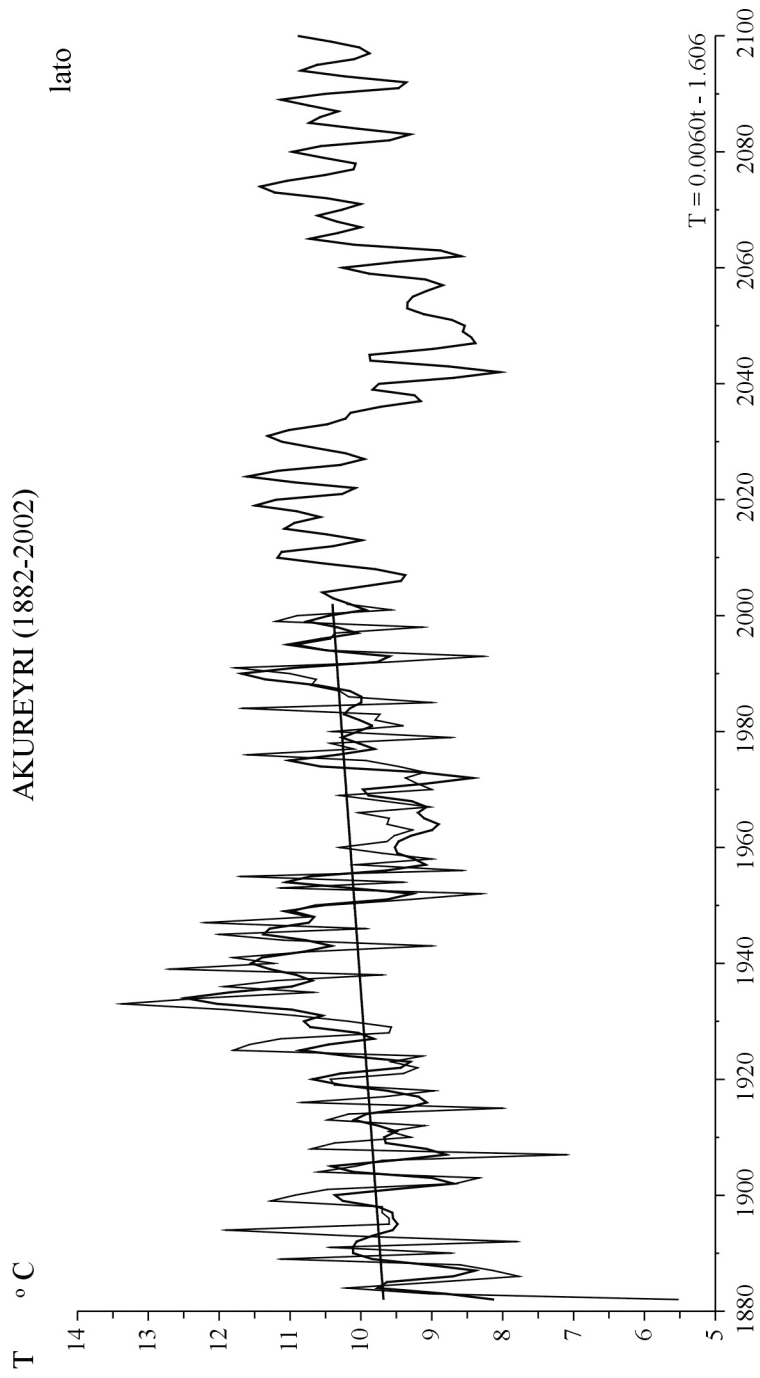
T °C

AKUREYRI (1882-2002)



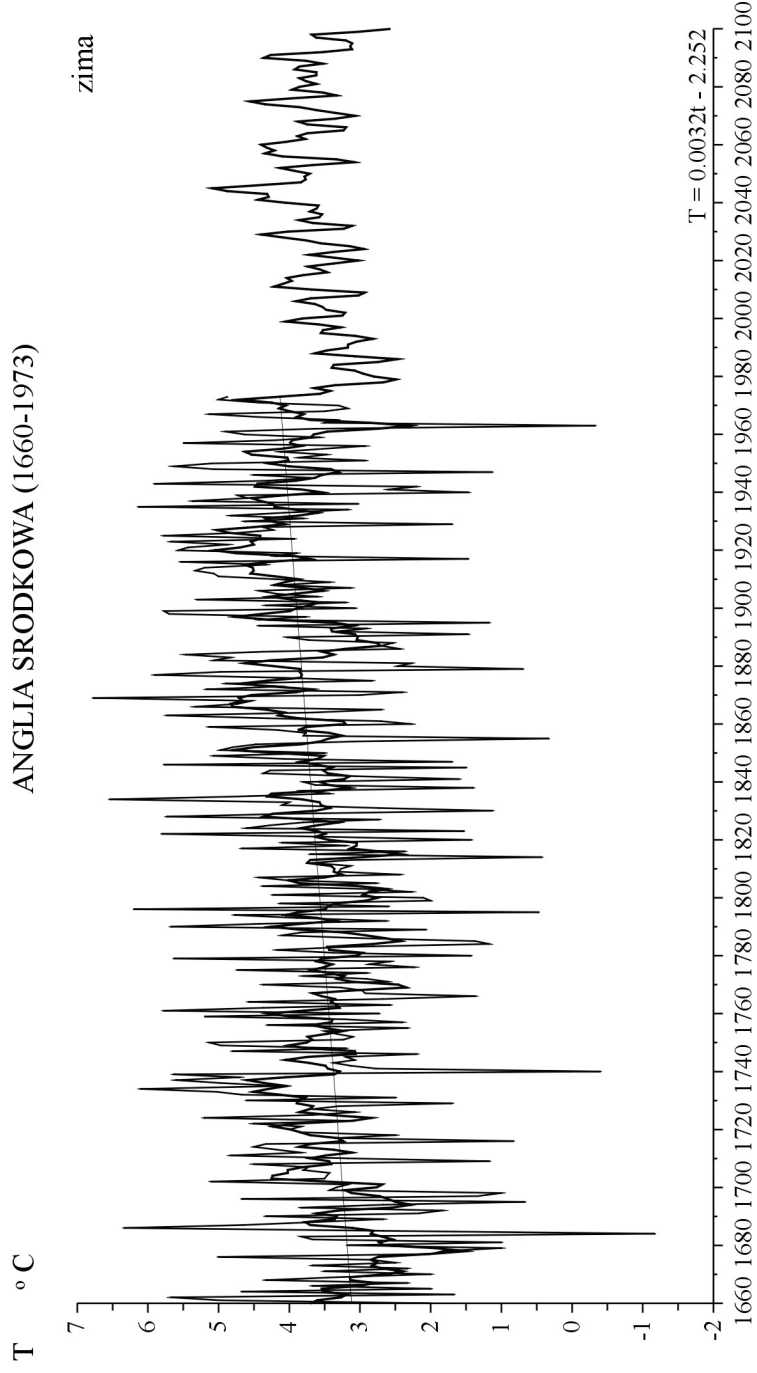
Rys. 41a. Zmiany temperatury powietrza w Akureyri w latach 1882-2002 – prognoza wiatkach 2003-2100 – zima  
 Fig. 41a. Changes of air temperature in Akureyri in the 1882-2002 years – forecasts in years 2003-2100 – winter



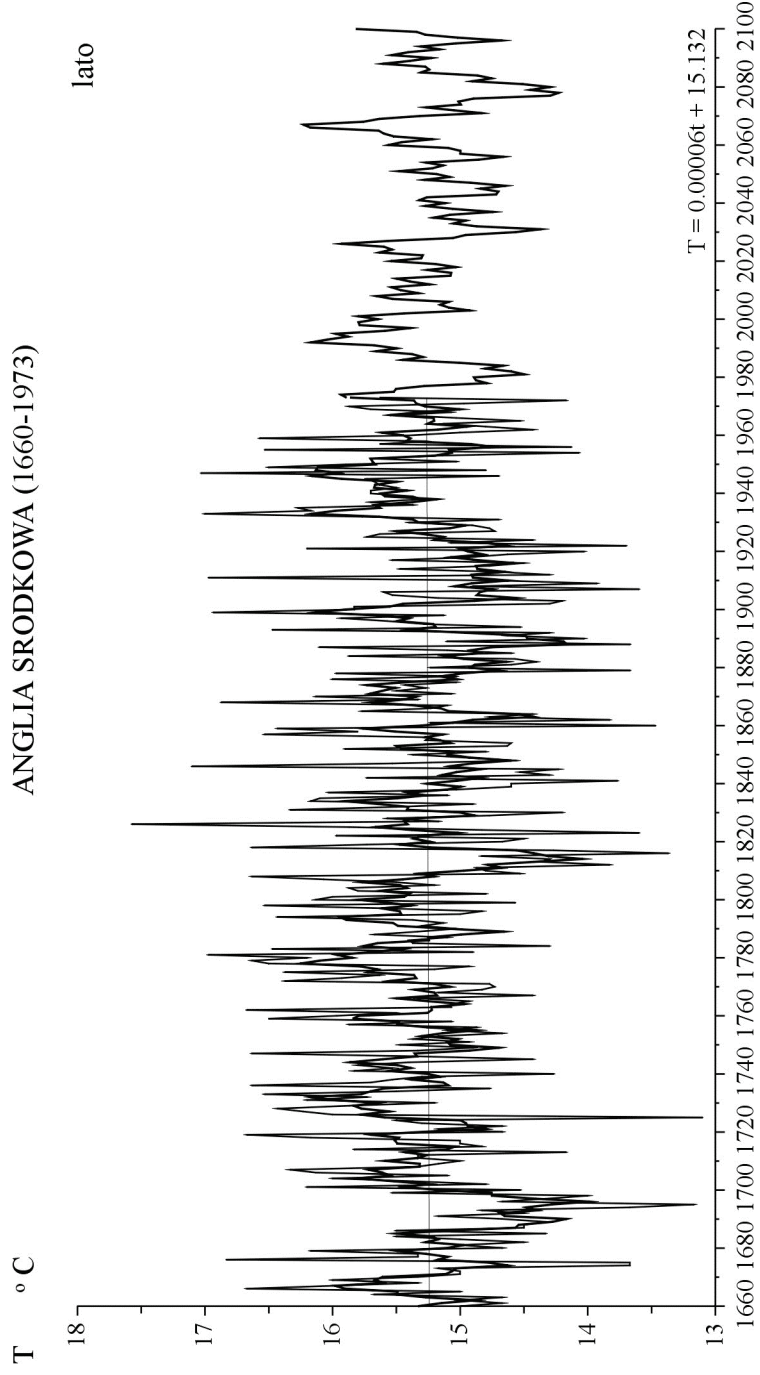


Rys. 41b. Zmiany temperatury powietrza w Akureyri w latach 1882-2002 – prognoza wiatkach 2003-2100 – lato  
 Fig. 41b. Changes of air temperature in Akureyri in the 1882-2002 years – forecasts in years 2003-2100 – summer

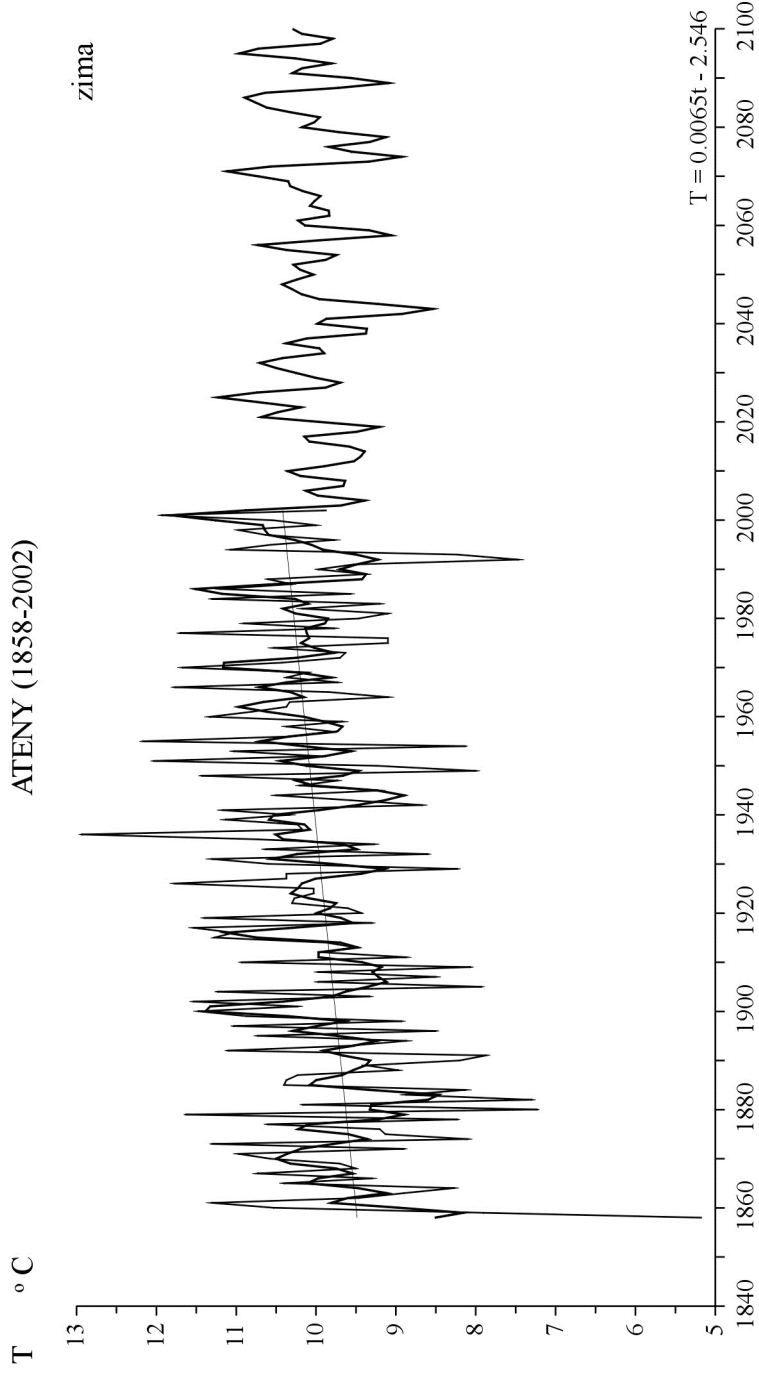
ANGLIA ŚRODKOWA (1660-1973)



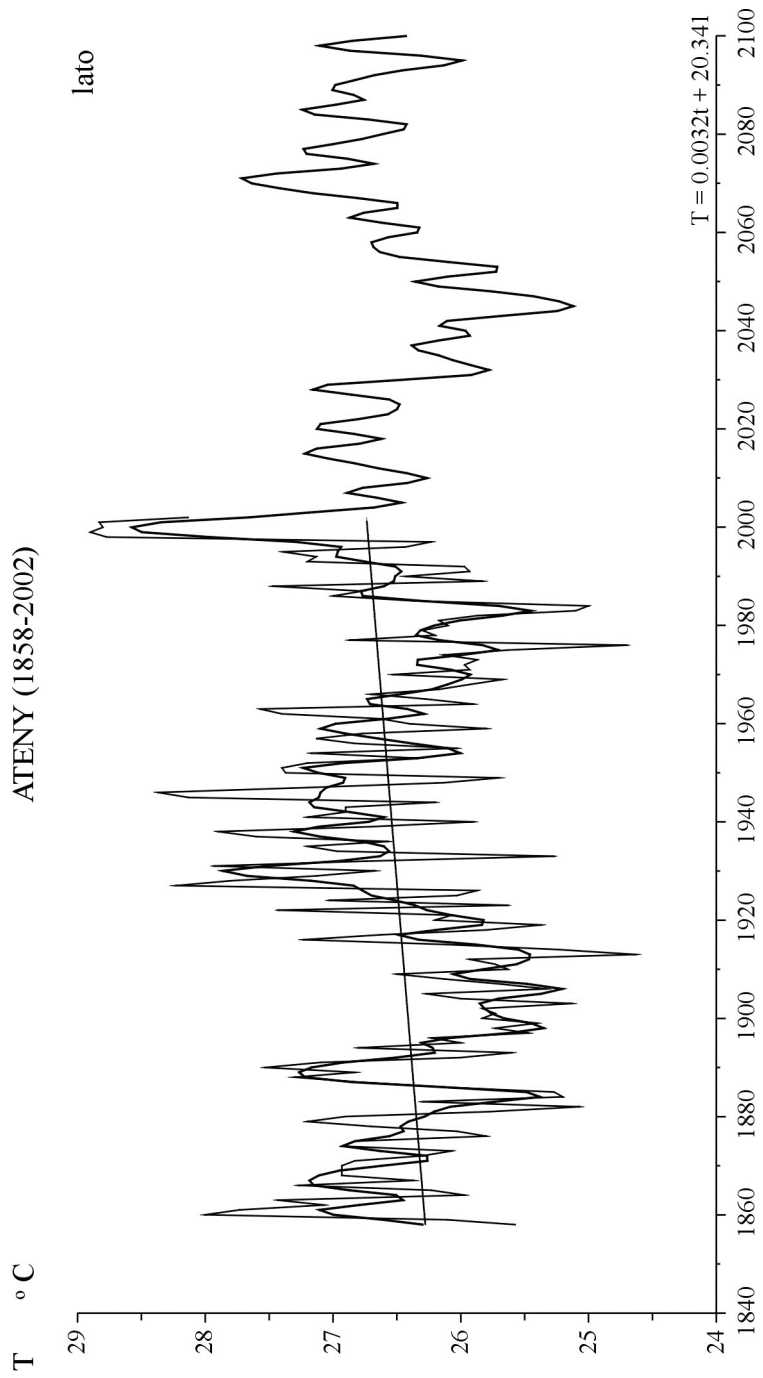
Rys. 42a. Zmiany temperatury powietrza w Anglii w latach 1660-1973 – prognoza w latach 1974-2100 – zima  
 Fig. 42a. Changes of air temperature in England in the 1660-1973 years – forecasts in years 1974-2100 – winter



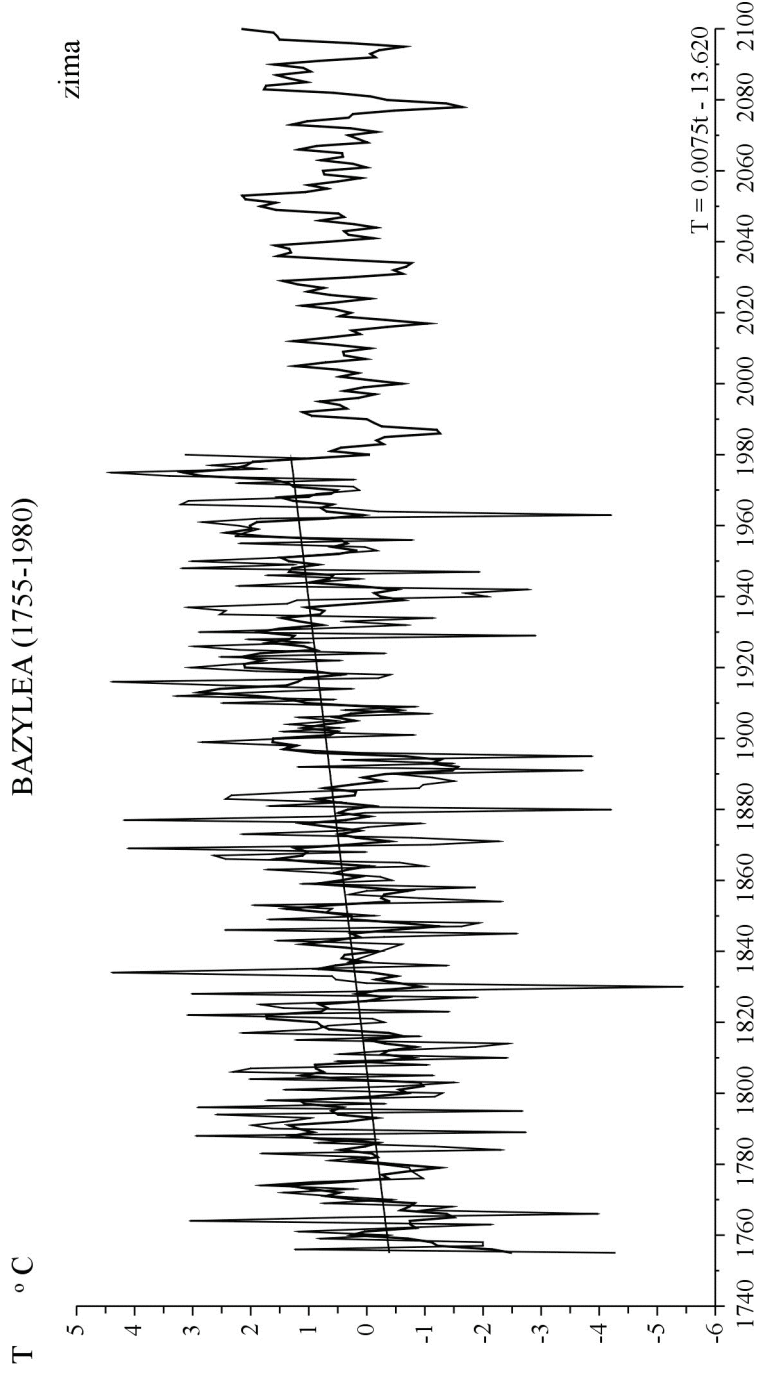
Rys. 42b. Zmiany temperatury powietrza w Anglii w latach 1660-1973 – prognoza wiatkach 1974-2100 – lato  
 Fig. 42b. Changes of air temperature in England in the 1660-1973 years – forecasts in years 1974-2100 – summer



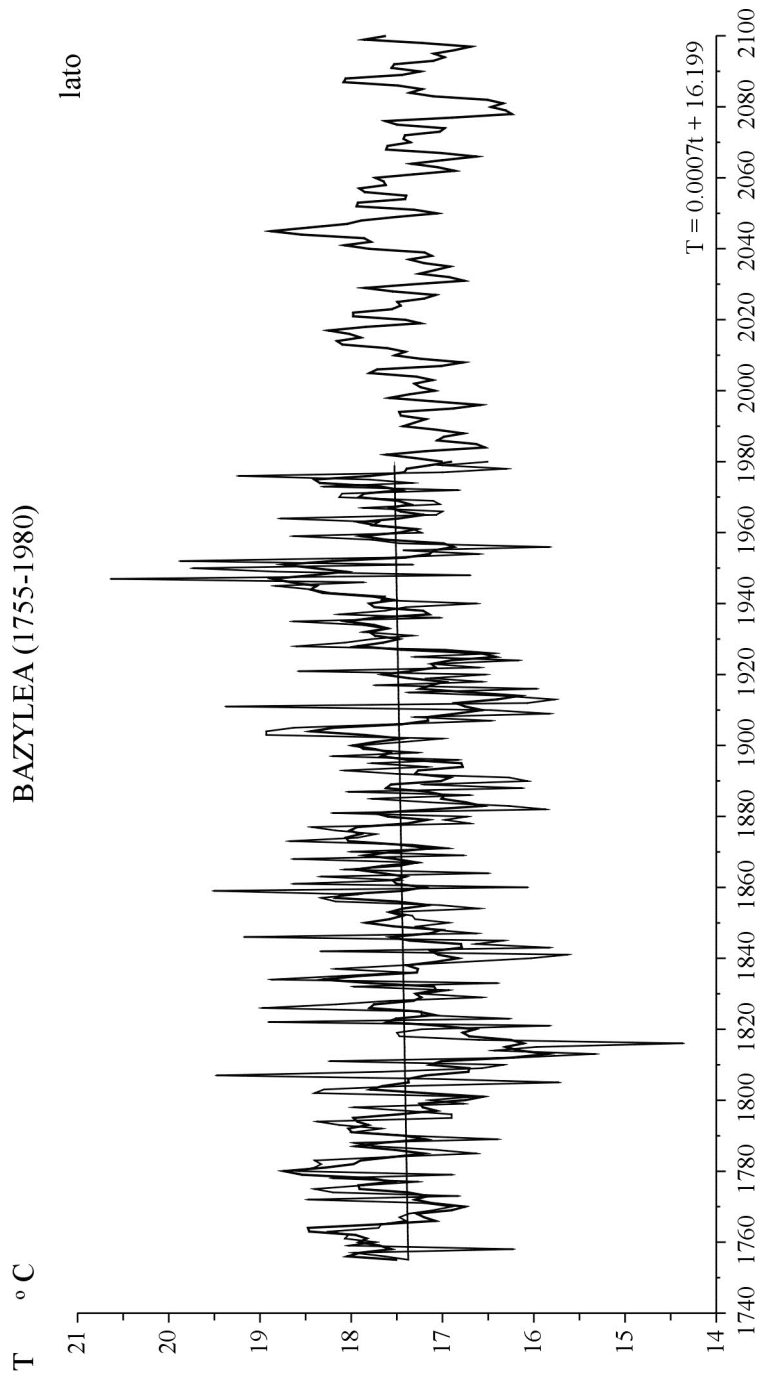
Rys. 43a. Zmiany temperatury powietrza w Atenach w latach 1858-2002 – prognoza wiatkach 2003-2100 – zima  
 Fig. 43a. Changes of air temperature in Athens in the 1858-2002 years – forecasts in years 2003-2100 – winter



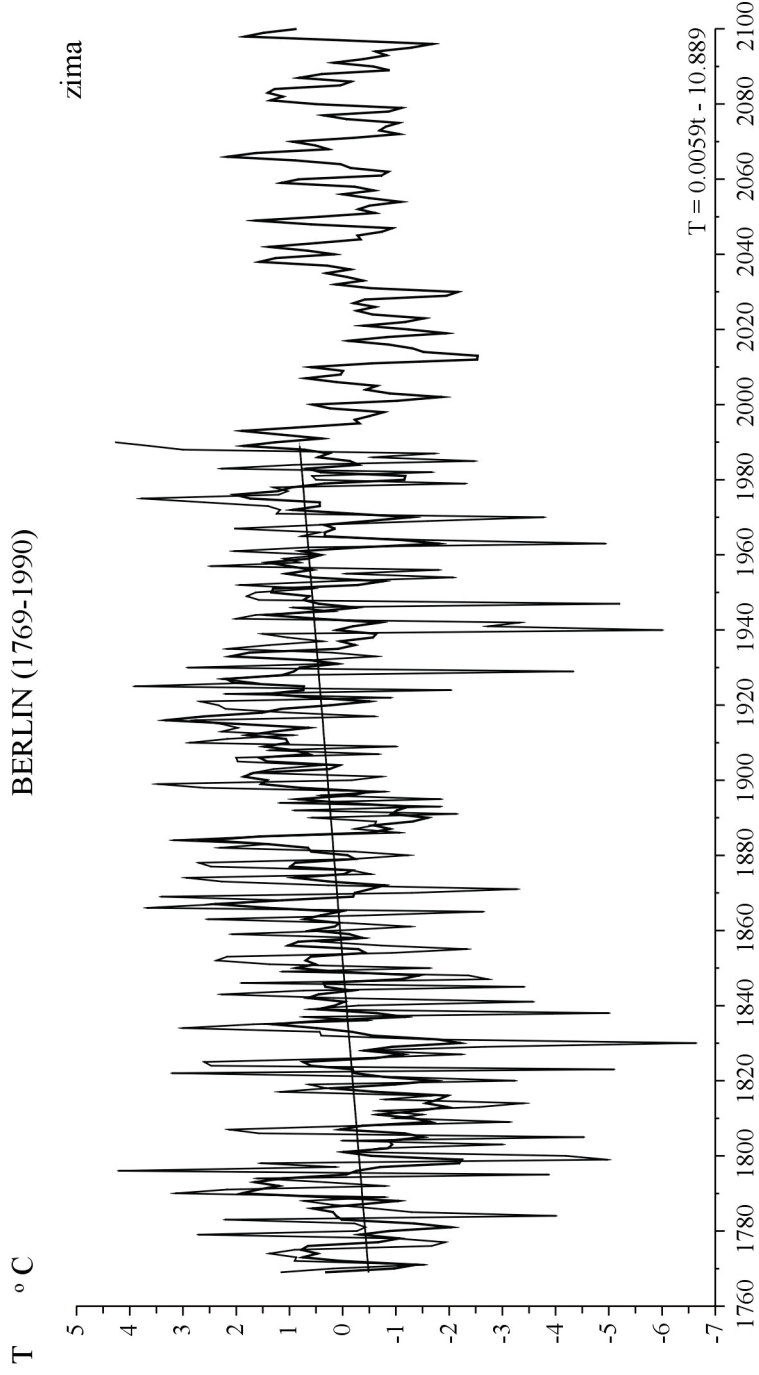
Rys. 43b. Zmiany temperatury powietrza w Atenach w latach 1858-2002 – prognoza wiatkach 2003-2100 – lato  
 Fig. 43b. Changes of air temperature in Athens in the 1858-2002 years – forecasts in years 2003-2100 – summer



Rys. 44a. Zmiany temperatury powietrza w Bazylei w latach 1755-1980 – prognoza wiatkach 1981-2100 – zima  
 Fig. 44a. Changes of air temperature in Basel in the 1755-1980 years – forecasts in years 1981-2100 – winter

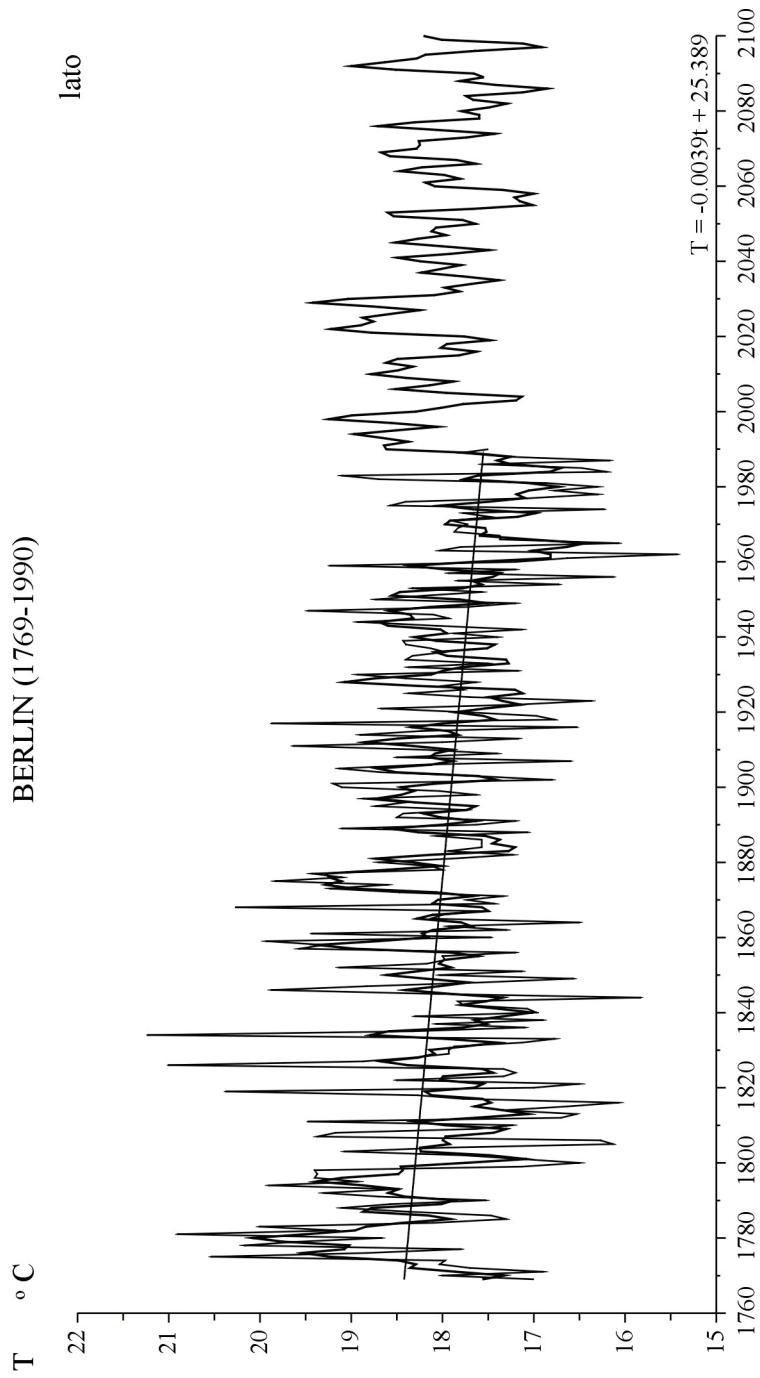


Rys. 44b. Zmiany temperatury powietrza w Bazylei w latach 1755-1980 – prognoza wiatkach 1981-2100 – lato  
 Fig. 44b. Changes of air temperature in Basel in the 1755-1980 years – forecasts in years 1981-2100 – summer

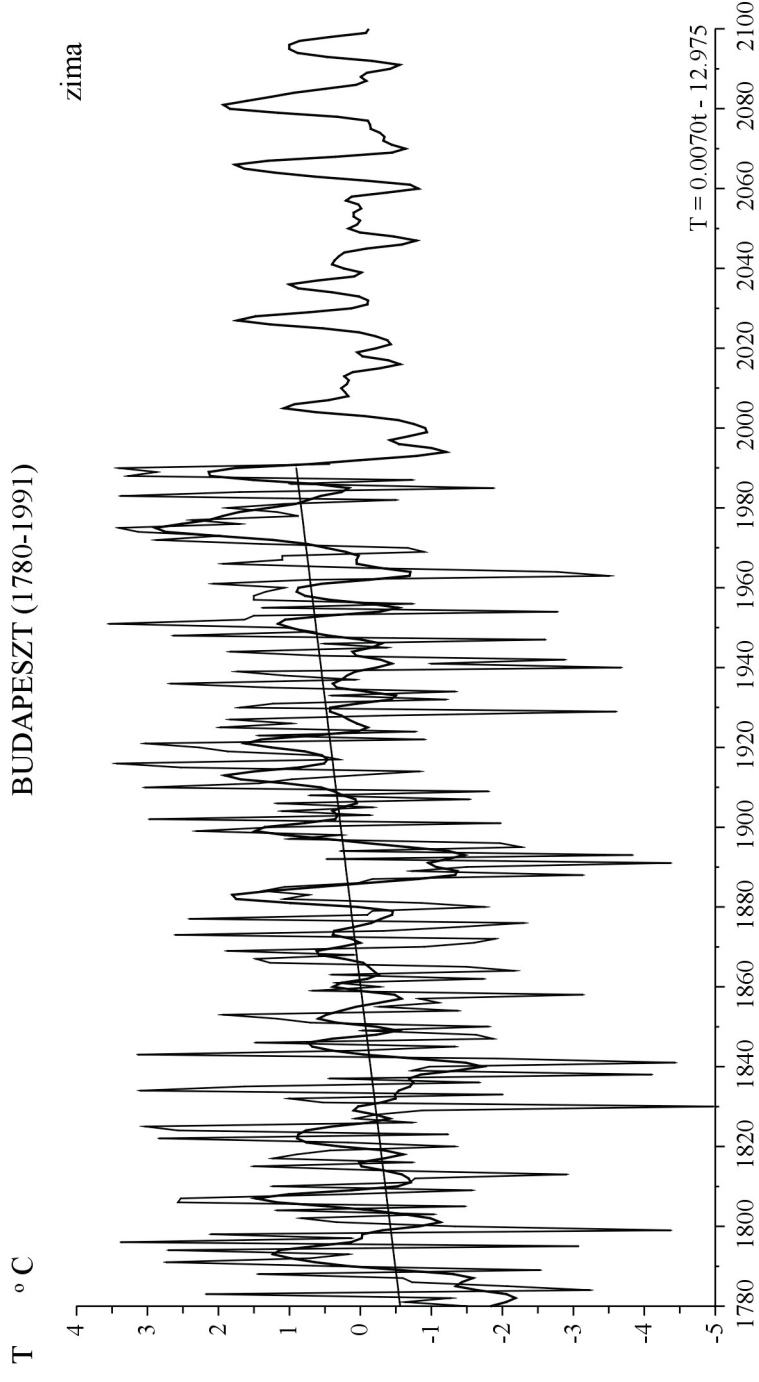


Rys. 45a. Zmiany temperatury powietrza w Berlinie w latach 1769-1990 – prognoza wiatlach 1991-2100 – zima  
 Fig. 45a. Changes of air temperature in Berlin in the 1769-1990 years – forecasts in years 1991-2100 – winter

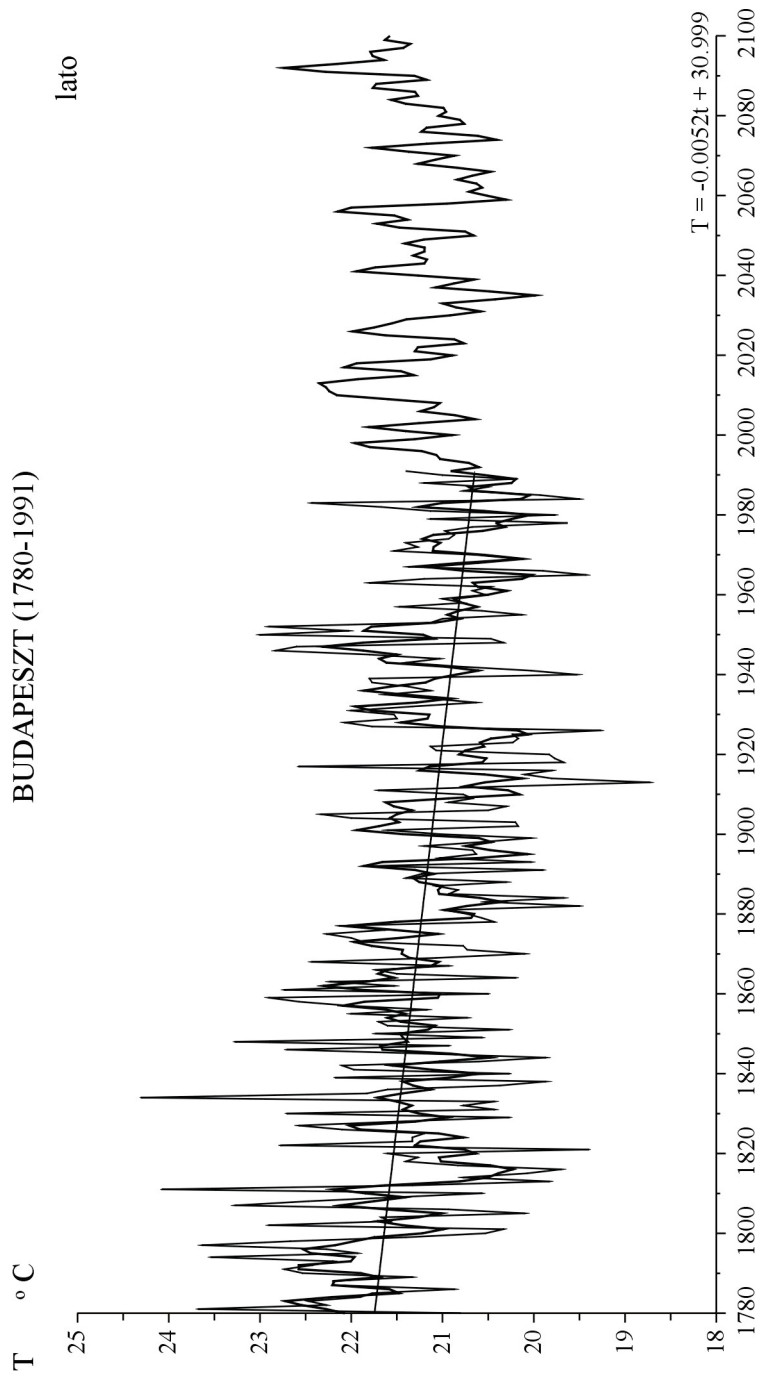




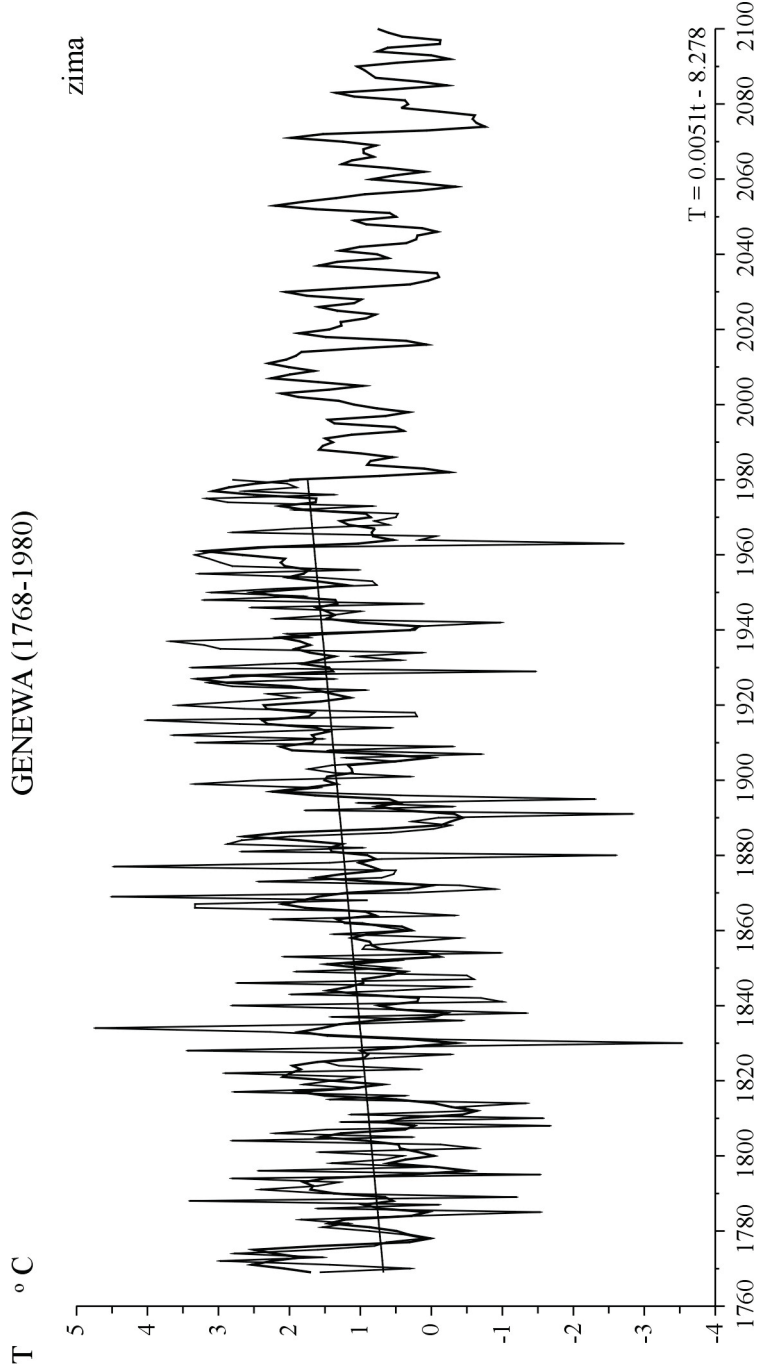
Rys. 45b. Zmiany temperatury powietrza w Berlinie w latach 1769-1990 – prognoza wiatkach 1991-2100 – lato  
 Fig. 45b. Changes of air temperature in Berlin in the 1769-1990 years – forecasts in years 1991-2100 – summer



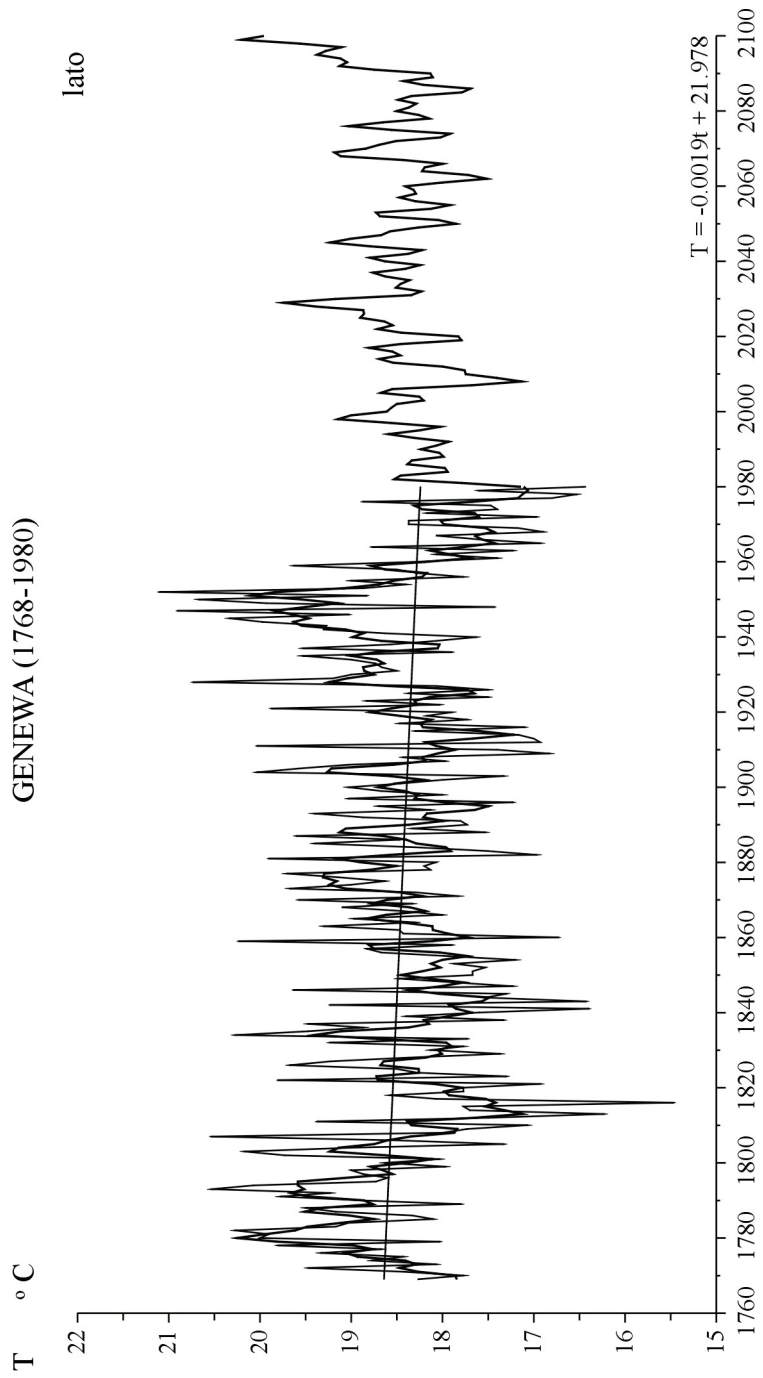
Rys. 46a. Zmiany temperatury powietrza w Budapeszcie w latach 1780-1991 – prognoza wiatkach 1992-2100 – zima  
 Fig. 46a. Changes of air temperature in Budapest in the 1780-1990 years – forecasts in years 1992-2100 – winter



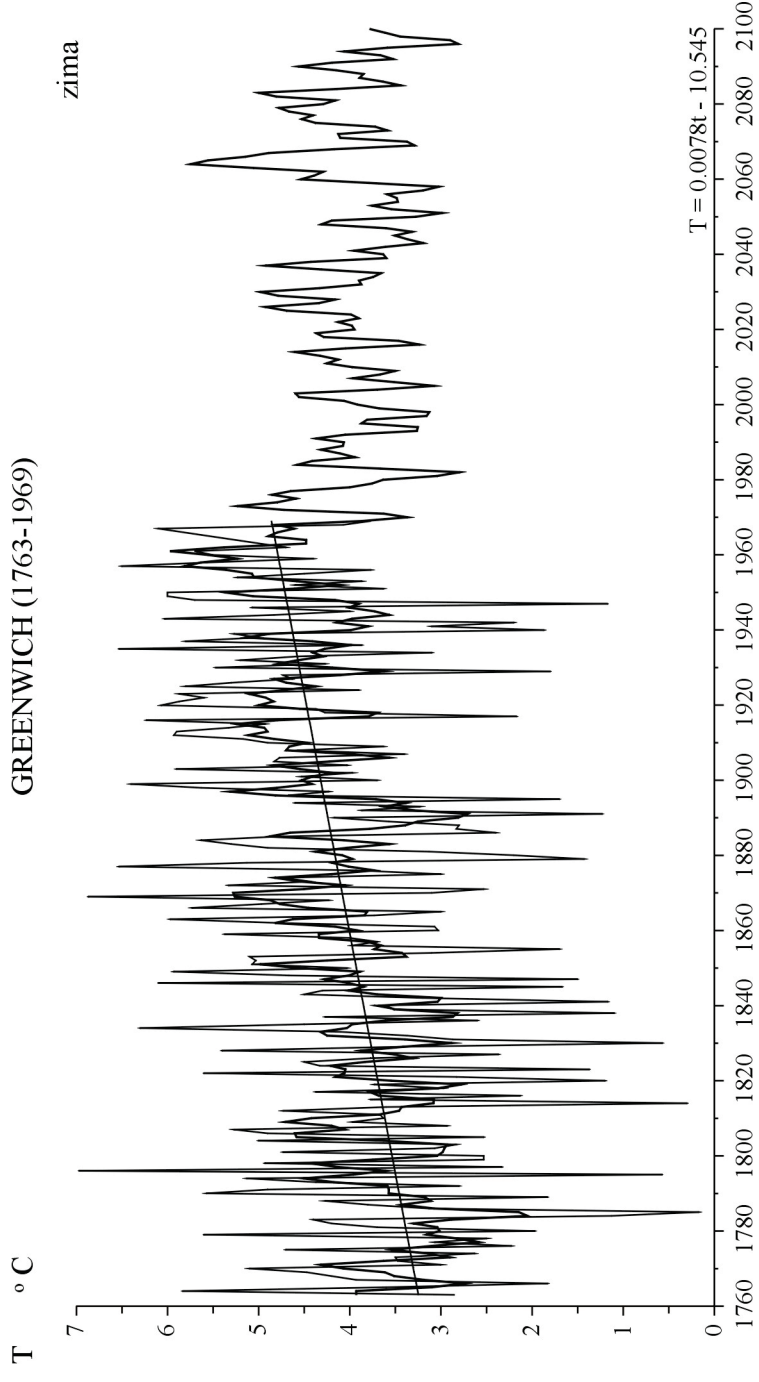
Rys. 46b. Zmiany temperatury powietrza w Budapeszcie w latach 1780-1991 – prognoza wiatkach 1992-2100 – lato  
 Fig. 46b. Changes of air temperature in Budapest in the 1780-1990 years – forecasts in years 1992-2100 – summer



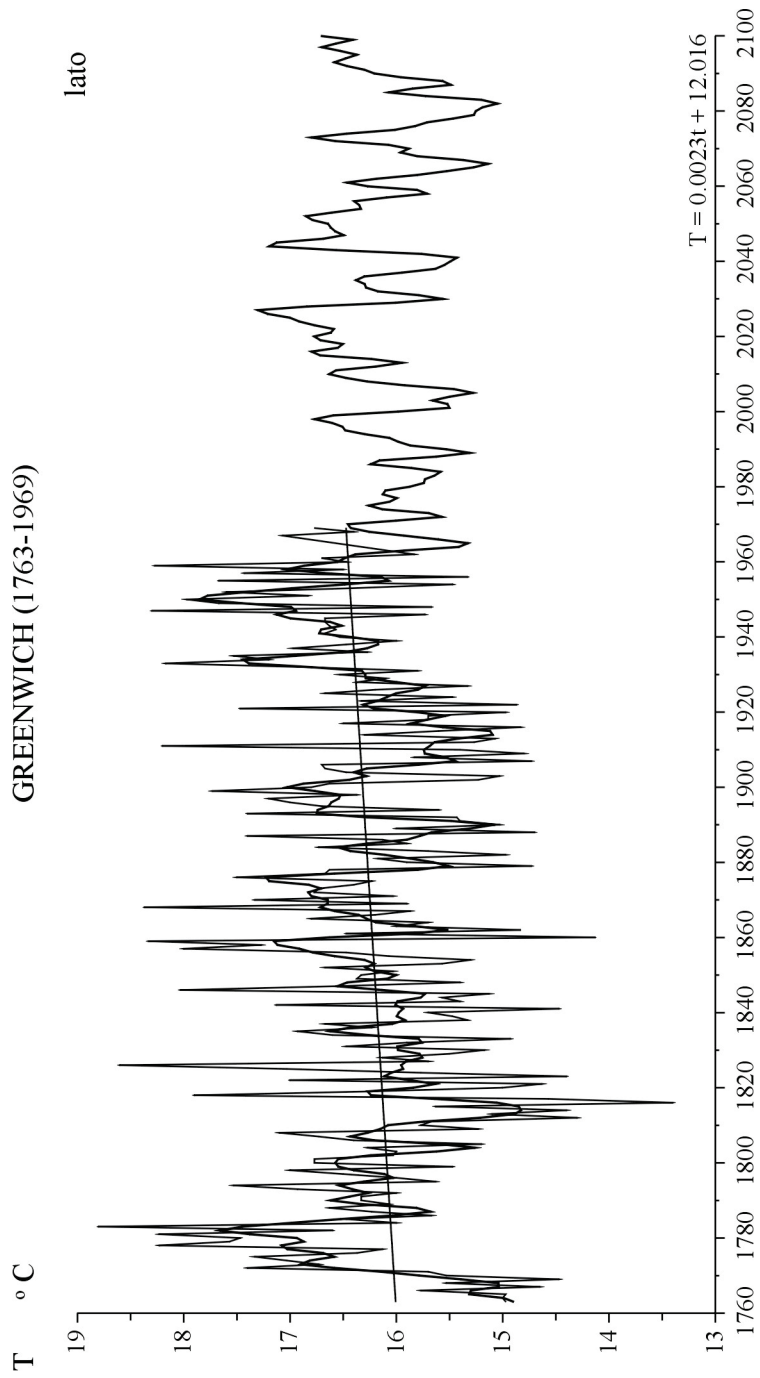
Rys. 47a. Zmiany temperatury powietrza w Genewie w latach 1768-1980 – prognoza wiatlach 1981-2100 – zima  
 Fig. 47a. Changes of air temperature in Geneva in the 1768-1980 years – forecasts in years 1981-2100 – winter



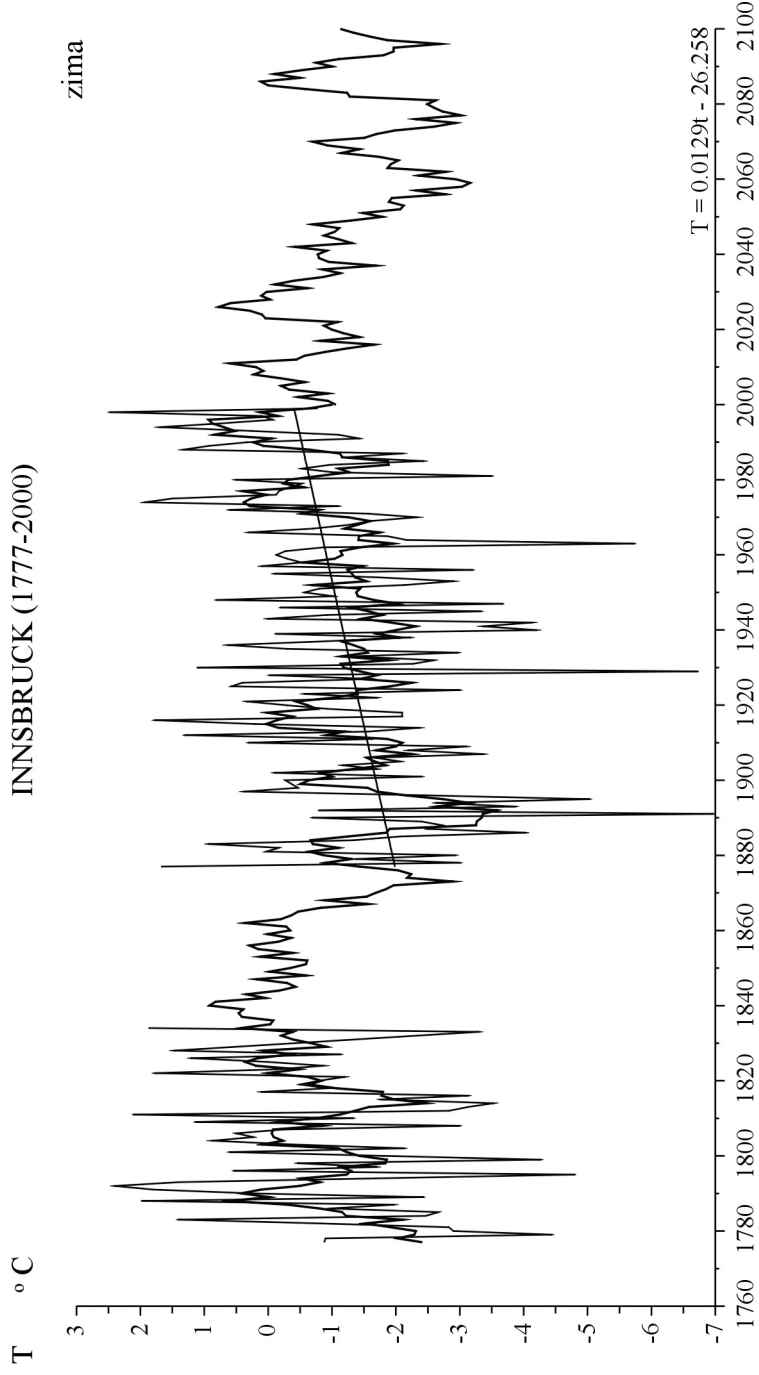
Rys. 47b. Zmiany temperatury powietrza w Genewie w latach 1768-1980 – prognoza wiatkach 1981-2100 – lato  
 Fig. 47b. Changes of air temperature in Geneva in the 1768-1980 years – forecasts in years 1981-2100 – summer



Rys. 48a. Zmiany temperatury powietrza w Greenwich w latach 1763-1969 – prognoza wiatkach 1970-2100 – zima  
 Fig. 48a. Changes of air temperature in Greenwich in the 1763-1969 years – forecasts in years 1970-2100 – winter

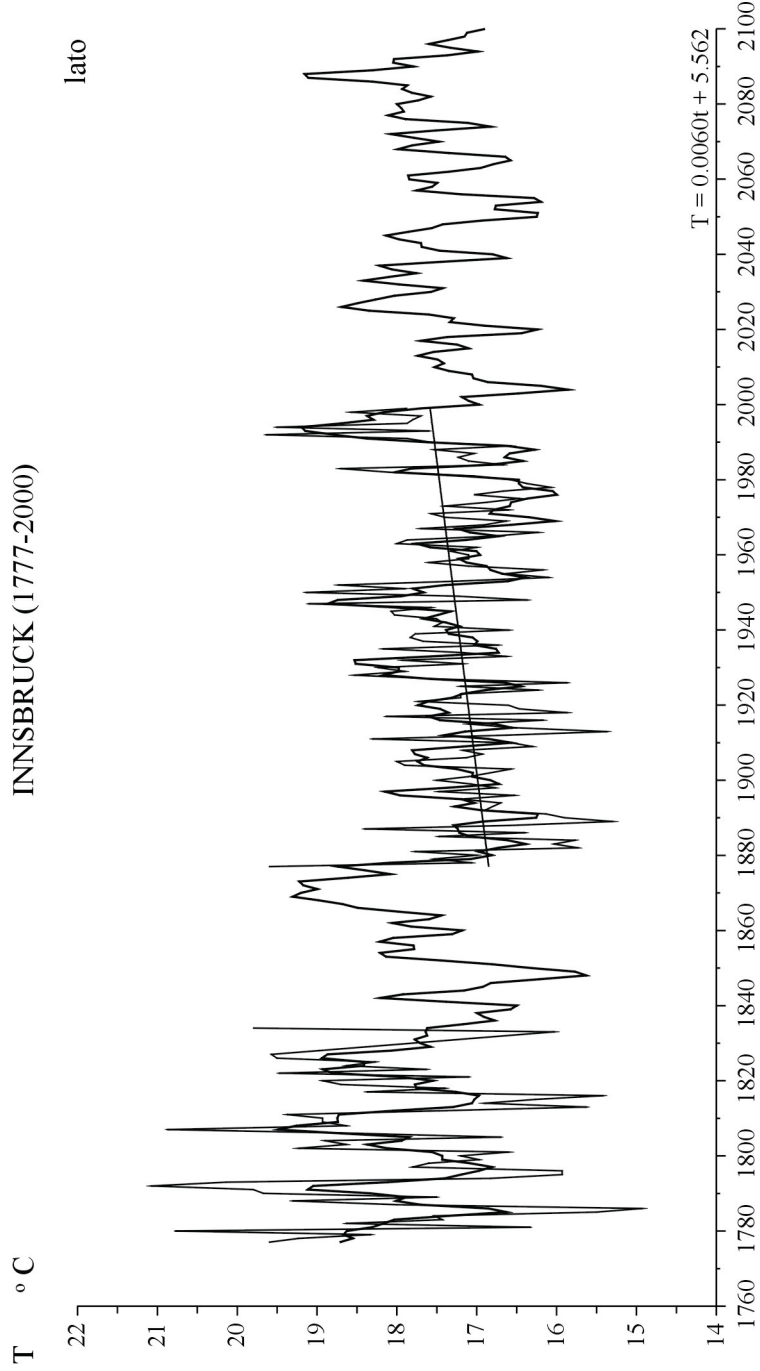


Rys. 48b. Zmiany temperatury powietrza w Greenwich w latach 1763-1969 – prognoza wiatkach 1970-2100 – lato  
 Fig. 48b. Changes of air temperature in Greenwich in the 1763-1969 years – forecasts in years 1970-2100 – summer

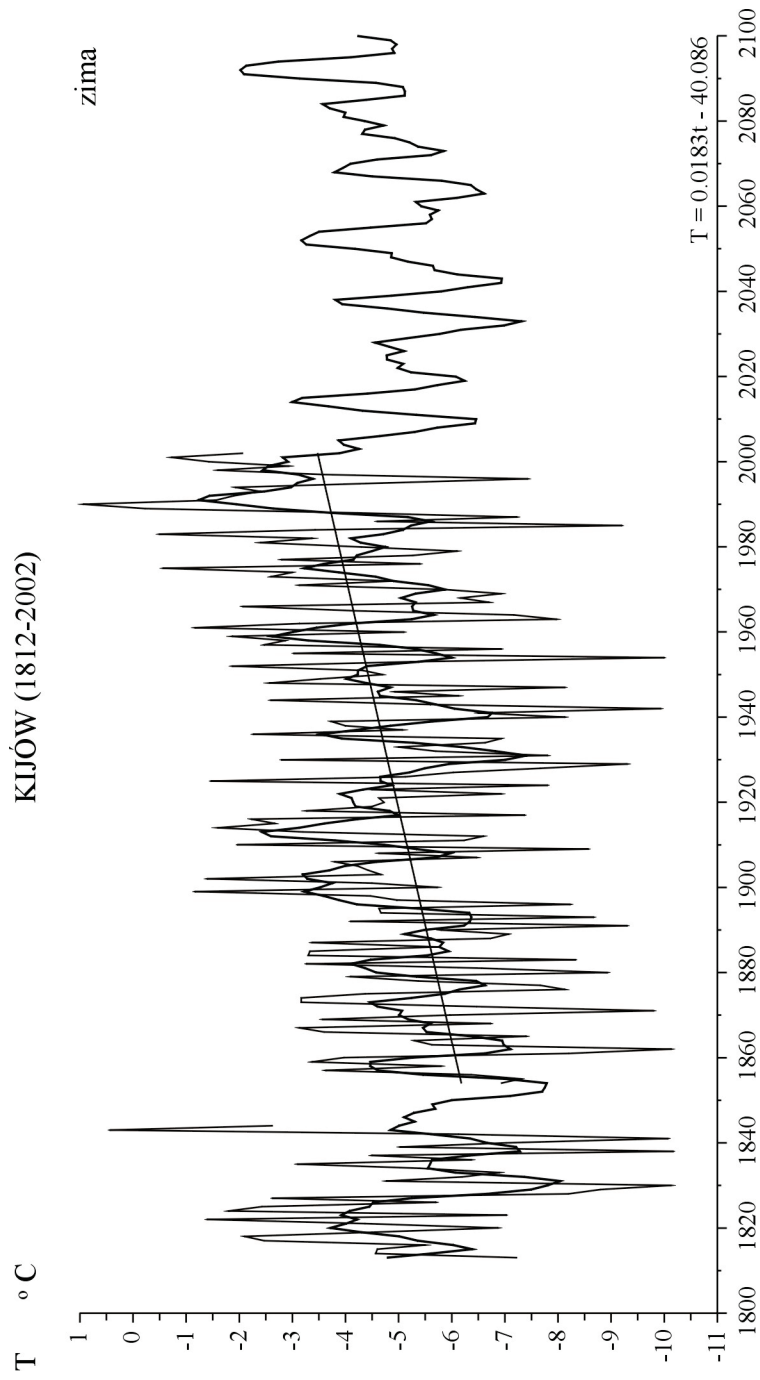


Rys. 449a. Zmiany temperatury powietrza w Innsbrucku w latach 1777-2000 – prognoza wiatlach 2001-2100 – zima  
 Fig. 49a. Changes of air temperature in Innsbruck in the 1777-2000 years – forecasts in years 2001-2100 – winter

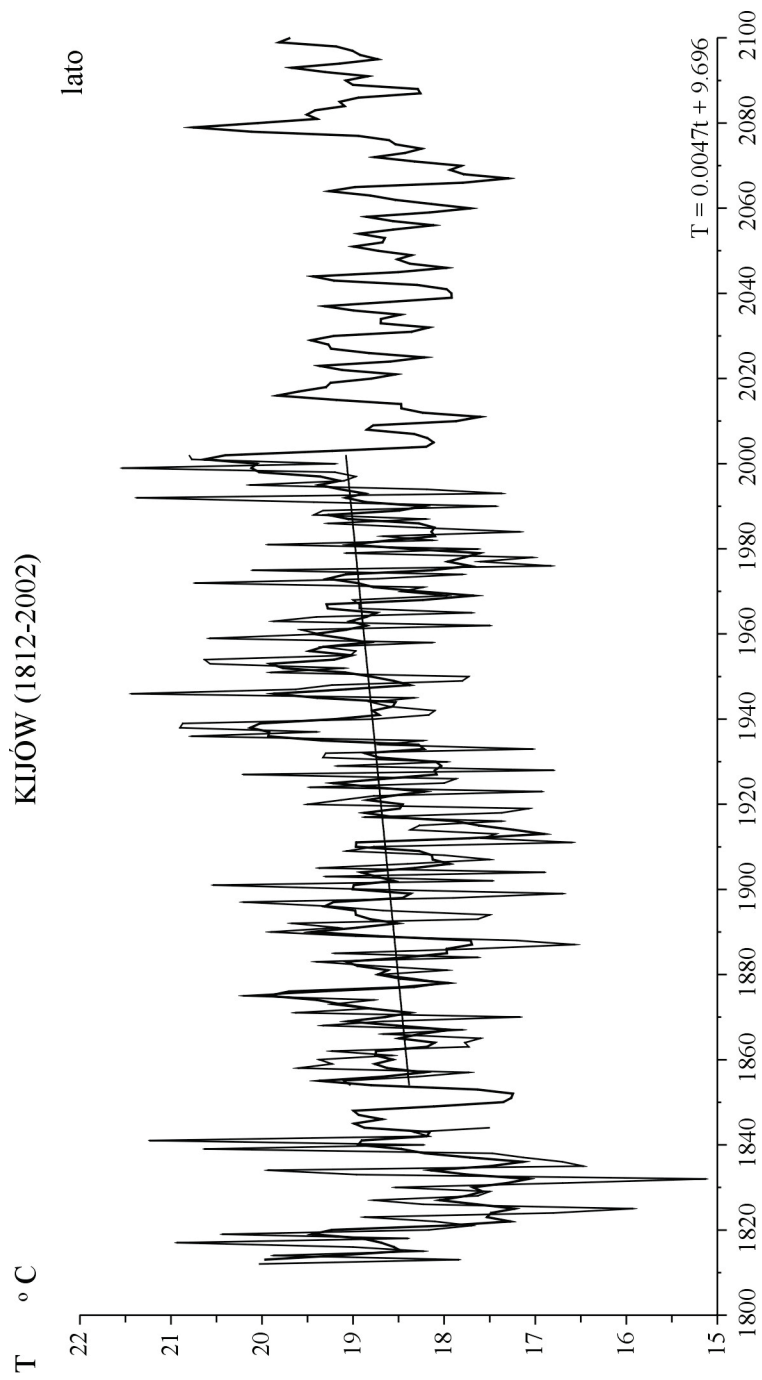




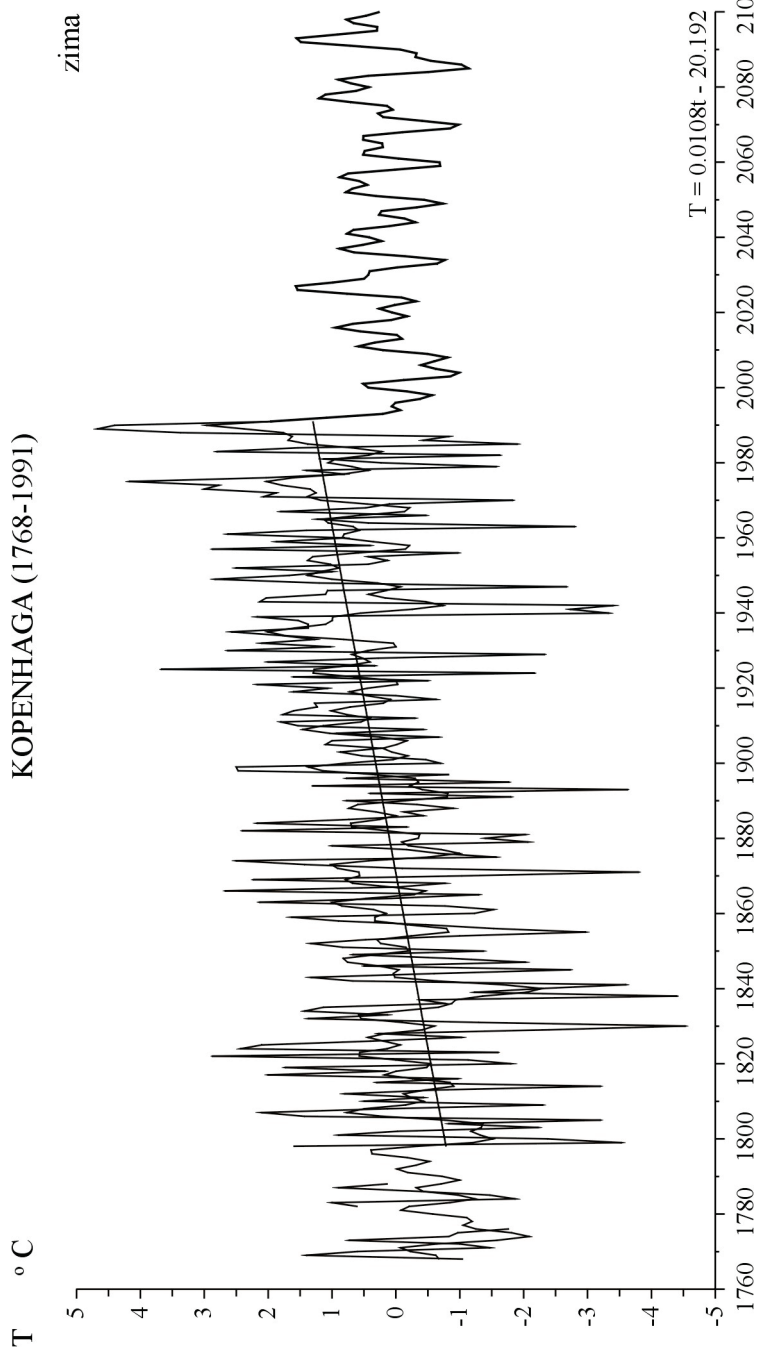
Rys. 49b. Zmiany temperatury powietrza w Innsbrucku w latach 1777-2000 – prognoza wiatkach 2001-2100 – lato  
 Fig. 49b. Changes of air temperature in Innsbruck in the 1777-2000 years – forecasts in years 2001-2100 – summer



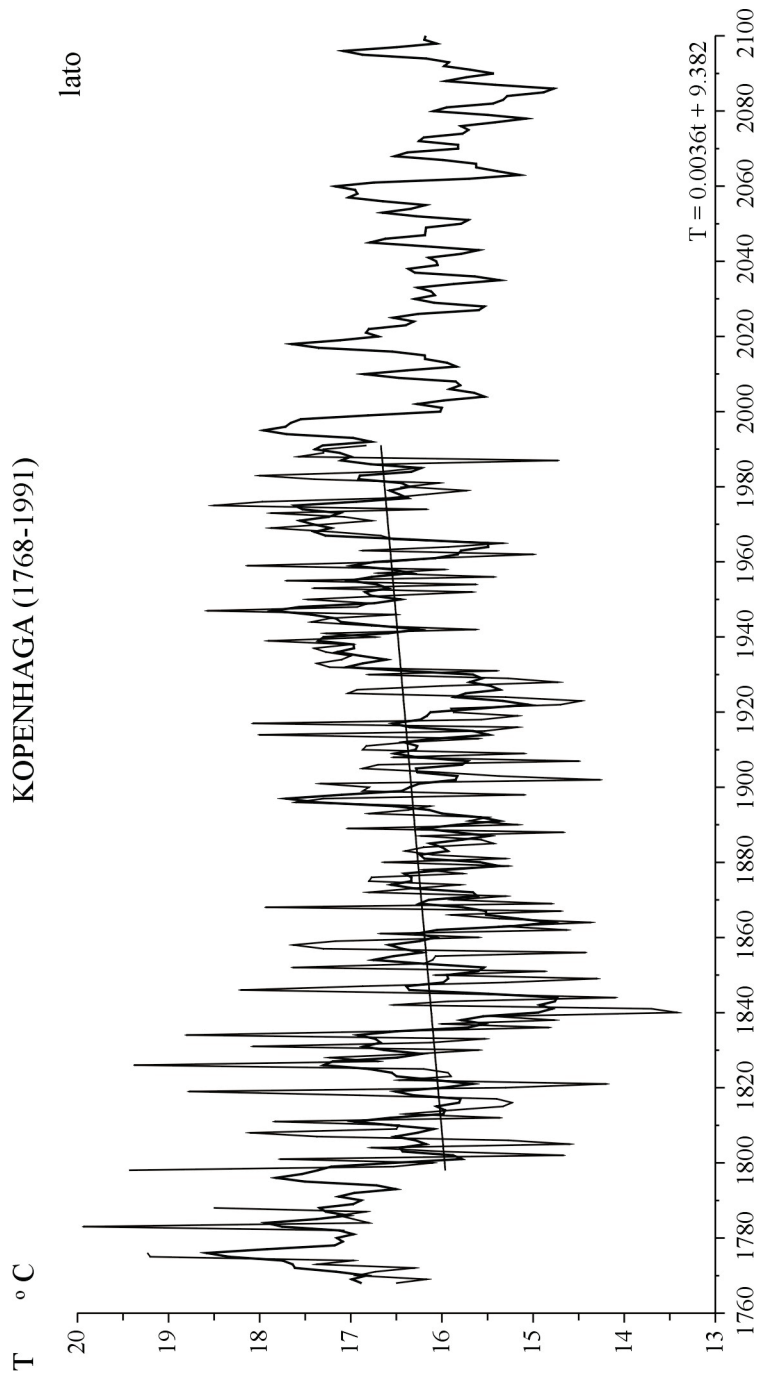
Rys. 50a. Zmiany temperatury powietrza w Kijowie w latach 1812-2002 – prognoza wiatych 2003-2100 – zima  
Fig. 50a. Changes of air temperature in Kijow in the 1812-2002 years – forecasts in years 2003-2100 – winter



Rys. 50b. Zmiany temperatury powietrza w Kijowie w latach 1812-2002 – prognoza wiatkach 2003-2100 – lato  
 Fig. 50b. Changes of air temperature in Kijow in the 1812-2002 years – forecasts in years 2003-2100 – summer



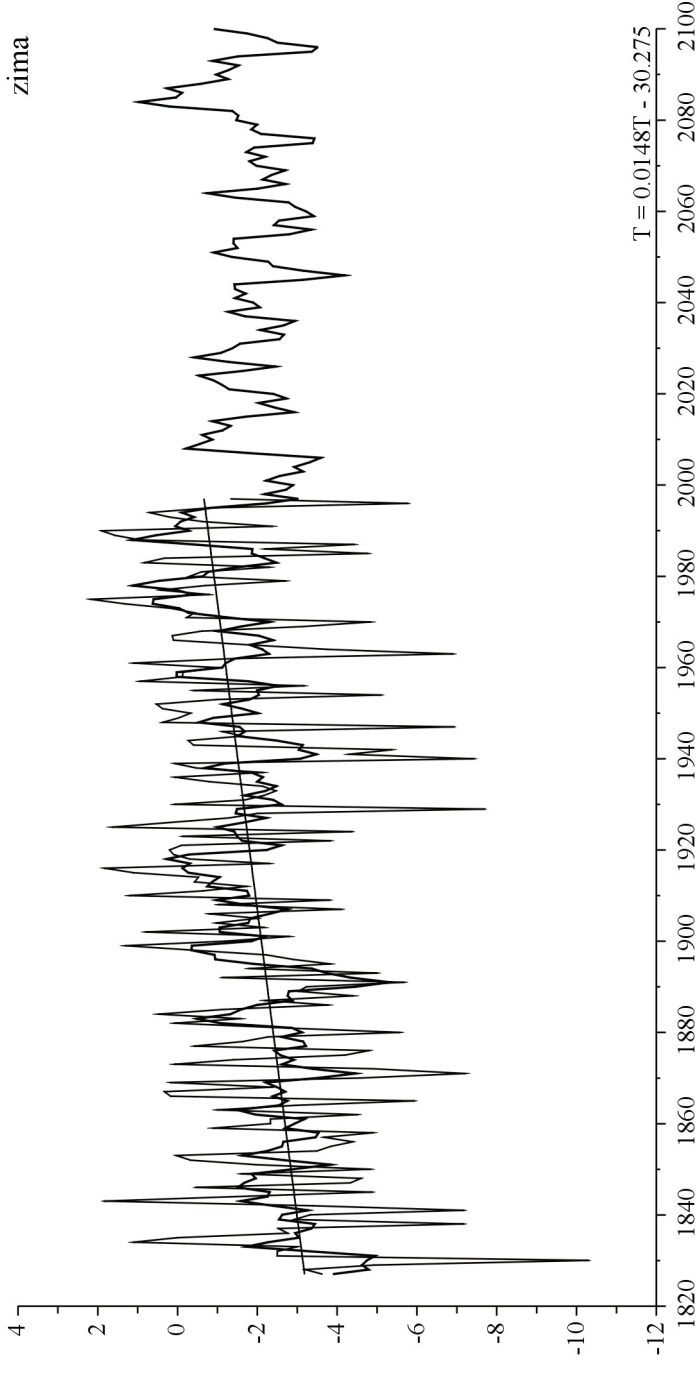
Rys. 51a. Zmiany temperatury powietrza w Kopenhadze w latach 1768-1991 – prognoza wiatkach 1992-2100 – zima  
 Fig. 51a. Changes of air temperature in Kopenhaga in the 1768-1991 years – forecasts in years 1992-2100 – winter



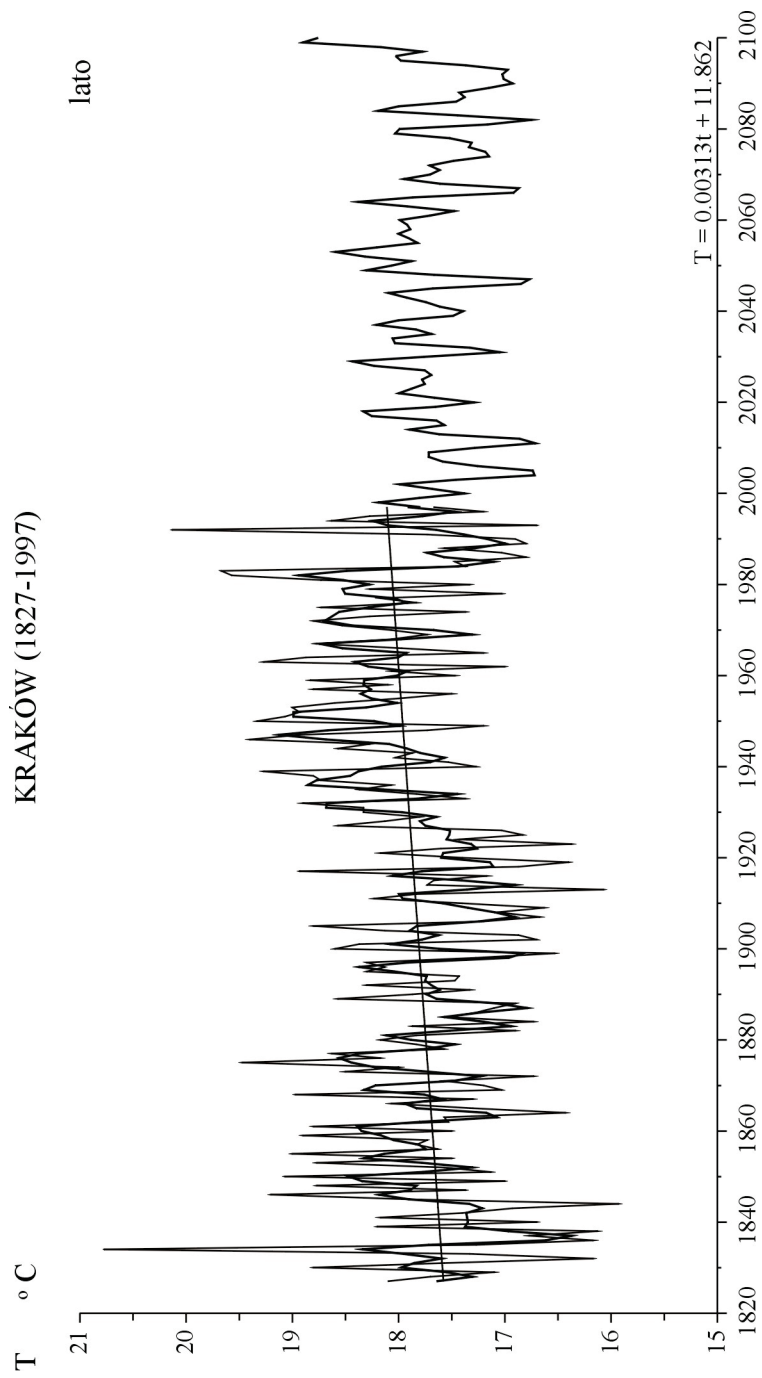
Rys. 51b. Zmiany temperatury powietrza w Kopenhadze w latach 1768-1991 – prognoza wiatkach 1992-2100 – lato  
 Fig. 51b. Changes of air temperature in Kopenhaga in the 1768-1991 years – forecasts in years 1992-2100 – summer

KRAKÓW (1827-1997)

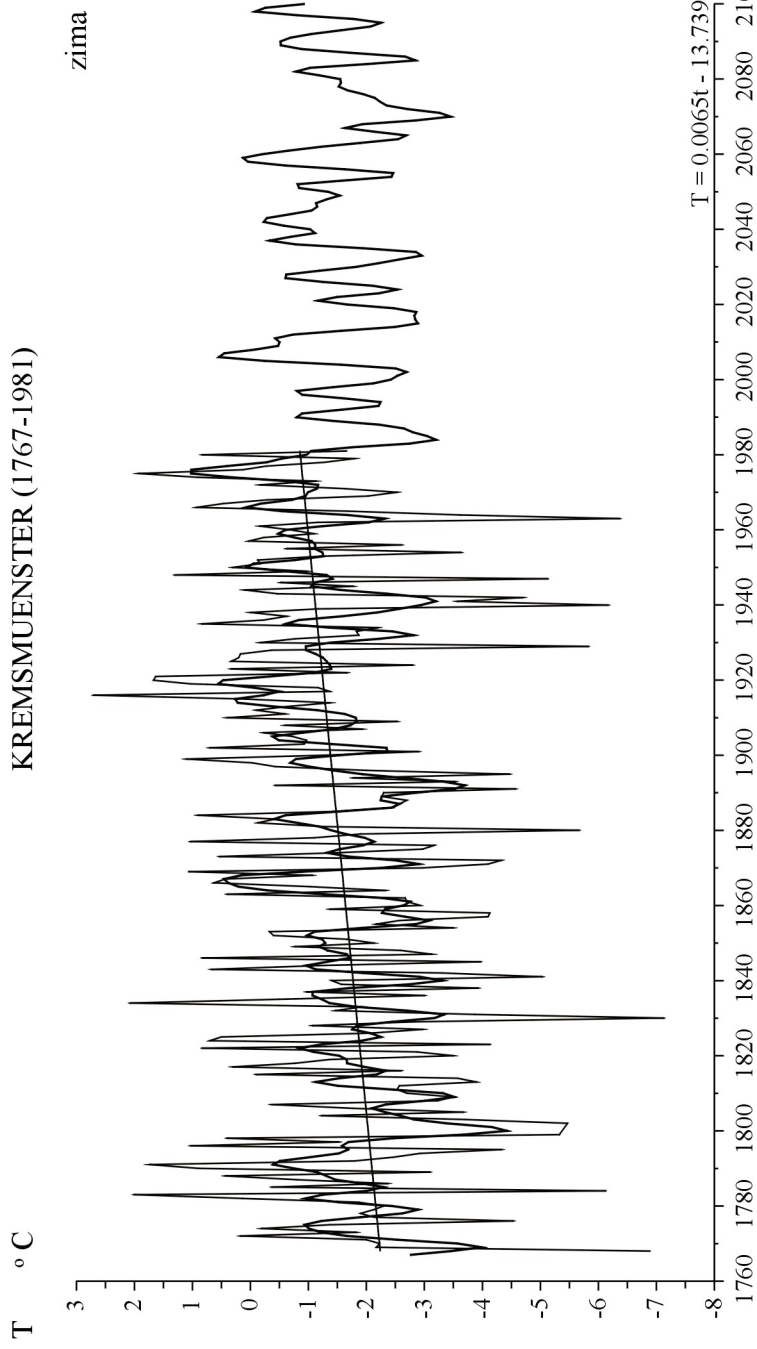
T °C



Rys. 52a. Zmiany temperatury powietrza w Krakowie w latach 1827-1997 – prognoza wiatkach 1998-2100 – zima  
Fig. 52a. Changes of air temperature in Krakow in the 1827-1997 years – forecasts in years 1998-2100 – winter

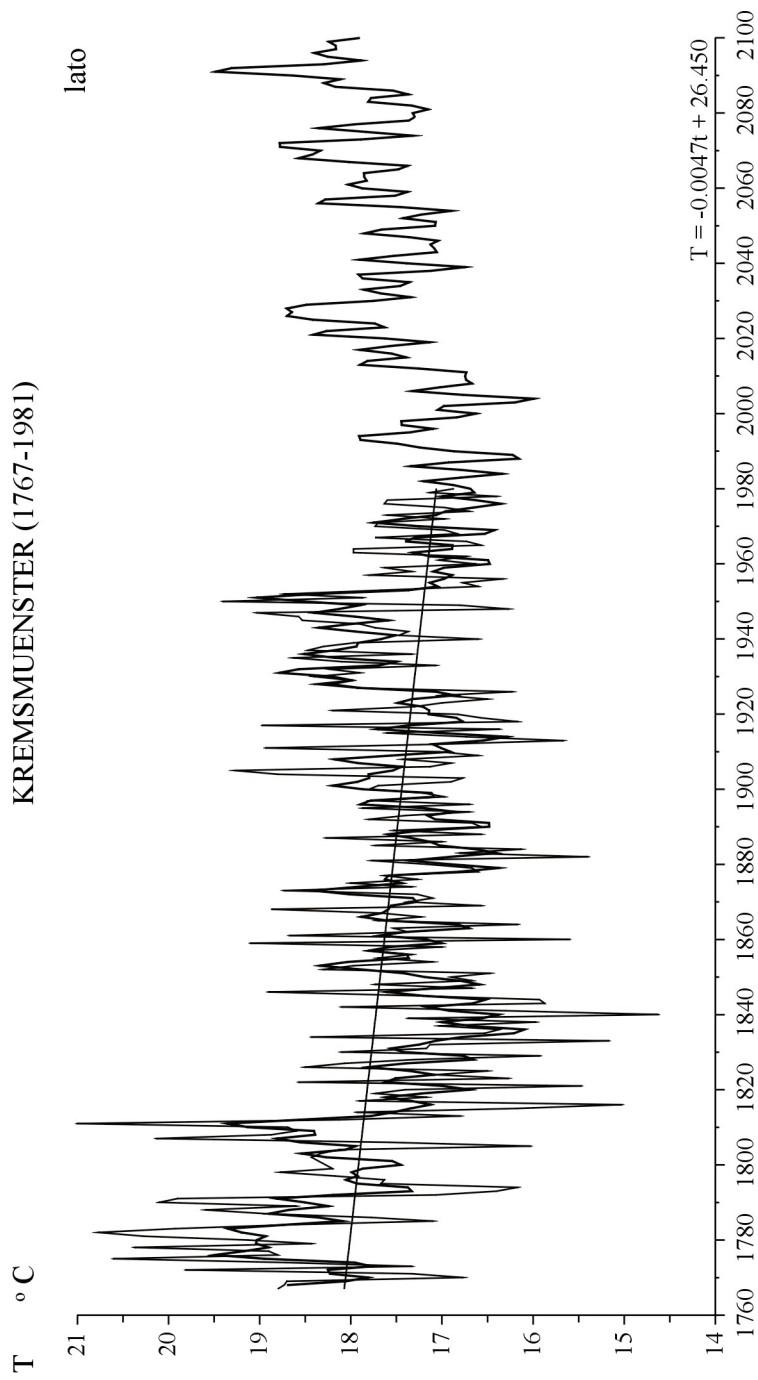


Rys. 52b. Zmiany temperatury powietrza w Krakowie w latach 1827-1997 – prognoza wiatych 1998-2100 – lato  
 Fig. 52b. Changes of air temperature in Krakow in the 1827-1997 years – forecasts in years 1998-2100 – summer

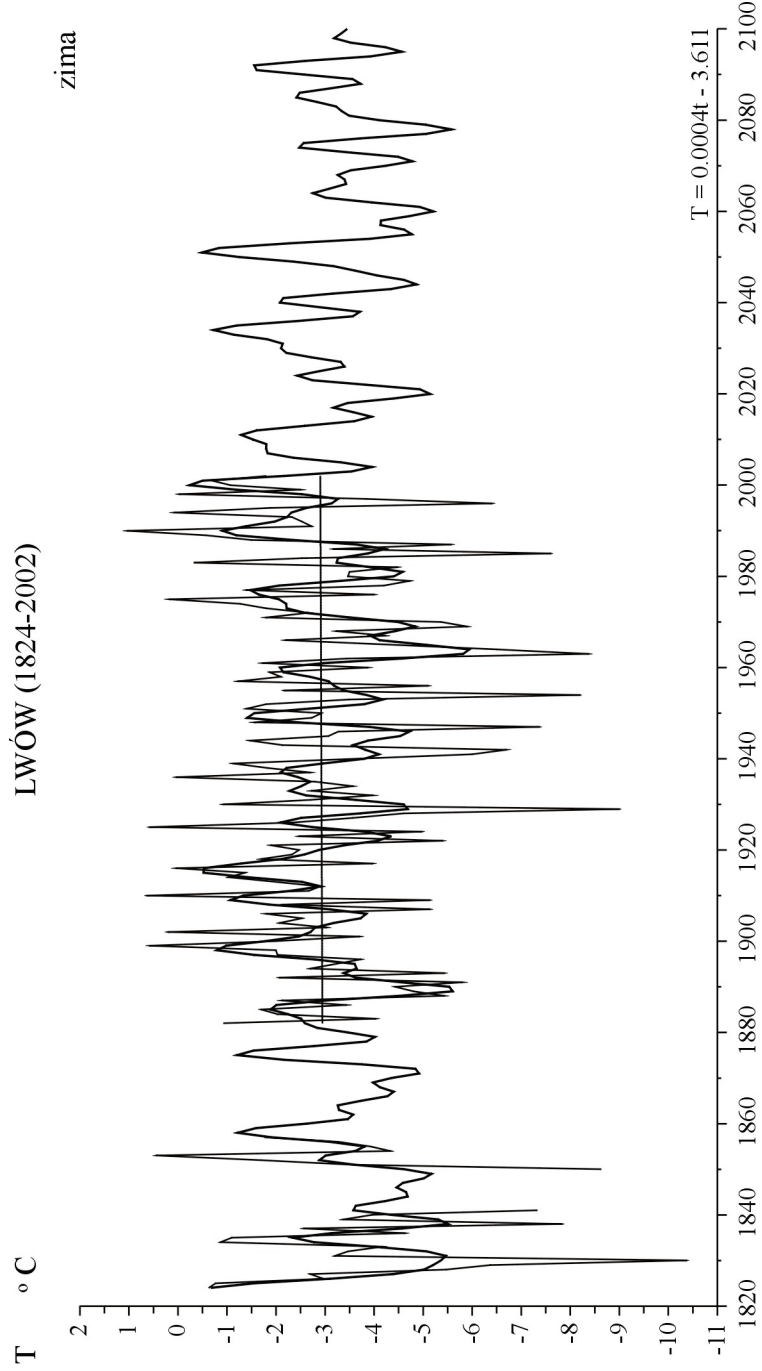


Rys. 53a. Zmiany temperatury powietrza w Krakowie w latach 1827-1997 – prognoza wiatkach 1998-2100 – lato  
 Fig. 53a. Changes of air temperature in Krakow in the 1827-1997 years – forecasts in years 1998-2100 – summer

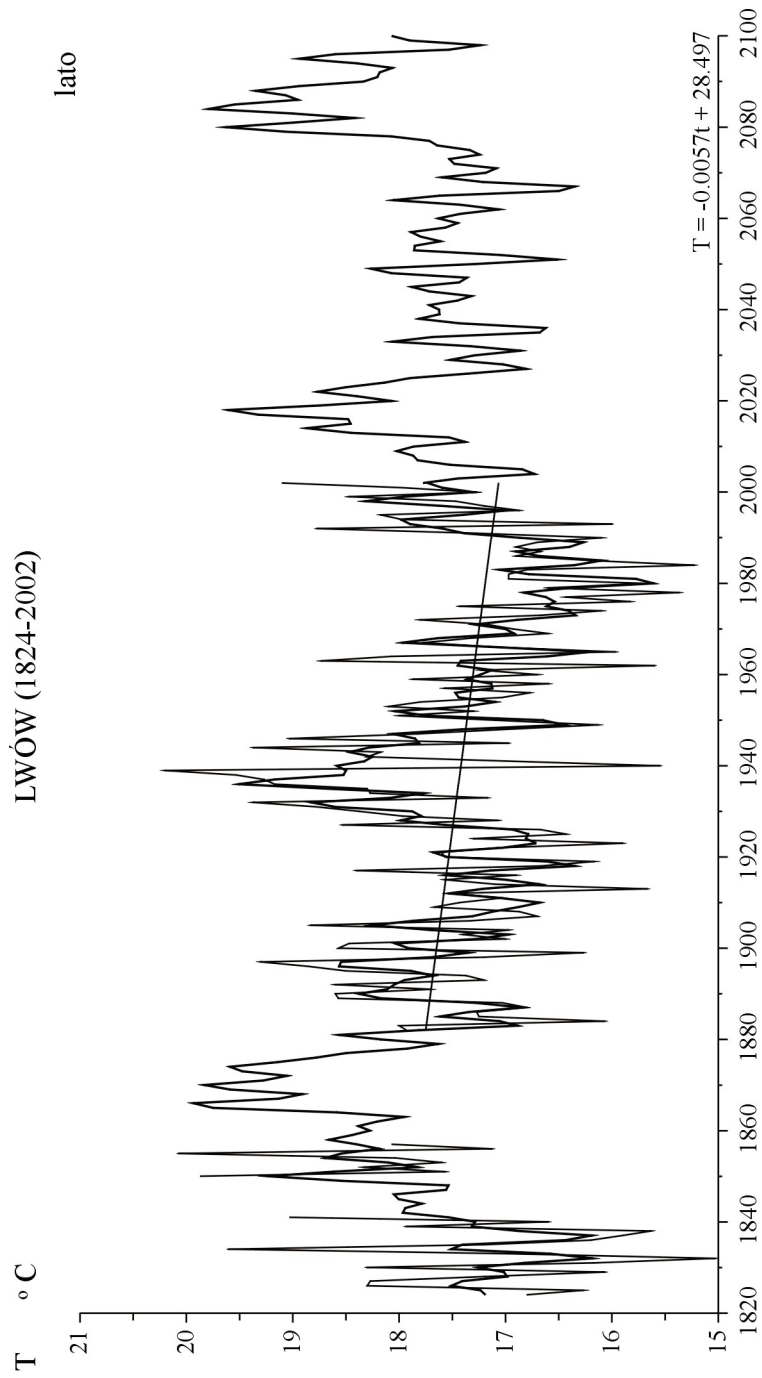




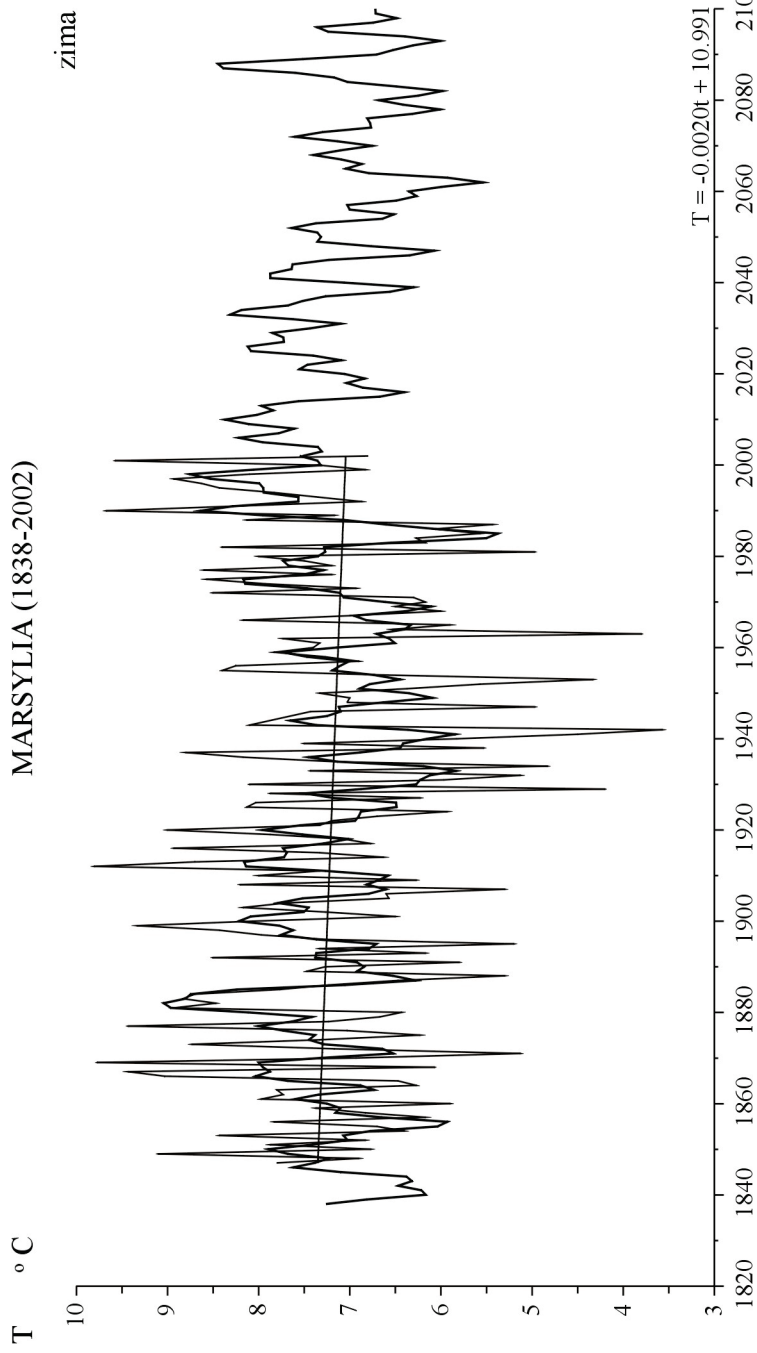
Rys. 53b. Zmiany temperatury powietrza w Kremsmuenster w latach 1767-1981 – prognoza wiatkach 1982-2100 – lato  
 Fig. 53b. Changes of air temperature in Kremsmuenster in the 1767-1981 years – forecasts in years 1982-2100 – summer



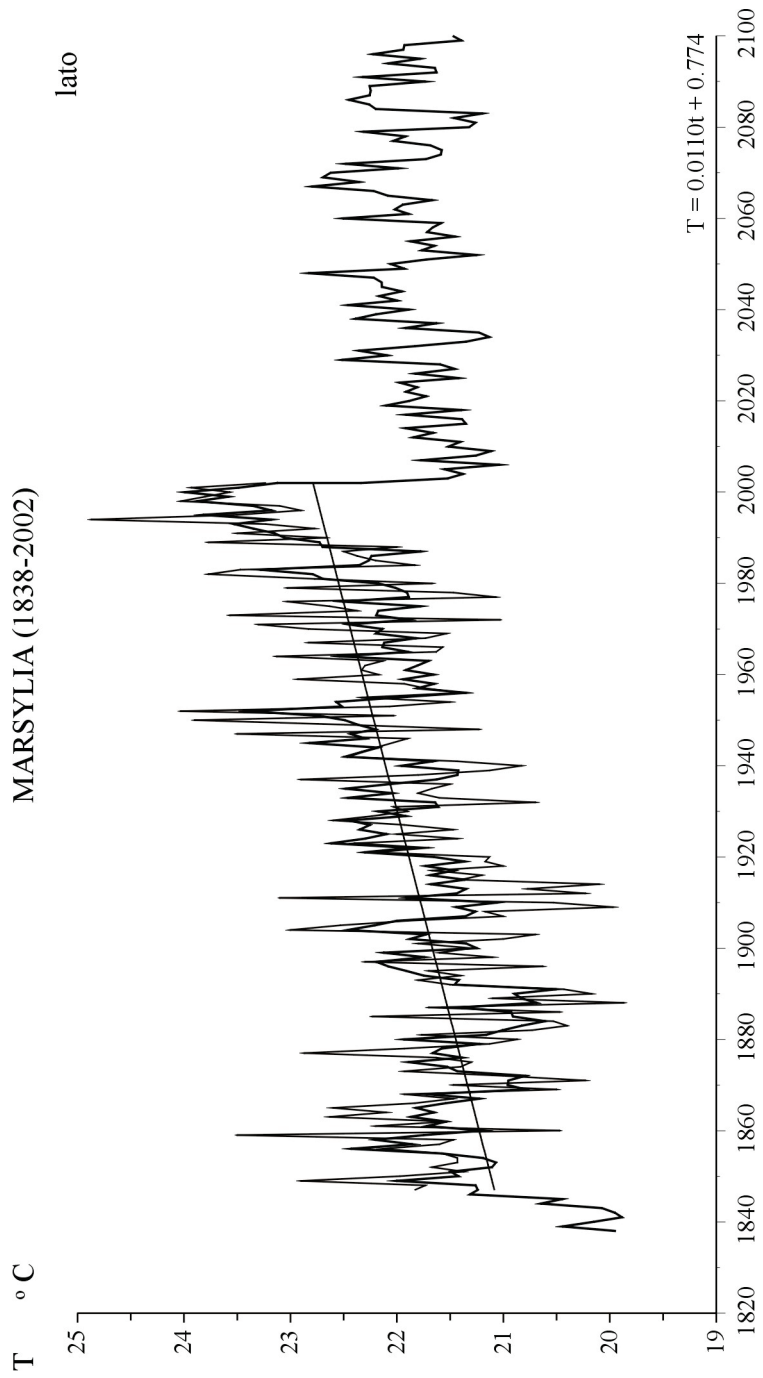
Rys. 54a. Zmiany temperatury powietrza we Lwowie w latach 1824-2002 – prognoza wiatkach 2003-2100 – zima  
 Fig. 54a. Changes of air temperature in Lwów in the 1824-2002 years – forecasts in years 2003-2100 – winter



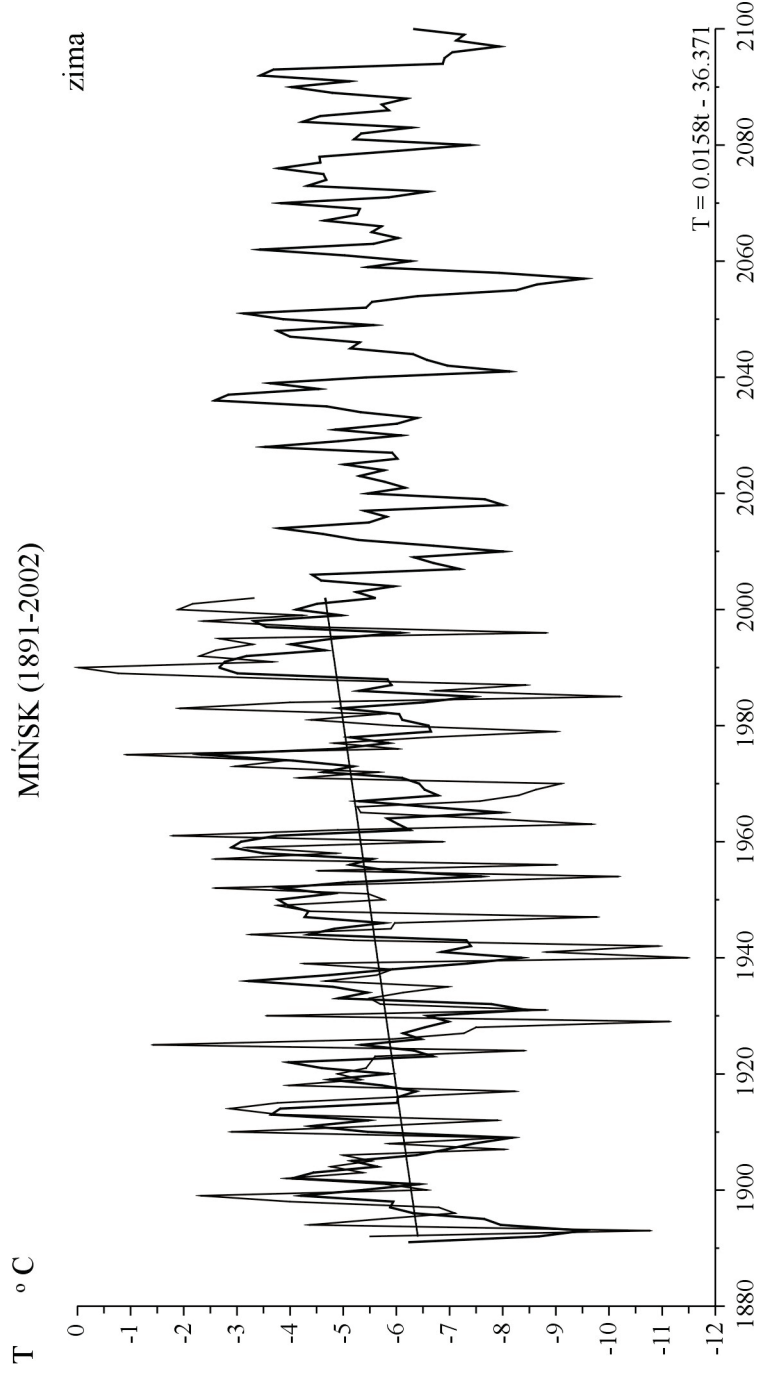
Rys. 54b. Zmiany temperatury powietrza we Lwowie w latach 1824-2002 – prognoza wiatkach 2003-2100 – lato  
 Fig. 54b. Changes of air temperature in Lwów in the 1824-2002 years – forecasts in years 2003-2100 – summer



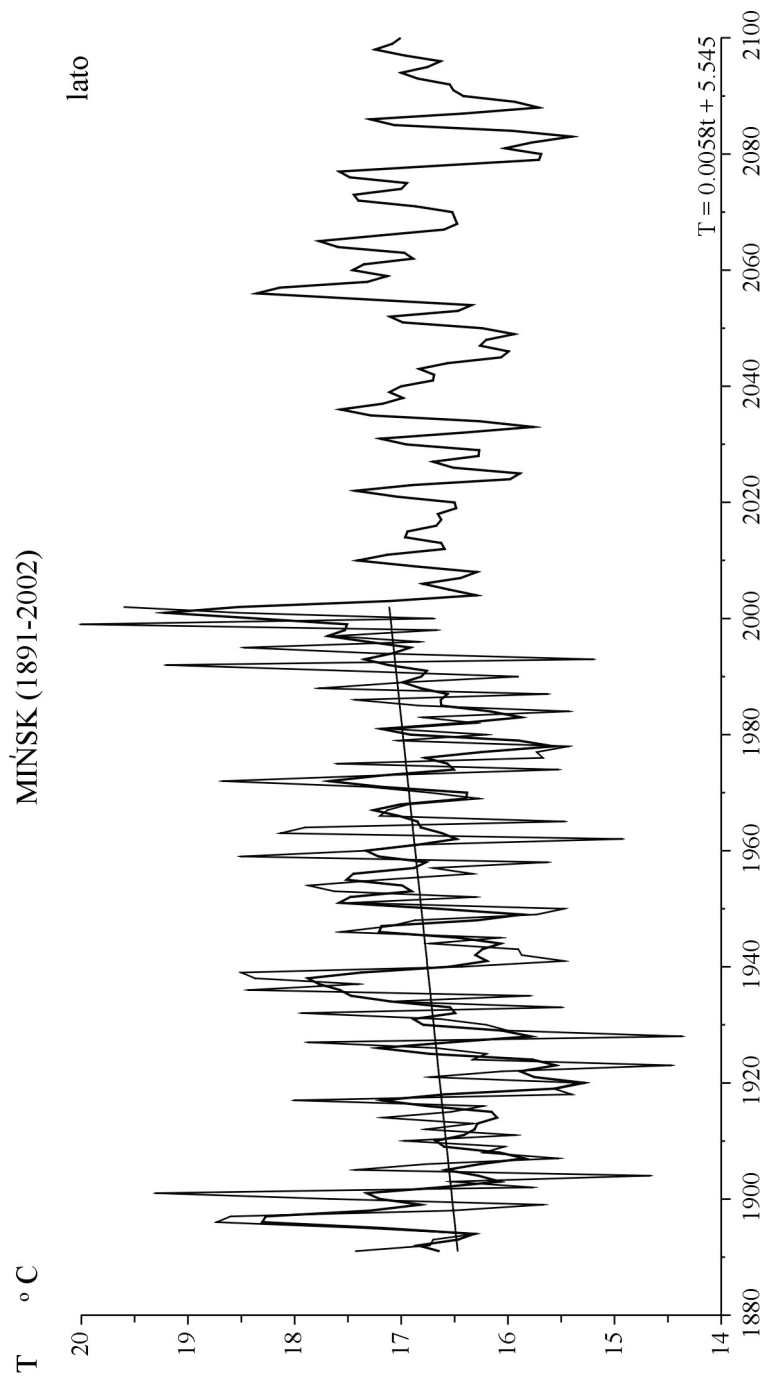
Rys. 55a. Zmiany temperatury powietrza w Marsylii w latach 1838-2002 – prognoza wiatkach 2003-2100 – zima  
 Fig. 55a. Changes of air temperature in Marsylia in the 1838-2002 years – forecasts in years 2003-2100 – winter



Rys. 55b. Zmiany temperatury powietrza w Marsylii w latach 1838-2002 – prognoza wiatkach 2003-2100 – lato  
 Fig. 55b. Changes of air temperature in Marsylia in the 1838-2002 years – forecasts in years 2003-2100 – summer



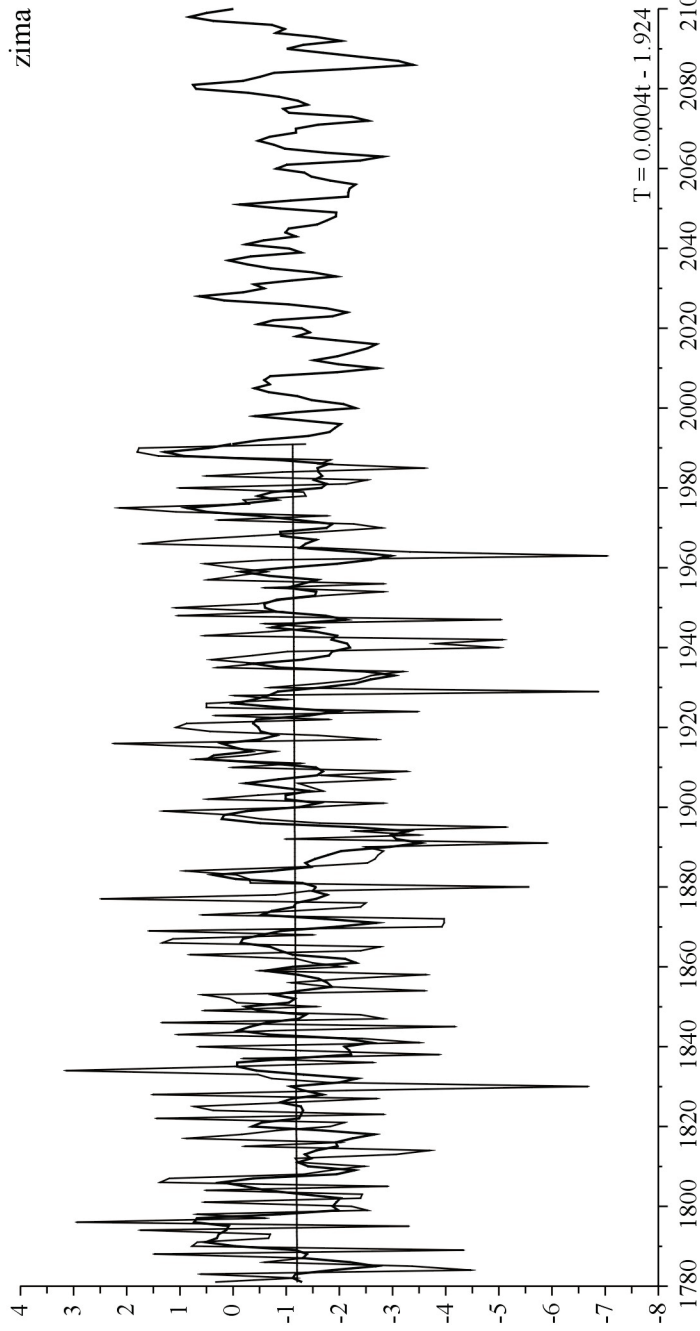
Rys. 56a. Zmiany temperatury powietrza w Mińsku w latach 1891-2002 – prognoza wiatkach 2003-2100 – zima  
 Fig. 56a. Changes of air temperature in Minsk in the 1891-2002 years – forecasts in years 2003-2100 – winter



Rys. 56b. Zmiany temperatury powietrza w Mińsku w latach 1891-2002 – prognoza wiatkach 2003-2100 – lato  
 Fig. 56b. Changes of air temperature in Minsk in the 1891-2002 years – forecasts in years 2003-2100 – summer

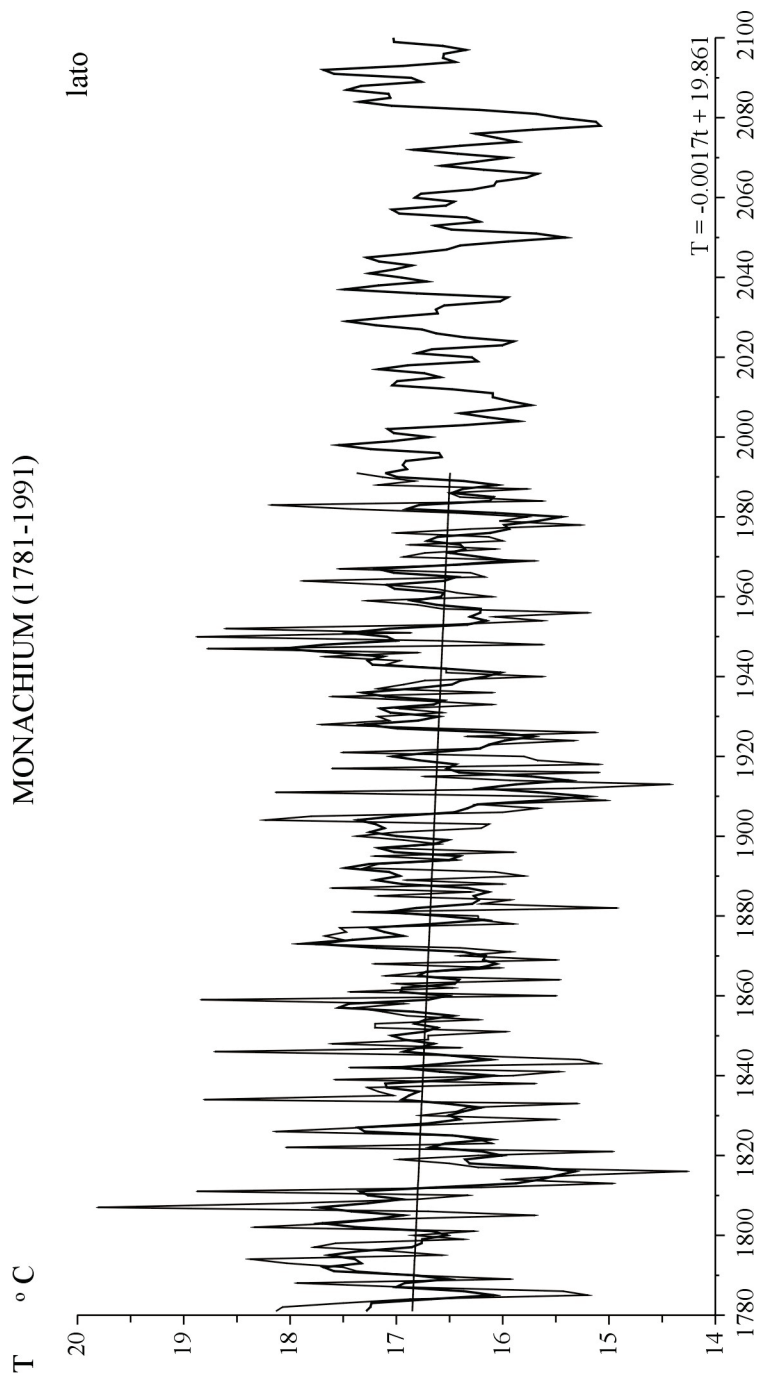
MONACHIUM (1781-1991)

T °C

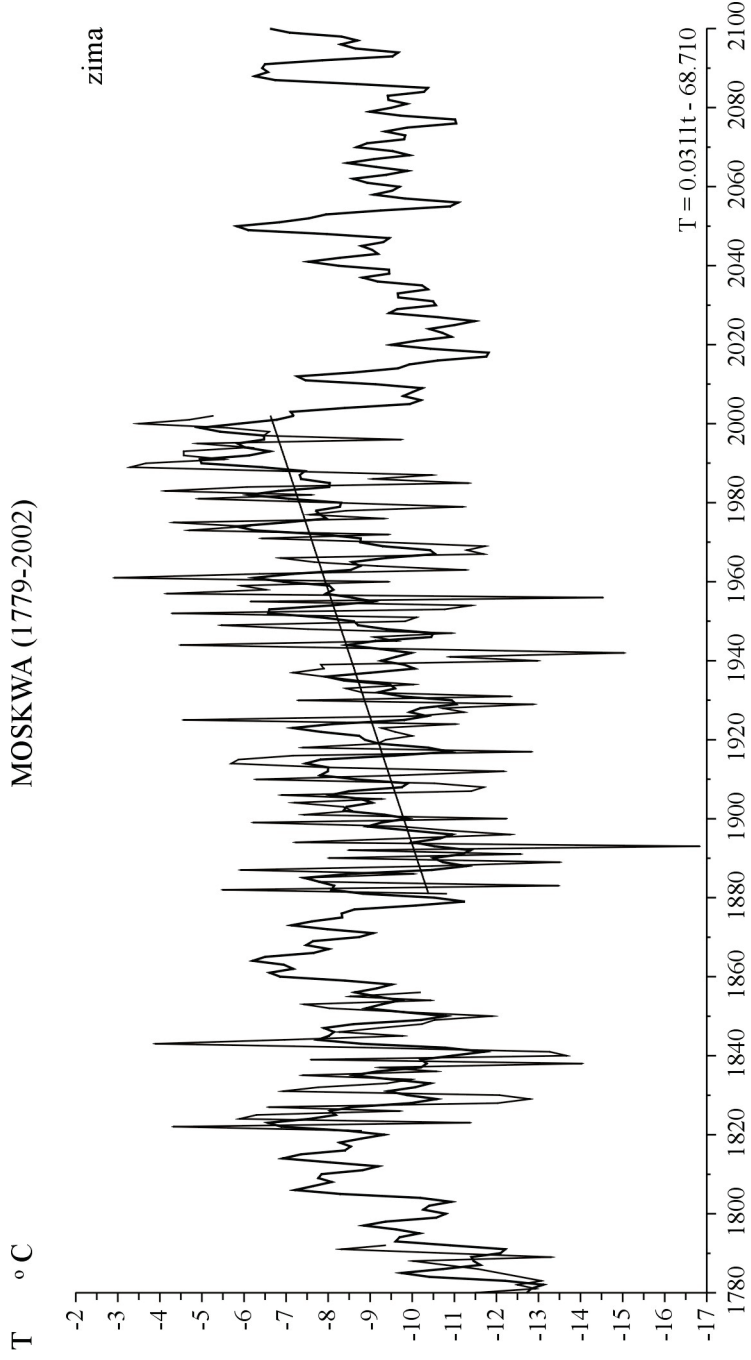


Rys. 57a. Zmiany temperatury powietrza w Monachium w latach 1781-1991 – prognoza wiatkach 1992-2100 – zima  
Fig. 57a. Changes of air temperature in Munich in the 1781-1991 years – forecasts in years 1992-2100 – winter

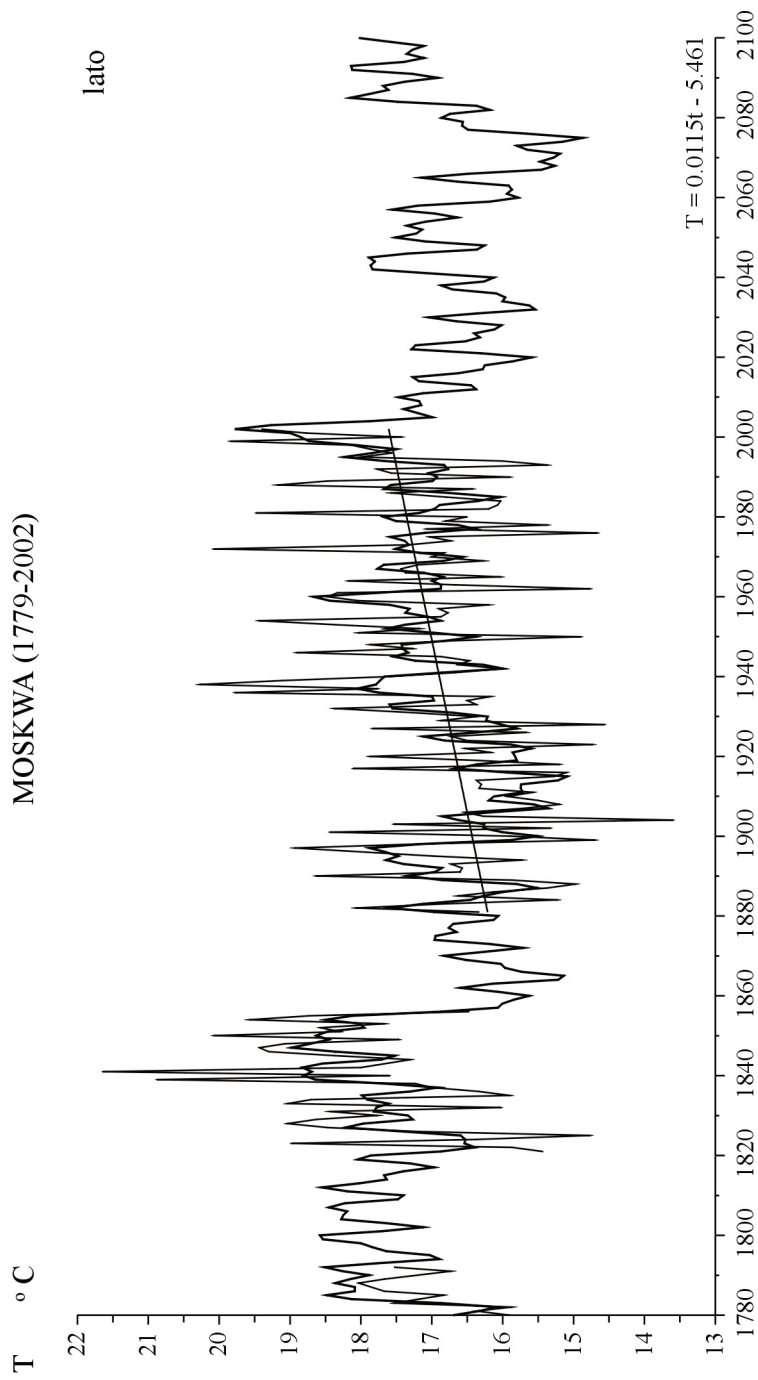




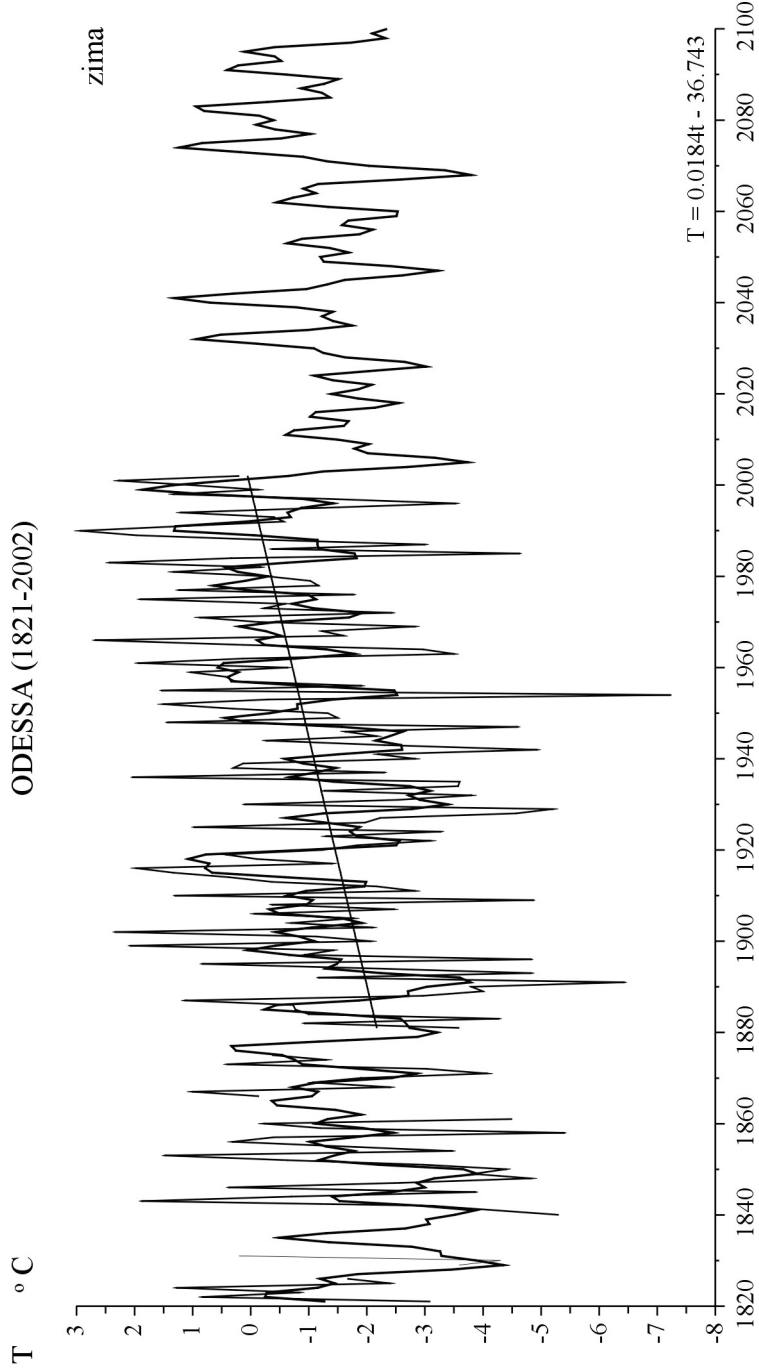
Rys. 57b. Zmiany temperatury powietrza w Monachium w latach 1781-1991 – prognoza wiatkach 1992-2100 – lato  
 Fig. 57b. Changes of air temperature in Munich in the 1781-1991 years – forecasts in years 1992-2100 – summer



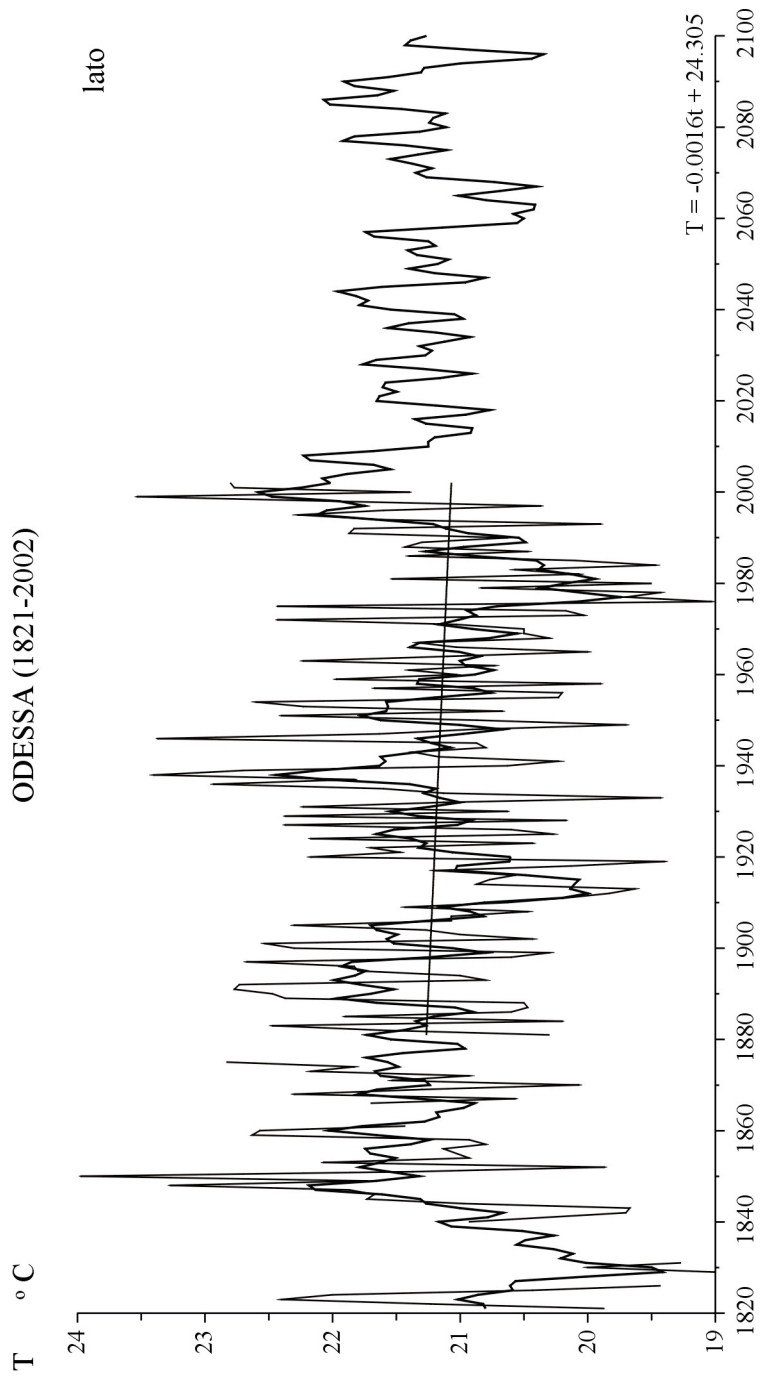
Rys. 58a. Zmiany temperatury powietrza w Moskwie w latach 1779-2002 – prognoza wiatkach 2003-2100 – zima  
 Fig. 58a. Changes of air temperature in Moscow in the 1779-2002 years – forecasts in years 2003-2100 – winter



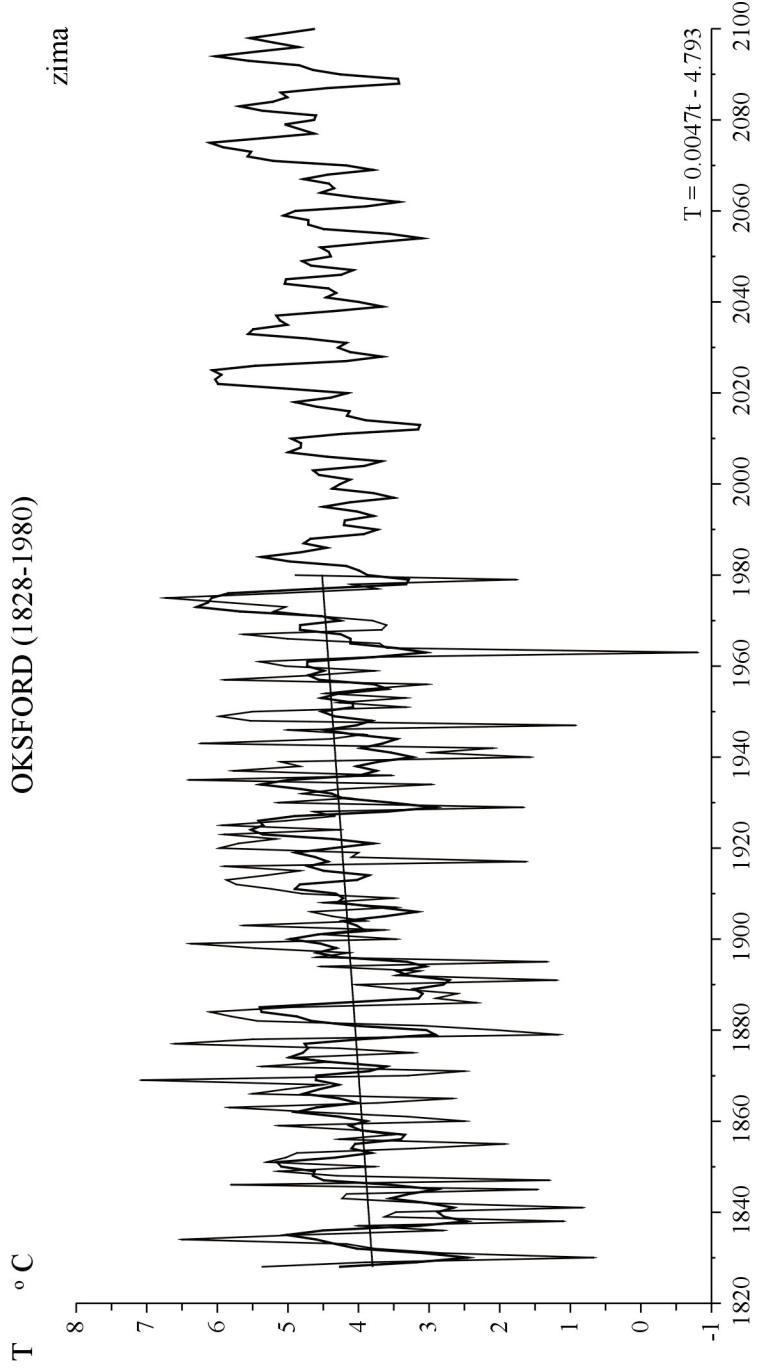
Rys. 58b. Zmiany temperatury powietrza w Moskwie w latach 1779-2002 – prognoza wiatkach 2003-2100 – lato  
 Fig. 58b. Changes of air temperature in Moscow in the 1779-2002 years – forecasts in years 2003-2100 – summer



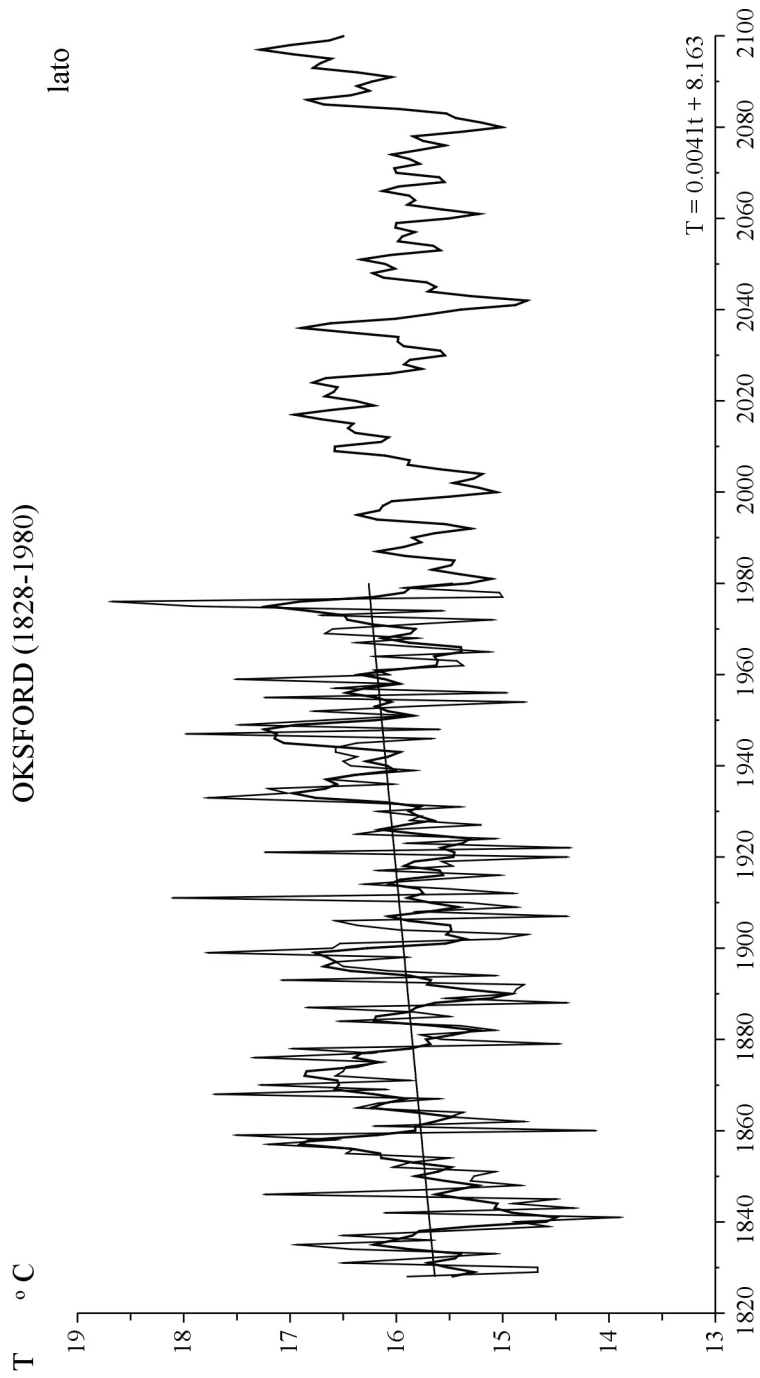
Rys. 59a. Zmiany temperatury powietrza w Odessie w latach 1821-2002 – prognoza wiatkach 2003-2100 – zima  
 Fig. 59a. Changes of air temperature in Odessa in the 1821-2002 years – forecasts in years 2003-2100 – winter



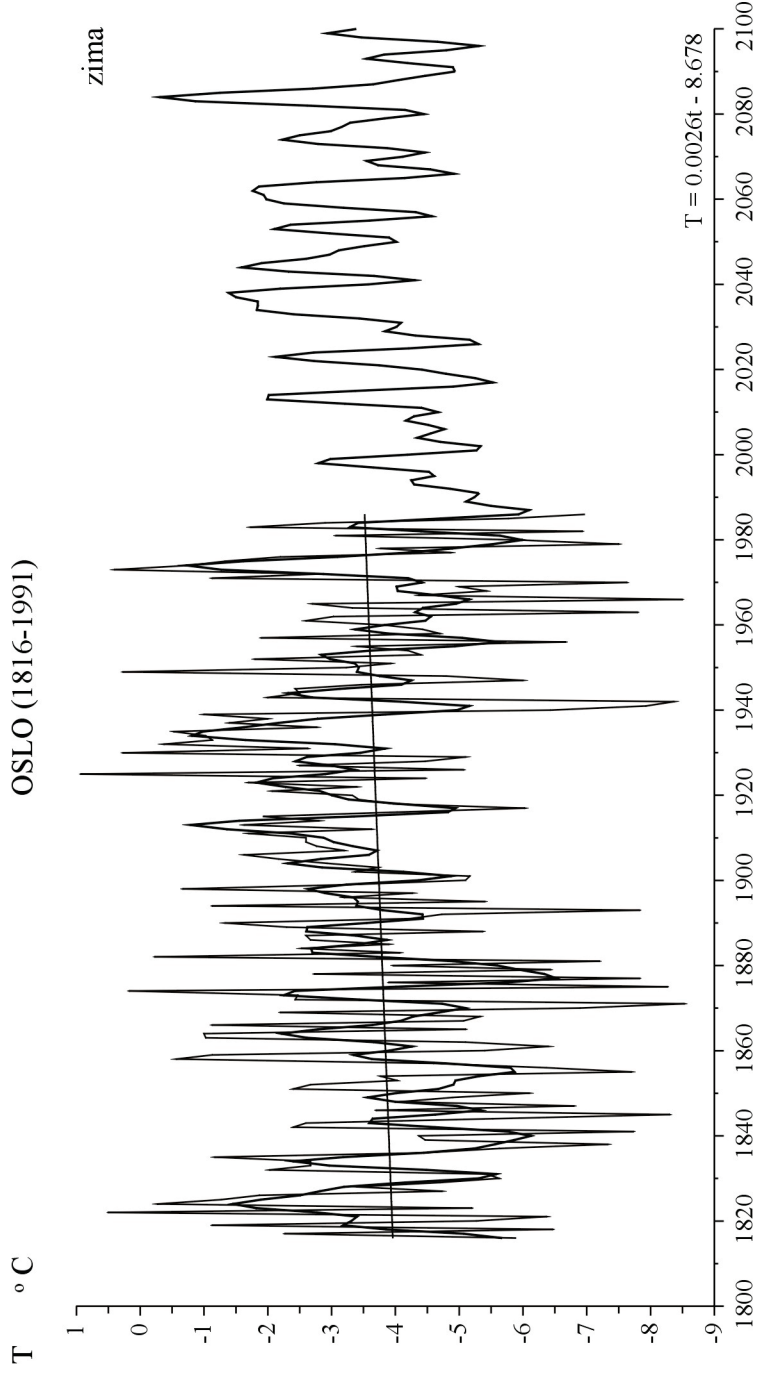
Rys. 59b. Zmiany temperatury powietrza w Odessie w latach 1821-2002 – prognoza wiatkach 2003-2100 – lato  
 Fig. 59b. Changes of air temperature in Odessa in the 1821-2002 years – forecasts in years 2003-2100 – summer



Rys. 60a. Zmiany temperatury powietrza w Oksfordzie w latach 1828-1980 – prognoza wiatkach 1981-2100 – zima  
 Fig. 60a. Changes of air temperature in Oxford in the 1828-1980 years – forecasts in years 1981-2100 – winter

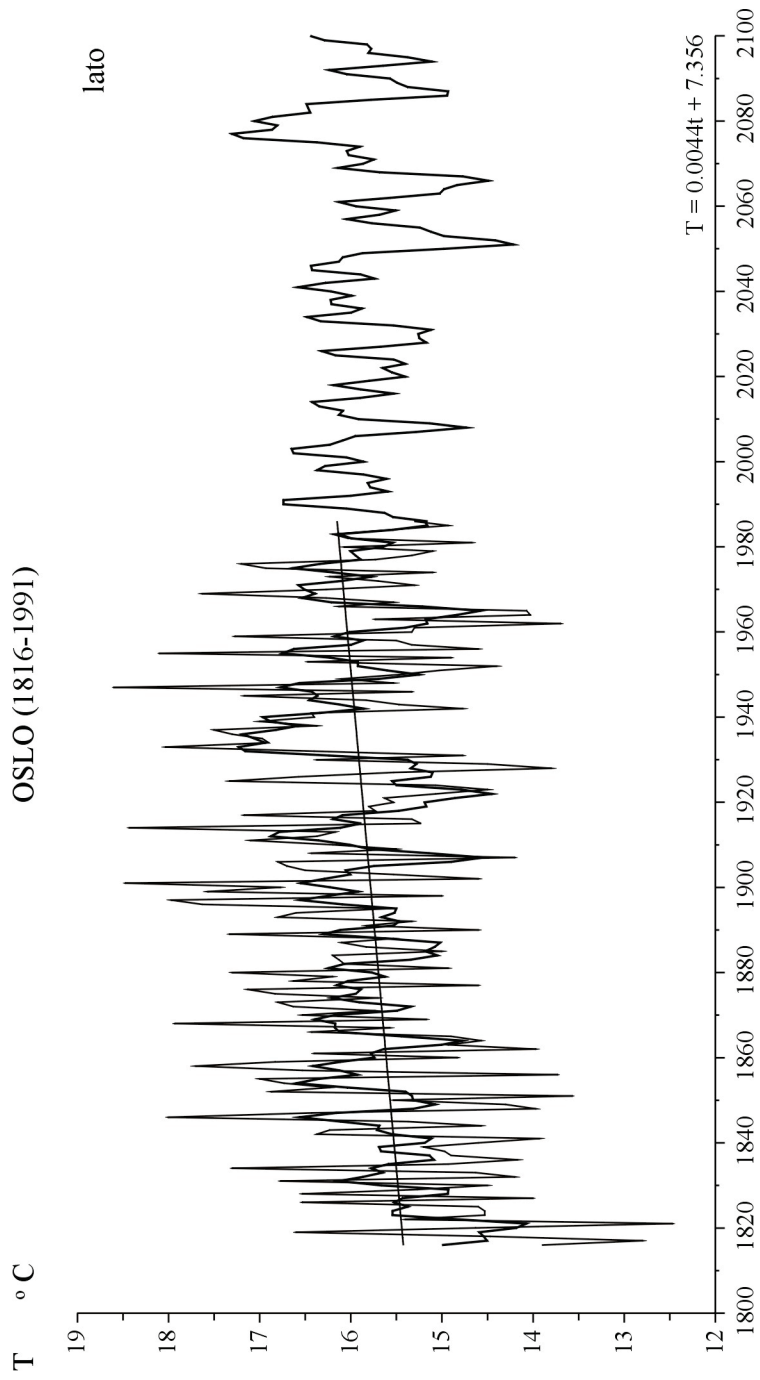


Rys. 60b. Zmiany temperatury powietrza w Oksfordzie w latach 1828-1980 – prognoza wiatkach 1981-2100 – lato  
 Fig. 60b. Changes of air temperature in Oxford in the 1828-1980 years – forecasts in years 1981-2100 – summer

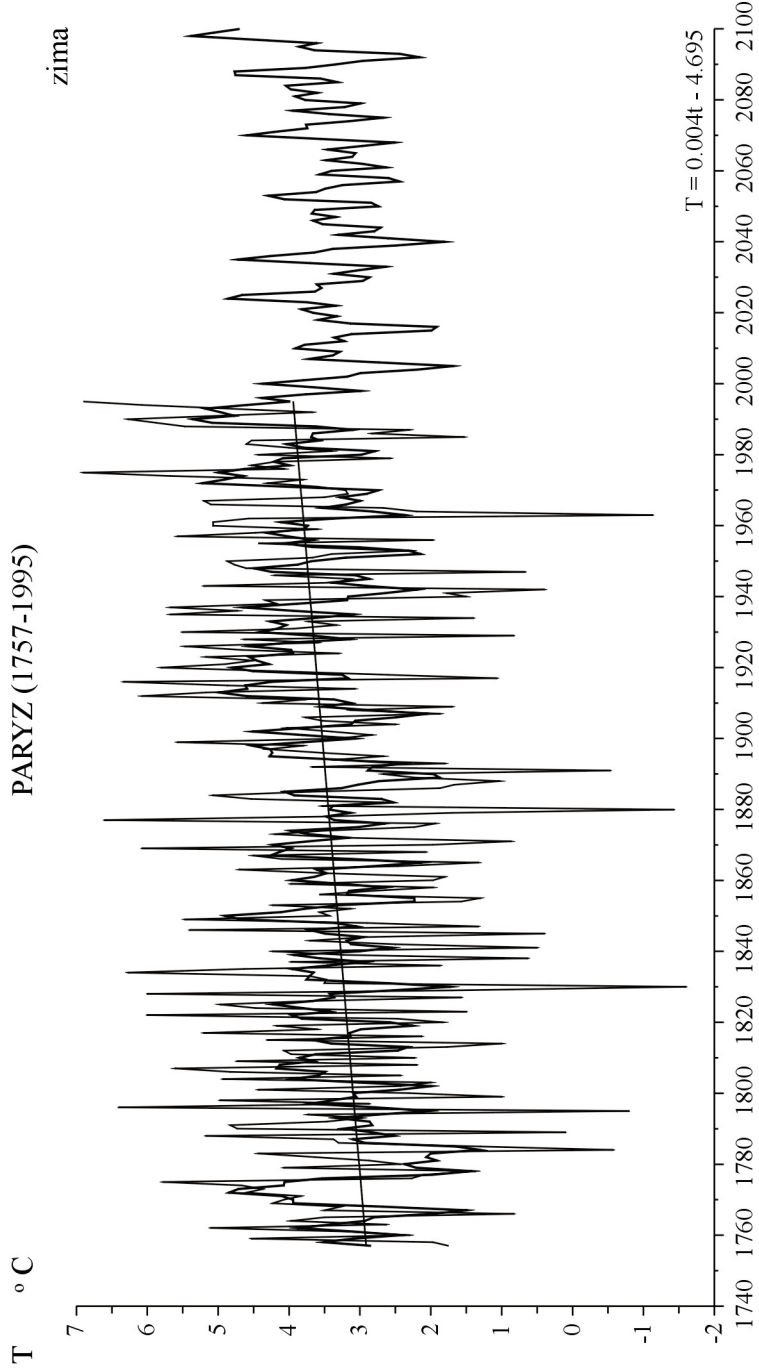


Rys. 61a. Zmiany temperatury powietrza w Oslo w latach 1816-1991 – prognoza wiatrach 1992-2100 – zima  
 Fig. 61a. Changes of air temperature in Oslo in the 1816-1991 years – forecasts in years 1992-2100 – winter

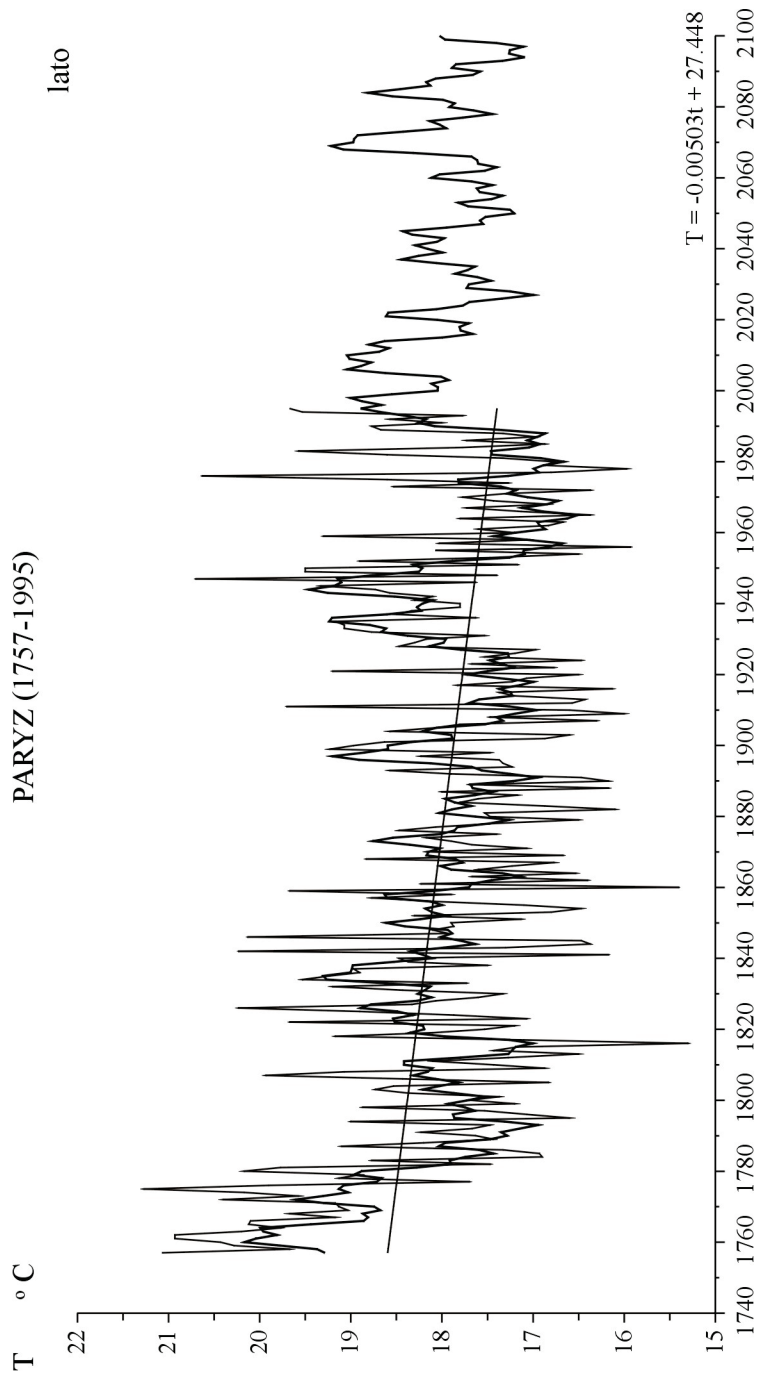




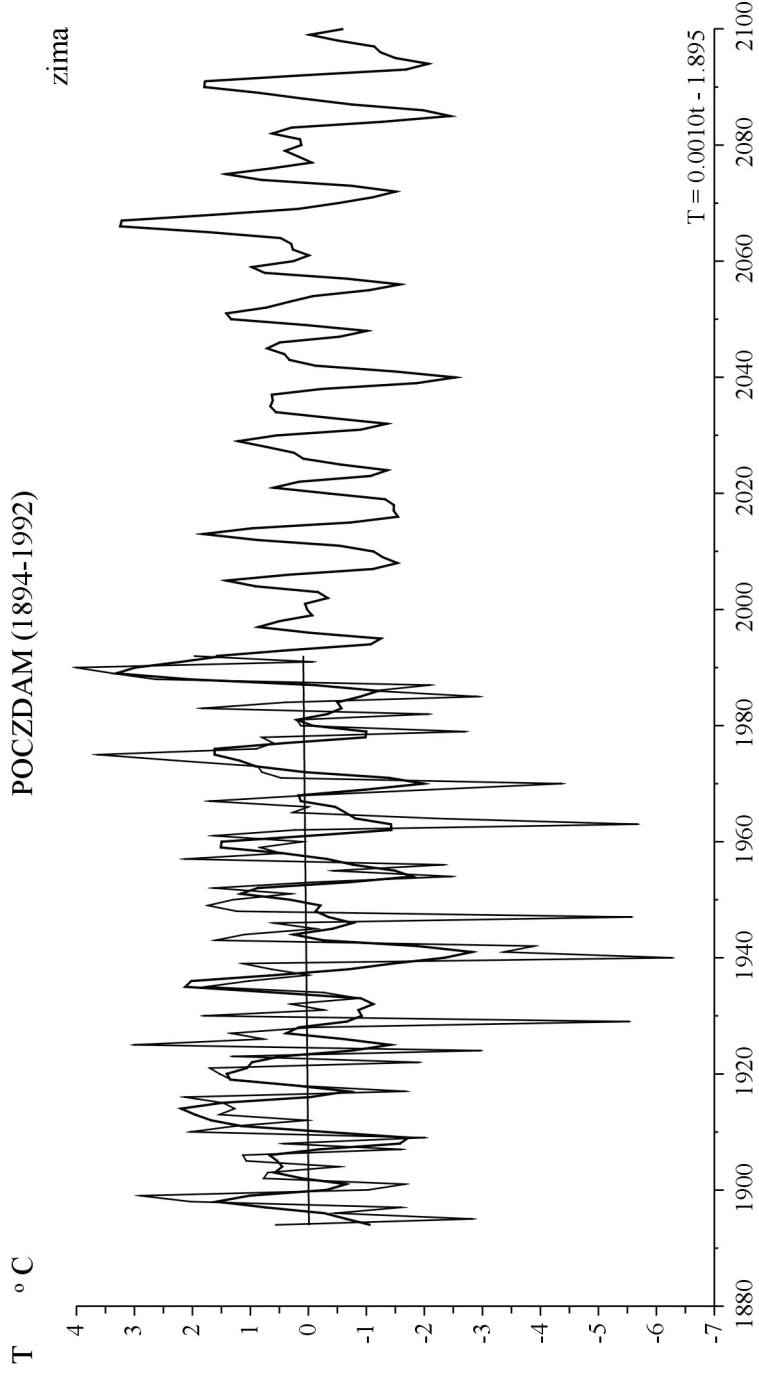
Rys. 61b. Zmiany temperatury powietrza w Oslo w latach 1816-1991 – prognoza wiatkach 1992-2100 – lato  
 Fig. 61b. Changes of air temperature in Oslo in the 1816-1991 years – forecasts in years 1992-2100 – summer



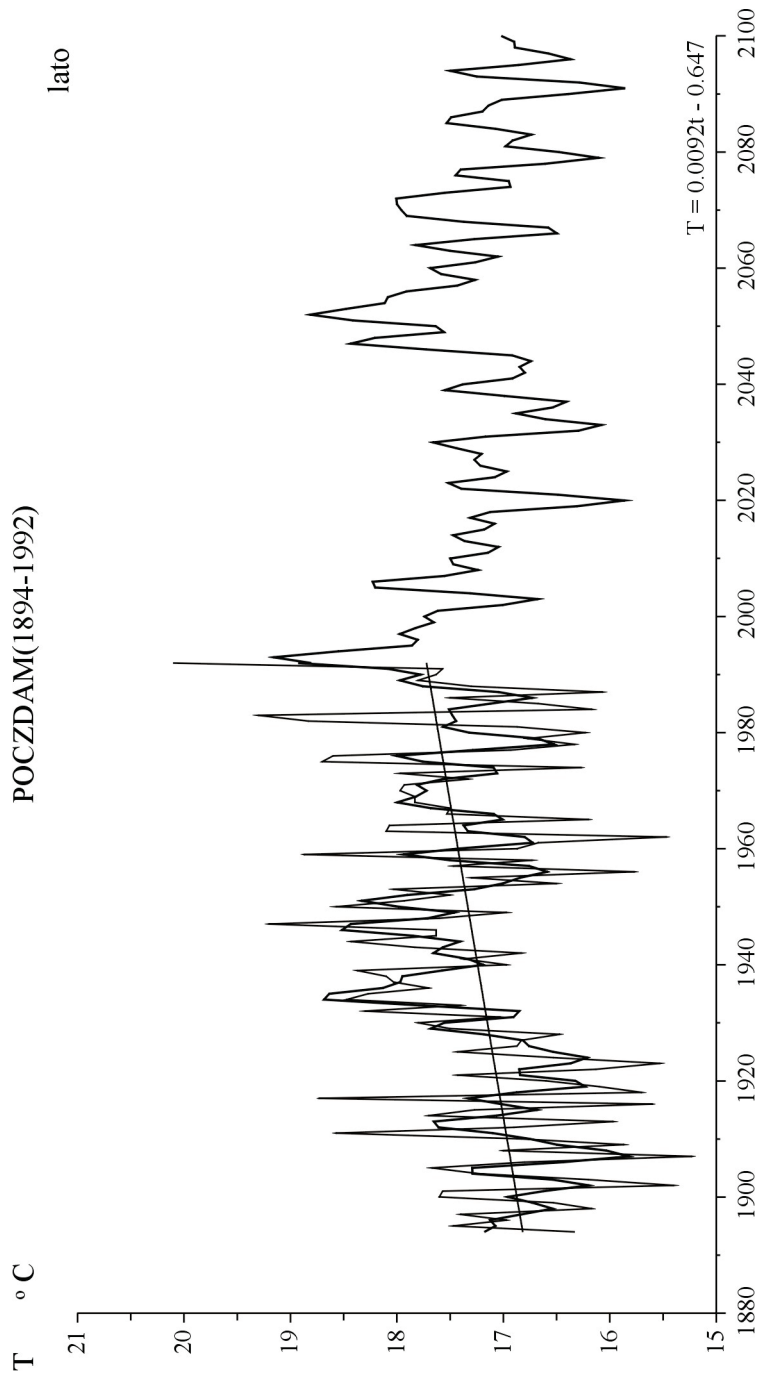
Rys. 62a. Zmiany temperatury powietrza w Paryżu w latach 1757-1995 – prognoza wiatkach 1996-2100 – zima  
 Fig. 62a. Changes of air temperature in Paris in the 1757-1995 years – forecasts in years 1996-2100 – winter



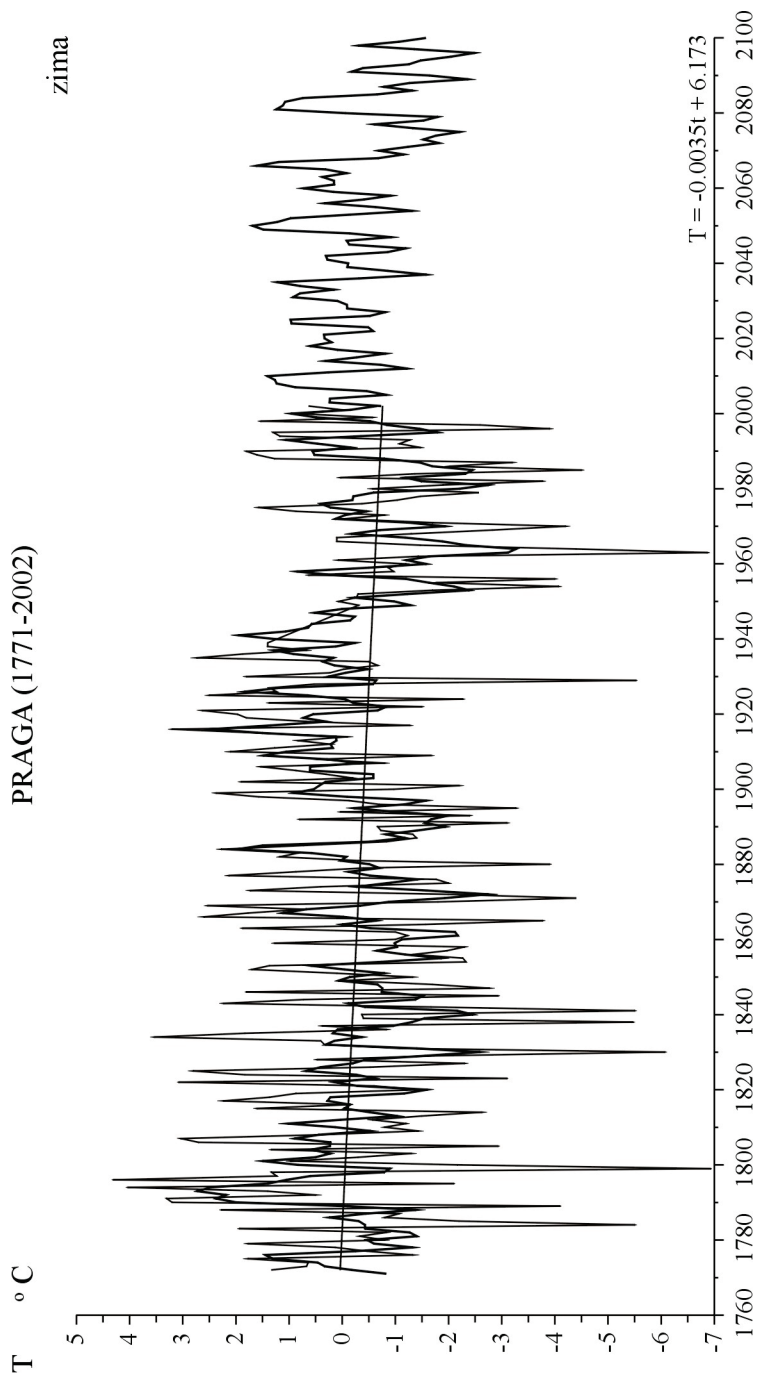
Rys. 62b. Zmiany temperatury powietrza w Paryżu w latach 1757-1995 – prognoza wiatkach 1996-2100 – lato  
 Fig. 62b. Changes of air temperature in Paris in the 1757-1995 years – forecasts in years 1996-2100 – summer



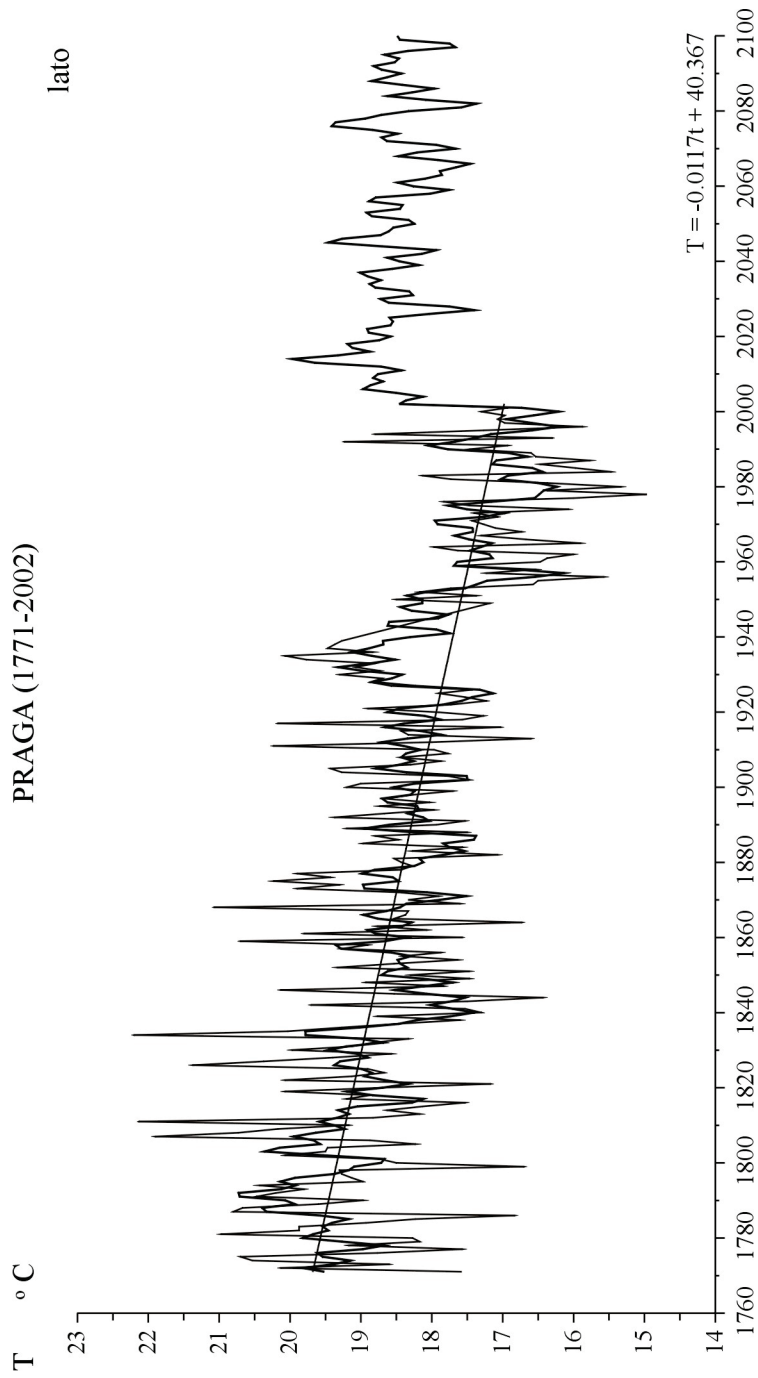
Rys. 63a. Zmiany temperatury powietrza w Poczdamie w latach 1894-1992 – prognoza wiatkach 1993-2100 – zima  
 Fig. 63a. Changes of air temperature in Potsdam in the 1894-1992 years – forecasts in years 1993-2100 – winter



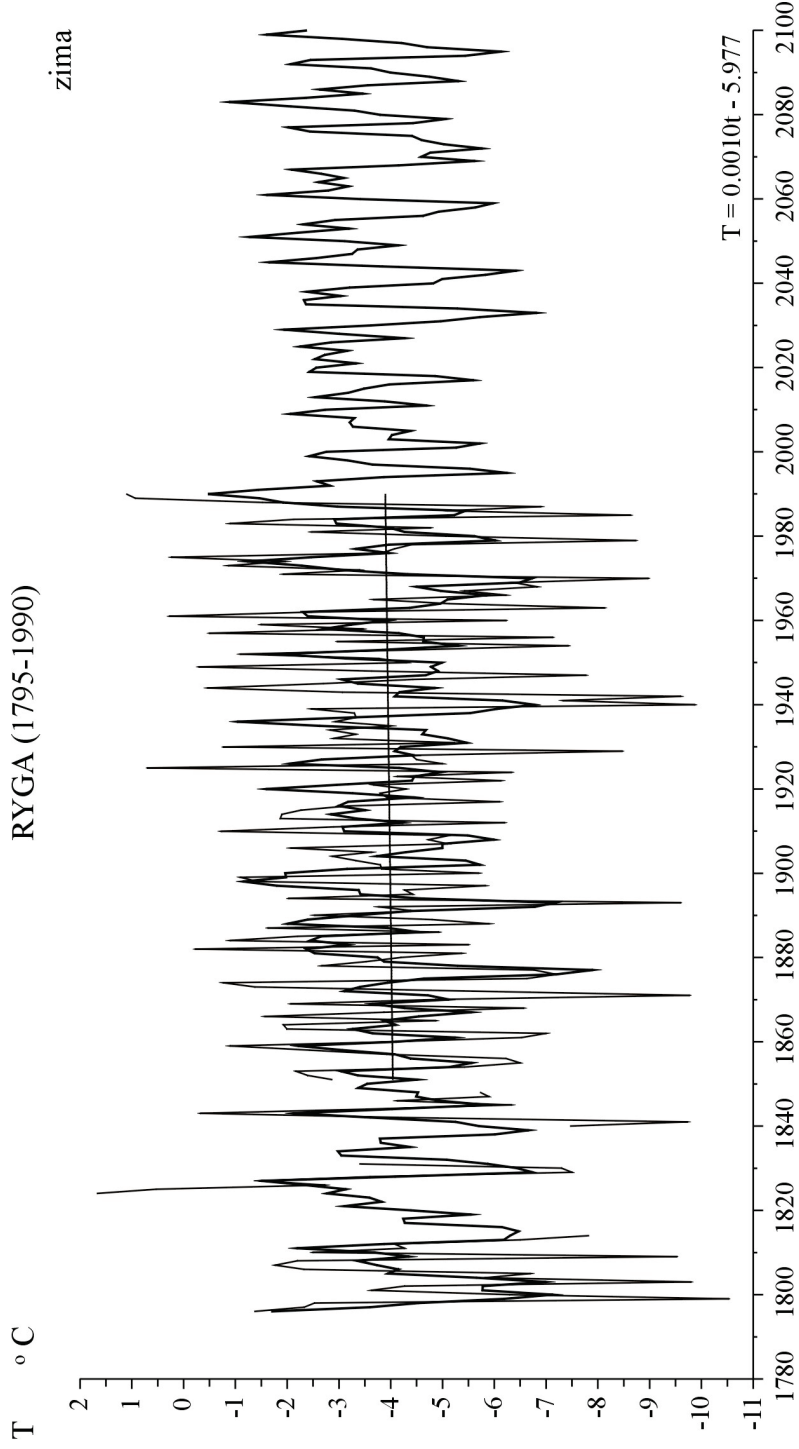
Rys. 63b. Zmiany temperatury powietrza w Poczdamie w latach 1894-1992 – prognoza wiatkach 1993-2100 – lato  
 Fig. 63b. Changes of air temperature in Potsdam in the 1894-1992 years – forecasts in years 1993-2100 – summer



Rys. 64a. Zmiany temperatury powietrza w Pradze w latach 1771-2002 – prognoza wiatkach 2003-2100 – zima  
 Fig. 64a. Changes of air temperature in Prague in the 1771-2002 years – forecasts in years 2003-2100 – winter

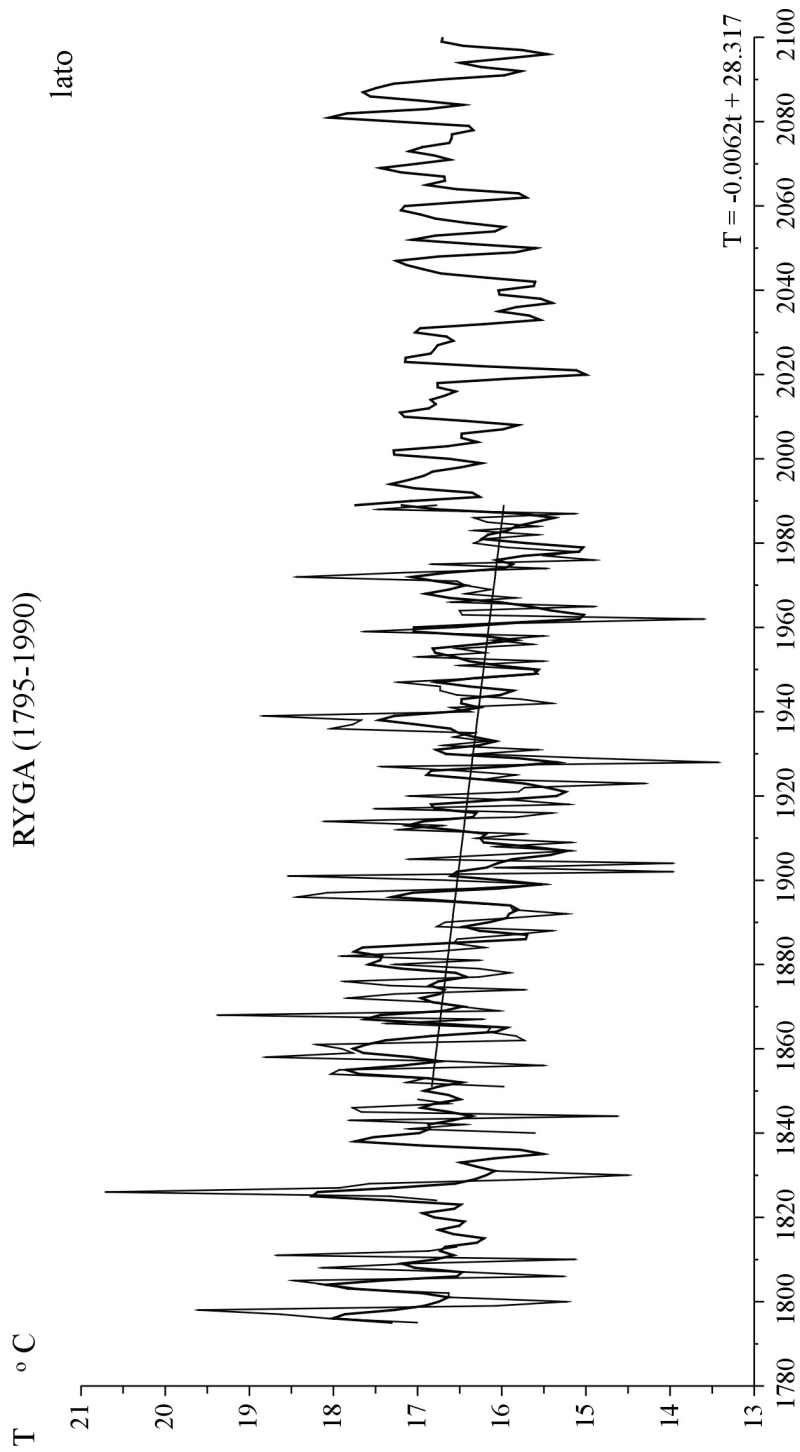


Rys. 64b. Zmiany temperatury powietrza w Pradze w latach 1771-2002 – prognoza wiatkach 2003-2100 – lato  
 Fig. 64b. Changes of air temperature in Prague in the 1771-2002 years – forecasts in years 2003-2100 – summer

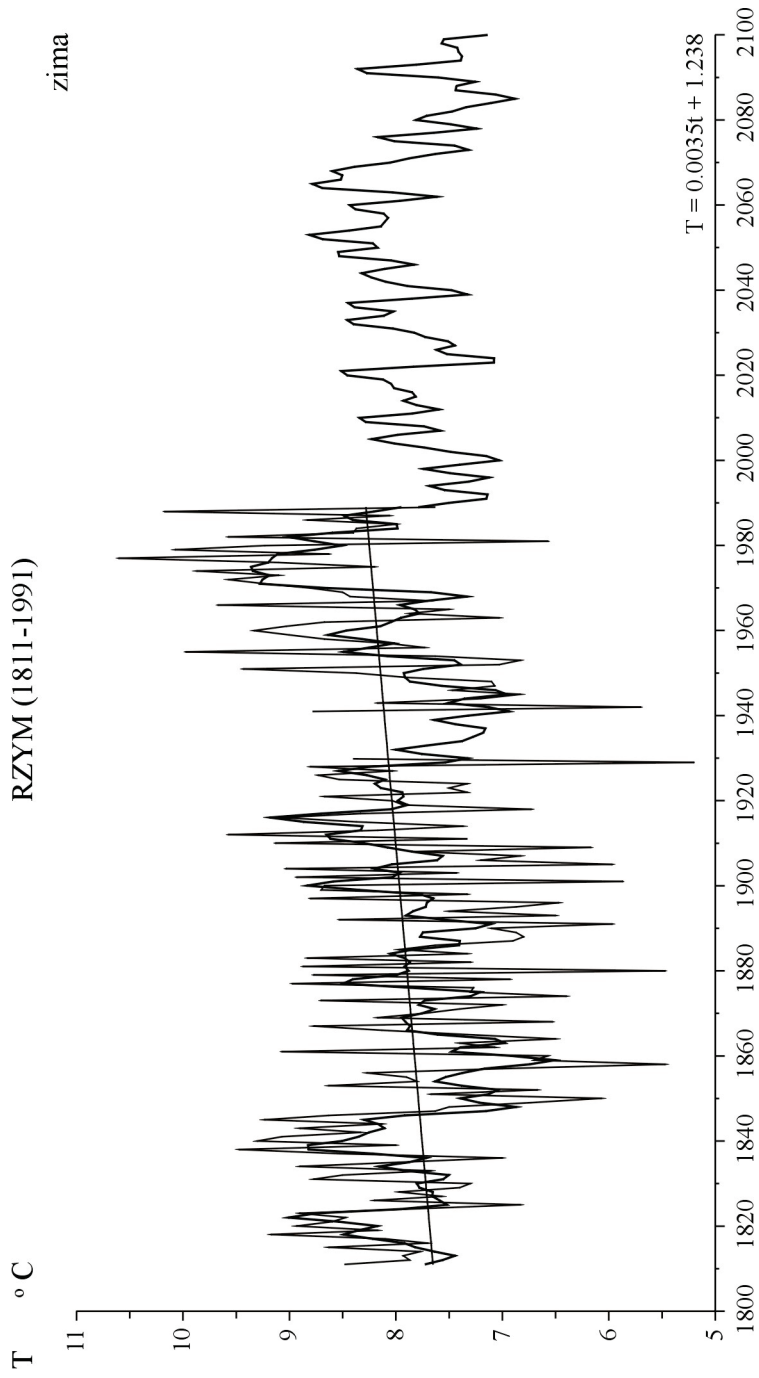


Rys. 65a. Zmiany temperatury powietrza w Rydze w latach 1795-1990 – prognoza wiatlach 1991-2100 – zima  
 Fig. 65a. Changes of air temperature in Ryga in the 1795-1990 years – forecasts in years 1991-2100 – winter

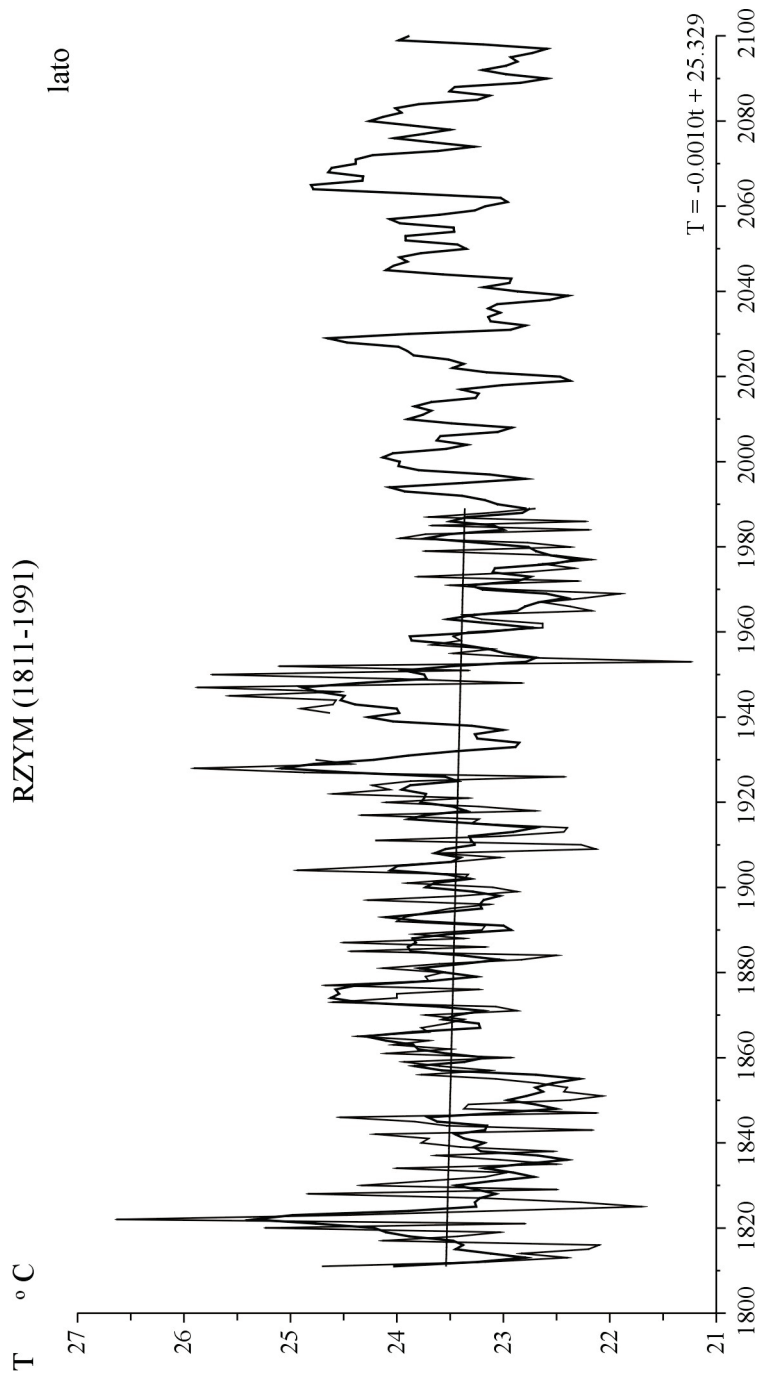




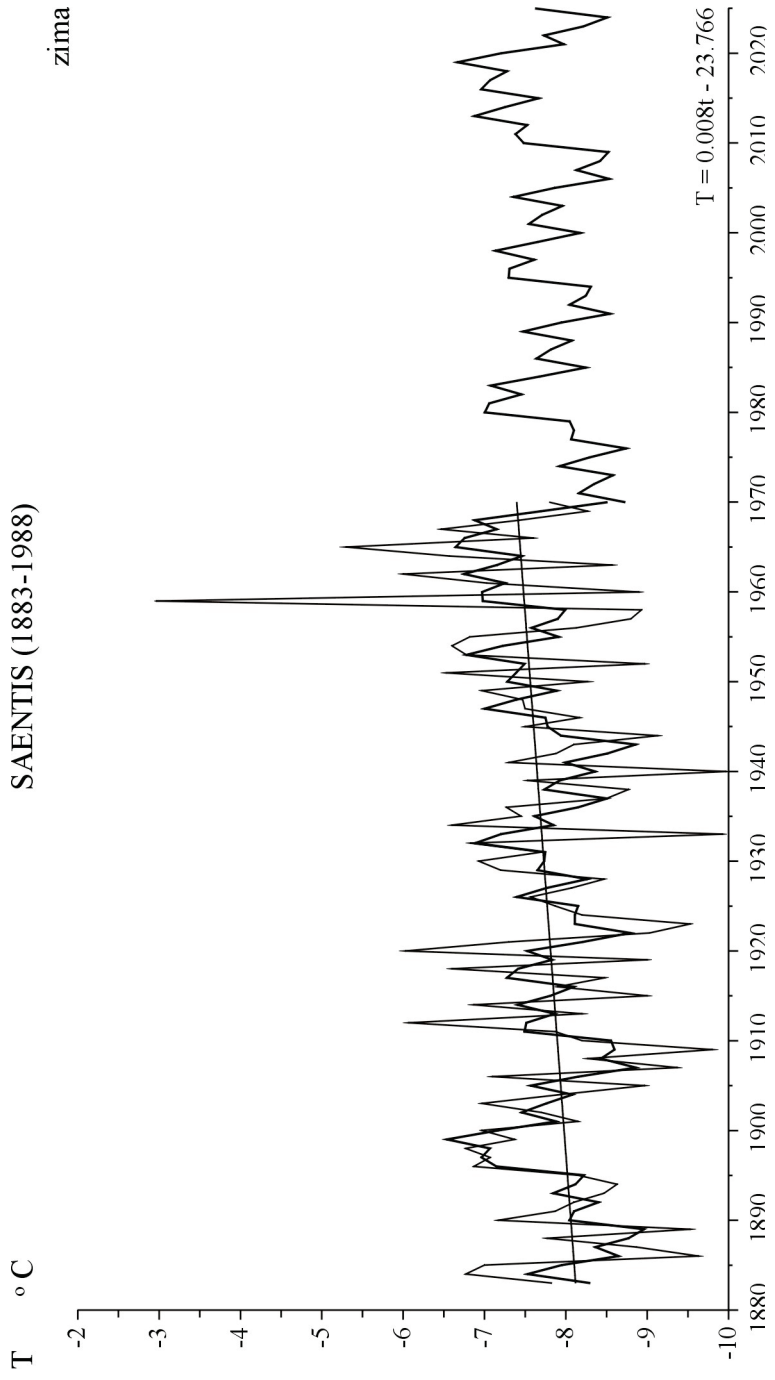
Rys. 65b. Zmiany temperatury powietrza w Rydze w latach 1795-1990 – prognoza wiatych 1991-2100 – lato  
 Fig. 65b. Changes of air temperature in Riga in the 1795-1990 years – forecasts in years 1991-2100 – summer



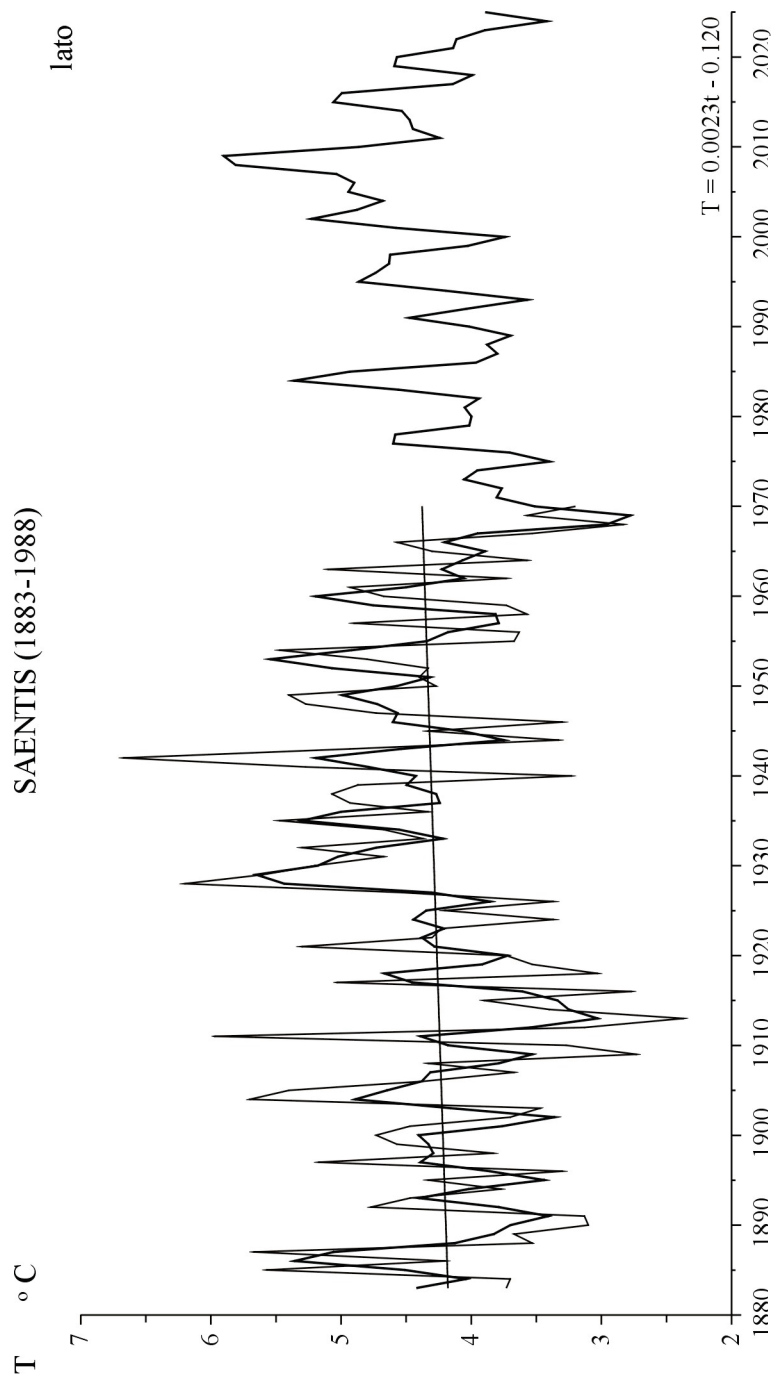
Rys. 66a. Zmiany temperatury powietrza w Rzymie w latach 1811-1991 – prognoza wiatkach 1992-2100 – zima  
 Fig. 66a. Changes of air temperature in Rome in the 1811-1991 years – forecasts in years 1992-2100 – winter



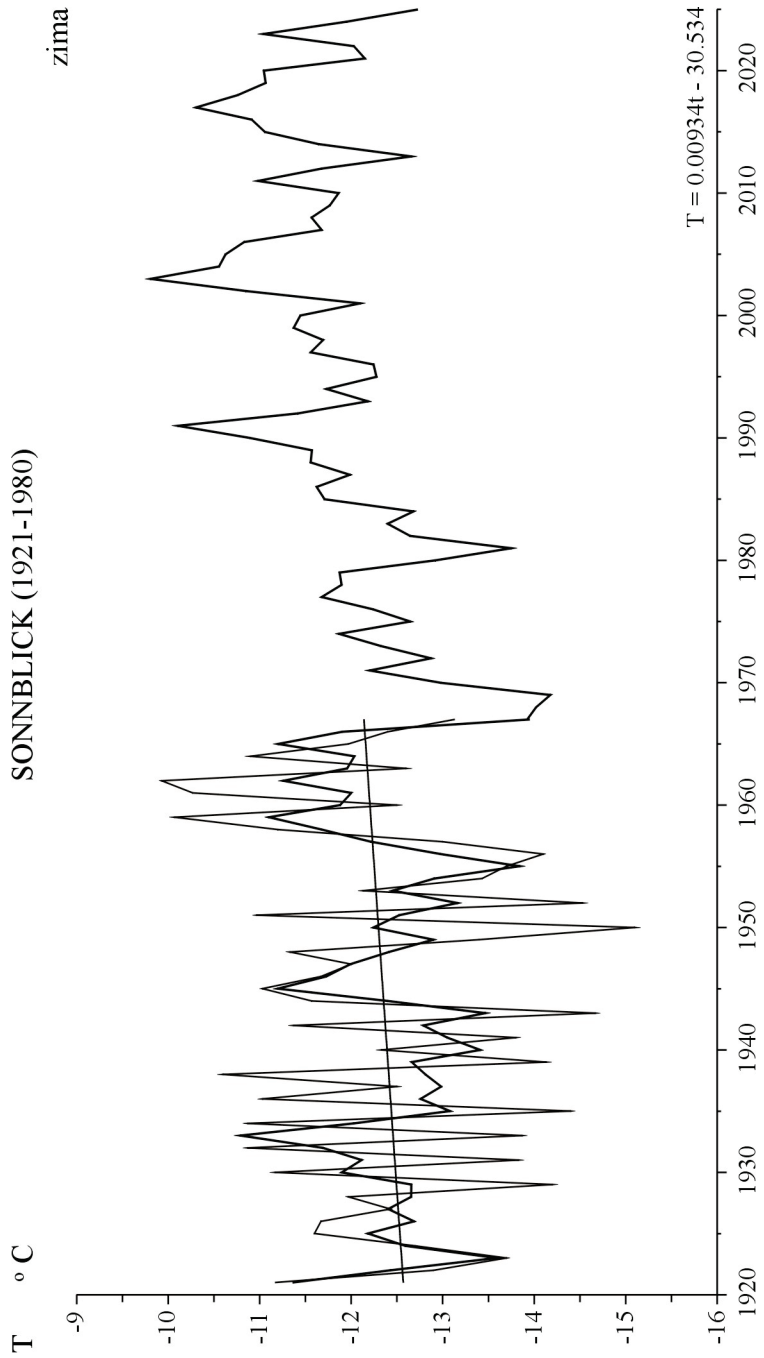
Rys. 66b. Zmiany temperatury powietrza w Rzymie w latach 1811-1991 – prognoza wiatkach 1992-2100 – lato  
 Fig. 66b. Changes of air temperature in Rome in the 1811-1991 years – forecasts in years 1992-2100 – summer



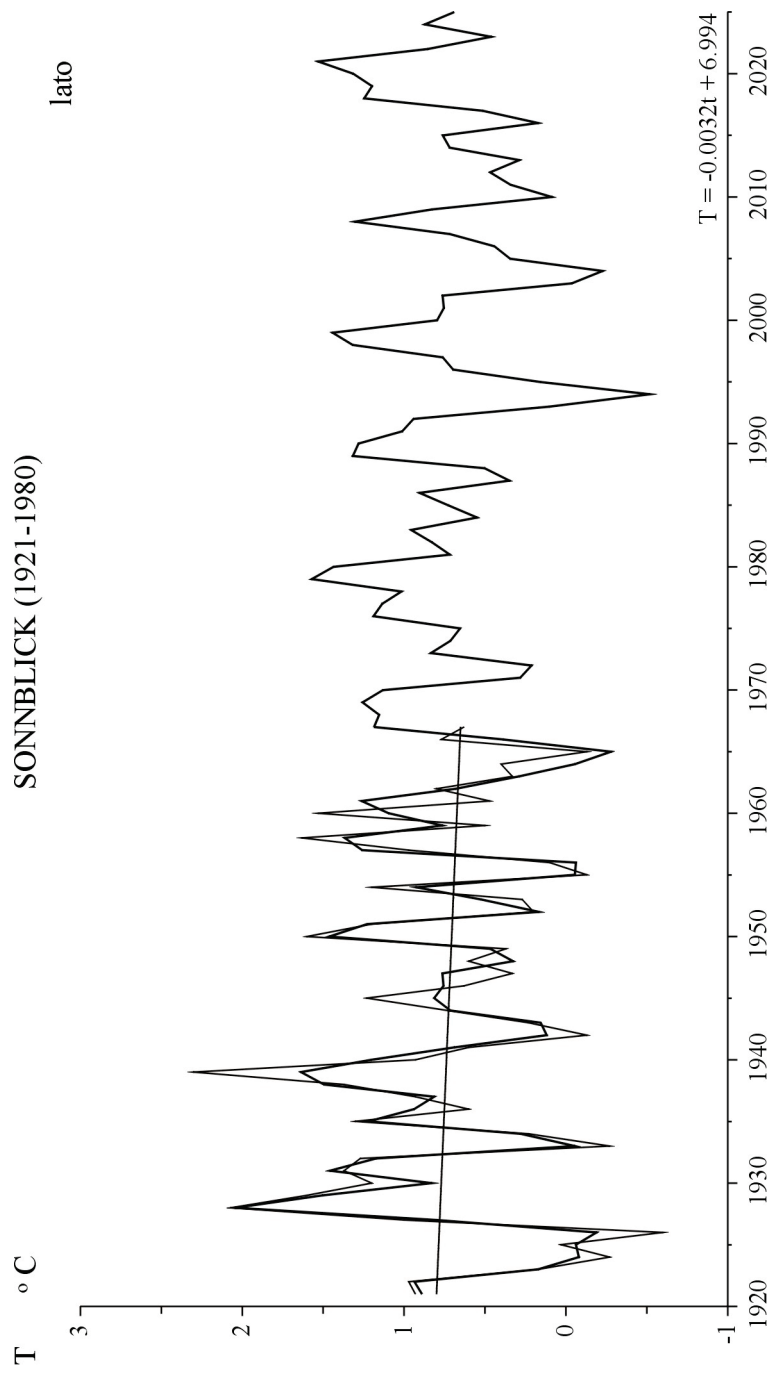
Rys. 67a. Zmiany temperatury powietrza w Saentis w latach 1883-1988 – prognoza wiatkach 1989-2100 – zima  
Fig. 67a. Changes of air temperature in Saentis in the 1883-1988 years – forecasts in years 1989-2100 – winter



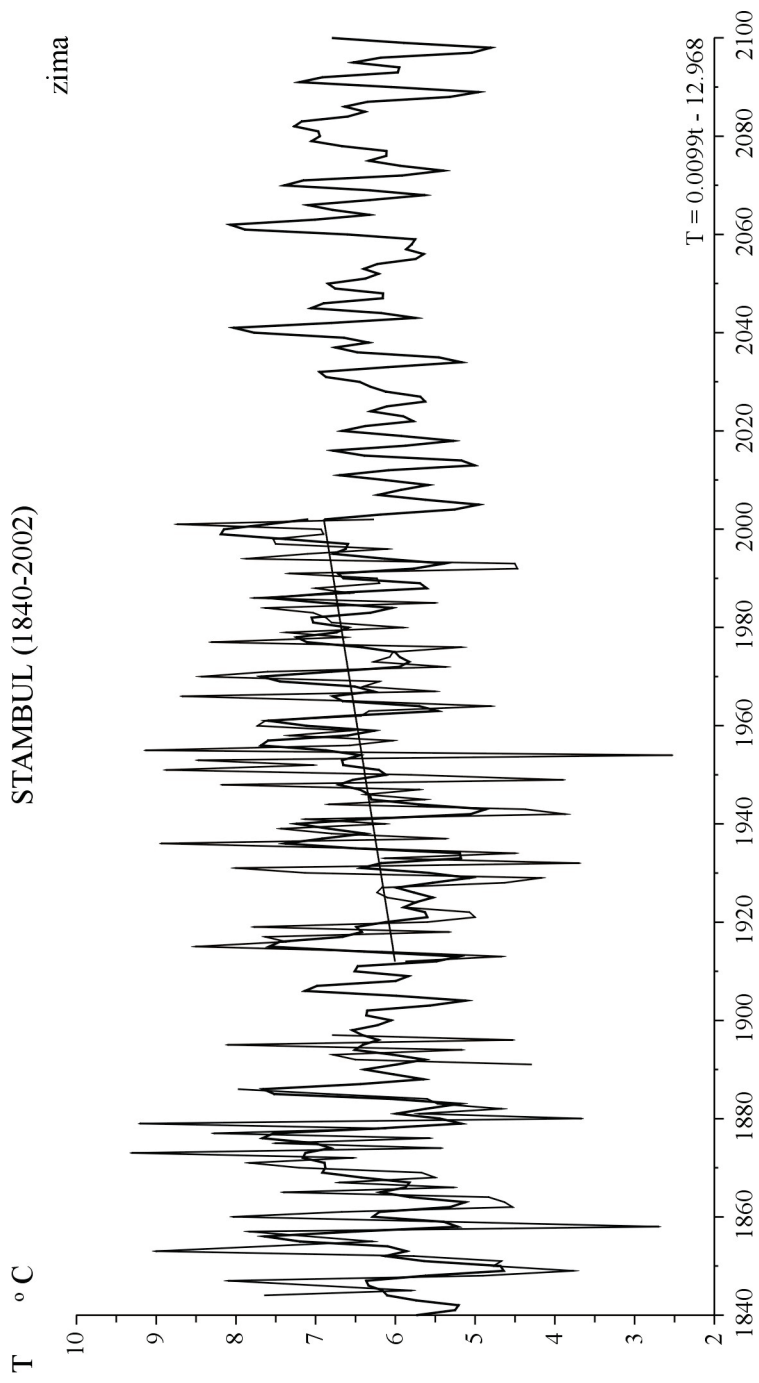
Rys. 67b. Zmiany temperatury powietrza w Saentis w latach 1883-1988 – prognoza wiatkach 1989-2100 – zima  
 Fig. 67b. Changes of air temperature in Saentis in the 1883-1988 years – forecasts in years 1989-2100 – summer



Rys. 68a. Zmiany temperatury powietrza w Sonnblick w latach 1921-1980 – prognoza wiatlach 1981-2100 – zima  
 Fig. 68a. Changes of air temperature in Sonnblick in the 1921-1980 years – forecasts in years 1981-2100 – winter

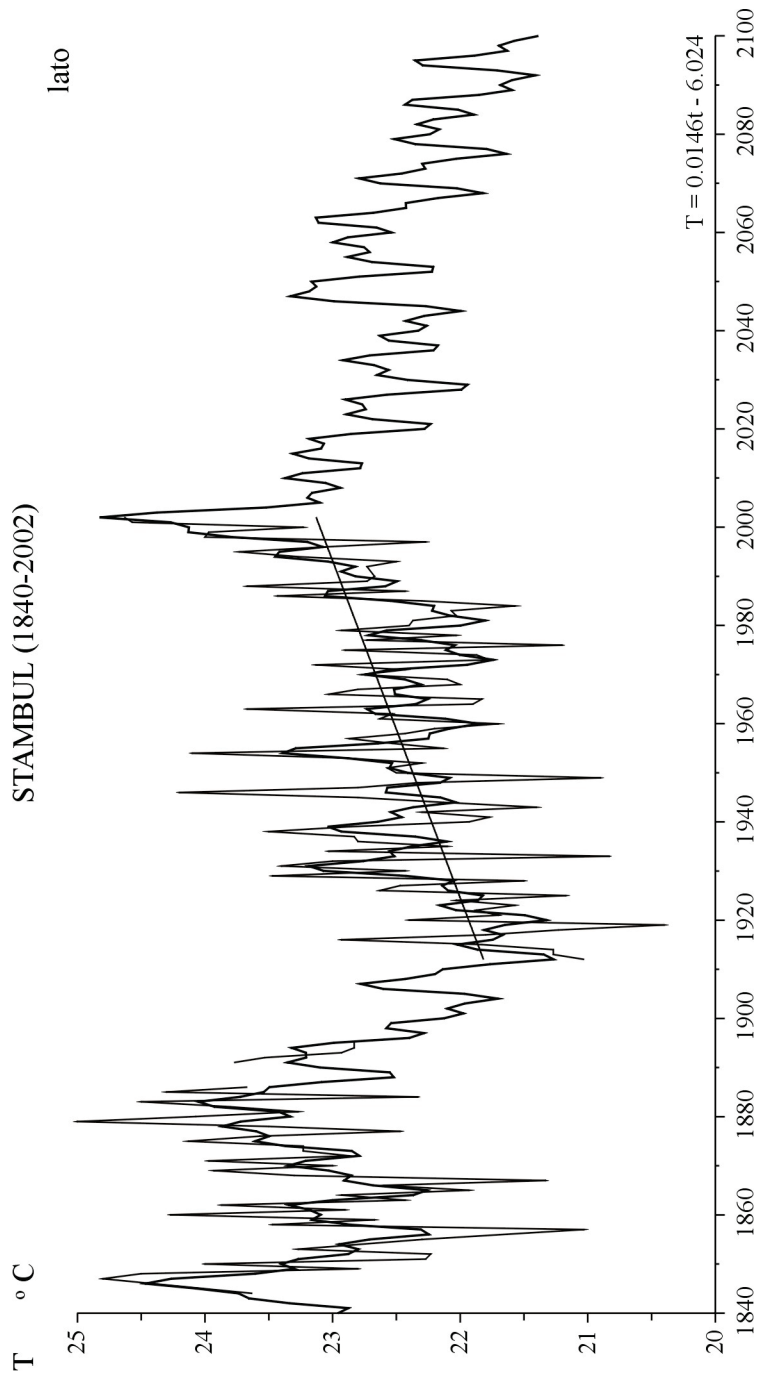


Rys. 68b. Zmiany temperatury powietrza w Sonnblick w latach 1921-1980 – prognoza wiatych 1981-2100 – lato  
 Fig. 68b. Changes of air temperature in Sonnblick in the 1921-1980 years – forecasts in years 1981-2100 – summer

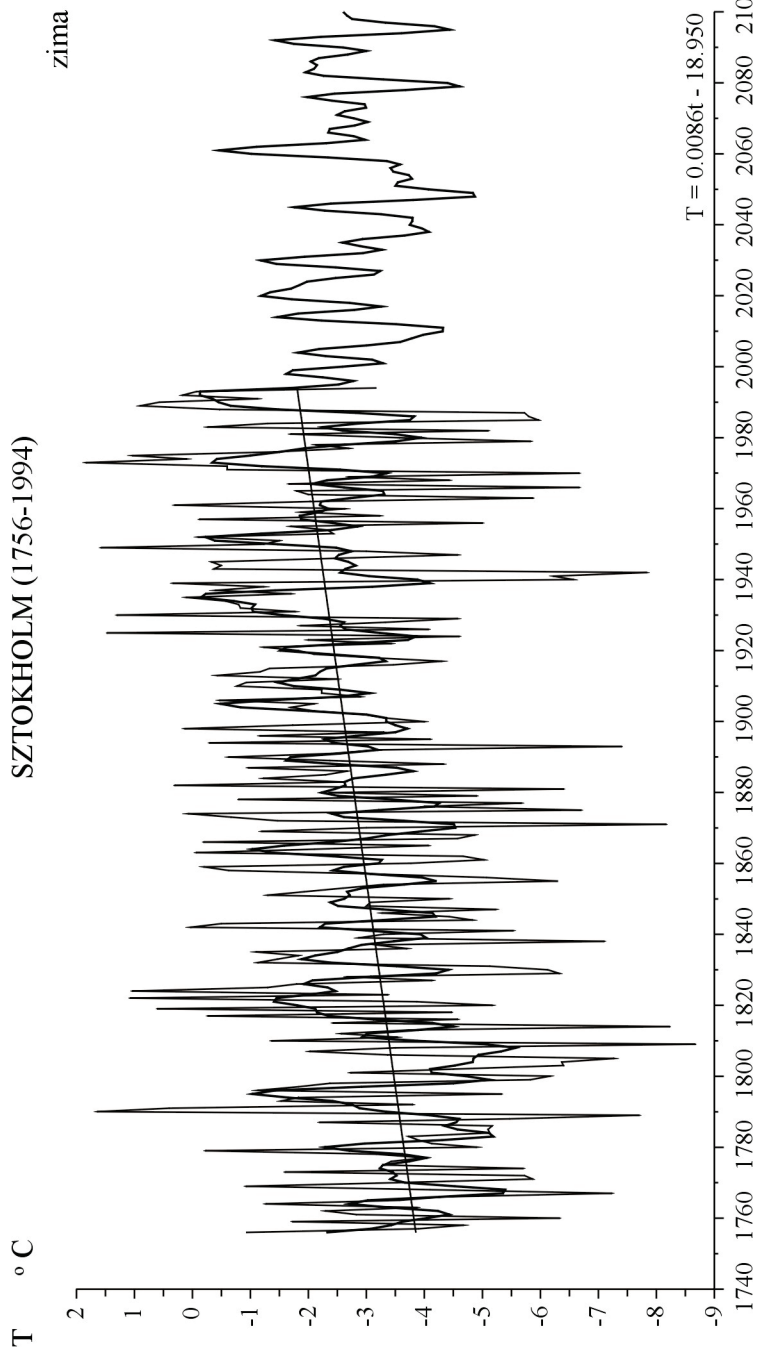


Rys. 69a. Zmiany temperatury powietrza w Stambule w latach 1840-2002 – prognoza wiatkach 2003-2100 – zima  
 Fig. 69a. Changes of air temperature in Stambul in the 1840-2002 years – forecasts in years 2003-2100 – winter

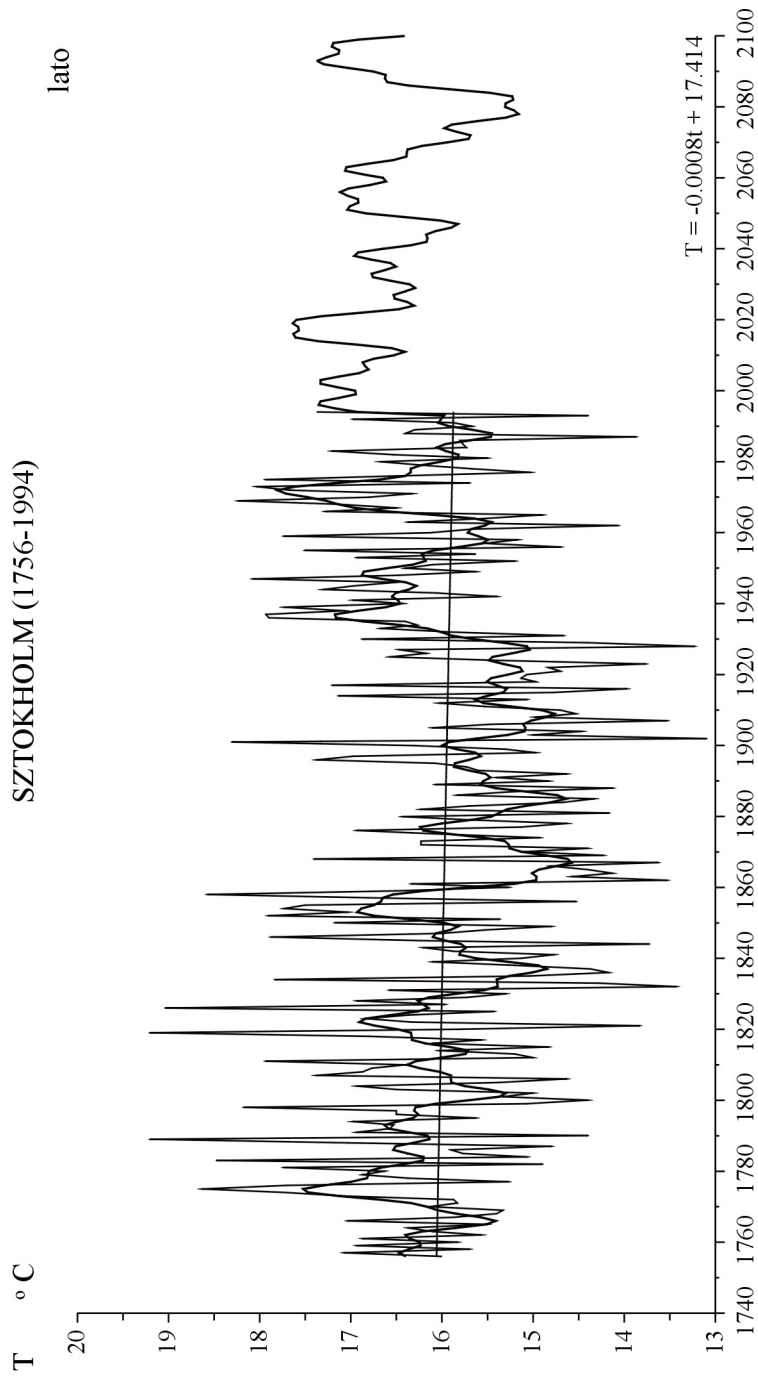




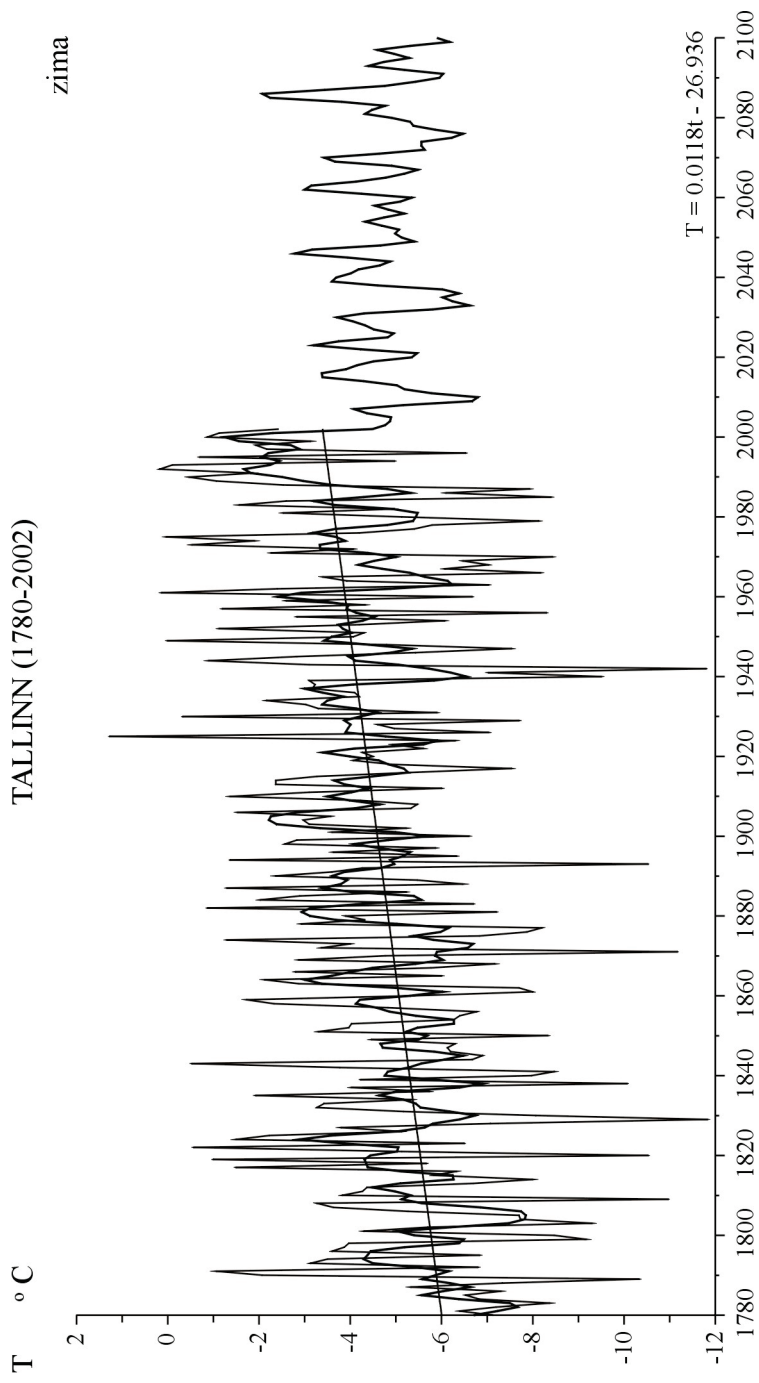
Rys. 69b. Zmiany temperatury powietrza w Sambule w latach 1840-2002 – prognoza wiatkach 2003-2100 – lato  
 Fig. 69b. Changes of air temperature in Stamboul in the 1840-2002 years – forecasts in years 2003-2100 – summer



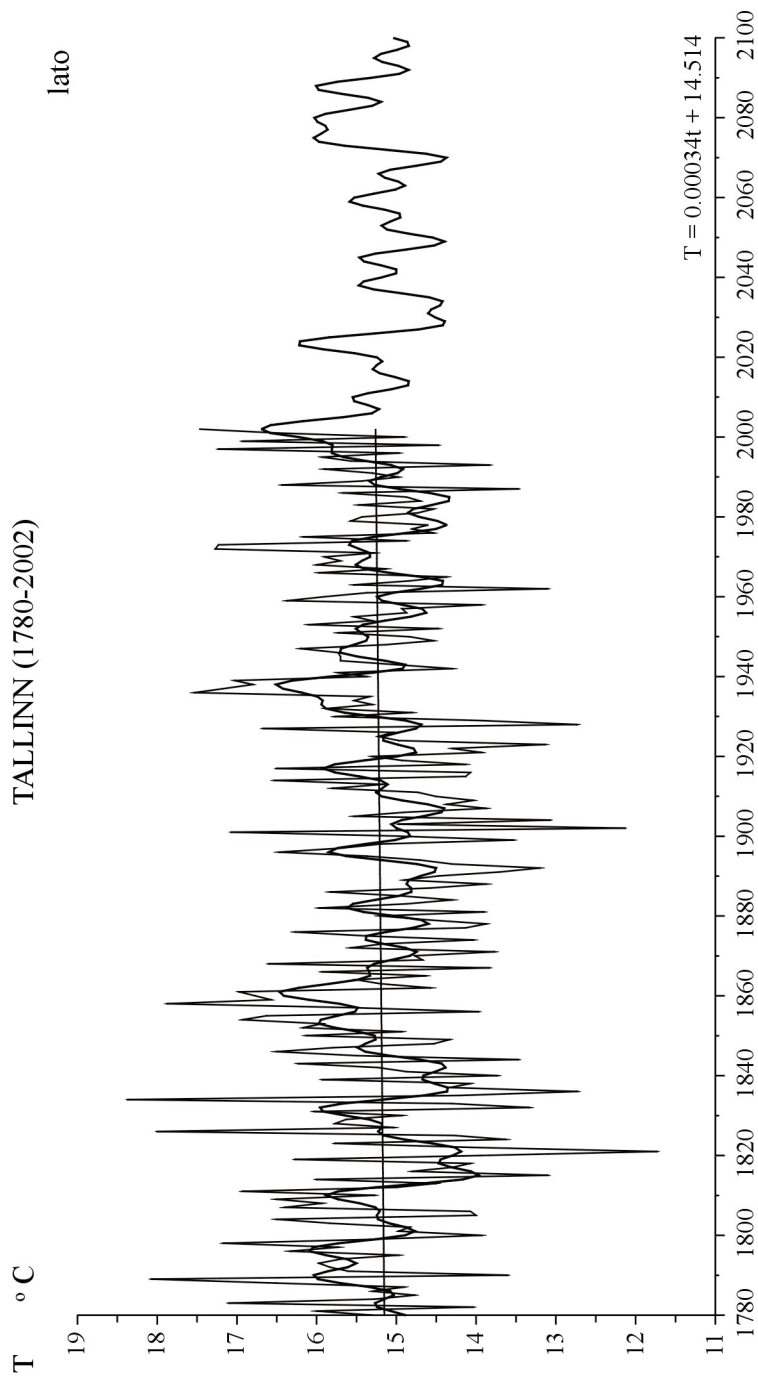
Rys. 70a. Zmiany temperatury powietrza w Sztokholmie w latach 1756-1994 – prognoza wiatlach 1995-2100 – zima  
 Fig. 70a. Changes of air temperature in Stockholm in the 1756-1994 – forecasts in years 1995-2100 – winter



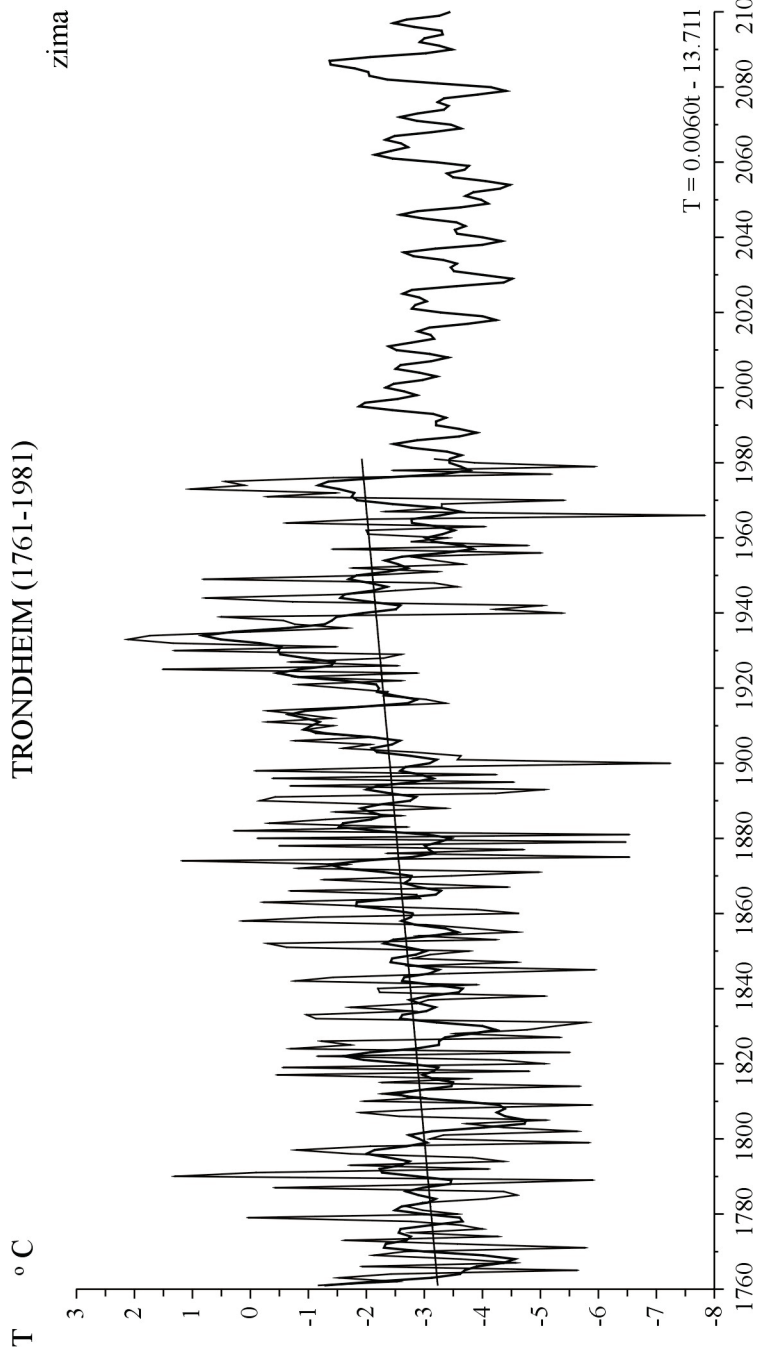
Rys. 70b. Zmiany temperatury powietrza w Sztokholmie w latach 1756-1994 – prognoza wiatkach 1995-2100 – lato  
 Fig. 70b. Changes of air temperature in Stockholm in the 1756-1994 – forecasts in years 1995-2100 – summer



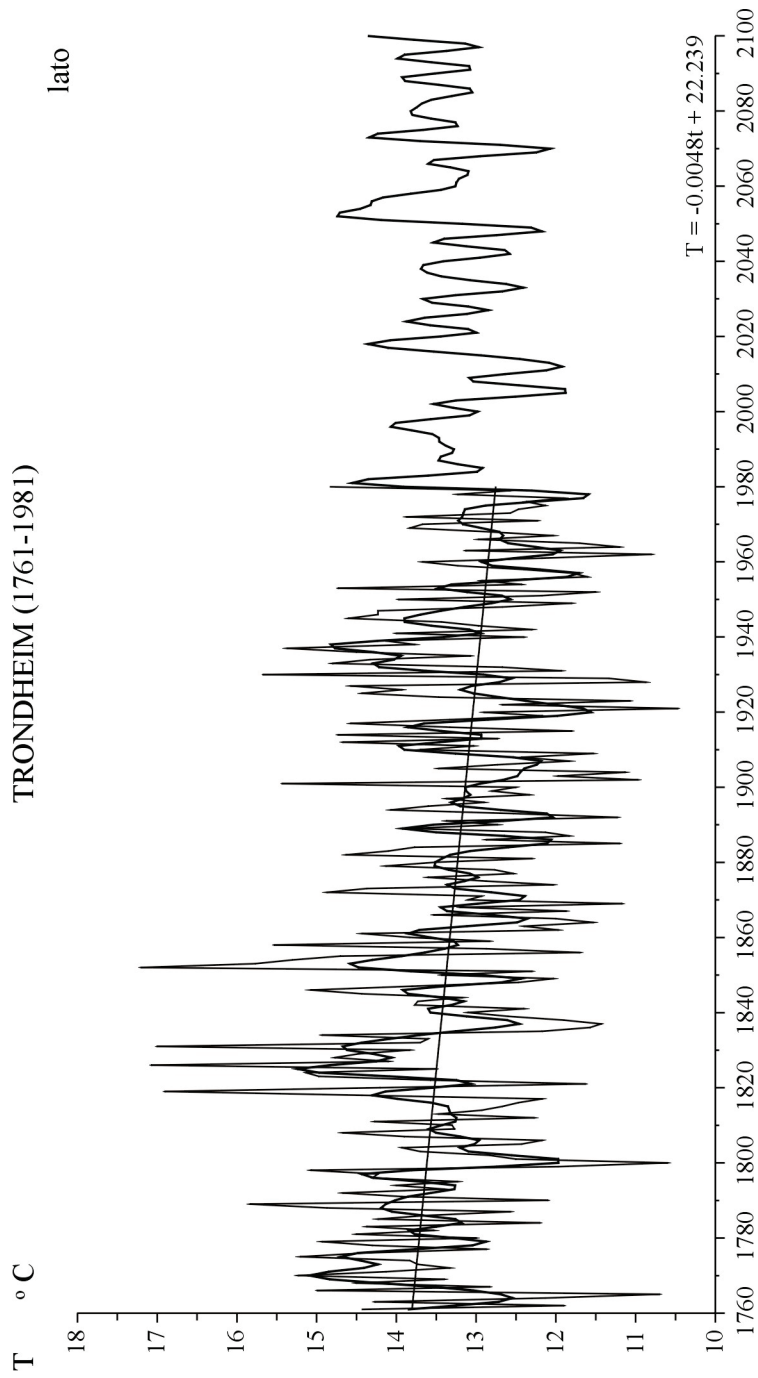
Rys. 71a. Zmiany temperatury powietrza w Tallinie w latach 1780-2002 – prognoza wiatkach 2003-2100 – zima  
 Fig. 71a. Changes of air temperature in Tallin in the 1780-2002 – forecasts in years 2003-2100 – winter



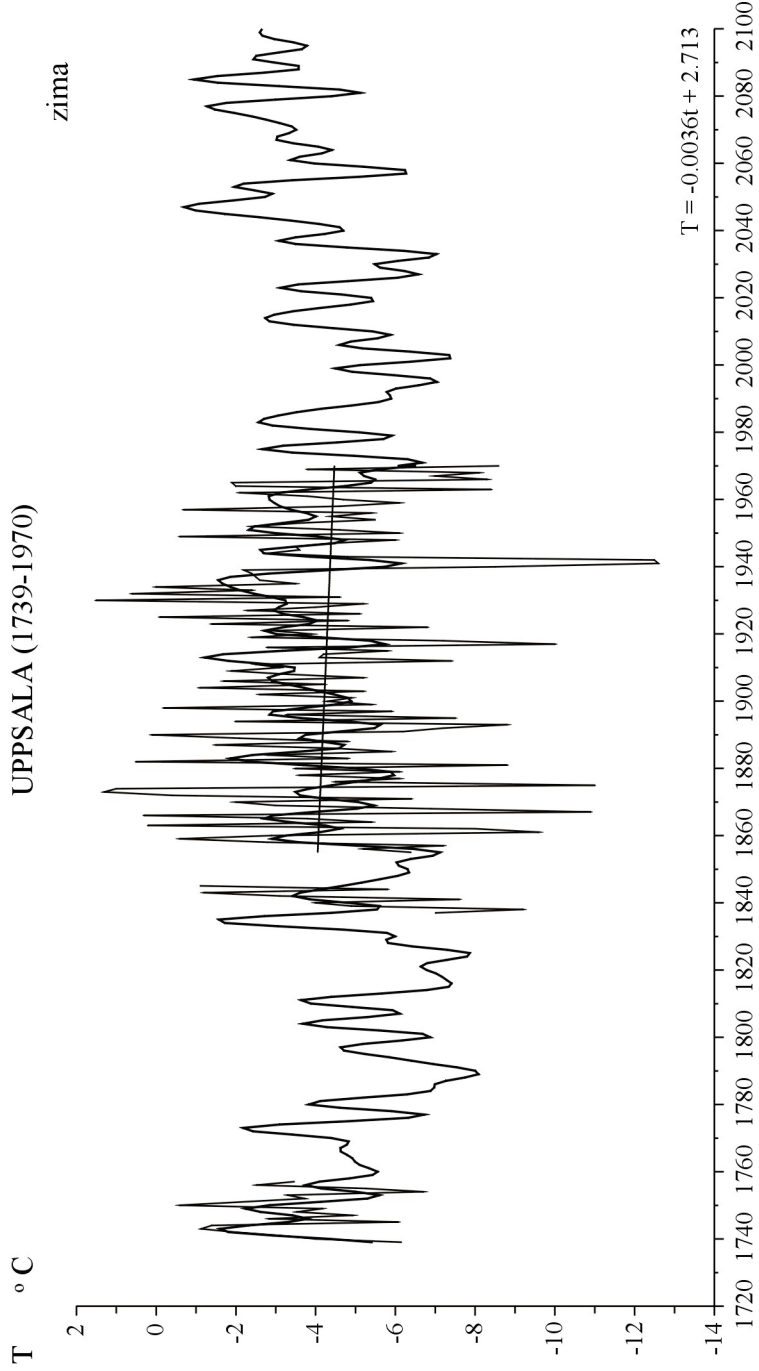
Rys. 71b. Zmiany temperatury powietrza w Tallinie w latach 1780-2002 – prognoza wiatkach 2003-2100 – lato  
 Fig. 71b. Changes of air temperature in Tallin in the 1780-2002 – forecasts in years 2003-2100 – summer



Rys. 72a. Zmiany temperatury powietrza w Trondheim w latach 1761-1981 – prognoza wiatkach 1982-2100 – zima  
 Fig. 72a. Changes of air temperature in Trondheim in the 1761-1981 – forecasts in years 1982-2100 – winter

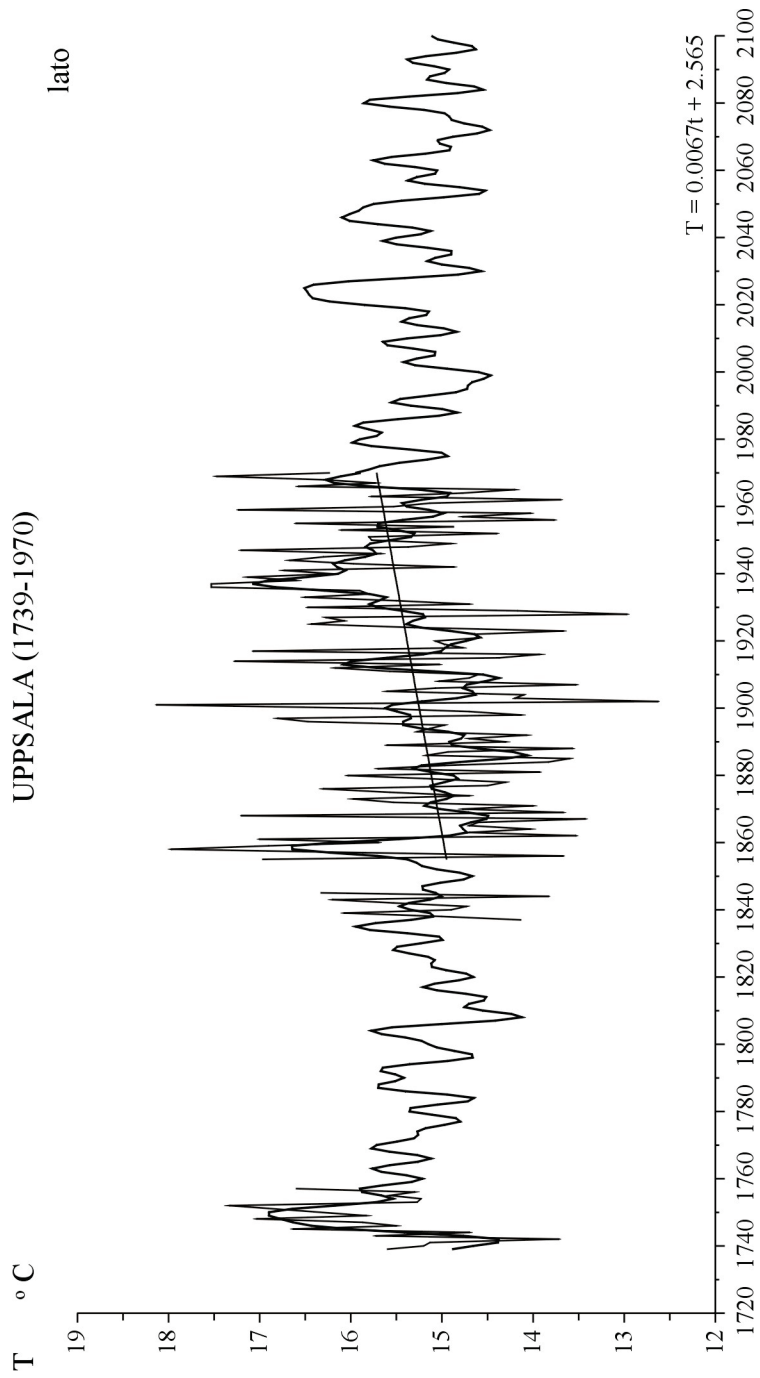


Rys. 72b. Zmiany temperatury powietrza w Trondheim w latach 1761-1981 – prognoza wiatkach 1982-2100 – lato  
 Fig. 72b. Changes of air temperature in Trondheim in the 1761-1981 – forecasts in years 1982-2100 – summer



Rys. 73a. Zmiany temperatury powietrza w Uppsali w latach 1739-1970 – prognoza wiatkach 1971-2100 – zima  
 Fig. 73a. Changes of air temperature in Uppsala in the 1739-1970 – forecasts in years 1971-2100 – winter

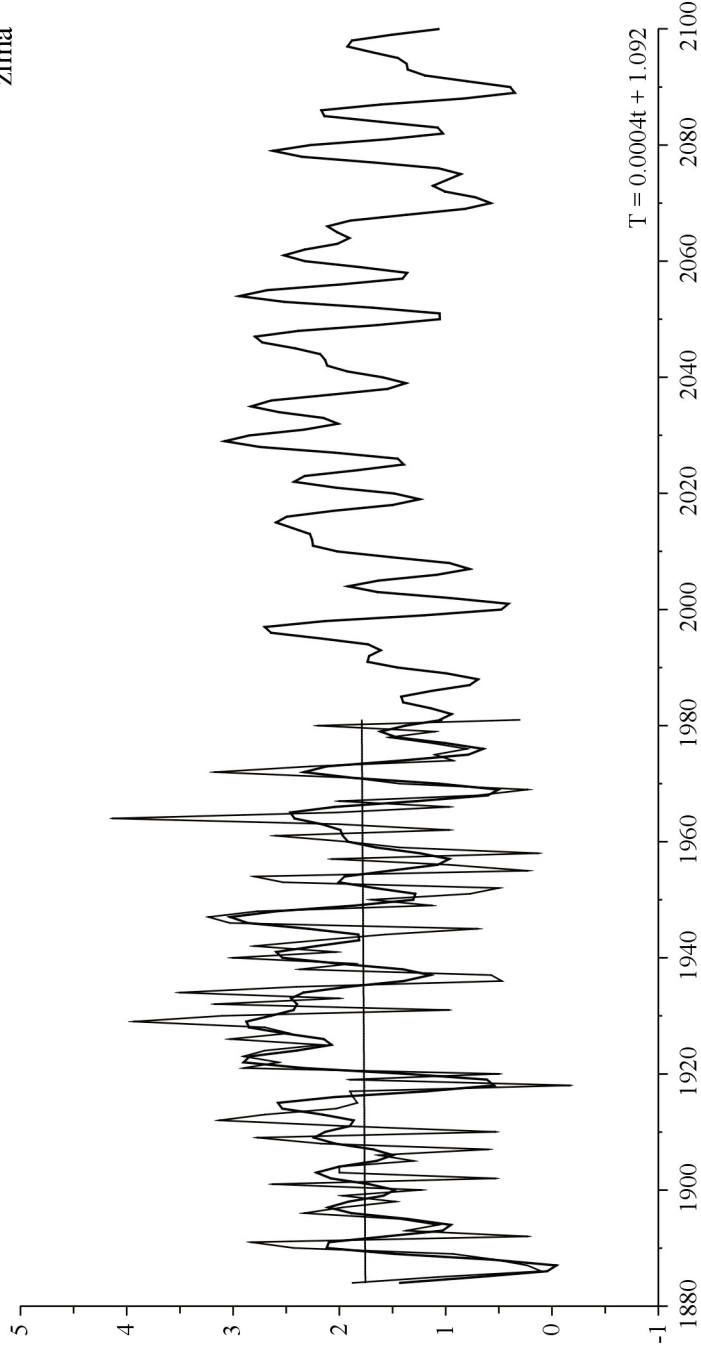




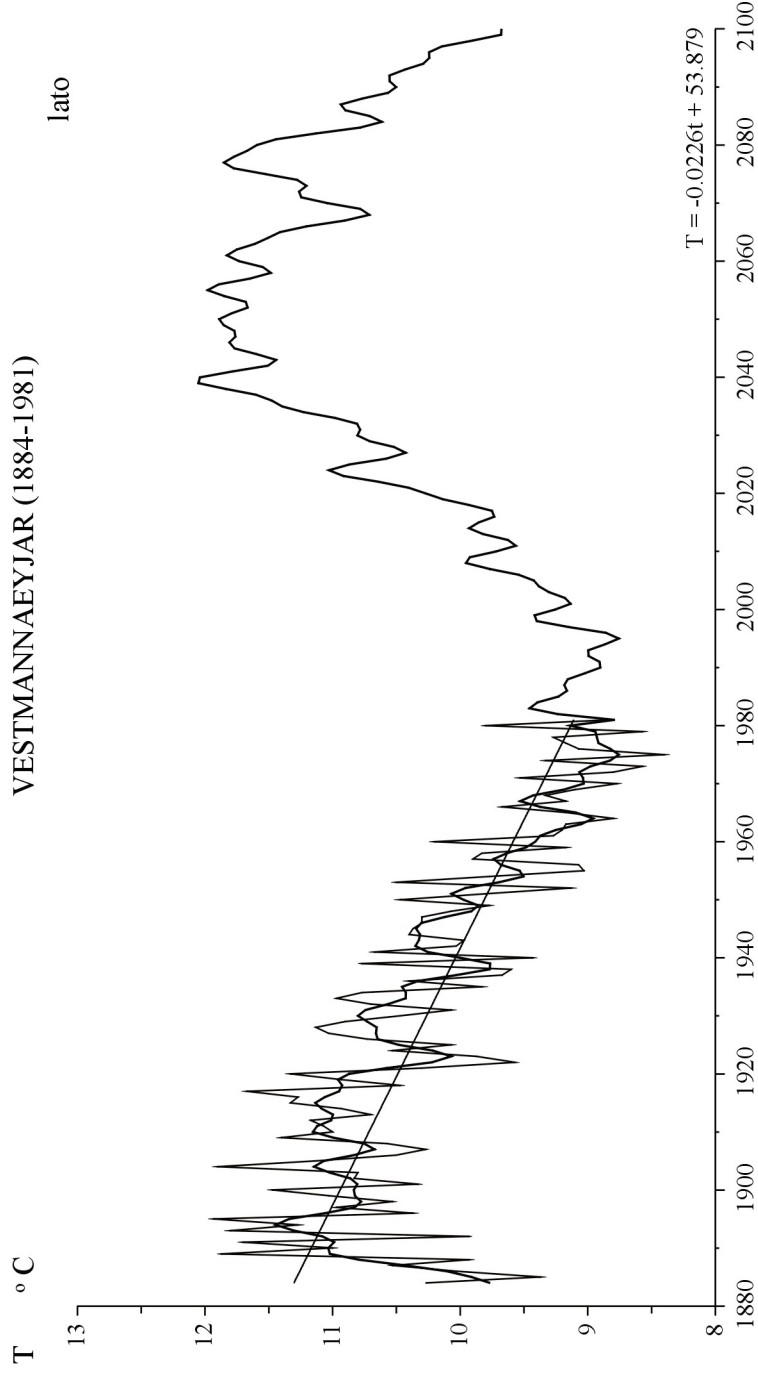
Rys. 73b. Zmiany temperatury powietrza w Uppsali w latach 1739-1970 – prognoza wiatkach 1971-2100 – lato  
 Fig. 73b. Changes of air temperature in Uppsala in the 1739-1970 – forecasts in years 1971-2100 – summer

VESTMANNAEYJAR (1884-1981) zima

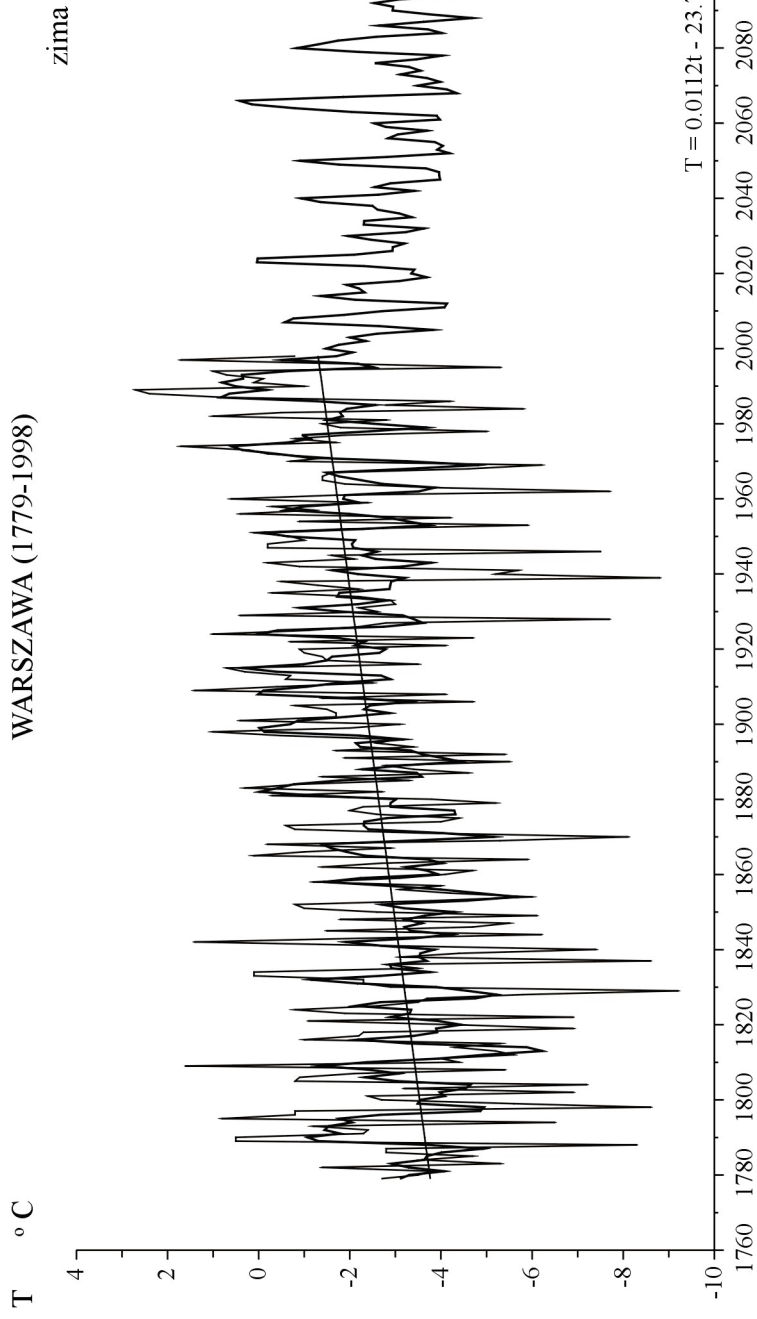
T °C



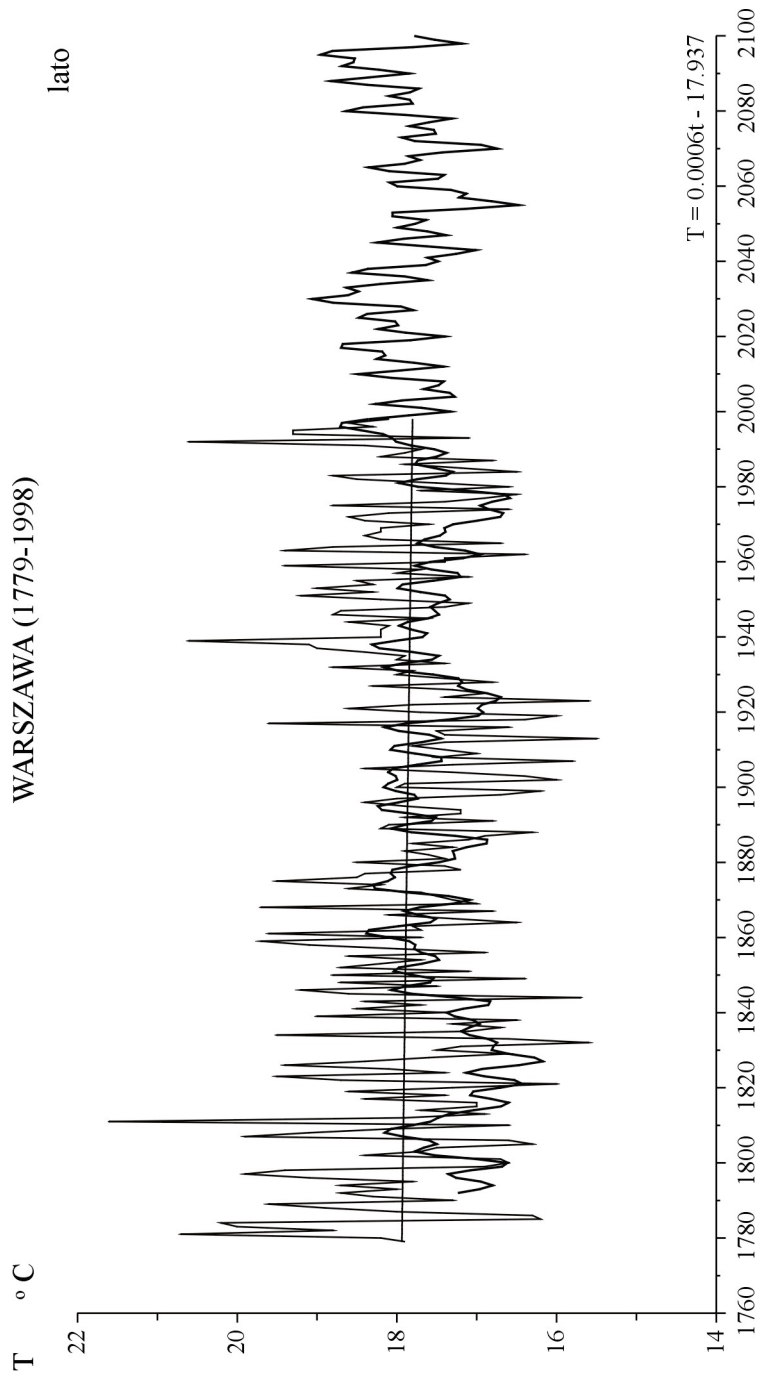
Rys. 74a. Zmiany temperatury powietrza w Vestmannaeyjar w latach 1884-1981 – prognoza wiatkach 1982-2100 – zima  
 Fig. 74a. Changes of air temperature in Vestmannaeyjar in the 1884-1981 – forecasts in years 1982-2100 – winter



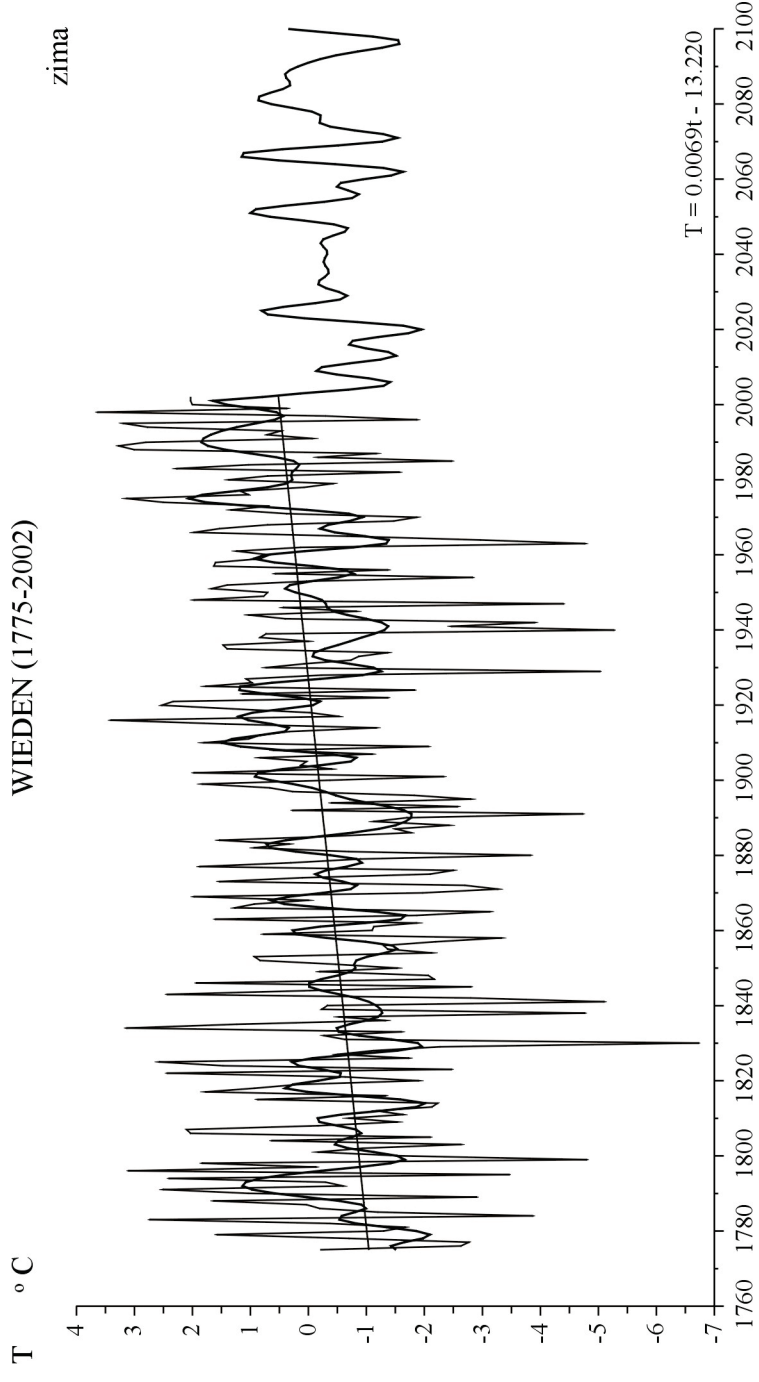
Rys. 74b. Zmiany temperatury powietrza w Vestmannaeyjar w latach 1884-1981 – prognoza wiatkach 1982-2100 – lato  
 Fig. 74b. Changes of air temperature in Vestmannaeyjar in the 1884-1981 – forecasts in years 1982-2100 – summer



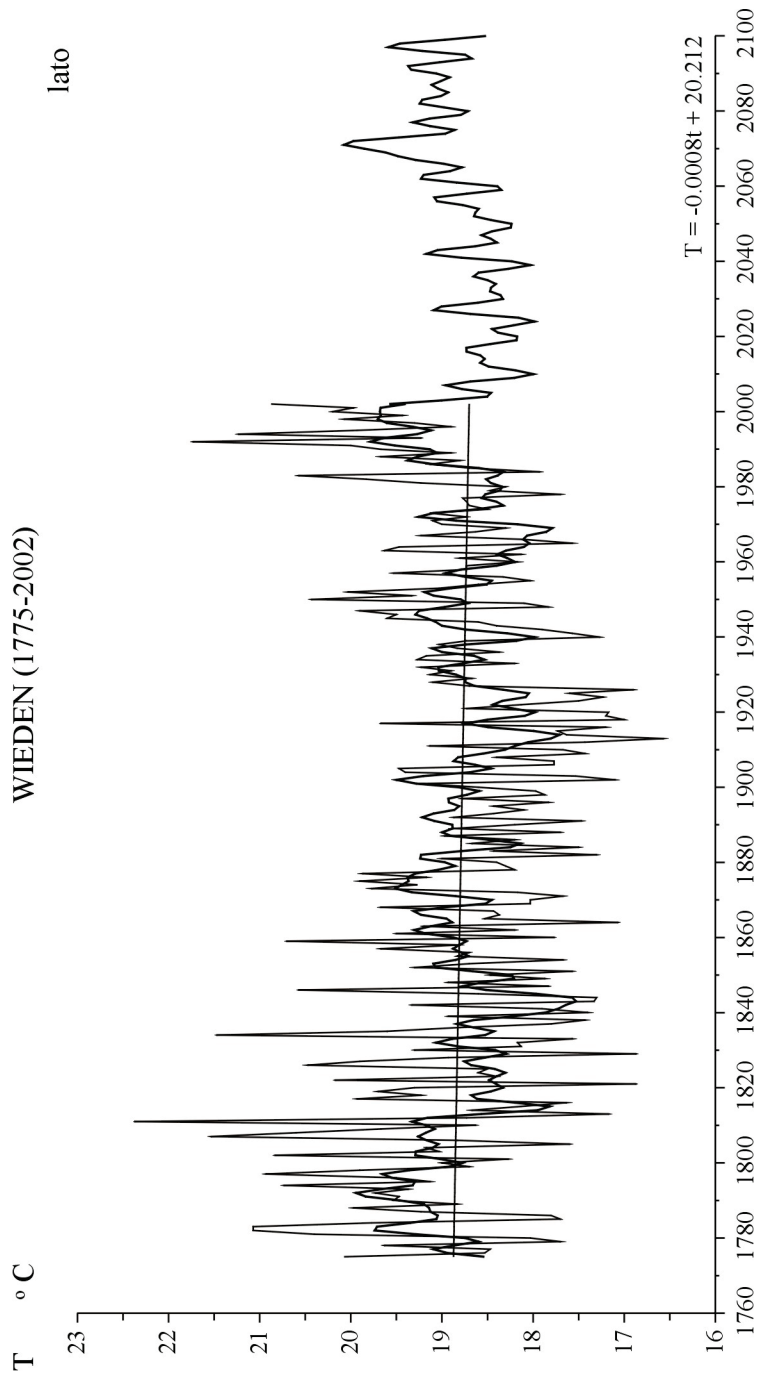
Rys. 75a. Zmiany temperatury powietrza w Warszawie w latach 1779-1998 – prognoza wiatkach 1999-2100 – zima  
 Fig. 75a. Changes of air temperature in Warsaw in the 1779-1998 – forecasts in years 1999-2100 – winter



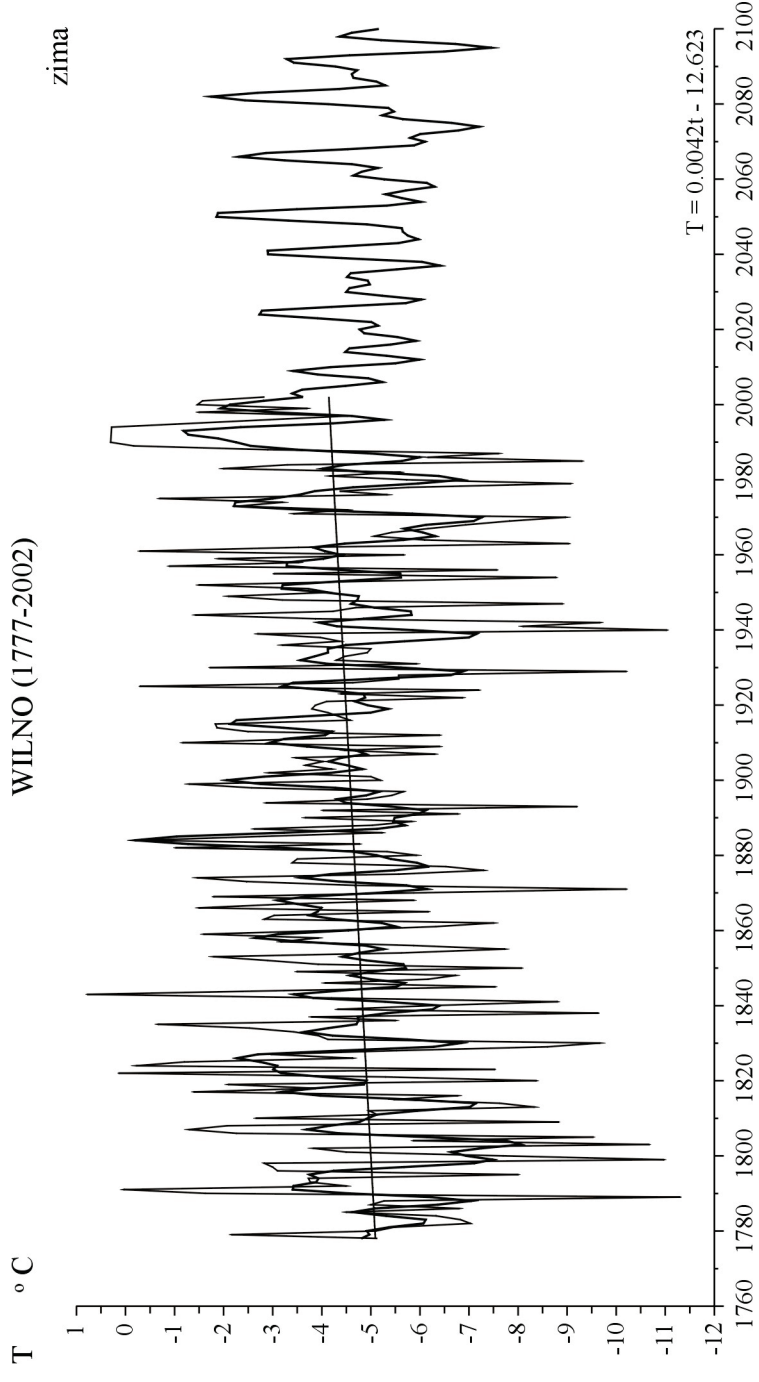
Rys. 75b. Zmiany temperatury powietrza w Warszawie w latach 1779-1998 – prognoza wiatych 1999-2100 – lato  
 Fig. 75b. Changes of air temperature in Warsaw in the 1779-1998 – forecasts in years 1999-2100 – summer



Rys. 76a. Zmiany temperatury powietrza w Wiedniu w latach 1775-2002 – prognoza w latach 2003-2100 – zima  
 Fig. 76a. Changes of air temperature in Vienna in the 1775-2002 – forecasts in years 2003-2100 – winter

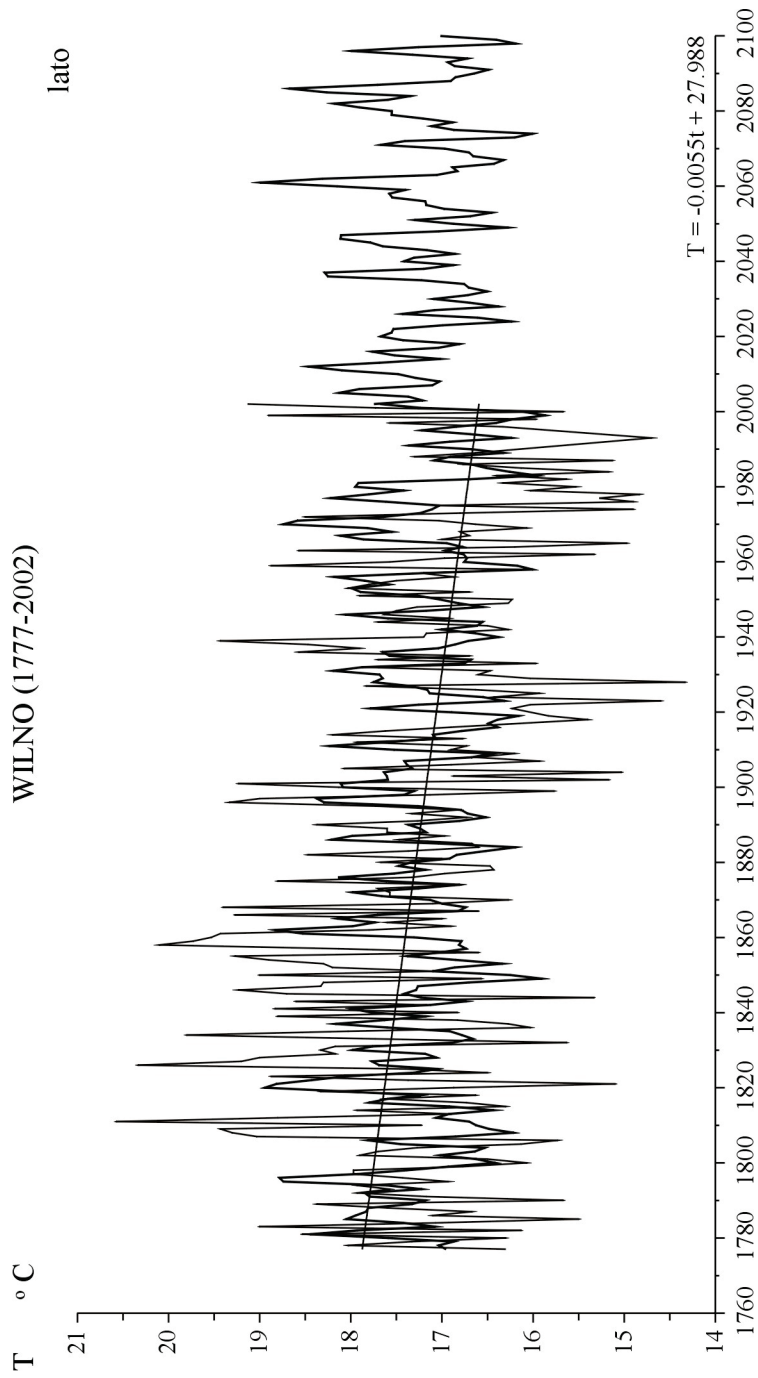


Rys. 76b. Zmiany temperatury powietrza w Wiedniu w latach 1775-2002 – prognoza wiatkach 2003-2100 – lato  
 Fig. 76b. Changes of air temperature in Vienna in the 1775-2002 – forecasts in years 2003-2100 – summer

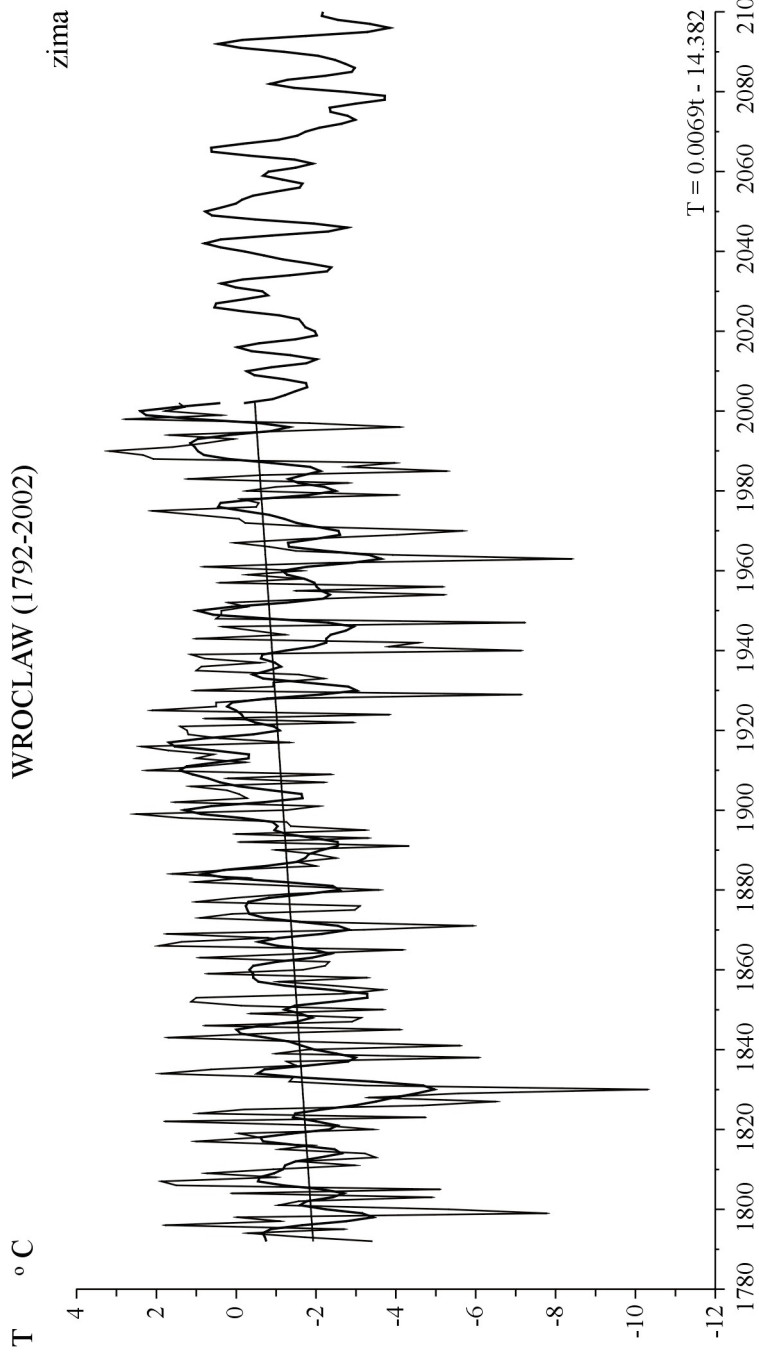


Rys. 77a. Zmiany temperatury powietrza w Wilnie w latach 1777-2002 – prognoza wiatkach 2003-2100 – zima  
 Fig. 77a. Changes of air temperature in Wilno in the 1777-2002 – forecasts in years 2003-2100 – winter

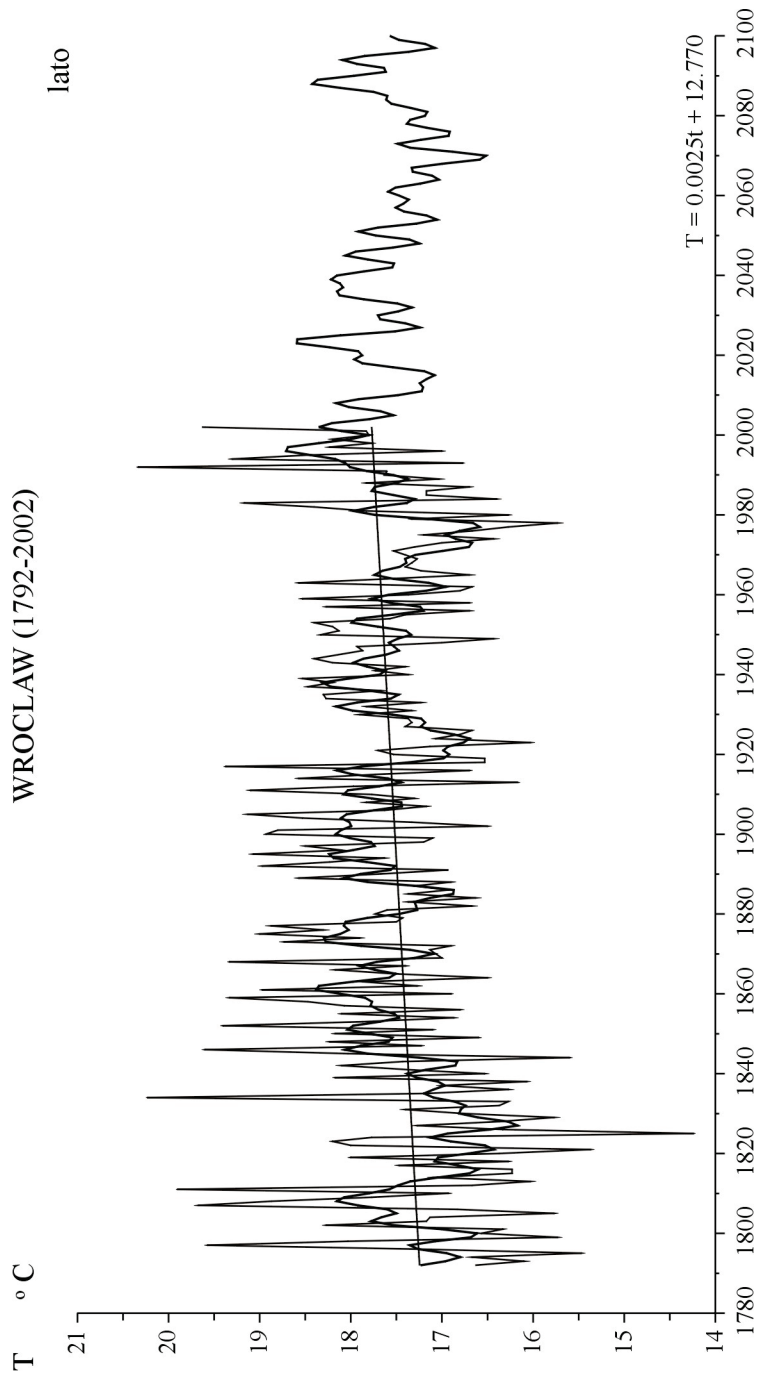




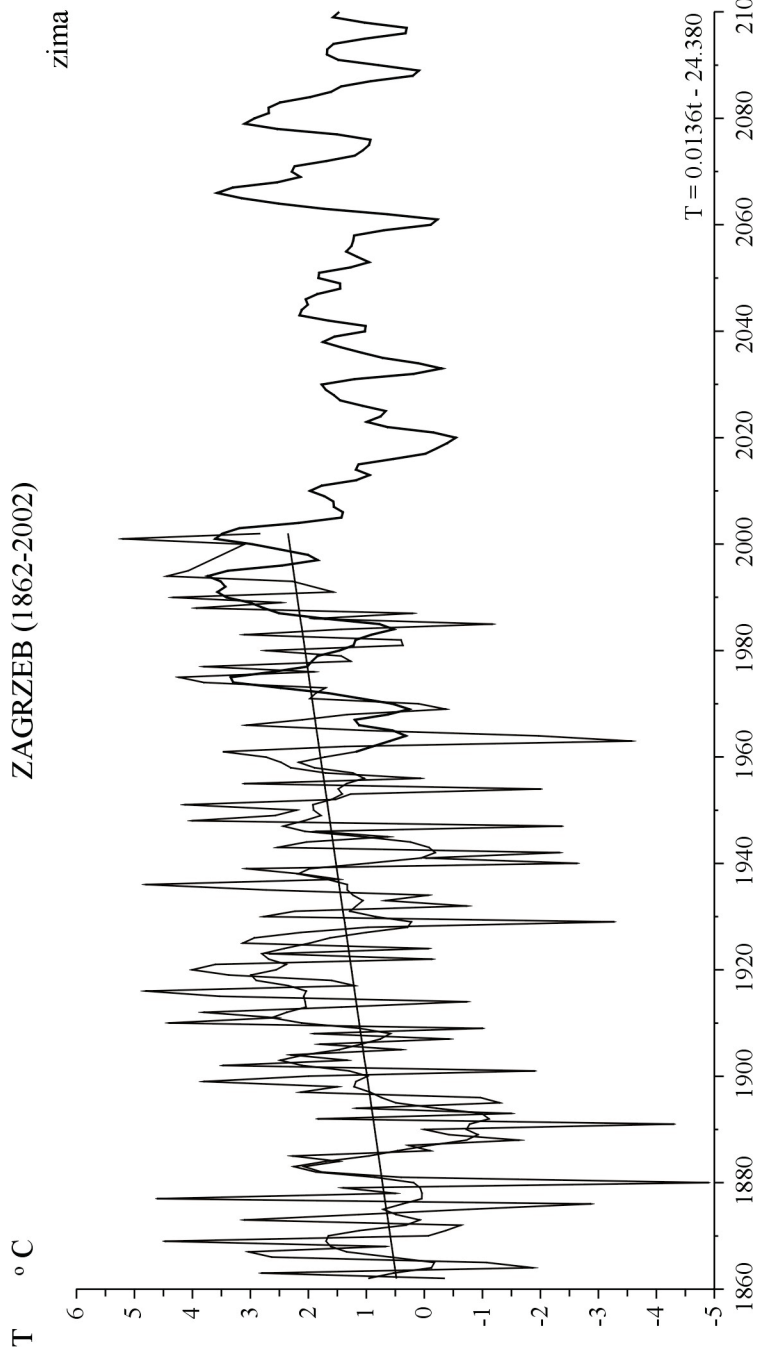
Rys. 77b. Zmiany temperatury powietrza w Wilnie w latach 1777-2002 – prognoza w latach 2003-2100 – lato  
 Fig. 77b. Changes of air temperature in Wilno in the 1777-2002 – forecasts in years 2003-2100 – summer



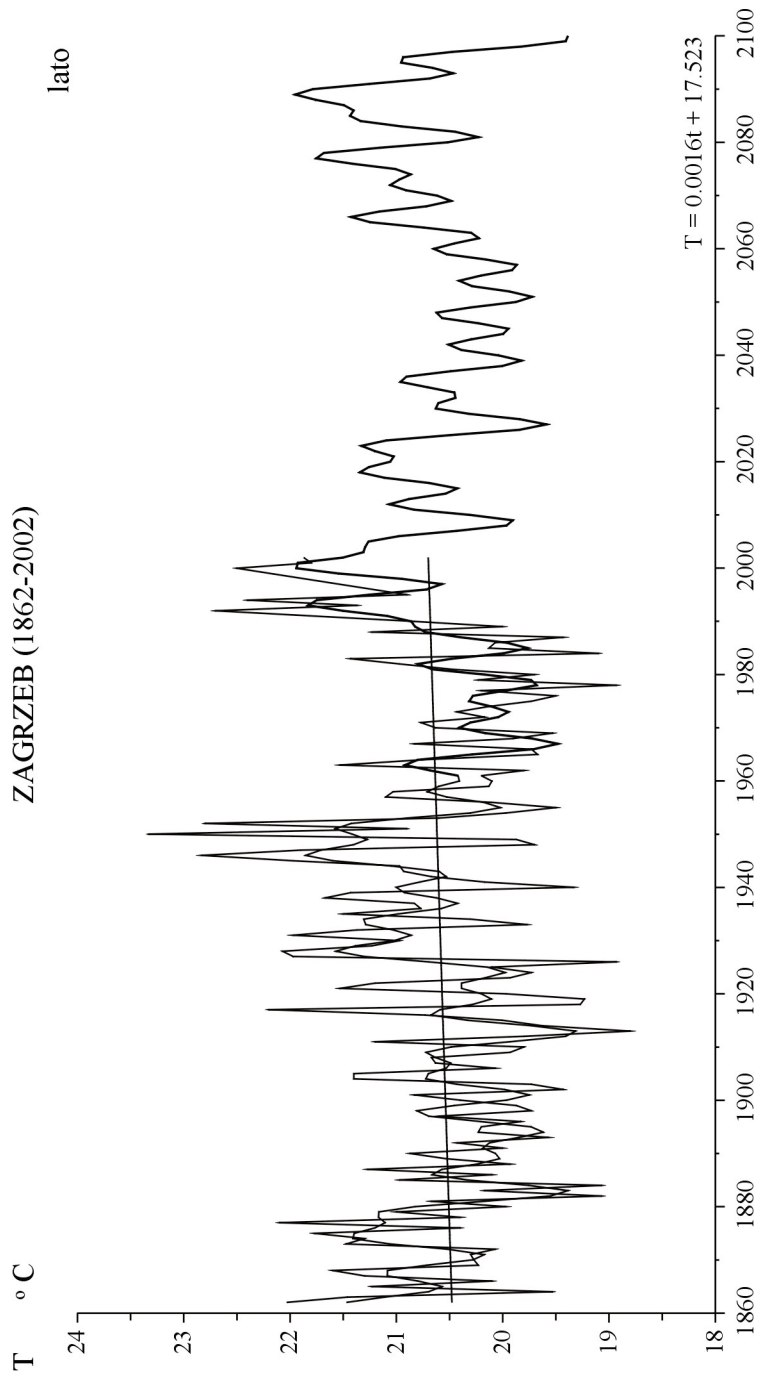
Rys. 78a. Zmiany temperatury powietrza we Wrocławiu w latach 1792-2002 – prognoza wiatych 2003-2100 – zima  
 Fig. 78a. Changes of air temperature in Wrocław in the 1792-2002 – forecasts in years 2003-2100 – winter



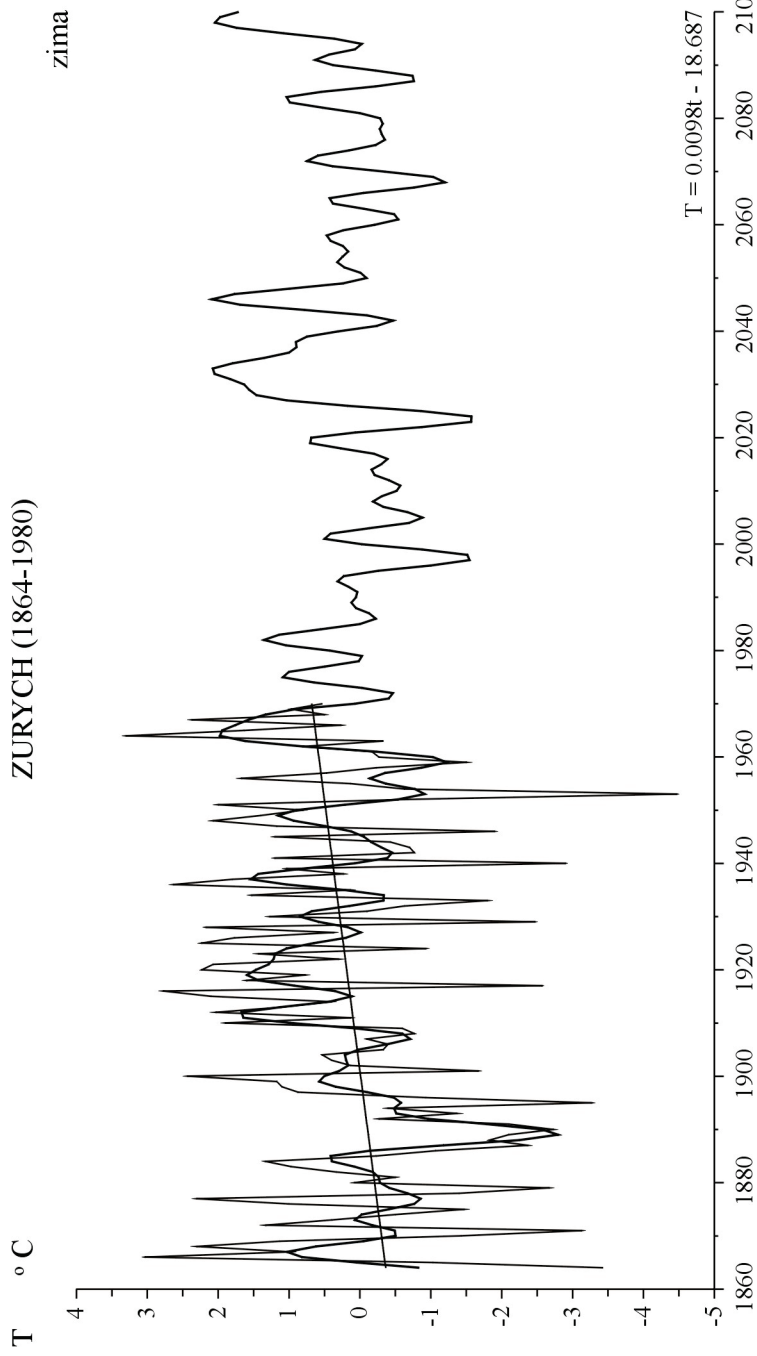
Rys. 78b. Zmiany temperatury powietrza we Wrocławiu w latach 1792-2002 – prognoza wiatkach 2003-2100 – lato  
 Fig. 78b. Changes of air temperature in Wrocław in the 1792-2002 – forecasts in years 2003-2100 – summer



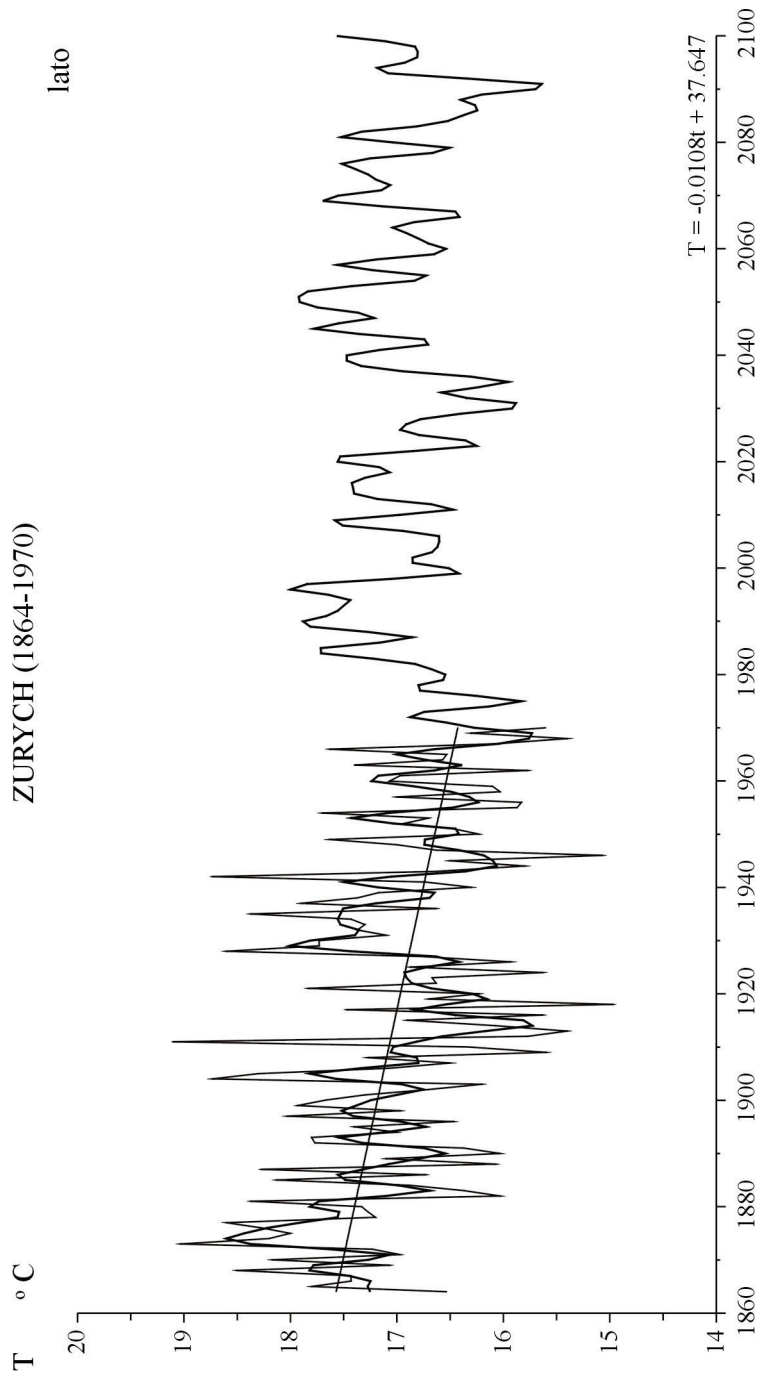
Rys. 79a. Zmiany temperatury powietrza w Zagrzebiu w latach 1862-2002 – prognoza wiatkach 2003-2100 – zima  
 Fig. 79a. Changes of air temperature in Zagreb in the 1862-2002 – forecasts in years 2003-2100 – winter



Rys. 79b. Zmiany temperatury powietrza w Zagrzebiu w latach 1862-2002 – prognoza wiatkach 2003-2100 – lato  
 Fig. 79b. Changes of air temperature in Zagrzeb in the 1862-2002 – forecasts in years 2003-2100 – summer



Rys. 80a. Zmiany temperatury powietrza w Zurychu w latach 1864-1970 – prognoza wiatkach 1971-2100 – zima  
 Fig. 80a. Changes of air temperature in Zurich in the 1864-1970 – forecasts in years 1971-2100 – winter



Rys. 80b. Zmiany temperatury powietrza w Zurychu w latach 1864-1970 – prognoza wiatkach 1971-2100 – lato  
 Fig. 80b. Changes of air temperature in Zurich in the 1864-1970 – forecasts in years 1971-2100 – summer

## VI. DOBOWE AMPLITUDY TEMPERATURY POWIETRZA W POLSCE I ICH ZALEŻNOŚĆ OD TYPÓW CYRKULACJI ATMOSFERYCZNEJ (1971-1995)

Ogólna cyrkulacja atmosferyczna nad Polską w dużej mierze decyduje o polu temperatury powietrza w Polsce. Na oddziaływanie czynników cyrkulacyjnych i radiacyjnych nakłada się wpływ czynników lokalnych oraz efekty transformacji powietrza wskutek procesu wymiany energii na powierzchni granicznej między atmosferą a jej podłożem.

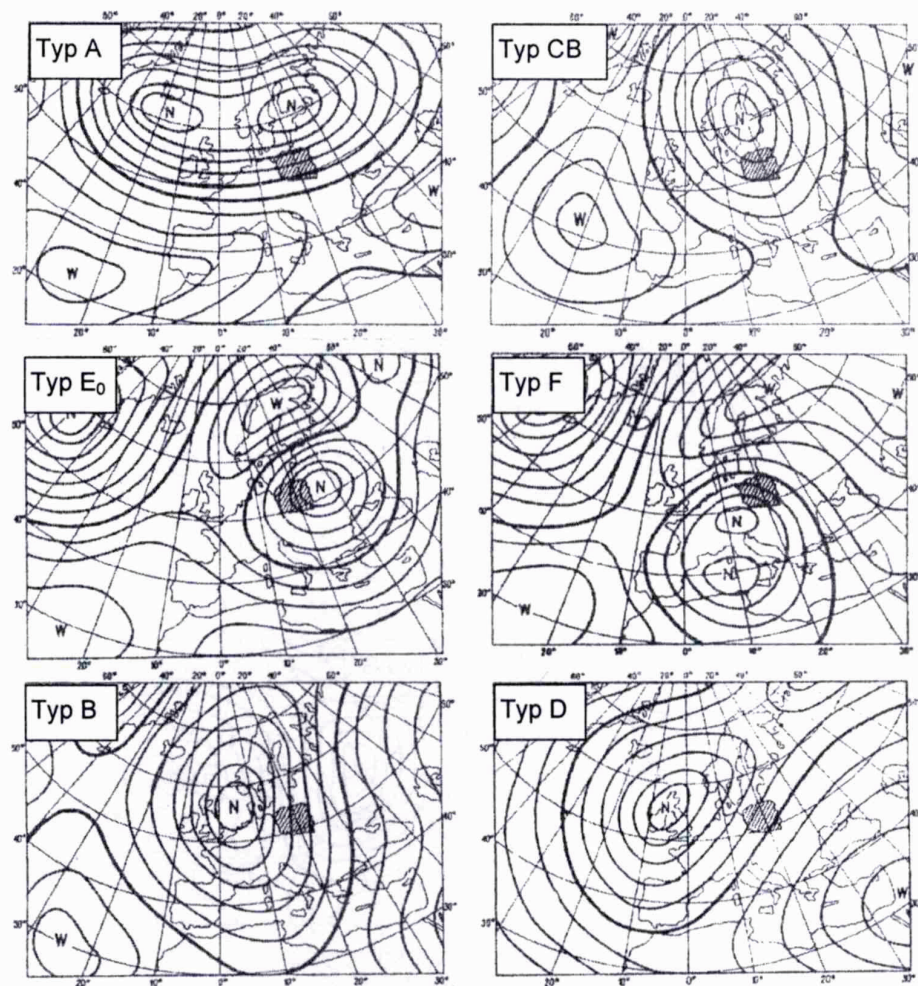
Pole temperatury powietrza można określić przede wszystkim na podstawie wartości średnich i ekstremalnych temperatury powietrza. Uzupełnieniem wymienionych charakterystyk są często amplitudy temperatury (dobowe, roczne) oraz anomalie termiczne (odchylenia od przyjętych norm np. średniej wieloletniej).

Głównym celem niniejszej pracy jest określenie zróżnicowania dobowych wahań temperatury powietrza na obszarze Polski w zależności od poszczególnych typów cyrkulacji atmosferycznej.

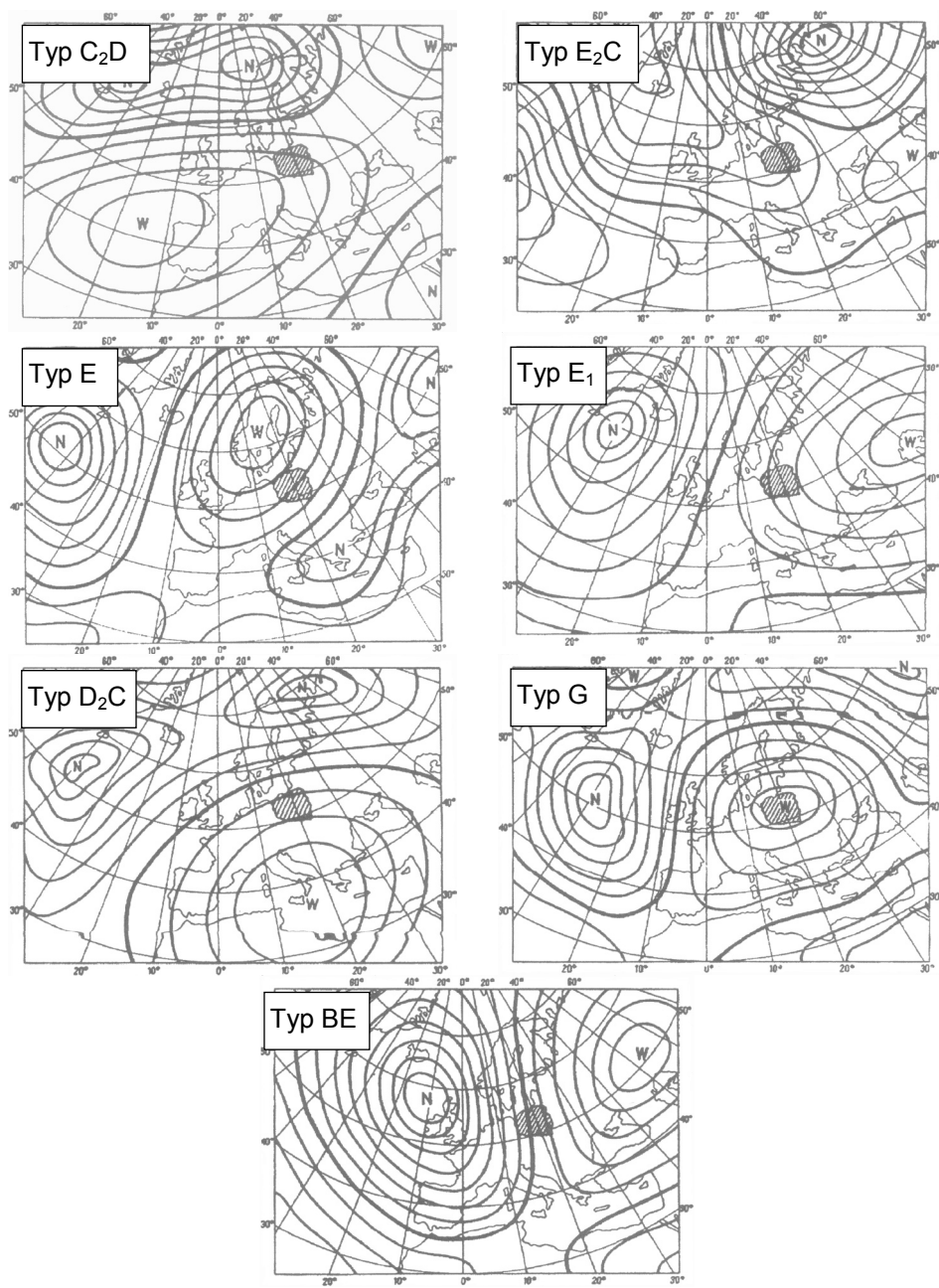
Typy cyrkulacji atmosferycznej w poszczególnych dniach analizowanego w pracy okresu 1971-1995 zaczerpnięto z katalogów B. Osuchowskiej-Klein (1971, 1991) i A. Ewerta, D. Baranowskiego (1997). Wyróżniono w nich 13 typów cyrkulacji atmosferycznej wyodrębnionych na podstawie odniesienia do wzorcowych układów barycznych na poziomie morza nad Europą i Północnym Atlantykiem, które warunkują określone kierunki adwekcji mas powietrza nad obszar Polski (rys. 81a, 81b).

Kierunek adwekcji mas powietrza	Analizowane w pracy typy cyrkulacji	
	Cyklonalne	Antycyklonalne
Zachodni	A	C <sub>2</sub> D
Północno-zachodni	CB	E <sub>2</sub> C
Północno-wschodni	E <sub>0</sub>	E
Północno-wschodni i wschodni	F	E <sub>1</sub>
Południowo-wschodni	B	–
Południowy	D	–
Południowo-zachodni i południowy	–	D <sub>2</sub> C
Centralny	–	G





Rys. 81a. Pole ciśnienia atmosferycznego cyklonalnych typów cyrkulacji atmosferycznej według klasyfikacji B. Osuchowskiej-Klein  
 Fig. 81a. Atmospheric pressure field of the cyclonal circulation types, after the classification by B. Osuchowska-Klein



Rys. 81b. Pole ciśnienia atmosferycznego antycyklonalnych typów cyrkulacji atmosferycznej według klasyfikacji B. Osuchowskiej-Klein  
 Fig. 81b. Atmospheric pressure field of the anticyclonic circulation types, after the classification by B. Osuchowska-Klein

Geograficzny rozkład na obszarze Polski dobowych amplitud temperatury ( $A_t$ ) oraz anomalii (odchylen od średniej wieloletniej) w poszczególnych typach cyrkulacji scharakteryzowano na podstawie map z wykorzystaniem danych pomiarowych z 59 stacji meteorologicznych IMGW (tab. 52). Dotyczą one zarówno poszczególnych miesięcy, jak też roku. Do oceny zmienności wymienionych charakterystyk termicznych w ciągu roku wykorzystano statystyczne miary zmienności: obszar zmienności, odchylenie standardowe oraz współczynnik zmienności (tab. 53a, b).

Tabela 52. Stacje meteorologiczne uwzględnione w opracowaniu  
Table 52. Meteorological stations selected for this study

Stacja meteorologiczna	Szerokość geograficzna	Długość geograficzna	Wysokość w m n.p.m.	Numer stacji*
Kołobrzeg	54,11	15,35	3	100
Koszalin	54,12	16,09	32	105
Ustka	54,35	16,52	6	115
Łeba	54,45	17,32	2	120
Lębork	54,33	17,45	17	125
Hel	54,36	18,49	1	135
Elbląg	54,10	19,26	40	160
Kętrzyn	54,04	21,22	108	185
Suwałki	54,08	22,57	184	195
Świnoujście	53,55	14,14	6	200
Szczecin	53,24	14,37	1	205
Resko	53,46	15,25	52	210
Szczecinek	53,43	16,41	137	215
Piła	53,08	16,45	72	230
Chojnice	53,42	17,33	172	235
Toruń	53,02	18,35	69	250
Mława	53,06	20,21	147	270
Olsztyn	53,46	20,25	133	272
Mikołajki	53,47	21,35	127	280
Ostrołęka	53,05	21,34	95	285
Białystok	53,06	23,10	148	295
Gorzów Wielkopolski	52,45	15,17	72	300
Słubice	52,21	14,36	21	310
Poznań	52,25	16,50	86	330
Koło	52,12	18,40	115	345
Płock	52,35	19,44	106	360
Warszawa	52,10	20,58	106	375
Siedlce	52,11	22,16	146	385
Terespol	52,04	23,37	133	399
Zielona Góra	51,56	15,32	192	400
Legnica	51,12	16,12	122	415
Leszno	51,50	16,32	91	418
Wrocław	51,09	16,53	115	424
Kalisz	51,44	18,05	140	435
Wieluń	51,13	18,34	200	455
Łódź	51,44	19,24	187	465
Sulejów	51,21	19,52	188	469
Kozienice	51,34	21,33	123	488
Lublin	51,13	22,24	238	495

Tabela 52. cd.  
Table 52. continuos

Stacja meteorologiczna	Szerokość geograficzna	Długość geograficzna	Wysokość w m n.p.m.	Numer stacji*
Włodawa	51,33	23,32	177	497
Jelenia Góra	50,54	15,48	342	500
Śnieżka	50,44	15,44	1603	510
Kłodzko	50,26	16,37	356	520
Opole	50,40	17,58	176	530
Racibórz	50,03	18,12	205	540
Częstochowa	50,49	19,06	293	550
Katowice	50,14	19,02	284	560
Kraków	50,05	19,48	237	566
Kielce	50,49	20,42	260	570
Tarnów	50,02	20,59	209	575
Rzeszów	50,06	22,03	200	580
Sandomierz	50,42	21,43	217	585
Zamość	50,42	23,15	212	595
Bielsko Biała	49,48	19,00	398	600
Zakopane	49,18	19,57	857	625
Kasprowy Wierch	49,14	19,59	1991	650
Nowy Sącz	49,37	20,42	292	660
Lesko	49,28	22,21	420	690
Przemyśl	49,48	22,46	279	695

\* Podane numery stacji obowiązują przy międzynarodowej wymianie danych w ramach Światowej Organizacji Meteorologicznej (wg danych IMGW).

Tab. 53a. Miary zmienności: empiryczny zakres zmienności –  $R$  (°C), odchylenie standardowe –  $\sigma$  (°C), współczynnik zmienności –  $V_s$  (%) dla rocznego przebiegu dobowej amplitudy temperatury w cyklonalnych typach cyrkulacji (1971-1995)

Table 53a. Measures of variation: range –  $R$  (°C), standard deviation –  $\sigma$  (°C), coefficient of variation –  $V_s$  (%) for annual course of diurnal air temperature range (1971-1995) – cyclonal circulation types

Numer stacji	A			CB			E <sub>0</sub>			F			B			D		
	R	$\sigma$	$V_s$	R	$\sigma$	$V_s$	R	$\sigma$	$V_s$	R	$\sigma$	$V_s$	R	$\sigma$	$V_s$	R	$\sigma$	$V_s$
100	3,2	1,2	21,0	2,1	0,9	16,5	1,7	0,6	12,2	4,6	1,6	29,2	4,9	1,6	27,9	5,8	2,1	28,3
105	3,8	1,5	26,0	3,2	1,1	20,5	3,5	1,2	21,5	6,4	2,2	34,3	6,1	2,0	33,0	6,1	2,3	30,9
115	3,8	1,4	25,1	2,5	0,8	17,4	1,8	0,6	13,3	5,6	1,9	35,3	5,5	1,7	30,4	5,7	2,1	29,7
120	4,1	1,5	26,9	2,9	1,0	18,8	2,1	0,8	15,1	5,6	2,0	33,8	5,9	1,9	30,2	6,0	2,2	30,1
125	5,2	1,9	30,8	3,6	1,3	21,1	4,7	1,6	25,0	7,4	2,8	40,1	7,2	2,5	36,0	7,3	2,8	34,3
135	4,5	1,7	32,5	3,6	1,3	26,8	3,5	1,4	27,7	6,0	2,1	41,5	6,2	2,1	39,7	6,2	2,4	38,8
160	4,9	1,8	27,9	4,1	1,5	24,6	3,6	1,3	21,5	6,3	2,3	36,4	6,5	2,3	37,0	6,8	2,6	33,9
185	5,9	2,1	31,8	5,0	1,9	28,7	4,8	1,6	25,6	8,2	3,0	45,4	7,0	2,7	39,5	7,6	3,0	37,7
195	6,9	2,6	37,9	5,6	2,1	30,9	5,2	1,7	26,8	9,4	3,4	46,1	8,5	3,2	43,6	9,1	3,4	41,8
200	3,9	1,5	25,9	2,8	1,1	20,2	2,8	0,9	17,4	3,8	1,3	26,9	4,5	1,6	29,4	5,5	2,1	30,1
205	4,5	1,7	26,9	4,2	1,5	22,9	4,7	1,8	27,0	6,0	2,3	35,9	6,8	2,2	32,3	6,6	2,4	29,9
210	4,7	1,8	28,3	4,0	1,4	22,5	4,6	1,8	26,9	6,7	2,5	36,8	7,4	2,4	36,3	6,8	2,6	32,7
215	4,5	1,7	29,0	3,8	1,4	23,5	4,8	1,8	27,3	7,4	2,8	40,6	8,0	2,5	39,1	7,3	2,7	34,3
230	7,1	2,3	30,6	4,8	1,9	26,4	5,1	2,0	26,7	7,2	2,7	38,8	7,9	2,7	36,4	8,4	2,9	29,8
235	6,0	2,2	33,7	4,1	1,7	26,7	4,9	1,9	29,3	7,4	2,8	41,8	7,5	2,5	39,7	7,6	2,9	36,7
250	6,8	2,3	31,9	5,4	2,0	29,5	5,4	1,9	27,7	8,0	2,9	41,7	7,6	2,7	37,2	8,1	3,0	33,1
270	7,2	2,4	33,4	5,3	2,1	29,5	4,6	1,7	26,3	7,6	2,8	40,8	7,1	2,6	37,6	7,7	3,0	34,3
272	6,1	2,2	33,9	5,0	1,9	29,5	4,9	1,6	26,0	7,8	3,0	43,9	7,5	2,7	39,5	8,1	3,2	38,5
280	4,9	1,9	30,5	4,6	1,6	27,3	4,2	1,4	23,9	7,5	2,7	42,9	6,4	2,4	37,9	6,9	2,6	34,7

Tab. 53a. cd.  
Table 53a. continuos

Numer stacji	A			CB			E <sub>0</sub>			F			B			D		
	R	$\sigma$	V <sub>s</sub>	R	$\sigma$	V <sub>s</sub>	R	$\sigma$	V <sub>s</sub>	R	$\sigma$	V <sub>s</sub>	R	$\sigma$	V <sub>s</sub>	R	$\sigma$	V <sub>s</sub>
285	6,8	2,5	33,9	5,7	2,1	29,8	5,5	1,8	27,8	8,5	3,0	41,3	7,2	2,9	38,4	8,5	3,2	35,9
295	7,7	2,7	35,4	6,2	2,3	31,5	5,4	1,8	26,1	9,5	3,4	44,6	7,9	3,2	39,8	8,9	3,4	36,6
300	5,1	1,8	26,3	4,4	1,6	25,2	4,7	1,9	28,8	6,1	2,3	36,2	6,3	2,2	32,4	5,9	2,2	25,5
310	5,6	2,0	26,8	4,8	1,7	24,4	5,1	2,0	26,5	7,0	2,5	34,2	6,7	2,1	27,3	6,5	2,3	24,3
330	6,4	2,1	28,8	4,9	1,8	27,0	4,7	1,9	26,3	6,9	2,5	38,3	6,8	2,2	31,9	7,4	2,7	29,1
345	6,0	2,0	28,5	5,1	1,9	28,6	4,9	1,8	28,0	7,4	2,8	41,3	6,4	2,3	33,2	7,3	2,7	29,7
360	6,8	2,2	31,0	5,4	1,9	28,6	4,7	1,7	25,7	7,8	2,9	42,8	6,4	2,5	35,1	7,6	2,9	32,1
375	7,0	2,4	31,2	5,7	2,1	29,0	5,0	1,8	27,3	7,6	2,9	39,8	6,6	2,6	34,0	7,7	2,9	30,5
385	7,0	2,6	32,5	6,0	2,3	30,7	5,6	1,9	28,4	8,9	3,1	41,7	7,2	3,0	37,3	8,3	3,1	33,8
399	7,1	2,6	32,1	6,2	2,3	30,5	5,8	1,9	27,4	9,0	3,3	43,2	7,7	3,1	37,1	7,9	3,1	31,9
400	4,6	1,6	23,0	4,3	1,6	25,5	4,5	1,7	26,9	5,7	2,1	34,6	6,0	2,0	29,6	5,4	2,1	24,4
415	4,6	1,5	18,5	4,7	1,8	24,7	4,4	1,8	25,7	5,8	2,3	33,4	6,5	1,9	24,9	6,8	2,5	24,0
418	6,6	2,1	25,5	5,6	2,1	28,1	5,2	1,9	26,1	6,7	2,3	31,7	6,8	2,1	27,8	7,7	2,7	25,1
424	5,2	1,7	19,3	5,0	1,8	23,4	4,8	1,7	23,2	6,4	2,2	29,7	6,2	1,9	22,9	7,0	2,5	22,0
435	6,4	2,1	28,3	4,9	1,9	28,5	4,9	1,8	27,7	7,1	2,7	39,4	6,5	2,2	31,1	6,8	2,6	27,7
455	6,3	2,2	29,4	5,6	2,0	28,8	5,0	1,8	26,6	7,5	2,6	37,3	6,1	2,2	30,2	7,2	2,7	29,1
465	7,1	2,4	31,5	5,6	2,1	29,4	5,6	1,8	27,5	7,8	2,8	39,4	6,4	2,4	32,7	7,7	2,9	30,5
469	7,4	2,5	30,8	5,8	2,1	29,0	5,5	1,8	27,1	8,7	3,0	40,4	7,0	2,6	33,4	7,6	3,0	29,4
488	7,3	2,6	31,2	6,4	2,2	29,5	5,8	2,0	29,2	8,6	3,1	40,3	8,9	3,2	37,2	8,3	3,2	31,5
495	6,9	2,4	31,3	5,7	2,1	28,9	5,0	1,8	26,9	8,5	2,9	40,2	7,2	2,8	34,5	7,4	2,9	31,1
497	8,3	2,8	34,0	6,0	2,3	29,9	5,3	1,9	27,7	9,0	3,4	45,0	8,2	3,1	36,4	8,0	3,1	30,8
500	5,6	1,7	18,7	5,0	1,7	20,7	4,6	1,5	18,5	4,8	1,8	23,6	5,1	1,5	17,8	5,8	2,1	17,4
510	1,0	0,3	6,9	0,9	0,3	6,3	1,1	0,3	7,7	2,9	0,8	18,5	2,0	0,6	14,2	2,5	0,7	13,9
520	6,7	2,2	27,8	5,3	2,0	27,8	4,7	1,7	23,9	6,4	2,2	32,5	7,1	2,2	31,5	8,1	3,0	31,8
530	5,8	2,0	24,4	4,9	1,8	25,0	5,0	1,7	26,5	7,3	2,5	35,6	6,1	2,1	28,6	7,0	2,7	27,8
540	7,0	2,3	27,8	5,3	1,9	25,0	4,6	1,7	23,7	6,4	2,3	30,2	6,2	2,1	27,2	7,4	2,8	27,6
550	6,3	2,1	28,6	5,5	1,9	28,4	4,8	1,7	26,3	5,9	2,1	31,2	5,8	2,1	30,2	7,1	2,6	28,3
560	6,1	2,1	26,1	5,5	2,0	25,8	4,9	1,7	24,3	6,7	2,3	30,3	6,1	2,1	25,9	6,5	2,4	22,3
566	5,2	1,8	19,3	5,4	1,8	21,9	4,6	1,5	20,8	7,2	2,5	31,3	6,2	2,2	25,3	6,6	2,2	18,6
570	7,3	2,4	27,6	6,3	2,2	27,6	5,5	1,8	25,5	8,4	3,0	38,7	7,4	2,8	33,4	8,2	3,1	28,0
575	5,6	2,1	24,0	5,5	1,9	24,3	4,9	1,6	22,7	7,6	2,4	30,7	5,7	2,2	27,6	7,2	2,7	26,6
580	7,9	2,8	32,1	6,8	2,4	30,1	5,7	1,9	25,7	9,5	3,3	39,2	7,3	2,8	30,9	8,5	3,3	31,3
585	6,3	2,2	27,0	5,4	2,0	27,2	4,8	1,7	26,4	8,1	2,8	39,4	6,8	2,5	32,6	6,9	2,6	27,7
595	7,9	2,7	31,8	6,4	2,2	28,4	5,7	1,9	26,0	8,6	3,4	41,0	7,3	2,9	30,6	7,5	2,8	26,3
600	4,6	1,7	21,6	4,3	1,6	21,7	4,2	1,3	20,3	5,9	1,7	23,7	4,5	1,6	21,3	5,9	2,0	21,4
625	3,2	1,0	11,0	3,6	1,2	13,9	3,2	1,0	15,1	5,8	1,8	21,8	4,4	1,4	17,0	5,2	1,4	12,6
650	1,6	0,5	8,7	1,5	0,4	7,1	1,2	0,4	8,3	2,6	0,7	15,4	2,4	0,7	15,2	2,4	0,7	13,1
660	6,1	2,0	21,1	5,5	1,9	21,4	4,9	1,6	20,8	8,5	2,6	28,8	6,6	2,3	25,7	7,4	2,5	21,5
690	6,4	2,4	30,8	5,8	2,1	28,6	4,8	1,7	25,3	7,3	2,4	29,3	7,0	2,3	27,4	7,5	2,7	29,0
695	6,1	2,2	28,1	5,4	1,9	26,5	4,2	1,5	23,3	7,1	2,6	34,1	6,1	2,3	27,6	6,2	2,3	24,6

Tab. 53b. Miary zmienności: empiryczny zakres zmienności –  $R$  (°C), odchylenie standardowe –  $\sigma$  (°C), współczynnik zmienności –  $V_s$  (%) dla rocznego przebiegu dobowej amplitudy temperatury w antycyklonalnych typach cyrkulacji (1971-1995)

Table 53b. Measures of variation: range –  $R$  (°C), standard deviation –  $\sigma$  (°C), coefficient of variation –  $V_s$  (%) for annual course of diurnal air temperature range (1971-1995) – anticyclonal circulation types

Numer stacji	C <sub>2</sub> D			E <sub>2</sub> C			E			E <sub>1</sub>			D <sub>2</sub> C			G		
	R	$\sigma$	$V_s$	R	$\sigma$	$V_s$	R	$\sigma$	$V_s$	R	$\sigma$	$V_s$	R	$\sigma$	$V_s$	R	$\sigma$	$V_s$
100	3,5	1,4	23,3	3,6	1,4	23,2	4,4	1,5	23,5	8,0	2,7	33,1	7,7	3,0	34,3	7,2	2,6	30,6
105	4,9	2,0	29,9	6,1	2,2	30,4	7,3	2,7	32,5	8,1	2,8	33,8	8,8	3,3	36,8	8,0	3,0	32,6
115	3,3	1,3	23,5	3,6	1,2	22,5	4,7	1,6	24,7	7,6	2,6	32,4	7,9	2,9	35,4	7,0	2,4	29,4
120	4,2	1,7	27,3	4,3	1,6	24,6	5,2	1,9	26,8	8,3	2,9	32,9	8,2	3,2	36,7	7,5	2,7	30,1
125	6,2	2,5	33,2	6,9	2,6	30,8	9,0	3,4	35,3	10,1	3,5	36,0	10,3	3,9	39,1	9,6	3,7	33,7
135	6,0	2,3	38,5	7,2	2,4	39,1	6,2	2,5	37,7	8,5	3,2	45,6	8,3	3,1	42,6	8,3	3,2	40,9
160	5,9	2,4	31,5	7,0	2,4	29,5	6,5	2,3	29,1	8,0	3,0	36,3	9,2	3,5	38,6	9,1	3,4	35,6
185	6,3	2,5	32,5	7,1	2,6	33,0	7,4	2,8	33,2	8,8	3,5	38,3	8,7	3,5	38,8	9,2	3,5	37,9
195	6,5	2,7	34,6	6,9	2,6	32,0	7,3	2,6	31,1	10,7	4,2	39,2	9,9	3,8	41,4	10,3	3,7	37,6
200	4,5	1,9	28,7	4,5	1,7	24,9	4,2	1,6	24,7	5,9	2,3	32,2	7,7	3,0	35,4	7,3	2,8	33,0
205	6,5	2,7	33,9	8,1	2,8	33,1	8,9	3,4	35,6	8,4	3,2	35,1	9,0	3,5	34,1	10,4	3,7	34,7
210	6,9	2,9	35,2	8,5	3,1	34,6	9,3	3,5	35,8	9,0	3,5	38,1	10,0	3,7	37,3	10,7	4,0	36,5
215	6,6	2,7	35,4	7,7	2,7	33,6	9,2	3,5	37,2	9,5	3,6	38,2	9,7	3,6	37,3	10,4	3,7	34,9
230	7,9	3,4	35,1	9,6	3,4	34,3	9,0	3,6	35,7	9,5	3,7	36,8	12,1	4,2	35,6	10,5	4,0	33,1
235	7,2	2,9	36,8	8,2	3,0	36,6	9,1	3,4	39,3	9,3	3,6	40,3	9,7	3,6	38,3	9,4	3,6	36,8
250	7,4	3,1	34,9	9,1	3,3	35,9	8,9	3,4	36,0	10,1	3,9	39,0	11,2	4,1	38,1	10,5	4,0	35,0
270	6,9	3,0	35,0	8,1	3,1	35,0	8,0	2,9	34,2	8,9	3,6	38,2	10,1	3,8	37,6	9,4	3,6	34,5
272	6,8	2,9	36,0	7,8	2,9	35,4	7,4	2,8	32,6	10,4	4,0	39,5	9,5	3,8	39,1	9,9	3,6	34,7
280	6,1	2,2	31,5	6,7	2,3	31,9	6,5	2,4	31,6	8,2	3,1	35,7	7,5	3,0	36,2	7,5	2,9	32,9
285	7,5	3,1	35,8	8,4	3,2	35,6	8,6	3,1	34,4	10,6	4,1	39,4	10,8	4,1	39,1	10,0	3,9	36,2
295	7,1	2,9	34,6	7,7	3,1	35,6	7,5	2,7	30,8	10,3	4,1	36,7	10,6	4,0	39,5	9,8	3,7	34,9
300	6,5	2,7	32,7	7,6	2,9	34,4	8,3	3,3	37,7	8,1	3,2	35,4	9,4	3,3	31,6	9,8	3,5	34,7
310	7,4	3,0	32,2	9,8	3,5	35,3	10,7	4,0	37,7	9,2	3,5	32,3	10,7	3,7	30,1	12,0	4,0	31,4
330	7,4	3,1	34,2	8,8	3,2	35,0	8,2	3,3	36,6	8,9	3,4	36,0	10,5	3,6	32,7	10,3	3,8	34,3
345	6,6	2,7	34,0	8,0	3,1	38,1	7,9	3,1	37,9	8,5	3,5	36,4	10,4	3,5	34,1	9,5	3,4	34,0
360	6,9	2,9	35,6	8,7	3,3	38,6	7,9	3,0	35,2	9,9	3,7	39,1	10,9	3,9	37,8	10,4	3,7	35,8
375	6,8	2,9	34,8	8,0	3,0	36,1	7,8	2,9	34,9	9,5	3,6	35,7	10,5	3,8	34,6	9,4	3,4	33,3
385	7,4	3,1	36,5	8,8	3,2	36,7	8,6	3,0	34,4	11,2	4,1	38,5	10,9	3,9	37,4	10,0	3,7	35,0
399	7,3	2,9	34,5	8,0	2,9	33,6	7,9	2,7	32,1	10,2	3,8	35,5	10,1	3,7	36,0	8,9	3,4	33,2
400	5,7	2,2	29,2	6,6	2,5	33,4	7,0	2,8	37,1	7,0	2,7	32,3	8,4	2,8	28,0	7,5	2,6	28,6
415	6,9	2,5	27,7	8,6	3,1	34,6	9,7	3,6	41,4	9,2	3,5	33,0	11,0	3,4	26,7	10,6	3,7	31,3
418	7,9	3,2	32,3	9,1	3,5	35,8	9,5	3,7	39,2	9,4	3,5	33,8	10,8	3,6	29,0	10,4	3,8	32,0
424	6,1	2,4	24,8	7,5	2,9	30,0	8,9	3,4	37,7	8,9	3,3	29,9	9,9	3,3	24,5	9,2	3,2	25,9
435	7,1	2,8	34,5	8,0	3,1	37,3	8,3	3,2	39,4	8,4	3,3	34,5	10,3	3,6	33,2	9,7	3,3	32,0
455	7,4	2,9	35,1	8,7	3,1	36,0	8,8	3,3	39,3	8,7	3,3	33,3	9,9	3,5	32,8	9,5	3,3	31,0
465	7,2	2,9	34,3	8,8	3,3	38,2	8,0	3,0	36,3	8,5	3,2	33,0	10,4	3,7	34,5	9,5	3,4	32,1
469	7,5	3,0	34,2	9,4	3,4	37,1	9,3	3,3	37,6	9,7	3,6	32,7	11,6	4,0	34,6	10,6	3,6	32,2
488	7,7	3,0	34,7	8,4	3,2	35,2	8,4	3,0	34,8	11,2	4,4	38,5	11,2	3,9	34,1	9,7	3,7	33,9
495	6,5	2,7	33,5	7,1	2,7	32,4	7,4	2,6	32,5	9,7	3,5	35,8	9,4	3,6	35,2	8,4	3,0	31,2
497	7,1	2,9	34,4	7,8	2,9	34,0	7,8	2,7	32,2	10,4	3,7	35,1	9,6	3,6	34,4	8,6	3,1	31,5
500	5,3	1,8	16,7	7,7	2,9	26,6	8,4	3,2	31,3	6,7	2,6	21,1	10,0	3,1	20,0	7,5	2,3	15,4
510	1,6	0,4	8,4	1,3	0,3	6,7	1,0	0,3	6,1	1,3	0,4	8,4	2,3	0,6	10,7	2,0	0,7	11,4
520	7,2	2,7	28,9	8,5	3,0	30,6	9,1	3,4	38,4	10,3	3,9	38,4	12,5	4,3	34,8	9,4	3,3	27,6
530	6,9	2,5	29,2	8,1	2,9	33,7	8,5	3,2	38,2	9,0	3,4	33,2	10,1	3,6	30,5	9,2	3,2	28,1
540	6,8	2,6	29,1	8,6	3,1	33,3	9,0	3,2	38,0	8,7	3,4	32,1	11,1	3,9	32,2	10,4	3,5	30,8
550	6,4	2,5	32,5	6,9	2,6	32,3	6,9	2,6	35,8	6,7	2,6	29,0	9,4	3,2	30,5	7,6	2,7	27,3

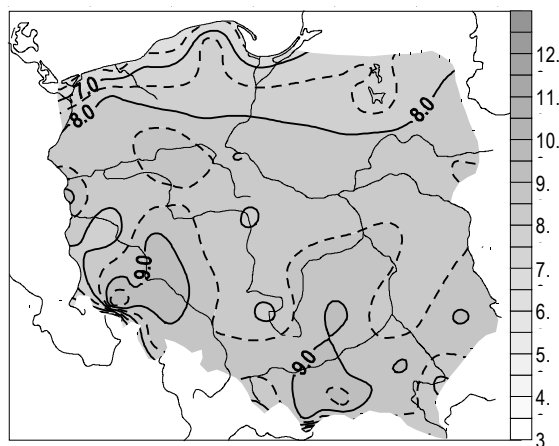
Tab. 53b. cd.  
Table 53b. continuos

Numer stacji	C <sub>2</sub> D			E <sub>2</sub> C			E			E <sub>1</sub>			D <sub>2</sub> C			G		
	R	σ	V <sub>s</sub>	R	σ	V <sub>s</sub>	R	σ	V <sub>s</sub>	R	σ	V <sub>s</sub>	R	σ	V <sub>s</sub>	R	σ	V <sub>s</sub>
560	6,6	2,5	29,5	7,8	2,9	32,3	8,1	3,0	36,3	7,5	2,9	27,1	9,7	3,4	28,0	8,4	2,9	25,2
566	5,6	2,1	24,4	7,3	2,6	29,3	7,8	2,8	36,4	8,8	3,5	33,1	9,8	3,3	26,0	8,3	2,9	26,9
570	6,9	2,7	29,6	8,9	3,2	34,2	8,7	3,0	35,3	10,2	3,6	32,8	11,3	3,9	31,8	9,3	3,2	27,8
575	6,1	2,3	27,0	8,4	2,8	32,0	8,3	2,8	34,5	8,6	3,0	28,1	9,2	3,3	28,7	8,2	2,9	27,6
580	7,1	2,8	30,7	8,1	2,9	31,1	8,5	3,0	34,5	10,5	3,8	33,8	10,8	3,8	31,2	8,9	3,1	28,0
585	5,9	2,5	31,2	6,9	2,6	31,9	7,4	2,6	34,9	8,9	3,1	32,5	8,7	3,2	30,9	8,1	2,9	30,4
595	7,0	2,9	32,7	7,7	2,9	31,9	8,0	2,8	32,3	10,2	3,7	32,7	9,8	3,6	31,4	8,7	3,2	29,2
600	4,3	1,7	21,0	7,2	2,4	28,3	6,5	2,4	31,8	4,9	2,0	20,9	7,5	2,6	23,3	5,6	2,0	19,5
625	3,0	1,1	12,7	5,6	1,5	16,6	5,2	1,6	20,0	4,7	1,8	16,4	6,2	2,1	16,8	3,9	1,3	11,4
650	1,4	0,4	7,7	1,9	0,5	9,1	1,3	0,4	7,7	1,7	0,5	8,9	2,8	0,8	12,5	1,9	0,5	8,2
660	5,7	2,0	21,4	8,0	2,4	25,2	8,2	2,8	32,2	7,6	2,8	22,5	9,5	3,2	23,9	7,7	2,6	21,6
690	6,2	2,2	27,9	7,3	2,5	30,4	7,3	2,5	32,5	6,9	2,5	21,3	8,3	3,0	27,0	7,1	2,4	22,7
695	5,7	2,2	30,1	6,4	2,4	31,4	6,2	2,3	32,3	8,1	3,0	30,6	7,6	2,8	28,5	6,6	2,5	27,6

## 1. Dobowe wahania temperatury powietrza na obszarze Polski

Dobowa amplituda temperatury powietrza zależy nie tylko od charakteru podłoża, wysokości n.p.m. oraz odległości od linii brzegowej Bałtyku, ale również od częstości występowania w danym miejscu mas powietrza pochodzenia morskiego i kontynentalnego, czyli od warunków ogólnej cyrkulacji atmosferycznej.

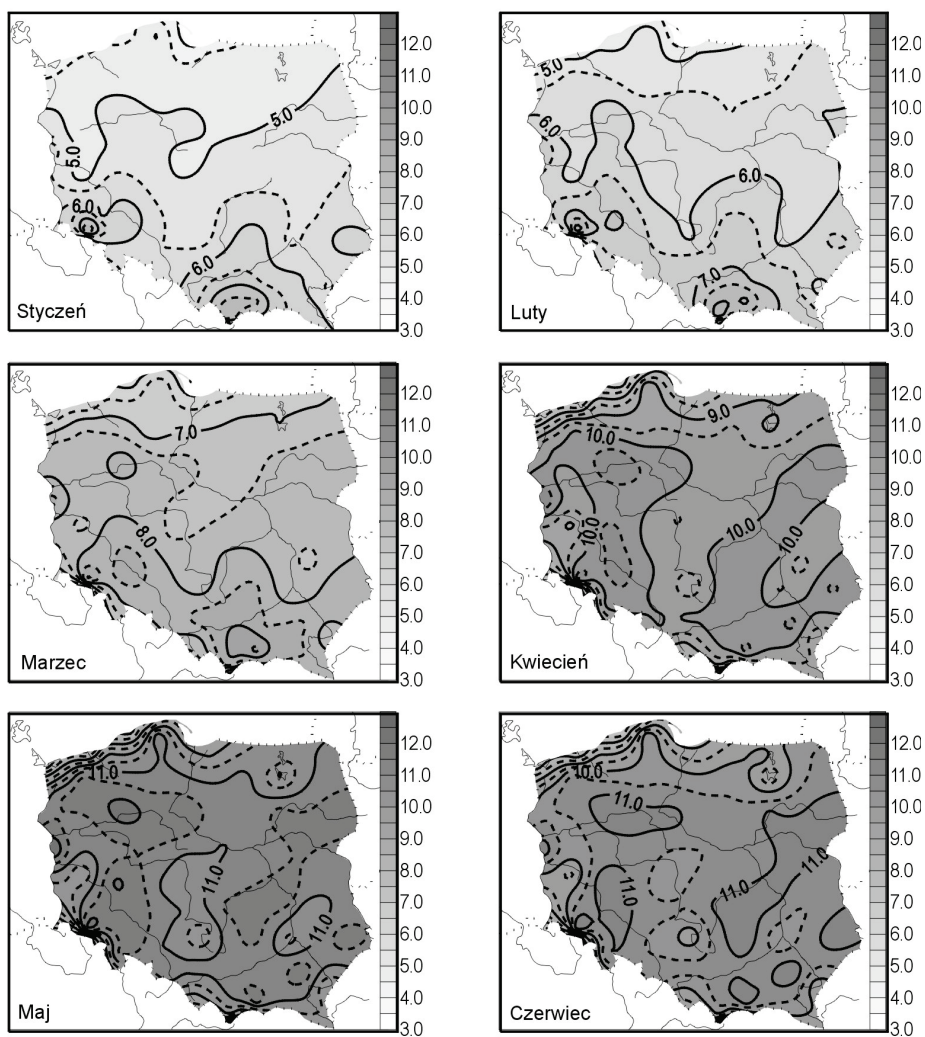
Wszystkie te czynniki powodują, że w nizinnej części Polski układ izotypm średniej dobowej amplitudy temperatury powietrza jest w ciągu roku zbliżony do równoleżnikowego (rys. 82). Obserwuje się także wyraźne zmniejszenie dobowych wahań temperatury w bezpośrednim sąsiedztwie Bałtyku.



Rys. 82. Dobowa amplituda temperatury powietrza w Polsce (°C) w latach (1971-1995)  
Fig. 82. Diurnal air temperature range in Poland (°C) in the years (1971-1995)

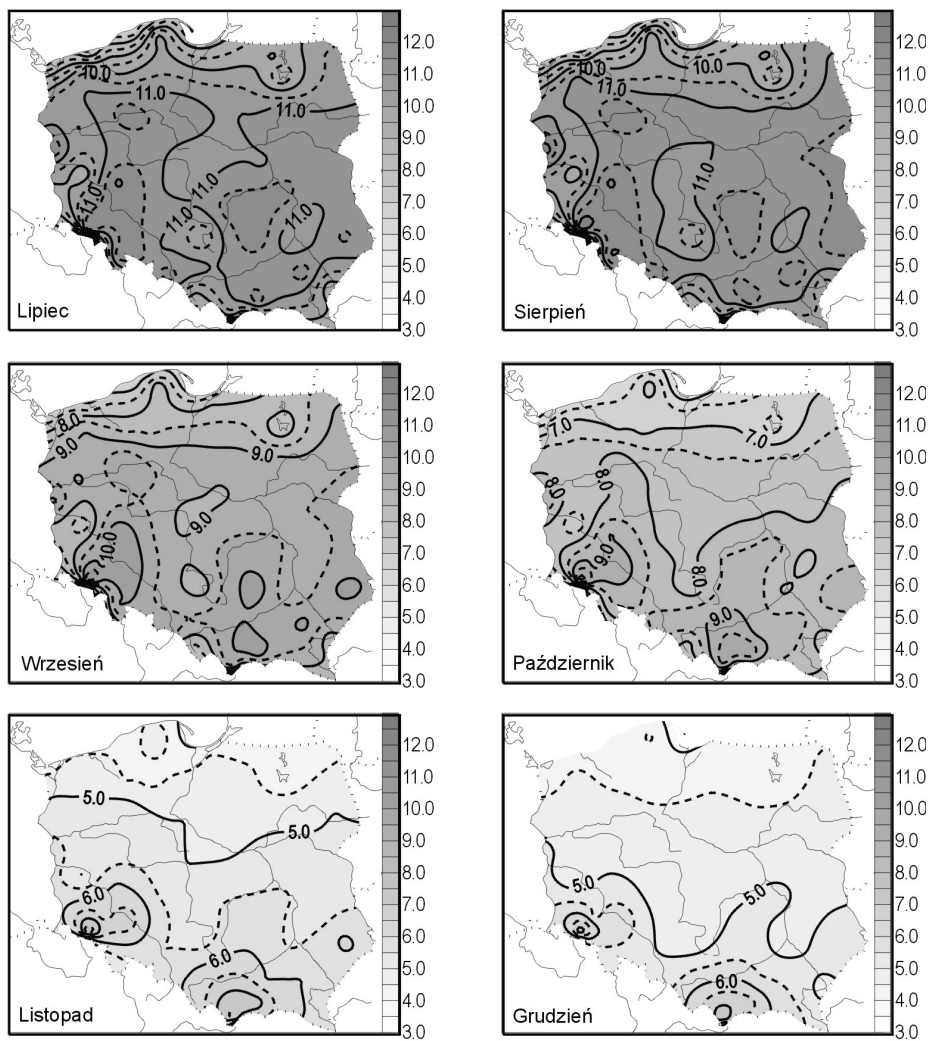
Średnie dobowe wahania temperatury na przeważającym obszarze Polski mieszczą się w wąskim przedziale od 7°C do 9°C. Jedynie na wybrzeżu, gdzie łagodzące oddziaływanie Morza Bałtyckiego i Atlantyku jest największe, średnia amplituda  $A_t$  jest mniejsza od 7°C. Dobowe wahania temperatury rosną z północo-zachodu na południo-wschód i osiągają największe wartości (ponad 9°C) na południo-wschodzie kraju.

Najmniejsze dobowe amplitudy temperatury w ciągu roku obserwuje się w grudniu lub w listopadzie (okolice Suwałk). W okresie od stycznia do maja dobowe wahania temperatury szybko rosną (rys. 83, 84). Na północy Polski właśnie maj jest miesiącem, w którym amplituda  $A_t$  jest największa (lokalnie ponad 13°C).



Rys. 83. Zmiany dobowej amplitudy temperatury powietrza w Polsce (°C) w ciągu roku (1971-1995)  
 Fig. 83. Changes of diurnal air temperature range in Poland (°C) during the year (1971-1995)





Rys. 84. Zmiany dobowej amplitudy temperatury powietrza w Polsce (°C) w ciągu roku (1971-1995)  
 Fig. 84. Changes of diurnal air temperature range in Poland (°C) during the year (1971-1995)

Na stacjach reprezentujących pozostałą część Polski maksimum dobowych wahań temperatury powietrza przypada na sierpień.

Jesienią obserwuje się szybki spadek dobowej amplitudy temperatury. Od listopada do lutego, głównie za sprawą często przemieszczających się nad obszarem Polski układów o charakterze cyklonalnym dobowe wahania temperatury są bardzo małe.

## 2. Zależność dobowej amplitudy temperatury od typów cyrkulacji atmosferycznej

Zasięg i charakter oddziaływania poszczególnych typów cyrkulacji atmosferycznej ma bezpośrednie przełożenie na dobowe wahania temperatury powietrza.

Typy cyrkulacji o charakterze cyklonalnym, głównie z powodu większego zachmurzenia, wilgotności oraz prędkości wiatru charakteryzują się najczęściej mniejszymi w stosunku do antycyklonalnych dobowymi wahaniami temperatury powietrza.

Chmury ograniczają dopływ promieniowania słonecznego w ciągu dnia, a zwiększają promieniowanie zwrotne ku Ziemi. Przy wzroście prędkości wiatru zwiększa się turbulencja powietrza w kierunku pionowym i wymiana ciepła obejmuje grubszą warstwę powietrza. Wzrost wilgotności powietrza powoduje natomiast zwiększenie pojemności cieplnej, co skutkuje spadkiem dobowych wahań temperatury.

Na przeważającym obszarze Polski najmniejsze dobowe amplitudy temperatury w ciągu roku obserwuje się przy północno-wschodniej i wschodniej cyrkulacji  $E_0$ , północno-zachodniej cyrkulacji CB oraz południowo-wschodniej cyrkulacji F.

Małe dobowe wahania temperatury powietrza, szczególnie na stacjach reprezentujących północną część kraju, występują również przy południowej cyrkulacji B oraz zachodniej cyrkulacji A.

Wśród cyklonalnych typów cyrkulacji większymi od średniej amplitudy temperatury wyróżnia się południowo-zachodnia cyrkulacja D, która na znacznym obszarze Polski powoduje większe amplitudy  $A_t$  niż antycyklonalne typy cyrkulacji:  $E_2C$ ,  $C_2D$  oraz E. Wartość kształtowanych przez nią dodatnich anomalii  $A_t$  na obszarze Polski jest jednak istotnie zróżnicowana. Na stacjach reprezentujących południową część kraju średnia wartość dobowej amplitudy temperatury powietrza w typie D przekracza  $10-11^{\circ}C$  podczas gdy na północy osiąga zaledwie  $7-8^{\circ}C$ .

Największe dobowe amplitudy temperatury powietrza w ciągu całego roku występują w antycyklonalnych typach cyrkulacji: G (średnia roczna wartość  $A_t$  – od ok.  $8^{\circ}C$  na wybrzeżu do ponad  $12^{\circ}C$  na Nizinie Śląskiej) oraz  $D_2C$  (od  $9^{\circ}C$  na północy kraju do ponad  $13^{\circ}C$  w okolicach Jeleniej Góry).

W chłodnym półroczu, głównie ze względu na znacznie większe zachmurzenie i niekorzystne warunki solarne, dobowe wahania temperatury powietrza są mniejsze, a ich wartość w cyklonalnych i antycyklonalnych typach cyrkulacji podobna.

Amplitudy temperatury powietrza, większe od średnich obserwuje się wówczas przy centralnej cyrkulacji G (w styczniu od  $6^{\circ}C$  w Zatoce Gdańskiej do ponad  $10^{\circ}C$  w okolicach Nowego Sącza i Jeleniej Góry) oraz południowo-wschodniej i wschodniej cyrkulacji  $E_1$  (od  $5^{\circ}C$  na Pomorzu do ponad  $8^{\circ}C$  na południu Polski). Na stacjach reprezentujących południową część Polski dużymi wartościami  $A_t$  wyróżnia się ponadto: południowo-zachodnia cyrkulacja D oraz południowo-zachodnia i południowa cyrkulacja  $D_2C$ , natomiast na północnym-zachodzie Polski również południowo-wschodnia cyrkulacja F.

Najmniejsze dobowe amplitudy temperatury powietrza w Polsce obserwuje się najczęściej przy napływie do Polski powietrza z północy w typach: E, CB,  $E_2C$  oraz E, a na północy kraju również w zasięgu oddziaływania typów cyrkulacji z sektora południowo-zachodniego: D, B oraz  $D_2C$ .

Zakres dobowych wahań temperatury wzrasta od listopada (w Suwałkach) lub od grudnia (na pozostałych stacjach) aż do sierpnia, jednak w cyklonalnych typach cyрку-

lacji ten wzrost jest wolniejszy. W lipcu średnia różnica pomiędzy wartością dobowej amplitudy temperatury w cyklonalnych i antycyklonalnych typach cyrkulacji wynosi już ponad  $4,0^{\circ}\text{C}$ .

W ciepłym półroczu (IV-IX) największe dobowe wahania temperatury powietrza (lokalnie nawet powyżej  $15-16^{\circ}\text{C}$ ) obserwuje się przy południowo-wschodniej i wschodniej cyrkulacji  $E_1$ , południowo-zachodniej i południowej cyrkulacji  $D_2C$  oraz centralnej cyrkulacji G.

Mniejsze od średnich dobowe amplitudy temperatury obserwuje się przy cyklonalnych typach cyrkulacji związanych ze sływem powietrza z sektora północnego i zachodniego:  $E_0$ , CB oraz A a na zachodzie Polski również z sektora południowego: B i F.

Analiza charakteru oddziaływania na obszarze Polski poszczególnych typów cyrkulacji w ciągu roku (na podstawie wartości i znaku anomalii dobowej amplitudy temperatury) umożliwia wyróżnienie 3 grup typów:

I – typy: A, CB,  $E_0$ , F oraz B w zachodniej części Polski – przez większą część roku kształtują ujemne odchylenia  $A_t$ ;

II – typy:  $E_2C$ ,  $C_2D$  oraz E (z wyłączeniem Pojezierza Pomorskiego) – w zasięgu ich oddziaływania występują nieznaczne anomalie  $A_t$  (odchylenia oscylują w pobliżu zera);

III – typy: G,  $D_2C$ ,  $E_1$ , D oraz E w północno-zachodniej części Polski – przez przeważającą część roku kształtują dodatnie odchylenia  $A_t$ .

Największe przestrzenne zróżnicowanie dobowych wahań temperatury powietrza na obszarze Polski występuje w zasięgu oddziaływania typów cyrkulacji z sektora południowego:  $D_2C$ , D, B oraz przy centralnej cyrkulacji G. Skrajnie duże zróżnicowanie amplitud obserwuje się w lutym przy południowo-zachodniej i południowej cyrkulacji  $D_2C$ . Dobowe amplitudy temperatury na Nizinie Śląskiej przekraczają wówczas o ponad  $6^{\circ}\text{C}$  zakres wahań temperatury w Zatoce Gdańskiej.

Latem największe różnice  $A_t$  między południowo-wschodnią i północno-zachodnią częścią Polski występują przy południowo-wschodniej i wschodniej cyrkulacji  $E_1$ , południowej cyrkulacji B, południowo-zachodniej cyrkulacji D oraz południowo-wschodniej cyrkulacji F.

W chłodnym półroczu na południu Polski w czasie występowania typów związanych ze sływem powietrza z sektora południowego lub zachodniego:  $C_2D$ ,  $D_2C$ ,  $E_1$ , B, D i F wartość dobowej amplitudy temperatury powietrza jest średnio o  $2,0-4,0^{\circ}\text{C}$  większa niż na północy Polski.

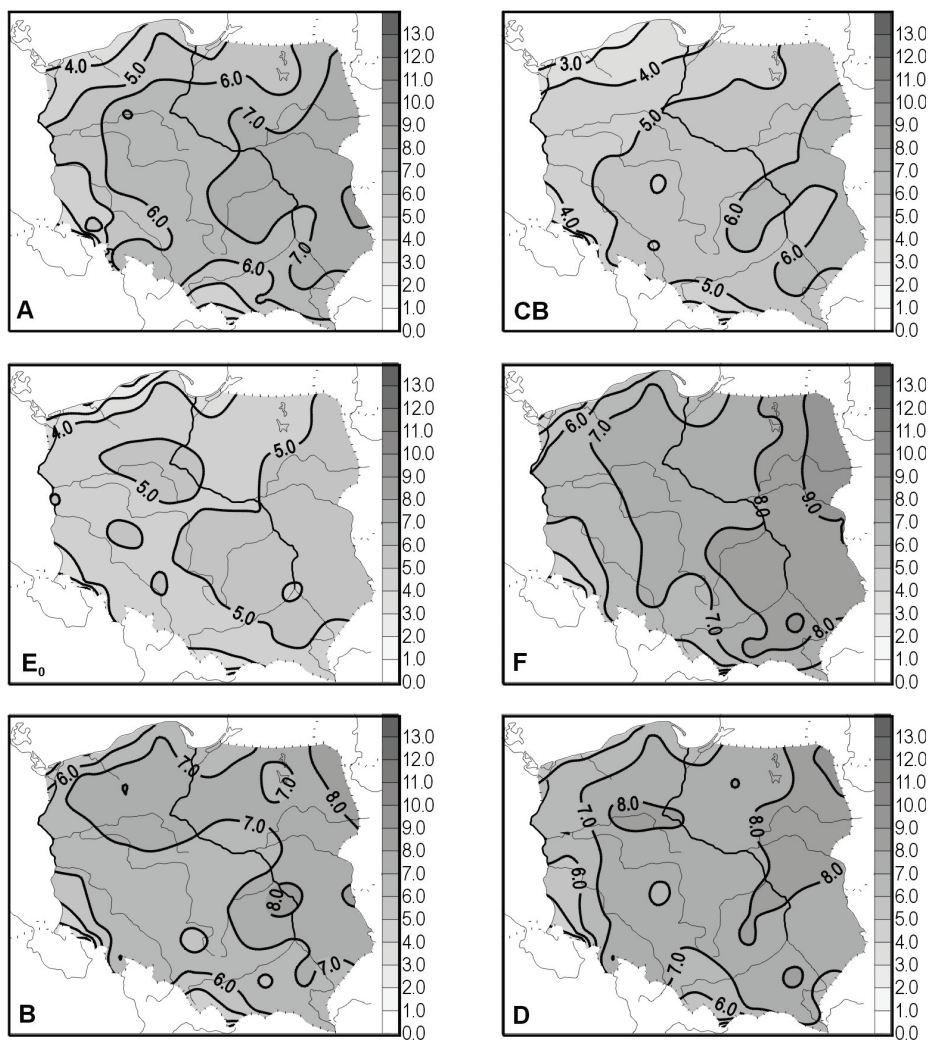
### 3. Zmienność dobowej amplitudy temperatury powietrza w przebiegu rocznym

Największą zmiennością dobowej amplitudy temperatury powietrza w ciągu roku wyróżniają się antycyklonalne typy cyrkulacji z sektora południowego  $E_1$  i  $D_2C$  oraz centralna cyrkulacja G (rys. 85b).

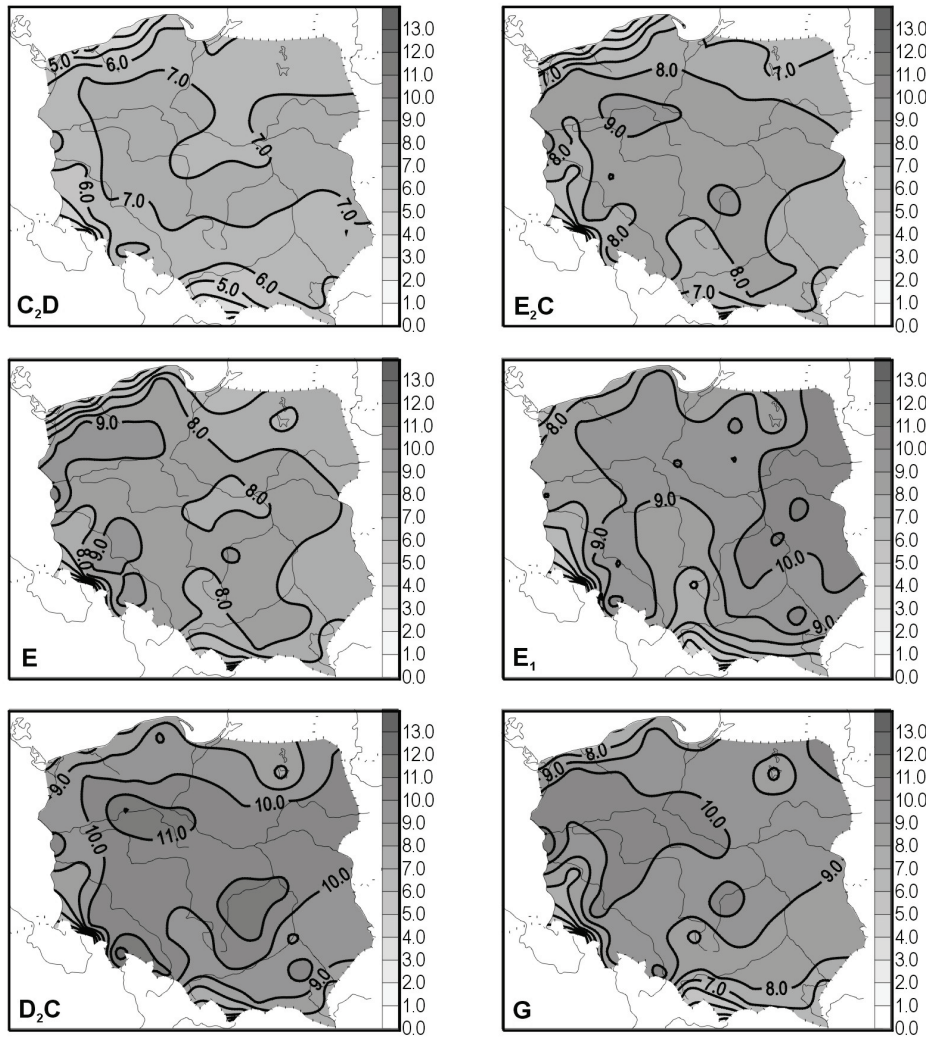
Najmniejsze zróżnicowanie dobowych wahań temperatury w przebiegu rocznym występuje natomiast przy cyklonalnych typach cyrkulacji z sektora północnego:  $E_0$  oraz CB (rys. 85a).

Wśród typów o charakterze antycyklonalnym niewielkie wahania temperatury obserwuje się przy zachodniej cyrkulacji  $C_2D$  oraz szczególnie w północnej Polsce przy północno-zachodniej cyrkulacji  $E_2C$ .

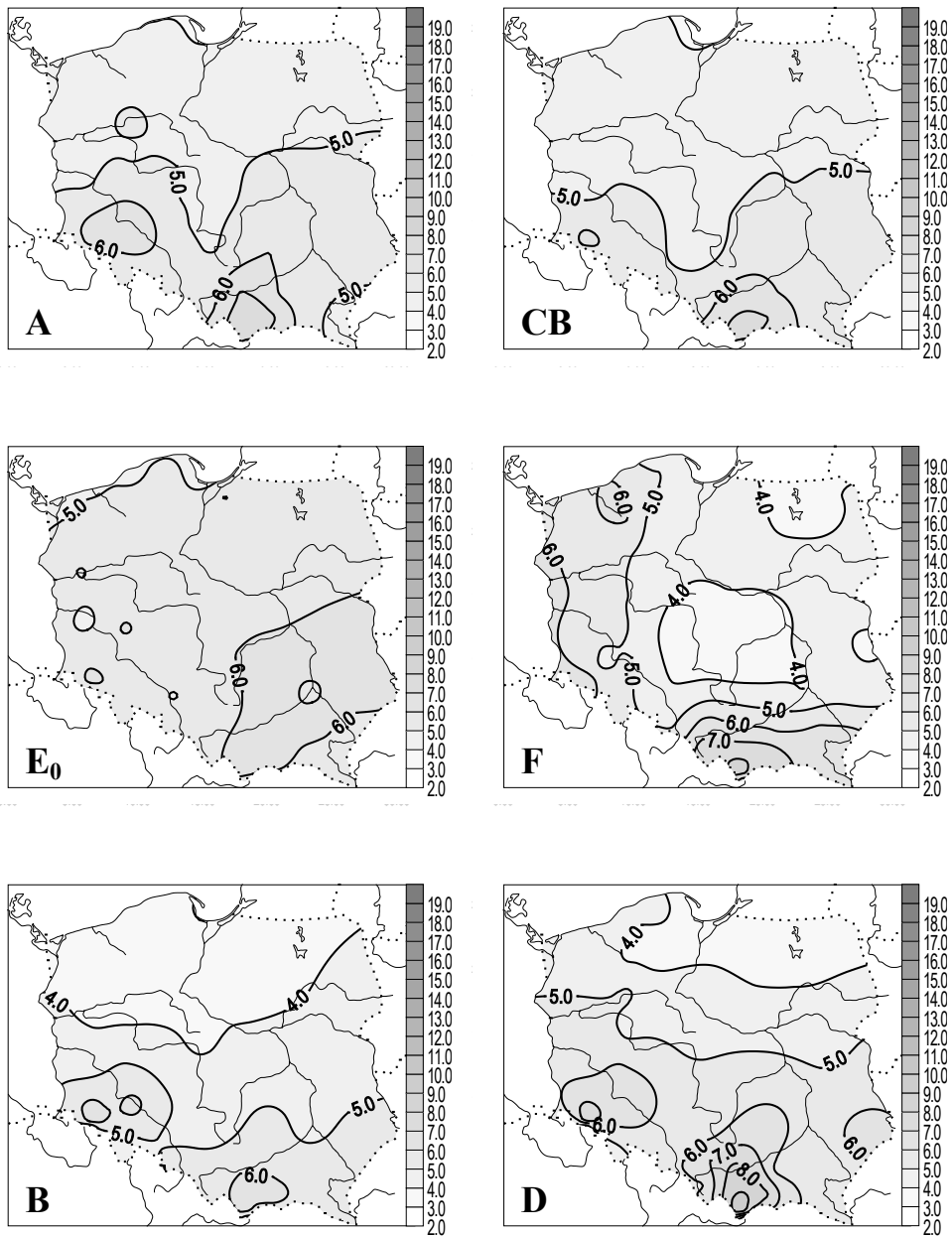
Dobowe amplitudy temperatury powietrza w Polsce w poszczególnych miesiącach i roku w zależności od typów cyrkulacji cyklonalnej i antycyklonalnej przedstawiono na mapach (rys. 86-98). Zależności anomalii dobowej amplitudy temperatury od typów cyrkulacji charakteryzują rysunki 99-111.



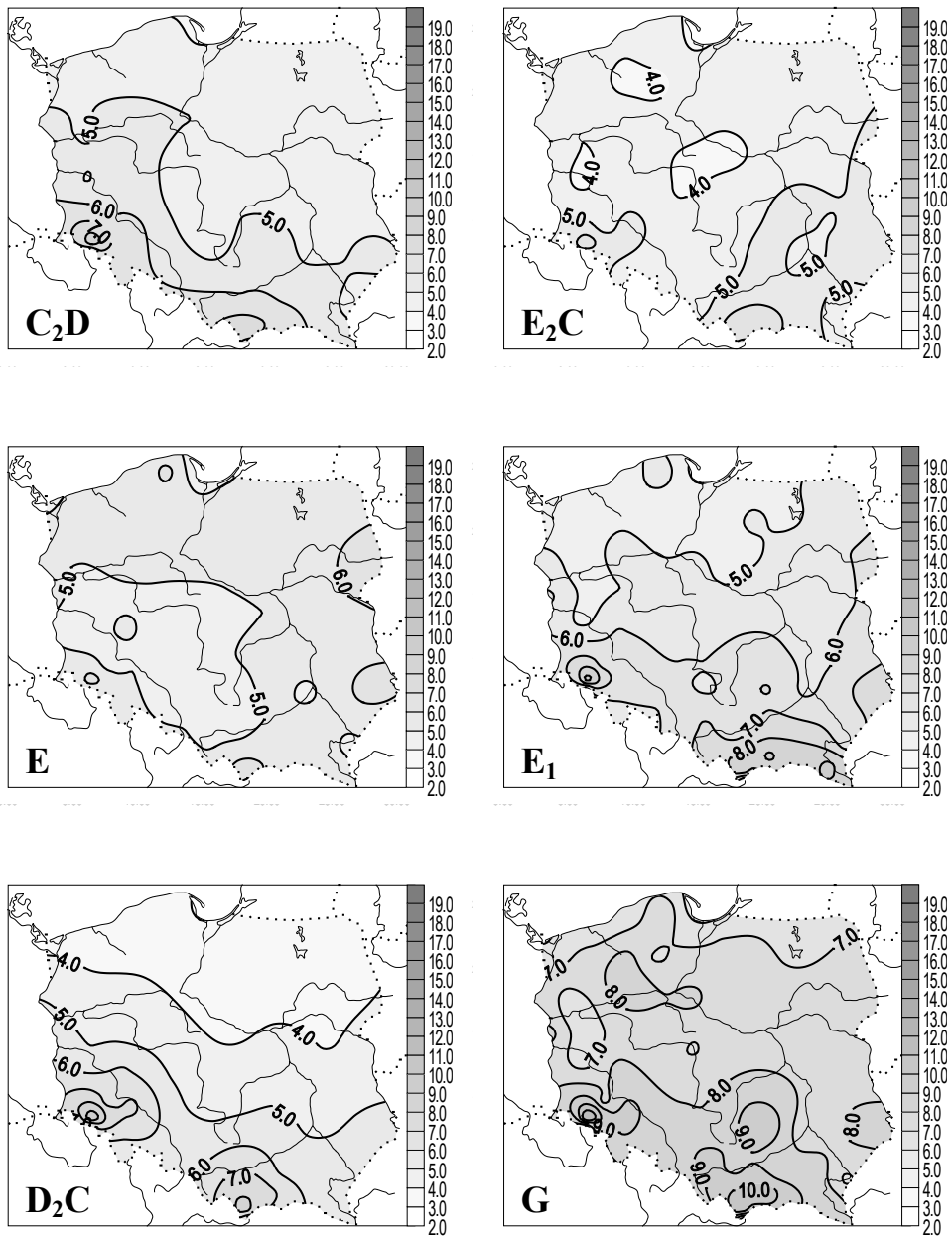
Rys. 85a. Zakres zmienności w ciągu roku dobowej amplitudy temperatury powietrza (°C) w zależności od typów cyrkulacji cyklonalnych (1971-1995)  
 Fig. 85a. Annual range of diurnal air temperature range upon the cyclonal circulation types (1971-1995)



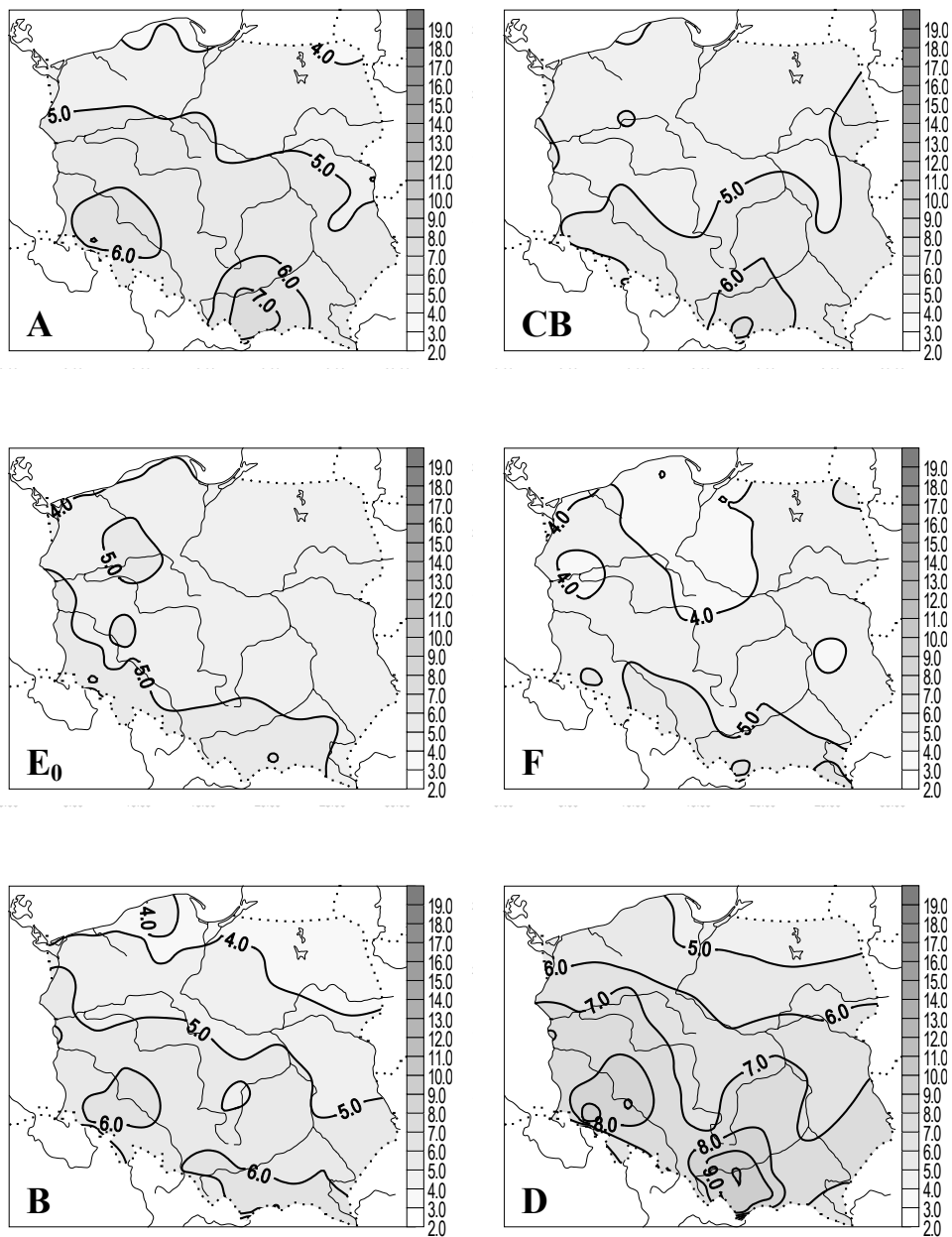
Rys. 85b. Zakres zmienności w ciągu roku dobowej amplitudy temperatury powietrza (°C) w zależności od typów cyrkulacji antycyklonalnych (1971-1995)  
 Fig. 85b. Annual range of diurnal air temperature range upon the anticyclonal circulation types (1971-1995)



Rys. 86a. Zależność średniej dobowej amplitudy temperatury powietrza w Polsce (°C) od typów cyrkulacji cyklonalnej (1971-1995) – styczeń  
 Fig. 86a. Dependence of diurnal air temperature range in Poland (°C) upon the cyclonal circulation types (1971-1995) – January

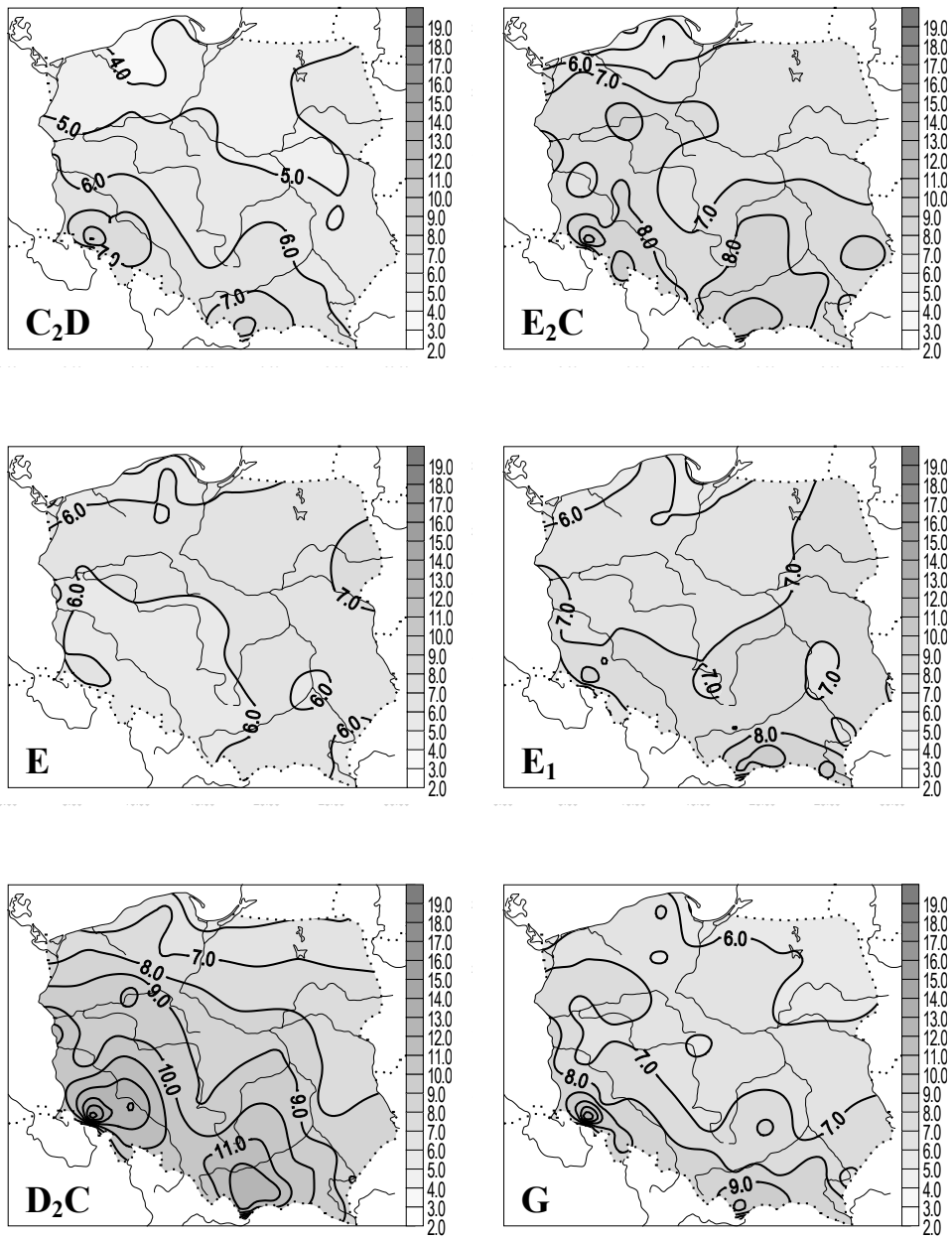


Rys. 86b. Zależność średniej dobowej amplitudy temperatury powietrza w Polsce (°C) od typów cyrkulacji antycyklonalnej (1971-1995) – styczeń  
 Fig. 86b. Dependence of diurnal air temperature range in Poland (°C) upon the anticyclonal circulation types (1971-1995) – January

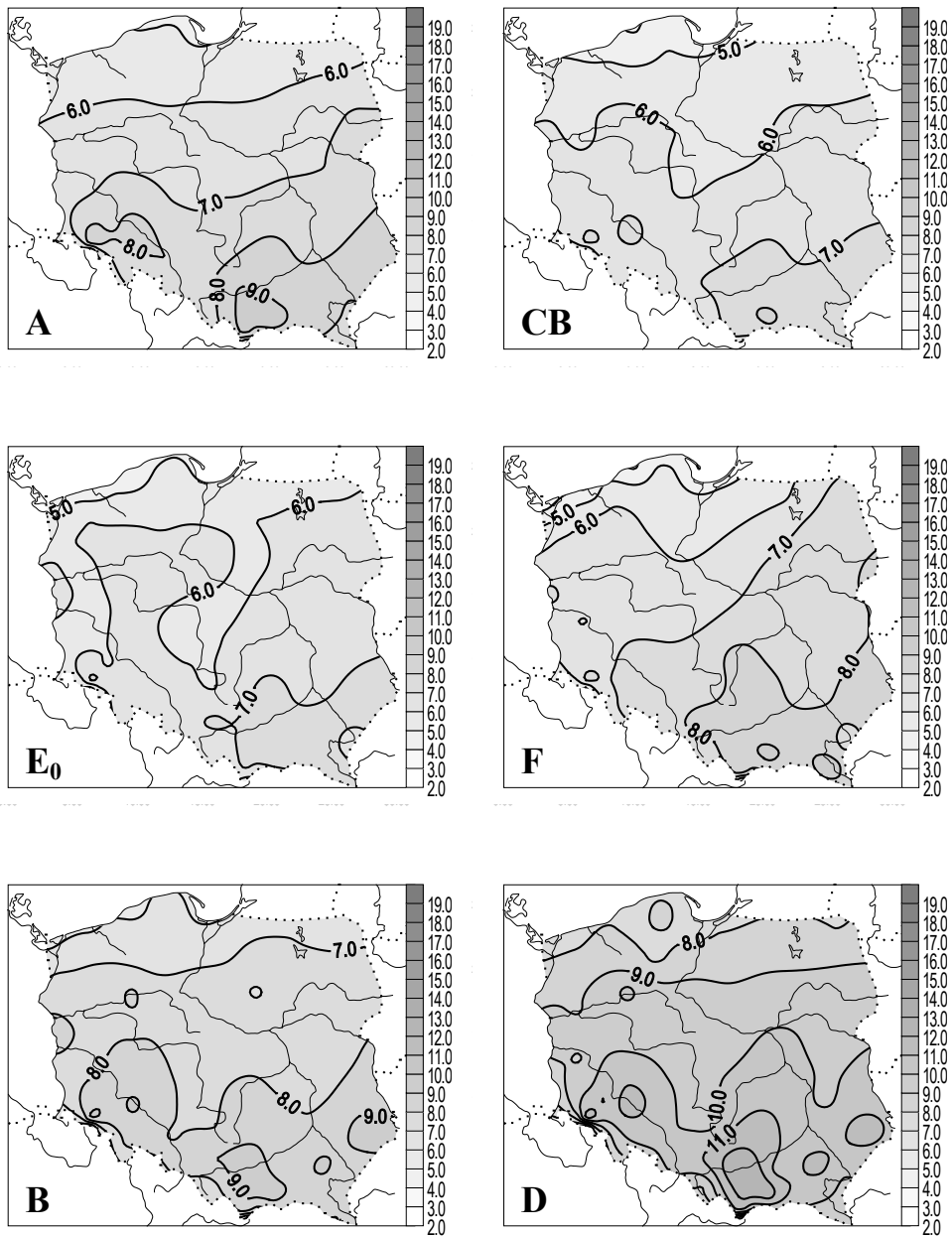


Rys. 87a. Zależność średniej dobowej amplitudy temperatury powietrza w Polsce (°C) od typów cyrkulacji cyklonalnej (1971-1995) – luty  
 Fig. 87a. Dependence of diurnal air temperature range in Poland (°C) upon the cyclonal circulation types (1971-1995) – February

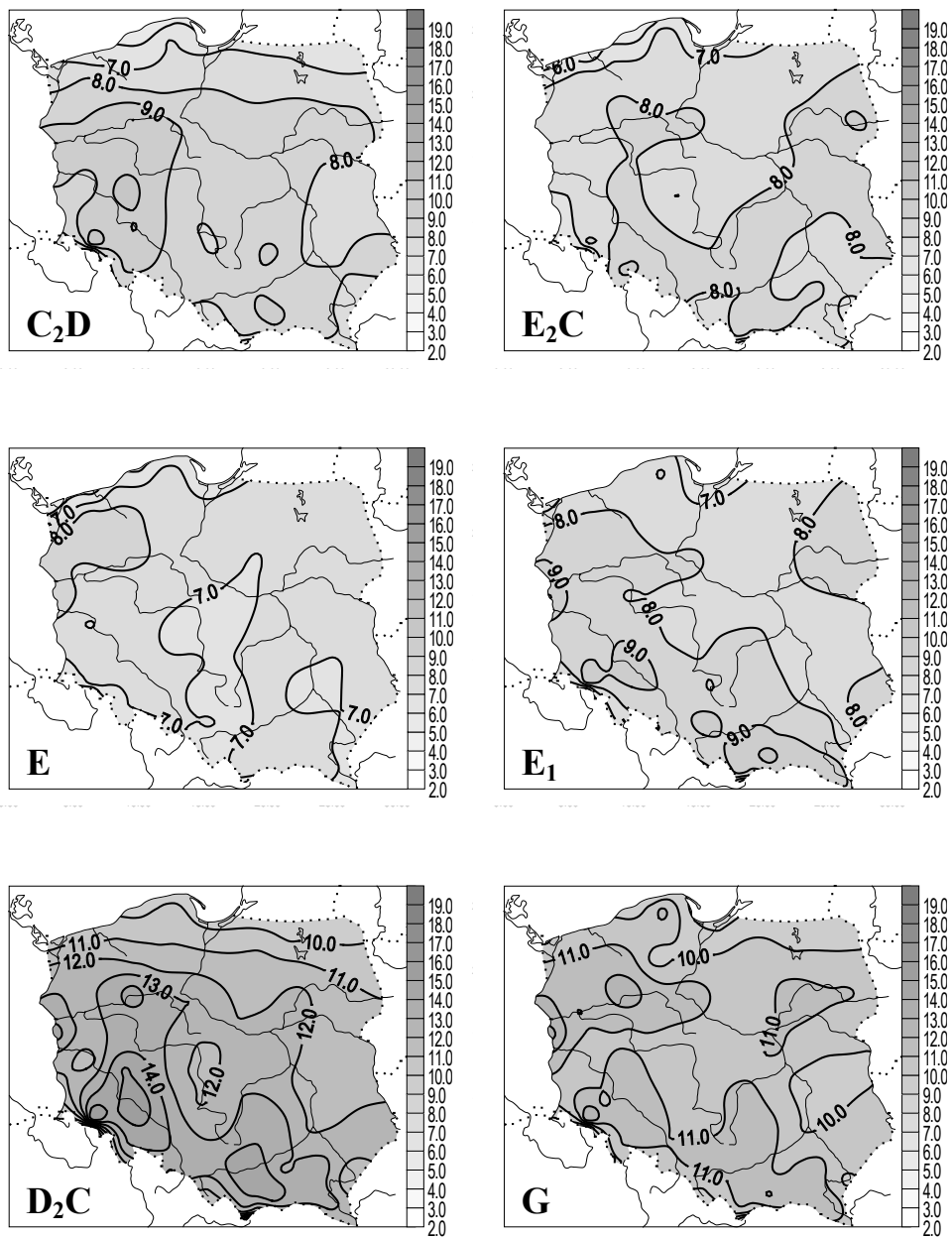




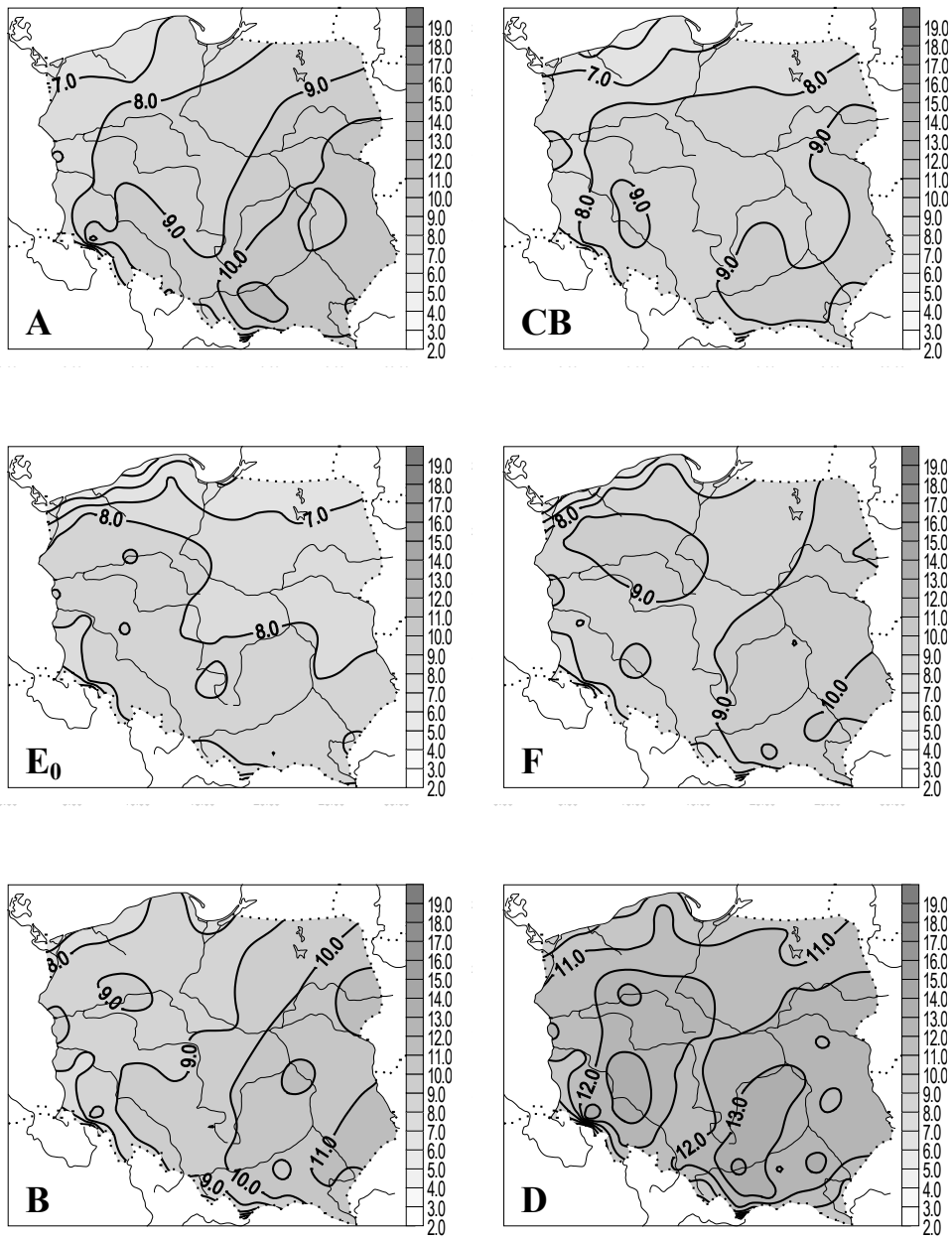
Rys. 87b. Zależność średniej dobowej amplitudy temperatury powietrza w Polsce (°C) od typów cyrkulacji antycyklonalnej (1971-1995) – luty  
 Fig. 87b. Dependence of diurnal air temperature range in Poland (°C) upon the anticyclonic circulation types (1971-1995) – February



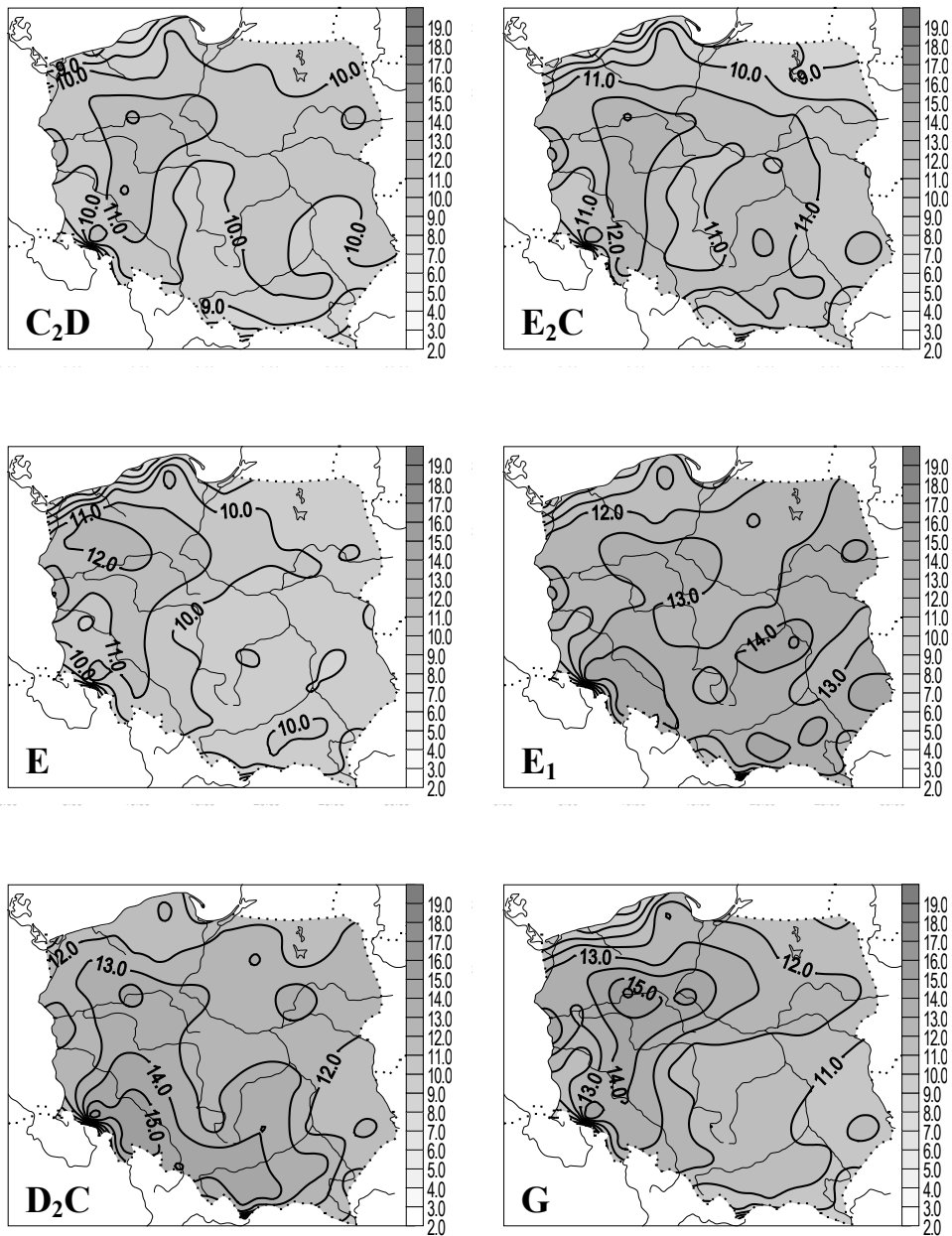
Rys. 88a. Zależność średniej dobowej amplitudy temperatury powietrza w Polsce (°C) od typów cyrkulacji cyklonalnej (1971-1995) – marzec  
 Fig. 88a. Dependence of diurnal air temperature range in Poland (°C) upon the cyclonal circulation types (1971-1995) – March



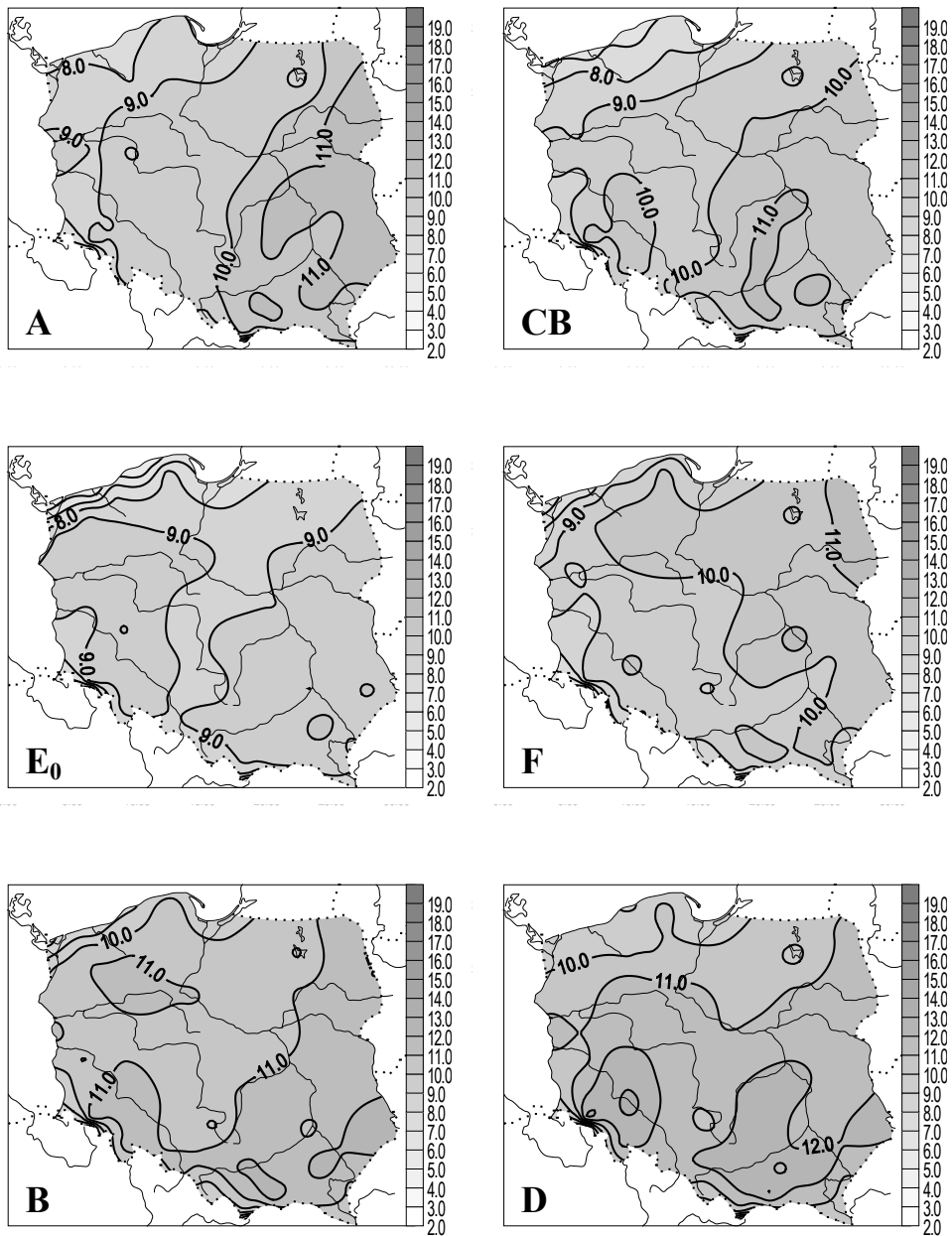
Rys. 88b. Zależność średniej dobowej amplitudy temperatury powietrza w Polsce (°C) od typów cyrkulacji antycyklonalnej (1971-1995) – marzec  
 Fig. 88b. Dependence of diurnal air temperature range in Poland (°C) upon the anticyclonic circulation types (1971-1995) – March



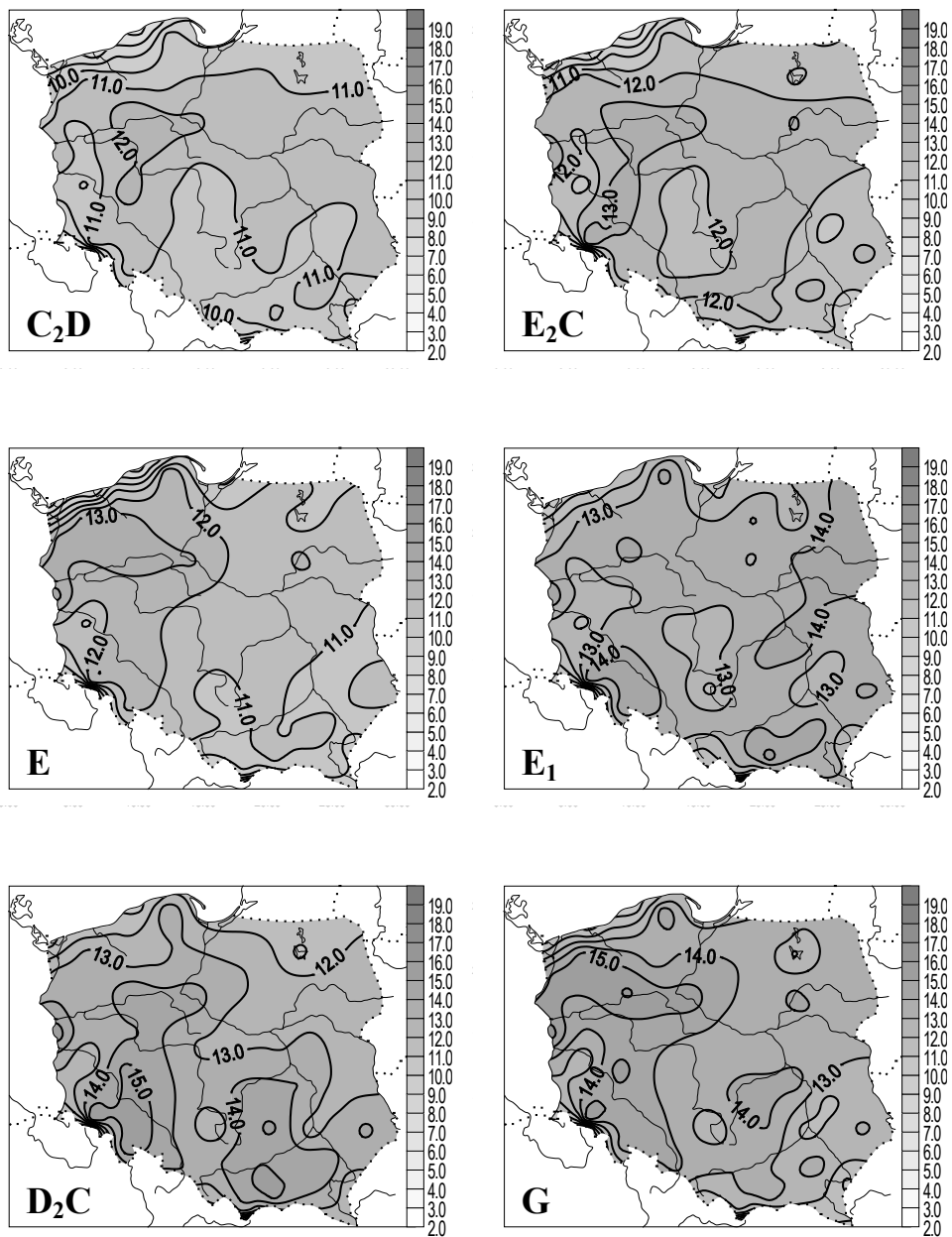
Rys. 89a. Zależność średniej dobowej amplitudy temperatury powietrza w Polsce (°C) od typów cyrkulacji cyklonalnej (1971-1995) – kwiecień  
 Fig. 89a. Dependence of diurnal air temperature range in Poland (°C) upon the cyclonic circulation types (1971-1995) – April



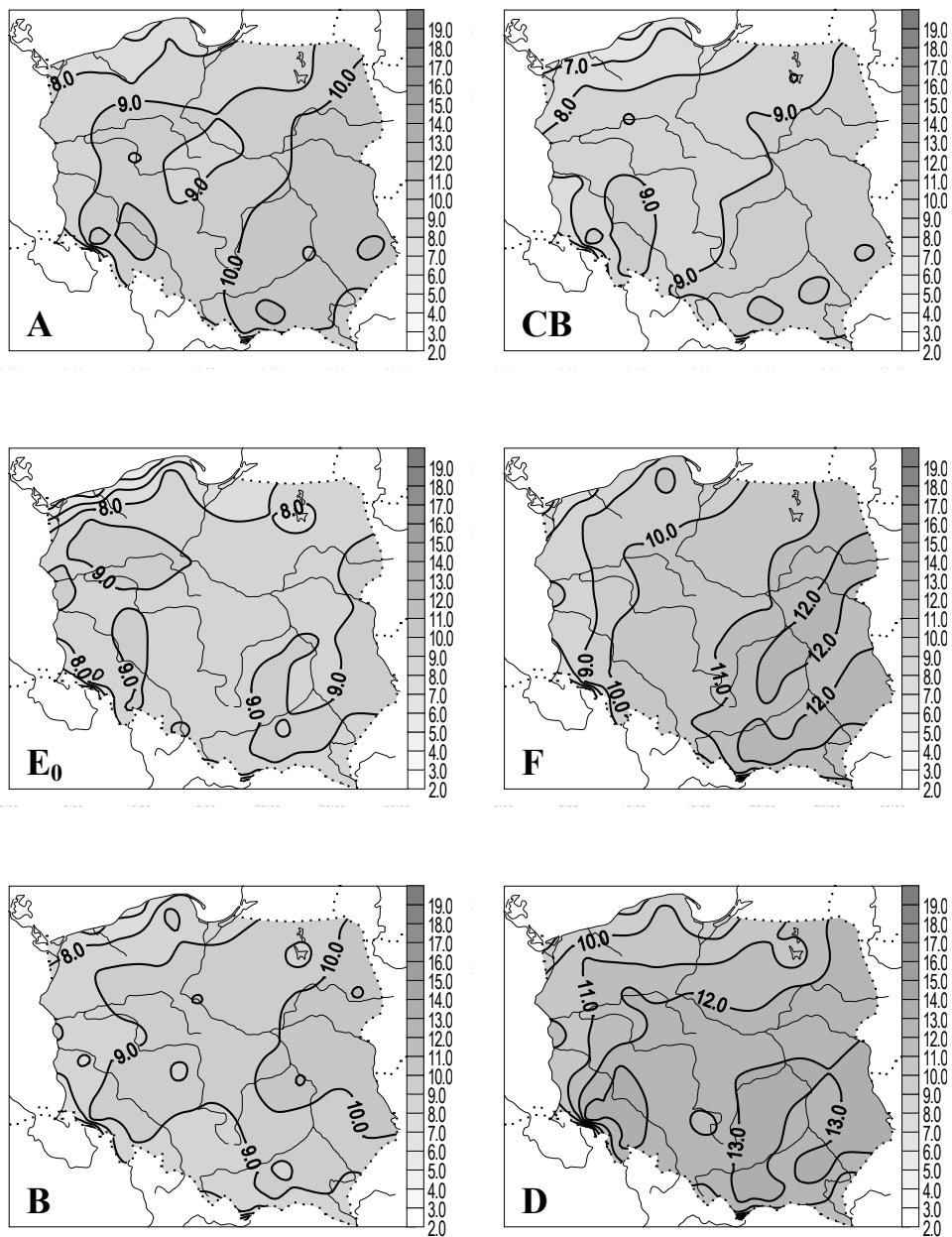
Rys. 89b. Zależność średniej dobowej amplitudy temperatury powietrza w Polsce (°C) od typów cyrkulacji antycyklonalnej (1971-1995) – kwiecień  
 Fig. 89b. Dependence of diurnal air temperature range in Poland (°C) upon the anticyclonic circulation types (1971-1995) – April



Rys. 90a. Zależność średniej dobowej amplitudy temperatury powietrza w Polsce (°C)  
od typów cyrkulacji cyklonalnej (1971-1995) – maj  
Fig. 90a. Dependence of diurnal air temperature range in Poland (°C)  
upon the cyclonal circulation types (1971-1995) – May

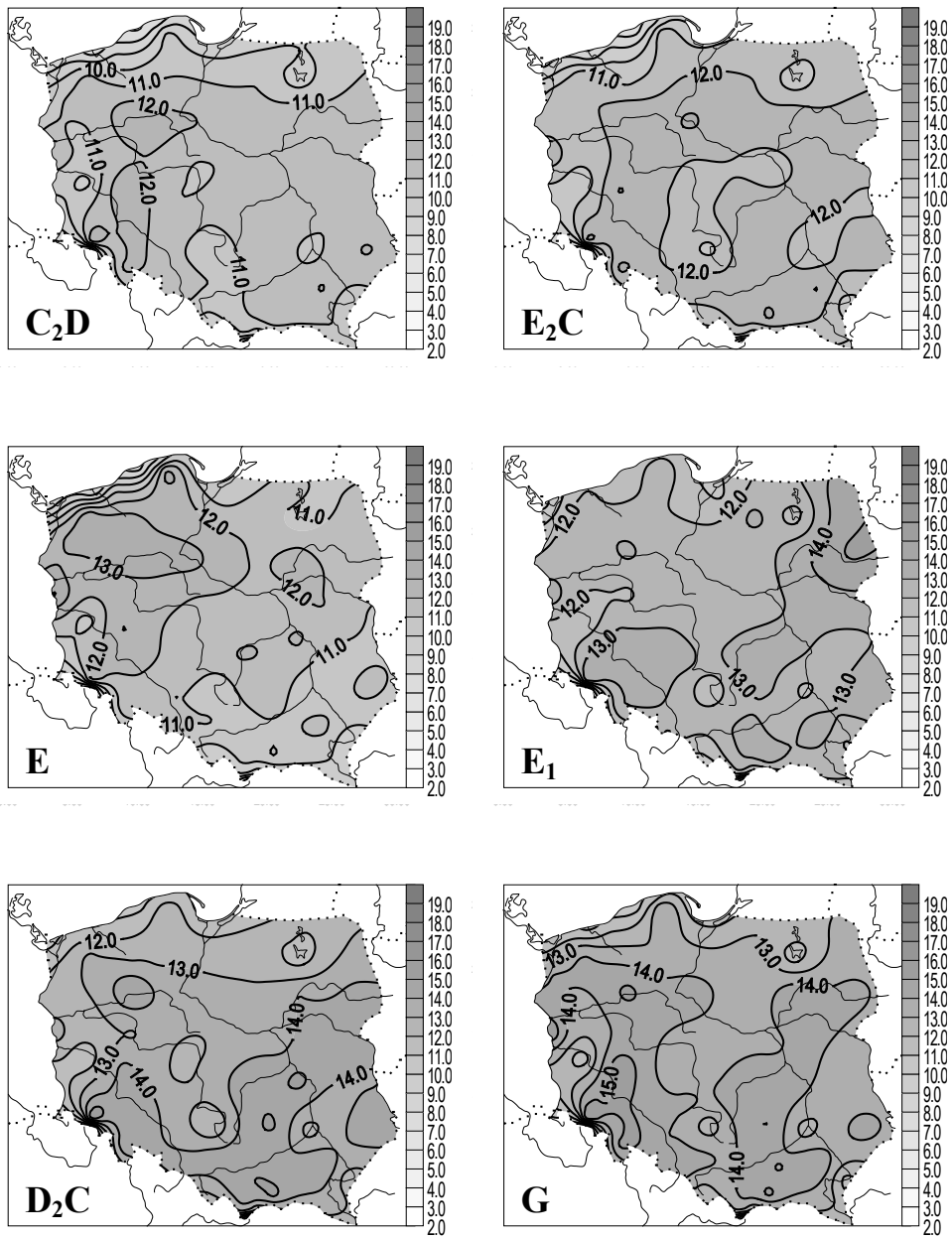


Rys. 90b. Zależność średniej dobowej amplitudy temperatury powietrza w Polsce (°C) od typów cyrkulacji antycyklonalnej (1971-1995) – maj  
 Fig. 90b. Dependence of diurnal air temperature range in Poland (°C) upon the anticyclonal circulation types (1971-1995) – May

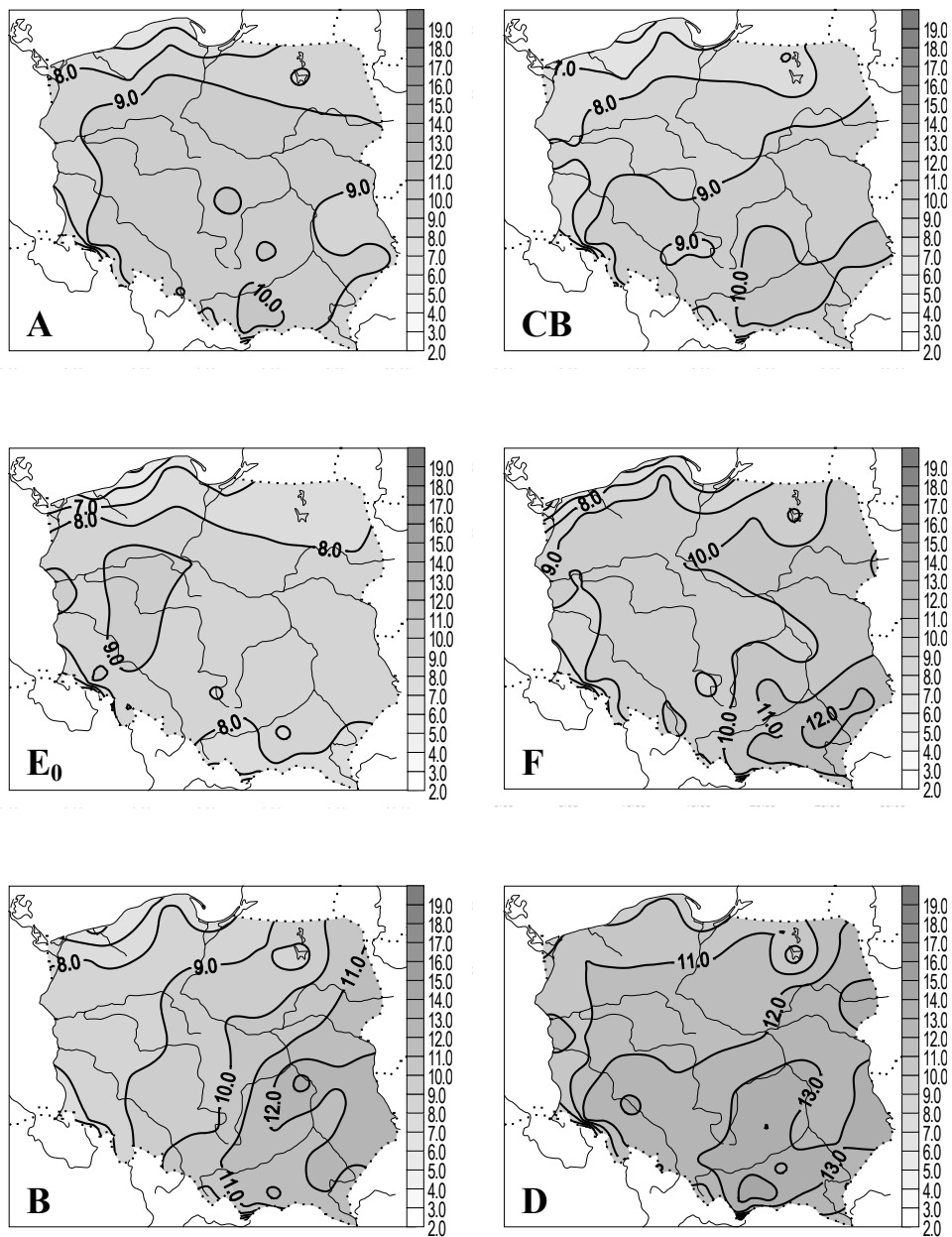


Rys. 91a. Zależność średniej dobowej amplitudy temperatury powietrza w Polsce (°C) od typów cyrkulacji cyklonalnej (1971-1995) – czerwiec  
 Fig. 91a. Dependence of diurnal air temperature range in Poland (°C) upon the cyclonal circulation types (1971-1995) – June

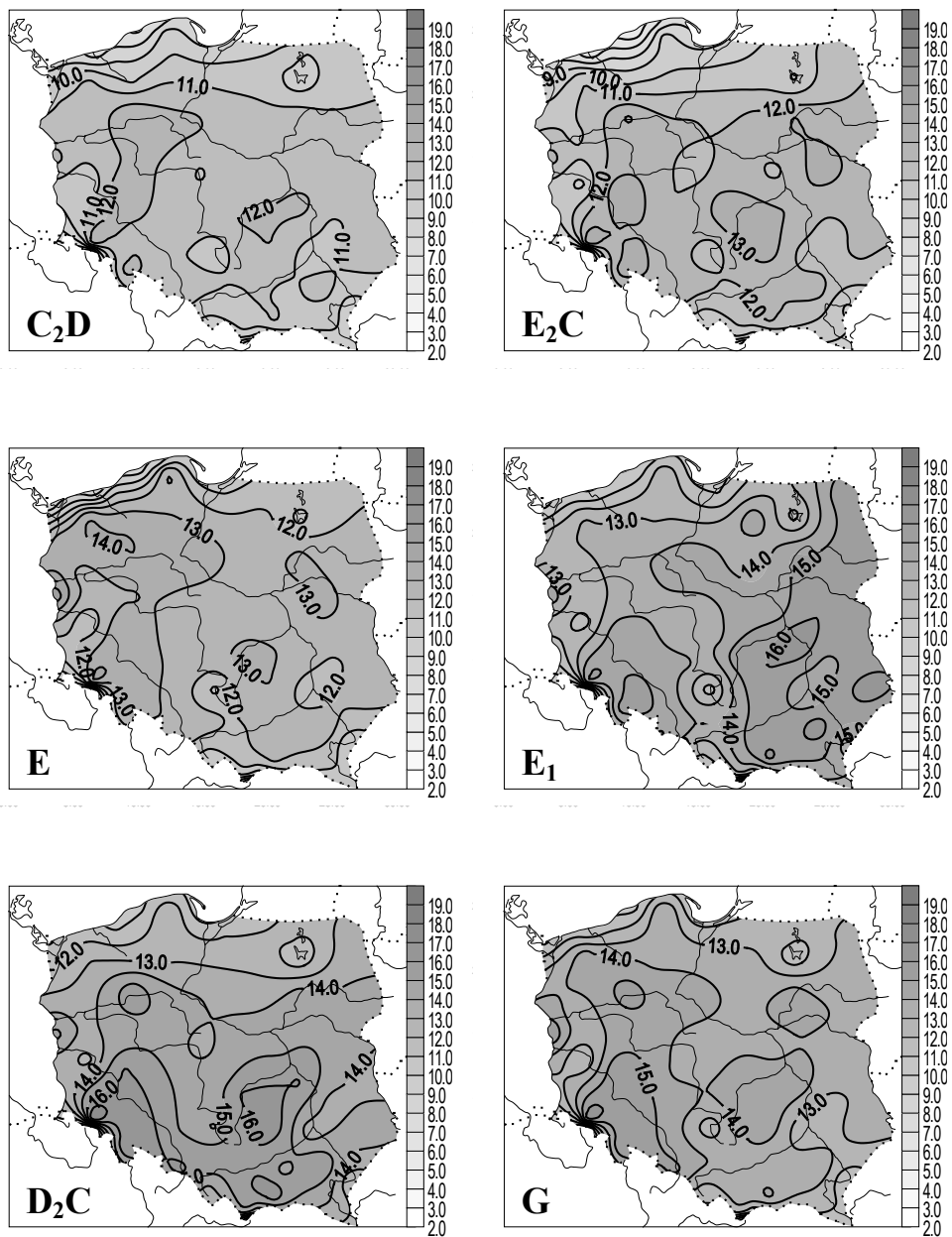




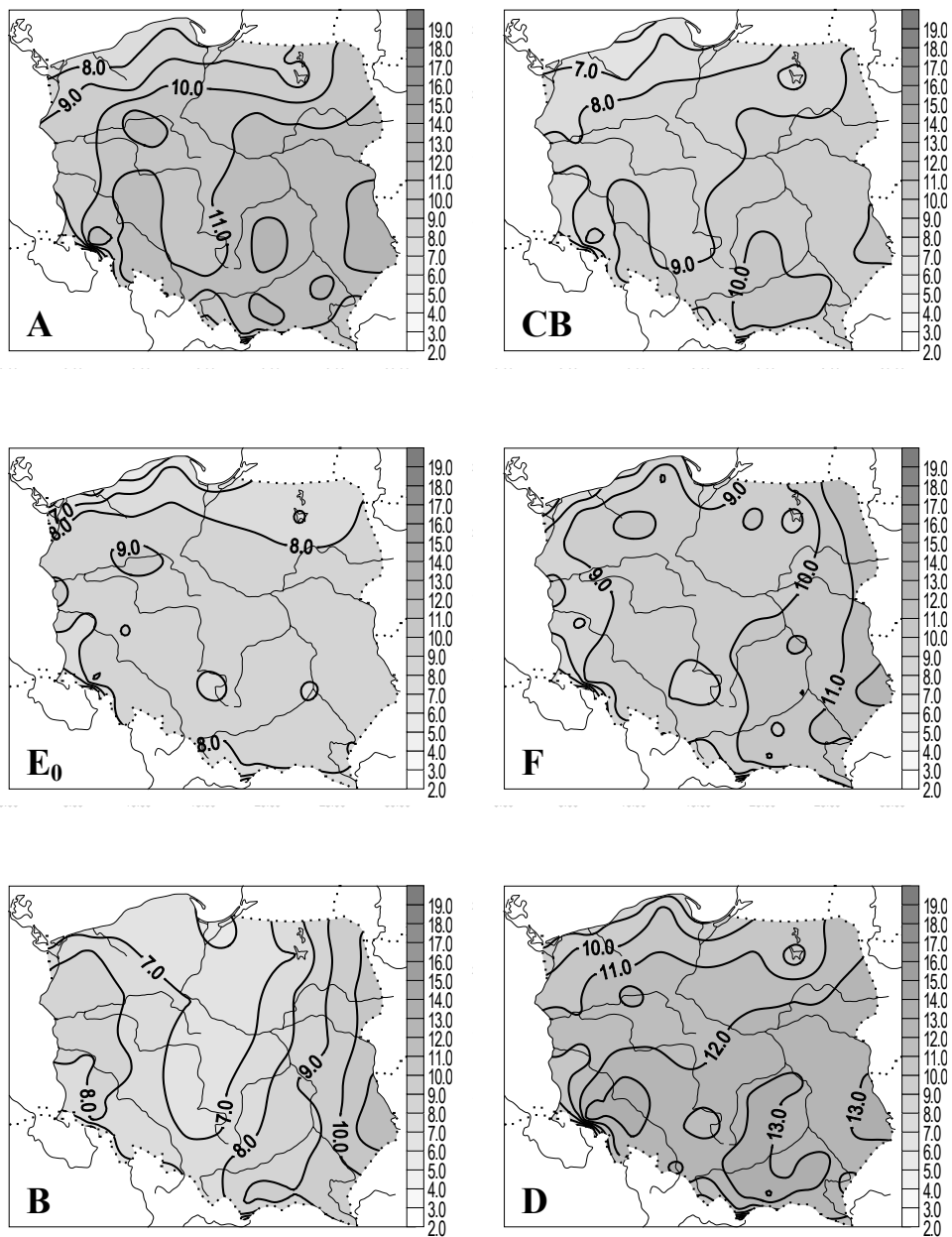
Rys. 91b. Zależność średniej dobowej amplitudy temperatury powietrza w Polsce (°C) od typów cyrkulacji antycyklonalnej (1971-1995) – czerwiec  
 Fig. 91b. Dependence of diurnal air temperature range in Poland (°C) upon the anticyclonic circulation types (1971-1995) – June



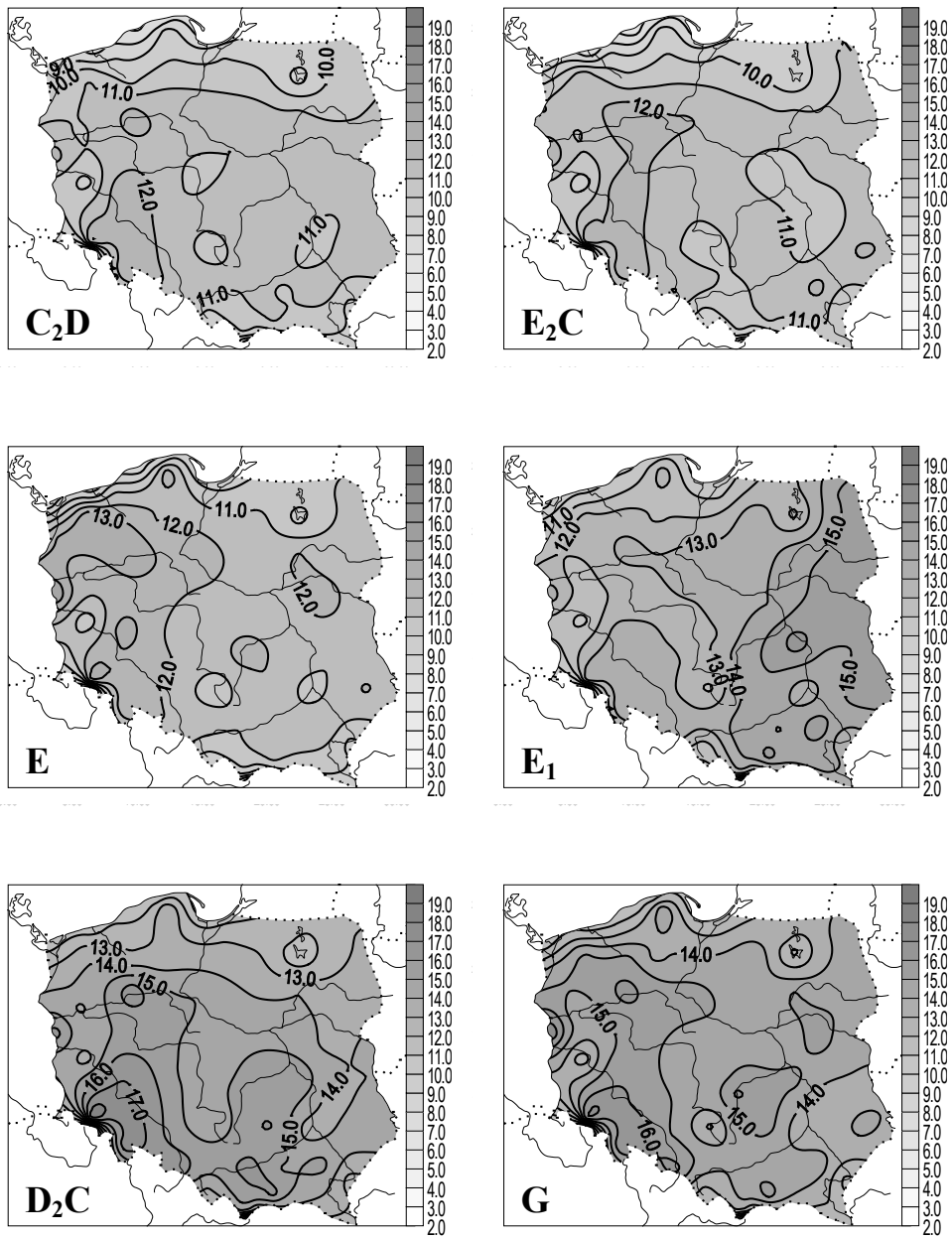
Rys. 92a. Zależność średniej dobowej amplitudy temperatury powietrza w Polsce (°C)  
od typów cyrkulacji cyklonalnej (1971-1995) – lipiec  
Fig. 92a. Dependence of diurnal air temperature range in Poland (°C)  
upon the cyclonal circulation types (1971-1995) – July



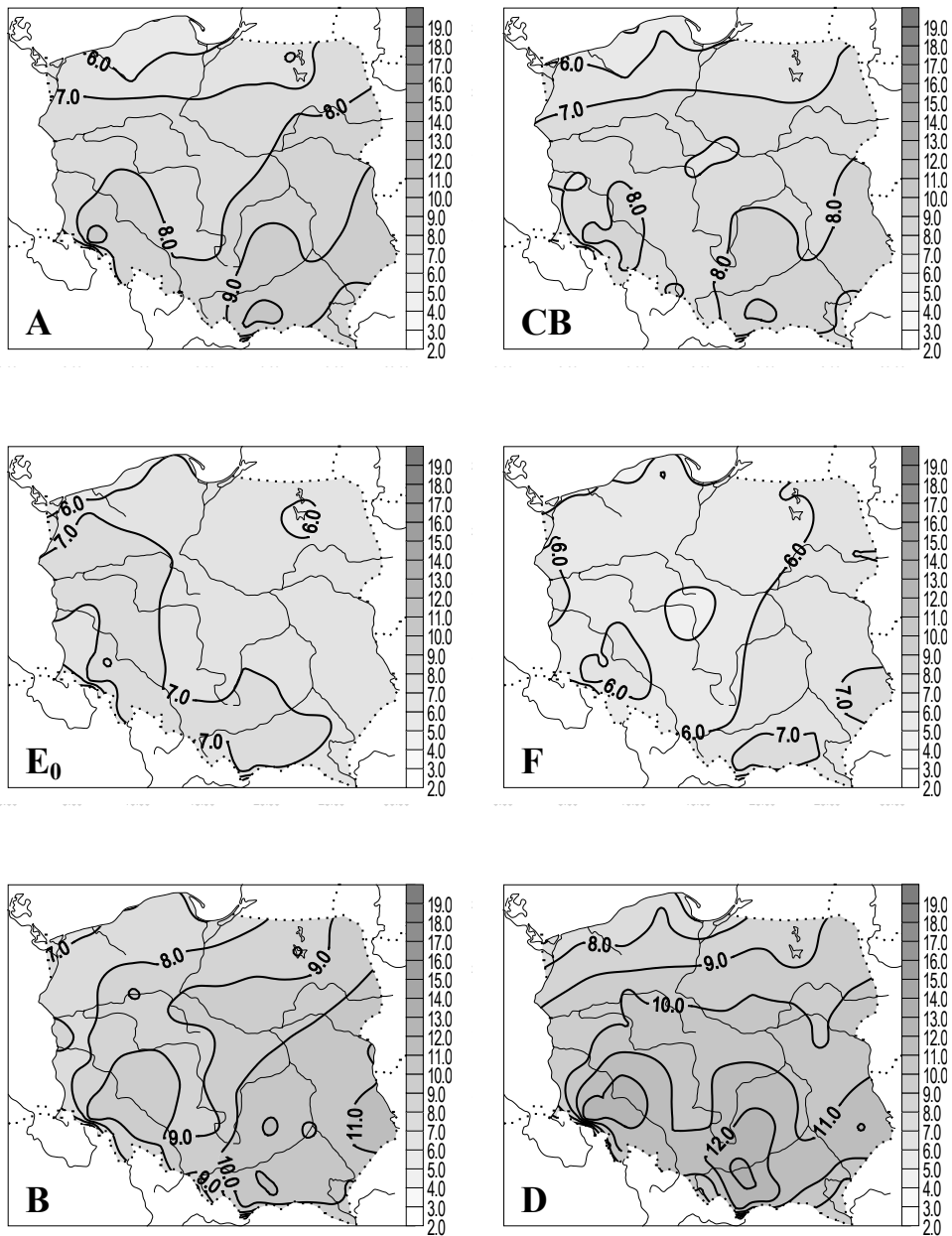
Rys. 92b. Zależność średniej dobowej amplitudy temperatury powietrza w Polsce (°C) od typów cyrkulacji antycyklonalnej (1971-1995) – lipiec  
 Fig. 92b. Dependence of diurnal air temperature range in Poland (°C) upon the anticyclonal circulation types (1971-1995) – July



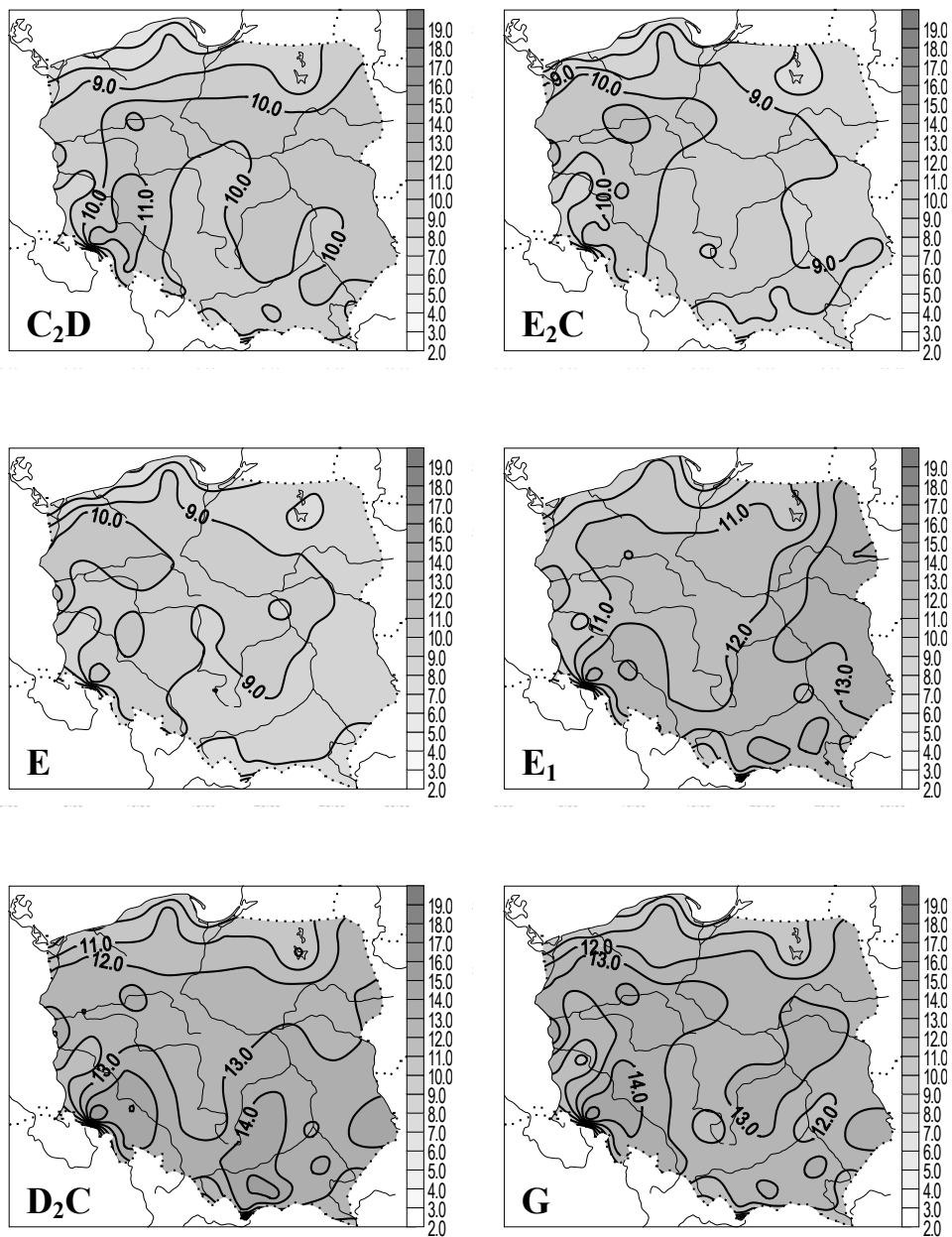
Rys. 93a. Zależność średniej dobowej amplitudy temperatury powietrza w Polsce (°C) od typów cyrkulacji cyklonalnej (1971-1995) – sierpień  
 Fig. 93a. Dependence of diurnal air temperature range in Poland (°C) upon the cyclonal circulation types (1971-1995) – August



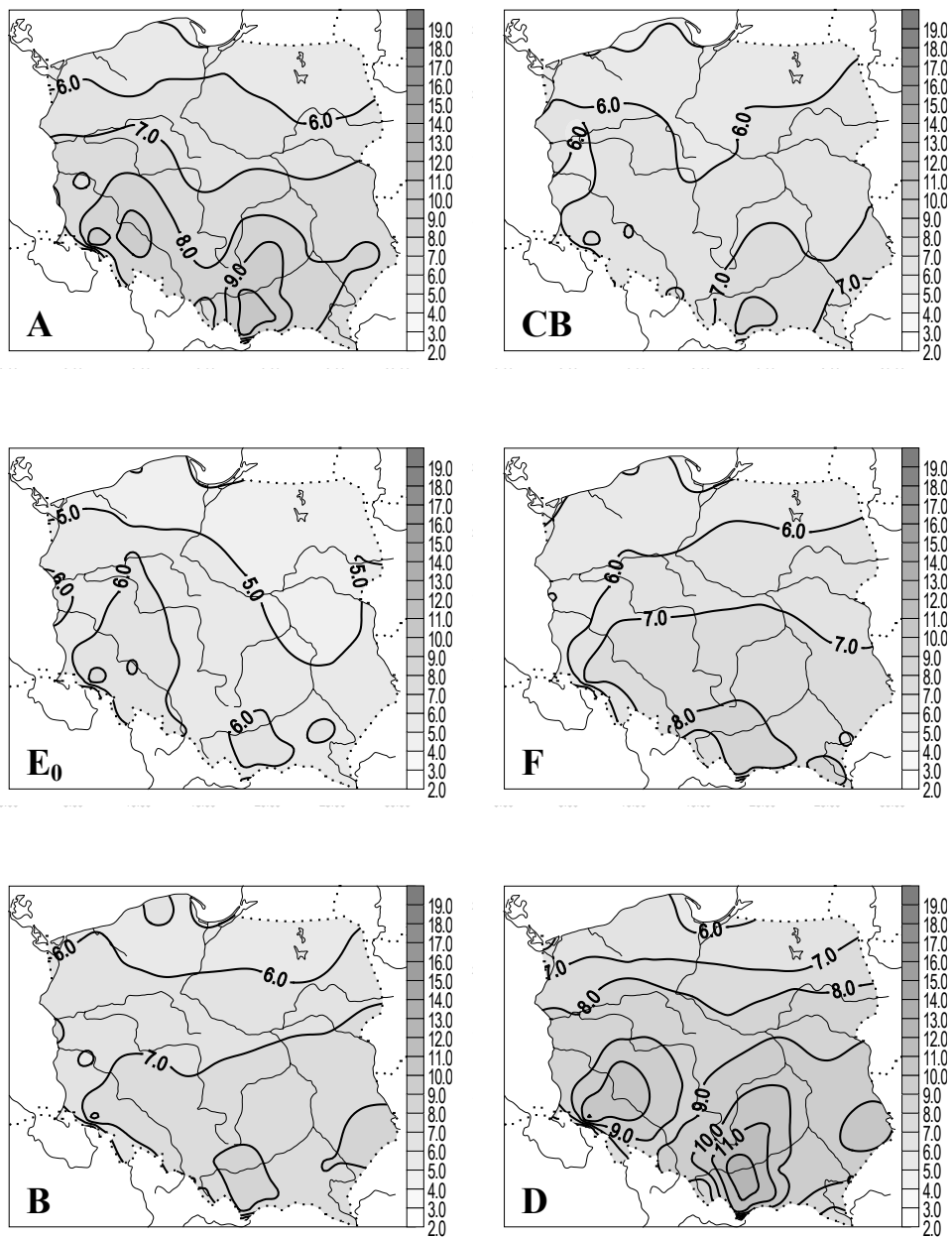
Rys. 93b. Zależność średniej dobowej amplitudy temperatury powietrza w Polsce (°C) od typów cyrkulacji antycyklonalnej (1971-1995) – sierpień  
 Fig. 93b. Dependence of diurnal air temperature range in Poland (°C) upon the anticyclonic circulation types (1971-1995) – August



Rys. 94a. Zależność średniej dobowej amplitudy temperatury powietrza w Polsce (°C)  
 od typów cyrkulacji cyklonalnej (1971-1995) – wrzesień  
 Fig. 94a. Dependence of diurnal air temperature range in Poland (°C)  
 upon the cyclonal circulation types (1971-1995) – September

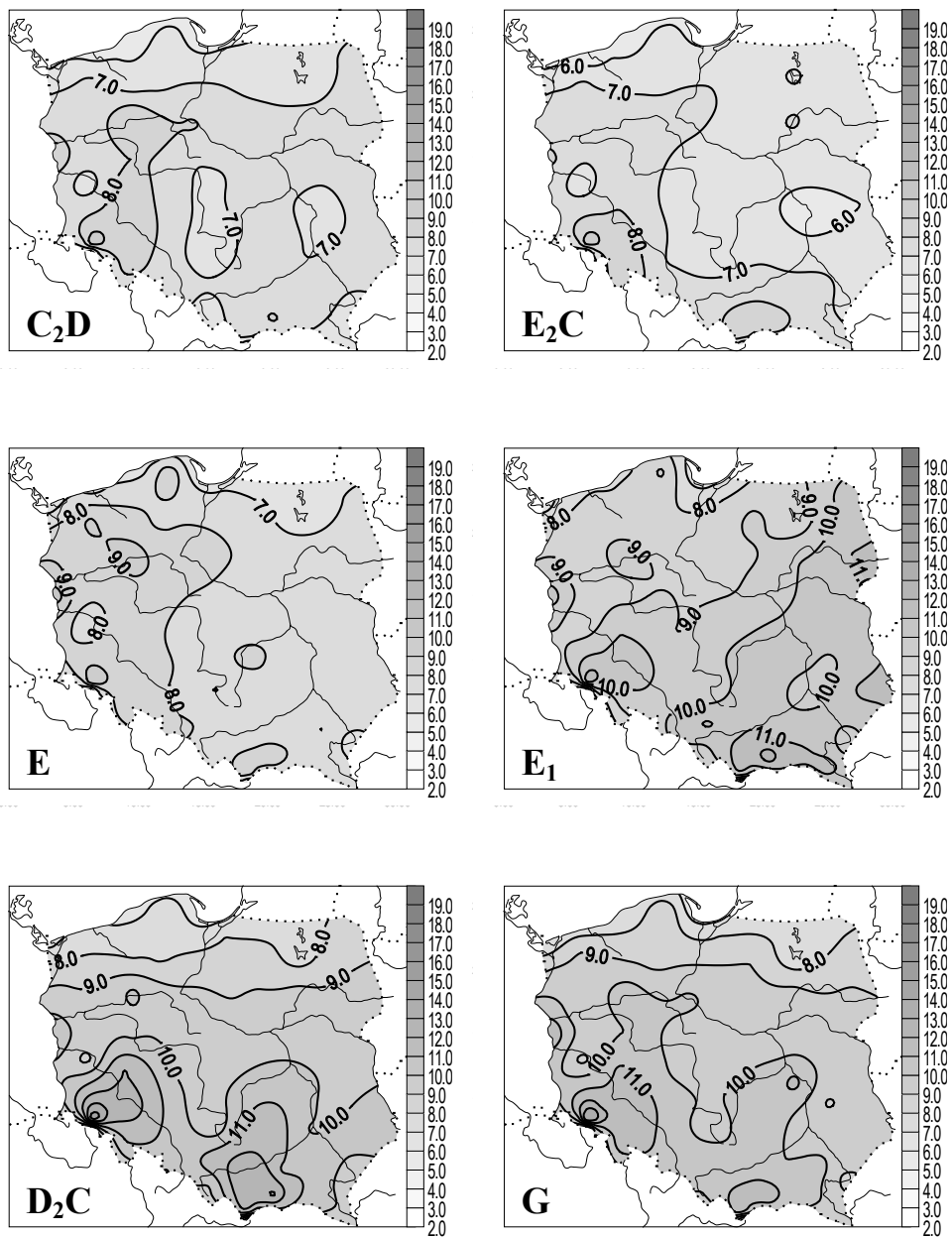


Rys. 94b. Zależność średniej dobowej amplitudy temperatury powietrza w Polsce (°C) od typów cyrkulacji antycyklonalnej (1971-1995) – wrzesień  
 Fig. 94b. Dependence of diurnal air temperature range in Poland (°C) upon the anticyclonic circulation types (1971-1995) – September

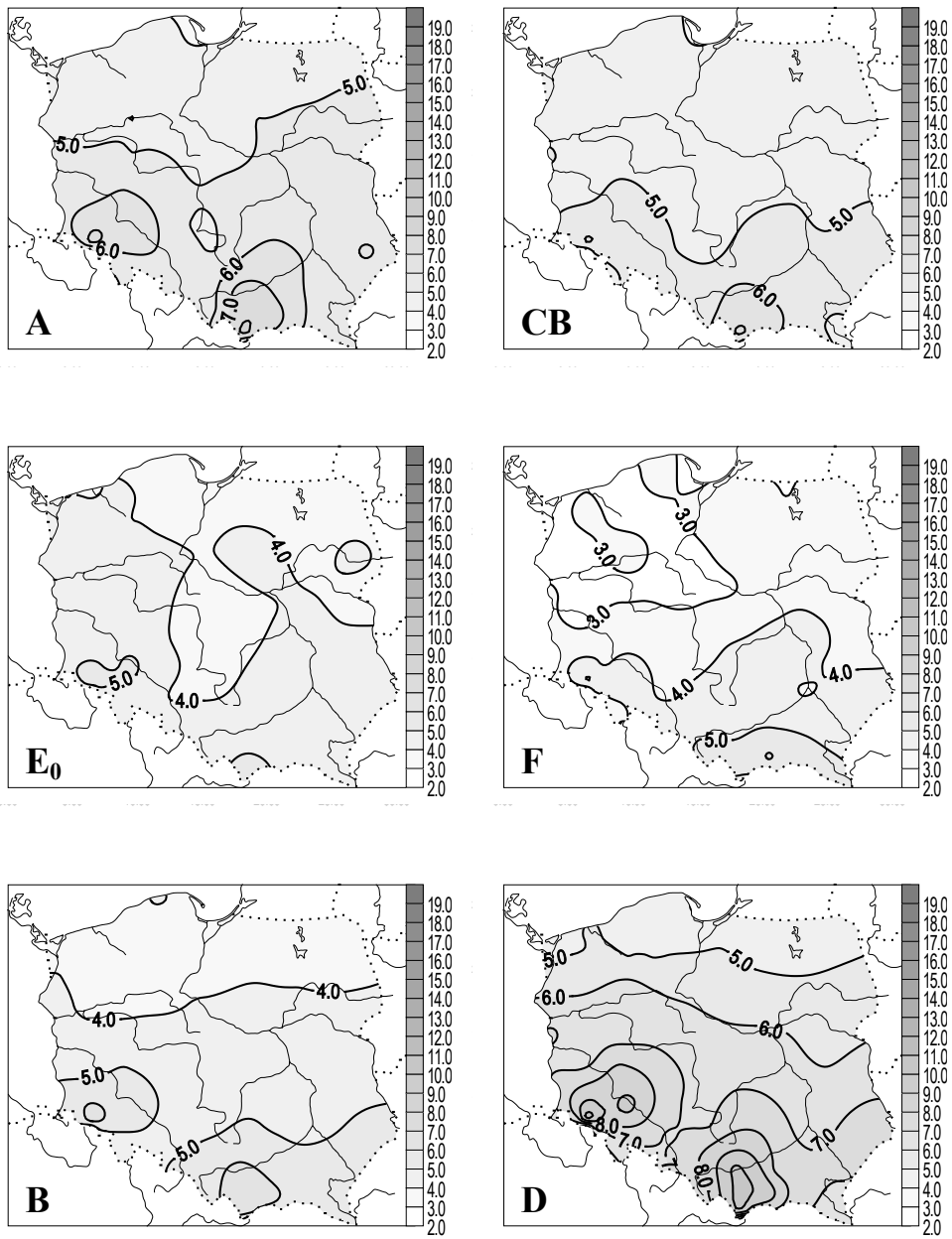


Rys. 95a. Zależność średniej dobowej amplitudy temperatury powietrza w Polsce (°C) od typów cyrkulacji cyklonalnej (1971-1995) – październik  
 Fig. 95a. Dependence of diurnal air temperature range in Poland (°C) upon the cyclonal circulation types (1971-1995) – October

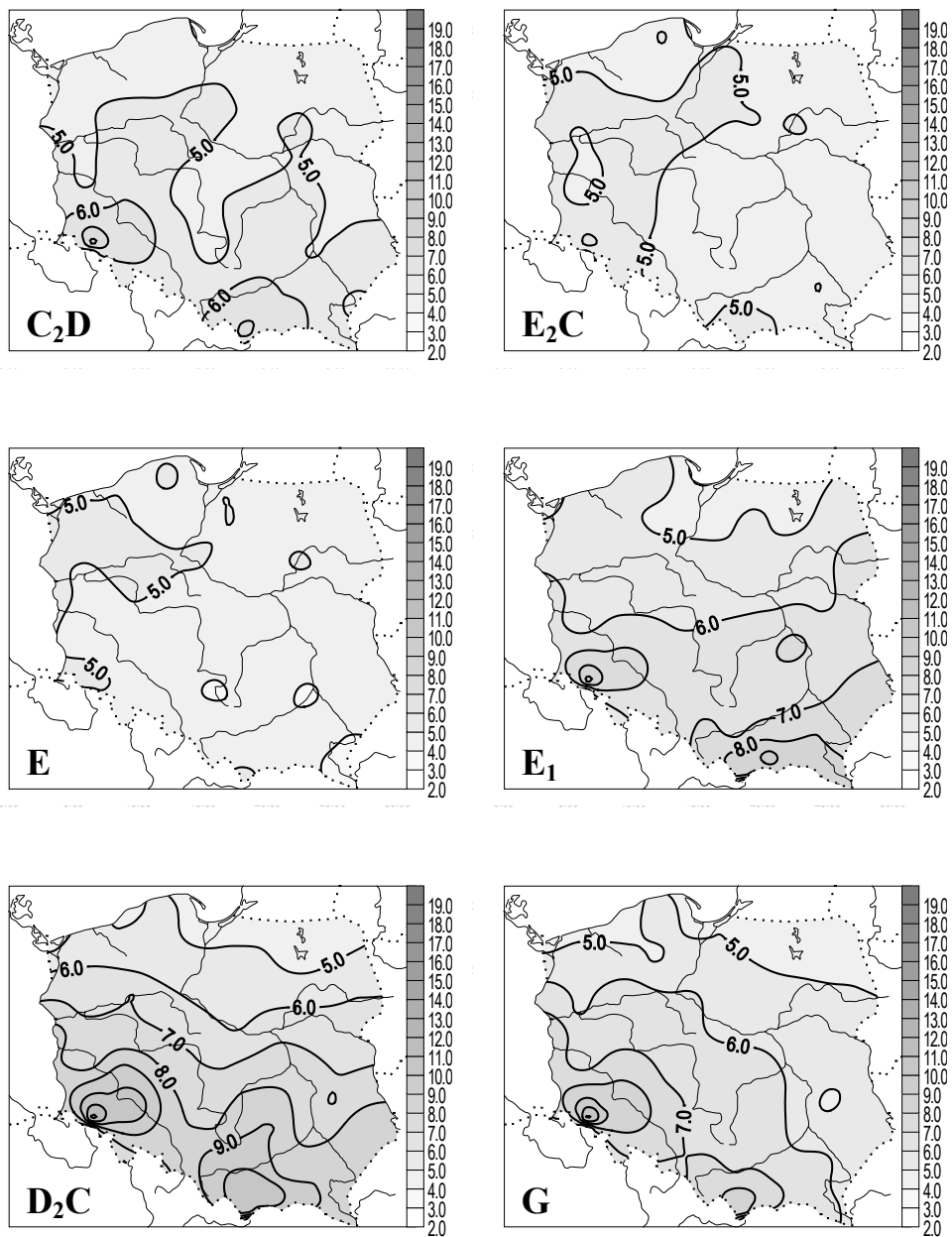




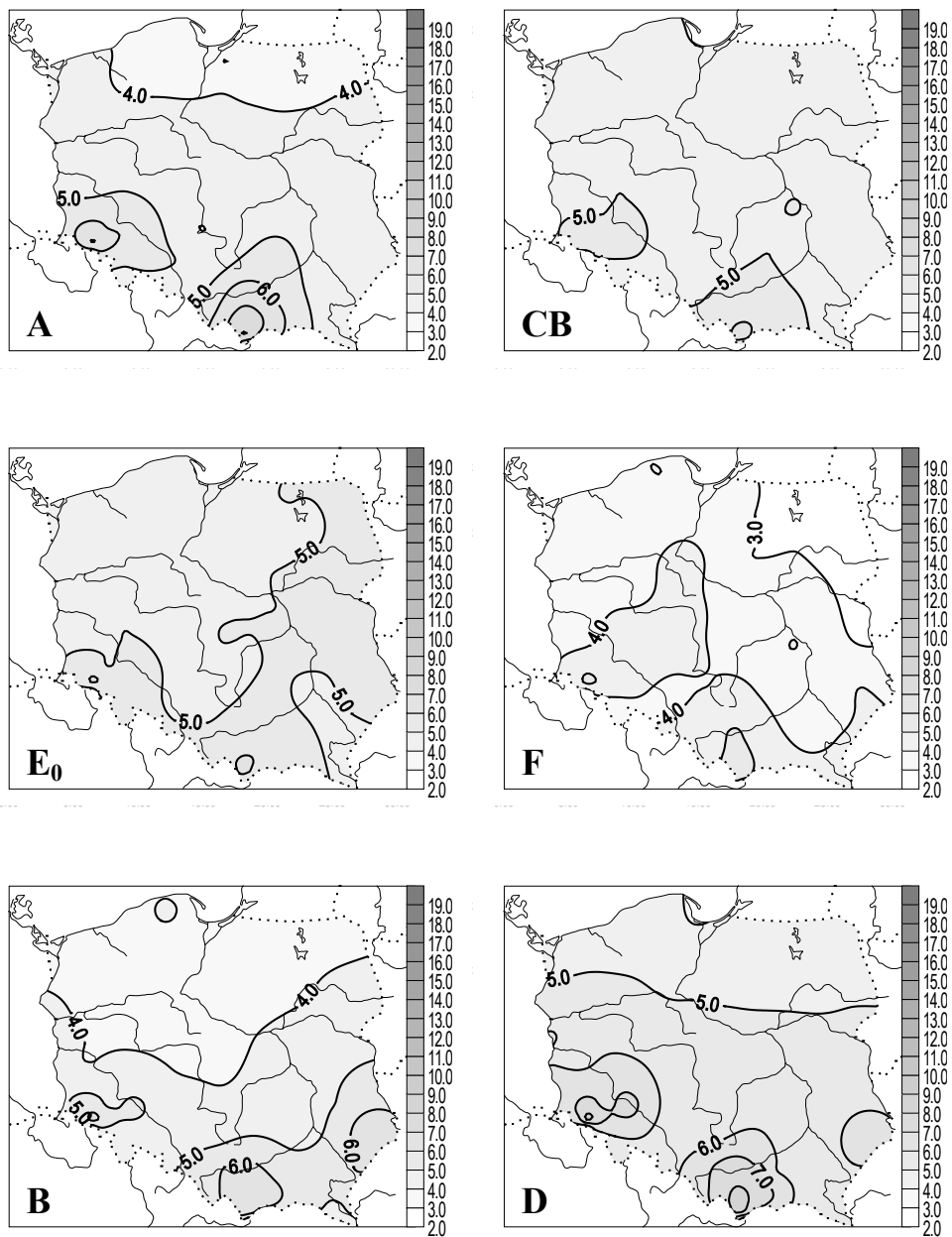
Rys. 95b. Zależność średniej dobowej amplitudy temperatury powietrza w Polsce (°C) od typów cyrkulacji antycyklonalnej (1971-1995) – październik  
 Fig. 95b. Dependence of diurnal air temperature range in Poland (°C) upon the anticyclonal circulation types (1971-1995) – October



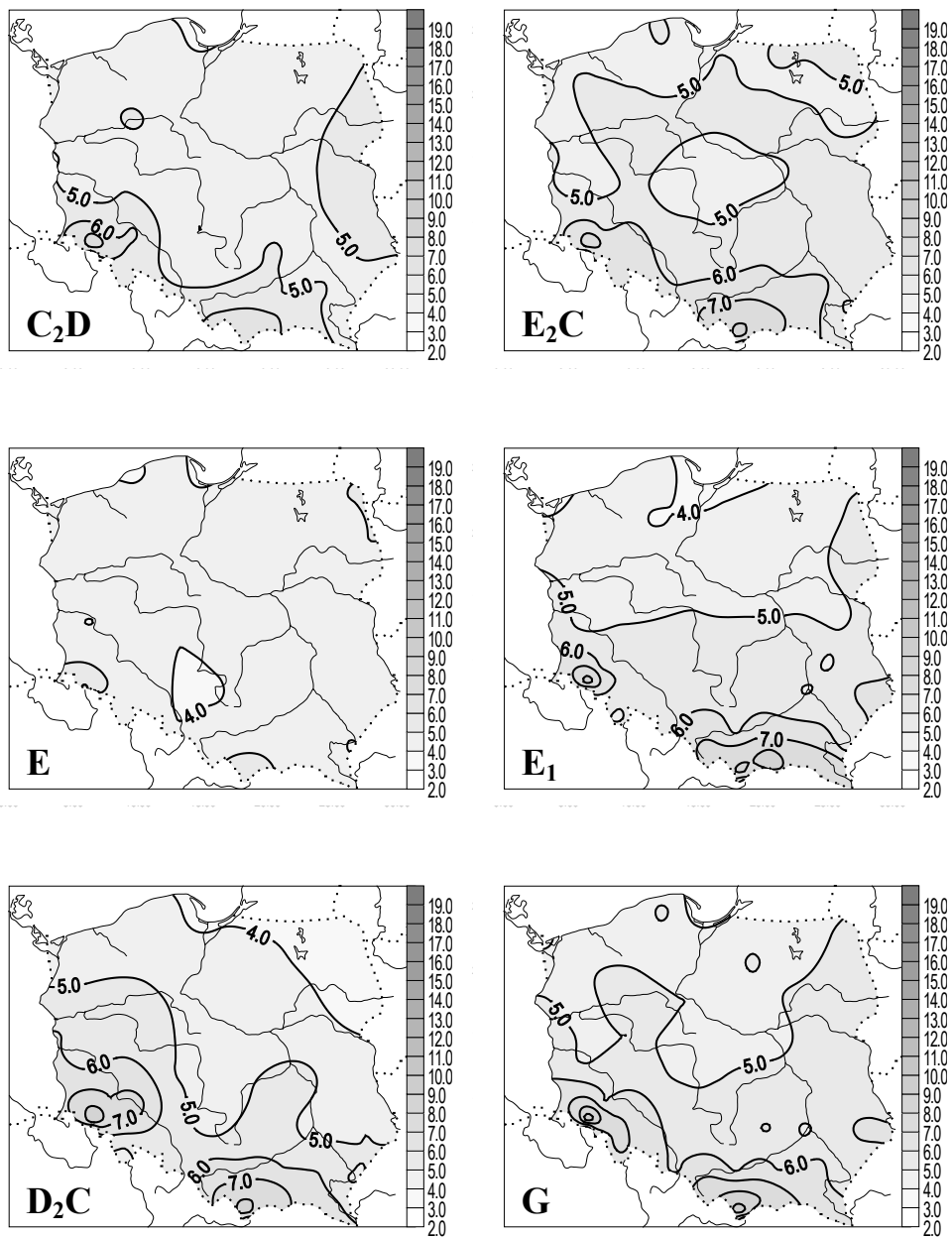
Rys. 96a. Zależność średniej dobowej amplitudy temperatury powietrza w Polsce (°C) od typów cyrkulacji cyklonalnej (1971-1995) – listopad  
 Fig. 96a. Dependence of diurnal air temperature range in Poland (°C) upon the cyclonal circulation types (1971-1995) – November



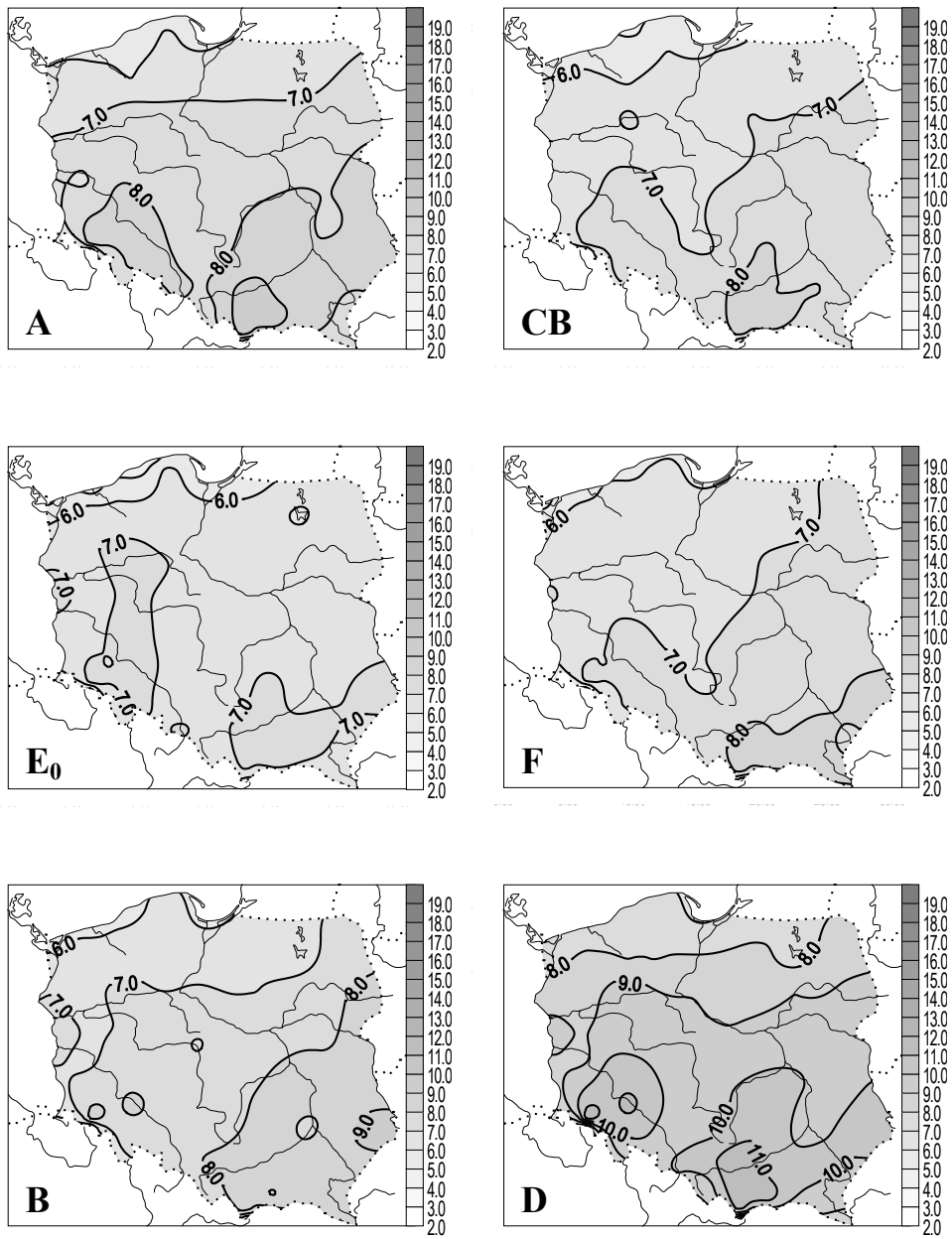
Rys. 96b. Zależność średniej dobowej amplitudy temperatury powietrza w Polsce (°C) od typów cyrkulacji antycyklonalnej (1971-1995) – listopad  
 Fig. 96b. Dependence of diurnal air temperature range in Poland (°C) upon the anticyclonic circulation types (1971-1995) – November



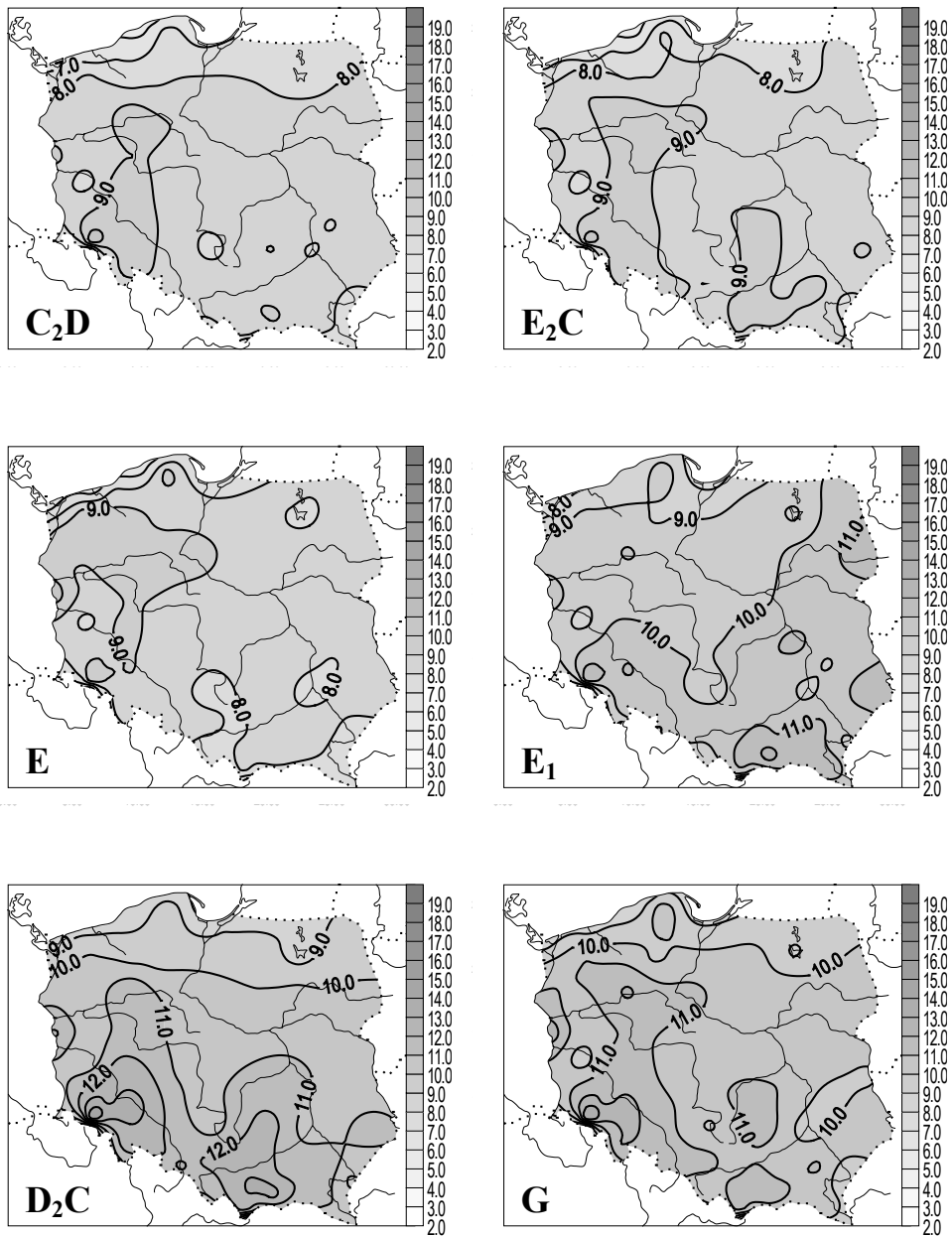
Rys. 97a. Zależność średniej dobowej amplitudy temperatury powietrza w Polsce (°C) od typów cyrkulacji cyklonalnej (1971-1995) – grudzień  
 Fig. 97a. Dependence of diurnal air temperature range in Poland (°C) upon the cyclonic circulation types (1971-1995) – December



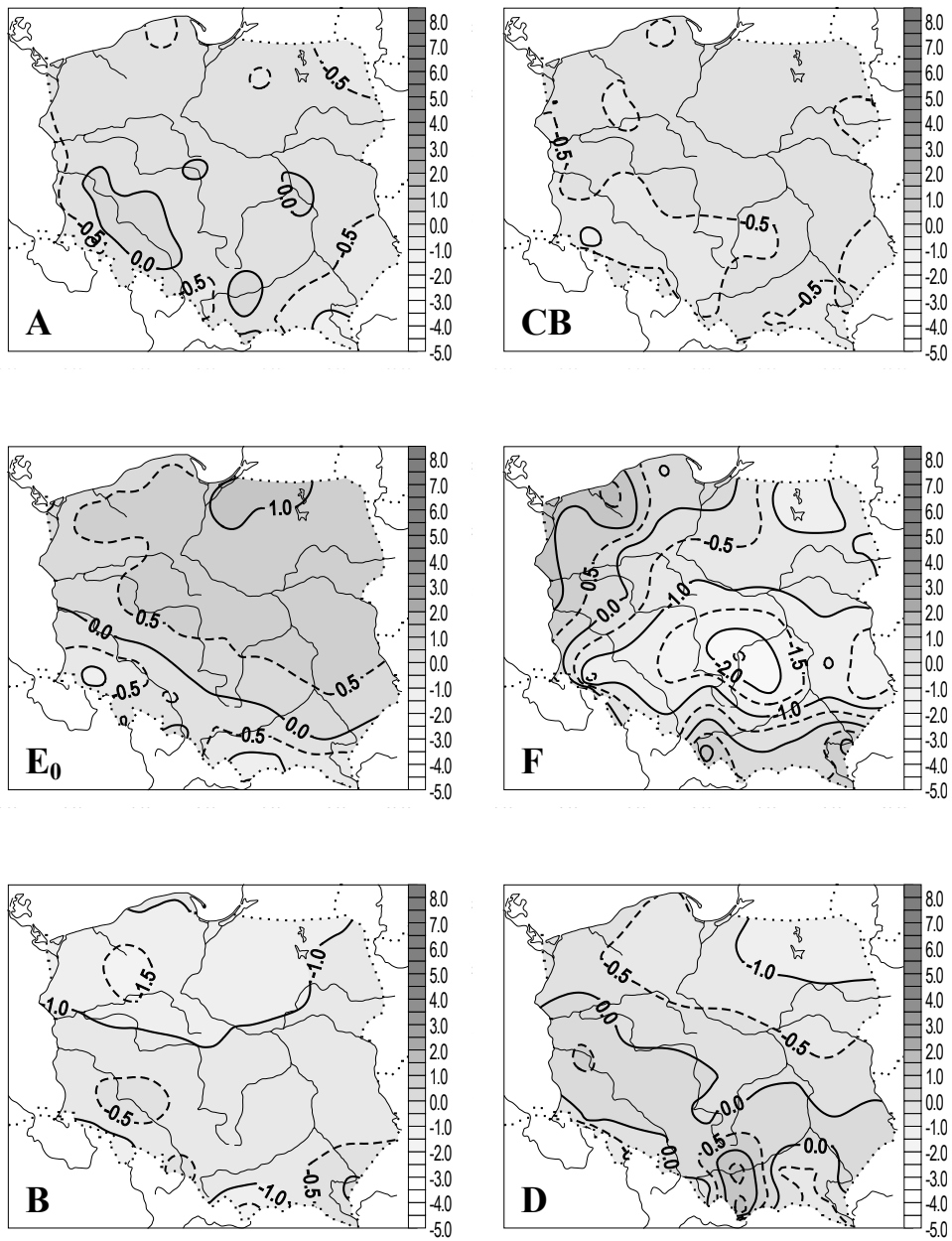
Rys. 97b. Zależność średniej dobowej amplitudy temperatury powietrza w Polsce (°C) od typów cyrkulacji antycyklonalnej (1971-1995) – grudzień  
 Fig. 97b. Dependence of diurnal air temperature range in Poland (°C) upon the anticyclonic circulation types (1971-1995) – December



Rys. 98a. Zależność średniej dobowej amplitudy temperatury powietrza w Polsce (°C) od typów cyrkulacji cyklonalnej (1971-1995) – rok  
 Fig. 98a. Dependence of diurnal air temperature range in Poland (°C) upon the cyclonal circulation types (1971-1995) – year

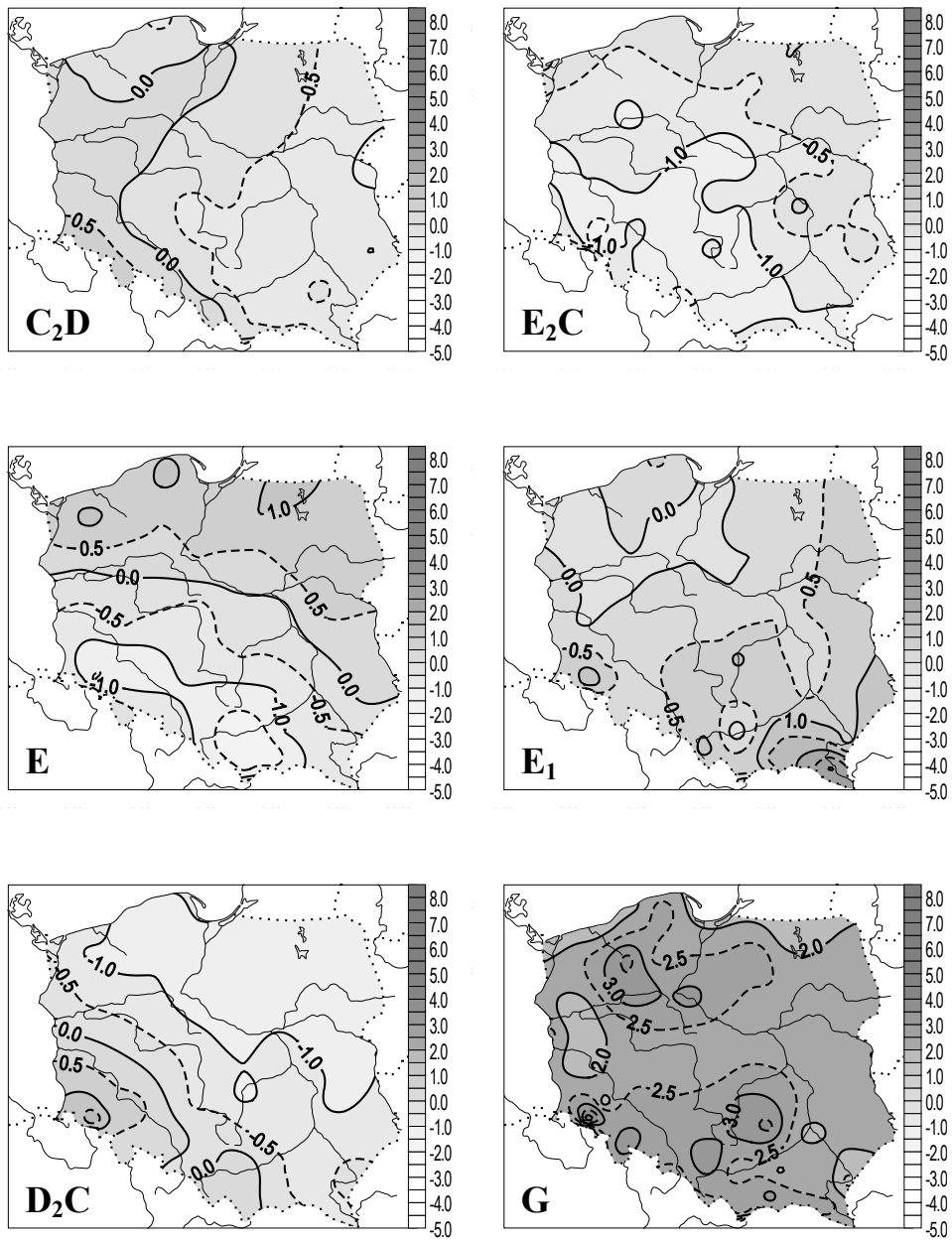


Rys. 98b. Zależność średniej dobowej amplitudy temperatury powietrza w Polsce (°C) od typów cyrkulacji antycyklonalnej (1971-1995) – rok  
 Fig. 98b. Dependence of diurnal air temperature range in Poland (°C) upon the anticyclonic circulation types (1971-1995) – year

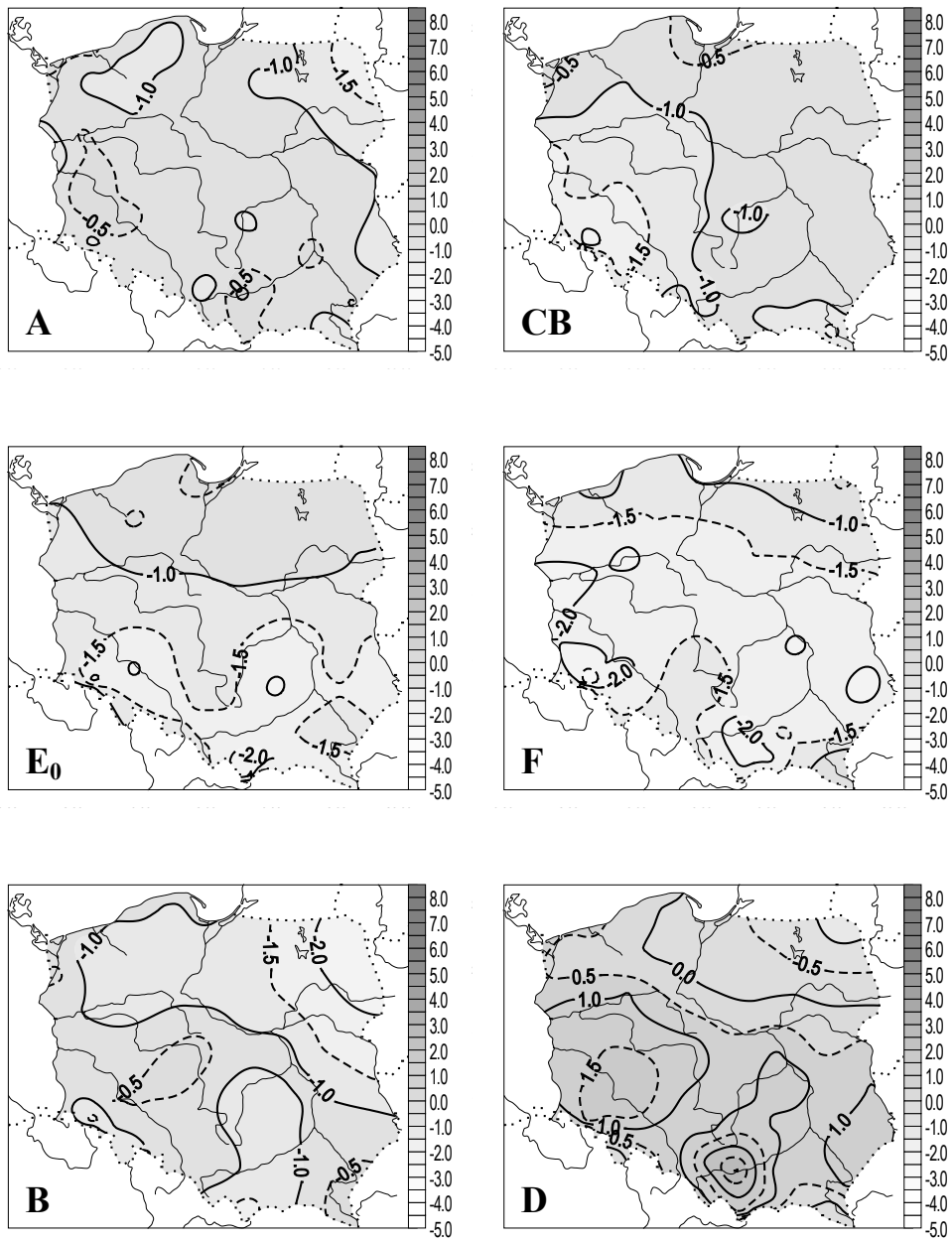


Rys. 99a. Anomalie dobowej amplitudy temperatury (°C) w Polsce w zależności od typów cyrkulacji cyklonalnej (1971-1995) – styczeń  
 Fig. 99a. Anomalies of diurnal temperature range (°C) in Poland upon the cyclonal circulation types (1971-1995) - January

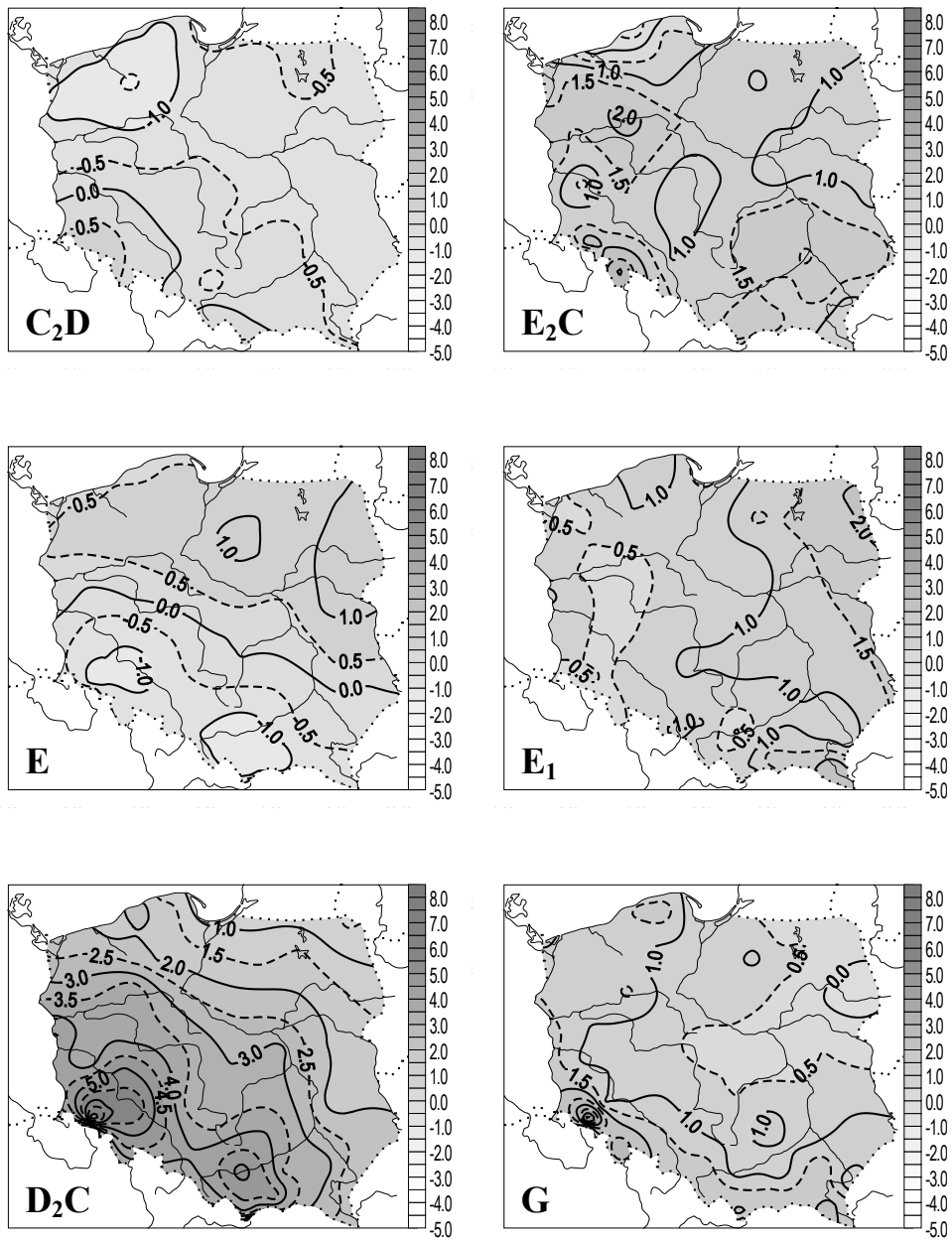




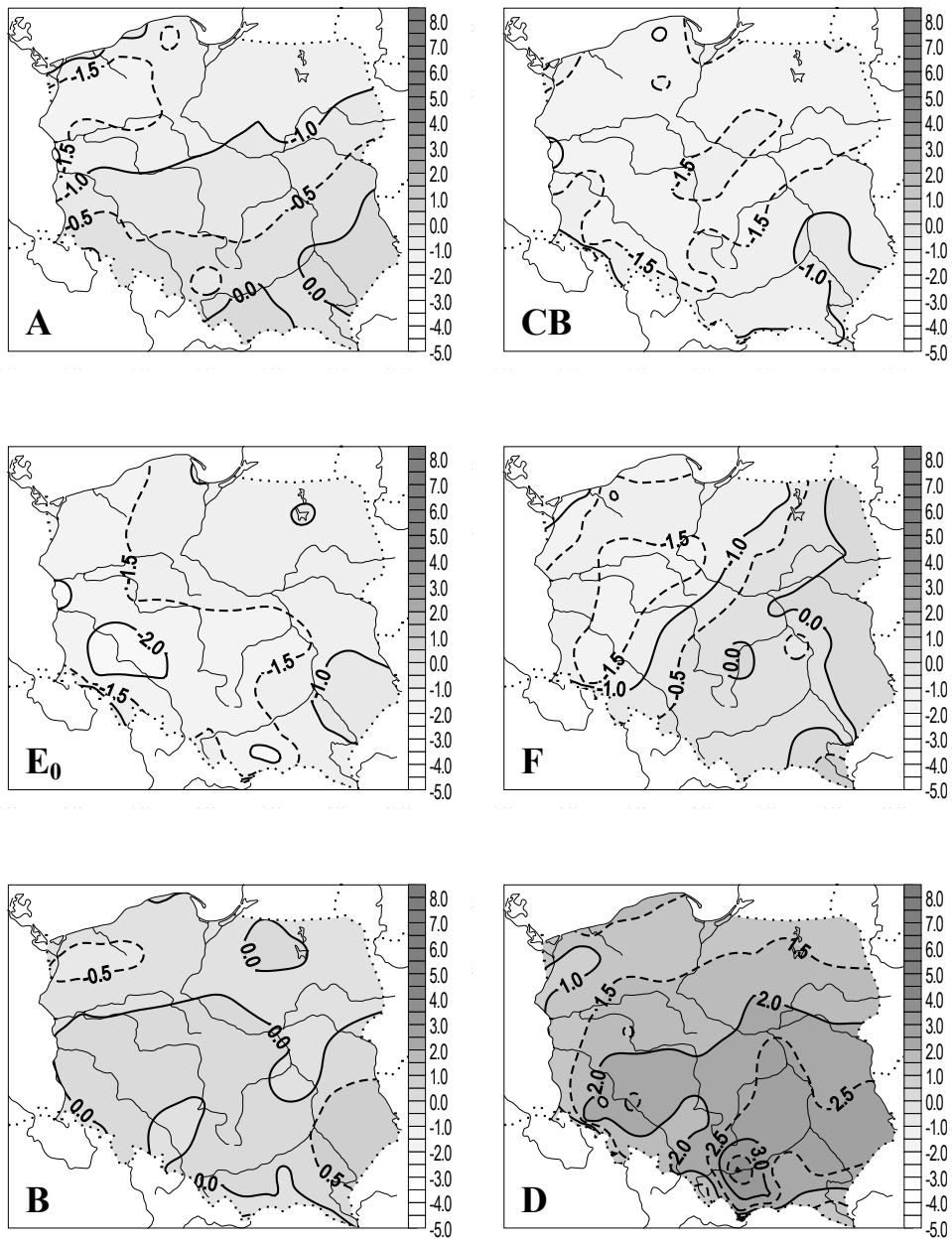
Rys. 99b. Anomalie dobowej amplitudy temperatury (°C) w Polsce w zależności od typów cyrkulacji antycyklonalnej (1971-1995) – styczeń  
 Fig. 99b. Anomalies of diurnal temperature range (°C) in Poland upon the anticyclonal circulation types (1971-1995) - January



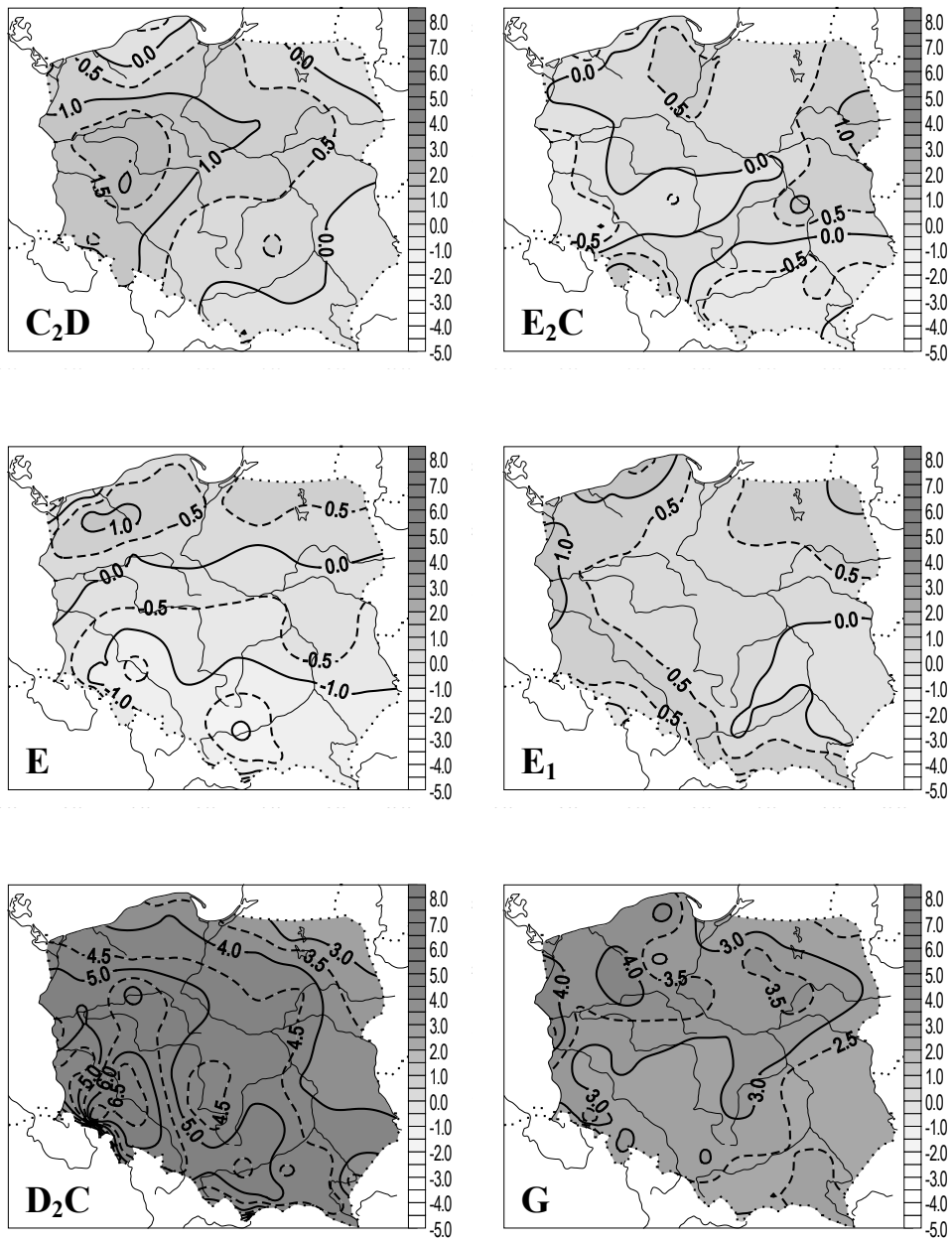
Rys. 100a. Anomalie dobowej amplitudy temperatury (°C) w Polsce w zależności od typów cyrkulacji cyklonalnej (1971-1995) – luty  
 Fig. 100a. Anomalies of diurnal temperature range (°C) in Poland upon the cyclonal circulation types (1971-1995) – February



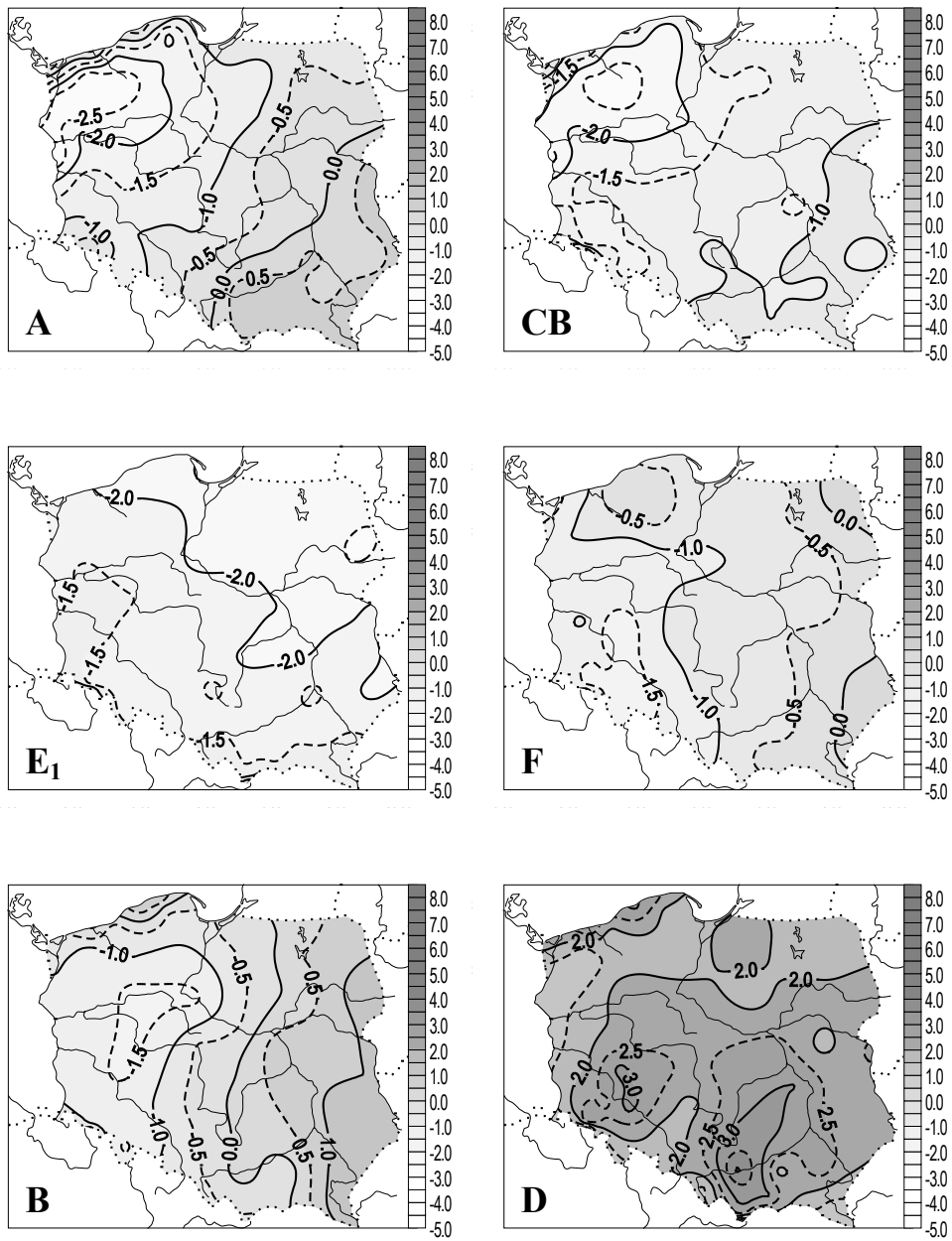
Rys. 100b. Anomalie dobowej amplitudy temperatury (°C) w Polsce w zależności od typów cyrkulacji antycyklonalnej (1971-1995) – luty  
 Fig. 100b. Anomalies of diurnal temperature range (°C) in Poland upon the anticyclonal circulation types (1971-1995) – February



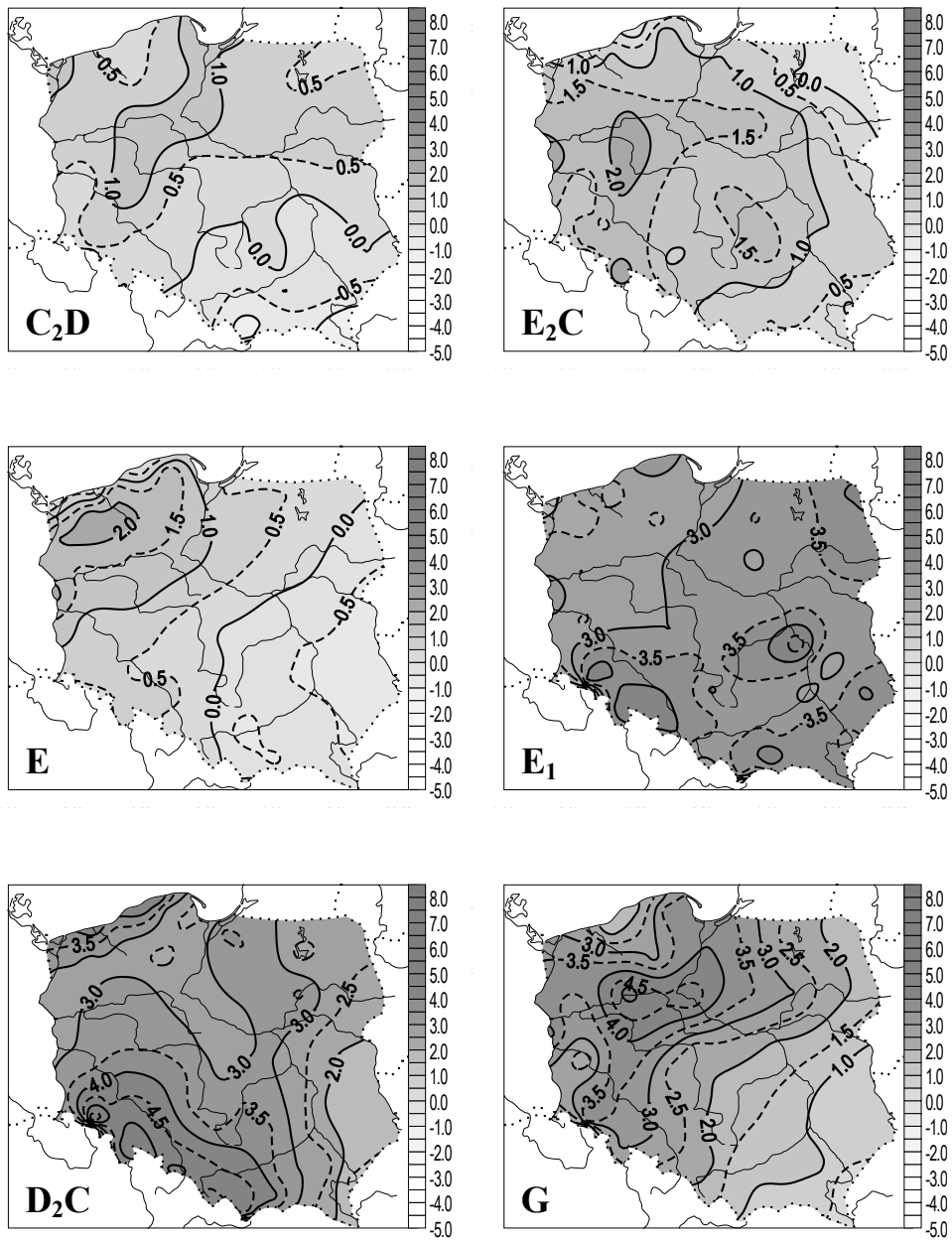
Rys. 101a. Anomalie dobowej amplitudy temperatury (°C) w Polsce w zależności od typów cyrkulacji cyklonalnej (1971-1995) – marzec  
 Fig. 101a. Anomalies of diurnal temperature range (°C) in Poland upon the cyclonal circulation types (1971-1995) – March



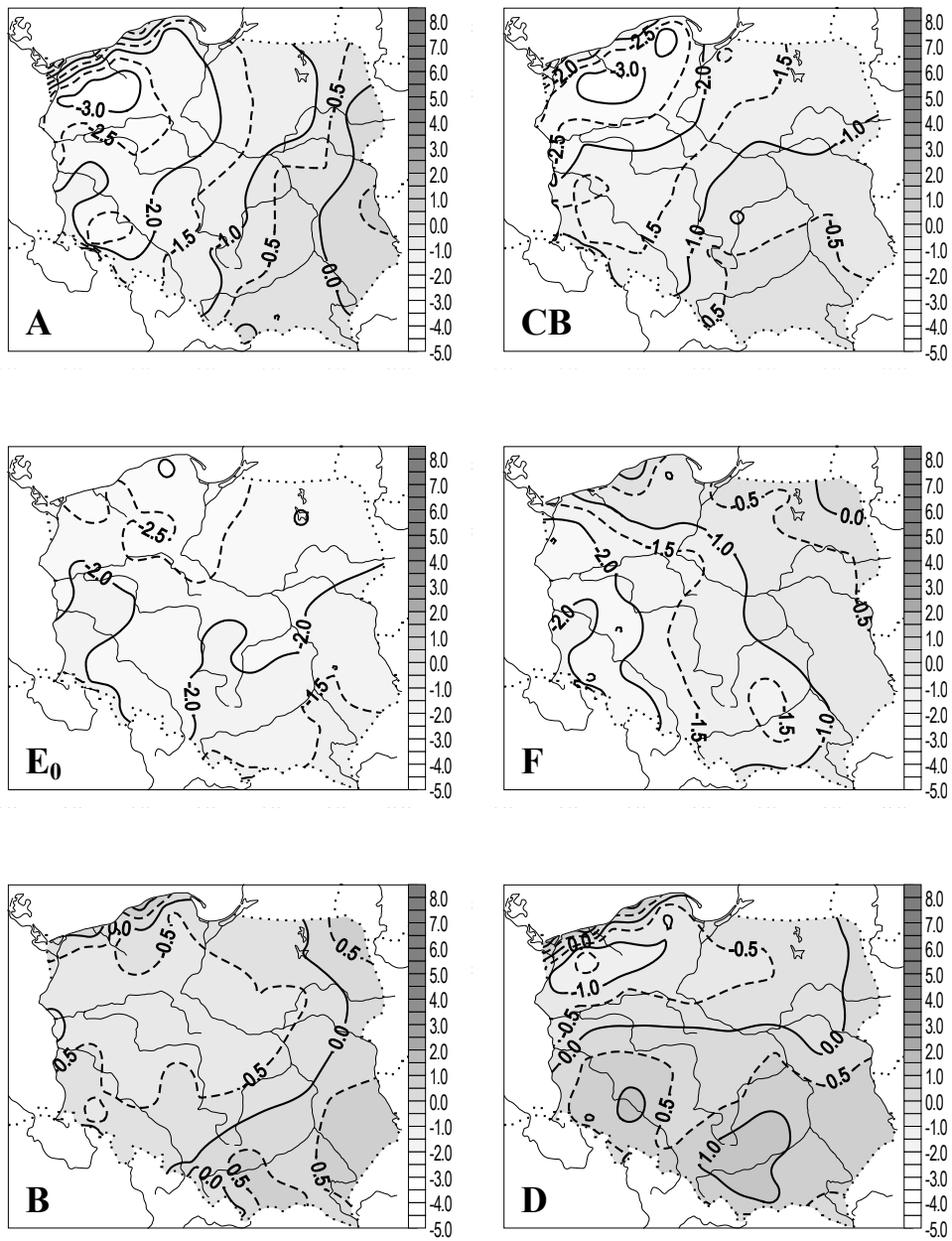
Rys. 101b. Anomalie dobowej amplitudy temperatury (°C) w Polsce w zależności od typów cyrkulacji antycyklonalnej (1971-1995) – marzec  
 Fig. 101b. Anomalies of diurnal temperature range (°C) in Poland upon the anticyclonal circulation types (1971-1995) – March



Rys. 102a. Anomalie dobowej amplitudy temperatury (°C) w Polsce w zależności od typów cyrkulacji cyklonalnej (1971-1995) – kwiecień  
 Fig. 102a. Anomalies of diurnal temperature range (°C) in Poland upon the cyclonal circulation types (1971-1995) – April

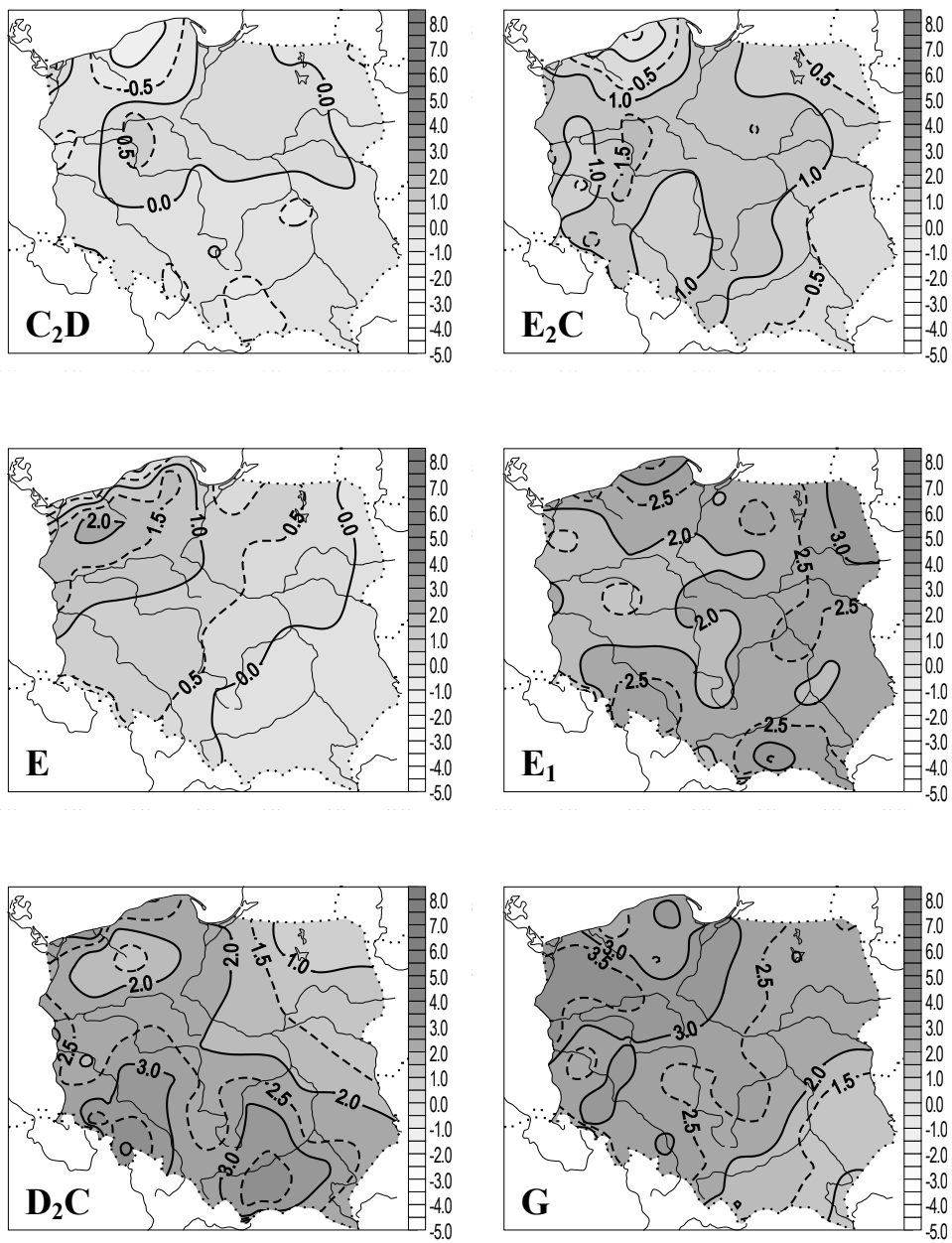


Rys. 102b. Anomalie dobowej amplitudy temperatury (°C) w Polsce w zależności od typów cyrkulacji antycyklonalnej (1971-1995) – kwiecień  
 Fig. 102b. Anomalies of diurnal temperature range (°C) in Poland upon the anticyclonal circulation types (1971-1995) – April

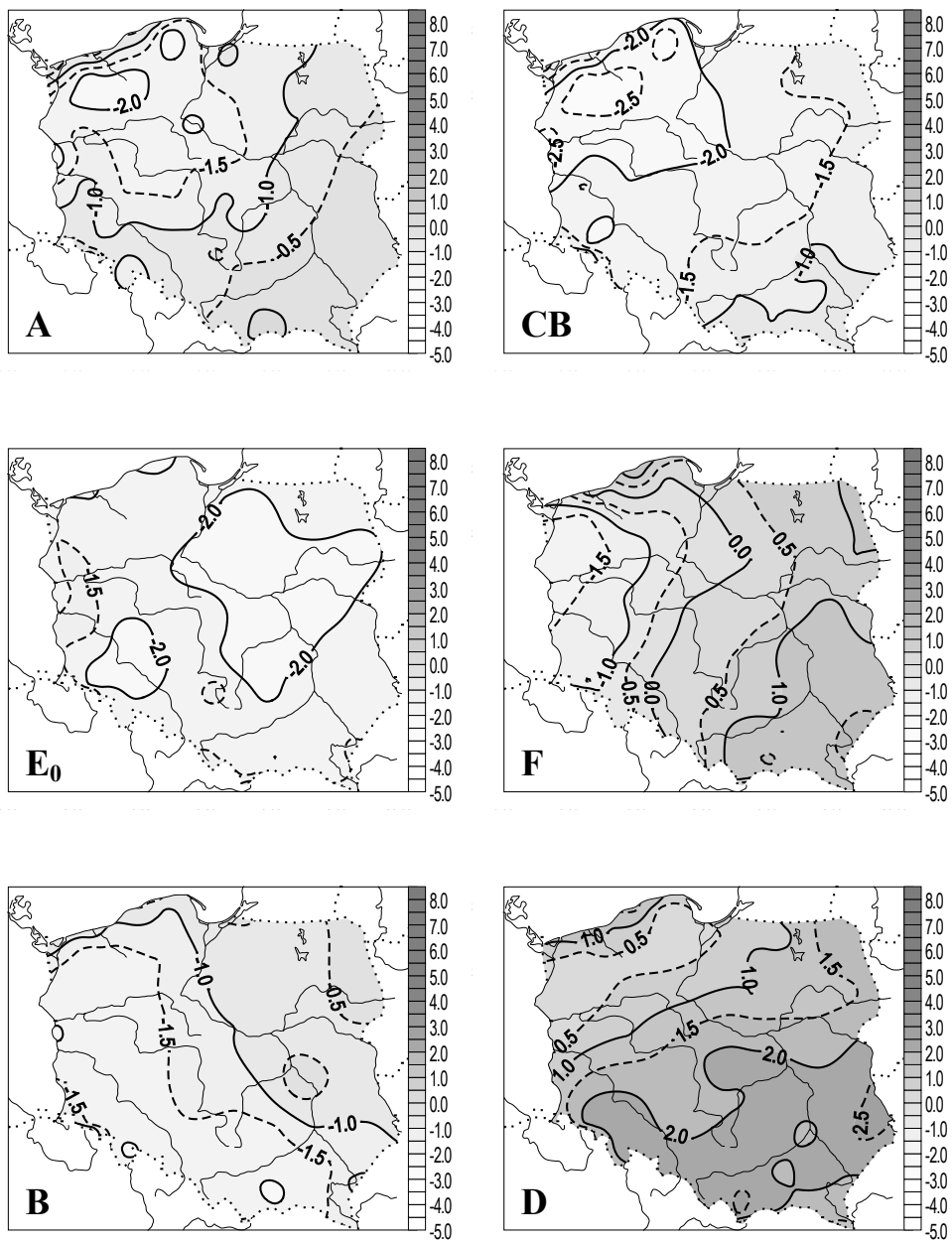


Rys. 103a. Anomalie dobowej amplitudy temperatury (°C) w Polsce w zależności od typów cyrkulacji cyklonalnej (1971-1995) – maj  
 Fig. 103a. Anomalies of diurnal temperature range (°C) in Poland upon the cyclonal circulation types (1971-1995) – May

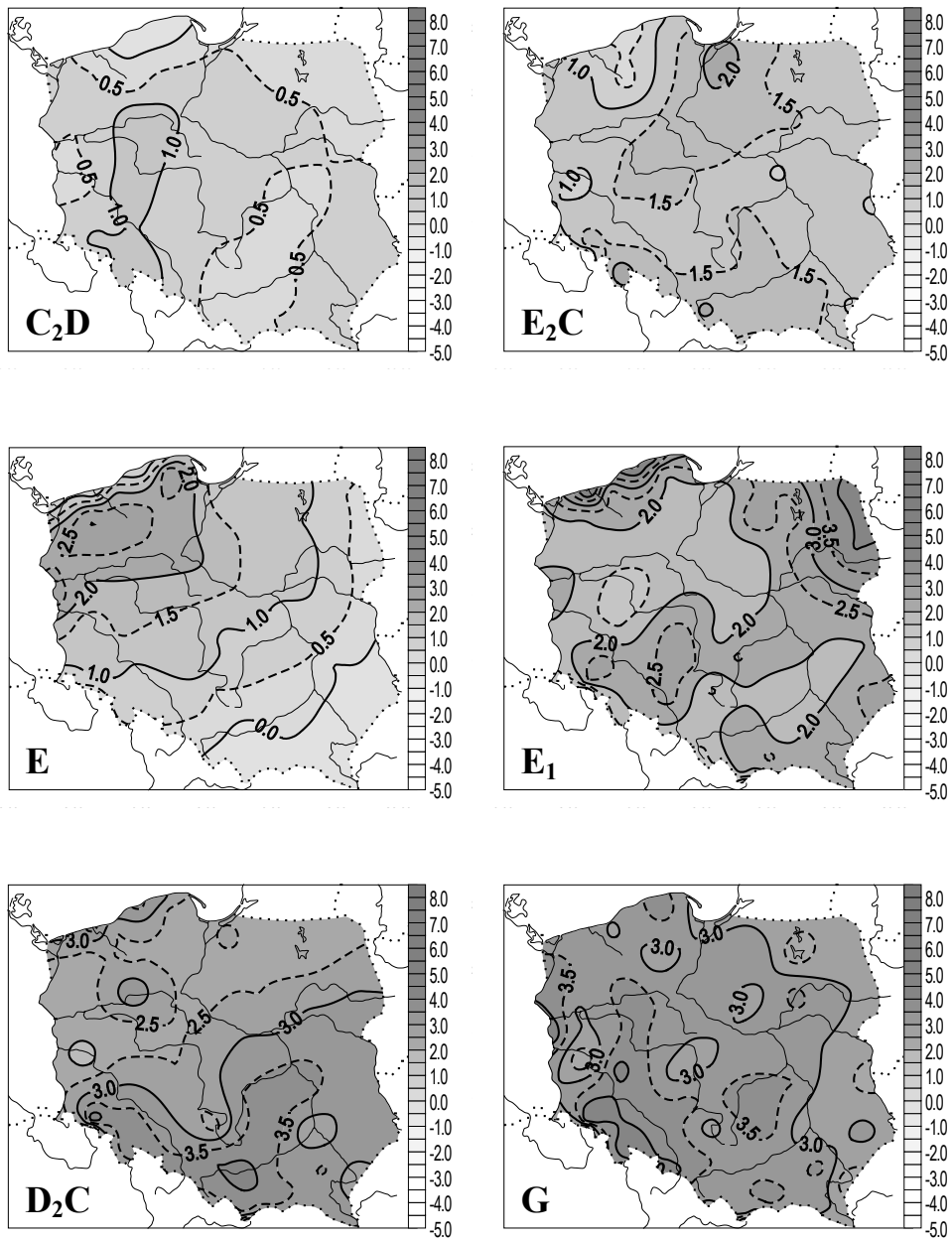




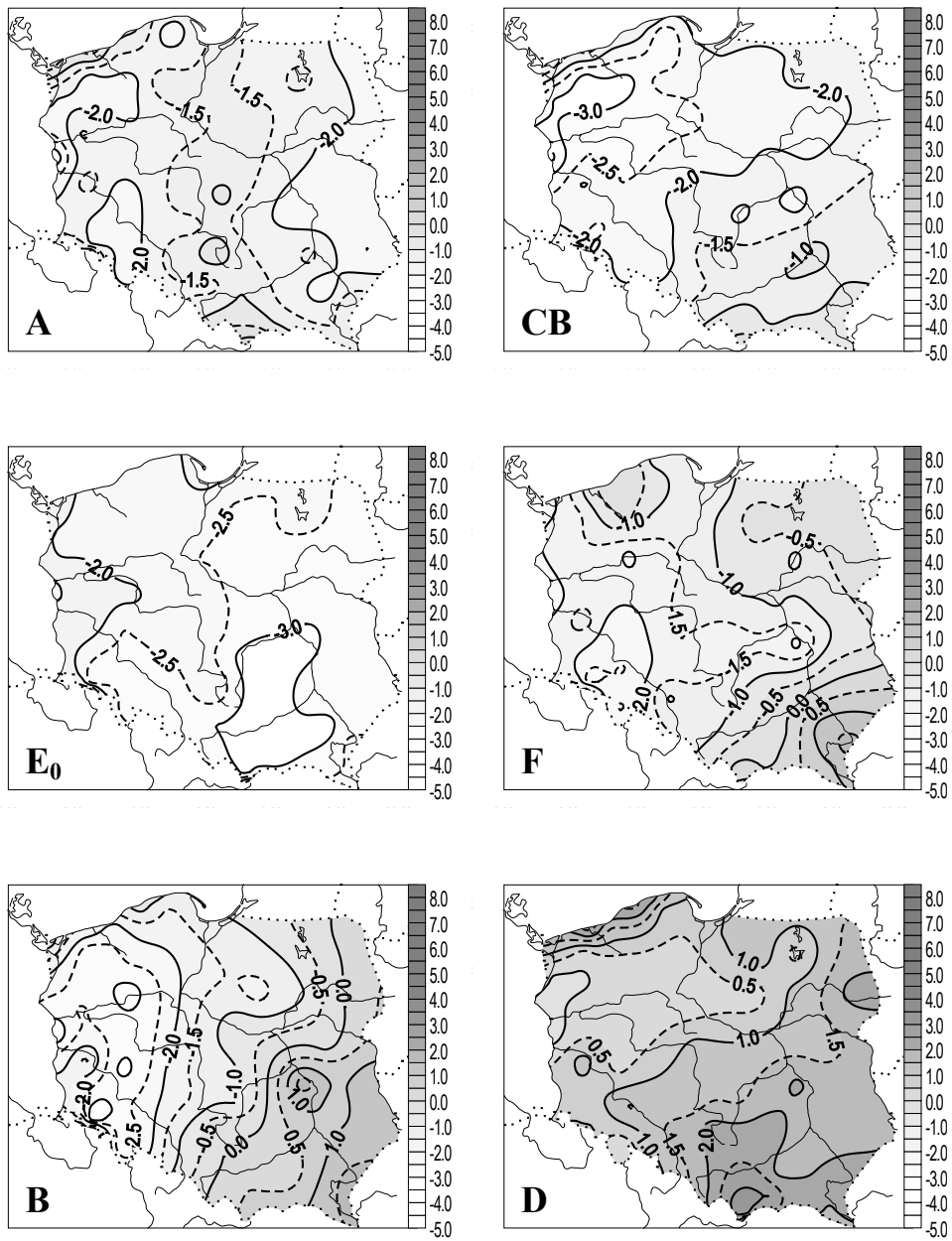
Rys. 103b. Anomalie dobowej amplitudy temperatury (°C) w Polsce w zależności od typów cyrkulacji antycyklonalnej (1971-1995) – maj  
 Fig. 103b. Anomalies of diurnal temperature range (°C) in Poland upon the anticyclonic circulation types (1971-1995) – May



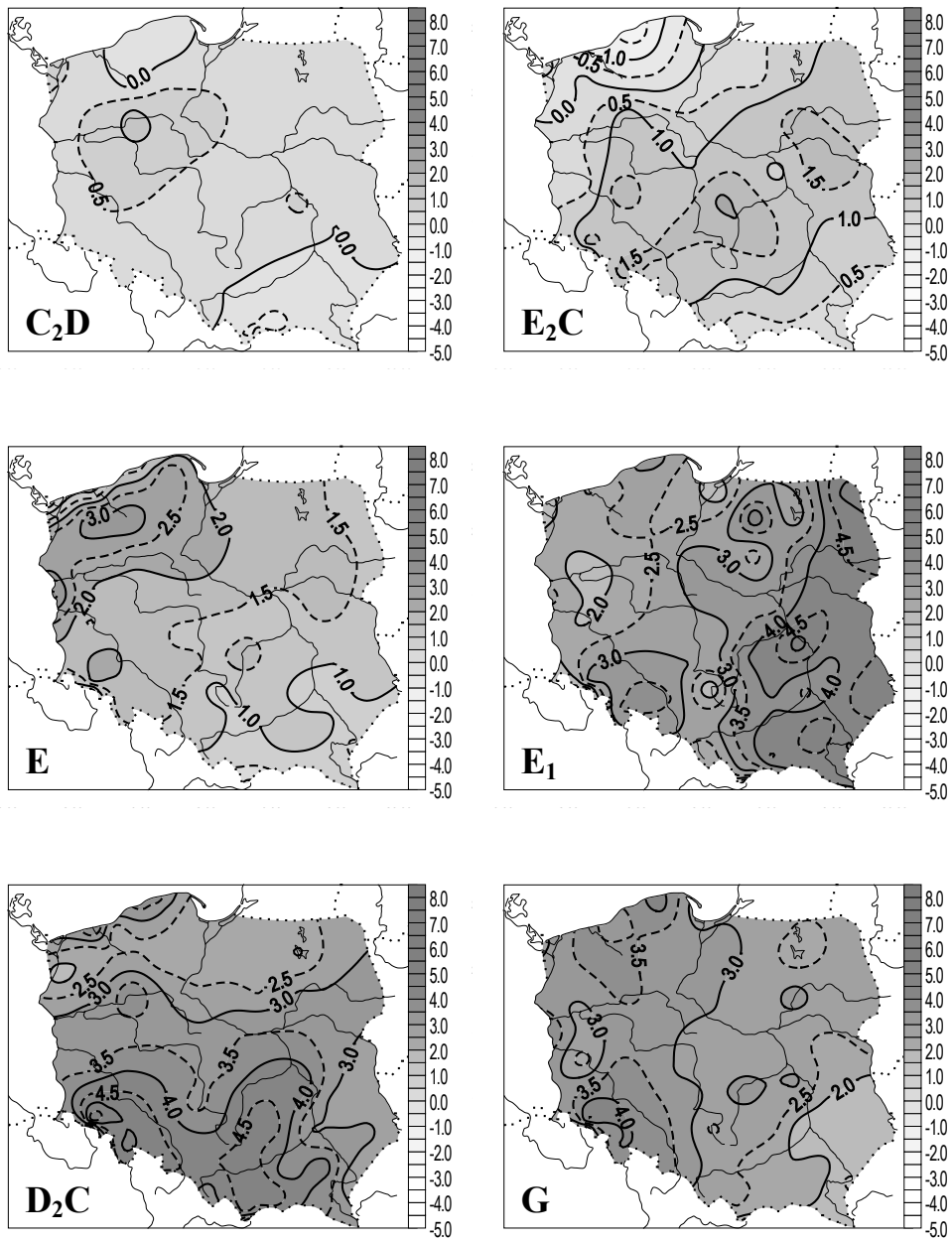
Rys. 104a. Anomalie dobowej amplitudy temperatury (°C) w Polsce w zależności od typów cyrkulacji cyklonalnej (1971-1995) – czerwiec  
 Fig. 104a. Anomalies of diurnal temperature range (°C) in Poland upon the cyclonal circulation types (1971-1995) – June



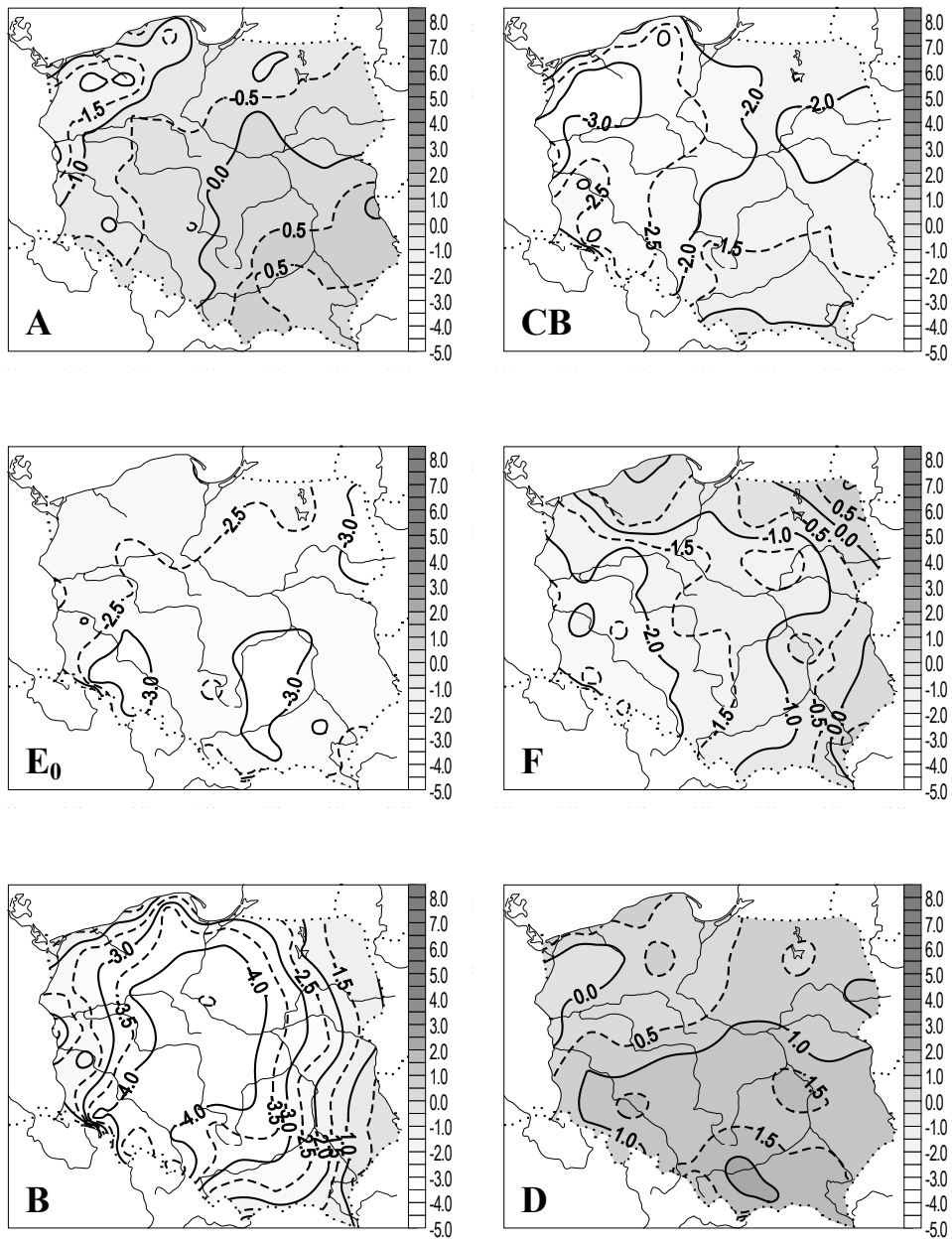
Rys. 104b. Anomalie dobowej amplitudy temperatury (°C) w Polsce w zależności od typów cyrkulacji antycyklonalnej (1971-1995) – czerwiec  
 Fig. 104b. Anomalies of diurnal temperature range (°C) in Poland upon the anticyclonal circulation types (1971-1995) – June



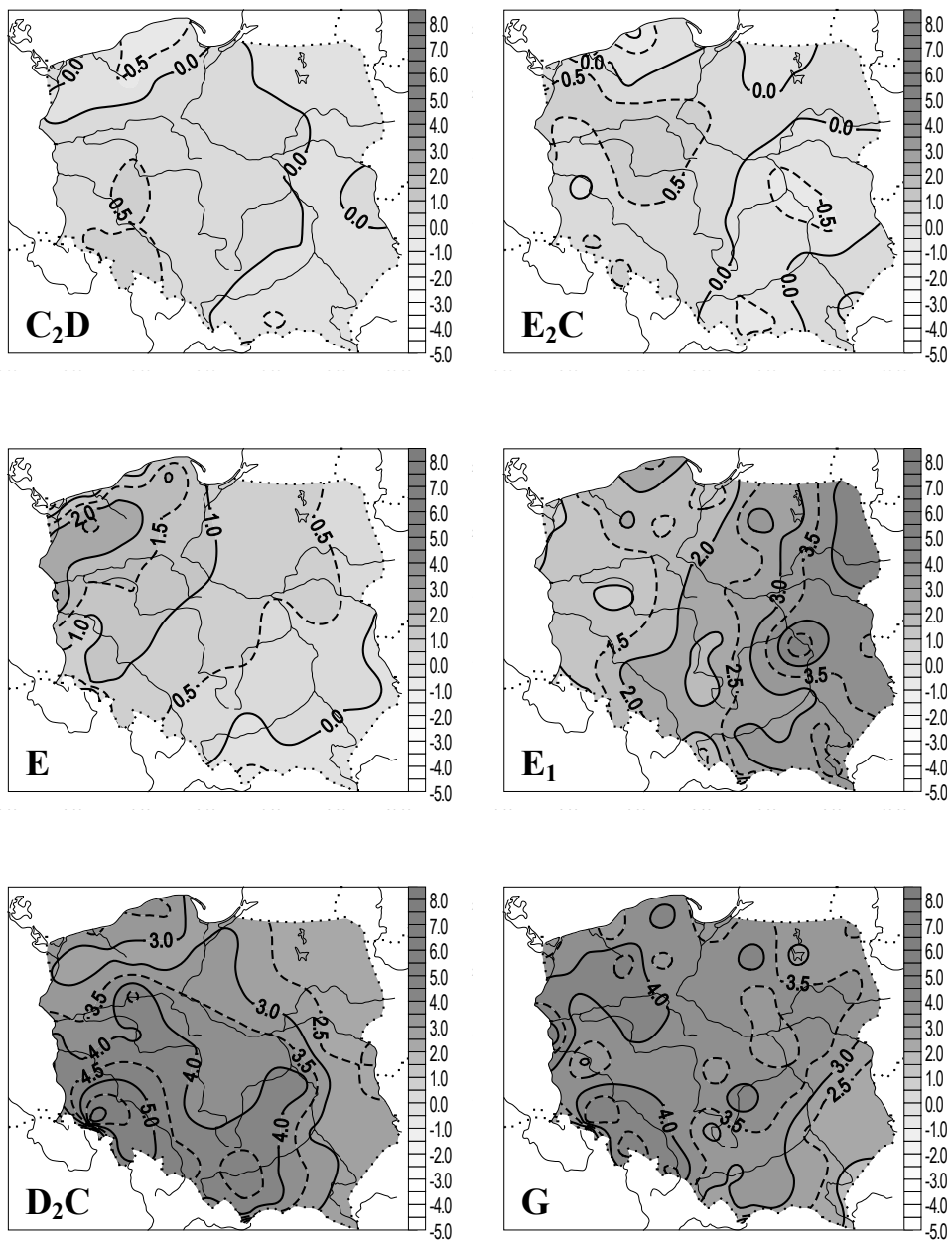
Rys. 105a. Anomalie dobowej amplitudy temperatury (°C) w Polsce w zależności od typów cyrkulacji cyklonalnej (1971-1995) – lipiec  
 Fig. 105a. Anomalies of diurnal temperature range (°C) in Poland upon the cyclonal circulation types (1971-1995) – July



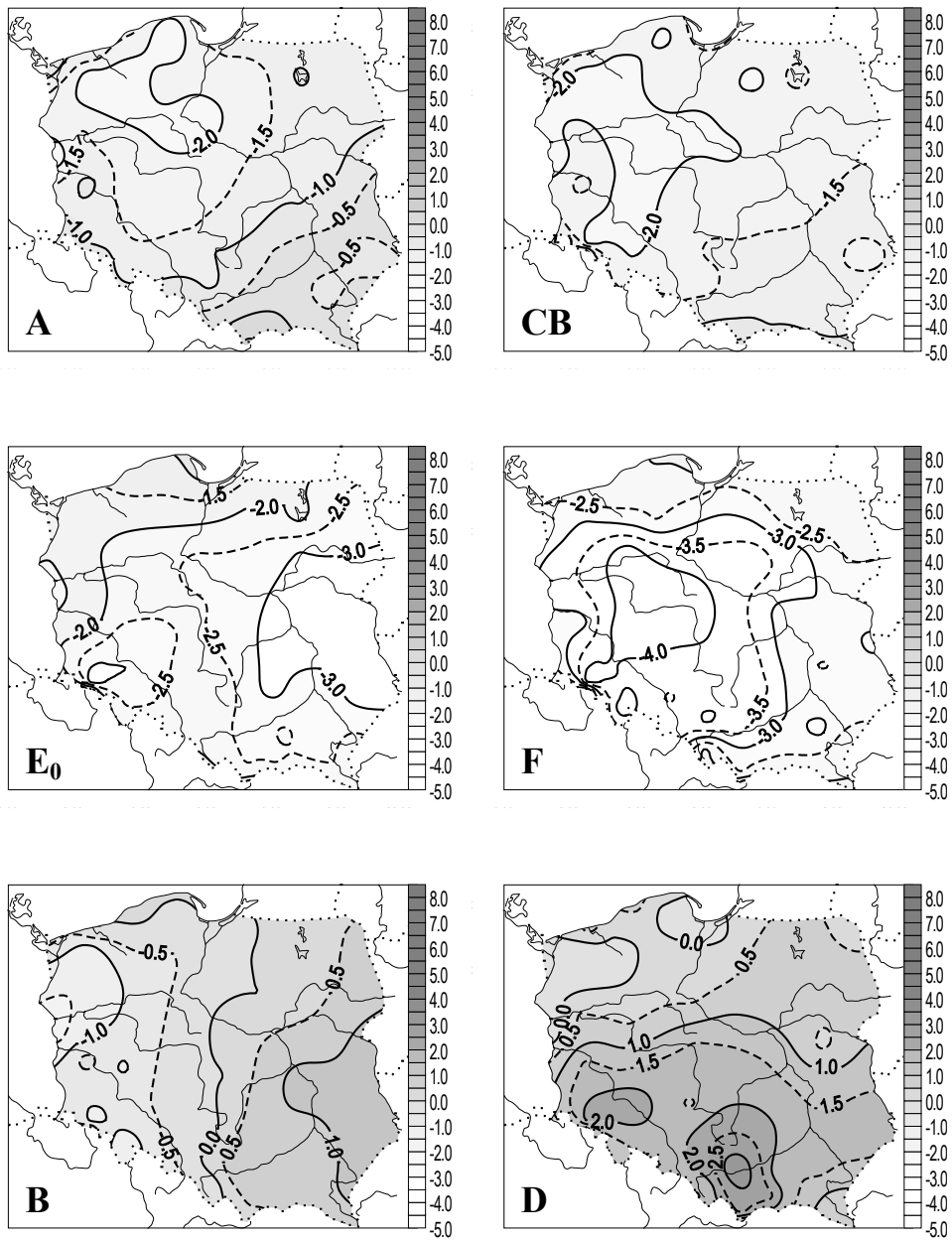
Rys. 105b. Anomalie dobowej amplitudy temperatury (°C) w Polsce w zależności od typów cyrkulacji antycyklonalnej (1971-1995) – lipiec  
 Fig. 105b. Anomalies of diurnal temperature range (°C) in Poland upon the anticyclonal circulation types (1971-1995) – July



Rys. 106a. Anomalie dobowej amplitudy temperatury (°C) w Polsce w zależności od typów cyrkulacji cyklonalnej (1971-1995) – sierpień  
 Fig. 106a. Anomalies of diurnal temperature range (°C) in Poland upon the cyclonal circulation types (1971-1995) – August

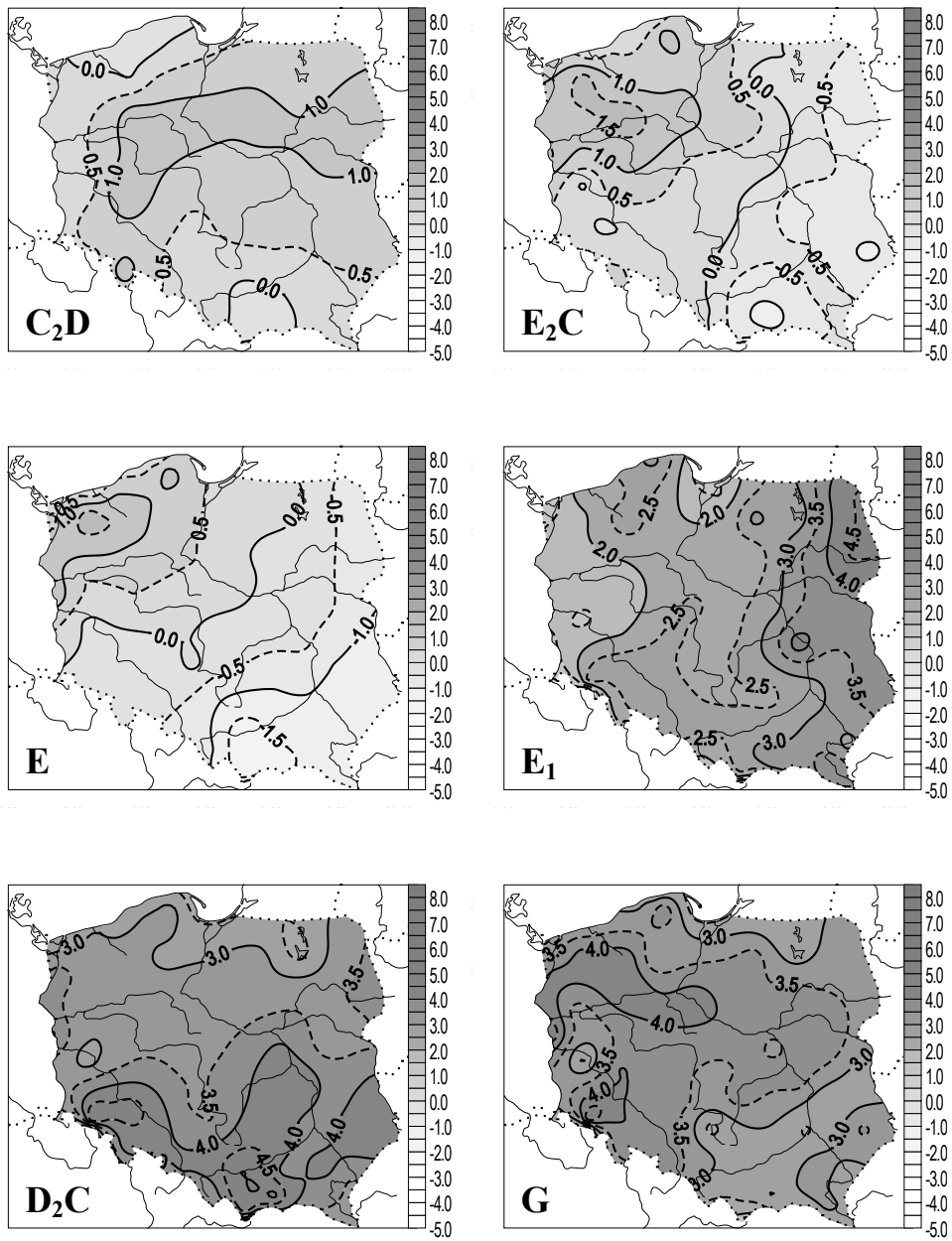


Rys. 106b. Anomalie dobowej amplitudy temperatury (°C) w Polsce w zależności od typów cyrkulacji antycyklonalnej (1971-1995) – sierpień  
 Fig. 106b. Anomalies of diurnal temperature range (°C) in Poland upon the anticyclonal circulation types (1971-1995) – August

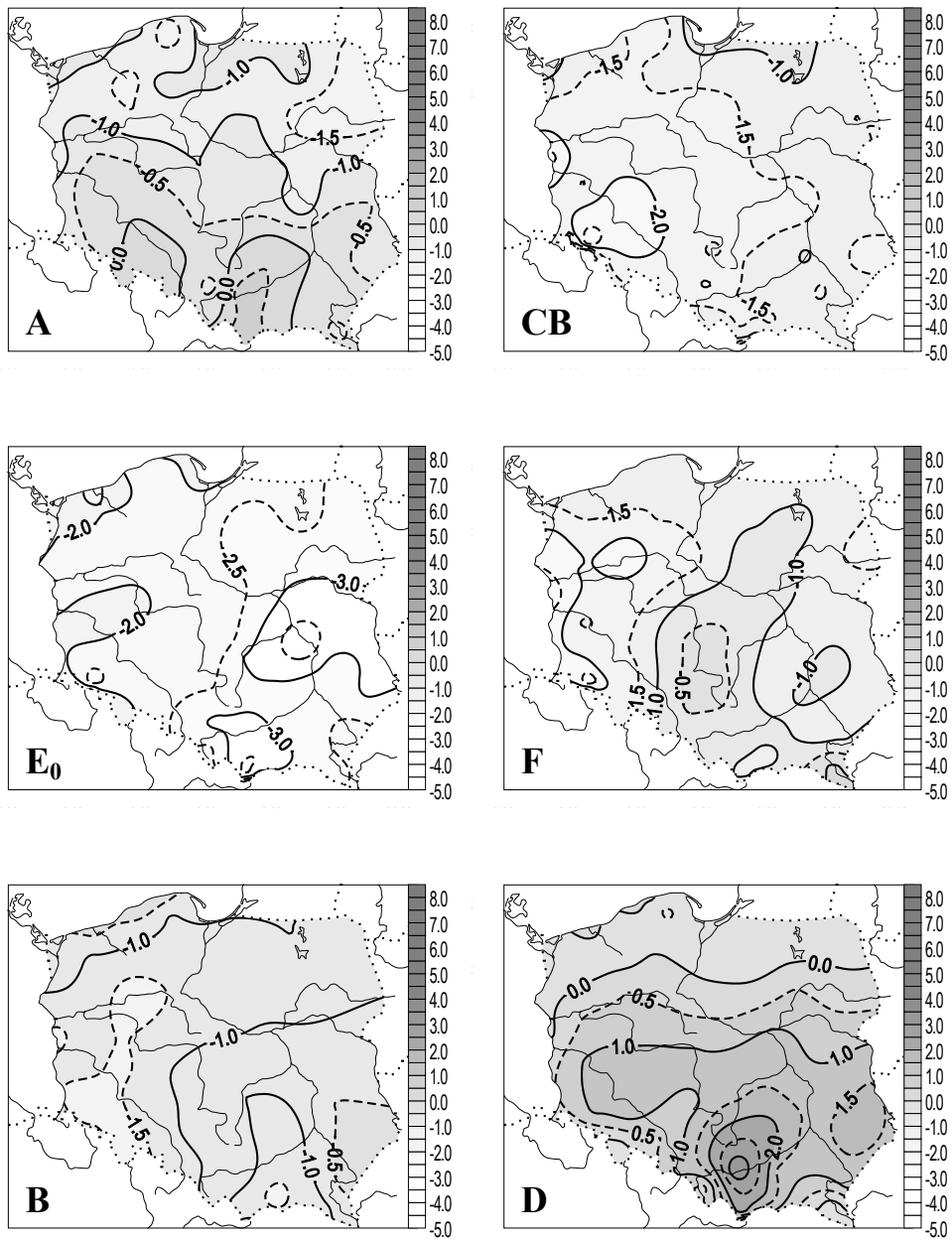


Rys. 107a. Anomalie dobowej amplitudy temperatury (°C) w Polsce w zależności od typów cyrkulacji cyklonalnej (1971-1995) – wrzesień  
 Fig. 107a. Anomalies of diurnal temperature range (°C) in Poland upon the cyclonic circulation types (1971-1995) – September

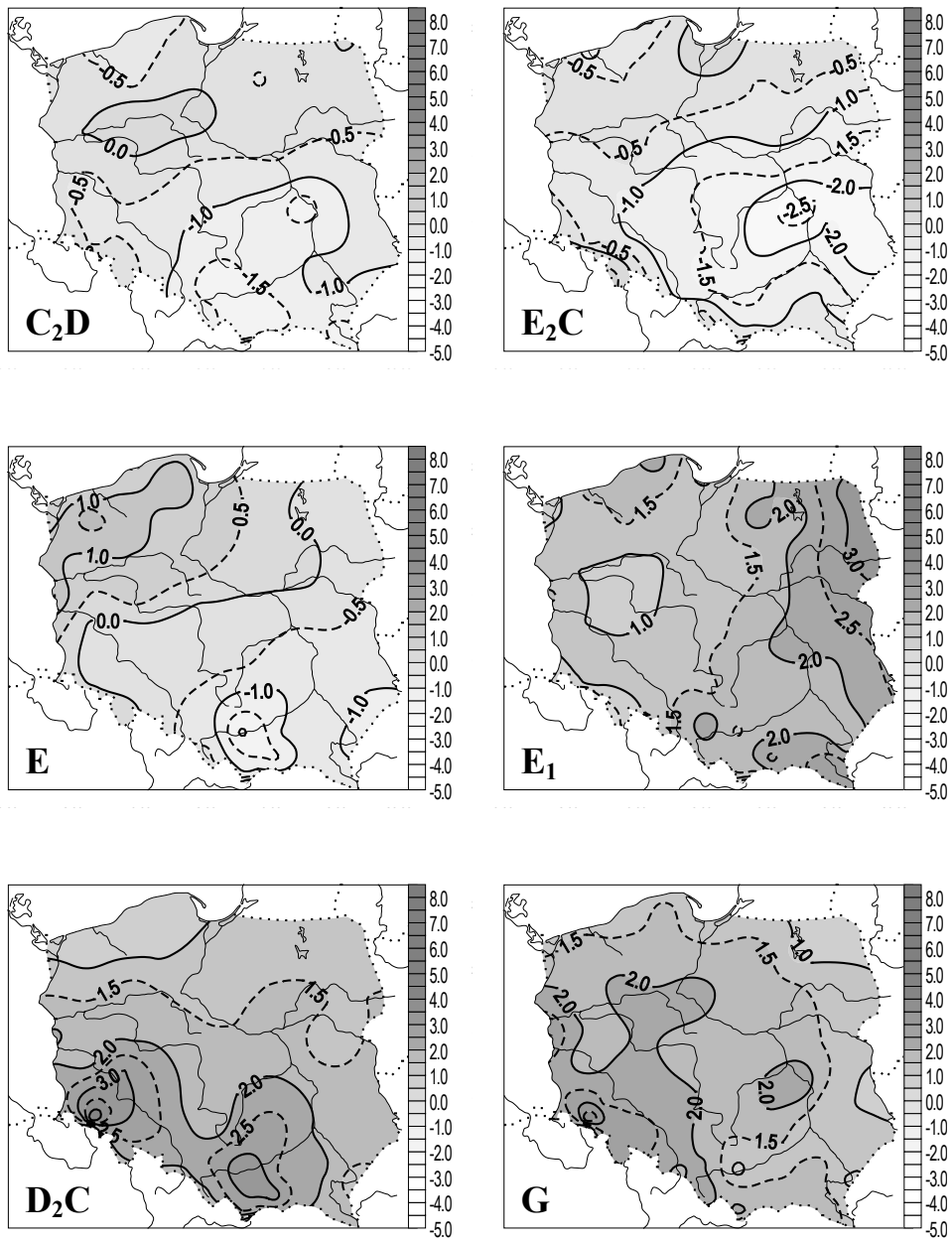




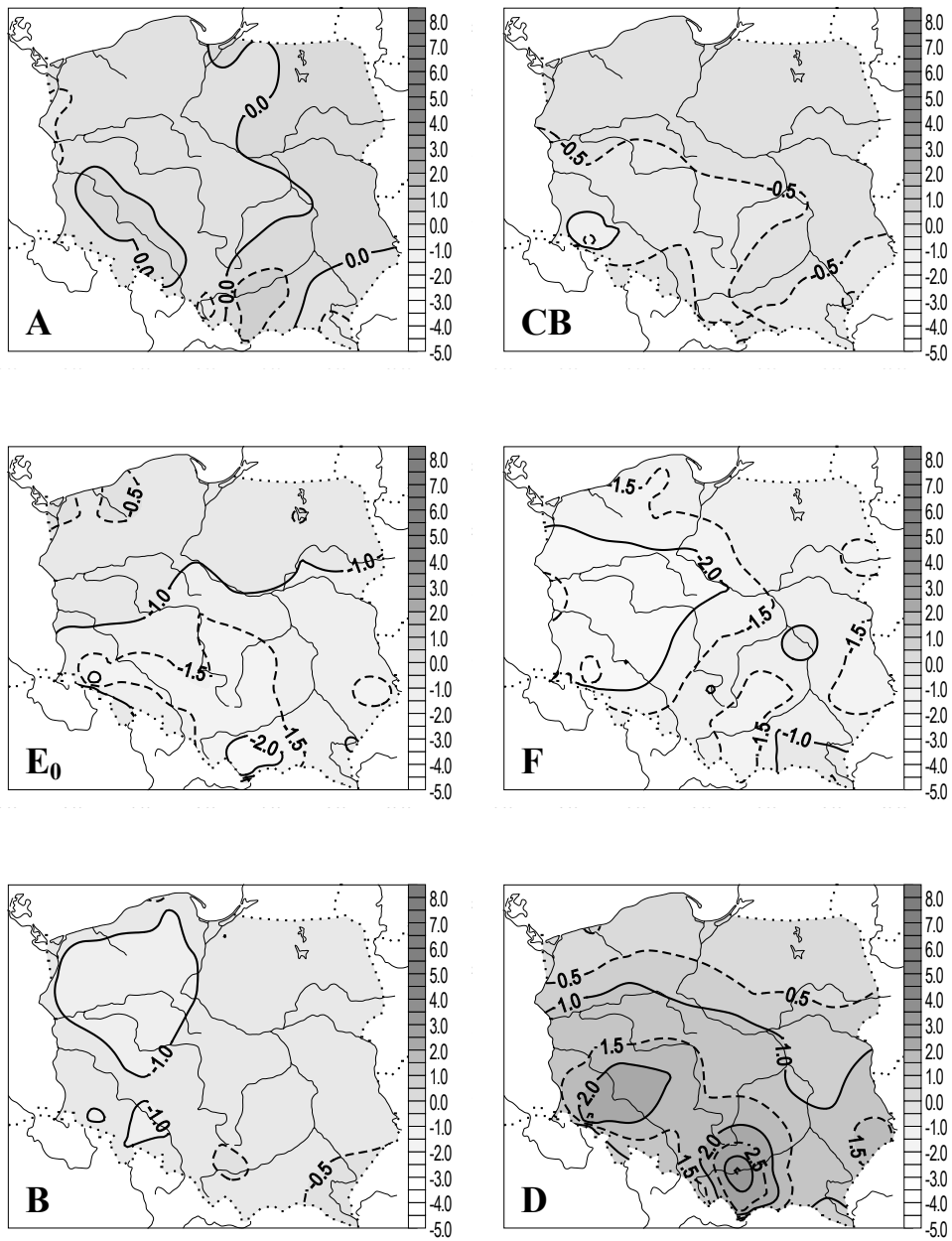
Rys. 107b. Anomalie dobowej amplitudy temperatury (°C) w Polsce w zależności od typów cyrkulacji antycyklonalnej (1971-1995) – wrzesień  
 Fig. 107b. Anomalies of diurnal temperature range (°C) in Poland upon the anticyclonal circulation types (1971-1995) – September



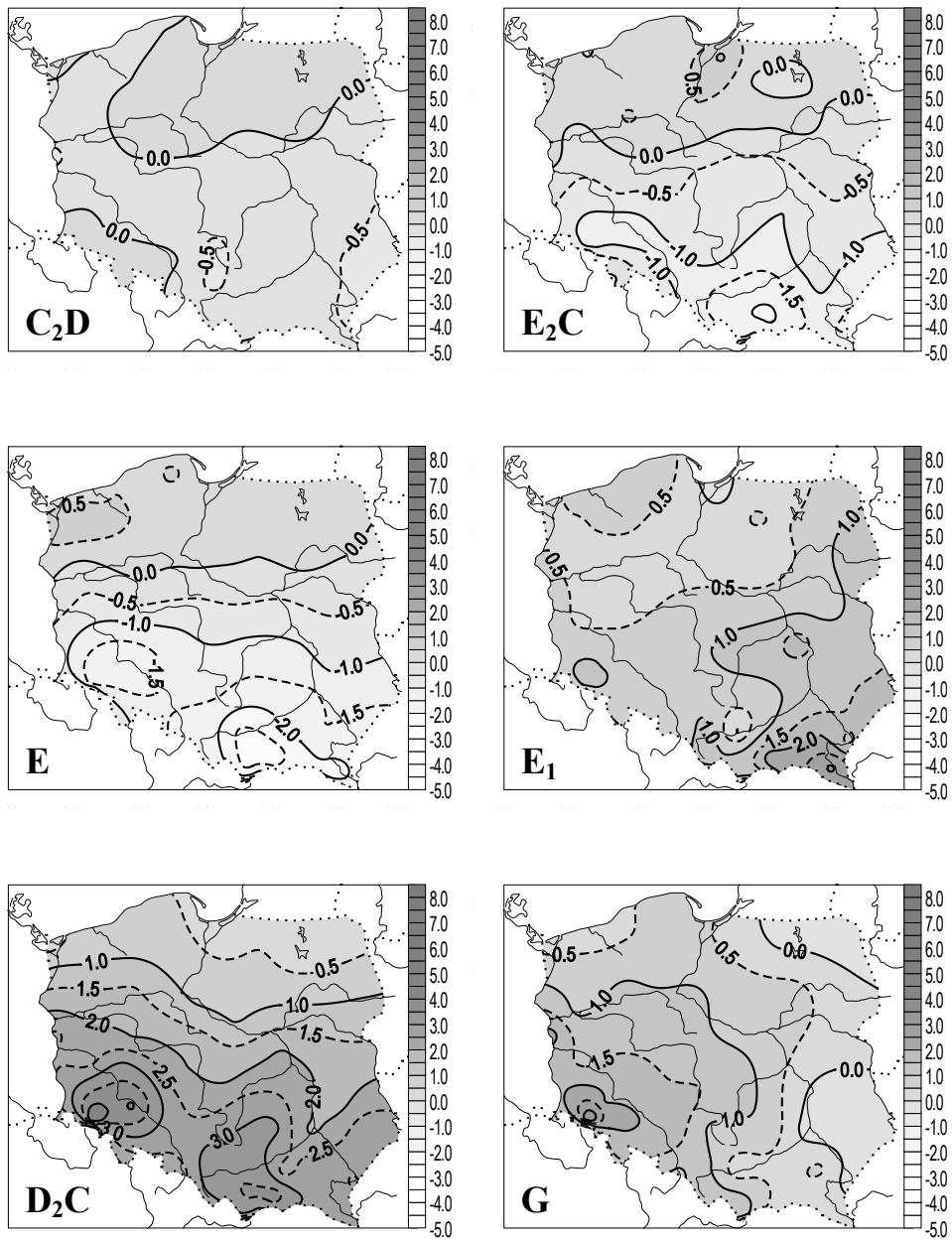
Rys. 108a. Anomalie dobowej amplitudy temperatury (°C) w Polsce w zależności od typów cyrkulacji cyklonalnej (1971-1995) – październik  
 Fig. 108a. Anomalies of diurnal temperature range (°C) in Poland upon the cyclonal circulation types (1971-1995) – October



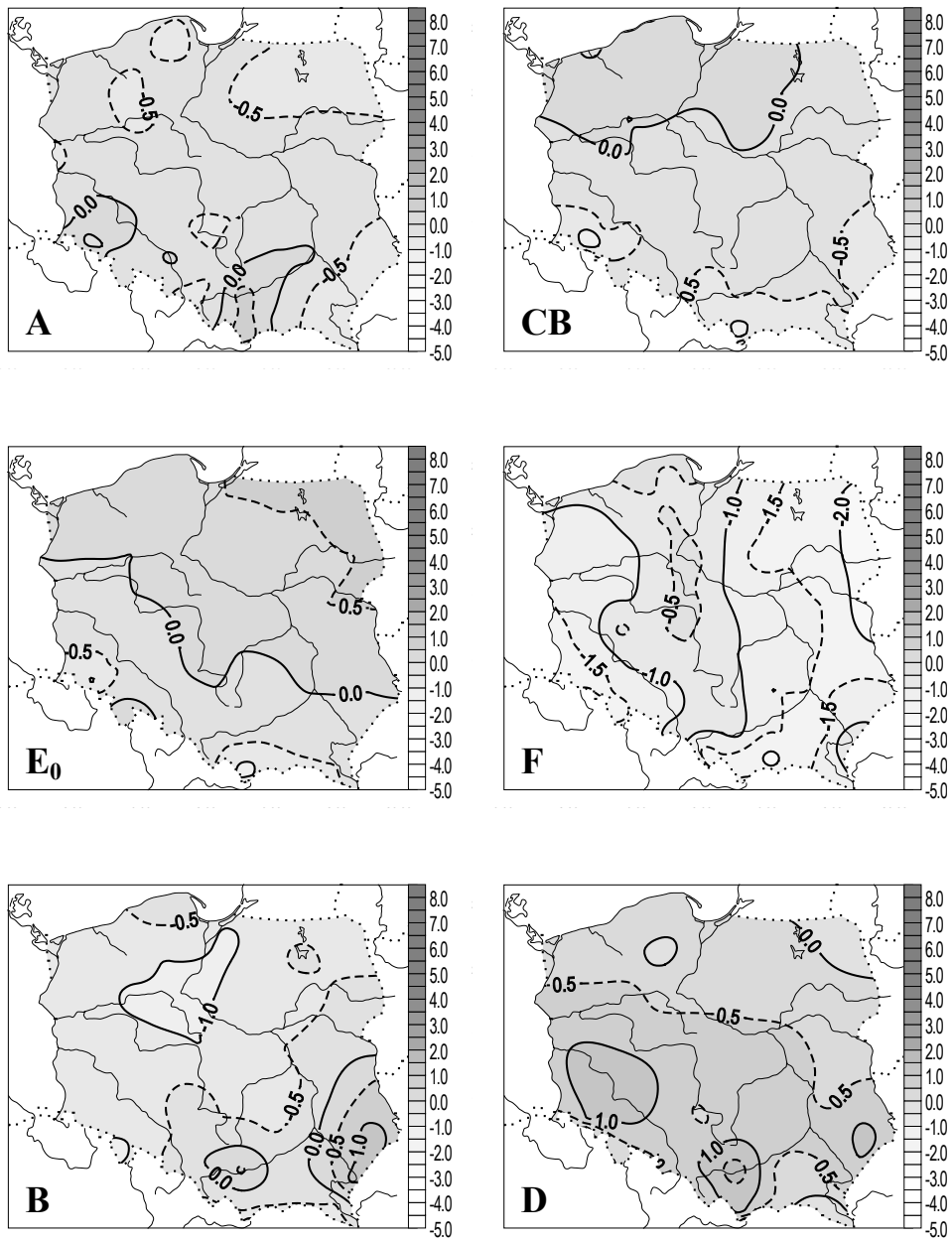
Rys. 108b. Anomalie dobowej amplitudy temperatury (°C) w Polsce w zależności od typów cyrkulacji antycyklonalnej (1971-1995) – październik  
 Fig. 108b. Anomalies of diurnal temperature range (°C) in Poland upon the anticyclonal circulation types (1971-1995) – October



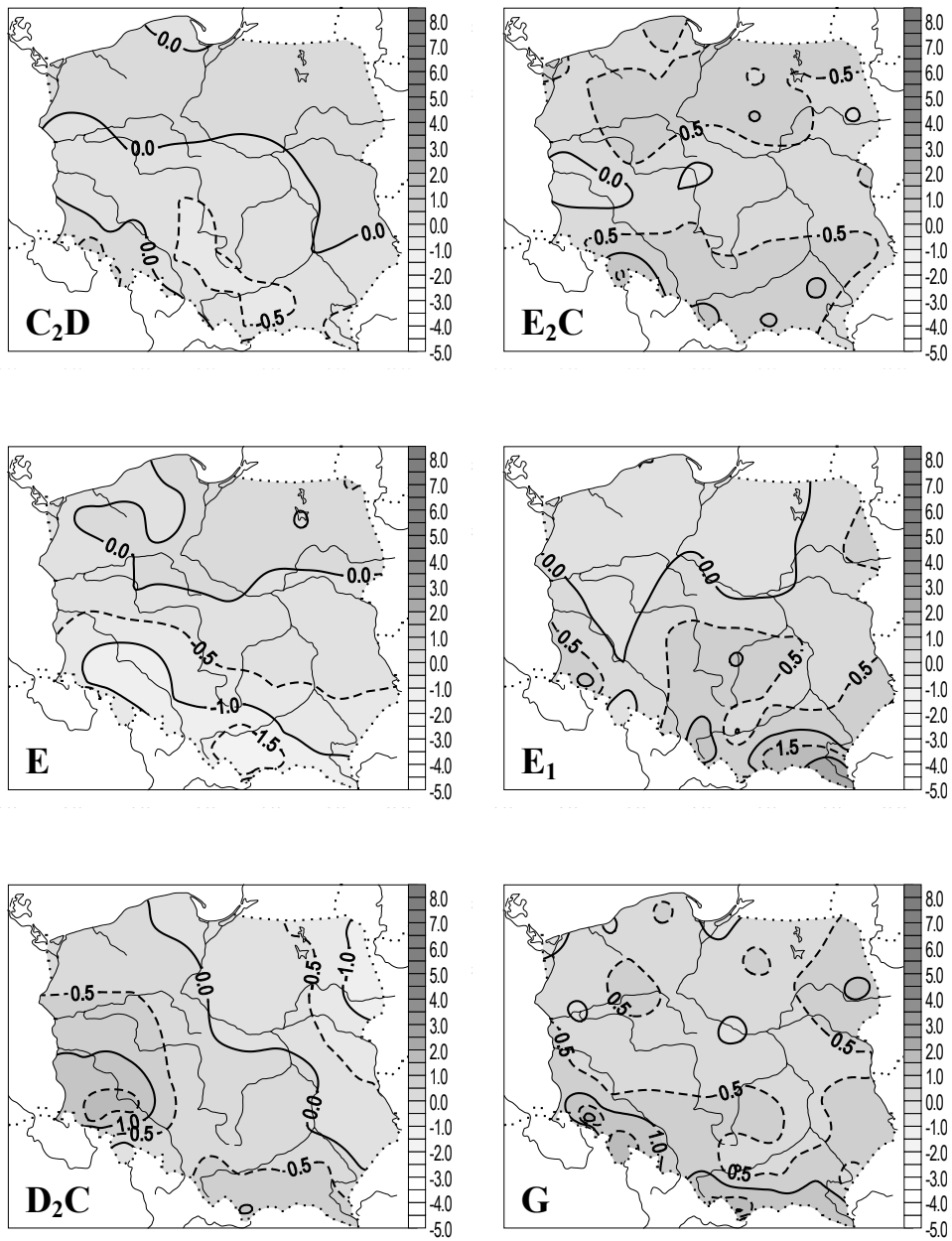
Rys. 109a. Anomalie dobowej amplitudy temperatury (°C) w Polsce w zależności od typów cyrkulacji cyklonalnej (1971-1995) – listopad  
 Fig. 109a. Anomalies of diurnal temperature range (°C) in Poland upon the cyclonal circulation types (1971-1995) – November



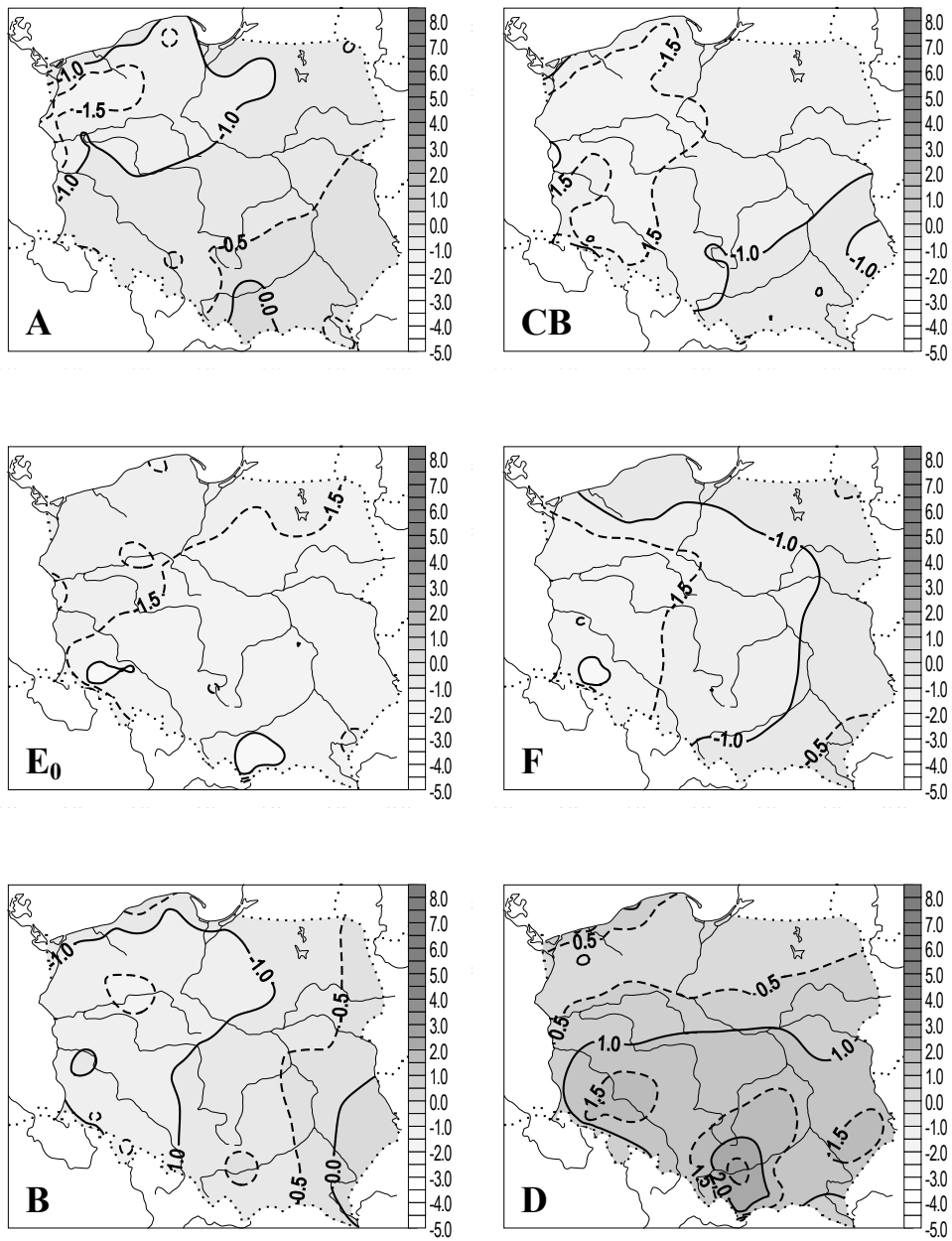
Rys. 109b. Anomalie dobowej amplitudy temperatury (°C) w Polsce w zależności od typów cyrkulacji antycyklonalnej (1971-1995) – listopad  
 Fig. 109b. Anomalies of diurnal temperature range (°C) in Poland upon the anticyclonal circulation types (1971-1995) – November



Rys. 110a. Anomalie dobowej amplitudy temperatury (°C) w Polsce w zależności od typów cyrkulacji cyklonalnej (1971-1995) – grudzień  
 Fig. 110a. Anomalies of diurnal temperature range (°C) in Poland upon the cyclonal circulation types (1971-1995) – December

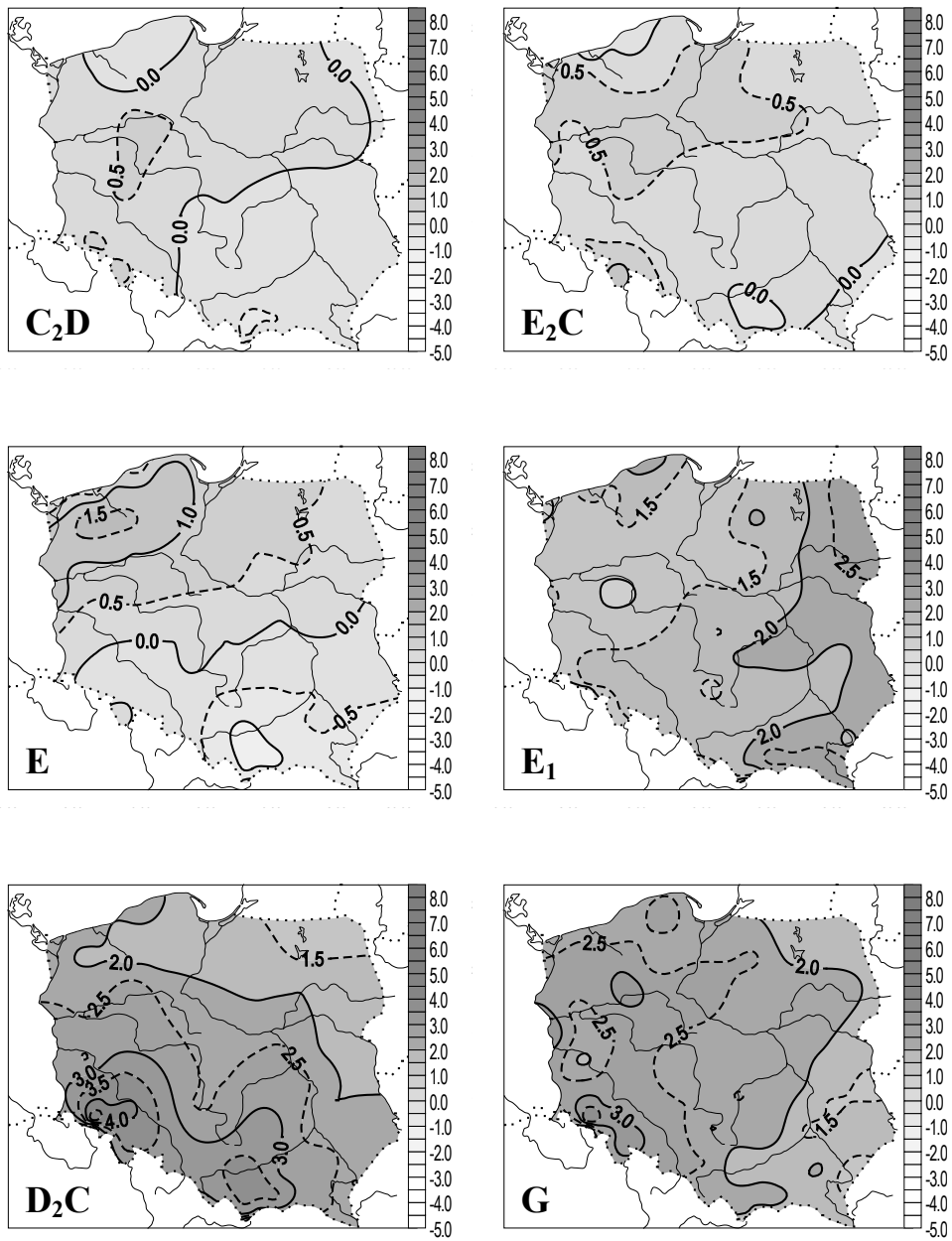


Rys. 110b. Anomalie dobowej amplitudy temperatury (°C) w Polsce w zależności od typów cyrkulacji antycyklonalnej (1971-1995) – grudzień  
 Fig. 110b. Anomalies of diurnal temperature range (°C) in Poland upon the anticyclonal circulation types (1971-1995) – December



Rys. 111a. Anomalie dobowej amplitudy temperatury (°C) w Polsce w zależności od typów cyrkulacji cyklonalnej (1971-1995) – rok  
 Fig. 111a. Anomalies of diurnal temperature range (°C) in Poland upon the cyclonal circulation types (1971-1995) – year





Rys. 111b. Anomalie dobowej amplitudy temperatury (°C) w Polsce w zależności od typów cyrkulacji antycyklonalnej (1971-1995) – rok  
 Fig. 111b. Anomalies of diurnal temperature range (°C) in Poland upon the anticyclonal circulation types (1971-1995) – year

## VII. ZMIANY ROCZNE POLA OPADÓW ATMOSFERYCZNYCH W POLSCE I ICH UWARUNKOWANIA (1951-1995)

W przestrzennym rozkładzie opadów na kontynencie europejskim widoczna jest ich równoleżnikowa strefowość (warunkowana cyrkulacją atmosfery i cyrkulacją wód oceanicznych) oraz ich zmniejszanie nad lądami ku wschodowi, wraz z oddalaniem się od Oceanu Atlantyckiego. A. Ewert (1984) uważa, że wyjątkową cechą kontynentu europejskiego jest występowanie dwóch maksimów opadów, rozdzielonych strefą mniejszych opadów. Najwięcej opadów występuje w strefie 40-50°N. Występują w niej pasma górskie o ogólnie równoleżnikowym położeniu. W zimie są one pod wpływem klina wysokiego ciśnienia, łączącego Wyż Azorski z Wyżem Azjatyckim, w lecie znajdują się także pod wpływem klina wysokiego ciśnienia związanego z Wyżem Azorskim. Drugie maksimum występuje w strefie 60-70°N i jest wywołane adwekcją ciepłego powietrza znad Oceanu Atlantyckiego, które przesuwa centra niskiego ciśnienia w wyższe szerokości geograficzne. W strefie 50-60°N (znajduje się w niej prawie cały obszar Polski) opady w Europie są mniejsze o około 100-150 mm w porównaniu z opadami w strefach 60-70°N i 40-50°N.

Obszar Polski znajduje się na przejściu pomiędzy obszarem intensywnej działalności cyklonalnej na północy, a obszarem podwyższonego ciśnienia na południu. Częstość występowania centrów cyklonów i antycyklonów nad Polską jest mała, ze względu na dużą odległość od tych głównych centrów aktywności atmosferycznej. Większość występujących tu układów to płytkie nize i słabo zaznaczone układy wyżowe, stąd dynamiczne cechy klimatu Polski kształtowane są przez peryferyjne części niżów i wyżów, których centra przemieszczają się poza jej obszarem. Od rodzaju układu barycznego i kierunku napływu mas powietrza zależy transport ciepła i pary wodnej w dolnych warstwach atmosfery i rozwój ruchów konwekcyjnych. Masy powietrza, przemieszczając wzdłuż drogi od wybrzeży Atlantyku nad Polskę ulegają transformacji, powodując wzrost kontynentalizmu pluwiologicznego ku wschodowi. Cyrkulacja atmosferyczna jest czynnikiem klimatotwórczym w skali globalnej i lokalnej, który decyduje o przewadze wpływów kontynentalnych, czy też oceanicznych. Istotną rolę, głównie w strefie Pobrzeża odgrywa Morze Bałtyckie. Jego wpływ na opady atmosferyczne zależy od pory roku. Obserwuje się przedłużenie czasu trwania opadów lub wzrost jego natężenia, czy też zmianę położenia (odsunięcie od wybrzeża) strefy największych opadów. Analizując pole opadów należy również uwzględnić czynniki lokalne rzeźbę terenu (wysokość i ekspozycję ku deszczonośnym wiatrom), obecność zbiorników wodnych, stopień zale-

sienia, uprzemysłowienia, urbanizację, cyrkulację lokalną i inne. Wprowadzają one pewne modyfikacje w ogólnym rozkładzie opadów.

Roczny przebieg sum opadów należy do najistotniejszych cech klimatu, gdyż ukazuje przestrzenne zróżnicowanie sum opadów w poszczególnych półroczach, porach roku i miesiącach. Opady w Polsce występują we wszystkich miesiącach, lecz ich zmienność roczna jest różna ze względu wymienione wyżej czynniki. Celem analizy jest ukazanie sezonowych różnic w przebiegu dobowych sum opadów.

W opracowaniu dobowych sum opadów atmosferycznych wykorzystano wyniki pomiarów meteorologicznych ze stacji sieci państwowej, działających na obszarze Polski w latach 1951-1995. Opracowaniem objęto dane pomiarowe z 55 stacji meteorologicznych (tab. 54). Średnie sumy miesięczne, sezonowe i roczne posłużyły do wykreślenia map ich geograficznego rozkładu. Mapy pozwalają określić regionalne zróżnicowanie pola opadów i ocenić jego przyczyny. Omawiając pole opadów w Polsce, szczególną uwagę zwrócono na zmienność przestrzenną skrajnych wartości w ciągu roku (lato, zima). Są to ekstrema roczne kształtowane przez czynniki lokalne. Nie pominięto jednak charakterystyki przejściowych pór roku (wiosny, jesień). Wyodrębniono kalendarzowe pory roku, obejmujące miesiące: wiosna (III, IV, V), lato (VI, VII, VIII), jesień (IX, X, XI), zima (XII, I, II) oraz półrocze ciepłe (V-X) i chłodne (XI-IV). Porównując sumy opadów w porach roku określono pory o sumach ekstremalnych, wskazując pory roku o maksymalnych i minimalnych opadach. Obliczono też ilorazy sum zim i letnich, sum jesiennych i wiosennych oraz sum półrocza ciepłego i chłodnego.

Tabela 54. Stacje meteorologiczne uwzględnione w opracowaniu  
Table 54. Meteorological stations selected for this study

Stacja meteorologiczna	Szerokość geograficzna	Długość geograficzna	Wysokość w m n.p.m.	Numer stacji*
Kołobrzeg	54,11	15,35	3	100
Koszalin	54,12	16,09	32	105
Ustka	54,35	16,52	6	115
Łeba	54,45	17,32	2	120
Łębork	54,33	17,45	17	125
Hel	54,36	18,49	1	135
Elbląg	54,10	19,26	40	160
Kętrzyn	54,04	21,22	108	185
Suwałki	54,08	22,57	184	195
Świnoujście	53,55	14,14	6	200
Szczecin	53,24	14,37	1	205
Resko	53,46	15,25	52	210
Szczecinek	53,43	16,41	137	215
Chojnice	53,42	17,33	172	235
Toruń	53,02	18,35	69	250
Mława	53,06	20,21	147	270
Olsztyn	53,46	20,25	133	272
Mikołajki	53,47	21,35	127	280
Ostrołęka	53,05	21,34	95	285
Białystok	53,06	23,10	148	295
Gorzów Wielkopolski	52,45	15,17	72	300
Słubice	52,21	14,36	21	310
Poznań	52,25	16,50	86	330

Tabela 54. cd.  
Table 54. continuous

Stacja meteorologiczna	Szerokość geograficzna	Długość geograficzna	Wysokość w m n.p.m.	Numer stacji*
Koło	52,12	18,40	115	345
Płock	52,35	19,44	106	360
Warszawa	52,10	20,58	106	375
Siedlce	52,11	22,16	146	385
Terespol	52,04	23,37	133	399
Zielona Góra	51,56	15,32	192	400
Legnica	51,12	16,12	122	415
Leszno	51,50	16,32	91	418
Wrocław	51,09	16,53	115	424
Kalisz	51,44	18,05	140	435
Wieluń	51,13	18,34	200	455
Łódź	51,44	19,24	187	465
Lublin	51,13	22,24	238	495
Włodawa	51,33	23,32	177	497
Jelenia Góra	50,54	15,48	342	500
Śnieżka	50,44	15,44	1603	510
Kłodzko	50,26	16,37	356	520
Opole	50,40	17,58	176	530
Racibórz	50,03	18,12	205	540
Częstochowa	50,49	19,06	293	550
Katowice	50,14	19,02	284	560
Kraków	50,05	19,48	237	566
Kielce	50,49	20,42	260	570
Tarnów	50,02	20,59	209	575
Rzeszów	50,06	22,03	200	580
Sandomierz	50,42	21,43	217	585
Zamość	50,42	23,15	212	595
Zakopane	49,18	19,57	857	625
Kasprowy Wierch	49,14	19,59	1991	650
Nowy Sącz	49,37	20,42	292	660
Lesko	49,28	22,21	420	690
Przemyśl	49,48	22,46	279	695

\* Podane numery stacji obowiązują przy międzynarodowej wymianie danych w ramach Światowej Organizacji Meteorologicznej (wg danych IMGW).

## 1. Roczne sumy opadów w Polsce

Geograficzny rozkład średnich rocznych sum opadów atmosferycznych na obszarze Polski był przedstawiany na mapach przez różnych autorów (uwzględniano różną liczbę stacji i różne okresy). W roku 1948 ukazała się mapa średnich rocznych sum opadów w latach 1891-1910, opracowana przez J. Ostromięckiego. Jej analiza jest zawarta w pracy A. Schmucka (1959). Następnie, w roku 1953 w „Atlasie opadów atmosferycznych w Polsce” ukazała się mapa średnich rocznych sum opadów z lat 1891-1930 opracowana przez W. Wiszniewskiego. Z innych opracowań należy wymienić mapy opadów, zamieszczone w „Atlasie klimatycznym Polski” (1973) z lat: 1931-1960 i 1951-1960. Charakterystyka okresu 1931-1960 znajduje się na przykład w pracach: D. Martyn (1985), J. Paszyńskiego i T. Niedźwiedzia (1991), C. Radomskiego (1987), natomiast okresu 1951-1960 w pracy Z. Kaczorowskiej (1986). Ponadto, J. Tamulewicz (1993) opracował

strukturę pola opadów atmosferycznych Polski w latach 1951-1980. 30-letnią serię sum opadów (1951-1980) analizowali także K. Kozuchowski i J. Wibig (1988).

Średnia roczna suma opadów na obszarze Polski w zależności od badanego przedziału czasu nieco się różni. Według różnych autorów jej wartość wynosi: 614,6 mm (1891-1930) – Z. Rachwalska (1962); 618,9 mm (1891-1930, 126 stacji) – A. Ewert (1984); 639 mm (1951-1960, 60 stacji) – M. Stopa-Boryczka, J. Boryczka (1977); 609,8 mm (1951-1970, 66 stacji) – A. Chomicz (za Back, Rojek, 1981); 600,1 mm (1881-1980) – K. Kozuchowski, J. Wibig (1988, 6 stacji o 100-letnich seriach obserwacyjnych).

W badanym przedziale czasu 1951-1995 średnia roczna suma opadów na obszarze Polski wynosi 638,6mm. W poszczególnych latach sumy te zmieniały się od 472 mm (73,9% średniej wieloletniej) w 1982 roku do 824,6 mm (129,1%) w 1974 roku. Jeszcze większe różnice wystąpiły w niektórych stacjach np. najmniejszą sumę 306,7 mm (1989 r.) opadów zanotowano w Kole, a największą 2242,2 mm (1980 r.) – na Kasprowym Wierchu. Rozkład geograficzny średnich rocznych sum opadów na obszarze całej Polski w latach 1951-1995 charakteryzuje się dużym zróżnicowaniem (tab. 55). Średnie roczne sumy opadów zmieniają się od 506 mm (Kalisz) do 1760 (Zakopane). Zakres zmienności rocznych sum opadów jest duży – wynosi 1254 mm. 67,3% stacji cechuje się sumami opadów mniejszymi od średniej w Polsce. W przypadku 7,3% stacji występują opady w przedziale 700-800mm, a 5,4% powyżej 800 mm. Tak duży zakres zmienności opadów na obszarze Polski wynika z oddziaływania wielu czynników, przede wszystkim ogólnej i lokalnej cyrkulacji (rys. 112).

Tabela 55. Średnie sezonowe i roczne sumy opadów (w mm) w latach 1951-1995

Table 55. Mean seasonal and annual precipitation totals (in mm) in the years 1951-1995

Stacja meteorologiczna	Wiosna	Lato	Jesień	Zima	Półrocze ciepłe	Półrocze chłodne	Rok
Kołobrzeg	122,6	223,6	180,8	131,3	394,1	264,2	658,3
Koszalin	126,7	240,9	204,9	132,2	437,5	267,2	704,7
Ustka	118,6	210,6	221,7	147,5	405,3	293,1	698,4
Łeba	111,8	206,7	203,8	131,6	394,4	259,7	654,1
Łębork	123,7	223,8	194,2	136,4	409,8	268,3	678,1
Hel	100,1	193,6	161,5	113,3	347,7	220,8	568,5
Elbląg	114,3	237,7	186,8	115,8	420,6	234,0	654,6
Kętrzyn	114,9	222,1	149,7	87,0	375,2	198,5	573,7
Suwałki	119,7	219,0	151,8	98,9	373,6	215,8	589,4
Świnoujście	118,8	170,5	143,8	118,0	312,6	238,5	551,1
Szczecin	116,6	179,8	124,5	105,8	311,4	215,3	526,7
Resko	141,1	216,8	170,3	148,9	384,3	292,8	677,1
Szczecinek	125,0	212,1	146,4	123,2	361,8	244,9	606,7
Chojnice	112,9	210,9	136,4	95,9	352,6	203,5	556,1
Toruń	103,2	210,4	119,1	87,3	342,3	177,7	520,0
Mława	107,7	210,5	133,7	101,8	345,2	208,5	553,7
Olsztyn	121,8	228,2	162,3	111,5	391,6	232,2	623,8
Mikołajki	121,1	227,3	147,7	90,6	382,2	204,5	586,7
Ostrołęka	122,3	209,2	135,7	102,1	352,9	216,4	569,3
Białystok	122,7	214,6	143,4	103,7	367,9	216,5	584,4

Tabela 55. cd.  
Table 55. continuous

Stacja meteorologiczna	Wiosna	Lato	Jesień	Zima	Półrocze ciepłe	Półrocze chłodne	Rok
Gorzów Wielkopolski	117,5	189,6	122,4	110,5	318,4	221,6	540,0
Ślubice	127,4	188,0	120,1	112,4	323,2	224,7	547,9
Poznań	113,5	187,9	113,2	94,2	315,5	193,3	508,8
Koło	103,4	204,1	119,1	90,8	330,7	186,7	517,4
Płock	112,5	202,2	122,1	93,8	333,3	197,3	530,6
Warszawa	113,1	194,3	119,9	81,0	328,6	179,7	508,3
Siedlce	113,7	208,1	124,7	85,1	347,9	183,7	531,6
Terespol	112,6	200,1	121,5	82,5	337,3	179,4	516,7
Zielona Góra	132,4	205,3	126,9	116,5	345,8	235,3	581,1
Legnica	127,1	218,3	112,3	78,4	357,0	179,1	536,1
Leszno	113,2	196,7	116,3	100,8	323,2	203,8	527,0
Wrocław	125,7	230,4	121,4	85,3	372,6	190,2	562,8
Kalisz	110,2	195,6	114,6	85,6	322,0	184,0	506,0
Wieluń	133,3	219,1	130,5	107,6	365,5	225,0	590,5
Łódź	117,7	215,5	125,2	97,9	349,5	206,8	556,3
Lublin	129,3	213,3	133,3	100,6	362,8	213,7	576,5
Włodawa	119,9	201,3	126,4	88,2	345,1	190,7	535,8
Jelenia Góra	163,9	272,2	141,5	101,8	445,4	234,0	679,4
Śnieżka	311,6	404,4	262,6	289,7	680,2	588,1	1268,3
Kłodzko	135,4	258,0	120,7	73,5	411,8	175,8	587,6
Opole	134,7	236,0	131,7	103,6	390,3	215,7	606,0
Racibórz	158,1	253,2	133,7	95,4	423,4	217,0	640,4
Częstochowa	138,8	237,2	131,1	103,4	392,4	218,1	610,5
Katowice	168,7	264,9	150,0	119,7	446,7	256,6	703,3
Kraków	159,8	259,5	139,1	104,2	432,3	230,3	662,6
Kielce	134,0	232,6	132,8	122,6	378,2	243,8	622,0
Tarnów	161,9	282,2	141,9	106,0	458,8	233,2	692,0
Rzeszów	143,6	234,0	133,9	94,3	399,5	206,3	605,8
Sandomierz	128,1	227,0	122,1	88,0	373,6	191,6	565,2
Zamość	129,4	223,5	129,8	84,2	379,7	187,2	566,9
Zakopane	254,0	481,3	219,8	143,0	760,3	337,8	1098,1
Kasprowy Wierch	425,7	622,2	351,7	360,3	1020,6	739,3	1759,9
Nowy Sącz	164,9	309,2	139,1	104,7	485,5	232,4	717,9
Lesko	175,0	308,0	174,2	121,7	521,3	257,6	778,9
Przemyśl	147,5	261,1	142,5	99,8	434,4	216,5	650,9
Średnia (1951-1995)	138,6	238,3	148,8	112,9	401,4	237,2	638,6

Średnie roczne sumy opadów w przedziałach 5-letnim wykazują także dużą zmienność od 592,2 mm (1951-1955) do 708,5 mm (1966-1970). Rozkłady przestrzenne (rys. 152a, b) są na ogół podobne do rozkładu wieloletniego 1951-1995. Największa rozbieżność występuje w północnej i środkowej Polsce. Najuboższe w opady było 5-lecie 1951-1955 (tab. 56), kiedy to opady o wysokości 400-500 mm wystąpiły w przypadkach 36,4% stacji. Natomiast w latach 1966-1970 i 1976-1980 wystąpiły wyłącznie sumy przekraczające 500 mm. Najbardziej wilgotne było 5-lecie 1966-1970, w którym aż 27,3% stacji ma sumy o wysokości 700-800mm, a 10,9 % – o wysokości powyżej 800mm. Na większości stacji występują jednak opady, o sumach 500-600mm (od 29,1 do 58,2% stacji) i 600-700mm (od 21,8% do 38,2%). Zarówno w roku najbardziej suchym, jak też najbardziej wilgotnym, występowały na terenie Polski obszary o sumach odbiegających od średniej wieloletniej sumy opadów, obliczonej z całej Polski (638,6 mm). W skrajnych 5-leciach udział stacji o sumach poniżej średniej zmienił się od 43,6% (1966-1970) do 83,6% (1951-1995), (tab. 58).

Tabela 56. Udział (w %) średnich sezonowych sum opadów w sumie rocznej (1951-1995)  
 Table 56. Percentage of mean seasonal precipitation in annual total precipitation (1951-1995)

Stacja meteorologiczna	Wiosna	Lato	Jesień	Zima	Półrocze ciepłe	Półrocze chłodne	Rok
Kołobrzeg	18,6	34,0	27,5	19,9	59,9	40,1	100,0
Koszalin	18,0	34,2	29,1	18,8	62,1	37,9	100,0
Ustka	17,0	30,2	31,7	21,1	58,0	42,0	100,0
Łeba	17,1	31,6	31,2	20,1	60,3	39,7	100,0
Lębork	18,2	33,0	28,6	20,1	60,4	39,6	100,0
Hel	17,6	34,1	28,4	19,9	61,2	38,8	100,0
Elbląg	17,5	36,3	28,5	17,7	64,3	35,7	100,0
Kętrzyn	20,0	38,7	26,1	15,2	65,4	34,6	100,0
Suwałki	20,3	37,2	25,8	16,8	63,4	36,6	100,0
Świnoujście	21,6	30,9	26,1	21,4	56,7	43,3	100,0
Szczecin	22,1	34,1	23,6	20,1	59,1	40,9	100,0
Resko	20,8	32,0	25,2	22,0	56,8	43,2	100,0
Szczecinek	20,6	35,0	24,1	20,3	59,6	40,4	100,0
Chojnice	20,3	37,9	24,5	17,2	63,4	36,6	100,0
Toruń	19,8	40,5	22,9	16,8	65,8	34,2	100,0
Mława	19,5	38,0	24,1	18,4	62,3	37,7	100,0
Olsztyn	19,5	36,6	26,0	17,9	62,8	37,2	100,0
Mikołajki	20,6	38,7	25,2	15,4	65,1	34,9	100,0
Ostrołęka	21,5	36,7	23,8	17,9	62,0	38,0	100,0
Białystok	21,0	36,7	24,5	17,7	63,0	37,0	100,0
Gorzów Wielkopolski	21,8	35,1	22,7	20,5	59,0	41,0	100,0
Ślubice	23,3	34,3	21,9	20,5	59,0	41,0	100,0
Poznań	22,3	36,9	22,2	18,5	62,0	38,0	100,0
Koło	20,0	39,4	23,0	17,5	63,9	36,1	100,0
Płock	21,2	38,1	23,0	17,7	62,8	37,2	100,0
Warszawa	22,3	38,2	23,6	15,9	64,6	35,4	100,0
Siedlce	21,4	39,1	23,5	16,0	65,4	34,6	100,0
Terespol	21,8	38,7	23,5	16,0	65,3	34,7	100,0
Zielona Góra	22,8	35,3	21,8	20,0	59,5	40,5	100,0
Legnica	23,7	40,7	20,9	14,6	66,6	33,4	100,0
Leszno	21,5	37,3	22,1	19,1	61,3	38,7	100,0
Wrocław	22,3	40,9	21,6	15,2	66,2	33,8	100,0
Kalisz	21,8	38,7	22,6	16,9	63,6	36,4	100,0
Wieluń	22,6	37,1	22,1	18,2	61,9	38,1	100,0
Łódź	21,2	38,7	22,5	17,6	62,8	37,2	100,0
Lublin	22,4	37,0	23,1	17,5	62,9	37,1	100,0
Włodawa	22,4	37,6	23,6	16,5	64,4	35,6	100,0
Jelenia Góra	24,1	40,1	20,8	15,0	65,6	34,4	100,0
Śnieżka	24,6	31,9	20,7	22,8	53,6	46,4	100,0
Kłodzko	23,0	43,9	20,5	12,5	70,1	29,9	100,0
Opole	22,2	38,9	21,7	17,1	64,4	35,6	100,0
Racibórz	24,7	39,5	20,9	14,9	66,1	33,9	100,0
Częstochowa	22,7	38,9	21,5	16,9	64,3	35,7	100,0
Katowice	24,0	37,7	21,3	17,0	63,5	36,5	100,0
Kraków	24,1	39,2	21,0	15,7	65,2	34,8	100,0
Kielce	21,5	37,4	21,4	19,7	60,8	39,2	100,0
Tarnów	23,4	40,8	20,5	15,3	66,3	33,7	100,0
Rzeszów	23,7	38,6	22,1	15,6	65,9	34,1	100,0
Sandomierz	22,7	40,2	21,6	15,6	66,1	33,9	100,0

Tabela 56. cd.  
Table 56. continuous

Stacja meteorologiczna	Wiosna	Lato	Jesień	Zima	Półrocze ciepłe	Półrocze chłodne	Rok
Zamość	22,8	39,4	22,9	14,9	67,0	33,0	100,0
Zakopane	23,1	43,8	20,0	13,0	69,2	30,8	100,0
Kasprowy Wierch	24,2	35,4	20,0	20,5	58,0	42,0	100,0
Nowy Sącz	23,0	43,1	19,4	14,6	67,6	32,4	100,0
Lesko	22,5	39,5	22,4	15,6	66,9	33,1	100,0
Przemysł	22,7	40,1	21,9	15,3	66,7	33,3	100,0
Średnia (1951-1995)	21,9	37,5	23,5	17,7	62,9	37,1	100,0

Tabela 57. Ilorazy sum opadów: zimy i lata (Z/L), jesieni i wiosny (J/W), półrocza ciepłego i chłodnego (Pc/Pch) oraz różnice wysokości sum opadów (w mm) pomiędzy wybranymi sezonami (1951-1995)

Table 57. Quotients of precipitation totals: winter and summer (Z/L), autumn and spring (J/W), warm and cold half-year (Pc/Pch) and differences of precipitation totals (in mm) for particular seasons (1951-1995)

Stacja meteorologiczna	Z/L	Z-L	J/W	J-W	Pc/Pch	Pc-Pch
Kołobrzeg	0,59	-92,3	1,47	58,2	1,49	129,9
Koszalin	0,55	-108,7	1,62	78,2	1,64	170,3
Ustka	0,70	-63,1	1,87	103,1	1,38	112,2
Łeba	0,64	-75,1	1,82	92,0	1,52	134,7
Lębork	0,61	-87,4	1,57	70,5	1,53	141,5
Hel	0,59	-80,3	1,61	61,4	1,57	126,9
Elbląg	0,49	-121,9	1,63	72,5	1,80	186,6
Kętrzyn	0,39	-135,1	1,30	34,8	1,89	176,7
Suwałki	0,45	-120,1	1,27	32,1	1,73	157,8
Świnoujście	0,69	-52,5	1,21	25,0	1,31	74,1
Szczecin	0,59	-74,0	1,07	7,9	1,45	96,1
Resko	0,69	-67,9	1,21	29,2	1,31	91,5
Szczecinek	0,58	-88,9	1,17	21,4	1,48	116,9
Chojnice	0,45	-115,0	1,21	23,5	1,73	149,1
Toruń	0,41	-123,1	1,15	15,9	1,93	164,6
Mława	0,48	-108,7	1,24	26,0	1,66	136,7
Olsztyn	0,49	-116,7	1,33	40,5	1,69	159,4
Mikołajki	0,40	-136,7	1,22	26,6	1,87	177,7
Ostrołęka	0,49	-107,1	1,11	13,4	1,63	136,5
Białystok	0,48	-110,9	1,17	20,7	1,70	151,4
Gorzów Wielkopolski	0,58	-79,1	1,04	4,9	1,44	96,8
Słubice	0,60	-75,6	0,94	-7,3	1,44	98,5
Poznań	0,50	-93,7	1,00	-0,3	1,63	122,2
Koło	0,44	-113,3	1,15	15,7	1,77	144,0
Płock	0,46	-108,4	1,09	9,6	1,69	136,0
Warszawa	0,42	-113,3	1,06	6,8	1,83	148,9
Siedlce	0,41	-123,0	1,10	11,0	1,89	164,2
Terespol	0,41	-117,6	1,08	8,9	1,88	157,9
Zielona Góra	0,57	-88,8	0,96	-5,5	1,47	110,5
Legnica	0,36	-139,9	0,88	-14,8	1,99	177,9
Leszno	0,51	-95,9	1,03	3,1	1,59	119,4
Wrocław	0,37	-145,1	0,97	-4,3	1,96	182,4
Kalisz	0,44	-110,0	1,04	4,4	1,75	138,0
Wieluń	0,49	-111,5	0,98	-2,8	1,62	140,5
Łódź	0,45	-117,6	1,06	7,5	1,69	142,7
Lublin	0,47	-112,7	1,03	4,0	1,70	149,1
Włodawa	0,44	-113,1	1,05	6,5	1,81	154,4
Jelenia Góra	0,37	-170,4	0,86	-22,4	1,90	211,4



Tabela 57. cd.  
Table 57. continuous

Stacja meteorologiczna	Z/L	Z-L	J/W	J-W	Pc/Pch	Pc-Pch
Śnieżka	0,72	-114,7	0,84	-49,0	1,16	92,1
Kłodzko	0,28	-184,5	0,89	-14,7	2,34	236,0
Opole	0,44	-132,4	0,98	-3,0	1,81	174,6
Racibórz	0,38	-157,8	0,85	-24,4	1,95	206,4
Częstochowa	0,44	-133,8	0,94	-7,7	1,80	174,3
Katowice	0,45	-145,2	0,89	-18,7	1,74	190,1
Kraków	0,40	-155,3	0,87	-20,7	1,88	202,0
Kielce	0,53	-110,0	0,99	-1,2	1,55	134,4
Tarnów	0,38	-176,2	0,88	-20,0	1,97	225,6
Rzeszów	0,40	-139,7	0,93	-9,7	1,94	193,2
Sandomierz	0,39	-139,0	0,95	-6,0	1,95	182,0
Zamość	0,38	-139,3	1,00	0,4	2,03	192,5
Zakopane	0,30	-338,3	0,87	-34,2	2,25	422,5
Kasprowy Wierch	0,58	-261,9	0,83	-74,0	1,38	281,3
Nowy Sącz	0,34	-204,5	0,84	-25,8	2,09	253,1
Lesko	0,40	-186,3	1,00	-0,8	2,02	263,7
Przemyśl	0,38	-161,3	0,97	-5,0	2,01	217,9
Średnia (1951-1995)	0,5	-125,4	1,1	10,2	1,7	164,1

Tabela 58. Liczba stacji o określonych wysokościach sum opadów o określonej wysokości oraz poniżej średniej z okresu 1951-1995 w 5-letnich

Table 58. Number of stations with particular total precipitation and under mean total precipitation (1951-1995) in 5 years periods

	1951-55		1956-60		1961-65		1966-70		1971-75		1976-80		1981-85		1986-90		1991-95	
	ilość	%	ilość	%	ilość	%	ilość	%	ilość	%	ilość	%	ilość	%	ilość	%	ilość	%
400-500	20	36,4	3	5,4	3	5,4	0	0,0	4	7,3	0	0,0	9	16,4	7	12,7	5	5,4
500-600	16	29,1	22	40,0	30	54,5	14	25,4	21	38,2	25	45,4	27	49,1	27	49,1	32	58,2
600-700	14	25,4	18	32,7	16	29,1	20	36,4	21	38,2	18	32,7	13	23,6	15	27,3	12	21,8
700-800	2	3,6	9	16,4	3	5,4	15	27,3	4	7,3	8	14,5	3	5,4	3	5,4	3	5,4
>800	3	5,4	3	5,4	3	5,4	6	10,9	5	5,4	4	7,3	3	5,4	3	5,4	3	5,4
razem	55	100	55	100	55	100	55	100	55	100	55	100	55	100	55	100	55	100
<638,6mm	46	83,6	35	63,6	37	67,3	24	43,6	37	67,3	34	61,8	38	69,1	38	69,1	43	78,2

Pole średnich rocznych sum opadów w Polsce nie jest jednorodne, można wyróżnić obszary znacznie różniące się (rys. 112):

- Bezpośrednio nad morzem, na płaskim i niskim wybrzeżu Bałtyku roczne sumy opadów są mniejsze niż na Pojezierzu Pomorskim – poniżej 650 mm.
- W strefie Pojezierza Pomorskiego opady wzrastają i przekraczają 650-700 mm, są one jednak mniejsze od 800 mm.
- Na Pojezierzu Mazurskim – średnie roczne sumy opadów wahają się od 550 mm do 700 mm.
- Nizinny środek kraju ma najniższe sumy opadów – poniżej 550 mm rocznie, a w Wielkopolsce i na Kujawach opady są mniejsze od 500 mm.
- Na południe od nizin środkowopolskich opady wzrastają. Wyżyny: Małopolska i Lubelska otrzymują średnio ponad 550 mm opadów, natomiast bardziej wyniesiona i eksponowana ku zachodowi krawędź Wyżyny Krakowsko-Częstochowskiej otrzymuje średnio 650-700 mm w ciągu roku.

- Dalej na południe ku łańcuchowi Karpat sumy opadów szybko rosną. Największe średnie roczne sumy opadów występują w Tatrach, dochodząc do 1760 mm na Kasprowym Wierchu.
- W Bieszczadach sumy opadów przekraczają 700 mm.
- W Sudetach, na Śnieżce średnia roczna suma opadów wynosi 1268,3 mm. Do obszarów o mniejszych sumach opadów (poniżej 700 mm), w porównaniu z najbliższym otoczeniem można zaliczyć: Kotlinę Jeleniogórską, Kamiennogórską, Kłodzką i Przedgórze Sudeckie.

## 2. Miesięczne sumy opadów

W celu określenia zmian rocznych pola opadów, sporządzono mapy średnich miesięcznych sum opadów (rys. 113-124). Można wyróżnić trzy przedziały czasu o podobnych cechach zmienności przestrzennej:

- Od stycznia do kwietnia (rys. 113-116) – największe sumy opadów występują w północno-zachodniej i zachodniej Polsce oraz na obszarze gór i przedgórzy. Przebieg izohiet jest bardzo zróżnicowany ze względu na czynniki kształtujące opady. W strefie Pojezierza Pomorskiego izohiety są ułożone równoległe do linii brzegowej, w zachodniej Polsce wykazują tendencje do południkowego przebiegu, natomiast na pozostałym obszarze – do równoleżnikowego. Różnice między obszarami o największej i najmniejszej miesięcznej sumie wahają się od 84,0 mm (w lutym) do 111,0 mm (w kwietniu).

- Od maja do czerwca (rys. 117, 118) – zmniejszają się sumy opadów w północno-zachodniej Polsce (poza wyniesieniami pojeziernymi eksponowanymi na wiatry z sektora zachodniego), szczególnie jest to widoczne w strefie wybrzeża, gdzie małe opady są konsekwencją ochładzającego wpływu Bałtyku. Małe sumy opadów występują także na Nizinie Wielkopolskiej. Na południe od pasa Nizin Środkowopolskich izohiety zagęszczają się i układają równoleżnikowo, wskazując na duży wzrost opadów w kierunku obszarów górskich. W czerwcu występują największe różnice między obszarami o największej i najmniejszej miesięcznej sumie, osiągające 172,3 mm.

- Od lipca do grudnia (rys. 119-124) – izohiety na ogół układają się równoleżnikowo i zagęszczają w północnej i południowej Polsce (duże gradienty opadów). Najmniejsze sumy opadów występują w pasie środkowej Polski i wzrastają na północ i południe.

- Istotnych informacji dostarczają także izarytmy średnich miesięcznych sum opadów atmosferycznych, wyrażonych w procentach sumy rocznej (rys. 125-136). Pozwalają one określić, zarówno zmiany opadów w kolejnych miesiącach, jak i wskazać na zróżnicowanie czynników kształtujących opady w ciągu roku. Z map wynika, że w niektórych miesiącach przestrzenne rozkłady są podobne:

- Od grudnia do marca (rys. 125-127, 136) udział miesięcznych sum opadów w sumie rocznej zmniejsza się, w przybliżeniu ku wschodowi. Szczególnie duże wartości występują w części zachodniej i północno-zachodniej Polski. W porównaniu z obszarami o najmniejszym udziale różnice dochodzą do 2,9-4%. Może to wynikać z wpływu adwekcji powietrza z zachodu oraz z M. Bałtyckiego (przede wszystkim w grudniu).

- W kwietniu (rys. 128) kierunek zmian opadów znacznie się różni od poprzed-

niego – udział opadów zmniejsza się z południowo-zachodu na północny-wschód i wschód (od 7,8 do 5,0%). Najwyższe wartości (powyżej 7%) występują w południowo-zachodniej i południowej Polsce. W miesiącu tym zaczyna się, więc kształtować układ zbliżony do następnego okresu: maj-czerwiec.

– W maju i czerwcu (rys. 129, 130) udział sum opadów ogólnie zmniejsza się ku północy. W północnej Polsce izolinie w przybliżeniu układają się równoległe do linii brzegowej. W okresie tym gwałtownie wzrastają różnice między obszarami o największym i najmniejszym udziale. W stosunku do kwietnia (2,9%) różnice w maju wzrosły do 6,2%, natomiast w czerwcu do 8,1%. Największy udział opadów maja (powyżej 10%) i czerwca (powyżej 13%) występuje w południowej i wschodniej Polsce. Może to być spowodowane osłabieniem wpływu zachodniej cyrkulacji atmosferycznej, ochładzającym wpływem M. Bałtyckiego i wzrostem oddziaływania na opady czynników o zasięgu lokalnym.

– W lipcu (rys. 131) jest przeciwnie niż w kwietniu – gradienty przyjmują kierunek z północnego-zachodu na południowy-wschód. Największy wzrost sum opadów obserwuje się na skłonie południowo-wschodnim Pojezierza Pomorskiego i dalej w kierunku doliny Wisły (powyżej 15%) oraz w Kotlinie Kłodzkiej (powyżej 15%). Wynika to z dużego wpływu na opady czynników lokalnych, jak również z wzrastającego wpływu zachodniej cyrkulacji.

– W sierpniu (rys. 132) układ izolinii jest podobny jak w styczniu i lutym. Kierunek gradientów jest jednak przeciwny – opady wzrastają na wschód i południe Polski. Największy ich udział w sumie rocznej jest na Pobrzeżu Gdańskim, w północno-wschodniej Polsce, w Sudetach i na Przedgórzu Sudeckim.

– Od września do listopada (rys. 133-135) wzrasta udział sum opadów ku północy (o 4,5-5,5%), czyli przeciwnie niż w maju i czerwcu. Taki układ izarytm wynika ze wzrastającego (w stosunku do lata) wpływu cyrkulacji atmosferycznej i nasilającego się w tej porze roku oddziaływania Bałtyku na opady w północnej Polsce.

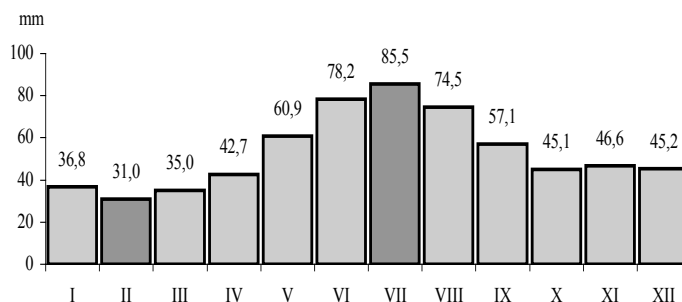
– Największe różnice pomiędzy obszarem o największym i najmniejszym miesięcznym udziale opadów w sumie rocznej występują w czerwcu (8,1%), najmniejsze od grudnia do kwietnia (od 2,9 do 4,0%).

### **3. Maksima i minima roczne sum opadów**

W przebiegu rocznym maksima i minima opadów przypadają w Polsce w różnych miesiącach, w zależności od temperatury, zawartości pary wodnej w powietrzu oraz warunków sprzyjających jej kondensacji.

Największe miesięczne sumy opadów w przeważającej części Polski występują w lipcu (76,4% stacji). Główną przyczyną lipcowego maksimum opadów jest duże nagrzanie podłoża (cechy kontynentalne). Na południowym i północnym - wschodzie Polski oraz w niektórych częściach Karpat, przede wszystkim w Tatrach pojawiają się maksima w czerwcu (18,2% stacji). Uważane są one za przejaw kontynentalizmu opadowego. Wyjątek pod tym względem stanowi także wybrzeże, gdzie maksimum występuje w sierpniu (3,6% stacji). Występują także przypadki przesunięcia maksimum opadów na wrzesień (1,8% stacji). Średnia wartość maksimum na całym obszarze wy-

nosi 85,5mm (rys. 137). Maksymalny opad zanotowano na Kasprowym Wierchu (226,2mm), a minimalny w Świnoujściu (56,2mm).



Rys. 137. Średnie miesięczne sumy opadów (w mm) w Polsce (1951-1995)  
Fig. 137. Mean monthly precipitation totals (in mm) in Poland (1951-1995)

Po osiągnięciu maksimum sumy opadów powoli zmniejszają się, a następnie wrażliwieją między październikiem i listopadem, lub między listopadem i grudniem. Występują zatem drugorzędne maksima opadowe, głównie na północy, zachodzie i w centrum Polski. Natomiast nie występują one w północno-wschodniej i południowo-wschodniej części Polski. Drugorzędne maksimum jest cechą oceaniczną, wywołaną napływem ciepłego (wilgotnego) powietrza nad kontynent europejski. Jest wynikiem intensywnej cyrkulacji atmosferycznej nad Północnym Atlantykiem (wówczas ciśnienie w centrum depresji islandzkiej jest najniższe i jednocześnie centrum jest przesunięte najdalej ku wschodowi i północy. W północnej Polsce, dodatkowy dopływ ciepła z powierzchni morza do atmosfery powoduje wzrost opadów jesienią.

Minimum opadów jest także zróżnicowane przestrzennie, przeważnie pojawia się ono w lutym (92,7% stacji). W niektórych jednak regionach minimum opadów występuje w styczniu (Kotlina Kłodzka) – 3,6% stacji lub w marcu (okolice Helu i Elbląga) – 3,6%. Średnia wartość minimum z całego obszaru Polski wynosi 31,0mm (rys. 137). Największe minimum roczne zanotowano na Kasprowym Wierchu (105,4mm), a najmniejsze w Kętrzynie (21,6mm).

Przestrzenny rozkład minimów opadów (podobnie jak i maksimów) w roku ulega dużym zmianom w poszczególnych latach – głównie pod wpływem cyrkulacji atmosferycznej.

#### 4. Amplituda roczna opadów

Istotnym wskaźnikiem rocznego przebiegu opadów jest amplituda (różnica między maksymalną i minimalną miesięczną sumą, wyrażona w procentach sumy rocznej). Jej geograficzny rozkład zależy od największych i najmniejszych miesięcznych sum opadów (rys. 138). W latach 1951-1995 jej wartość waha się na terenie Polski od 5,5% (Świnoujście) do 12,0% (Zakopane). Najmniejsze amplitudy (poniżej 8%) występują w północno-zachodniej Polsce, na Nizinie Mazowieckiej, w północno-zachodniej części Wyżyny Krakowsko-Częstochowskiej oraz na Śnieżce (5,5%) i Kasprowym Wierchu (6,9%). Największe amplitudy (powyżej 10%) występują w pasie ciągnącym się od

Kłodzka (11,9%) przez Wrocław (12,4%), Kalisz (11,7%) do Torunia (11,1%). Dużą amplitudą opadów cechuje się również trójką: Zakopane (12,0%), Nowy Sącz (11,2%) i Tarnów (10,1%). Największe jej wartości występują na obszarach o maksymalnych i minimalnych opadach miesięcznych – w skrajnych porach roku. Natomiast najmniejsze amplitudy charakteryzują obszary o mało zróżnicowanych sumach miesięcznych (z tendencją wzrostu w okresie jesienno-zimowym lub minimalnych opadach – jesienią (Śnieżka, Kasprowy Wierch).

## 5. Sumy opadów w porach roku

Uwzględniając udział sum miesięcznych w sumach rocznych opadów na obszarze całej Polski, uporządkowano pory roku w kolejności malejącej: lato (37,5%), jesień (23,5%), wiosna (21,9%), zima (17,7%). Widoczne są jednak istotne różnice regionalne. K. Kożuchowski i J. Wibig (1988) wyróżnili 3 typy sezonowego rozkładu opadów w Polsce (sumy opadów uszeregowano w kolejności malejącej):

- |                          |   |                             |
|--------------------------|---|-----------------------------|
| – typ Polski południowej | – | lato, wiosna, jesień, zima, |
| – typ pomorski           | – | lato, jesień, zima, wiosna, |
| – typ strefy środkowej   | – | lato, jesień, wiosna, zima. |

W latach 1951-1995 typowy układ: lato-jesień-wiosna-zima występuje w środkowej i północno-wschodniej Polsce oraz w zachodniej części Pojezierza Pomorskiego. Występują także inne typy:

- lato-jesień-zima-wiosna na wybrzeżu i Pojezierzu Pomorskim, wyjątek stanowi tu Ustka, gdzie opady jesieni przewyższyły opady letnie (jesień-lato-zima-wiosna)
- lato-wiosna-jesień-zima obejmuje pas zachodni, ciągnący się od Gorzowa Wielkopolskiego na południe oraz cały obszar Polski południowej, za wyjątkiem Śnieżki i Kasprowego Wierchu, gdzie opady zimy przewyższyły opady jesieni (lato-wiosna-zima-jesień).

Udziału opadów pór roku w sumie rocznej opadów (tab. 56, rys. 143-146) wskazuje na ich wzrost wiosną z północy na południe (o 7,6%), a jesienią ku północy (o 11,7%). Natomiast udział letnich sum opadów wzrasta z północnego-zachodu na południe i południowo-wschód (o 13,7%), zimą – odwrotnie (o 10,3%).

Wiosną (tab. 55, rys. 139) średnia suma opadów z całego obszaru Polski wynosi 138,6 mm. Małe sumy opadów (poniżej 125 mm) o zakresie zmienności około 25 mm występują w północnej i środkowej Polsce. Na obszarze wyżyn i gór izohiety układają się równoleżnikowo, a sumy zwiększają się wraz ze wzrostem wysokości nad poziomem morza, od powyżej 125 mm do 425,7 na Kasprowym Wierchu. Na całym obszarze zakres zmienności jest duży – 325,6 mm.

Letnie sumy opadów 238,3 mm są największe w (tab. 55, rys. 140). Najuboższe w opady letnie (poniżej 200 mm) są zachodnie obszary Pojezierza Pomorskiego, Pojezierze Wielkopolskie i Kotlina Warszawska. Na obszarze wyżyn i gór izohiety, podobnie jak wiosną układają się równoleżnikowo, a sumy wzrastają od powyżej 225 mm do 622,2 mm na Kasprowym Wierchu. W środkowej Polsce opady letnie są znacznie większe (powyżej 200mm) niż w innych porach roku. Na całym obszarze zakres zmienności letnich sum opadów, w stosunku do pozostałych pór roku jest największy – 451,7 mm.

W kształtowaniu dużych letnich sum opadów największy udział mają opady pochodzenia konwekcyjnego, wywołane prądami wstępującymi nad silnie nagrzanym lądem. Najczęstsze i najbardziej intensywne tego typu opady obserwuje się w środkowej części Polski. Istotną rolę w kształtowaniu opadów ma adwekcja wilgotnego powietrza napływającego z północnego – zachodu, która przyczynia się do wzrostu opadów, zwłaszcza na obszarze wyżyn i w górach.

Jesień (tab. 55, rys. 141) ze średnią sumą opadów 148,8 mm cechują największe opady (powyżej 150 mm) w północnej Polsce, szczególnie w strefie wybrzeża i na północno-zachodnim skłonie Pojezierza Pomorskiego. Duże sumy opadów występują także w obszarach górskich. Są one jednak mniejsze w porównaniu z opadami wiosennymi, ze względu na częstą składową północną cyrkulacji. Na eksponowanych ku północy stokach opady są względnie duże, a jesienią wobec południowej składowej tej cyrkulacji opady są względnie małe. Zakres zmienności jesiennych sum opadów wynosi 239,4 mm.

Zimą (112,9 mm) strefa największych opadów (powyżej 125 mm) występuje w północno-zachodniej części Pojezierza Pomorskiego (tab. 55, rys. 142). Większe sumy opadów występują jedynie na Śnieżce i Kasprowym Wierchu. Większość obszaru środkowej i wschodniej Polski otrzymuje opady poniżej 100 mm. Zakres zmienności zimowych sum opadów wynosi 286,8 mm. Duże opady zimowe są związane z częstym napływem wilgotnego powietrza znad Oceanu Atlantyckiego.

Letnie sumy opadów w przedziałach 5-letnich (rys. 153a, b), wskazują na jeszcze większą zmienność. Najmniejsza suma letnia (150,8 mm – Hel) wystąpiła w latach 1951-1955, a największa (724,9 mm – Kasprowy Wierch) w latach 1971-1975. Różnice wahały się od 284,7 mm (1986-1990) do 584,7 mm (1971-1975). Największe średnie 5-letnie sumy opadów (283,7 mm) wystąpiły w latach 1956-1960 i były ponad 2 razy większe niż w pozostałych porach roku (tab. 59). Najuboższe w opady letnie były lata 1991-1995 (194,0 mm). Największe przestrzenne zmiany można zaobserwować w północnej i środkowej Polsce, gdzie w zależności od badanego 5-lecia izohiety mają tendencje do położenia równoleżnikowego lub południkowego. Można, więc sądzić, że o warunkach opadowych na tym obszarze, poza czynnikami lokalnymi w dużej mierze decyduje cyrkulacja atmosferyczna.

Tab. 59. Średnie sumy opadów (w mm) – w porach roku, 5-leciach oraz 45-leciu (1951-1995) w Polsce  
Fig. 59. Mean precipitation totals (in mm) – in seasons, 5 years intervals and 45 years period (1951-1995) in Poland

	Wiosna	Lato	Jesień	Zima	Średnia 5-letnia
1951-1955	129,3	214,6	134,1	114,1	592,2
1956-1960	122,6	283,7	134,9	117,3	658,4
1961-1965	151,5	235,2	149,3	102,1	638,2
1966-1970	168,0	250,4	161,9	128,2	708,5
1971-1975	132,0	254,4	164,5	97,3	648,2
1976-1980	135,4	255,1	165,6	113,4	669,5
1981-1985	144,9	236,9	142,4	114,7	611,2
1986-1990	127,2	228,7	141,6	112,1	609,6
1991-1995	146,4	194,0	154,7	116,9	611,9
1951-1995	138,6	238,3	148,8	112,9	638,6

Zima, w stosunku do lata charakteryzuje się mniejszymi różnicami przestrzennymi w kolejnych 5-leciach (rys. 155a, b). Najmniejsza suma zimowa (56,4 mm – Warszawa) wystąpiła w latach 1961-1965, a największa (415,8 mm – Kasprowy Wierch) w latach 1981-1985. Różnice wahają się od 231,7 mm (1956-1960) do 353,2 mm (1981-1985). Największe średnie 5-letnie sumy opadów (128, 2 mm) wystąpiły w latach 1966-1970 (tab. 59). Najuboższe w opady zimowe były lata 1971-1975 (97,3mm). Rozkłady przestrzenne są na ogół podobne do rozkładu wieloletniego 1951-1995. Największe zmiany obejmują środkową Polskę, gdzie sumy rzadko przekraczają 100 mm. Jednak pojawiły się 5-lecia o sumach poniżej 75 mm (1961-1965 i 1971-1975) i o sumach powyżej 100-125 mm.

Biorąc pod uwagę przejściowe pory roku można zauważyć mniejszą zmienność sum opadów w kolejnych 5-leciach (rys. 152a, b, 154 a, b) niż w lecie. Najwilgotniejsza wiosna była w latach 1966-1977 (168,0 mm), a najsuchsza – w 1956-1960 (122,6 mm). Najobfitsze opady jesienne wystąpiły w 5-leciu 1976-1980 (165,6 mm), a najmniejsze – w 1951-1955 (134,1 mm), (tab. 59)

Z oceny przestrzennego zróżnicowania opadów w poszczególnych porach roku wynika, że północne obszary Polski są wiosną najuboższe w opady. Największe opady pojawiają się w tej części Polski latem i jesienią. Środkowa Polska otrzymuje w ciągu całego roku (z wyjątkiem lata) mniejsze sumy opadów, w porównaniu z obszarami położonymi na północ i południe. Na obszarze wyżyn i gór największe sumy opadów występują latem i wiosną, a najmniejsze – zimą (wyjątek stanowi Śnieżka i Kasprowy Wierch, gdzie najniższe sumy występują jesienią).

Na obszarze Polski przestrzenny rozkład opadów w poszczególnych porach roku jest zróżnicowany. Do najważniejszych czynników należy cyrkulacja atmosferyczna. Jej wpływ jest szczególnie silny w porze jesiennej i zimowej. W lecie, duże znaczenie mają czynniki lokalne, sprzyjające rozwojowi konwekcji nad ogrzany lądem. Widoczny jest także wpływ cyrkulacji znad M. Bałtyckiego w strefie wybrzeża i na skłonie północno-zachodnim Pojezierza Pomorskiego. Wpływ ten zaznacza się we wszystkich porach roku, a największy jest w przejściowych porach roku. Jesienią dopływ ciepła z powierzchni morza do atmosfery powodują wzrost opadów, a wiosną w pobliżu chłodnej powierzchni morza opady są małe. W przypadku obszaru Polski ważnym czynnikiem jest także orografia terenu, która na ogół sprzyja wzrostowi sum opadów. Przykładem są najwyższe wzniesienia – Kasprowy Wierch i Śnieżka, gdzie największe sumy opadów występują latem i wiosną, a sumy zimowe przekraczają sumy jesienne.

Różnorodność czynników powoduje, że powstają duże różnice między sumami opadów w skrajnych porach roku. Sumy letnie przekraczają 2,2 razy sumy zimowe. Lokalnie różnice są znacznie większe i wahają się od 1,4 na Śnieżce do 3,37 w Zakopanem i 3,51 w Kłodzku. Stosunek ten jest mniejszy od 2 na Pojezierzu Pomorskim, wybrzeżu Bałtyku, Ziemi Lubuskiej, w Karkonoszach, Tatrach (poza obszarami kotlin) oraz na Roztoczu i w Bieszczadach. Średnia różnica wynosi 125,4 mm (tab. 57). W regionach różnice są większe i wahają się w granicach:

- w północno-zachodniej Polsce: od 52,5 do 115,0 mm,
- w północno-wschodniej Polsce: od 107,1 do 136,7 mm,
- w środkowej Polsce: od 75,6 do 145,0 mm,
- w pasie wyżyn: od 139,0 do 176,0 mm,
- na obszarze gór: od 170,0 do 261 mm,

- wyróżniły się także stacje położone w kotlinach – Zakopane i Kłodzko, gdzie sumy letnie były ok. 3,5 razy większe od zimowych.

W przejściowych porach roku przestrzenne różnice są małe (tab. 57). Sumy jesienne tylko nieznacznie przekraczają sumy wiosenne (średnia różnica wynosi zaledwie 10,2 mm). W skali regionów różnice są większe. W 23 przypadkach sumy wiosenne przewyższały sumy jesienne (wahały się od 0,3 mm w Poznaniu do 74,0 mm na Kasprowym Wierchu), a w 32 – sumy jesienne przewyższały wiosenne (wahały się od 0,4 mm w Zamościu do 103,1 mm w Ustce).

Z powyższego wynika, że jest przewaga opadów letnich nad zimowymi, a opady jesieni i zimy w całej Polsce są w przybliżeniu jednakowe, lecz regionalnie zróżnicowane, gdyż w ok. 58,2% stacji opady jesienne przewyższały opady wiosenne.

## 6. Iloraz sezonowych sum opadów

Wskaźnikami przebiegu rocznego sum opadów i jednocześnie miarą oceanizmu pluwialnego są ilorazy: opadów zimy i lata (Z/L), jesieni i wiosny (J/W). Duże wartości ilorazów wskazują bowiem na oceaniczne cechy rocznego przebiegu opadów atmosferycznych, małe zaś świadczą o cechach kontynentalnych. Na całym obszarze Polski iloraz opadów zimy i lata jest równy 0,5, natomiast opadów jesieni i wiosny 1,1 (tab. 57).

Wartość ilorazu opadów zimy i lata (Z/L) maleje z zachodu na wschód (rys. 156), wskazując na stopniowe osłabienie cech oceanicznych klimatu i wzrost cech kontynentalnych. Na skłonie południowo-wschodnim Pojezierza Pomorskiego sumy opadów letnich są już dwukrotnie większe od sum opadów zimy i stopniowo wzrastają w kierunku Wisły. Wartość ilorazu zmienia się od 0,72 na Śnieżce, 0,70 w Ustce do 0,28 w Kłodzku, 0,3 w Zakopanem i wskazuje na cechy oceaniczne klimatu północno-zachodniej Polski i szczytów górskich oraz na kontynentalizm kotlin górskich i pogórzy.

W przypadku ilorazu jesieni i wiosny (rys. 157) izolinie układają się równoleżnikowo (nieco odchylając się w zachodniej Polsce ku północnemu-zachodowi), a ich wartość wzrasta ku północy od 0,83 (Kasprowy Wierch) do 1,87 (Ustka). Zmiany te są największe na północy Polski, zwłaszcza na Pomorzu. Taka zmienność przestrzenna jesienią jest uwarunkowana ocieplającym wpływem M. Bałtyckiego, który stopniowo maleje w głąb lądu. Wzdłuż linii Zamość-Kielce-Wieluń-Leszno-Gorzów Wielkopolski następuje zrównanie sum opadów jesieni i wiosny, na południe od tej linii wiosną jest więcej opadów niż jesienią.

Podział sumy rocznej na sumy półroczne (półrocze ciepłe – od maja do października i półrocze chłodne – od listopada do kwietnia) umożliwił wykazać, że na obszarze Polski 62,9% (401,4 mm) opadów spada w półroczu ciepłym. We wszystkich stacjach sumy opadów w półroczu ciepłym były większe od sum w półroczu chłodnym (średnio o 164,1 mm), (tab. 57, rys. 147, 148).

Rozkłady przestrzenne (rys. 149, 150) cechują się wzrostem udziału opadów półrocza ciepłego w sumie rocznej – (od izolinii 60%) z północnego-zachodu na południowo-wschód. Natomiast na zachód i północ od tej izolinii – udział sum opadów tego półrocza jest znacznie mniejszy. Udział sum półrocza ciepłego na całym obszarze zmienia się od 56,7% (w Świnoujściu) do 70,1% (w Kłodzku). Różnica między obszarami o największym



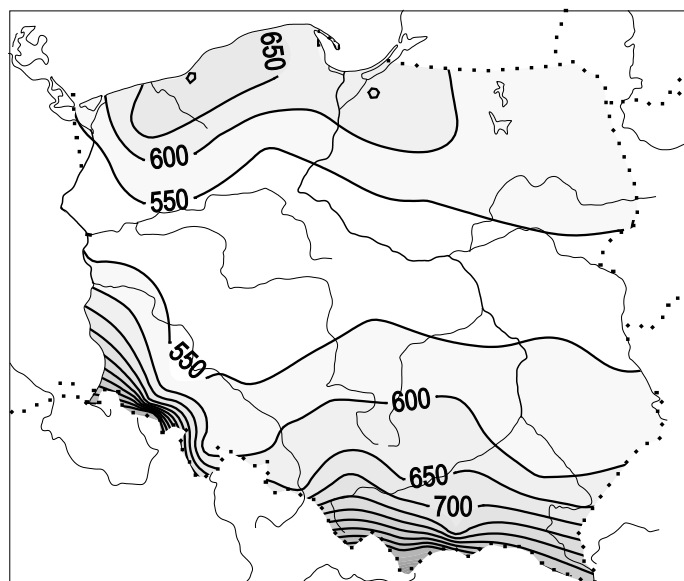
i najmniejszym udziale w sumie rocznej wynosi, więc 13,4% (91,5–422,5 mm), (tab. 56). Ponadto rozkład przestrzenny udziału sum opadów w półroczu ciepłym jest bardzo podobny do rozkładu letniego (rys. 144), w półroczu chłodnym – do rozkładu zimowego (rys. 146).

Według K. Kożuchowski i J. Wibig (1988), istotny jest przebieg izolinii 64% w półroczu ciepłym (lub 36% udziału półrocza chłodnego), która określa zasięg występowania oceanicznych cech przebiegu opadów. W Polsce zasięg tej izolinii obejmuje północno-zachodnią Polskę, częściowo środkowo-wschodnią oraz najwyższe góry.

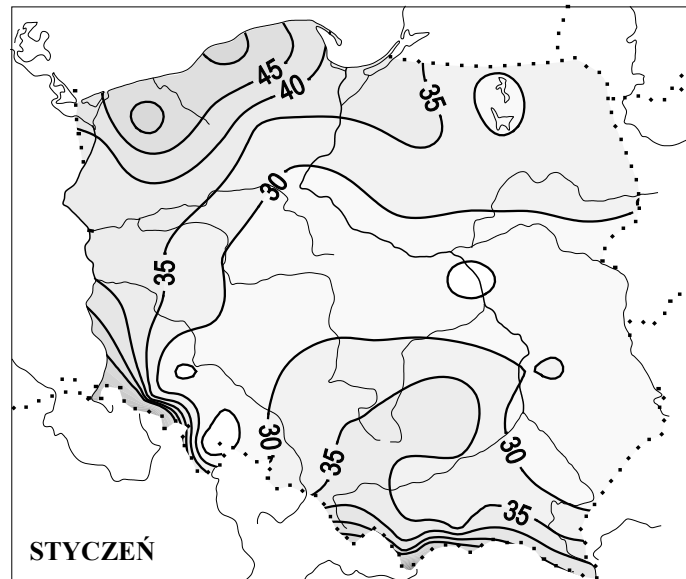
Iloraz opadów półrocza ciepłego i chłodnego (Pc/Pch), zmieniający się w granicach od 1,2 (na Śnieżce) do 2,3 (w Kłodzku) ma rozkład geograficzny odwrócony do rozkładu ilorazu zimy i lata – jego wartość wzrasta z zachodu na wschód (tab. 57, rys. 158).

Omawiając warunki opadowe w Polsce, szczególną uwagę zwrócono na ich przestrzenną zmienność w skrajnych porach roku (lato, zima). Najlepiej charakteryzują one wartości ekstremalne i zróżnicowanie czynników kształtujących opady. Z przeprowadzonej analizy uzyskano następujące wnioski:

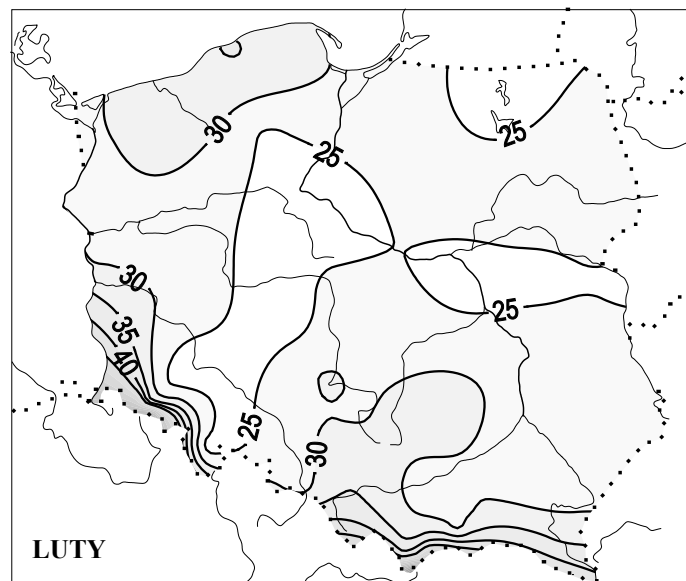
- sumy letnie przekraczają średnio 2,2 razy sumy zimowe, średnia różnica wynosi 125,4 mm
- w skali regionów różnice są większe i zmieniają się od 52,5 mm w północno-zachodniej Polsce do 261 mm w górach.
- w przejściowych porach roku różnice są małe, sumy jesienne tylko nieznacznie (iloraz 1,1) przekraczają sumy wiosenne, średnia różnica wynosi zaledwie 10,2 mm.
- wartość ilorazu opadów zimy i lata (Z/L) maleje z zachodu na wschód, wskazując na stopniowe osłabienie cech oceanicznych i wyraźny wzrost kontynentalizmu w rozkładzie opadów.



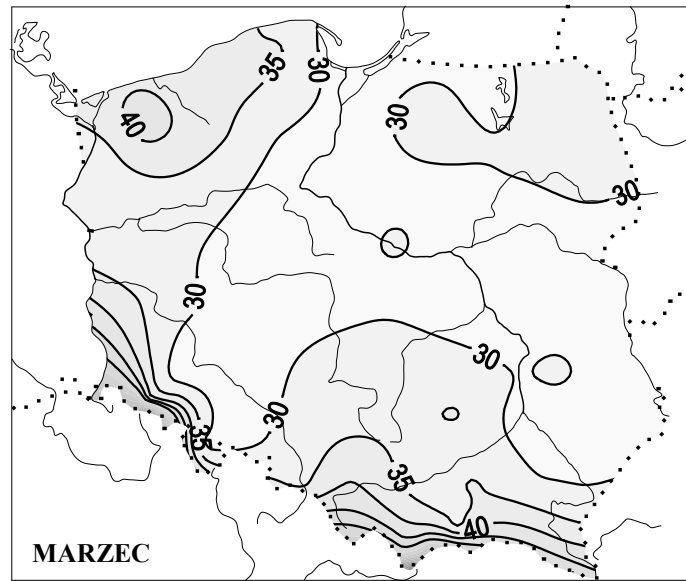
Rys. 112. Średnie roczne sumy (w mm) opadów atmosferycznych (1951-1995)  
Fig. 112. Mean annual precipitation totals (in mm) in the period – 1951-1995



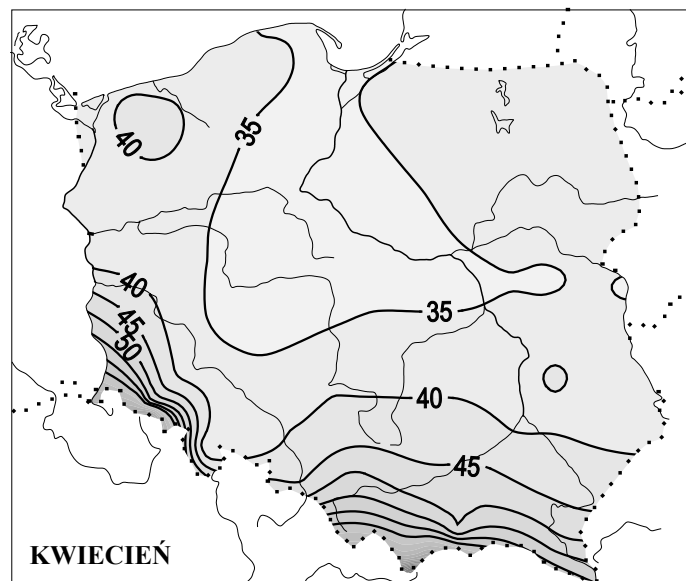
Rys. 113. Średnie sumy (w mm) opadów atmosferycznych w styczniu (1951-1995)  
 Fig. 113. Mean precipitation totals (in mm) in January (1951-1995)



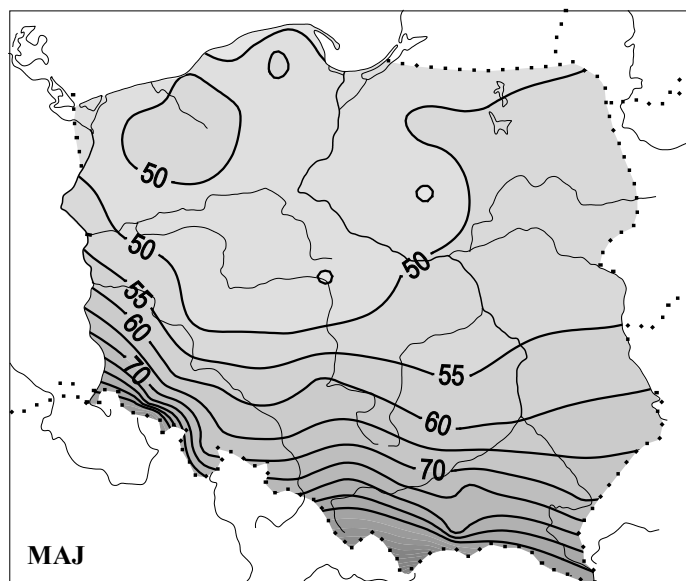
Rys. 114. Średnie sumy (w mm) opadów atmosferycznych w lutym (1951-1995)  
 Fig. 114. Mean precipitation totals (in mm) in February (1951-1995)



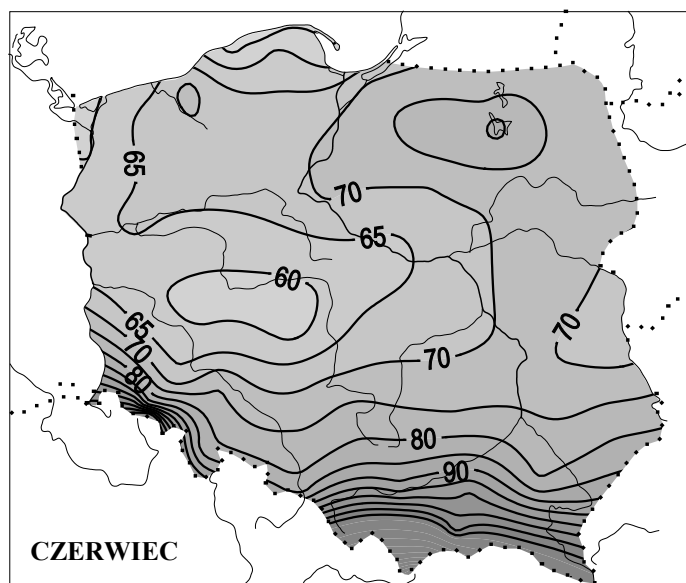
Rys. 115. Średnie sumy (w mm) opadów atmosferycznych w marcu (1951-1995)  
 Fig. 115. Mean precipitation totals (in mm) in March (1951-1995)



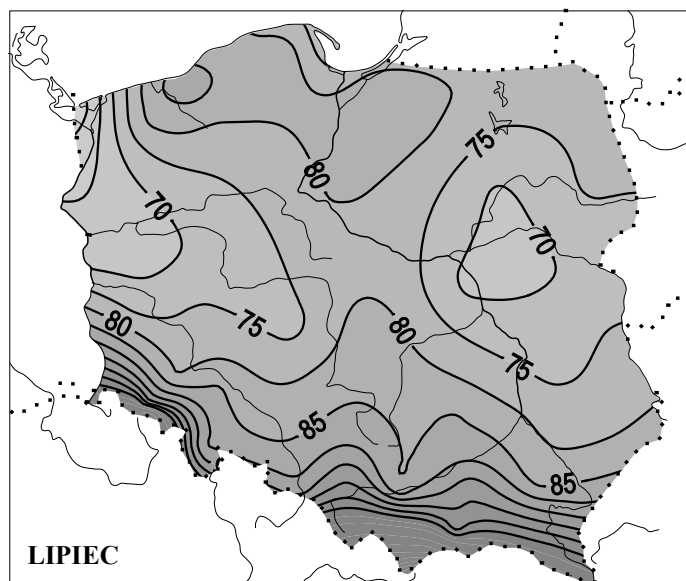
Rys. 116. Średnie sumy (w mm) opadów atmosferycznych w kwietniu (1951-1995)  
 Fig. 116. Mean precipitation totals (in mm) in January (1951-1995)



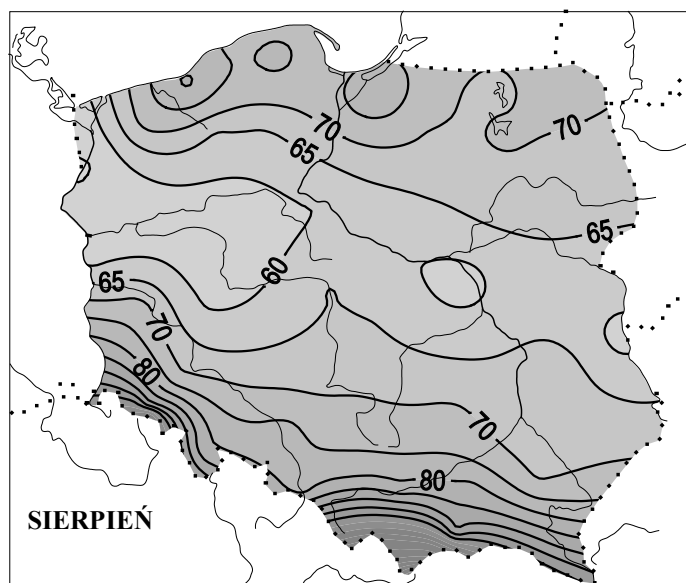
Rys. 117. Średnie sumy (w mm) opadów atmosferycznych w maju (1951-1995)  
 Fig. 117. Mean precipitation totals (in mm) in May (1951-1995)



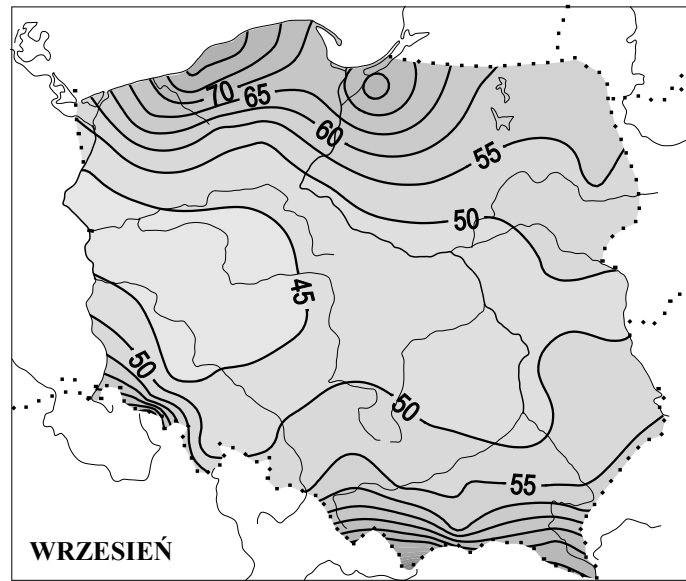
Rys. 118. Średnie sumy (w mm) opadów atmosferycznych w czerwcu (1951-1995)  
 Fig. 118. Mean precipitation totals (in mm) in June (1951-1995)



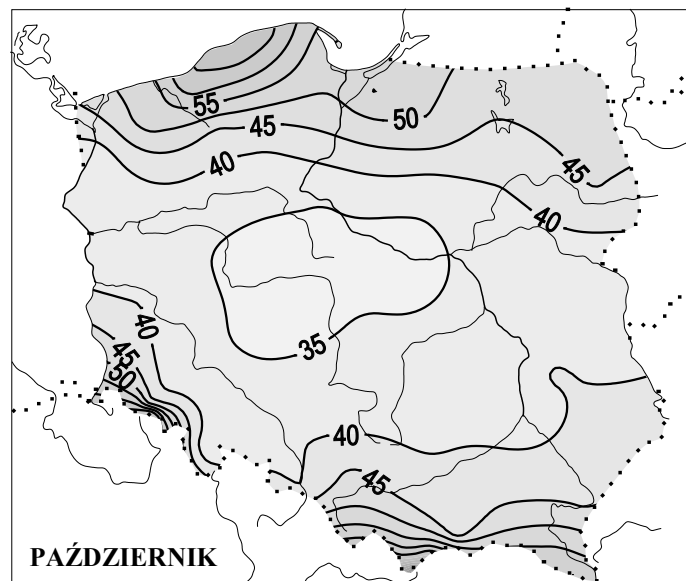
Rys. 119. Średnie sumy (w mm) opadów atmosferycznych w lipcu (1951-1995)  
 Fig. 119. Mean precipitation totals (in mm) in July (1951-1995)



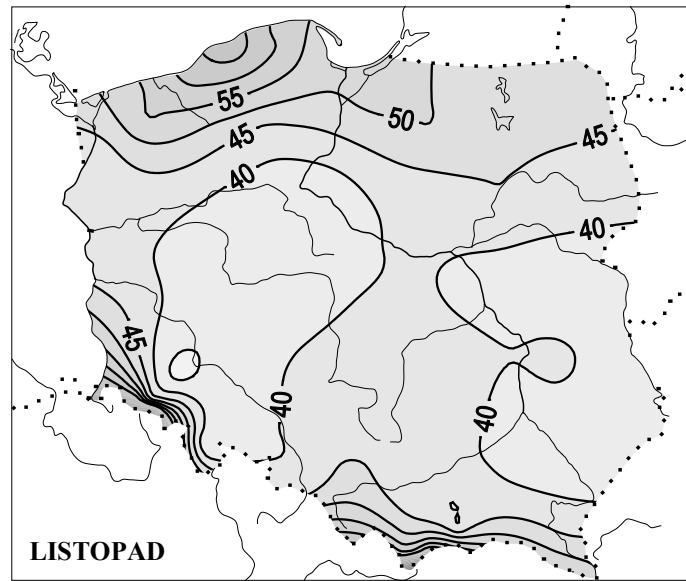
Rys. 120. Średnie sumy (w mm) opadów atmosferycznych w sierpniu (1951-1995)  
 Fig. 120. Mean precipitation totals (in mm) in August (1951-1995)



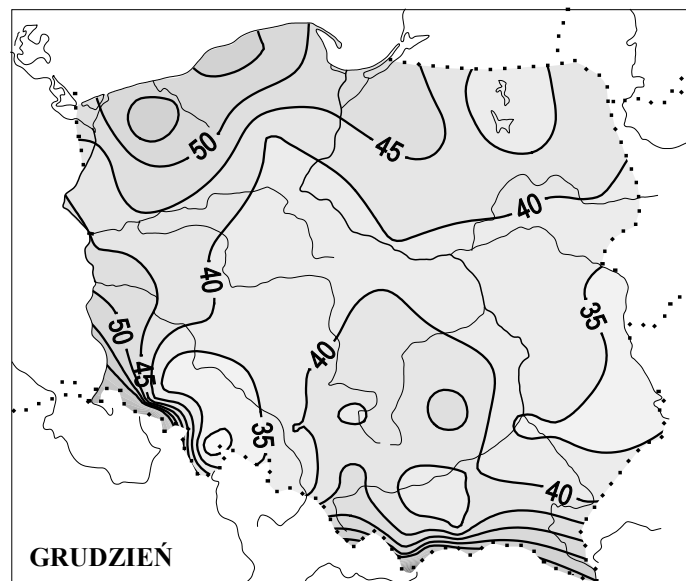
Rys. 121. Średnie sumy (w mm) opadów atmosferycznych we wrześniu (1951-1995)  
 Fig. 121. Mean precipitation totals (in mm) in September (1951-1995)



Rys. 122. Średnie sumy (w mm) opadów atmosferycznych w październiku (1951-1995)  
 Fig. 122. Mean precipitation totals (in mm) in October (1951-1995)

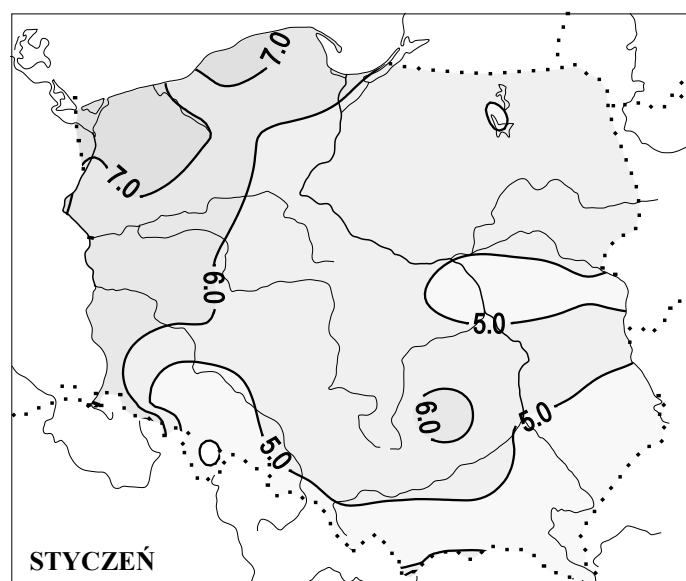


Rys. 123. Średnie sumy (w mm) opadów atmosferycznych w listopadzie (1951-1995)  
 Fig. 123. Mean precipitation totals (in mm) in November (1951-1995)

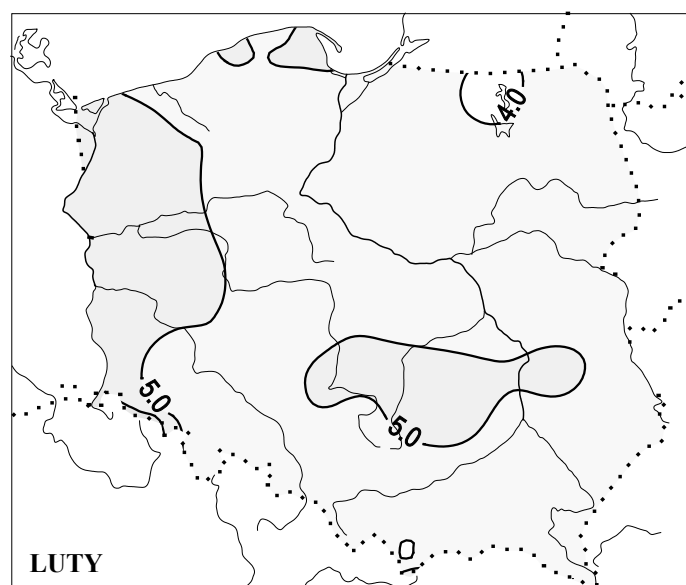


Rys. 124. Średnie sumy (w mm) opadów atmosferycznych w grudniu (1951-1995)  
 Fig. 124. Mean precipitation totals (in mm) in December (1951-1995)

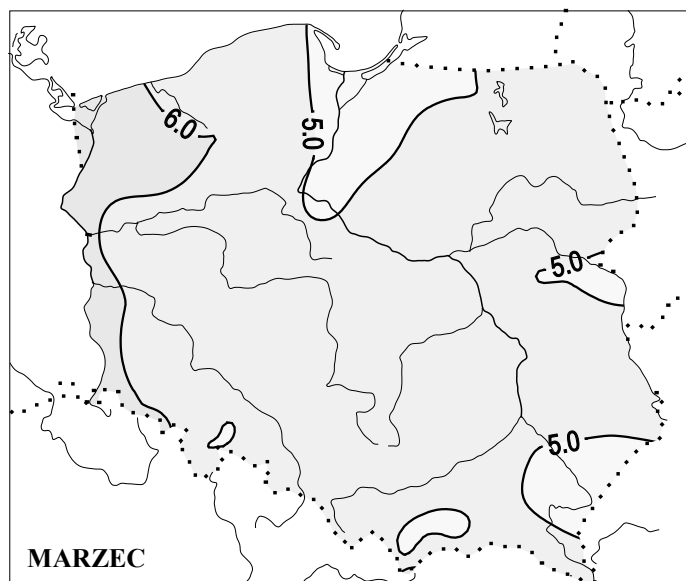




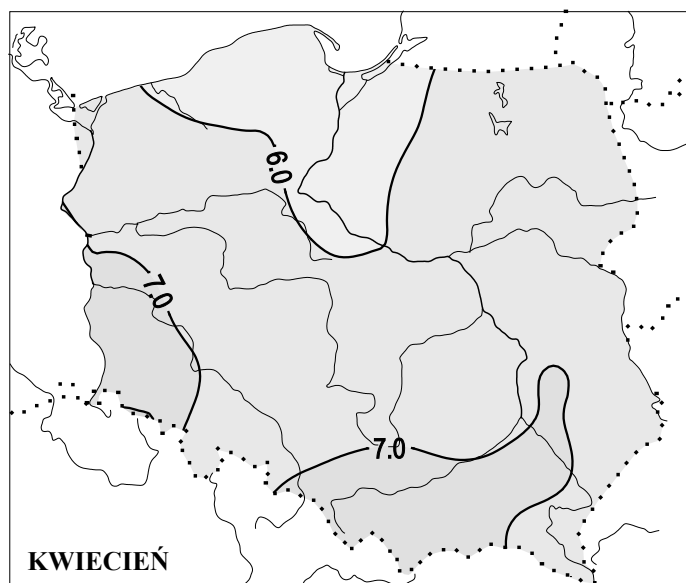
Rys. 125. Udział miesięcznych sum opadów (w %) w sumie rocznej (1951-1995) – styczeń  
 Fig. 125. Percentage of monthly total precipitation in annual total precipitation (1951-1995) – January



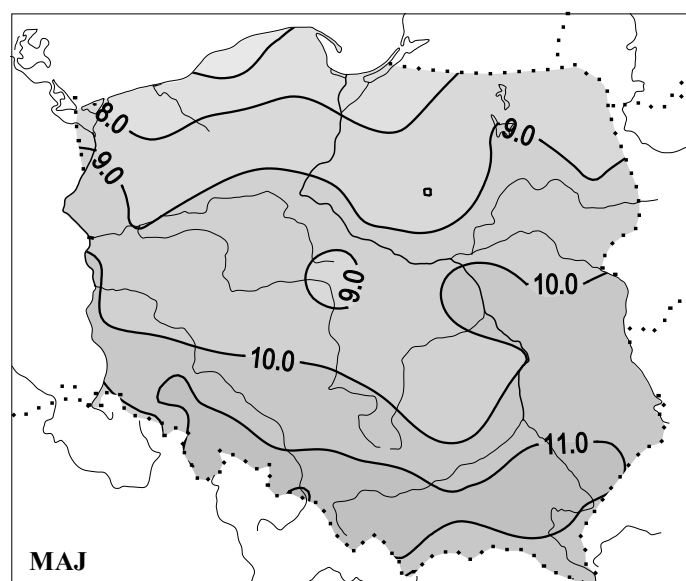
Rys. 126. Udział miesięcznych sum opadów (w %) w sumie rocznej (1951-1995) – luty  
 Fig. 126. Percentage of monthly total precipitation in annual total precipitation (1951-1995) – February



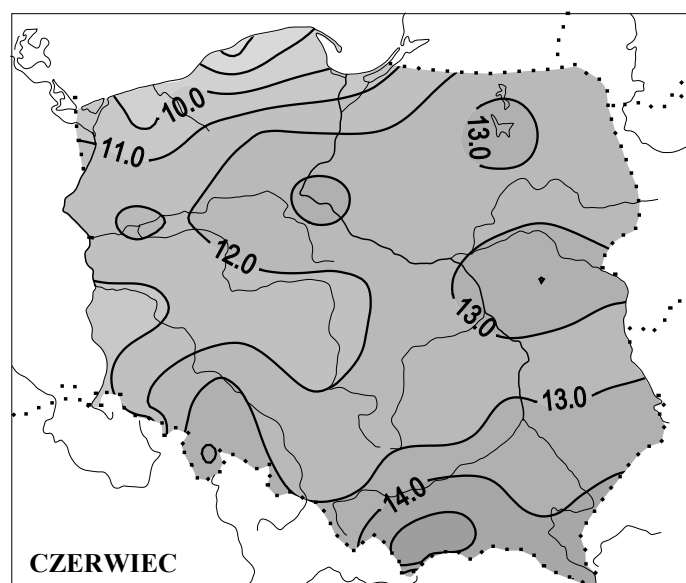
Rys. 127. Udział miesięcznych sum opadów (w %) w sumie rocznej (1951-1995) – marzec  
 Fig. 127. Percentage of monthly total precipitation in annual total precipitation (1951-1995) – March



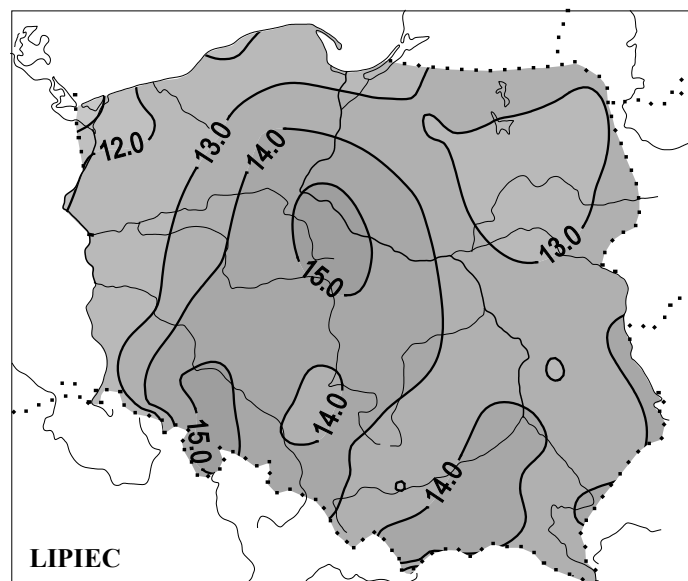
Rys. 128. Udział miesięcznych sum opadów (w %) w sumie rocznej (1951-1995) – April  
 Fig. 128. Percentage of monthly total precipitation in annual total precipitation (1951-1995) – April



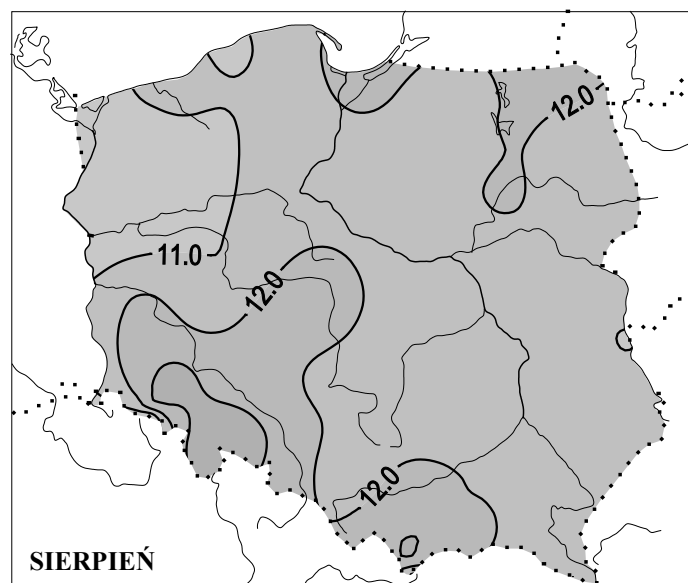
Rys. 129. Udział miesięcznych sum opadów (w %) w sumie rocznej (1951-1995) – Maj  
 Fig. 129. Percentage of monthly total precipitation in annual total precipitation (1951-1995) – May



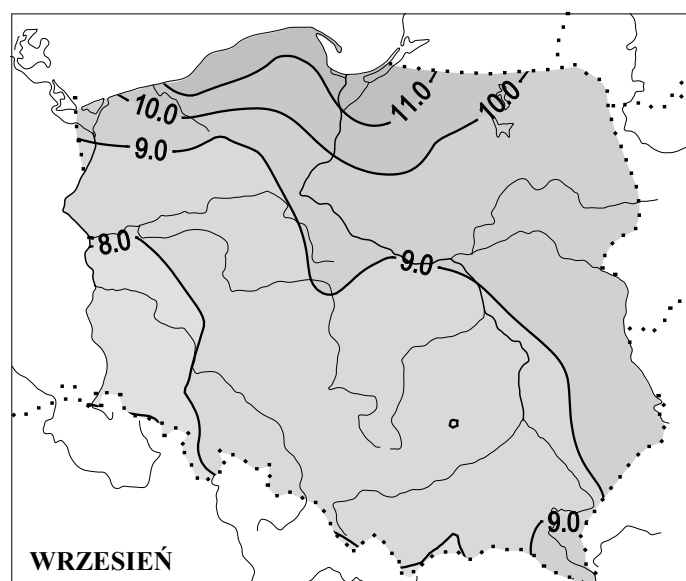
Rys. 130. Udział miesięcznych sum opadów (w %) w sumie rocznej (1951-1995) – czerwiec  
 Fig. 130. Percentage of monthly total precipitation in annual total precipitation (1951-1995) – June



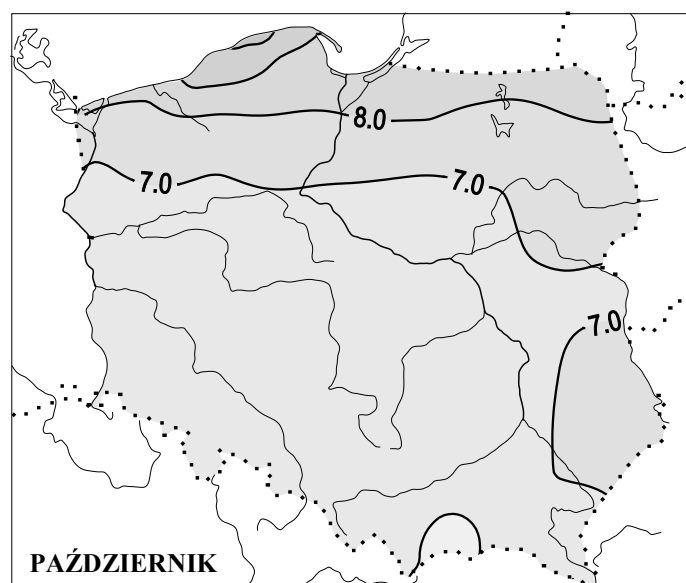
Rys. 131. Udział miesięcznych sum opadów (w %) w sumie rocznej (1951-1995) – lipiec  
 Fig. 131. Percentage of monthly total precipitation in annual total precipitation (1951-1995) – July



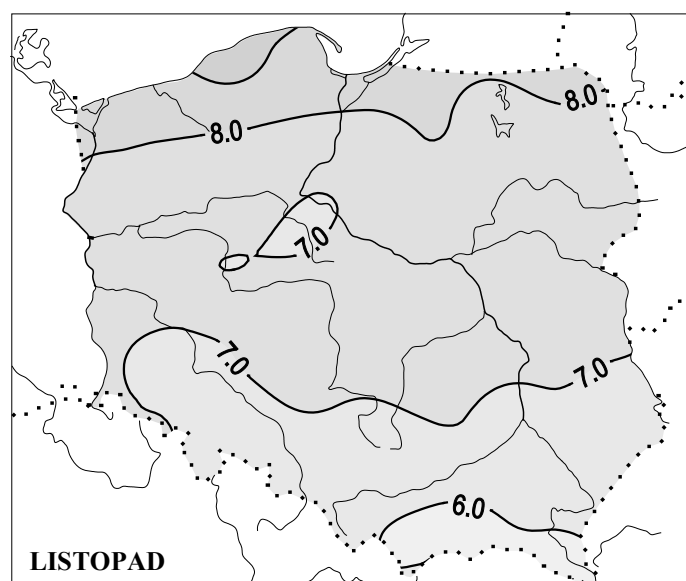
Rys. 132. Udział miesięcznych sum opadów (w %) w sumie rocznej (1951-1995) – sierpień  
 Fig. 132. Percentage of monthly total precipitation in annual total precipitation (1951-1995) – August



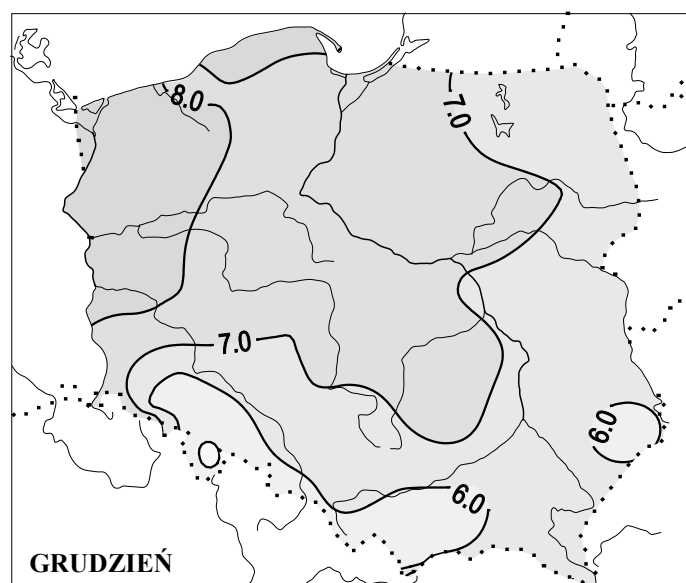
Rys. 133. Udział miesięcznych sum opadów (w %) w sumie rocznej (1951-1995) – wrzesień  
 Fig. 133. Percentage of monthly total precipitation in annual total precipitation (1951-1995) – September



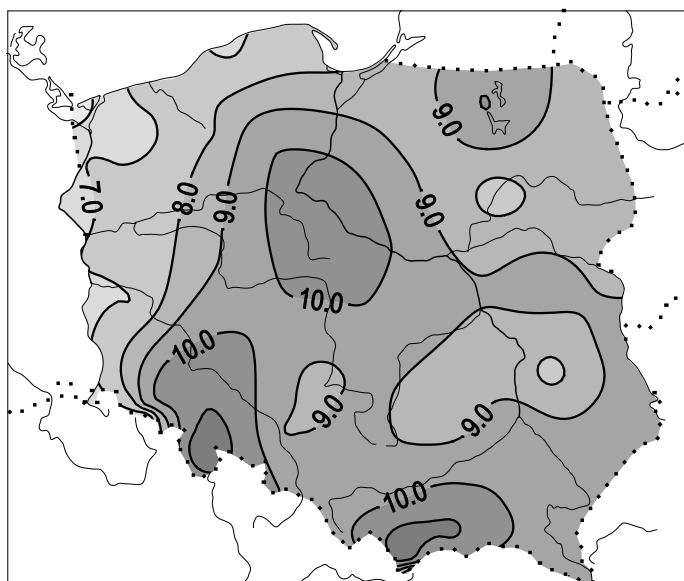
Rys. 134. Udział miesięcznych sum opadów (w %) w sumie rocznej (1951-1995) – październik  
 Fig. 134. Percentage of monthly total precipitation in annual total precipitation (1951-1995) – October



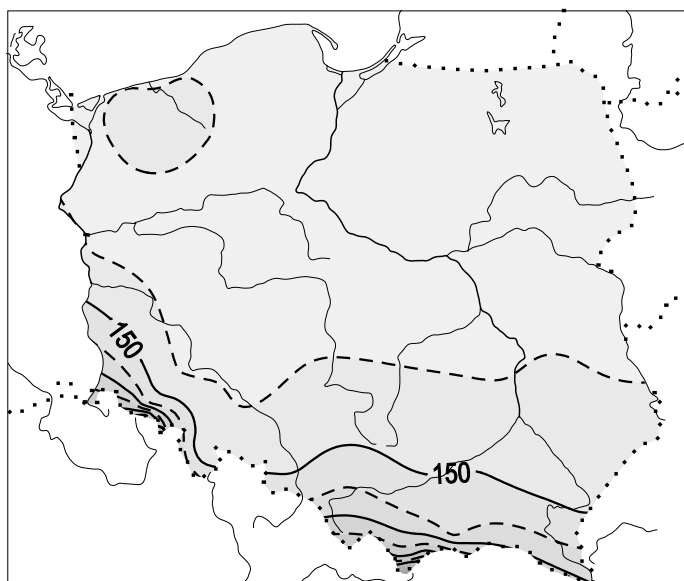
Rys. 135. Udział miesięcznych sum opadów (w %) w sumie rocznej (1951-1995) – listopad  
 Fig. 135. Percentage of monthly total precipitation in annual total precipitation (1951-1995) – November



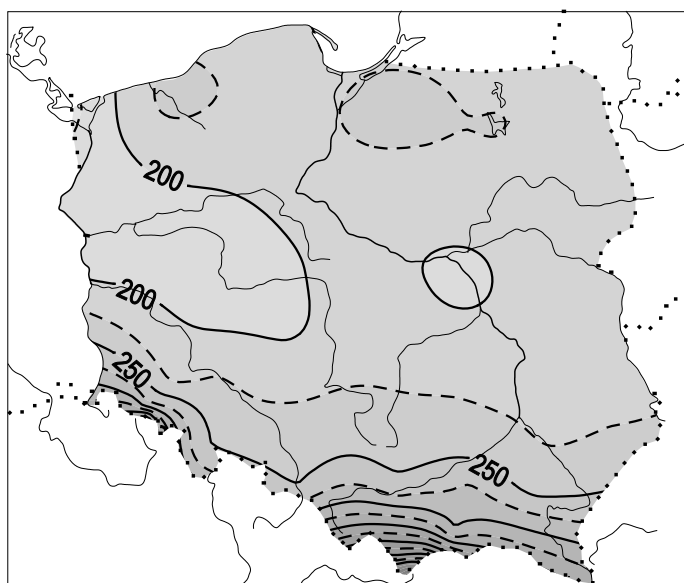
Rys. 136. Udział miesięcznych sum opadów (w %) w sumie rocznej (1951-1995) – grudzień  
 Fig. 136. Percentage of monthly total precipitation in annual total precipitation (1951-1995) – December



Rys. 138. Średnia roczna amplituda, wyrażona w % sumy rocznej (1951-1995)  
Fig. 138. Mean annual precipitation range in % of annual total precipitation (1951-1995)

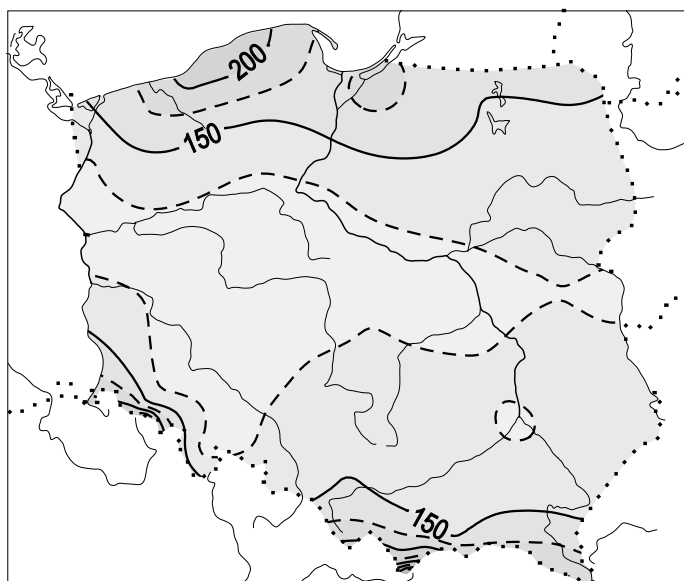


Rys. 139. Średnie sumy (w mm) opadów atmosferycznych w okresie wiosny (1951-1995)  
 Fig. 139. Mean precipitation totals (in mm) in the period of spring (1951-1995)

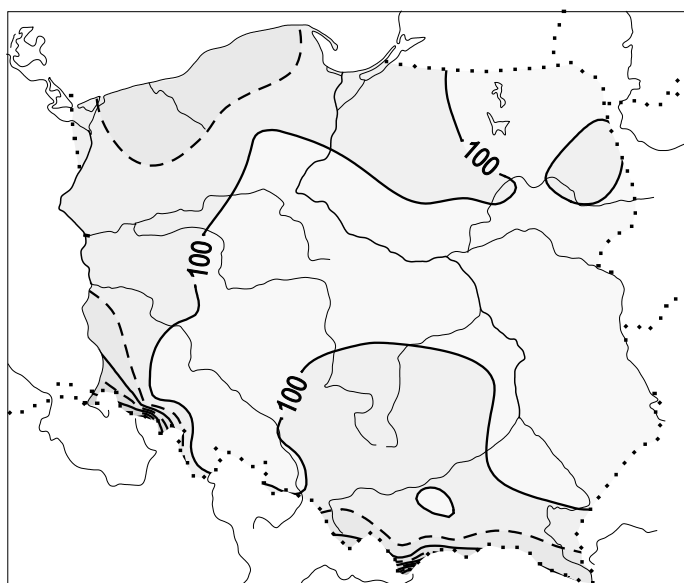


Rys. 140. Średnie sumy (w mm) opadów atmosferycznych w okresie lata (1951-1995)  
 Fig. 140. Mean precipitation totals (in mm) in the period of summer (1951-1995)

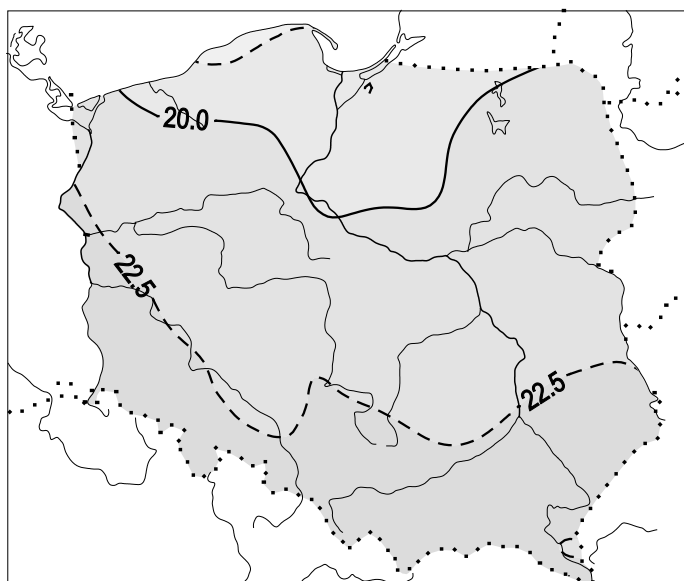




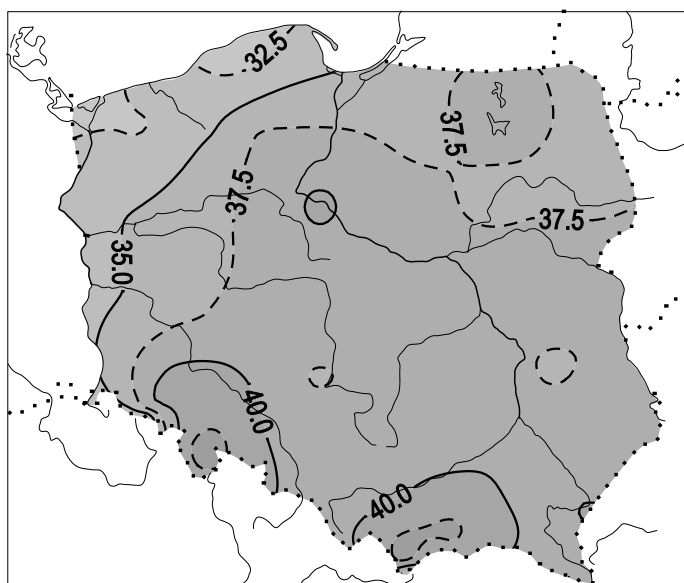
Rys. 141. Średnie sumy (w mm) opadów atmosferycznych w okresie jesieni (1951-1995)  
 Fig. 141. Mean precipitation totals (in mm) in the period of autumn (1951-1995)



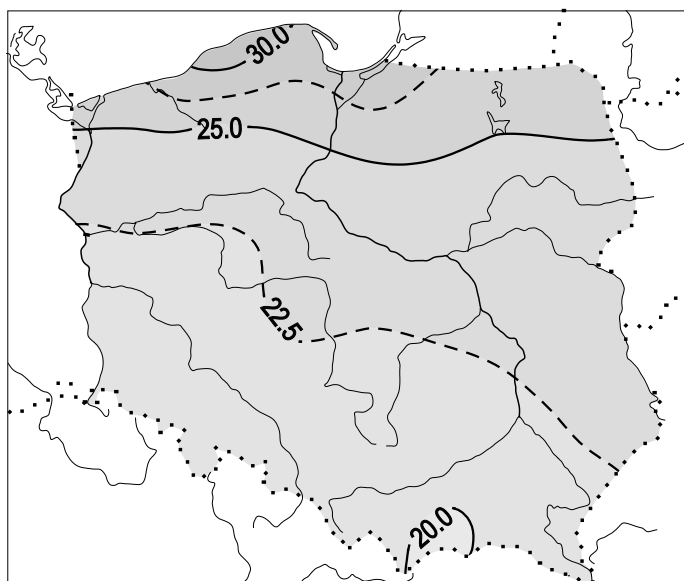
Rys. 142. Średnie sumy (w mm) opadów atmosferycznych w okresie zimy (1951-1995)  
 Fig. 142. Mean precipitation totals (in mm) in the period of winter (1951-1995)



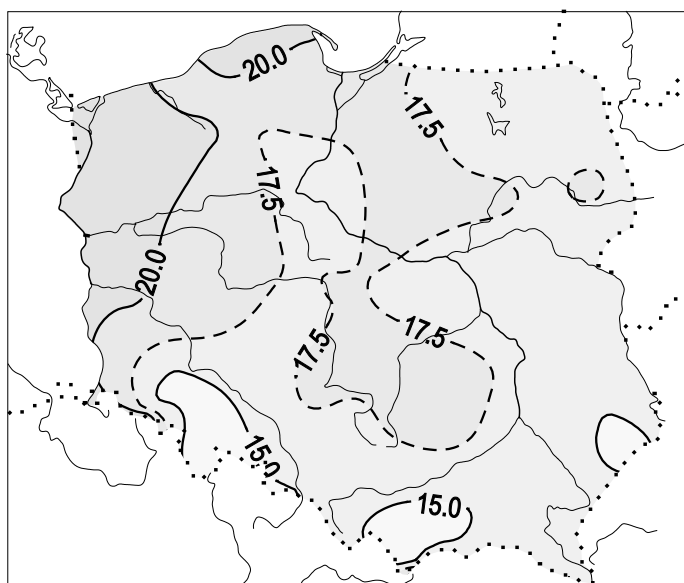
Rys. 143. Udział sum opadów sezonowych (w %) w sumie rocznej (1951-1995) – wiosna  
 Fig. 143. Percentage of seasonal precipitation in annual total precipitation (1951-1995) – spring



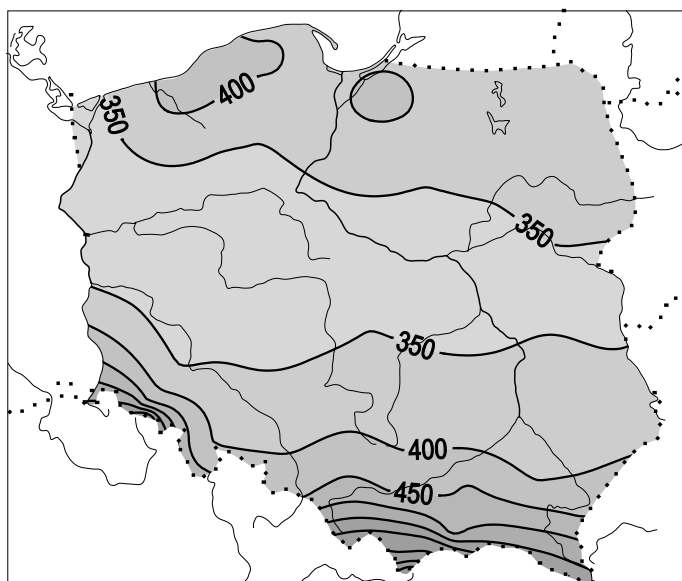
Rys. 144. Udział sum opadów sezonowych (w %) w sumie rocznej (1951-1995) – lato  
 Fig. 144. Percentage of seasonal precipitation in annual total precipitation (1951-1995) – summer



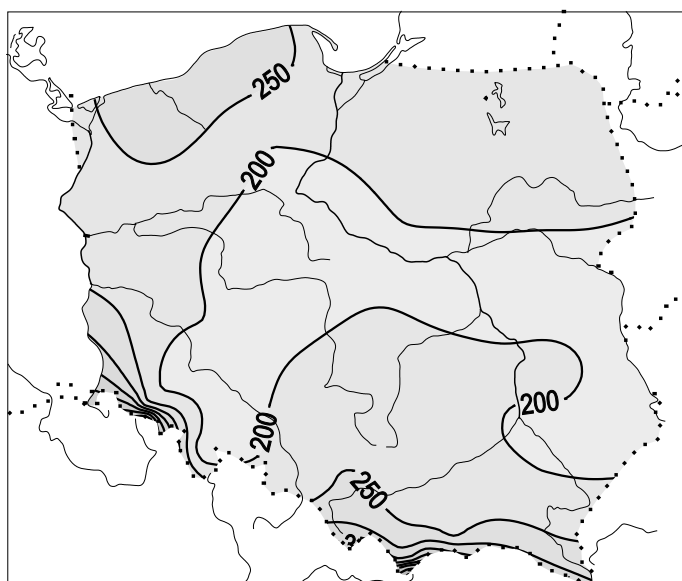
Rys. 145. Udział sum opadów sezonowych (w %) w sumie rocznej (1951-1995) – jesień  
 Fig. 145. Percentage of seasonal precipitation in annual total precipitation (1951-1995) – autumn



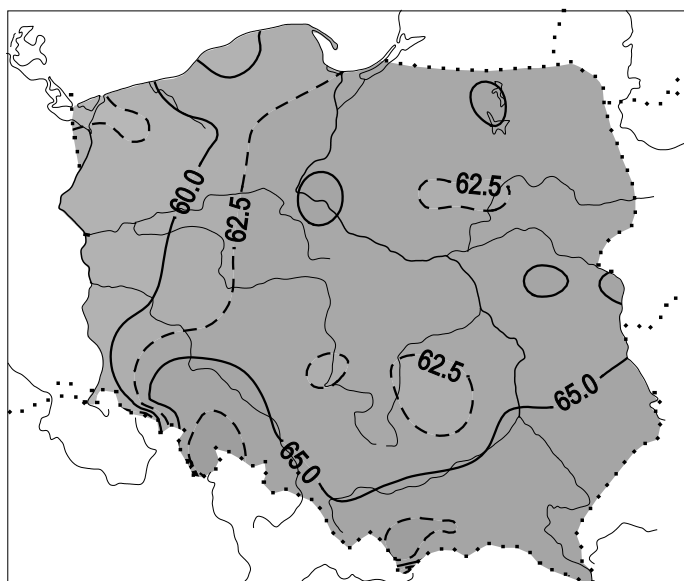
Rys. 146. Udział sum opadów sezonowych (w %) w sumie rocznej (1951-1995) – zima  
 Fig. 146. Percentage of seasonal precipitation in annual total precipitation (1951-1995) – winter



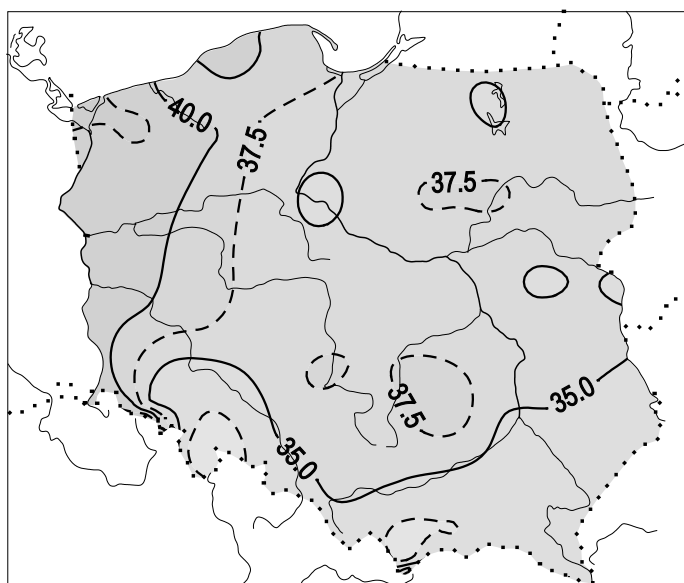
Rys. 147. Średnie sumy opadów (w mm) w półroczu ciepłym (1951-1995)  
 Fig. 147. Mean precipitation totals (in mm) in warm half-year (1951-1995)



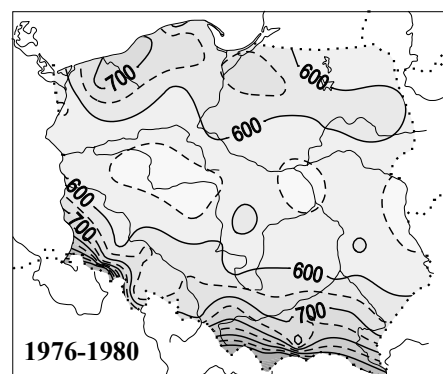
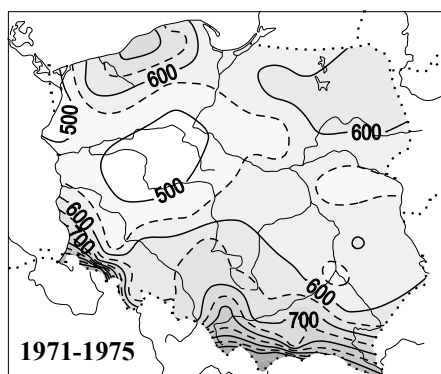
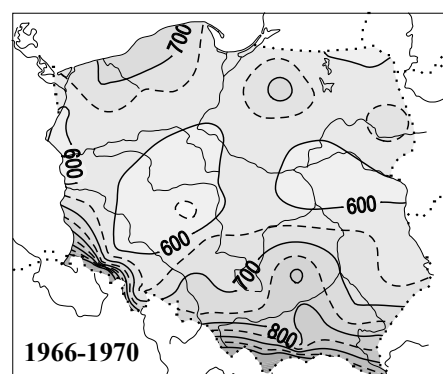
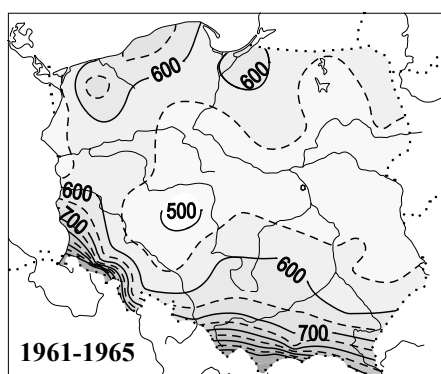
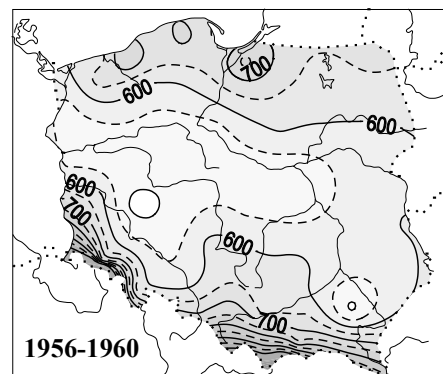
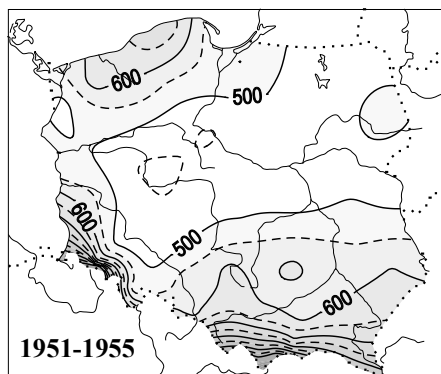
Rys. 148. Średnie sumy opadów (w mm) w półroczu chłodnym (1951-1995)  
 Fig. 148. Mean precipitation totals (in mm) in cold half-year (1951-1995)



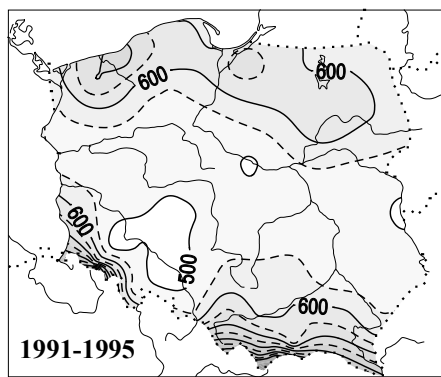
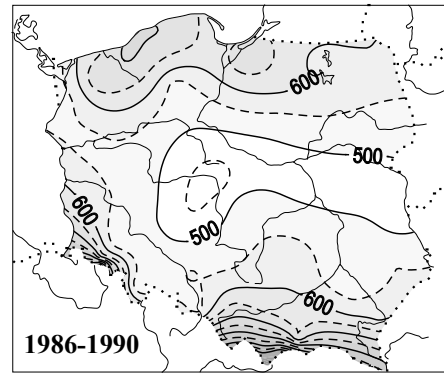
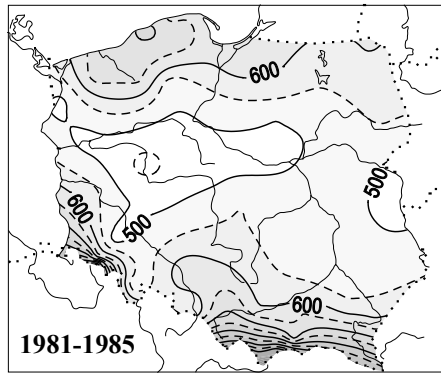
Rys. 149. Udział sum opadów półrocza ciepłego (w %) w sumie roczne (1951-1995)  
 Fig. 149. Percentage of warm half-year precipitation total in annual total precipitation (1951-1995)



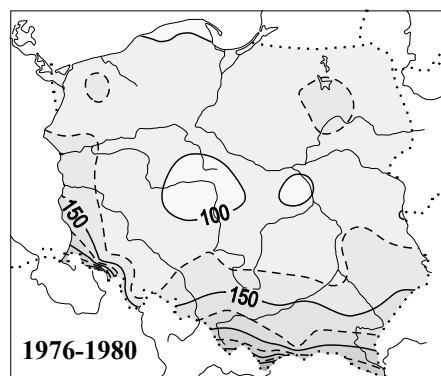
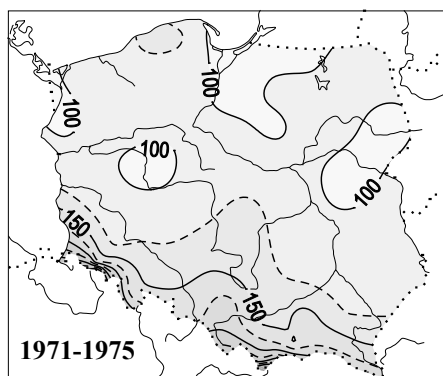
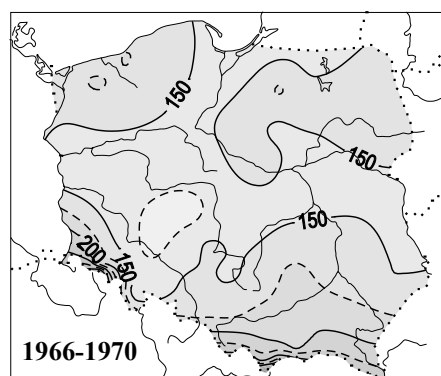
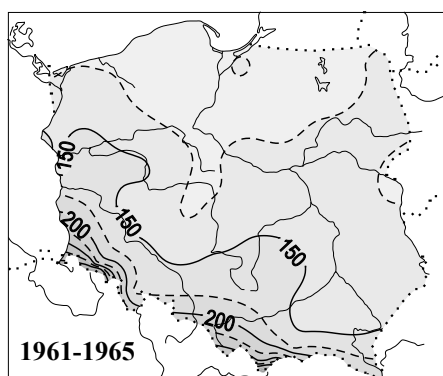
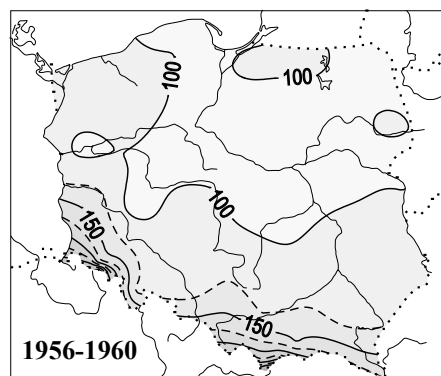
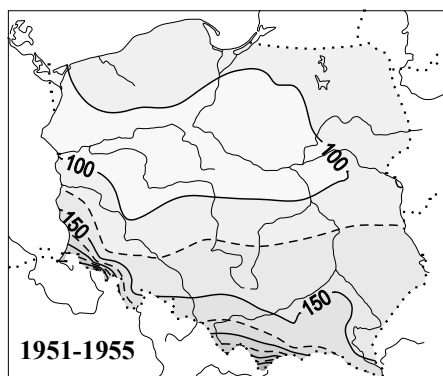
Rys. 150. Udział sum opadów półrocza chłodnego (w %) w sumie roczne (1951-1995)  
 Fig. 150. Percentage of cold half-year precipitation total in annual total precipitation (1951-1995)



Rys. 151a. Średnie roczne sumy opadów w 5-letniach (1951-1995)  
 Fig. 151a. Mean annual total precipitation in 5 years periods (1951-1995)

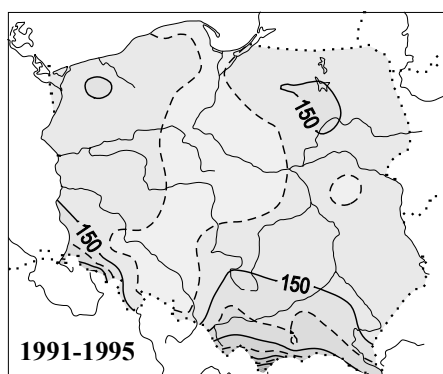
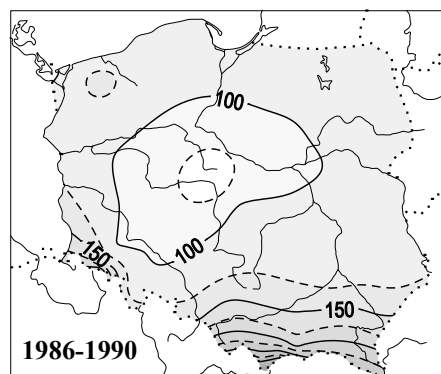
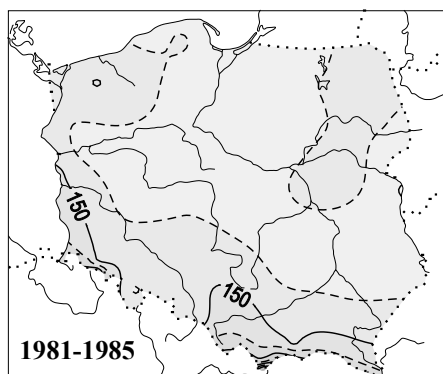


Rys. 151b. Średnie roczne sumy opadów w 5-leciach (1951-1995)  
 Fig. 151b. Mean annual total precipitation in 5 years periods (1951-1995)

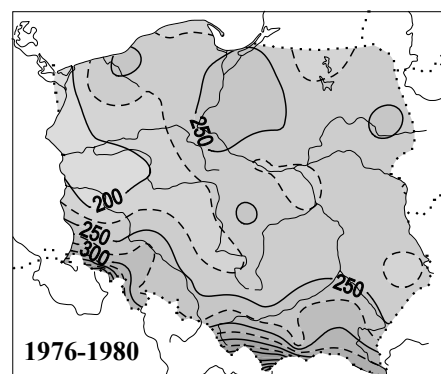
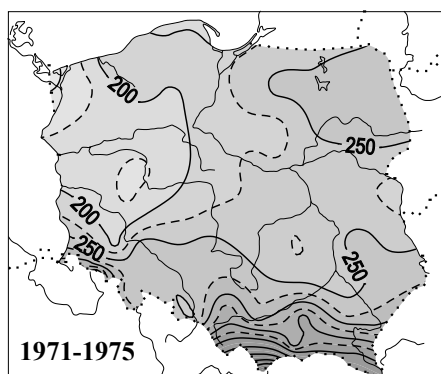
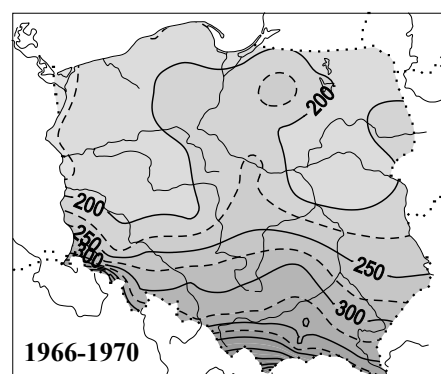
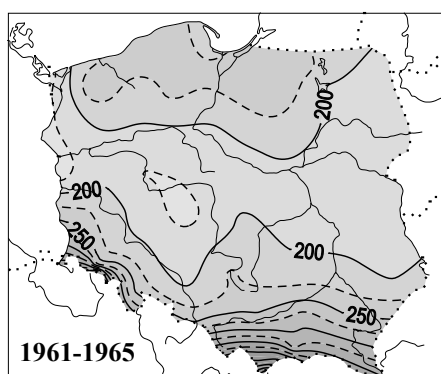
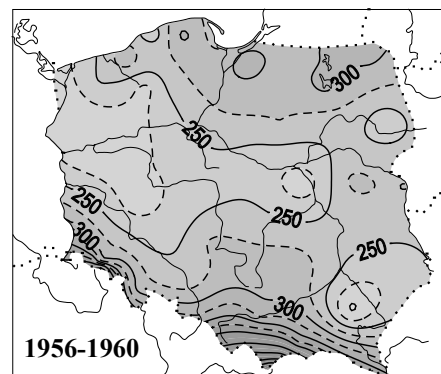
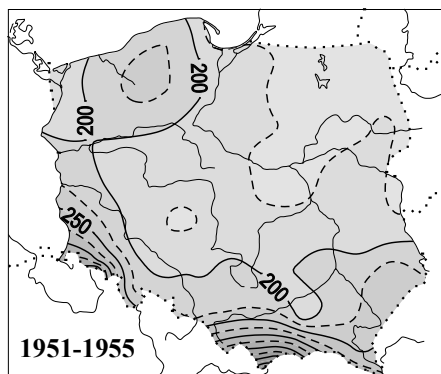


Rys. 152a. Sezonowe sumy opadów (w mm) w przedziałach 5-letnich (1951-1995) – wiosna  
 Fig. 152a. Seasonal total precipitation (in mm) at 5 years intervals (1951-1995) – spring

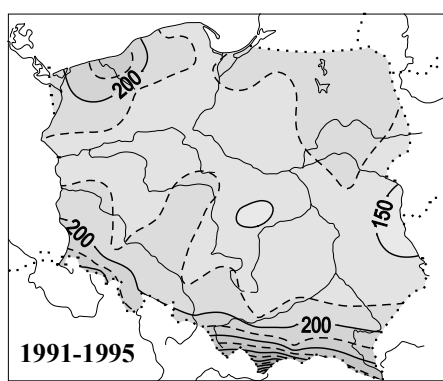
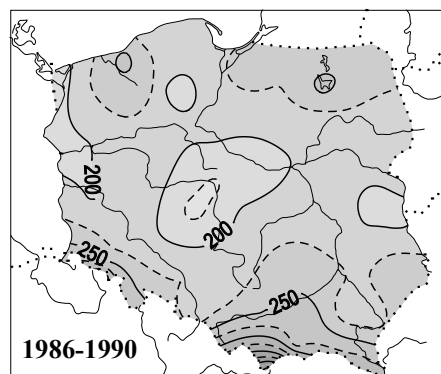
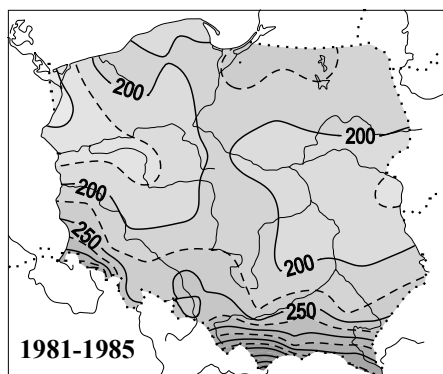




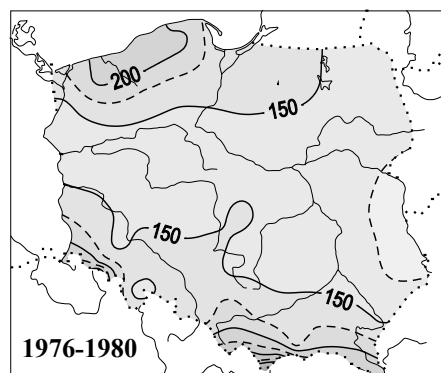
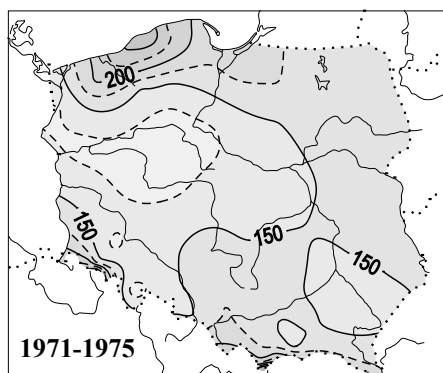
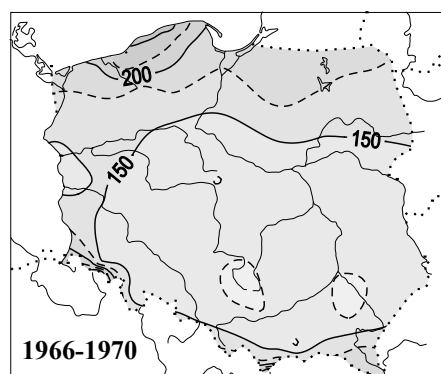
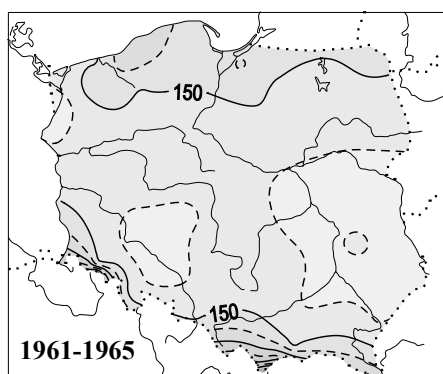
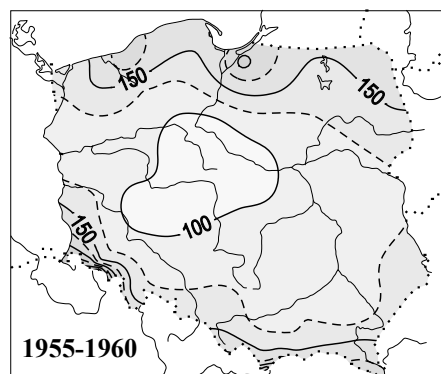
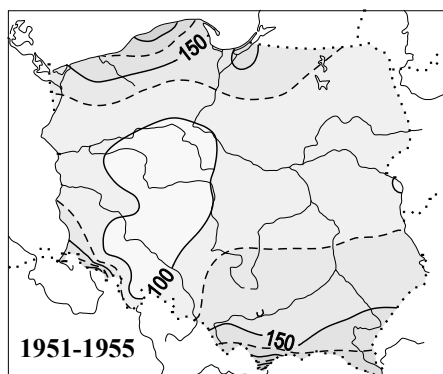
Rys. 152b. Sezonowe sumy opadów (w mm) w przedziałach 5-letnich (1951-1995) – wiosna  
 Fig. 152b. Seasonal total precipitation (in mm) at 5 years intervals (1951-1995) – spring



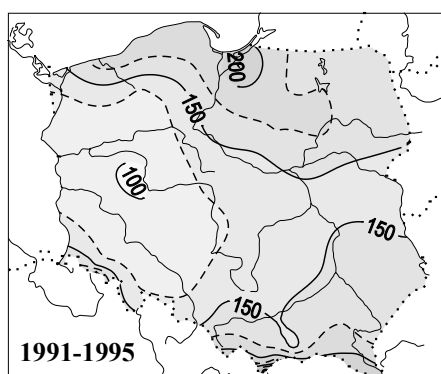
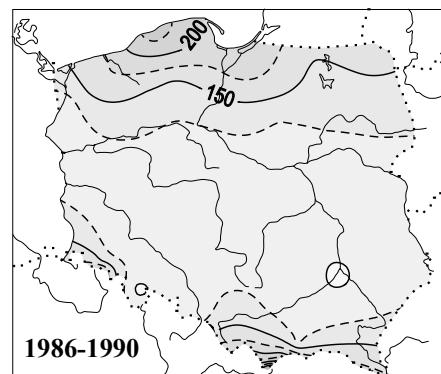
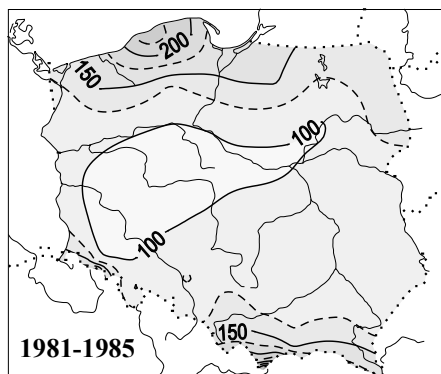
Rys. 153a. Sezonowe sumy opadów (w mm) w przedziałach 5-letnich (1951-1995) – lato  
 Fig. 153a. Seasonal total precipitation (in mm) at 5 years intervals (1951-1995) – summer



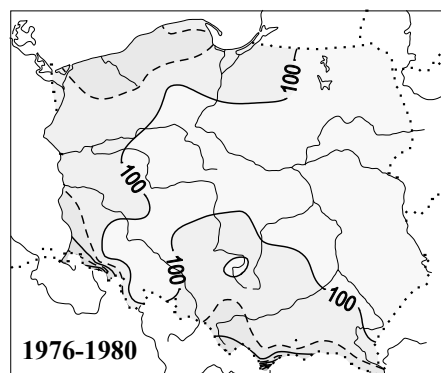
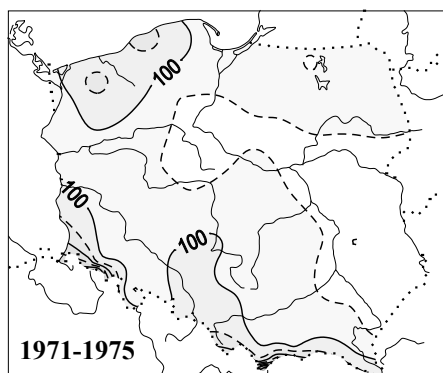
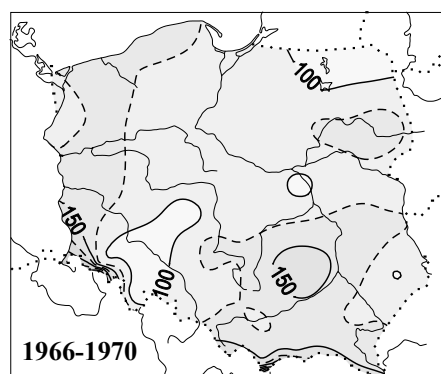
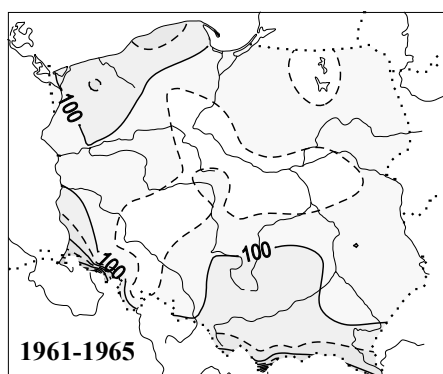
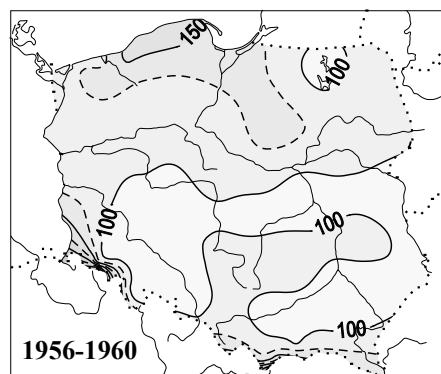
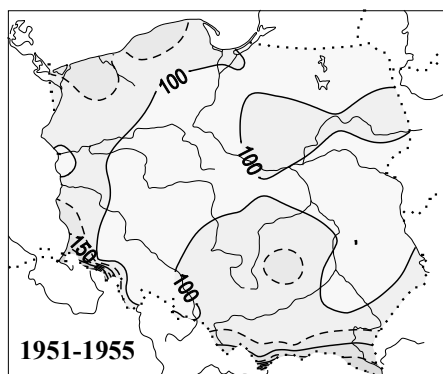
Rys. 153b. Sezonowe sumy opadów (w mm) w przedziałach 5-letnich (1951-1995) – lato  
 Fig. 153b. Seasonal total precipitation (in mm) at 5 years intervals (1951-1995) – summer



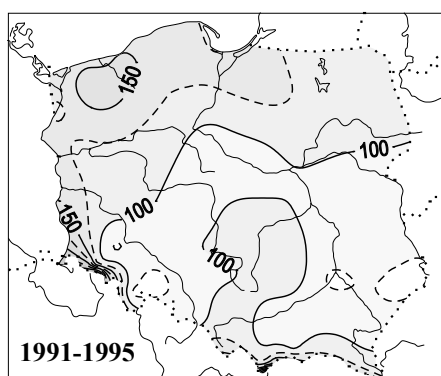
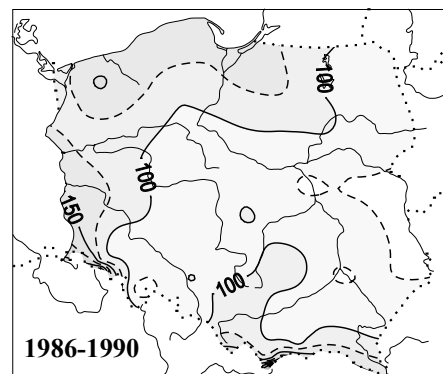
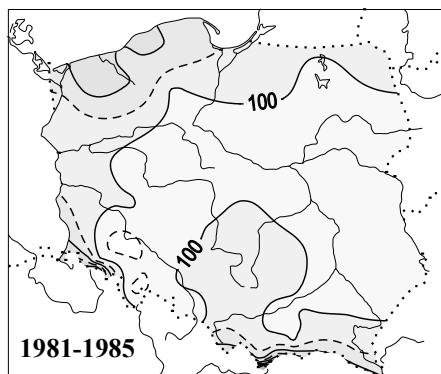
Rys. 154a. Sezonowe sumy opadów (w mm) w przedziałach 5-letnich (1951-1995) – jesień  
 Fig. 154a. Seasonal total precipitation (in mm) at 5 years intervals (1951-1995) – autumn



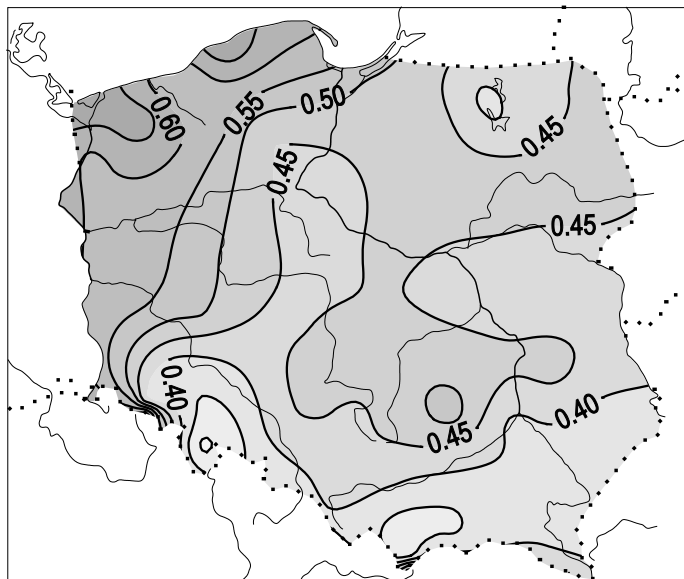
Rys. 154b. Sezonowe sumy opadów (w mm) w przedziałach 5-letnich (1951-1995) – jesień  
 Fig. 154b. Seasonal total precipitation (in mm) at 5 years intervals (1951-1995) – autumn



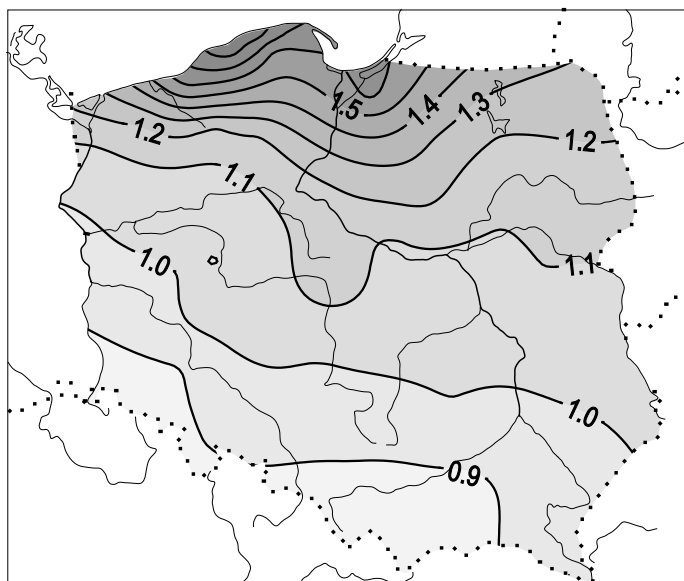
Rys. 155a. Sezonowe sumy opadów (w mm) w przedziałach 5-letnich (1951-1995) – zima  
 Fig. 155a. Seasonal total precipitation (in mm) at 5 years intervals (1951-1995) – zima



Rys. 155b. Sezonowe sumy opadów (w mm) w przedziałach 5-letnich (1951-1995) – zima  
 Fig. 155b. Seasonal total precipitation (in mm) at 5 years intervals (1951-1995) – zima

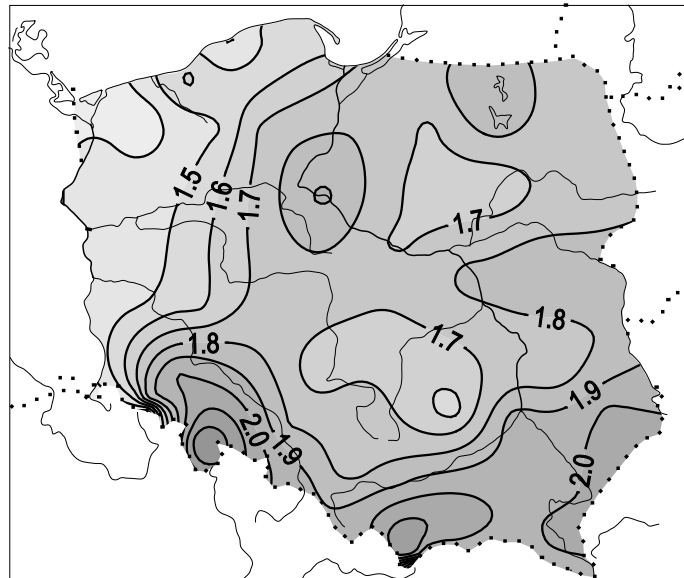


Rys. 156. Iloraz sum opadów zimy/lata (1951-1995)  
 Fig. 156. Quotients of winter/summer total precipitation (1951-1995)



Rys. 157. Iloraz sum opadów jesieni/wiosny (1951-1995)  
 Fig. 157. Quotients of autumn/spring total precipitation (1951-1995)





Rys. 158. Iloraz sum opadów półrocza ciepłego/chłodnego (1951-1995)  
Fig. 158. Quotients of warm/cold half-year total precipitation (1951-1995)

## VIII. ZAKOŃCZENIE

W ciągu ostatniego miliarda lat wystąpiło 6 wielkich epok lodowych: 950, 750, 620, 44, 280, 3-2 (zlodowacenie czwartorzędowe) – średnio co 190 milionów lat. Są to tzw. „zimy kosmiczne”, których przyczyną może być obieg Układu Słonecznego dookoła środka naszej galaktyki (rok galaktyczny jest równy około 226 milionów lat).

Zlodowacenia Ziemi były efektem nakładania się trzech długich cykli: 100 000 lat – mimośrodowość (ekscentryczności) orbity, 42 000 lat – nachylenia płaszczyzny ekliptyki do równika 21 000 lat – położenia peryhelium względem punktu równonocy wiosennej (według teorii Milankovicia, 1930) W ciągu ostatniego miliona lat wystąpiło 10 głównych ochłodzeń i 10 ociepleń klimatu.

Chronologiczne ciągi czasowe substancji organicznych zdeponowanych w osadach polskich jezior informują o holocenicznych wahaniami klimatu. Za datę holocenicznego ochłodzenia klimatu Polski można przyjąć minimum substancji organicznej 11 000-9 000 w Jez. Gościąż. W przedziale czasu od -20 000 do -12 540 lat temu zrekonstruowano zawartość substancji organicznych w osadach na podstawie interferencji cykli: 50, 230, 360, 390, 540, 590, 1 120, 1 380, 1 770, 2 970, 6 080, 12 380 lat

Rekonstrukcje temperatury powietrza w warstwie przyziemnej w różnych miejscach Ziemi w ostatnim tysiącleciu wskazuje trzy zasadnicze przedziały czasu: „optimum średniowieczne” – 800-1200, „mała epoka lodowa” – 1400-1900 i współczesne ocieplenie – od 1900 roku W ostatnich 400 latach wystąpiły trzy główne ochłodzenia klimatu Ziemi, o najmniejszej średniej globalnej temperaturze powietrza na półkuli północnej w pobliżu dat: 1600, 1700, 1830. Najbardziej poznane (na podstawie danych instrumentalnych) jest to ostatnie, największe ochłodzenie w Europie i Polsce (wg serii warszawskiej i krakowskiej). Trzeba zauważyć, że wystąpiło ono podczas trzech 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.) To ostatnie globalne ochłodzenie klimatu (także w Polsce) wystąpiło podczas wzmożonej aktywności wulkanicznej, po największych wybuchach wulkanów: 1803 – Cotopaxi, 1815 – Tambora, 1835 – Cosequina.

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

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

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

W Europie (i w Polsce) dominują około 8-letnie okresy temperatury powietrza o dużych amplitudach  $\Delta T = 2b = T_{\max} - T_{\min}$  (°C). Na przykład w zimie wynoszą one: Warszawa – 8,3 (1,59°C), Kraków – 8,3 (1,87°C), Wrocław – 8,3 (1,53°C), Lwów – 8,3 (1,30°C), Praga – 8,3 (1,06°C), Berlin – 7,7 (1,54°C), Genewa – 7,7 (0,62°C), Wiedeń – 8,3 (0,87°C), Rzym – 7,9 (0,30°C), Sztokholm – 7,8 (1,33°C), Kopenhaga – 7,8 (1,24°C), Moskwa – 7,9 lat (0,76°C). W lecie okresowość jest zbliżona, lecz amplitudy są prawie o połowę mniejsze.

Dużą rolę w kształtowaniu klimatu odgrywają długie cykle: 102- i 187-letni aktywności Słońca. Analogiczne okresy są obecne w seriach pomiarowych temperatury powietrza: Oto zimowe okresy około 100-letnie temperatury powietrza w Europie: Warszawa – 113,4, Kraków – 90,0, Wrocław – 123,3, Lwów – 108,8, Praga – 116,3, Wiedeń – 89,8, Bazylea – 85,5, Kopenhaga – 80,5, Anglia – 99,3, Sztokholm – 86,3, Uppsala – 102,7, Zbliżona okresowość około 100-letnia występuje również w lecie: Kraków – 88,0, Wrocław – 75,0, Lwów – 74,1, Praga – 118,3, Wiedeń – 96,1, Bazylea – 87,6, Kopenhaga – 89,6, Anglia – 102,5, Sztokholm – 89,4, Uppsala – 94,0, Innsbruck – 84,6.

W najdłuższych seriach pomiarowych są obecne także okresy prawie dwuwiekowe, zbliżone do okresu planetarnego 178,9 lat, po upływie którego powtarzają się wartości parametrów Układu Słonecznego. Na przykład: Warszawa (zima – 218,3, lato – 208,2), Kraków (zima – 168,3), Lwów (lato – 195,3), Berlin (zima – 218,8), Kopenhaga (lato – 211,6), Anglia środkowa (zima – 166,9, lato – 204,6), Sztokholm (zima – 184,2), Uppsala (zima – 182,3, lato – 192,8), Innsbruck (zima – 169,9).

Tendencje temperatury powietrza ( $a$ ), określone równaniami prostych regresji  $T = a_0 + at$  w zimie są na ogół rosnące: Warszawa (1779-1998) – zima (1,12 °C/100 lat), lato (-0,06°C/100 lat), Kraków (1827-1997) – zima (1,48°C), lato (0,31°C), Lwów (1824-2002) – zima (0,53°C), lato (-0,22°C), Praga (1771-1990) – zima (0,25°C), lato (-0,25°C), Berlin (1769-1990) – zima (0,32°C), lato (-0,39°C), Genewa – zima (0,51°C), lato (-0,40°C), Wiedeń – zima (0,69°C), lato (-0,08°C), Rzym (1811-1969) – zima (0,04°C), lato (-0,10°C), Sztokholm (1756-1994) – zima (0,86°C), lato (-0,08°C), Kopenhaga – zima (0,94°C), lato (0,05°C), Moskwa – zima (1,65°C), lato (-0,15°C).

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

Na klimat Europy (i Polski) dominujący wpływ mają dwa główne centra pola ciśnienia atmosferycznego: Niż Islandzki i Wyż Azorski. Te dwa centra ciśnienia związane z różnicą temperatury między wodą Atlantyku Północnego i lądem są w ciągu roku ze sobą ujemnie skorelowane (North Atlantic Oscillation, NAO). Wskaźnik NAO w latach 1825-2000 cechuje się okresowością 8-letnią, kilkunastoletnią i 106,3-letnią. Wpływ cyrkulacji atmosferycznej na klimat Polski, także na dobową amplitudę temperatury powietrza (1971-1995), dobrze charakteryzuje częstość typów cyrkulacji według klasyfikacji Osuchowskiej-Klein.

Typy cyrkulacji o charakterze cyklonalnym charakteryzują się przeważnie mniejszymi dobowymi wahaniami temperatury powietrza niż antycyklonalne. Największe

dobowe amplitudy temperatury powietrza w ciągu całego roku występują w antycyklonalnych typach cyrkulacji: G, D<sub>2</sub>C. Najmniejsze dobowe amplitudy temperatury powietrza w Polsce obserwuje się najczęściej przy napływie do Polski powietrza z północy w typach: E, CB, E<sub>2</sub>C oraz E.

Zmienność wiekową zim i lat w 40 miejscowościach europejskich scharakteryzowano, zestawiając po 10 najmroźniejszych i najłagodniejszych zim (średnich z XII, I, II) oraz po 10 najcieplejszych i najchłodniejszych lat (średnich z VI, VII, VIII tab.1-40).

Najmroźniejsza zima w Polsce wystąpiła w roku 1830 (Warszawa – -9,8°C, Kraków – -10,3; Wrocław – -10,3). Do mroźnych można zaliczyć także zimy: 1963 (Warszawa – -9,5; Kraków – -6,9; Wrocław – -8,4), 1929 (Warszawa – -7,9; Kraków – -7,7; Wrocław – -7,1) i 1940 (Warszawa – -8,8; Kraków – -7,4; Wrocław – -7,1). Najłagodniejsze zimy wystąpiły w ostatniej dekadzie XX wieku: Warszawa – 1990 (2,3°C), 1989 (1,9°C), Kraków – 1975 (2,2°C), 1990 (1,9°C), Wrocław – 1990 (3,2°C), 1998 (2,8°C). Najcieplejsze pory letnie wystąpiły: w 1811 r. – 21,4°C, 1992 r. – 20,0°C i 2002 r. – 19,8°C

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

## LITERATURA

- Atlas klimatyczny polski*, 1973, Warszawa.
- Bac S., Rojek M., 1981, *Meteorologia i klimatologia*, PWN, Warszawa.
- Baranowski D., 2001, *Zróźnicowanie warunków atmosferycznych w Polsce w zależności od typu cyrkulacji*, (maszynopis rozprawy doktorskiej), Warszawa.
- Barnston A.G., Livezey R.E., 1987, *Classification, seasonality and persistence of low-frequency atmospheric circulation patterns*, Mon. Wea. Rev., t. 115, s. 1083-1126.
- Bołaszewski J., Reutt F., 1962, *Częstotliwość występowania poszczególnych mas powietrza w Polsce w okresie 10 lat 1946-1956*, Prace PIHM, 66.
- Boryczka J., 1984, *Model deterministyczno-stochastyczny wielookresowych zmian klimatu*, Rozprawy Uniwersytetu Warszawskiego, Nr 234, Warszawa.
- Boryczka J., 1993, *Naturalne i antropogeniczne zmiany klimatu Ziemi w XVII-XXI wieku*, Wyd. UW, Warszawa.
- Boryczka J., 1998, *Postęp badań współczesnych wahań klimatu w drugiej połowie XX wieku*, Prace i Studia Geograficzne, t. 22, Wyd. WGSR UW, Warszawa.
- Boryczka J., 1998, *Zmiany klimatu Ziemi*, Wyd. Akademickie DIALOG, Warszawa.
- Boryczka J., 2001, *Postęp badań przyczyn zmian klimatu Ziemi w drugiej połowie XX wieku*, Prace i Studia Geograficzne, t. 28, Wyd. UW, Warszawa.
- Boryczka J., Stopa-Boryczka M., 1984, *The multiperiodical changes of air temperature in Warsaw*, Miscellanea Geographica, Wyd. UW, Warszawa.
- Boryczka J., Stopa-Boryczka M., 2000, *Zmiany klimatu Polski w XVIII-XXI wieku*, Acta Universitatis Nicolai Copernici, Geografia XXXI – Nauki Matematyczno-Przyrodnicze, z. 106, Toruń.
- Boryczka J., Stopa-Boryczka M., Kicińska B., Żmudzka E., 1992, *Atlas współzależności parametrów meteorologicznych i geograficznych w Polsce, cz. VII, Zmiany wiekowe klimatu Polski*, Wyd. UW, Warszawa.
- Boryczka J., Stopa-Boryczka M., Błażek E., Skrzypczuk J., 1997, *Atlas współzależności parametrów meteorologicznych i geograficznych w Polsce, cz. X, Cykliczne zmiany aktywności Słońca i cyrkulacji atmosferycznej w Europie*, Wyd. UW, Warszawa.
- Boryczka J., Stopa-Boryczka M., Błażek E., Skrzypczuk J., 1998, *Atlas współzależności parametrów meteorologicznych i geograficznych w Polsce, cz. XI, Tendencje wiekowe klimatu miast w Europie*, Wyd. UW, Warszawa.
- Boryczka J., Stopa-Boryczka M., Wągrowaska M., Błażek E., Skrzypczuk J., 1999, *Atlas współzależności parametrów meteorologicznych i geograficznych w Polsce, cz. XII, Ocieplenia i ochłodzenia klimatu miast w Europie*, Wyd. UW, Warszawa.

- Boryczka J., Stopa-Boryczka M., Błażek E., Skrzypczuk J., 1999, *Atlas współzależności parametrów meteorologicznych i geograficznych w Polsce*, cz. XIII, *Cykliczne zmiany klimatu miast w Europie*, Wyd. UW, Warszawa.
- Boryczka J., Stopa-Boryczka M., Lorenc H., Kicińska B., Błażek E., Skrzypczuk J., 2000, *Atlas współzależności parametrów meteorologicznych i geograficznych w Polsce*, cz. XIV, *Prognozy zmian klimatu Warszawy*, Wyd. UW, Warszawa.
- Boryczka J., Stopa-Boryczka M., Baranowski D., Błażek E., Skrzypczuk J., 2001, *Atlas współzależności parametrów meteorologicznych i geograficznych w Polsce*, cz. XV, *Prognozy zmian klimatu miast Europy*, Wyd. UW, Warszawa.
- Boryczka J., 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 żyzn*, Gidromietieoizdat, Leningrad.
- Budyko M.I., 1974, *Izmienienija klimata*, Gidromietieoizdat, Leningrad.
- Budyko M.I., Piwowarowa Z.I., 1967, *Wlijanije wulkanicznych izwierzenij na prichodziaszczuju k powierzchni Ziemi solnieczniju radiacju*, *Mieteorologija 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*.
- Chomicz K., 1977, *Materiały do poznania agroklimatu Polski*, PWN, Warszawa.
- 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 rozwitia sinopticzeskich processow w Arktikie i ich i spolzowanije w prognozach na srednije sroki*, Gidromietieoizdat, Leningrad.
- Ewert A., 1984, *Opady atmosferyczne na obszarze Polski w przekroju rocznym*, Wyższa Szkoła Pedagogiczna, Słupsk.
- Flohn H., 1985, *Climatic prospects in the cane of extended CO<sub>2</sub> – induced warming*, *Meteor. Zeit.*, H. 1.
- Girs A.A., 1948, *K woprosu izuczenija osnovnych form atmosfiernoj cyrkulacji*, *Mieteorologija i Gidrologija*, t. 10, nr 3.
- Girs A.A., 1974, *Solnieczno-atmosfiernyje swiazi i ich rol w dolgosrocznych gidromieteorologiczeskich prognozach*, Gidromietieoizdat, Leningrad.
- Grabowska K., 2002, *Burze w Polsce i ich uwarunkowania (1951-1990)*, (maszynopis rozprawy doktorskiej), Warszawa.
- Groveman B.S., Landsberg H.E., 1979, *Simulated Northern Hemisphere Temperature Departures 1579-1980*, *Geophys. Res. Let.*, 6, s. 767-769.
- Gumiński R., 1948, *Próba wydzielenia dzielnic rolniczo-klimatycznych w Polsce*, *Przeg. Meteorl.-Hydrol.*, 1
- 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.
- Kaczorowska Z., 1986, *Pogoda i klimat*. Wydawnictwo Szkolne i Pedagogiczne. Warszawa.
- Kirschenstein M., 2000, *Wysokie dobowe sumy opadów atmosferycznych na obszarze północno-zachodniej Polski i ich uwarunkowania* (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., Wibig J. 1988, *Kontynentalizm pluwialny w Polsce, zróżnicowanie geograficzne i zmiany wieloletnie*. Acta Geographica Lodziensie, nr 55.
- Kożuchowski K., 1989, *Makrotypy cyrkulacji atmosferycznej a temperatura powietrza w Polsce*, Przeg. Geofiz., R. XXXIV, z. 4.
- Kożuchowski K. (red.), 1990, *Materiały do poznania historii klimatu w okresie obserwacji instrumentalnych*, Wyd. Uniw. Łódzkiego, Łódź.
- Kożuchowski K., Stolarczuk, Wibig J., 1994, *Wskaźniki cyrkulacji atmosferycznej na poziomie 500 hPa nad Polską i południowym Bałtykiem w latach 1951-1990 (w): Współczesne zmiany klimatyczne. Klimat Polski i regionu Morza Bałtyckiego na tle zmian globalnych*, Rozprawy i Studia Uniw. Szczecin., (226) 152.
- Lamb H.H., 1974, *Climatic history and future Climate, present, past and future*, vol. 2, London, Methnen.
- Lamb H.H., 1977, *Volcanic dust in the atmosphere with a chronology and assessment of meteorological*, Philosoph. Transactions Roy. Soc., ser. A, No 226.
- Landsberg H.E., 1979, *Climatic fluctuation*, Mc Graw Hill Yearbook Science and Technology, Mc Graw Hill Book Co., New York.
- Landsberg H.E., 1980, *Variable solar emission, the „Maunder Minimum” and climatic temperature fluctuation*, Arch. Meteor. Geoph. Bioclimat., ser. B, vol. 28.
- Lockwood J. G., 1984, *Procesy klimatowórcze*, 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.
- Martyn D., 1985, *Klimaty kuli ziemskiej*. PWN Warszawa.

- Michalska A., 1998, *Długookresowe zmiany opadów atmosferycznych w Polsce*, (maszynopis rozprawy doktorskiej), Warszawa.
- Milankovich M., 1930, *Mathematische Klimalehre und Astronomische Theorie der Klimaschwankungen*
- Morlet J., 1983, *Sampling theory and wave propagation*, NATO ASI Series, FI Springer.
- Osborn T.J., Briffa K.R., Tett S.F.B., Jones P.D., Trigo R.M., 1999, *Evaluation of the North Atlantic Oscillation as stimulated by a coupled climate model*, Climate Dynamics.
- Ostromęcki J., 1948, *Wiekowe wahania opadów w północnych zlewniach Środkowej Europy*, Gosp. Wodna 8, nr 4.
- Osuchowska-Klein B., 1975, *Prognostyczne aspekty cyrkulacji atmosferycznej nad Polską*, Prace IMGW, 7.
- Osuchowska-Klein B., 1978, *Katalog typów cyrkulacji atmosferycznej*, Wyd. KiŁ, Warszawa.
- Osuchowska-Klein B., 1991, *Katalog typów cyrkulacji atmosferycznej (1976-1990)*, Wyd. IMGW, Warszawa.
- Paszyński J., Niedźwiedz T., 1991, *Klimat*, [W:]: Starkel L. (red.), *Geografia Polski środowisko przyrodnicze*, PWN Warszawa.
- Rachwańska Z., 1962, *Średnie miesięczne temperatury i średnie miesięczne sumy opadów obszaru województw Polski*, Lublin (maszynopis),
- Rakipowa L.R., 1960, *O wozdziejstwie solniecznoy aktywnosci na obszczuju cirkulaciju atmosfery*, Astronom. zbornik, III i IV.
- Reznikow A.P., 1982, *Priedskazanije jestiestwiennych processow obuczajuszcziejjsja sistiemoj*, Nowosybirsk.
- Rogers J.C., 1984, *A comparison of the mean winter pressure distribution in the extremes of the North Atlantic Oscillation and Southern Oscillation*, (w:) H. Van Loon (red.), *Studies in Climate*, NCAR Technical Note, February 1984, Boulder, Colorado, s. 208-241.
- Sazonow B.I., Malkentin E.K., 1994, *Znaczny wzrost temperatur zimowych w Europie Północnej (1989-1993)*, *Rozprawy i Studia Uniw. Szczecin.*, (226) 152.
- Schmuck A. 1959, *Zarys klimatologii Polski*, PWN, Warszawa.
- 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., Wągrowska M., Śmiałkowski J., 1994, *Atlas współzależności parametrów meteorologicznych i geograficznych w Polsce*, cz. VIII, *Cechy oceaniczne klimatu Europy*, Wyd. UW, Warszawa.
- Stopa-Boryczka M., Boryczka J., Błazek E., Skrzypczuk J., 1995, *Atlas współzależności parametrów meteorologicznych i geograficznych w Polsce*, cz. IX, *Naturalne i antropogeniczne zmiany klimatu Warszawy*, Wyd. UW, Warszawa.
- Stopa-Boryczka M., Boryczka J., 2001, *Przewidywane średnie sezonowe i roczne zmiany temperatury powietrza na wybranych stacjach*, [W:] *Atlas klimatycznego ryzyka upraw roślin w Polsce*, Wyd. Akademii Rolniczej w Szczecinie, Szczecin.
- Styszyńska A., 2001, *Oscylacja Północnoatlantycka a opady na obszarze Polski*, Postęp badań zmian klimatu i ich znaczenie dla życia i gospodarczej działalności człowieka, Wyd. WGR UW, Warszawa.
- Trepińska J., 1973, *Zmiany w przebiegu temperatury powietrza w Krakowie w XIX i XX wieku*, 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.
- Tamulewicz J., 1993, *Struktura pola opadów atmosferycznych Polski w okresie 1951-1980*, Uniw. A. Mickiewicza, Seria Geogr. Nr 56, Poznań.
- 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 schematyzacji 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 last billion years witnessed 6 major ice-ages: 950, 750, 620, 44, 280, 3-2 (quaternary glaciations), reoccurring, on average, every 190 million years. They are the so called “space winters”, assumed to be caused by the Solar System rotation around the centre of our galaxy (galactic year equals ca. 226 million years.)

Earth glaciations resulted from the combination of three long cycles: 100 000 years – eccentricity orbit, 42 000 years – surface inclination towards the equator, 21 000 years – location of the perihelion in relation to the spring equinox (according to the Milankovic’s theory of 1930.) 10 major climate cooling and warming periods occurred within the last million years.

Chronological time sequences of organic matter deposited in the Polish lakes indicate the Holocene climate fluctuations. It may be assumed that the date of Holocene cooling period for Poland is indicated by the minimum organic matter content in the Gościąg lake at the level of 11000-9000. Within the time period from -20 000 to -12 540 years ago, the deposit organic matter content was recreated on the basis of the interference of the following cycles: 50, 230, 360, 390, 540, 590, 1120, 1380, 1770, 2970, 6080, 12380 years.

Reconstruction of ground-level air temperature values for various places on Earth during the last millennium point to the three basic time intervals: “medieval optimum” – 800-1200, “little ice-age” – 1400-1900, and the contemporary warming – from 1900. The last 400 years witnessed three major cooling periods of Earth’s climate, with the lowest average global air temperature on the Northern hemisphere occurring around 1600, 1700, 1830. The best known (based on the instrument data) is the last and the biggest cooling period in Europe and Poland (according to the Warsaw and Krakow series.) Let us remember that it occurred during the three weakest, extended (12-13 years) Sun activity cycles (1798-1833.) It came in the weakest 13-year solar spots cycle (1811-1823), during an absolute century minimum (from 1700.) The last global climate cooling period (also in Poland) unfolded during the intensified volcano activity, after the biggest volcano eruptions: 1803 – Cotopaxi, 1815 – Tambora, 1835 – Cosiguina.

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

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

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

Europe (and Poland) mainly features ca. 8-year air temperature periods of large amplitudes  $\Delta T = 2b = T_{\max} - T_{\min}$  (°C.) For winters they are e.g.: Warsaw – 8.3 (1.59°C), Krakow – 8.3 (1.87), Wrocław – 8.3 (1.53), Lwów – 8.3 (1.30), Prague – 8.3 (1.06), Berlin – 7.7 (1.54), Geneva – 7.7 (0.62), Vienna – 8.3 (0.87), Rome – 7.9 (0.30), Stockholm – 7.8 (1.33), Copenhagen – 7.8 (1.24), Moscow – 7.9 years (0.76.) In the summer the periodicity is similar, however, the amplitudes are almost half smaller.

Big role in shaping the climate is played by the long cycles: 102- and 187-year Sun activity period. Analogical periods can be observed in the air temperature measurement series. Ca. 100-year winter periods for air temperature in Europe are as follows: Warsaw – 113.4, Krakow – 90.0, Wrocław – 123.3, Lwów – 108.8, Prague – 116.3, Vienna – 89.8, Bazylea – 85.5, Copenhagen – 80.5, England – 99.3, Stockholm – 86.3, Uppsala – 102.7. Similar periodicity of ca. 100 years occurs also in the summer: Krakow – 88.0, Wrocław – 75.0, Lwów – 74.1, Prague – 118.3, Vienna – 96.1, Basel – 87.6, Copenhagen – 89.6, England – 102.5, Stockholm – 89.4, Uppsala – 94.0, Innsbruck – 84.6.

The longest measurement series also feature the almost two-way periods, close to the planetary period of 178.9 years, after which the Solar System parameter values reoccur. For instance: Warsaw (winter – 218.3, summer – 208.2), Krakow (winter – 168.3), Lwów (summer – 195.3), Berlin (winter – 218.8), Copenhagen (summer – 211.6), English Midlands (winter – 166.9, summer – 204.6), Stockholm (winter – 184.2), Uppsala (winter – 182.3, summer – 192.8), Innsbruck (winter – 169.9).

Air temperature tendency ( $a$ ), calculated for winter using the simple regression equations  $T = a_0 + at$  are mainly ascending: Warsaw (1779-1998) – winter (1.12°C/100 years), summer (-0.06 °C/100 years), Krakow (1827-1997) – winter (1.48), summer (0.31), Lwów (1824-2002) – winter (0.53), summer (-0.22), Prague (1771-1990) – winter (0.25), summer (-0.25), Berlin (1769-1990) – winter (0.32), summer (-0.39), Geneva – winter (0.51), summer (-0.40), Vienna – winter (0.69), summer (-0.08), Rome (1811-1969) – winter (0.04), summer (-0.10), Stockholm (1756-1994) – winter (0.86), summer (-0.08), Copenhagen – winter (0.94), summer (0.05), Moscow – winter (1.65), summer (-0.15).

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

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

temperature amplitude (1971-1995), is a good representation of the circulation types intensity in line with the Osuchowska-Klein classification.

Circulation types of cyclonic features are chiefly characterised by smaller daily air temperature fluctuations than the anti-cyclonic. The biggest daily air temperature amplitudes in the year occur in the anti-cyclonic circulation types: G, D<sub>2</sub>C. The smallest daily air temperature amplitudes in Poland are noted mainly after the inflow of the following types of northern air: E, CB, E<sub>2</sub>C and E.

Century variability of winters and years in the 40 European cities was characterised comparing the 10 frostiest and mildest winters (averages from XII, I, II) and the 10 warmest and coldest years (averages from VI, VII, VIII chart.1-40).

The frostiest winter in Poland occurred in 1830 (Warsaw – -9.8°C, Krakow – -10.3, Wrocław – -10.3). Frosty were also winters of the following years: 1963 (Warsaw – -9.5, Krakow – -6.9, Wrocław – -8.4), 1929 (Warsaw – -7.9, Krakow – -7.7, Wrocław – -7.1) and 1940 (Warsaw – -8.8, Krakow – -7.4, Wrocław – -7.1.) The mildest winters occurred in the last decade of the 20<sup>th</sup>. Century: Warsaw – 1990 (2.3°C) , 1989 (1.9), Krakow – 1975 (2.2), 1990 (1.9), Wrocław – 1990 (3.2), 1998 (2.8). The warmest summer periods were in: 1811 – 21.4°C, 1992 – 20.0°C and 2002 – 19.8°C.

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