



# atlas

WSPÓLZALEŻNOŚCI  
PARAMETRÓW  
METEOROLOGICZNYCH  
I GEOGRAFICZNYCH  
W POLSCE



**ANOMALIE KLIMATU ZIEMI W OSTATNICH  
TYSIĄCLECIACH (-110 000 BP - 2020 AD)**

UNIVERSITY OF WARSAW  
FACULTY OF GEOGRAPHY AND REGIONAL  
STUDIES

: **MARIA STOPA-BORYCZKA**, JERZY BORYCZKA

,

**XLIII. EARTH CLIMATE ANOMALIES IN RECENT  
MILLENNIA (-110 000 BP-2020 AD)**

# **atlas**

**OF INTERDEPENDENCE  
OF METEOROLOGICAL  
AND GEOGRAPHICAL  
PARAMETERS  
IN POLAND**

**Warsaw 2021**

**UNIWERSYTET WARSZAWSKI  
WYDZIAŁ GEOGRAFII I STUDIÓW REGIONALNYCH**

**: MARIA STOPA-BORYCZKA , JERZY BORYCZKA**

**XLIII. ANOMALIE KLIMATU ZIEMI W OSTATNICH  
TYSIĄCLECIACH (-110 000 BP – 2020 AD)**

# **atlas**

**WSPÓLZALEŻNOŚCI  
PARAMETRÓW  
METEOROLOGICZNYCH  
I GEOGRAFICZNYCH  
W POLSCE**

**Warszawa 2021**

**Komitet Redakcyjny**  
**Jerzy BORYCZKA**  
**Jolanta WAWER**  
**Władysław ŻAKOWSKI**

**Recenzent**

**Prof. dr. hab. MIROSŁAW BOGACKI**

© Copyright by Wydział Geografii i Studiów Regionalnych UW  
2021

ISBN 978=83-63245-67-2

## SPIS TREŚCI

I.	WPROWADZENIE	7
II.	OCHŁODZENIA I OCIEPLENIA KLIMATU ZIEMI (OD -1 MLN BP DO 1 MLN AD) WEDŁUG PROMIENIOWANIA SŁONECZNEGO NA RÓWNOLEŻNIKU $\varphi = 65^{\circ}$ N, SPOWODOWANE ZMIANAMI ORBITY	9
2.1.	Ważniejsze zdarzenia na Ziemi – sprzed 3 miliardów lat	9
2.2.	Ochłodzenia i ocieplenia klimatu Ziemi (od -1 mln temu) według teorii M. Milankoviča	11
2.3.	Rekonstrukcja (od -1 mln lat temu) i prognoza (do 1 mln lat AD) zmian klimatu Ziemi według promieniowania słonecznego na równoleżniku $\varphi = 65^{\circ}$ N	14
2.4.	Zmiany sum promieniowania słonecznego na równoleżniku $\varphi = 65^{\circ}$ N w kolejnych miesiącach marzec, ..., wrzesień	18
III.	ZALEŻNOŚĆ CYKLU ROCZNEGO TEMPERATURY POWIETRZA W WARSZAWIE OD AKTYWNOŚCI SŁOŃCA OBSERWOWANEJ Z ZIEMI)	35
3.1.	Zależność przebiegu rocznego temperatury powietrza od liczby plam na obracającym się Słońcu (Warszawa 1951-2010)	35
IV.	ZMIANY KLIMATU ZIEMI WEDŁUG IZOTOPU TLENU $\delta^{18}\text{O}$ W RDZENIACH LODOWYCH WYSPI DEVON I GRENLANDII ORAZ OSADÓW W JEZ. WIKARYJSKIM I JEZ. GOŚCIAŻ	45
4.1.	Ochłodzenia i ocieplenia klimatu Ziemi (od -110 980 BP) według zawartości izotopu tlenu $\delta^{18}\text{O}$ w rdzeniu lodowym z wyspy Devon	45
4.2.	Ochłodzenia i ocieplenia klimatu Ziemi według zawartości izotopu tlenu $\delta^{18}\text{O}$ w rdzeniach lodowy Grenlandii Środkowej	48
4.3.	Ochłodzenia i ocieplenia klimatu Europy (od -10 360 BP) według zawartości substancji organicznych (%) w osadach Jez. Wikaryjskiego	52
4.4.	Ochłodzenia i ocieplenia klimatu Europy (od -12 750 BP) według zawartości substancji organicznych (%) w osadach Jez. Gościąż	54
4.5.	Ochłodzenia i ocieplenia klimatu Europy (od -12 750 BP) według zawartości węglanów wapnia $\text{-C}_2\text{CO}_3$ w osadach Jez. Gościąż	55
4.6.	Ochłodzenia i ocieplenia klimatu Europy (od -12 750 BP) według zawartości tlenku żelaza $\text{Fe}_2\text{O}_3$ w osadach Jez. Gościąż	57
V.	OCHŁODZENIA I OCIEPLENIA KLIMATU ZIEMI W OSTATNIM TYSIĄCLECIU X-XX WEDŁUG SŁOJÓW DRZEW	59
5.1.	Ekstrema szerokości słoju drzew rosnących w Europie	59
5.2.	Ekstrema szerokości słoju dębów rosnących w Polsce	92
5.3.	Mroźne zimy w Polsce w X-XVI wieku według źródeł historycznych	107
VI.	PROFILE RÓWNOLEŻNIKOWE TEMPERATURY POWIETRZA NA OBSZARZE EUROPY W LATACH 1900-2018	109
VII.	PROFILE POŁUDNIKOWE TEMPERATURY POWIETRZA NA OBSZARZE EUROPY W LATACH 1900-2018	143
VIII.	PROFILE HIPSOMETRYCZNE TEMPERATURY POWIETRZA NA OBSZARZE EUROPY W LATACH 1900-2018	177
IX.	PROFILE TRENDU TEMPERATURY POWIETRZA ( $^{\circ}\text{C}/100$ LAT) W EUROPIE W LATACH 1900-2018 (RÓWNOLEŻNIKOWE, POŁUDNIKOWE, HIPSOMETRYCZNE)	211
9.1.	Profile równoleżnikowe trendu temperatury powietrza ( $^{\circ}\text{C}/100$ lat) w Europie w latach 1900-2018	214
9.2.	Profile południkowe trendu temperatury powietrza ( $^{\circ}\text{C}/100$ lat) w Europie w latach 1900-2018	223
9.3.	Profile hipsometryczne trendu temperatury powietrza ( $^{\circ}\text{C}/100$ lat) w Europie w latach 1900-2018	232

X.	PROFILE NAJNIŻSZEJ TEMPERATURY POWIETRZA W EUROPIE W LATACH 1900-2018 (RÓWNOLEŻNIKOWE, POŁUDNIKOWE, HIPSOMETRYCZNE)	241
10.1.	Profil równoleżnikowe najniższej średniej temperatury powietrza $T_{inf}(\varphi)$ w Europie w latach 1900-2018	243
10.2.	Profil południkowy najniższej średniej temperatury powietrza $T_{inf}(\lambda)$ w Europie	251
10.3.	Profil hipsometryczny najniższej średniej temperatury powietrza $T_{inf}(H)$ w Europie	260
XI	PROFILE NAJWYŻSZEJ TEMPERATURY POWIETRZA W EUROPIE W LATACH 1900-2018 (RÓWNOLEŻNIKOWE, POŁUDNIKOWE, HIPSOMETRYCZNE)	269
11.1.	Profile równoleżnikowe najwyższej średniej temperatury powietrza $T_{sup}(\varphi)$ w Europie w latach 1900-2018	271
11.2.	Profil południkowy najwyższej średniej temperatury powietrza $T_{sup}(\lambda)$ w Europie	279
11.3.	Profil hipsometryczny najwyższej średniej temperatury powietrza $T_{sup}(H)$ w Europie	288
XII	ANOMALIE TEMPERATURY POWIETRZA W EUROPIE W LATACH 2019-2020 (PARYŻ, MOSKWA, SZTOKHOLM, MADRYT)	297
12.1.	Anomalie przebiegu rocznego temperatury powietrza w Europie w latach 2019-2020	297
12.2.	Profile równoleżnikowe i południkowe temperatury powietrza w Europie w latach 2019-2020	305
XIII	ZAKOŃCZENIE	307
XIV	LITERATURA	309



## I. WPROWADZENIE

*Atlas współzależności parametrów meteorologicznych i geograficznych w Polsce t. XLIII. Anomalie klimatu Ziemi w ostatnich tysiącleciach (-110 00 BP- 2020 AD)* dotyczy ochłodzeń i ociepleń klimatu Ziemi.

W rozdz. II. *Ochłodzenia i ocieplenia klimatu Ziemi (od -1 mln BP do 1 mln AD) według promieniowania słonecznego na równoleżniku  $\varphi = 65^{\circ} N$ , spowodowane zmianami orbity* przedstawiono: ważniejsze zdarzenia na Ziemi – sprzed 3 miliardów lat, ochłodzenia i ocieplenia klimatu Ziemi (od -1 mln temu) według teorii M. Milankoviča oraz rekonstrukcję (od -1 mln lat temu) i prognozę (do 1 mln lat AD) zmian klimatu Ziemi według sum promieniowania słonecznego na równoleżniku  $\varphi = 65^{\circ} N$  w miesiącach III-IX.

W obliczeniach sum promieniowania słonecznego na równoleżniku  $\varphi = 65^{\circ} N$ . w okresie marzec-wrzesień (III-IX) posłużono się teorią M. Milankoviča (1930). Przyjęto zakres zmian i długości cykli

- 100 000 lat – mimośrodowi orbity Ziemi w przedziale  $0 \leq e \leq 0,066$  (wydłużając cykl 92 000 lat M. Milankoviča 1930),
- 40 000 lat – nachylenia osi Ziemi do płaszczyzny ekliptyki  $21^{\circ}58' \leq \epsilon \leq 24^{\circ}36'$
- 21 000 lat – długości ekliptycznej perihelium względem punktu równonocy wiosennej ( $\Omega$ )

W rozdz. III. *Zależność cyklu rocznego temperatury powietrza w Warszawie od aktywności Słońca obserwowanej z Ziemi* omówiono zależność przebiegu rocznego temperatury powietrza od liczby plam na obracającym się Słońcu (Warszawa 1951-2010).

W rozdz. IV. *Zmiany klimatu Ziemi według izotopu tlenu  $\delta^{18}O$  w rdzeniach lodowych Wyspy Devon i Crenlandii oraz osadów w Jez. Wikaryjskim i Jez. Gościąż – na początku w 4.1.* omówiono ochłodzenia i ocieplenia klimatu Ziemi (od -110 980 BP) według zawartości izotopu tlenu  $\delta^{18}O$  w rdzeniu lodowym z wyspy Devon (Arktyka Kanadyjska). Ostatnie głębokie minimum ( $t_{\min} = -22\ 000$  lat temu) sum promieniowania słonecznego (w miesiącach marzec-wrzesień) spowodowało ostatnie zlodowacenie Ziemi. Na ogół zmiany zawartości izotopu tlenu  $\delta^{18}O$  w rdzeniu lodowym (wyspa Devon) i promieniowania słonecznego na równoleżniku  $\varphi = 65^{\circ} N$  są synchroniczne. Dodatkowych informacji o ochłodzeniach i ociepleniach klimatu Ziemi dostarczyły zawartości izotopu tlenu  $\delta^{18}O$  w rdzeniach lodowych Grenlandii Środkowej.

Interesujące są ochłodzenia i ocieplenia klimatu Europy (od -10 360 BP) według zawartości substancji organicznych (%) w osadach Jez. Wikaryjskiego (Boryczka, Wicik, 1983). W pobranym rdzeniu osadów Jez. Wikaryjskiego (w okolicach Płocka) o wysokości 3,5 m znaleziono warstwę torfów, których wiek określony metodą  $^{14}C$  wynosi  $10\ 360 \pm 200$  lat.

Dużą wartość poznawczą w badaniach ochłodzeń i ociepleń klimatu Europy (od -12 750 BP) ma zawartości substancji organicznych (%), węglanów wapnia  $-CaCO_3$  i tlenku żelaza  $Fe_2O_3$  w osadach Jez. Gościąż (k/Płocka). Zliczając roczne przyrosty osadów laminowanych w Jez. Gościąż określono czas z dokładnością do jednego roku. W rdzeniu osadów tego jeziora, o długości 16 m zliczono 12300 warstewek rocznych sedimentacji, sięgając więc 12 300 lat wstecz..

W rozdz. V. *Ochłodzenia i ocieplenia klimatu Ziemi w ostatnim tysiącleciu X-XX według słoju drzew przedstawiono* ekstrema szerokości słoju drzew rosnących w Europie i dębów rosnących w Polsce.

Skala czasu bezwzględnego do paru tysięcy lat wstecz ustalana jest również na podstawie rocznych przyrostów (słojów) niektórych gatunków drzew.. Długowieczne sosny (np. w Kalifornii) umożliwiają określenie czasu do kilku tysięcy lat wstecz. Czas ten jest niekiedy wydłużony, gdy zliczane są pierścienie dawno ściętych drzew.

Wzięto pod uwagę średnie wartości temperatury powietrza, ( $T_{sr}$ ), odchylenia standardowe ( $\sigma$ ) oraz progi dolny  $T_{sr}-2\sigma$  i górny  $T_{sr}+2\sigma$  w 30 miastach w Europie w ostatnich stuleciach XVI-XXI i w latach 1990-2018.

O największych ochłodzeniach i ociepleniach klimatu informują daty ekstremów – minimum  $t_{inf}$ ,  $T_{inf}$  i maksimum  $t_{sup}$ ,  $T_{sup}$ , np.:  $T_{inf} \leq T_{sr}-2\sigma$  i  $T_{sup} \geq T_{sr}+2\sigma$ .

W rozdziałach VI, VII, VIII pola średniej temperatury powietrza  $T_{sr}$ , odchylenia standardowego  $\sigma$ , progów dolnego  $T_{sr}-2\sigma$  i progów górnego  $T_{sr}+2\sigma$  temperatury powietrza w Europie w miesiącach I, II, ... XII i porach roku (wiosna, lato, jesień, zima) oraz roku w takim samym przedziale czasu – w latach 1900-2018 opisano wielomianami regresji 3- stopnia względem szerokości geograficznej ( $\varphi$ ) – profil równoleżnikowy, długości geograficznej ( $\lambda$ ) – profil południkowy i wysokości nad poziomem morza (H)– profil hipsometryczny.

VI. *Profile równoleżnikowe temperatury powietrza na obszarze Europy w latach 1900-2018*

VII. *Profile południkowe temperatury powietrza na obszarze Europy w latach 1900-2018*

VIII. *Profile hipsometryczne temperatury powietrza na obszarze Europy w latach 1900-2018*

W przypadku średniej rocznej temperatury powietrza wielomiany te mają postać

$$T_{sr} = -0,00060\varphi^3 + 0,10894\varphi^2 - 6,83229\varphi + 153,53660, \quad R^2 = 0,86236 \quad (1)$$

$$T_{sr} = 0,00029\lambda^3 - 0,01334\lambda^2 + 0,03445\lambda + 11,06941, \quad R^2 = 0,18476 \quad (2)$$

$$T_{sr} = 2 \cdot 10^{-8}H^3 + 0,000010H^2 - 0,007281H + 9,697521, \quad R^2 = 0,09225 \quad (3)$$

W rozdz. IX. *Profile trendu temperatury powietrza (oc/100 lat) w Europie w latach 1900-2018 (równoleżnikowe, południkowe, hipsometryczne) przedstawiono profile współczynników prostych regresji (a)*

$$y = ax + b \quad (4)$$

Uzupełnieniem są profile najniższej i najwyższej temperatury powietrza w Europie w latach 2019-2020 w kolejnych rozdziałach:

X. *Profile najniższej temperatury powietrza w Europie w latach 1900-2018 (równoleżnikowe, południkowe, hipsometryczne)*

XI. *Profile najwyższej temperatury powietrza w Europie w latach 1900-2018 (równoleżnikowe, południkowe, hipsometryczne)*

W rozdz. XII. *Anomalie temperatury powietrza w Europie w latach 2019-2020 (Paryż, Moskwa, Sztokholm, Madryt)*

zamieszczono wykresy profili równoleżnikowych, południkowych i hipsometrycznych temperatury powietrza w Europie w latach 2019-2020.

## II. OCHŁODZENIA I OCIEPLENIA KLIMATU ZIEMI (OD -1 MLN BP DO 1 MLN AD) WEDŁUG PROMIENIOWANIA SŁONECZNEGO NA ROWNOLEŻNIKU $\varphi = 65^\circ$ N SPOWODOWANE ZMIANAMI ORBITY

### 2.1. Ważniejsze zdarzenia na Ziemi (sprzed 3 miliardów lat)

Do najważniejszych zdarzeń w historii Ziemi od 4,5 miliarda lat można zaliczyć ślady życia: 2,9 miliarda lat temu – bakterie beztlenowe, 2,4 – bakterie fotosyntetyczne (rys. 1).

Prawdopodobnie 2,9 miliarda lat temu wydarzył się na Ziemi kataklizm. Nie można wykluczyć dramatycznego zbliżenia Księżyca do Ziemi na odległość wynoszącą 1/3 dzisiejszej. Interesujące są wyniki badań skamielin koralowców archaicznych organizmów *stromatolites* (Panel i Mohr 1970, [w:] Czapiewska, Bielicki 1982). Zliczono przyrostyienne tkanki kostnej między kolejnymi maksimami, zależnymi od księżycowych pływów mórz. Okazało się, że 2,8 miliarda lat temu liczba dni słonecznych w miesiącu księżycowym zmniejszyła się do 18. (obecnie 29,5). Wtedy (2,9 miliarda lat temu) Księżyc osiągnął najmniejszą odległość od Ziemi – 20 promieni ziemskich (obecnie 60). Ciepło powstałe przy silnym tarcu pływowym Księżyca (27 razy większym) spowodowało archaiczny wulkanizm na Ziemi, a na Księżycu wypełnienie basenów magmą. Jeżeli istniało już na Ziemi życie, to wtedy mogło ono zostać zniszczone.

Z badań biologicznych wynika, że pierwsze ślady życia pochodzą sprzed 3,3-3,0 miliardów lat. Istnieje zbieżność dat, np. zaniku plutonu w skorupie ziemskiej 2,9-2,4 miliarda lat temu i archaicznego wulkanizmu – wysokiej temperatury (określonej przez geologów).

Okolo 2,3 miliarda lat temu aktywność wulkaniczna zmalała, a temperatura Ziemi znacznie się obniżyła. Nastąpiła pierwsza (archaiczna) epoka lodowa na Ziemi. Świadczą o tym charakterystyczne osady. Ich wiek określa się na 2,2-2,4 miliarda lat temu.

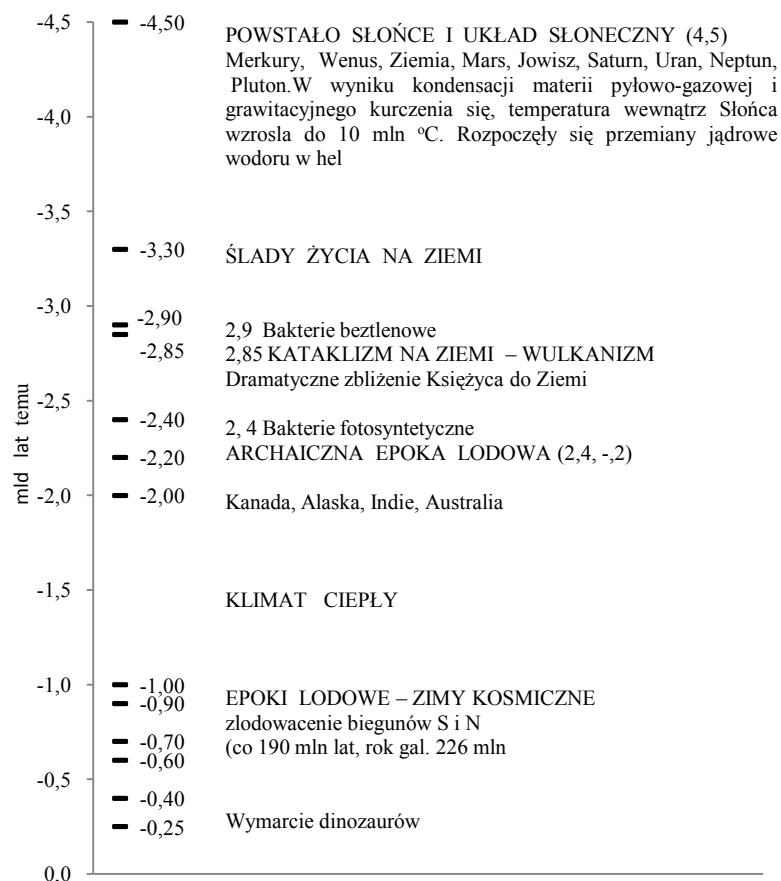
Ślady tego archaicznego zlodowacenia istnieją w Kanadzie, na Alasce, w Indiach i Australii. Zlodowacenie archaiczne doprowadziło do powstania pokryw lodowych w obszarach podbiegunowych obu półkul.

W ciągu ostatniego miliarda lat wystąpiło 6 wielkich epok lodowych: 950, 750, 620, 440, 280, 3-2 milionów lat (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.

Nagle ocieplenie i zlodowacenie Ziemi sprzed 55 milionów lat temu prawdopodobnie spowodowały wymarcie dinozaurów.

Dokładniejsze metody datowań: skał, osadów głębokomorskich i rdzeni lodowych umożliwiły opracowanie skali czasu geologicznego. Czas geologiczny, uwzględniający chronologię najistotniejszych zdarzeń w historii Ziemi – jej zlodowaceń – podzielony został na cztery główne przedziały czasu - ery (Schönwiese, 1992):

Ery	Czas geologiczny w mln lat
Eozoik (Prekambr)	2300-570
Paleozoik	570-225
Mezozoik	225-65
Kenozoik	65-0



**Rys. 1.** Ważniejsze wydarzenia na Ziemi sprzed 3 miliardów lat temu

**Fig. 1.** The more important events on the Earth from three billion years ago

Niektóre ery zawierają po kilka okresów. Na przykład w erze kenozoicznej wyróżnia się: trzeciorzęd (3-2 mln lat wstecz) i czwartorzęd (< -2 mln lat wstecz), a w czwartorzędzie - plejstocen i holocen (początek 10 000 lat temu).

Złodowacenie archaiczne doprowadziło do powstania pokryw lodowych w obszarach podbiegunowych obu półkul. Następnie przez ponad 1 miliard lat panował klimat ciepły. Kolejne epoki lodowe wystąpiły: 950, 750, 620, 440, 280, 3-2 (złodowacenie czwartorzędowe) milionów lat temu. W ciągu ostatniego miliarda lat wystąpiło sześć wielkich epok lodowych w odstępach 200, 130, 180, 160, 272 milionów lat – średnio co 190 milionów lat.

Te okresowe epizody złodowacenia Ziemi („zimy kosmiczne”) mogą być wywołane zmianami jasności Słońca pod wpływem jego dużych przyspieszeń w ruchu po galaktycznej orbicie. W lokalnym ruchu Słońca dookoła środka masy Układu Słonecznego przy niezbyt dużych przyspieszeniach, jasność Słońca zmienia się o 0,1%, a stała słoneczna w cyklu wiekowym o 0,4%.

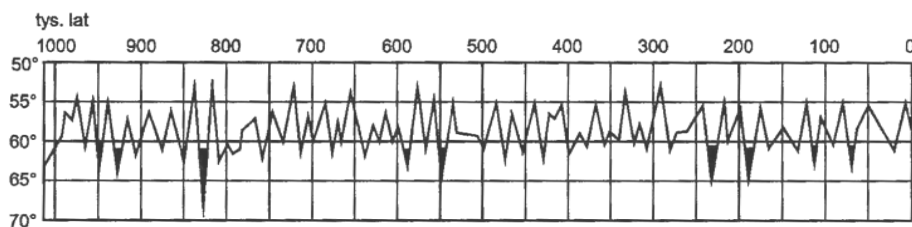
Pewna rozbieżność długości cykli zlodowaceń (130-272 milionów lat) wynika prawdopodobnie z dryfu kontynentów (hipoteza A. Wegenera, 1921). Jeżeli podczas spadków jasności Słońca (stałej słonecznej) na biegunach przypadkowo znajdowały się kontynenty, to czas powstawania pokrywy lodowej (i ochładzania się) był krótki. Jeżeli natomiast na jednym z biegunów znajdowało się morze, to formowanie się pokrywy lodowej trwało znacznie dłużej.

Interesujące jest zlodowacenie Ziemi sprzed 440 milionów lat (ordowicko-sylurskie), którego ślady znaleziono na Saharze.

## 2.2. Ochłodzenia i ocieplenia klimatu Ziemi (od 1 miliona temu) według teorii M. Milankoviča

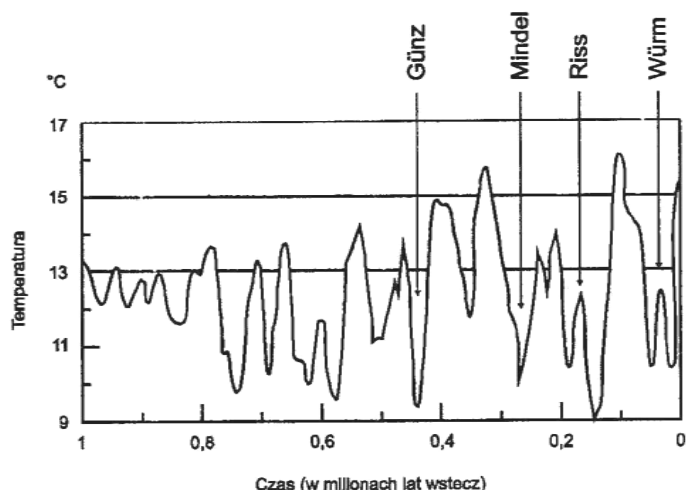
Od mniej więcej 2 milionów lat temu trwa epoka lodowa (czwartorzędu) - z pokrywą lodową znajdującą się na obu biegunach (na Antarktydzie i w Arktyce).

W ciągu ostatnich 2 milionów lat wystąpiło około 20 głównych ochłodzeń i 20 – ociepleń klimatu. Średni odstęp między ochłodzeniami (zlodowaceniami Ziemi) wynosi 100 000 lat. Ich chronologię przedstawimy na podstawie krzywej promieniowania słonecznego, wg M. Milankoviča (1930) i rekonstrukcji paleotemperatury C. D. Schönwiese (1992) (rys. 2-3) oraz krzywej zawartości izotopu tlenu  $^{18}\text{O}$  w osadach głębokomorskich, wg J. Imbrie i J. Z. Imbrie (1980) (rys. 4).



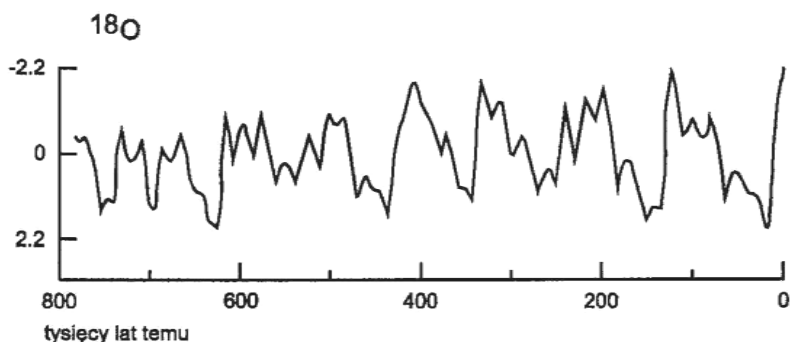
**Rys. 2.** Krzywa zmian promieniowania słonecznego na równoleżniku  $\varphi = 65^\circ$  – w ekwiwalentnych stopniach szerokości geograficznej (wg M. Milankoviča, 1930)

**Fig. 2.** The curve of changes in solar radiation on the parallel of  $\varphi = 65^\circ$  – in the equivalent degrees of geographic latitude (after M. Milankovitch, 1930)



**Rys. 3.** Rekonstrukcja paleotemperury na półkuli północnej w czasie ostatniego miliona lat wg C. D. Schönwiese (1992)

**Fig. 3.** Reconstruction of palaeotemperature within the northern hemisphere during the last million years after C. D. Schönwiese



**Rys. 4** Krzywa zmian koncentracji izotopu tlenu  $^{18}\text{O}$  w osadach głębokomorskich w ciągu ostatnich 800 000 lat (wg J. Imbrie, J. Z. Imbrie, 1980)

**Fig. 4.** The curve of changes in the concentration of the oxygen isotope  $^{18}\text{O}$  in the deep sea sediments during the last 800,000 years (according to J. Imbrie, J. Z. Imbrie, 1990)

Oto daty czterech ostatnich zlodowaceń Ziemi:

C. D. Schönwiese	wg izotopu $^{18}\text{O}$	wg promieniowania	Nazwa
400-350	650-630	610-550	Günz
320-270	480-430	475-400	Mindel
200-125	180-140	230-190	Riss
70-11	80-11	120-70	Würm

Zlodowacenia Ziemi, które wystąpiły w ciągu ostatniego miliona lat dobrze wyjaśnia teoria M. Milankoviča (1930). Wykazał on, że zmiany okresowe eliptycznej orbity Ziemi spowodowały znaczne spadki promieniowania słonecznego w dużych szeroko-

ściach geograficznych, zwłaszcza w obszarach okołobiegunowych. Zlodowacenia Ziemi były efektem nakładania się trzech długich cykli: 92 000 lat – mimośrod (ekscentryczności,  $e$ ) o amplitudzie 0-0,068, 40 000 lat – nachylenia płaszczyzny równika do ekliptyki ( $\varepsilon$ ) o amplitudzie  $21^{\circ}58'$ - $24^{\circ}36'$ , 21 000 lat – długości ekliptycznej linii absydów (peryhelium – aphelium) względem punktu barana (równonocy wiosennej). Ruch precesyjny punktów równonocnych po ekliptyce wynosi  $50,27''$ . Tak więc punkt barana obiega ekliptykę w czasie około 26 000 lat. Roczna precesję (luni-solarną i planetarną) określa łącznie wzór Newcomba-Andoera (1906). Na danej półkuli najkrótsza odległość Ziemi od Słońca przypada na tę samą porę roku nie co 26 000 lat, lecz po upływie 20 900 lat.

Okresami takich samych różnic fazowych maksimów (minimów) trzech cykli: długości ekliptycznej peryhelium ( $\Omega$ ) – 21 000 lat, kąta nachylenia ekliptyki do równika ( $\varepsilon$ ) – 40 000 lat i mimośrodu orbity Ziemi ( $e$ ) – 92 000 lat są:

	$\Omega$	$\varepsilon$	$e$
$\Omega$	21 000	.	.
$\varepsilon$	44 210	40 000	.
$e$	21 211	70 769	92 000

Jeżeli np. kąt nachylenia płaszczyzny ekliptyki wynosi  $\varepsilon = 24^{\circ}36'$ , gdy orbita Ziemi jest kołowa, to taka konfiguracja powtarza się po upływie 70 769 lat. Hipoteza Milankoviča miała początkowo wielu oponentów, którzy uważali, że ujemne anomalie promieniowania w lecie są kompensowane przez dodatnie – w zimie (Simpson, 1944) i roczna insolacja nie ulega zmianie. Jest to jednak słuszne jedynie podczas równonocy wiosennej i jesiennej.

Teorię M. Milankoviča wielokrotnie sprawdzano, stwierdzając wahania mimośrodu orbity 0,0007-0,0658, a nachylenia równika  $22,068^{\circ}$ - $24,568^{\circ}$  (Szaraf i Budnikowa, 1969). Autorzy przyznali, że nachylenie osi ziemskiej do ekliptyki warunkuje południkowy rozkład ciepła – strefowość klimatu.

Geologicznym uzasadnieniem teorii Milankoviča jest model E. V. Maksimova (1972) – rytmów przyrodniczych w czwartorzędzie. Na podstawie przebiegu czasowego wielu zjawisk: zasięgu i zaniku lodowców kontynentalnych i górskich, aktywności sejsmicznej, tektonicznej i wulkanicznej, zmiany poziomu oceanów, okresów wilgotnych i suchych ustala główny rytm o długości 40 700 lat (makroproces). Jest to okres wahań kąta nachylenia ekliptyki, od  $\varepsilon = 24^{\circ}36'$  do  $\varepsilon = 21^{\circ}58'$  – zmiany położenia zwrotników.

Teorię Milankoviča potwierdziły wyniki badań osadów głębokomorskich. J. D. Hays i inni (1976) ustalili cykliczne zmiany izotopu tlenu  $^{18}\text{O}$  zawartego w węglanach wapnia osadów morskich (100 000 lat, 42 000 lat, 23 000 lat) i kół podbiegunowych.

W czwartorzędzie, podczas czterech ostatnich zlodowaceń, zmiany nachylenia osi ziemskiej i kształtu eliptycznej orbity były największe. Wtedy węzły wstępujące orbit wszystkich planet, przechodzących przez płaszczyznę ekliptyki były w najmniejszej odległości kątowej od siebie.

### 2.3. Rekonstrukcja (od -1 mln lat temu) i prognoza (do 1 mln lat AD) zmian klimatu według promieniowania słonecznego na równoleżniku $\varphi = 65^{\circ}$ N

W celu określenia przyczyn wahań klimatu Ziemi obliczono dobowe sumy promieniowania słonecznego  $I$  ( $\text{MJ} \cdot \text{m}^{-2}$ ) w lecie (VI-VIII) i w miesiącach marzec-wrzesień (III-IX) na górnej granicy atmosfery, wzdłuż równoleżnika  $\varphi = 65^{\circ}$  N.

W miejscu o szerokości geograficznej  $\varphi$  w czasie lokalnym  $t$  (kąąt godzinny) na  $1 \text{ m}^2$  płaszczyzny horyzontalnej (poza atmosferą) pada ilość energii, określona wzorem  $I_0 = s \sin h = s (\sin \varphi \sin \delta + \cos \varphi \cos \delta \cos t)$  (1)

gdzie  $s = 1354 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$  – tzw. stała słoneczna, tj. przy średniej odległości Ziemi od Słońca,  $\delta$  – deklinacja Słońca.

Dobowa suma energii słonecznej ( $I_D$ ) padająca na  $1 \text{ m}^2$  powierzchni horyzontalnej poza atmosferą można obliczyć z wzoru:

$$I_D = \frac{86400}{\pi} s (D \sin \varphi \sin \delta + \cos \varphi \cos \delta \cos D) \quad (2)$$

gdzie  $D$  – czas połowy dnia (od wschodu  $t_E = -D$  do górowania, lub od górowania  $t = 0$  do zachodu  $t_W = D$ ), wyrażony w radianach.

Jeżeli stałą słoneczną  $s$  (strumień energii słonecznej przy średniej odległości Ziemi od Słońca  $r$ ) wyrażamy w jednostkach:  $\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$ , to obliczone wartości sum dobowych energii słonecznej będą wyrażone w:  $\text{MJ} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{doba}^{-1}$ .

Długość połowy dnia  $D$  określa czas lokalny wschodu  $t_E = -D$  lub zachodu  $t_W = D$  Słońca, znajdującego się w płaszczyźnie horyzontu  $h = 0$ , np.:

$$\cos D = -\operatorname{tg} \varphi \operatorname{tg} \delta. \quad (3)$$

Efektom okresowych zmian mimośrodów ( $e$ ) orbity Ziemi (co 100 000 lat) w przedziale 0-0,066 są zmiany stałej słonecznej ( $s$ ).

Równanie orbity eliptycznej Ziemi (krzywej stożkowej) we współrzędnych biegunowych ma postać

$$r = \frac{b^2}{a(1+e \cos \vartheta)} \quad (4)$$

gdzie:  $a = 149\,598\,000 \text{ km}$  – duża półoś,  $b$  – mała półoś.

Ruch Ziemi po orbicie eliptycznej wokół Słońca (położonego w jednym z ognisk elipsy) przedstawiono na rys. 5 i rys. 5a.

Okresy zbliżone, tj. 23 000, 42 000 i 100 000 lat, wykryto wcześniej w zmianach izotopu tlenu  $^{18}\text{O}$  zawartego w węglanach wapnia osadów głębokomorskich (Hays i in. 1976). Geologicznym uzasadnieniem tej okresowości są rytmy: zasięgu lodowców, zmiany poziomu oceanów, aktywności sejsmicznej, wulkanicznej, zmiany położenia zwrotników – o długości 40 700 lat (Maksimov 1972).

Najkrótsza ( $r_{\min}$  – peryhelium,  $\vartheta = 0$ ) i najdłuższa ( $r_{\max}$  – aphelium,  $\vartheta = \pi$ ) odległość Ziemi od Słońca wynoszą:

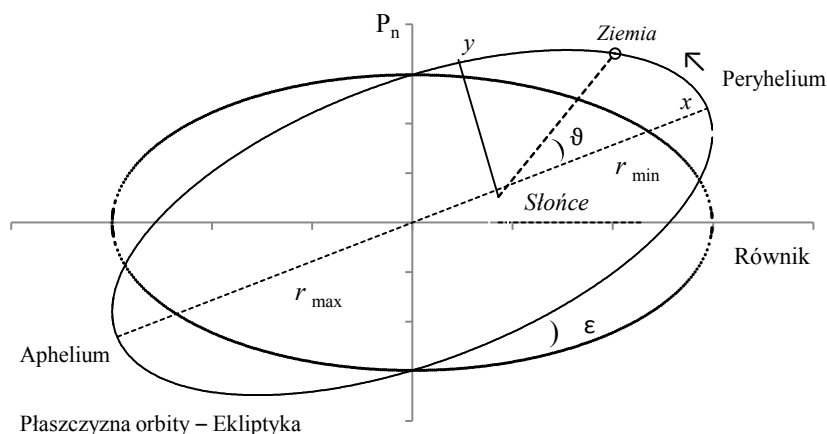
$$r_{\min} = (1 - e) a, \quad r_{\max} = (1 + e) a \quad (5)$$

Wartości stałej słonecznej  $s$ , wyrażone w  $\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$ , przy wartościach mimośrodu:  $e = 0$ ,  $e = 0,017$  (stan obecny),  $e = 0,066$  obliczone z tych wzorów zestawiono w tab. 1:

$$s = \bar{s} \left( \frac{\bar{r}}{r} \right)^2 \quad (6)$$

gdzie:  $a = 149\,598\,000 \text{ km}$ ,  $\bar{r}$  – średnia odległość Ziemi od Słońca (obecna),  $\bar{s} = 1354 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ .





Rys. 5. Orbita Ziemi  
Fig. 5. The orbits of Earth

Przy obecnej ekscentryczności orbity Ziemi  $e = 0,017$  wartość stałej słonecznej zmienia się w ciągu roku o 6,57% (od  $s = 1309 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$  – aphelium do  $s = 1401 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$  – w peryhelium). Przy bardziej spłaszczonej orbicie ( $e = 0,066$ ) stała słoneczna w ciągu roku zmienia się od  $1191 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$  do  $1552 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$ , czyli o 23,3% – w wyniku zmiany odległości Ziemi od Słońca o 19 746 000 km (tab.1).

**Tabela 1.** Ekstremalne odległości Ziemi od Słońca ( $r_{\min}$  – peryhelium,  $r_{\max}$  – aphelium) i wartości stałej słonecznej ( $S$ ) przy różnych wartościach mimośrodów orbity Ziemi

**Table 1.** Extremum distances of the Earth from the sun ( $r_{\min}$  – perihelium,  $r_{\max}$  – aphelium) and the values of the solar constant ( $S$ ) for various values of the eccentricity ( $e$ ) of the Earth's orbit

Mimośród	Odległość od Słońca, km		Stała słoneczna, $\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$	
	$r_{\min}$	$r_{\max}$	$S_{\max}$	$S_{\min}$
0	149 598 000	149 598 000	1354	1354
0,017	147 055 000	152 141 000	1401	1309
0,066	139 725 000	159 471 000	1552	1191

Zmienia się więc ilość promieniowania krótkofalowego padającego na płaszczyznę poziomą (równoległą do płaszczyzny horyzontalnej) poza atmosferą – jego rozkład na Ziemi.

Należy zauważyć, że zmiany wielowiekowe kąta nachylenia płaszczyzny ekliptyki do równika ( $\epsilon$ ), które opisane są wzorami: (7) – J. Witkowski (1953) i (8). – Astronomiczeski Eżegodnik (1991):

$$\epsilon = 23^{\circ}27'8'',28 - 0'',46844 t - 0'',0000006 t^2 \quad (7)$$

$$\epsilon = 23^{\circ}452294 - 0^{\circ},013125 t - 0^{\circ},0000164 t^2 - 0^{\circ},000000503 t^3 \quad (8)$$

w których czas liczony jest inaczej: w 1. – w latach i 2. – w setkach lat ( $t = 0$  to rok 1950,0).

Wzór (7). po zamianie sekund na stopnie i wyrażeniu czasu w setkach lat, przyjmuje zbliżoną postać do wzoru (8):

$$\epsilon = 23^{\circ},4523 - 0^{\circ},01301 t - 0^{\circ},00000166 t^2 \quad (9)$$

Kąt nachylenia ekliptyki  $\varepsilon$  zmniejsza się od wielu tysięcy lat (potwierdzają to dawne obserwacje) i będzie nadal malał w ciągu najbliższych tysięcy lat. Z analiz teoretycznych wynika, że zmiany  $\varepsilon$  w czasie są okresowe - o bardzo dużym okresie.

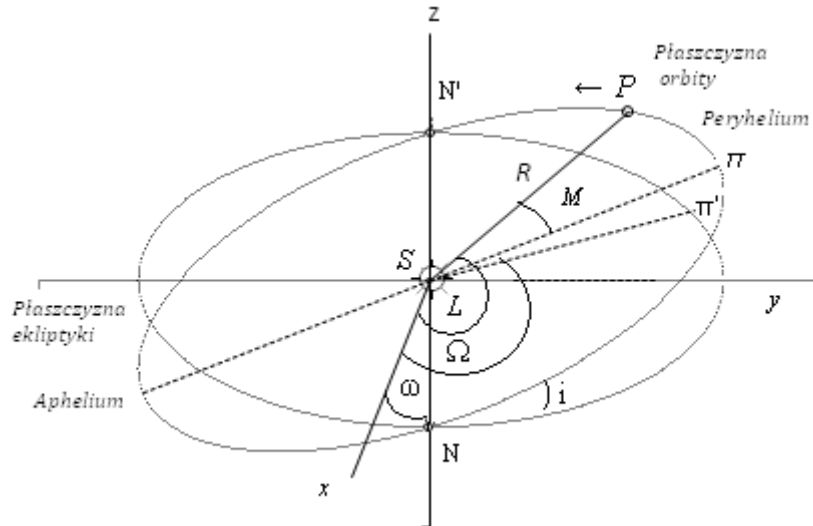
Mimośród orbity Ziemi także maleje i osiągnie wartość najmniejszą  $e = 0$  po upływie 23 500 lat.

Najkrótsza odległość Ziemi od Słońca (perihelium) przypada obecnie na zimę (2 styczeń), a za 10 500 lat (połowa okresu 21 000 lat) przypadać będzie na lato.

Zmiany długości ekliptycznej perihelium Ziemi ( $\Omega$ ), można też zapisać:

$$\Omega = 101^{\circ},220833 + 1,719175 t + 0,0004527 t^2 + 0,0000033 t^3 \quad (10)$$

gdzie jednostką czasu jest wiek juliański (100 lat = 36 525 dni).



**Rys. 5a.** Parametry orbity planety (P),  $\pi$  – perihelium  
**Fig. 5a.** Parameters of planet's orbit (P),  $\pi$  – perihelium

Współrzędne ekliptyczne Ziemi ( $x, y, z$ ) wyznaczono, korzystając z wielomianów przedstawiających zmiany elementów orbity Ziemi:  $a$  – duża półoś elipsy,  $e$  – mimośród,  $i$  – nachylenie płaszczyzny orbity do płaszczyzny ekliptyki,  $\Omega$  – długość ekliptyczna perihelium,  $L$  – długość ekliptyczna planety ( Reznikov 1982).

W przypadku Ziemi (Boryczka 1998) wynoszą:

$$L = 99^{\circ}41'48,04'' + 129602768,13''t + 1,089''t^2 \quad (11)$$

$$\Omega = 101^{\circ}13'15,0'' + 6189,03''t + 1,63''t^2 + 0,012''t^3 \quad (12)$$

$$\omega = 0$$

$$i = 0$$

$$\varepsilon = 0,01675104 - 0,00004180 t + 0,000000126 t^2 \quad (13)$$

$$a = 1,00000013$$

Są to empiryczne zależności elementów orbit od czasu  $t$  (wielomiany względem czasu  $t$ ). Data 1900 (styczeń 0,5) jest początkiem osi czasu  $t = 0$ , a wiek juliański (100 lat) jednostką czasu –  $t = \frac{1}{365,25} (t_j - 2415020)$ , gdzie  $t_j$  jest aktualną datą juliańską.

W obliczeniach przyjęto miesięczny odstęp czasu  $\Delta t = \frac{1}{1200}$  (miesiąc juliański). czas

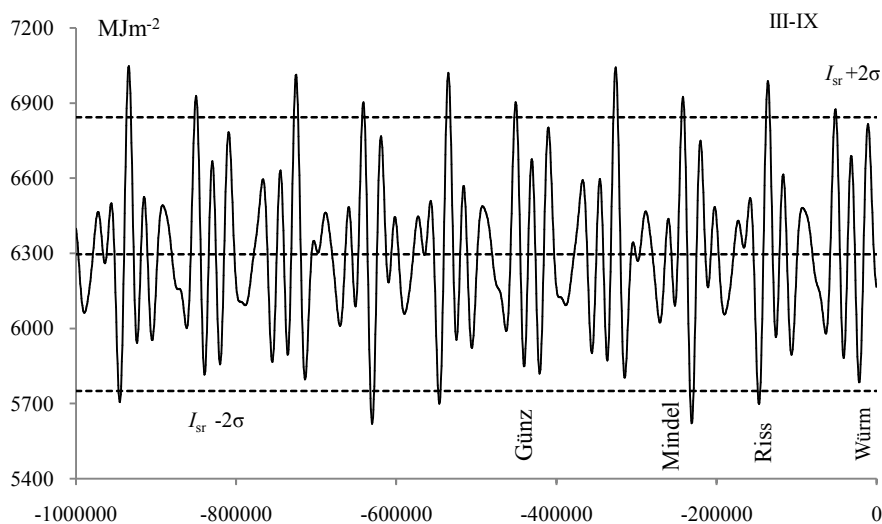
$$t = \frac{1}{100} (Data - 1900) + \frac{14,5}{36525} \quad (14)$$

W obliczeniach sum promieniowania słonecznego na równoleżniku  $\varphi = 65^\circ$  przyjęto zakres zmian i długości cykli: mimośrodowi orbity Ziemi ( $0 \leq e \leq 0,066$ ) – 100 000 lat, nachylenia osi Ziemi do płaszczyzny ekliptyki ( $21^\circ 58' \leq \varepsilon \leq 24^\circ 36'$ ) – 40 000 lat oraz długości ekliptycznej peryhelium względem punktu równonocy wiosennej ( $\Omega$ ) – 21 000 lat.

Obliczenia sum promieniowania słonecznego w poszczególnych miesiącach w przedziale czasu  $-10\,000 \leq t \leq 10\,000$  z odstępem 5 (500 lat, jednostką czasu  $t$  jest 100 lat) wykonano z zastosowaniem programu Excel 2007 według wyznaczonych wzorów:

$$\begin{aligned} \delta &= 23,28335 + 1,31665 \sin(3,02667 + 2\pi t/400) \\ e &= 0,033 + 0,033 \sin(3,65646 + 2\pi t/1000) \\ I_D &= \frac{86400}{\pi} s(D \sin \varphi \sin \delta + \cos \varphi \cos \delta \cos D), \quad \cos D = -\operatorname{tg} \varphi \operatorname{tg} \delta. \quad (15) \\ r &= 10^{-6} \cdot 149598000 (1 - e^2)(1 + e \cos(3,6652 + 2\pi t/210))^{-1} \\ I &= I_0 (149,598/r)^2 \end{aligned}$$

Zmiany sum promieniowania słonecznego na równoleżniku  $\varphi = 65^\circ$ : w kolejnych miesiącach marzec, ..., wrzesień, w okresie V-VII, w lecie VI-VIII oraz marzec-wrzesień (III-IX) w przedziale czasu:  $-1\,000\,000 \leq t \leq 0$  lat i  $0 \leq t \leq 1\,000\,000$  lat przedstawiono na rys. 6-37.

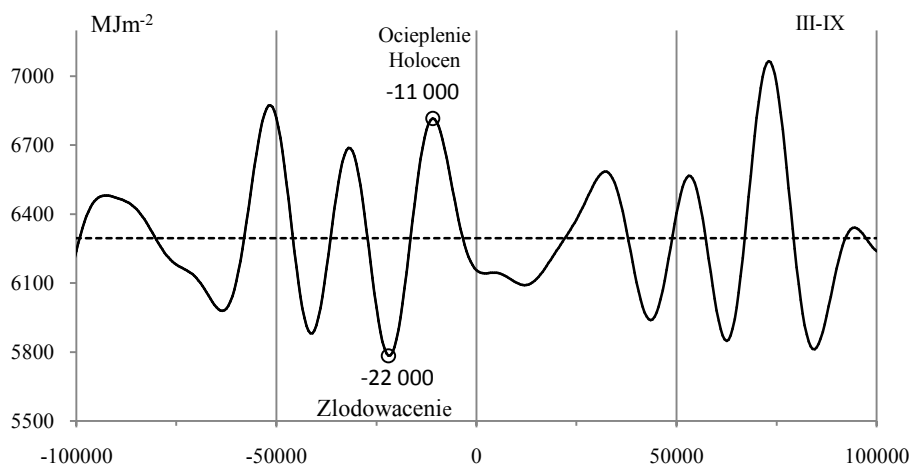


**Rys. 6.** Zmiany sum promieniowania słonecznego w okresie marzec-wrzesień na równoleżniku  $\varphi = 65^\circ$  N w ciągu ostatnich 1 000 000 lat, (1900 AD,  $t = 0$ )

**Fig. 6.** Changes in the sums of solar radiation in the period March-September at the latitude  $\varphi = 65^\circ$  N in the last 1 000 000 years, (1900 AD,  $t = 0$ )

Zbliżone są wahania średniego nasłonecznienia ( $\text{Wm}^{-2}$ ) w czerwcu w szerokości geograficznej  $65^\circ$  N za ostatnie 200 tys. lat i na następne 130 tys. lat; zamieszczonych w publikacjach (Berger, 1978 i Berger, Loutre, 1997) i obliczonych obecnie miesięcznych sum promieniowania słonecznego ( $\text{MJm}^{-2}$ ) w czerwcu w szerokości geograficznej  $\varphi = 65^\circ$  N.

Najkrótsza odległość Ziemi od Słońca przypada na tę samą porę roku co 20 900 lat. Jeżeli Ziemia podczas zimy znajduje się np. w peryhelium orbity (o mimośrodku 0,066) to wtedy dobowe sumy promieniowania słonecznego na równoleżniku  $\varphi = 60^\circ$  maleją o 44,4%, gdy nachylenie ekliptyki do równika rośnie od  $21^\circ 58'$  do  $24^\circ 36'$ . Ostatnie głębokie minimum sum promieniowania słonecznego (w miesiącach marzec-wrzesień  $5784,871 \text{ MJm}^{-2}$ ) wystąpiło w czasie ostatniego zlodowacenia ( $t_{\min} = -22000$  lat). Natomiast ostatnie lokalne (rozległe) maksimum sum promieniowania słonecznego („o wierzchołku  $t_{\max}, I_{\max}$ ”) określa holocenickie ocieplenie klimatu: w okresie III-IX ( $6815,937 \text{ MJm}^{-2}$ ) – przypada na datę -11 000 lat BP (rys.6).



**Rys. 7.** Zmiany sum promieniowania słonecznego w okresie marzec-wrzesień na równoleżniku  $\varphi = 65^\circ$  N w ciągu ostatnich 100 000 lat, z prognozą do 100 000 lat (1900 AD,  $t = 0$ )

**Fig. 7** Changes in the sums of solar radiation in the period March-September at the latitude  $\varphi = 65^\circ$  N in the last 100 000 years, with a forecast up 1 00,000 years (1900 AD,  $t = 0$ )

#### 2.4. Zmiany sum promieniowania słonecznego na równoleżniku $\varphi = 65^\circ$ N w kolejnych miesiącach marzec, ... , wrzesień

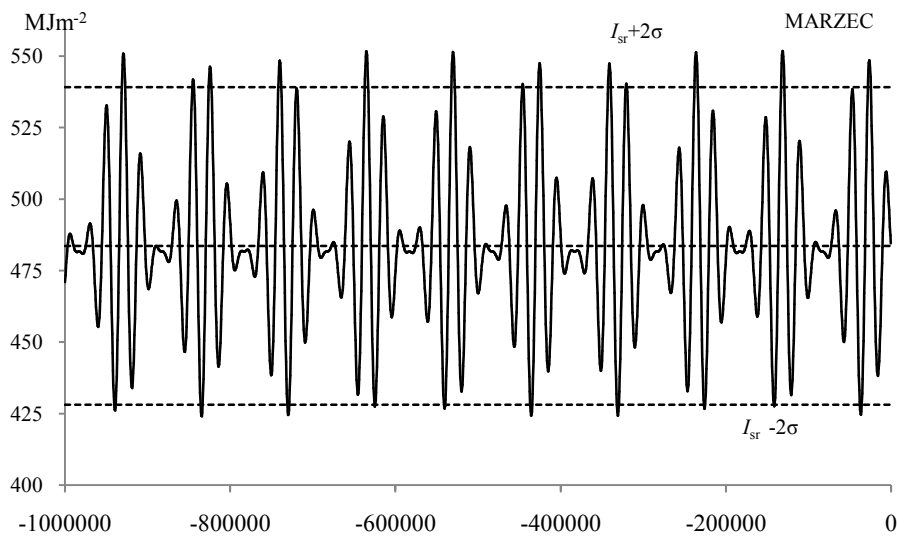
Zmiany miesięcznych sum promieniowania słonecznego na równoleżniku  $\varphi = 65^\circ$  N w kolejnych 7 miesiącach od marca do września w przedziale czasu:  $-1000\ 000 < t < 1000\ 000$  lat i  $-100\ 000 < t < 100\ 000$  lat przedstawiono na rys. 8-37.

Średnie sumy promieniowania słonecznego ( $I_{sr}$ ) na równoleżniku  $\varphi = 65^\circ$  N, odchylenia standardowe ( $\sigma$ ), progi dolny  $I_{sr} - 2\sigma$  i górny  $I_{sr} + 2\sigma$  w kolejnych miesiącach III, ..., IX, V-VII, VI-VIII i III-IX zestawiono w tab. 1.

**Tabela 1.** Średnie arytmetyczne ( $I_{sr}$ ) i odchylenia standardowe ( $\sigma$ ) na równoleżniku  $\varphi = 65^\circ N$  w ciągu ostatnich 1000 000 lat, z prognozą do 1000 000 lat (1900 AD,  $t = 0$ )

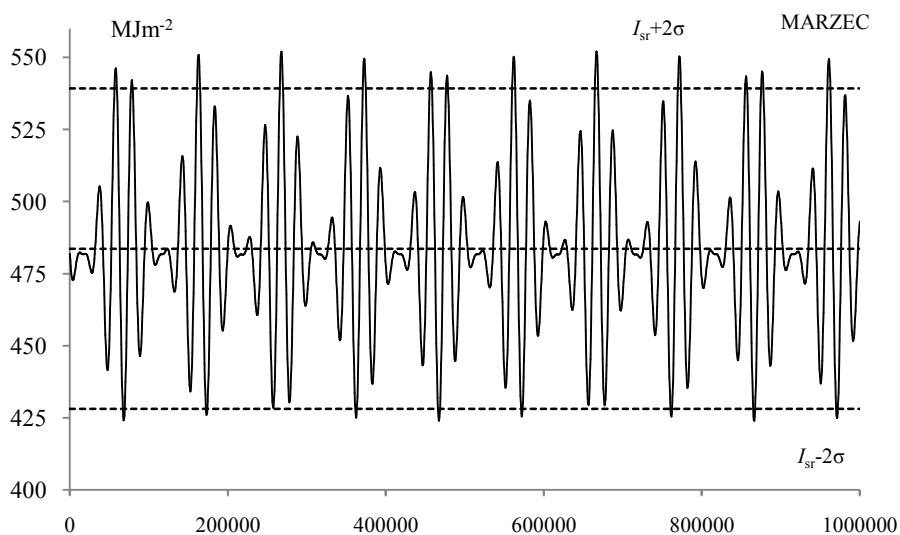
**Table 1.** Arithmetic means ( $I_{sr}$ ) and standard deviations ( $\sigma$ ) at the latitude  $\varphi = 65^\circ N$  in the last 1000 000 years, with a forecast up 1000,000 years (1900 AD,  $t = 0$ )

	$I_{sr}$ °C	$\sigma$	$I_{sr} - 2\sigma$	$I_{sr} + 2\sigma$
III	483,6435	27,77147	428,1006	539,1865
IV	849,0919	50,55629	747,9793	950,2045
V	1165,9704	74,42879	1017,113	1314,828
VI	1297,9650	85,33015	1127,305	1468,625
VII	1166,0060	74,46133	1017,083	1314,929
VIII	849,6237	51,36443	746,8949	952,3526
IX	483,6712	27,76994	428,1314	539,2111
V-VII	3629,941	218,3785	3193,184	4066,698
VI-VIII	3313,595	196,2506	2921,094	3706,096
III-IX	6295,972	273,2308	5749,51	6842,433



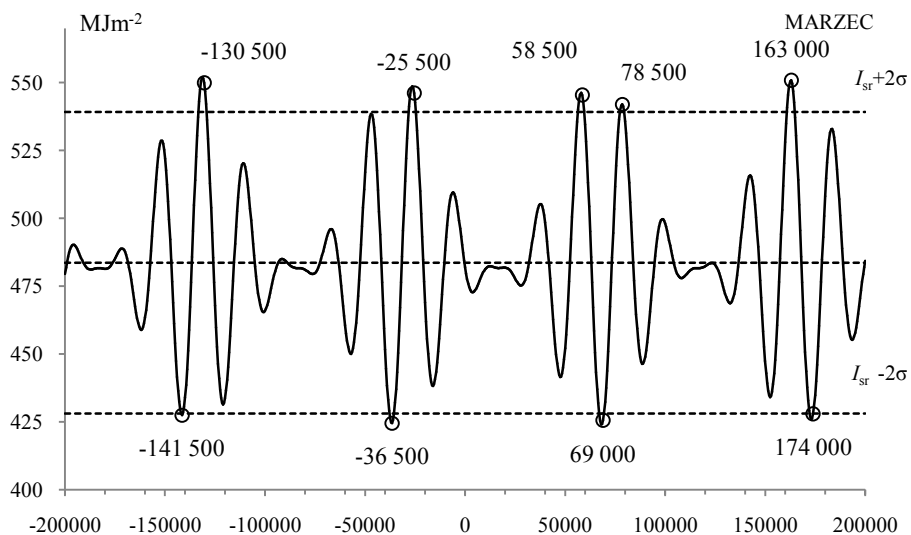
**Rys. 8.** Zmiany dobowych sum promieniowania słonecznego w marcu (III) na równoleżniku  $\varphi = 65^\circ N$  w ciągu ostatnich 1000 000 lat (1900 AD,  $t = 0$ )

**Fig. 8.** Changes in the daily sums of solar radiation in March at the latitude  $\varphi = 65^\circ N$  in the last 1000 000 years (1900 AD,  $t = 0$ )



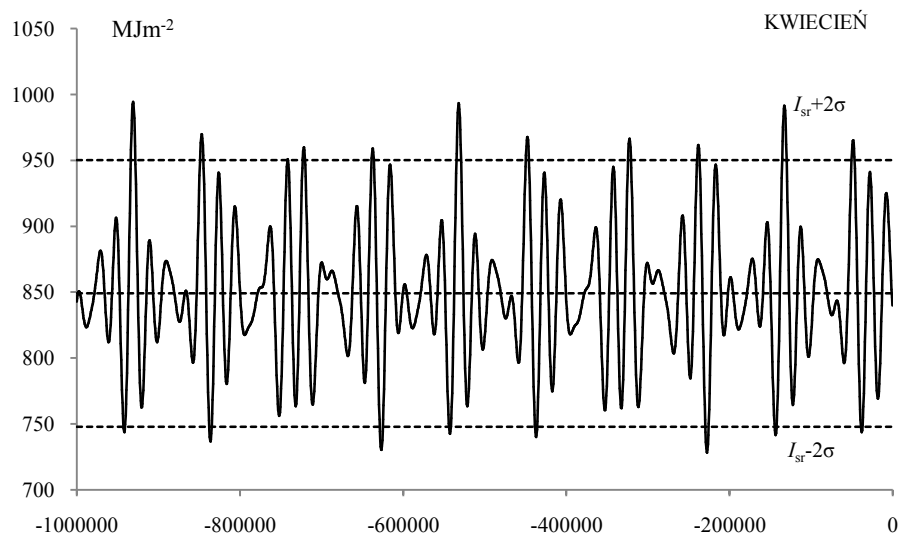
**Rys. 9.** Zmiany dobowych sum promieniowania słonecznego w marcu (III) na równoleżniku  $\varphi = 65^\circ \text{N}$ , z prognozą do 1000 000 lat (1900 AD,  $t = 0$ )

**Fig. 9.** Changes in the daily sums of solar radiation in March at the latitude  $\varphi = 65^\circ \text{N}$ , with a forecast up 1000,000 years (1900 AD,  $t = 0$ )



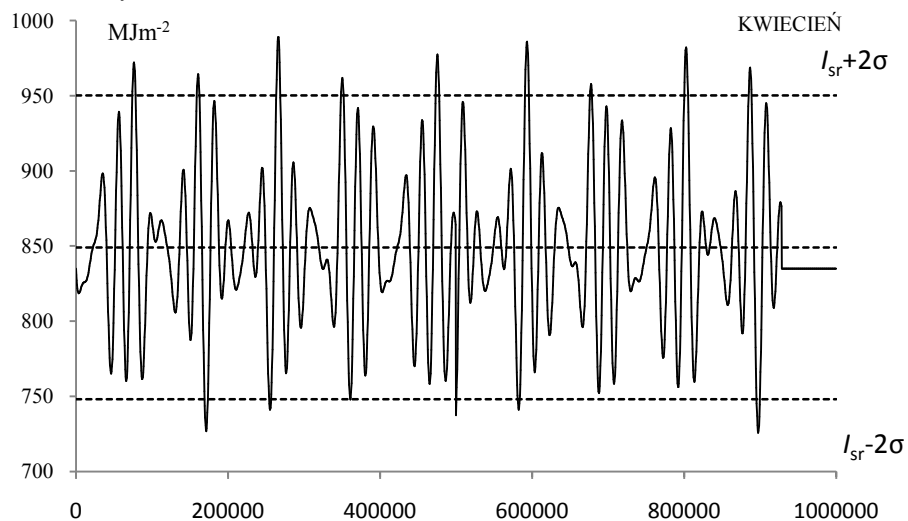
**Rys. 10.** Zmiany dobowych sum promieniowania słonecznego w marcu (III) na równoleżniku  $\varphi = 65^\circ \text{N}$  w ciągu ostatnich -200 000 lat, z prognozą do 200 000 lat (1900 AD,  $t = 0$ )

**Fig.10.** Changes in the daily sums of solar radiation in March at the latitude  $\varphi = 65^\circ \text{N}$  in the last -200 000 years, with a forecast up 200,000 years (1900 AD,  $t = 0$ )



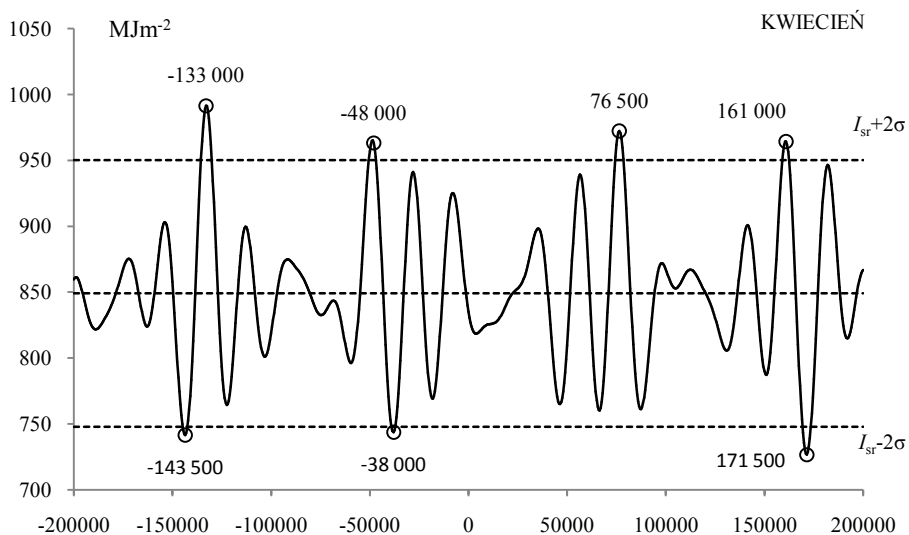
**Rys. 11.** Zmiany dobowych sum promieniowania słonecznego w kwietniu (IV) na równoleżniku  $\varphi = 65^\circ \text{N}$  w ciągu ostatnich -1000 000 lat (1900 AD,  $t = 0$ )

**Fig. 11.** Changes in the daily sums of solar radiation in April at the latitude  $\varphi = 65^\circ \text{N}$  in the last -1000 000 years,



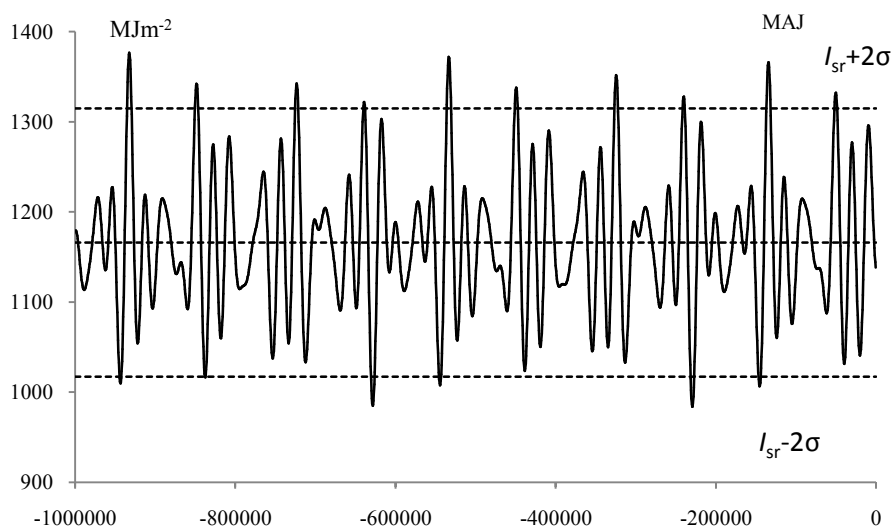
**Rys. 12.** Zmiany dobowych sum promieniowania słonecznego w kwietniu (IV) na równoleżniku  $\varphi = 65^\circ \text{N}$  w ciągu ostatnich -1000 000 lat, z prognozą do 1000 000 lat (1900 AD,  $t = 0$ )

**Fig. 12** Changes in the daily sums of solar radiation in April at the latitude  $\varphi = 65^\circ \text{N}$  in the last -1000 000 years, with a forecast up 1000,000 years (1900 AD,  $t = 0$ )



**Rys. 13.** Zmiany dobowych sum promieniowania słonecznego w kwietniu (IV) na równoleżniku  $\varphi = 65^\circ \text{N}$  w ciągu ostatnich -200 000 lat, z prognozą do 200 000 lat (1900 AD,  $t = 0$ )

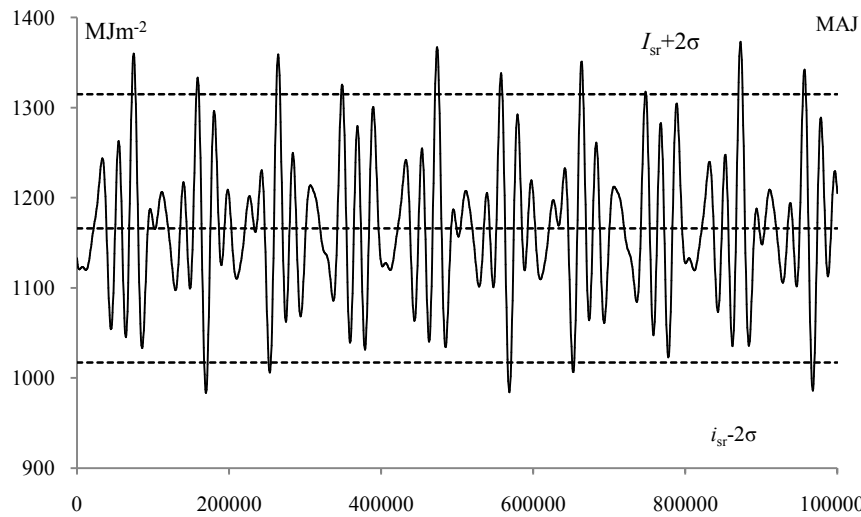
**Fig. 13.** Changes in the daily sums of solar radiation in April at the latitude  $\varphi = 65^\circ \text{N}$  in the last -200 000 years, with a forecast up 200 000 years (1900 AD,  $t = 0$ )



**Rys. 14** Zmiany dobowych sum promieniowania słonecznego w maju (V) na równoleżniku  $\varphi = 65^\circ \text{N}$  w ciągu ostatnich 1000 000 lat (1900 AD,  $t = 0$ )

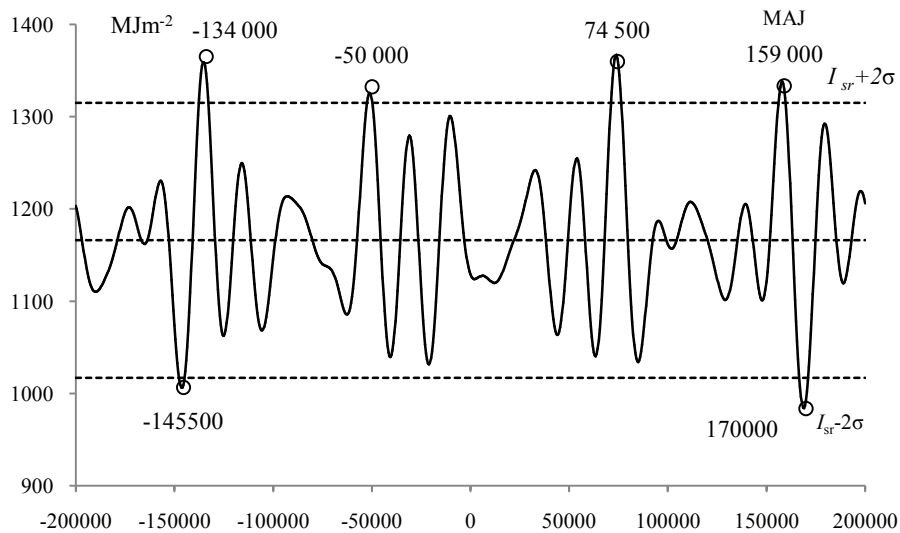
**Fig. 14.** Changes in the daily sums of solar radiation in May at the latitude  $\varphi = 65^\circ \text{N}$  in the last 1000 000 years (1900 AD,  $t = 0$ )





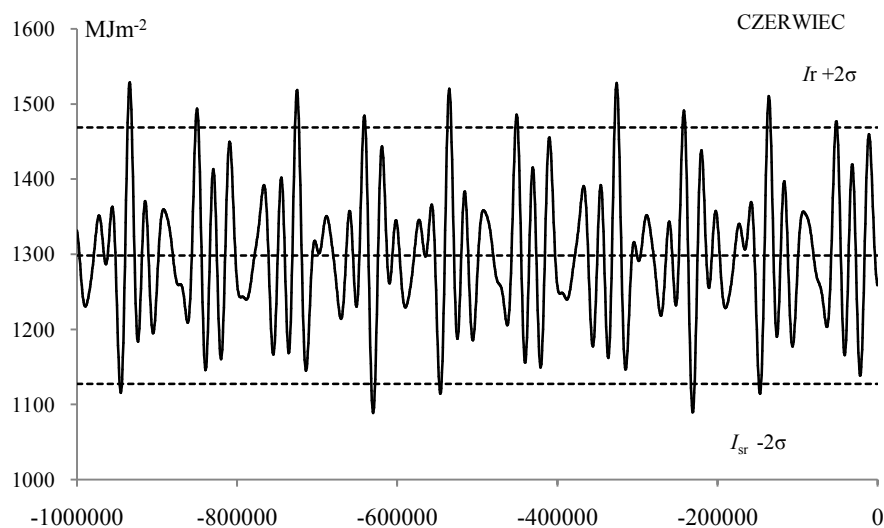
**Rys. 15.** Zmiany dobowych sum promieniowania słonecznego w maju (V) na równoleżniku  $\varphi = 65^\circ \text{N}$ , z prognozą do 1000 000 lat (1900 AD,  $t = 0$ )

**Fig. 15.** Changes in the daily sums of solar radiation in May at the latitude  $\varphi = 65^\circ \text{N}$  with a forecast up 1000,000 years (1900 AD,  $t = 0$ )

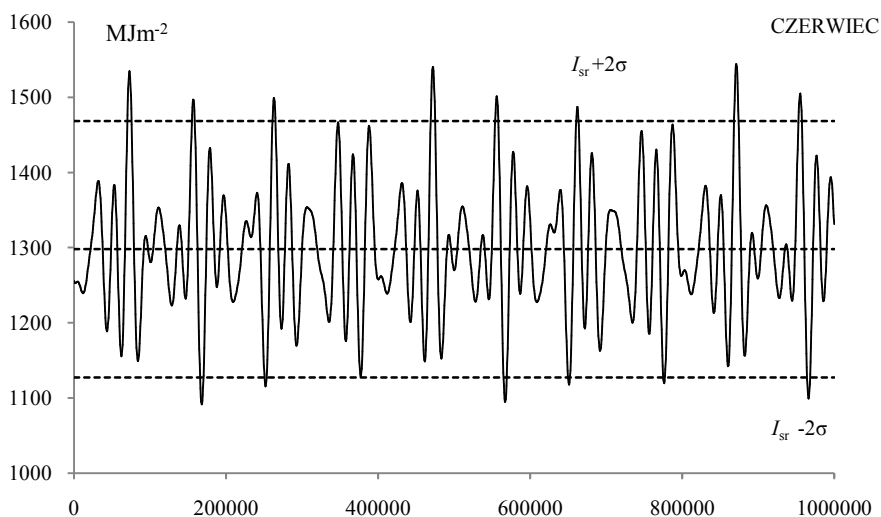


**Rys. 16.** Zmiany dobowych sum promieniowania słonecznego w maju (V) na równoleżniku  $\varphi = 65^\circ \text{N}$  w ciągu ostatnich -200 000 lat, z prognozą do 200 000 lat (1900 AD,  $t = 0$ )

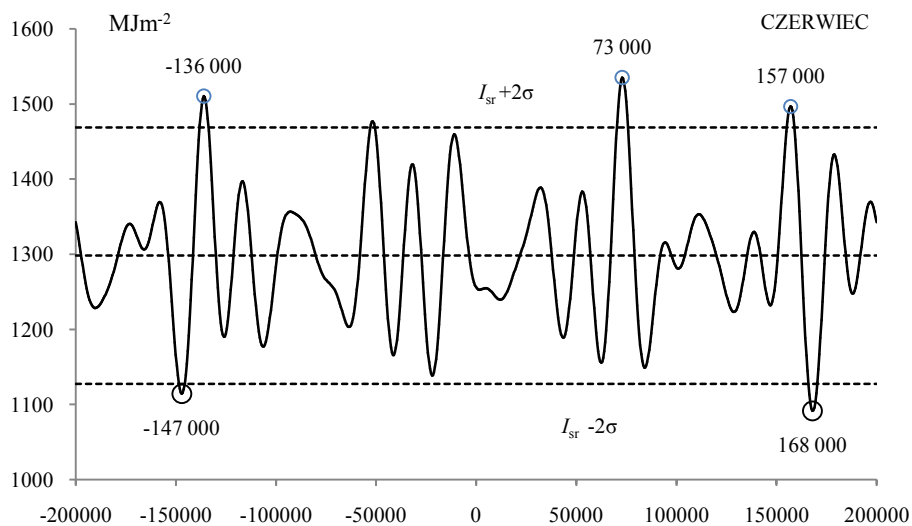
**Fig. 16.** Changes in the daily sums of solar radiation in May at the latitude  $\varphi = 65^\circ \text{N}$  in the last -200 000 years, with a forecast up 200,000 years (1900 AD,  $t = 0$ )



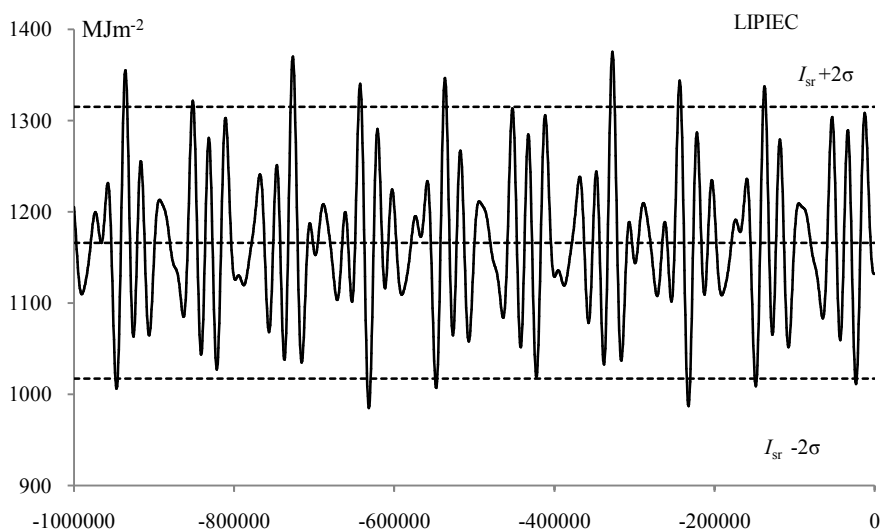
**Rys. 17.** Zmiany dobowych sum promieniowania słonecznego w czerwcu (VI) na równoleźniku  $\varphi = 65^\circ \text{N}$  w ciągu ostatnich -1000 000 lat (1900 AD,  $t = 0$ )  
**Fig. 17.** Changes in the daily sums of solar radiation in June at the latitude  $\varphi = 65^\circ \text{N}$  in the last -1000 000 years (1900 AD,  $t = 0$ )



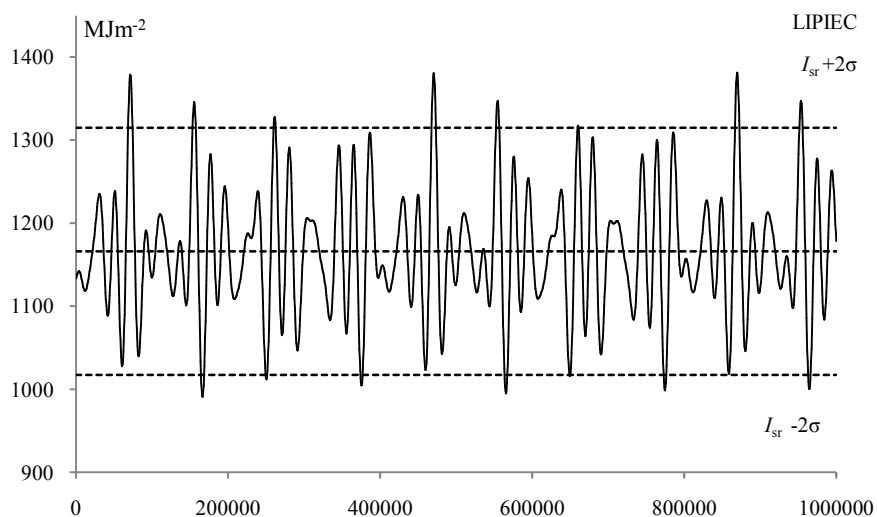
**Rys. 18.** Zmiany dobowych sum promieniowania słonecznego w czerwcu (VI) na równoleźniku  $\varphi = 65^\circ \text{N}$  z prognozą do 1000 000 lat (1900 AD,  $t = 0$ )  
**Fig. 18.** Changes in the daily sums of solar radiation in June at the latitude  $\varphi = 65^\circ \text{N}$  in, with a forecast up 1000,000 years (1900 AD,  $t = 0$ )



**Rys. 19.** Zmiany dobowych sum promieniowania słonecznego w czerwcu (VI) na równoleżniku  $\varphi = 65^\circ \text{N}$  w ciągu ostatnich 200 000 lat, z prognozą do 200 000 lat (1900 AD,  $t = 0$ )  
**Fig. 19.** Changes in the daily sums of solar radiation in June at the latitude  $\varphi = 65^\circ \text{N}$  in the last 200 000 years, with a forecast up 200,000 years (1900 AD,  $t = 0$ )

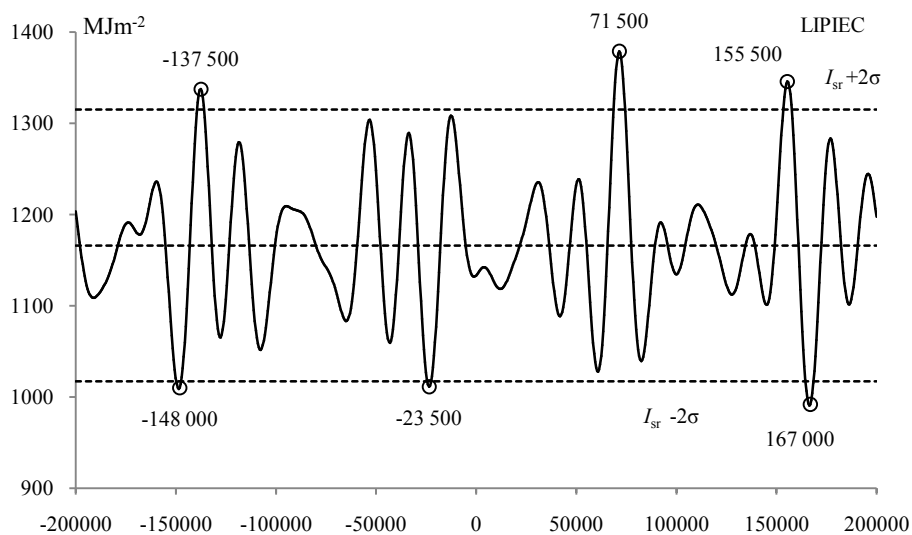


**Rys. 20.** Zmiany dobowych sum promieniowania słonecznego w lipcu (VII) na równoleżniku  $\varphi = 65^\circ \text{N}$  w ciągu ostatnich -1000 000 lat (1900 AD,  $t = 0$ )  
**Fig. 20.** Changes in the daily sums of solar radiation in July at the latitude  $\varphi = 65^\circ \text{N}$  in the last -1000 000 years (1900 AD,  $t = 0$ )



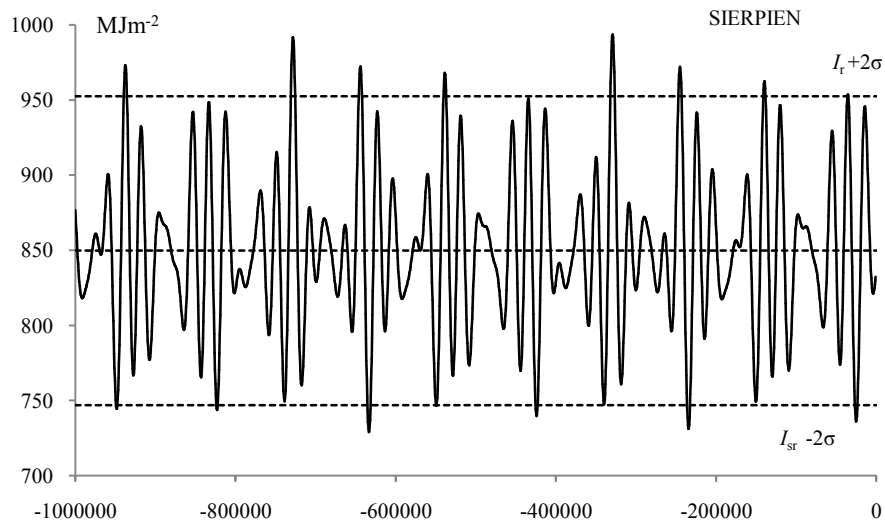
**Rys. 21.** Zmiany dobowych sum promieniowania słonecznego w lipcu (VII) na równoleżniku  $\varphi = 65^\circ \text{N}$  z prognozą do 1000 000 lat (1900 AD,  $t = 0$ )

**Fig. 21.** Changes in the daily sums of solar radiation in July at the latitude  $\varphi = 65^\circ \text{N}$ , with a forecast up 1000,000 years (1900 AD,  $t = 0$ )



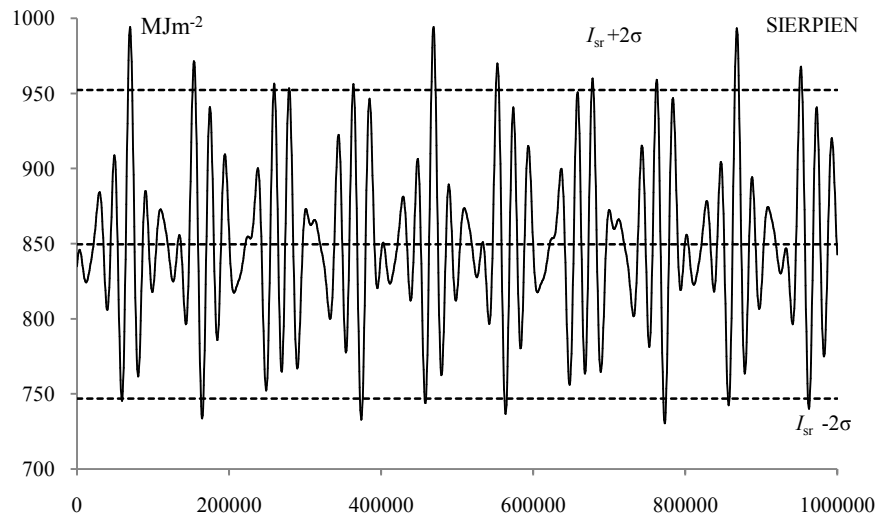
**Rys. 22.** Zmiany dobowych sum promieniowania słonecznego w lipcu (VII) na równoleżniku  $\varphi = 65^\circ \text{N}$  w ciągu ostatnich -200 000 lat, z prognozą do 200 000 lat (1900 AD,  $t = 0$ )

**Fig. 22.** Changes in the daily sums of solar radiation in July at the latitude  $\varphi = 65^\circ \text{N}$  in the last -200 000 years, with a forecast up 200,000 years (1900 AD,  $t = 0$ )



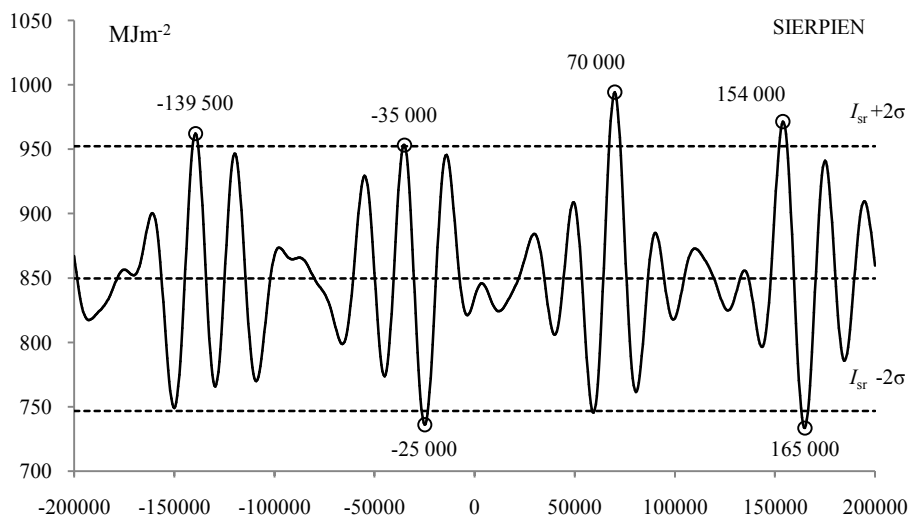
**Rys. 23.** Zmiany dobowych sum promieniowania słonecznego w sierpniu (VIII) na równoleżniku  $\varphi = 65^\circ \text{N}$  w ciągu ostatnich -1000 000 lat (1900 AD,  $t = 0$ )

**Fig. 23.** Changes in the daily sums of solar radiation in August at the latitude  $\varphi = 65^\circ \text{N}$  in the last -1000 000 years (1900 AD,  $t = 0$ )

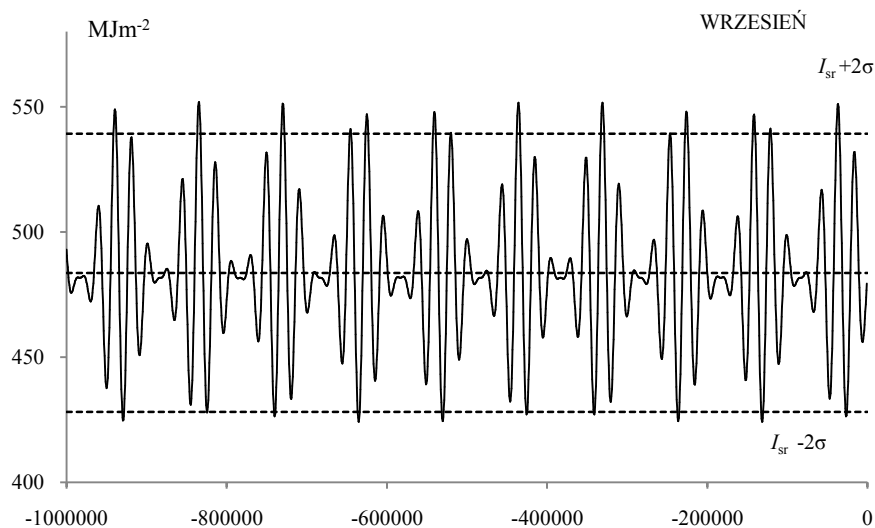


**Rys. 24.** Zmiany dobowych sum promieniowania słonecznego w sierpniu (VIII) na równoleżniku  $\varphi = 65^\circ \text{N}$  z prognozą do 1000 000 lat (1900 AD,  $t = 0$ )

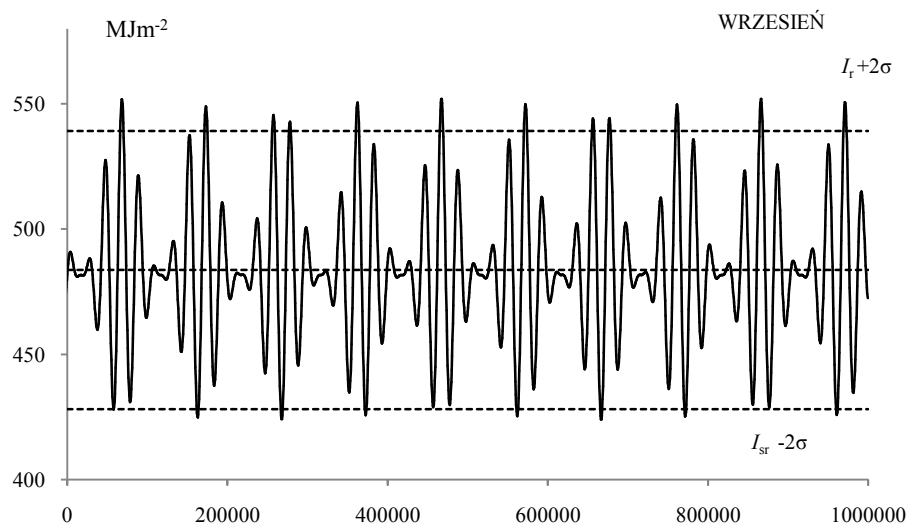
**Fig. 24.** Changes in the daily sums of solar radiation in August at the latitude  $\varphi = 65^\circ \text{N}$ , with a forecast up to 1000,000 years (1900 AD,  $t = 0$ )



**Rys. 25.** Zmiany dobowych sum promieniowania słonecznego w sierpniu (VIII) na równoleżniku  $\varphi = 65^\circ \text{N}$  w ciągu ostatnich -200 000 lat, z prognozą do 200 000 lat (1900 AD,  $t = 0$ )  
**Fig. 25.** Changes in the daily sums of solar radiation in August at the latitude  $\varphi = 65^\circ \text{N}$  in the last -200 000 years, with a forecast up 200,000 years (1900 AD,  $t = 0$ )

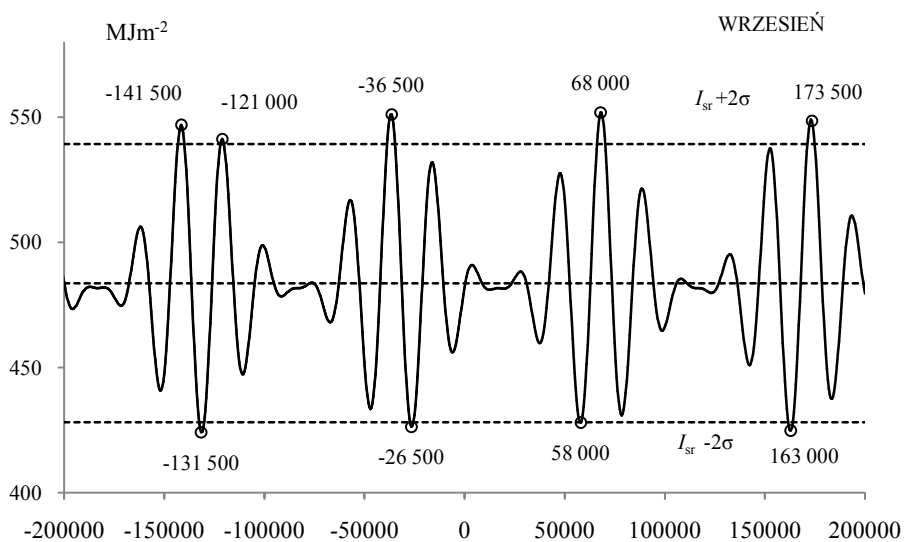


**Rys. 26.** Zmiany dobowych sum promieniowania słonecznego we wrześniu (IX) na równoleżniku  $\varphi = 65^\circ \text{N}$  w ciągu ostatnich -1 000 000 lat (1900 AD,  $t = 0$ )  
**Fig. 26.** Changes in the daily sums of solar radiation in September at the latitude  $\varphi = 65^\circ \text{N}$  in the last -1 000 000 years (1900 AD,  $t = 0$ )



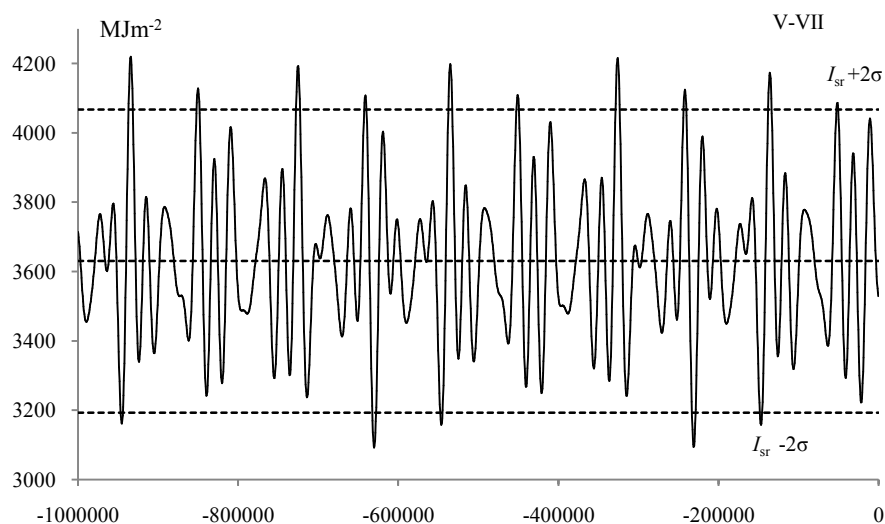
**Rys. 27.** Zmiany dobowych sum promieniowania słonecznego we wrześniu (IX) na równoleżniku  $\varphi = 65^\circ \text{N}$  z prognozą do 1 000 000 lat (1900 AD,  $t = 0$ )

**Fig. 27.** Changes in the daily sums of solar radiation in September at the latitude  $\varphi = 65^\circ \text{N}$  with a forecast up 1 000 000 years (1900 AD,  $t = 0$ )

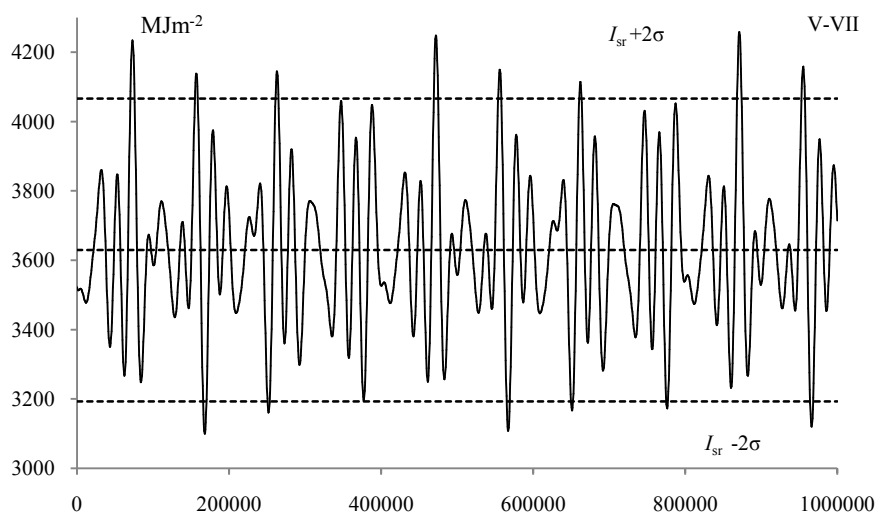


**Rys. 28.** Zmiany dobowych sum promieniowania słonecznego we wrześniu (IX) na równoleżniku  $\varphi = 65^\circ \text{N}$  w ciągu ostatnich - 200 000 lat, z prognozą do 200 000 lat (1900 AD,  $t = 0$ )

**Fig. 28.** Changes in the daily sums of solar radiation in September at the latitude  $\varphi = 65^\circ \text{N}$  in the last -200 000 years, with a forecast up 200,000 years (1900 AD,  $t = 0$ )

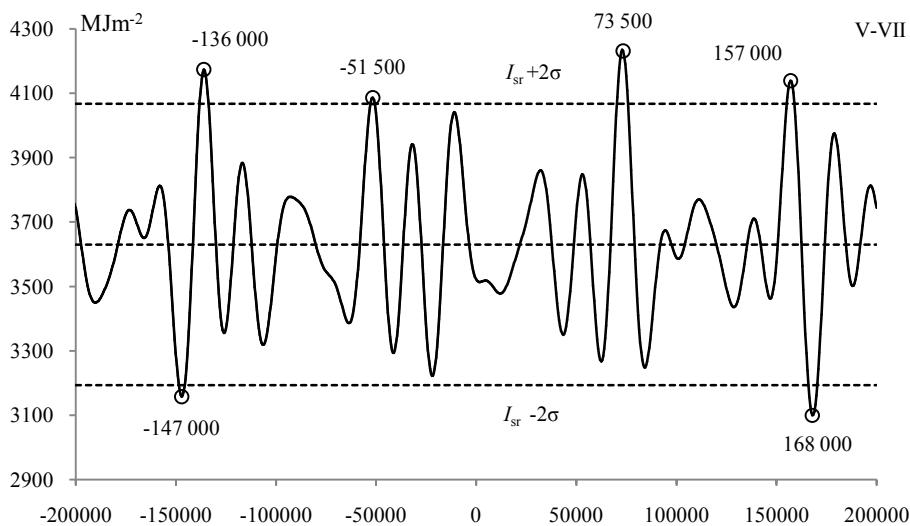


**Rys. 29.** Zmiany sum promieniowania słonecznego w okresie maj-lipiec na równoleżniku  $\varphi = 65^\circ \text{N}$  w ciągu ostatnich 1000 000 lat (1900 AD,  $t = 0$ )  
**Fig. 29.** Changes in the sums of solar radiation in the period May-July at the latitude  $\varphi = 65^\circ \text{N}$  in the last 1000 000 years (1900 AD,  $t = 0$ )



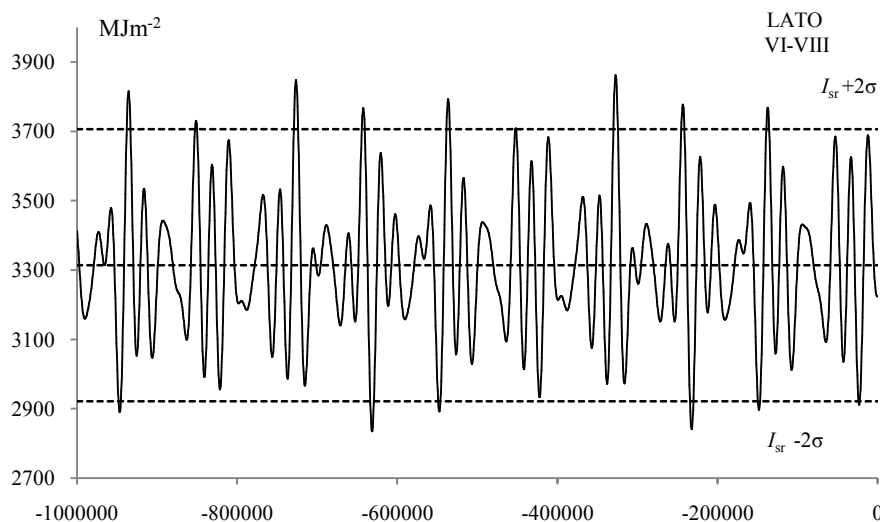
**Rys. 30.** Zmiany sum promieniowania słonecznego w okresie maj-lipiec na równoleżniku  $\varphi = 65^\circ \text{N}$  z prognozą do 1 000 000 lat (1900 AD,  $t = 0$ )  
**Fig. 30.** Changes in the sums of solar radiation in the period May-July at the latitude  $\varphi = 65^\circ \text{N}$  with a forecast up 1 000,000 years (1900 AD,  $t = 0$ )





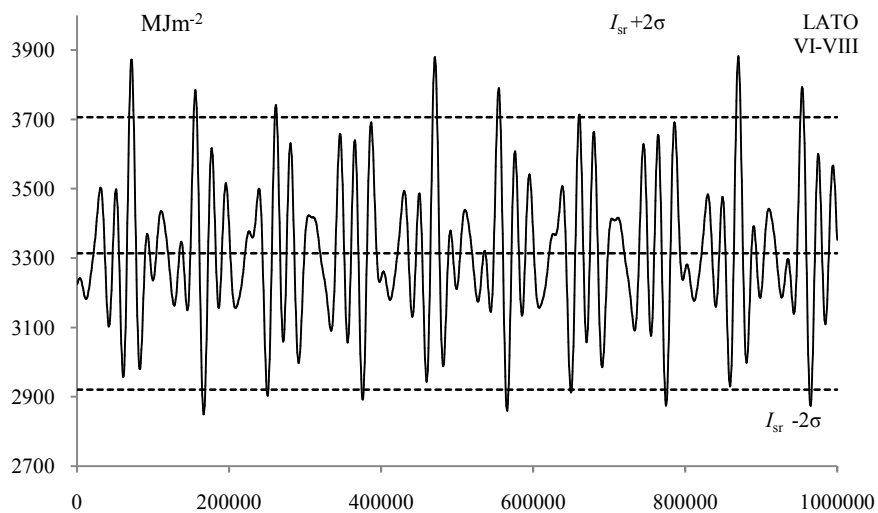
**Rys. 31.** Zmiany sum promieniowania słonecznego w okresie maj-lipiec na równoleźniku  $\varphi = 65^\circ \text{N}$  w ciągu ostatnich 200 000 lat, z prognozą do 200 000 lat (1900 AD,  $t = 0$ )

**Fig. 31.** Changes in the sums of solar radiation in the period May-July at the latitude  $\varphi = 65^\circ \text{N}$  in the last 200 000 years, with a forecast up 200,000 years (1900 AD,  $t = 0$ )



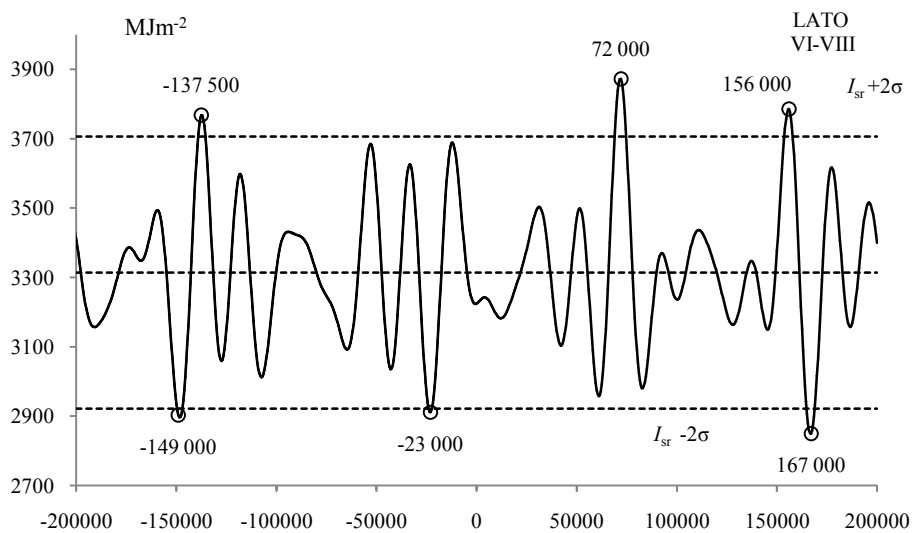
**Rys. 32.** Zmiany dobowych sum promieniowania słonecznego w lecie (VI-VIII) na równoleźniku  $\varphi = 65^\circ \text{N}$  w ciągu ostatnich 1000 000 lat (1900 AD,  $t = 0$ )

**Fig. 32** Changes in the daily sums of solar radiation in summer at the latitude  $\varphi = 65^\circ \text{N}$  in the last 1000 000 years (1900 AD,  $t = 0$ )



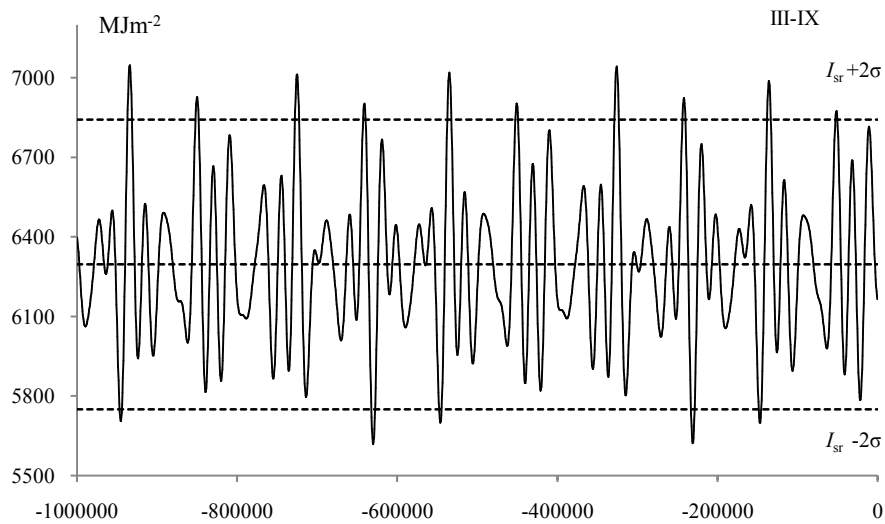
**Rys. 33.** Zmiany dobowych sum promieniowania słonecznego w lecie (VI-VIII) na równoleżniku  $\varphi = 65^\circ \text{N}$  z prognozą do 1000 000 lat (1900 AD,  $t = 0$ )

**Fig. 33.** Changes in the daily sums of solar radiation in summer at the latitude  $\varphi = 65^\circ \text{N}$  with a forecast up 1000,000 years (1900 AD,  $t = 0$ )



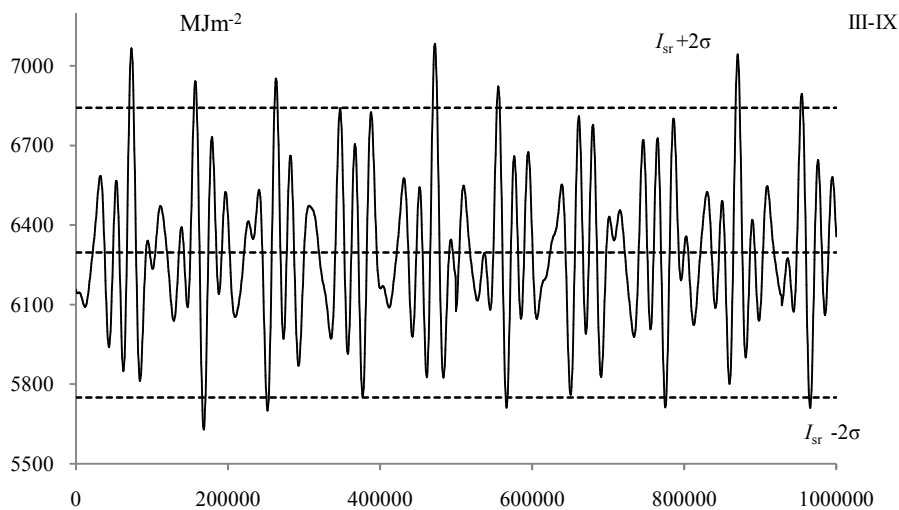
**Rys. 34.** Zmiany dobowych sum promieniowania słonecznego w lecie (VI-VIII) na równoleżniku  $\varphi = 65^\circ \text{N}$  w ciągu ostatnich 200 000 lat, z prognozą do 200 000 lat (1900 AD,  $t = 0$ )

**Fig. 34.** Changes in the daily sums of solar radiation in summer at the latitude  $\varphi = 65^\circ \text{N}$  in the last 200 000 years, with a forecast up 200,000 years (1900 AD,  $t = 0$ )



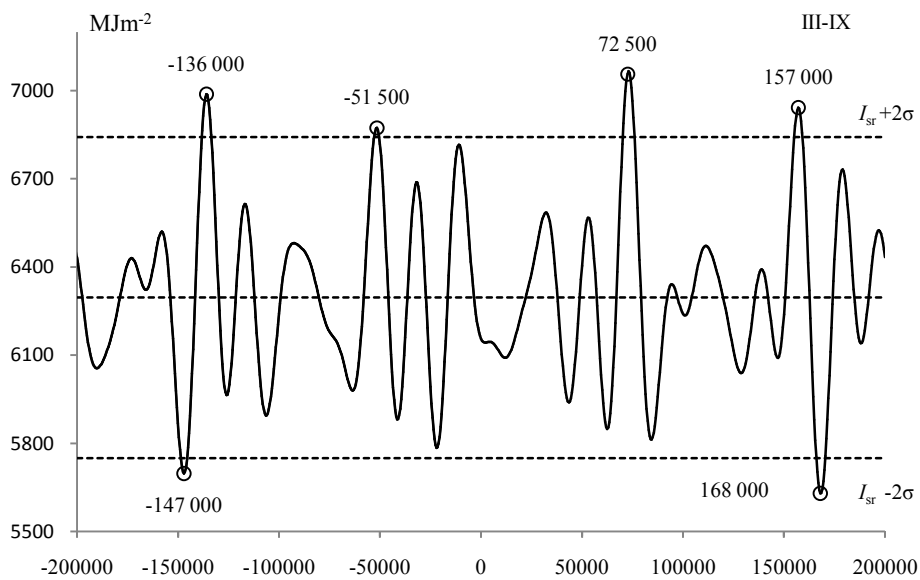
**Rys. 35.** Zmiany sum promieniowania słonecznego w okresie marzec-wrzesień na równoleżniku  $\varphi = 65^\circ \text{N}$  w ciągu ostatnich 1000 000 lat, (1900 AD,  $t = 0$ )

**Fig. 35.** Changes in the sums of solar radiation in the period March-September at the latitude  $\varphi = 65^\circ \text{N}$  in the last 1000 000 years, (1900 AD,  $t = 0$ )



**Rys. 36.** Zmiany sum promieniowania słonecznego w okresie marzec-wrzesień na równoleżniku  $\varphi = 65^\circ \text{N}$  z prognozą do 1 000 000 lat (1900 AD,  $t = 0$ )

**Fig. 36.** Changes in the sums of solar radiation in the period March-September at the latitude  $\varphi = 65^\circ \text{N}$ , with a forecast up 1 000,000 years (1900 AD,  $t = 0$ )



**Rys. 37.** Zmiany sum promieniowania słonecznego w okresie marzec-wrzesień na równoleżniku  $\varphi = 65^\circ \text{N}$  w ciągu ostatnich 200 000 lat, z prognozą do 200 000 lat (1900 AD,  $t = 0$ )

**Fig. 37.** Changes in the sums of solar radiation in the period March-September at the latitude  $\varphi = 65^\circ \text{N}$  in the last 200 000 years, with a forecast up 200,000 years (1900 AD,  $t = 0$ )

### III. ZALEŻNOŚĆ CYKLU ROCZNEGO TEMPERATURY POWIETRZA W WARSZAWIE OD AKTYWNOŚCI SŁOŃCA OBSERWOWANEJ Z ZIEMI

#### 3.1. Zależność przebiegu rocznego temperatury powietrza od liczby plam na obracającym się Słońcu (Warszawa 1951-2010)

Celem tego rozdziału jest określenie wpływu aktywności Słońca (obserwowanej z Ziemi) na przebieg roczny temperatury powietrza na przykładzie Warszawy-Okęcie (1951-2010).

Szczególną rolę odgrywa cykl roczny aktywności Słońca, spowodowany ruchem obrotowym Słońca wokół jego osi, nachylonej pod kątem  $82^{\circ}45'$  do płaszczyzny ekliptyki (o nachyleniu równika  $7^{\circ}15'$ ) i ruchem obiegowym Ziemi dookoła Słońca.

- Ruch obrotowy Słońca 25,04 dni na równiku i 31 dni w pobliżu biegunów (rys.1)
- Obieg Ziemi po orbicie eliptycznej 365,25 dni (rys. 2)

Przed pojawieniem się plamy na Słońcu najpierw wzrasta w tym miejscu natężenie pola magnetycznego. Następnie pojawiają się w fotosferze ciemne plamy – o średnicach 100 tys. km, chłodniejsze od otoczenia o około 1000 K. Plamy rozpoczynające się cyklu 11- letniego (od minimum) pojawiają się najpierw z dala od równika słonecznego, w szerokościach heliograficznych  $\pm 30^{\circ}$ , następnie przesuwiają się ku równikowi i zanikają. Podczas maksimum zajmują one tysięczną część powierzchni Słońca – w szerokościach  $\pm 15^{\circ}$ . Co 22 lata zmieniają się bieguny magnetyczne plam na przeciwnie.

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

$$W = k (10g + f) \quad (1)$$

gdzie :

$f$  – liczba pojedynczych (wyodrębnionych) plam słonecznych

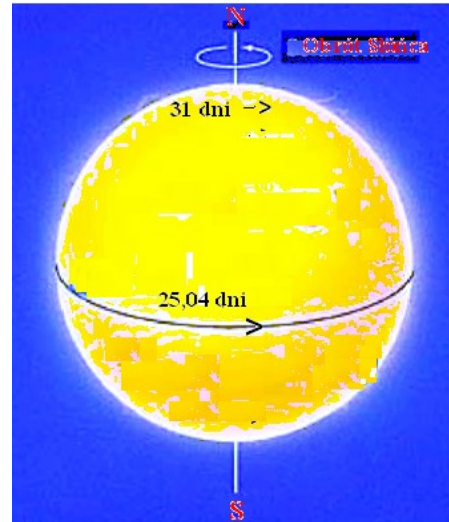
$g$  – liczba grup plam

$k$  – współczynnik korygujący różne serie obserwacyjne

Istotne znaczenie ma też poznanie cyrkulacyjnych uwarunkowań tej zależności, tj. wykazanie fazowej zgodności (synchroniczności) wahań aktywności Słońca i Oscylacji Północnoatlantyckiej – średniej dobowej wartości wieloletniej wskaźnika ( $NAO$ ) w kolejnych dniach w latach 1951-2010.

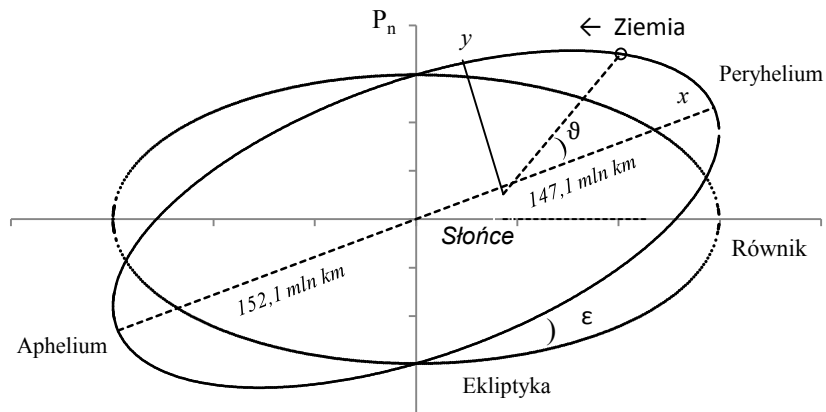
Materiały źródłowe obejmują: wyniki codziennych pomiarów temperatury powietrza w Warszawie (1950-2010 – Okęcie) – z Instytutu Meteorologii Gospodarki Wodnej; codzienne liczby Wolfa z kolejnych dni 1951-2010 – <http://sidc.oma.be/data/index.html>; <http://sidc.oma.be/sunspot-data/dailyssn.php>; daily total sunspot number, dayssn\_import.txt i codzienne wartości wskaźnika Oscylacji Północnoatlantyckiej (North Atlantic Oscillation) – [http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/precip/CWlink/pna/month\\_nao\\_index.html](http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/precip/CWlink/pna/month_nao_index.html).

Przyczyną cyklu rocznego aktywności Słońca (liczby plam na Słońcu) są więc zarówno zmiany aktywności Słońca spowodowane procesami fizycznymi zachodzącymi na jego powierzchni cyklami 11- i 22-letnim), jak też wynikające z przesuwaną się coraz innej części powierzchni obracającego się Słońca (25,04 dni na równiku i 31 dni w pobliżu biegunów) – tarczy widocznej z Ziemi poruszającej się po orbicie eliptycznej w ciągu 365,25 dni w kolejnych dniach roku



Rys 1. Obrót Słońca  
Fig.1. Solar rotation

Ruch Ziemi po orbicie eliptycznej wokół Słońca (położonego w jednym z ognisk elipsy) przedstawiono na rys.1.



Rys.2. Orbita Ziemi  
Fig. 2. The orbits of Earth

Najkrótsza ( $r_{\min}$  – peryhelium,  $\vartheta = 0$ ) i najdłuższa ( $r_{\max}$  – aphelium,  $\vartheta = \pi$ ) odległość Ziemi od Słońca wynoszą:

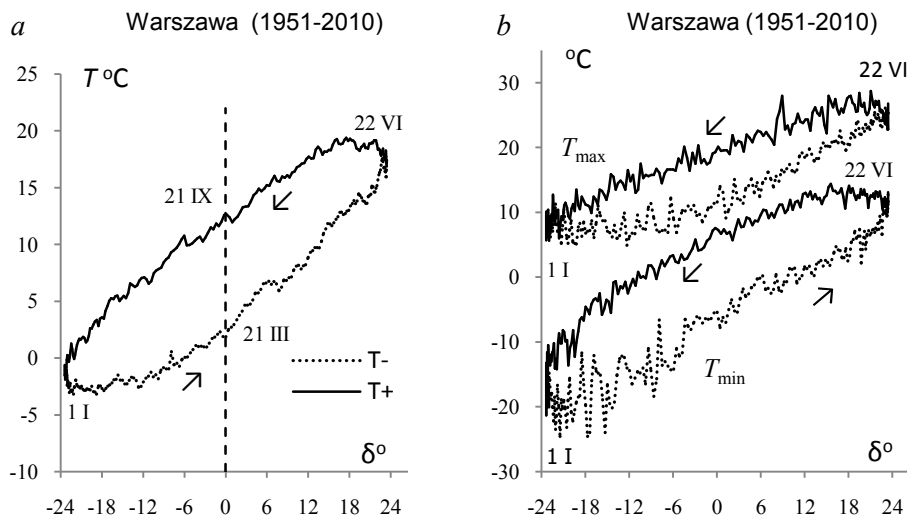
$$\begin{aligned} r_{\min} &= (1 - e) a = 151,1 \text{ mln km} \\ r_{\max} &= (1 + e) a = 147,1 \text{ mln km} \end{aligned} \quad (2)$$

Przebiegi roczne codziennych średnich 60-letnich wartości temperatury powietrza ( $T$ ) oraz średnich dobowych najniższych ( $T_{\min}$ ) i najwyższych ( $T_{\max}$ ) w Warszawie w latach 1951-2010 opisują sinusoidy regresji o częstości  $\omega = 2\pi/365.25$ , o dużych współczynnikach korelacji wielokrotnej ( $R$ ): 0,997, 0,979 i 0,980 istotnych na poziomie  $< 0,01$ :

$$\begin{aligned} T(t) &= 7.6773 + 0.002239t + 10.767682 \sin(\omega t - 1.845735), \\ T_{\min}(t) &= -2.7659 + 0.007865t + 15.190194 \sin(\omega t - 1.825587) \\ T_{\max}(t) &= 16.4562 - 0.000200t + 9.807196 \sin(\omega t - 1.810522) \end{aligned} \quad (3)$$

To opóźnienie jest spowodowane przesunięciem w czasie ekstremów dobowych (maksimów i minimów) temperatury powierzchni Ziemi (podłoża) i atmosfery względem kulminacji górnej i dolnej Słońca.

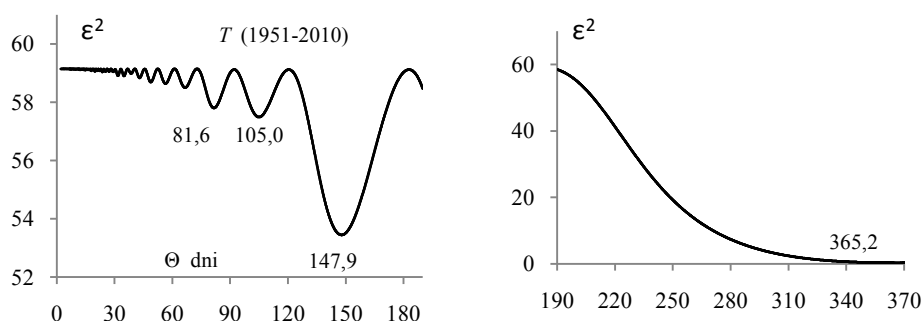
Przebieg roczny średnich dobowych 60-letnich wartości temperatury powietrza w Warszawie (1951-2010) w zależności od codziennych zmian deklinacji Słońca ( $\delta$ ) przedstawiono na rys. 3a. Ponadto przedstawiono przebieg roczny najniższych dobowych 60-letnich wartości ( $T_{\min}$ ) i najwyższych ( $T_{\max}$ ) w odniesieniu do deklinacji Słońca ( $\delta$ ) (rys. 3b).



**Rys. 3.** Przebieg roczny temperatury powietrza w Warszawie (1951-2010) w odniesieniu do deklinacji Słońca ( $\delta$ ), a) wartości średnich dobowych 60-letnich ( $T$ ), b) wartości najniższych dobowych 60-letnich ( $T_{\min}$ ) i najwyższych ( $T_{\max}$ )

**Fig. 3.** Annual profile of air temperature in Warsaw (1951-2010) vs. angle of solar declination ( $\delta$ ): a) 60-year daily average ( $T$ ), b) 60-year minimum daily average ( $T_{\min}$ ) 60-year maximum daily average ( $T_{\max}$ )

Widmo oscylacji temperatury powietrza w Warszawie w latach 1951-2010 przedstawiono na rys. 4.



Rys. 4. Widmo średniej dobowej temperatury powietrza ( $T$ ) w Warszawie (1951-2010)  
 Fig. 4. Spectrum of daily meant air temperature ( $T$ ) in Warsaw (1951-2010)

Zmiany roczne codziennych wartości temperatury powietrza w Warszawie w latach 1951-2010: średniej dobowej ( $T$ ) oraz średnich dobowych najniższych ( $T_{\min}$ ) i najwyższych ( $T_{\max}$ ) z kolejnych dni (60 lat) są podobne do zmian rocznych wskaźnika Oscylacji Północnoatlantycznej: średniej dobowej ( $NAO$ ) oraz najniższych ( $NAO_{\min}$ ) i najwyższych ( $NAO_{\max}$ ) codziennych (wieloletnich) wartości. Powodują one pojawianie się w pewnych odstępach czasu kilkudniowych ociepleń i ochłodzeń (fal ciepła i chłodu).

Świadczą o tym przebiegi roczne wskaźników Oscylacji Północnoatlantycznej:  $NAO$ ,  $NAO_{\min}$  i  $NAO_{\max}$  zbliżone do sinusoid regresji o równaniach (3) o okresie  $\Theta=365,25^d$ ), wyznaczone na podstawie 365 (366) wartości z kolejnych dni.

$$\begin{aligned} NAO(t) &= -0,033666 - 0,000052 t + 0,03856591 \sin\left(\frac{2\pi}{365,25} t - 848821\right) \\ NAO_{\min}(t) &= -4,085093 + 0,001626 t + 1,931304 \sin\left(\frac{2\pi}{365,25} t - 1,910102\right) \\ NAO_{\max}(t) &= 3,5043 - 0,000052 t + 1,778929 \sin\left(\frac{2\pi}{365,25} t + 1,067360\right) \end{aligned} \quad (4)$$

Ich współczynniki korelacji wielokrotnej ( $R = 0,207$ ;  $R = 0,466$ ;  $R = 0,345$ ) są istotne (na poziomie 0,01, bowiem statystyki testu Fishera-Snedecora ( $F_{\text{obl}} = 8,100$ ;  $F_{\text{obl}} = 50,21$ ;  $F_{\text{obl}} = 24,45$ .) są większe od wartości krytycznej  $F_k = 4.67$ ).

Ochłodzenia i ocieplenia w przebiegu rocznym codziennych wartości temperatury powietrza w Warszawie w latach 1951-2010 zależą od przebiegu rocznego Oscylacji Północnoatlantycznej ( $NAO$ ). Wartości wskaźnika  $NAO$  określają równoleżnikowy transport mas powietrza: w kierunku wschodnim –  $NAO > 0$  i południkowym –  $NAO < 0$  (Marsz, 1999, 2008).

Przebieg roczny wskaźnika  $NAO$ , jest zbliżony do sinusoid regresji  $NAO(t)$  o częstości  $\omega = 2\pi/365.25$  wyznaczonej na podstawie 365 (366) wartości z kolejnych dni (z 60 lat) (rys. 5):

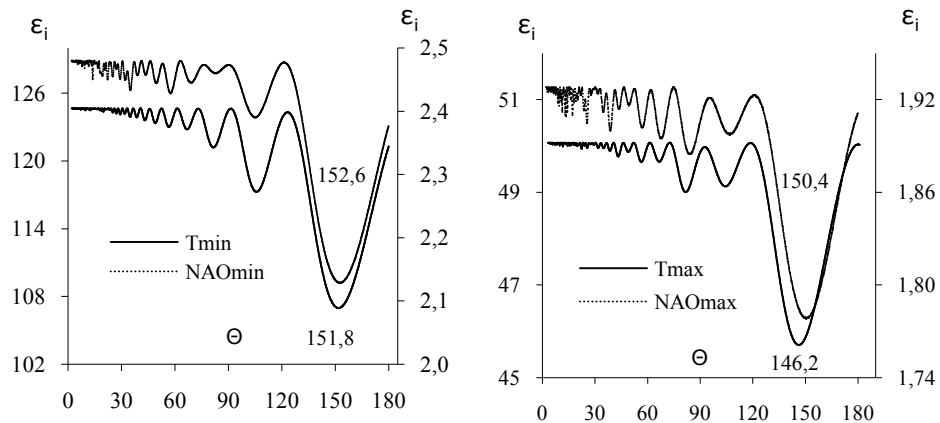
Przebiegi roczne odchyłeń dobowych minimów temperatury powietrza  $\Delta T_{\min}$  (od cyklu rocznego o okresie  $365,25^d$ ) i wskaźnika  $NAO_{\min}$  dobrze opisują sinusoidy regresji



o okresach 151,8 i 152,6 dni i współczynnikach korelacji  $R=0,449$  i  $R=0,491$  (istotnych na poziomie 0,01,  $F_{obl}=40,837$  i  $F_{obl}=50,089$ ) (rys. 5).

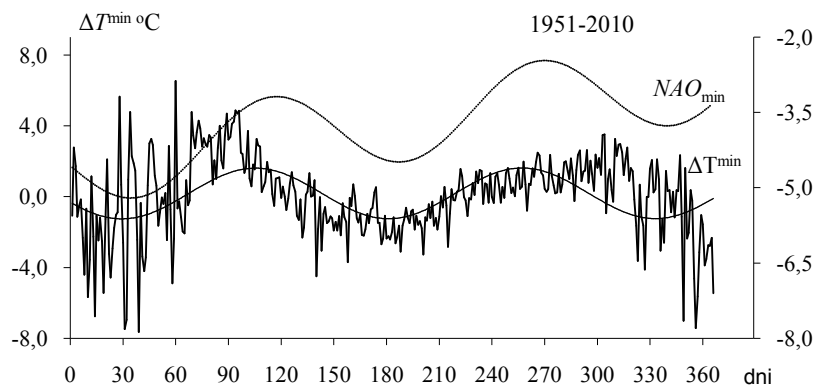
$$\Delta T_{\min} = 0,172562 + 1,429831 \sin\left(\frac{2\pi}{151,3} t - 2,786798\right)$$

$$NAO_{\min} = -4,55782 + 0,004717t + 0,821807 \sin\left(\frac{2\pi}{152,6} t + 3,115565\right) \quad (5)$$



Rys. 5. Widma ekstremów dobowych temperatury powietrza ( $T_{\min}$ ,  $T_{\max}$ ) w Warszawie i wskaźnika  $NAO$  ( $NAO_{\min}$ ,  $NAO_{\max}$ ) – najniższych i najwyższych w latach (1951-2010)

Fig. 5. Spectra of daily extremes of air temperature ( $T_{\min}$ ,  $T_{\max}$ ) in Warsaw and  $NAO$  index ( $NAO_{\min}$ ,  $NAO_{\max}$ ) – the lowest and highest in the 60 year period (1951-2010)

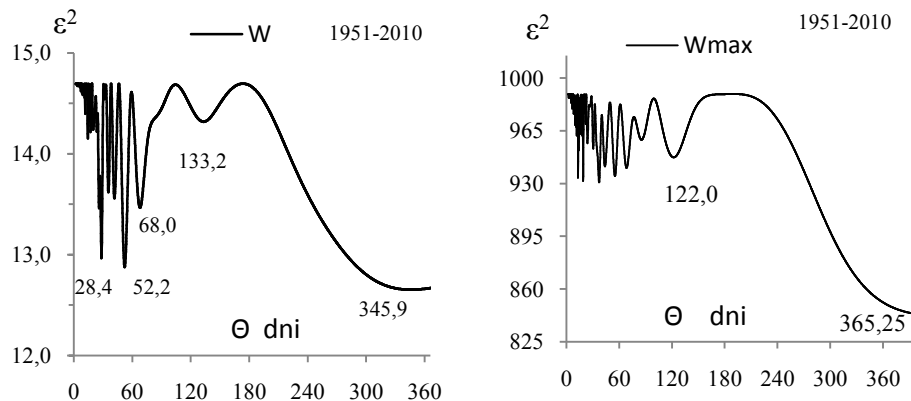


Rys. 6. Synchroniczne zmiany odchyleń temperatury powietrza  $\Delta T^{\min}$  – cykl 151,8 dni i Oscylacji Północno-atlantycznej  $\Delta NAO_{\min}$  – cykl 152,6 dni

Fig. 6. Changes synchronic of deviations of air temperature  $\Delta T^{\min}$  – 151.8 day period and North Atlantic Oscillation  $\Delta NAO_{\min}$  – 152.6 day period

Zmiany odchyłeń  $\Delta T_{\min}$  i wskaźnika  $NAO_{\min}$  w tych cyklach są synchroniczne – ekstrema sinusoid przypadają w przybliżeniu na te same dni.

W widmie średnich dobowych liczb Wolfa ( $W$ ) w latach 1951-2010 są obecne cykle długie  $\Theta = 133,2$  dni i 345,9 dni, a maksymalnych  $W_{\max}$  – 122,0 dni i 365,25 dni. (rys. 7).



**Rys. 7.** Widmo dobowych liczb Wolfa w latach 1951-2010  
**Fig. 7.** Spectrum of daily Wolf numbers in years 1951-2010

Posłużenie się wartościami codziennymi z kolejnych 60 lat umożliwia wyznaczenie cykli zmian aktywności Słońca o długościach w przedziale 1-365 dni. W widmach średnich dobowych ( $W$ ) i maksimum dobowych liczb Wolfa ( $W_{\max}$ ) są obecne najsilniejsze cykle zbliżone do cyklu rocznego (rys. 8).

Przebieg roczny liczb Wolfa: średnich dobowych  $W$  (1951-2013) i najwyższych codziennych  $W_{\max}$  (1951-2010) dobrze opisują równania sinusoid regresji o założonej częstotliwości  $\omega = 2\pi/365,25$ :

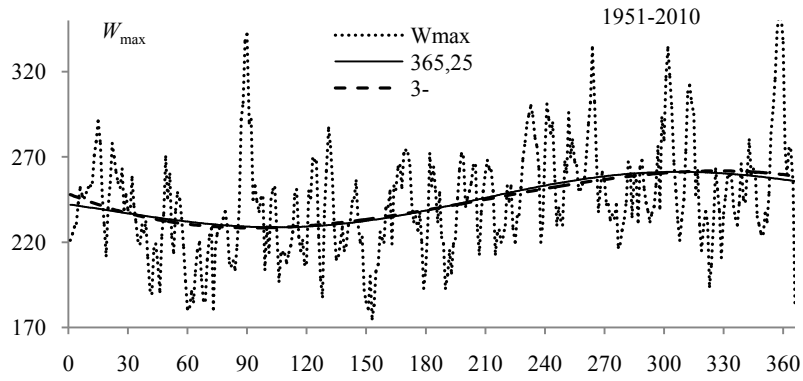
$$\begin{aligned} W &= 66,832 + 0,00466 t + 1,776792 \sin(\omega t - 2,431845) \\ W_{\max} &= 237,2007 + 0,037789 t + 12,604851 \sin(\omega t - 2,737850) \end{aligned} \quad (6)$$

Współczynniki korelacji:  $R=0,433$  i  $R=0,385$  są istotne na poziomie 0,01 (wartości testu Fishera-Snedecora  $F_{\text{obl}} = 41,65$  i  $F_{\text{obl}} = 29,059$  są większe od  $F_{\text{kr}} = 4,67$ ).

Przebieg roczny maksimum dobowych liczb Wolfa potwierdza aproksymacja maksimum liczb Wolfa wielomianem regresji 3-go stopnia  $W_{\max}$  względem czasu  $t$  (o współczynniku korelacji  $R=0,387$ ) – z minimum wiosennym i maksimum jesiennym:

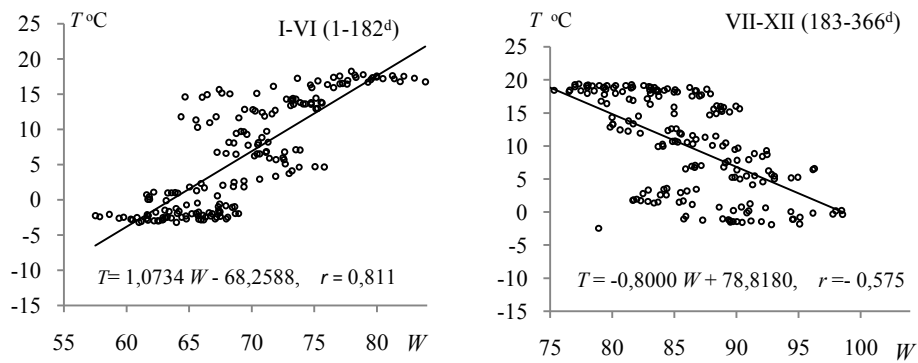
$$W_{\max} = -0,00000521t^3 + 0,00328586t^2 - 0,47647544t + 248,46879 \quad (7)$$

Wykresy wielomianu regresji 3-go stopnia (3-) i sinusoidy regresji (365,25) prawie pokrywają się (rys. 20).

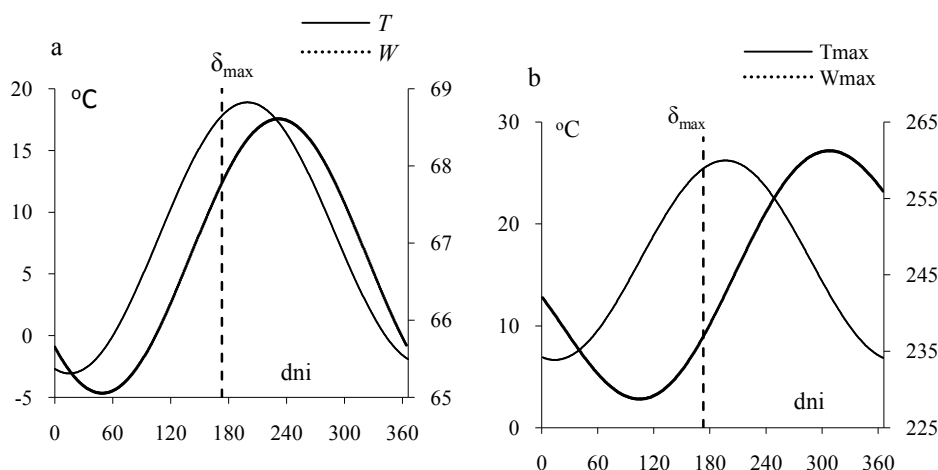


**Rys. 8.** Przebieg roczny aktywności Słońca – maksimumu dobowych liczb Wolfa ( $W_{\max}$ ) (1951-2010)  
**Fig. 8.** Annual course of solar activity, daily maximum Wolf numbers ( $W_{\max}$ ) (1951-2010)

Współczynnik regresji średniej dobowej temperatury  $T$  względem średnich dobowych liczb Wolfa ( $W$ ) jest dodatni ( $1,07^{\circ}\text{C}/1$ ) w miesiącach I-VI, a ujemny ( $-0,8^{\circ}\text{C}/1$ ) w miesiącach VII-XII. Współczynniki korelacji odpowiednio wynoszą  $r=0,811$  i  $r=-0,575$  (rys. 9).



**Rys. 9.** Korelacja temperatury powietrza ( $T$  – średniej dobowej w okresie 60 lat) w Warszawie i liczb Wolfa (1951-2010)  
**Fig. 9.** Correlation of the air temperature daily values ( $T$  – daily average in the 60-year period) in Warsaw and Wolf numbers ( $W$ )(1951-2010)



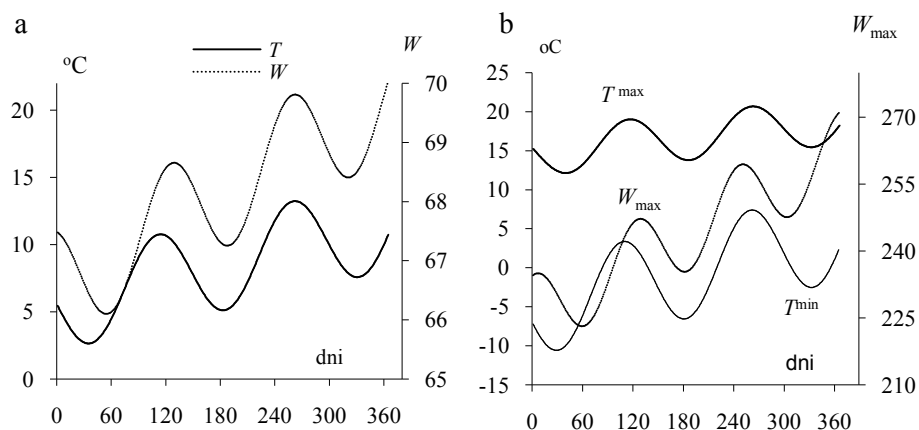
**Rys. 10.** Przebieg roczny temperatury powietrza w Warszawie (1951-2010) i aktywności Słońca (liczb Wolfa, a)  $T$  i  $W$ , b)  $T_{\max}$  i  $W_{\max}$   
**Fig. 10.** Annual profile of air temperature in Warsaw (1951-2010) and of solar activity (Wolf numbers), a)  $T$  and  $W$ , b)  $T_{\max}$  and  $W_{\max}$

W celu wykazania dużej zależności temperatury powietrza w Warszawie od liczb Wolfa wyznaczono równania i porównano sinusoidy regresji o okresach najdłuższych występujących w widmach oscylacji (bez cyklu rocznego o długości  $\Theta=365,25$  dni):  $T$  – 147,9 dni;  $W$  – 133,2 dni;  $T_{\min}$  – 151,8 dni;  $T_{\max}$  – 146,2 dni i  $W_{\max} = 122,0$  dni. Cykle te charakteryzują się istotnymi współczynnikami korelacji wielokrotnej ( $R$ ) – odpowiednio 0,386, 0,283, 0,453, 0,340 i 0,384 (na poziomie 0,01,  $F_{kr} = 4,67$ ).

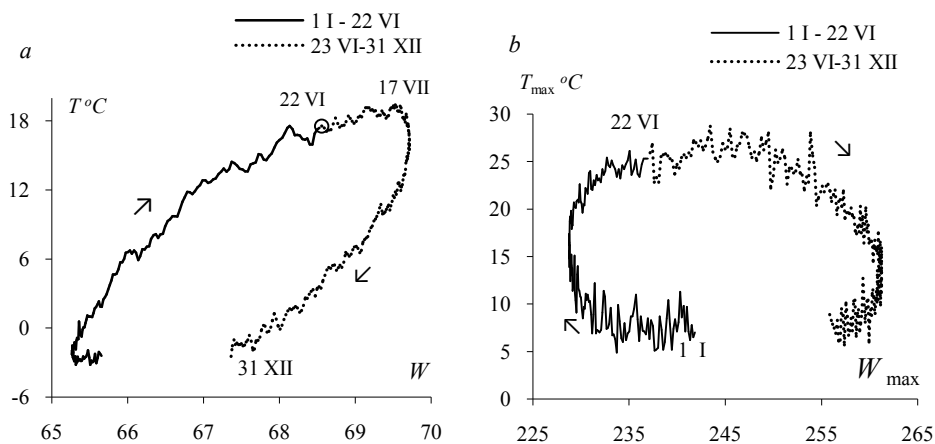
	$R$	$F_{obl}$
$T = 5,4431+0,016665t+3,4193586\sin(2\pi t/147,9+3,064770)$	0,386	31,49
$T_{\min} = -5,4719+0,026545t+5,929996\sin(2\pi t/151,8-2,916341)$	0,453	46,73
$T_{\max} = 14,6991+0,011321t+3,017739\sin(2\pi t/146,2+2,916286)$	0,340	23,66
$W = 66,583+0,008651t+0,971094\sin(2\pi t/133,2+1,9481450)$	0,283	15,76
$W_{\max} = 225,7675+0,100149t+8,766014\sin(2\pi t/122,0+1,430669)$	0,384	31,31

Na uwagę zasługują synchroniczne wahania i tendencje rosnące średniej dobowej temperatury powietrza ( $T$ ) w Warszawie – w cyklu 147,9 dni i średnich dobowych liczb Wolfa ( $W$ ) – w cyklu 133,2 dni (rys. 23a). Analogiczny wniosek o zależności najniższych ( $T^{\min}$ ) i najwyższych ( $T_{\max}$ ) średnich dobowych wartości temperatury powietrza w Warszawie od maksimum dobowych liczb Wolfa ( $W_{\max}$ ) wynika z porównania sinusoid o okresach  $T_{\min}$  – 151,8 dni,  $T_{\max}$  – 146,2 dni i  $W_{\max}$  – 122,0 dni (rys. 23-b).

Trzeba zauważyć, że w cyklu rocznym (spowodowanym ruchem obiegowym Ziemi dookoła Słońca) wzrost średniej dobowej temperatury powietrza  $T$  w miesiącach od stycznia do połowy lipca, wywołany jest dodatkowo wzrostem aktywności Słońca (dobowych liczb Wolfa  $W$ ), a jej późniejszy spadek do grudnia – mniejszą aktywnością Słońca  $W$  (rys. 11-12).



**Rys. 11.** Zmiany roczne temperatury powietrza w Warszawie i liczb Wolfa (1951-2010); a) średnich dobowych  $T$ ,  $W$ ; b) ekstremów dobowych  $T^{\max}$ ,  $T^{\min}$ ,  $W_{\max}$   
**Fig. 11.** Annual course of air temperature in Warsaw and Wolf numbers; a) daily mean  $T$ ,  $W$ ; b) daily extremes  $T^{\max}$ ,  $T^{\min}$ ,  $W_{\max}$



**Rys.12.** Zależność temperatury powietrza w Warszawie (1951-2010) od aktywności Słońca (liczb Wolfa), a)  $T$  od  $W$ , b)  $T_{\max}$  od  $W_{\max}$ .  
**Fig. 12.** Dependence of air temperature in Warsaw (1951-2010) on solar activity (Wolf numbers), a)  $T$  on  $W$ , b)  $T_{\max}$  on  $W_{\max}$

To opóźnienie ekstremów dobowych (maksimów i minimów) temperatury powietrza względem kulminacji górnej i dolnej Słońca wynika nie tylko z procesów fizycznych wymiany energii cieplnej między powierzchnią czynną (podłożem) i atmosferą, lecz także z przebiegu rocznego aktywności Słońca (liczby plam na widocznej z Ziemi tarczy obracającego się Słońca)

## The dependency between annual air temperature and solar activity. A case study of Warsaw in 1951–2010.

### Abstract

The paper demonstrates a dependency between the annual average daily air temperature course (cycle) in Warsaw and the profile of annual solar activity linked to rotation (with a period of 25–31 days). Waves of cold ( $\Delta T < 0$ ) or heat ( $\Delta T > 0$ ) were defined as  $\Delta T$  deviations of daily average temperature ( $T$ ) using a regression sinusoid  $f(t)$  with a period of 365 days. Cold waves were found to generally occur at times of low daily average solar activity (relative to 60-year average), while hot waves tended to coincide with high Wof numbers. The cycles of the variables were derived using the sinusoid regression method (Boryczka, 1998). The maximum sinusoid regression of the annual air-temperature cycle  $T$  is delayed by nearly one month vis-à-vis the maximum declination of the Sun. The maximum of the regression sinusoid of daily average Wof numbers ( $W$ ) was delayed from the maximum declination by more than two months.

### Keywords

Cold waves • heat waves • solar activity • regression sinusoid • period • inference

© University of Warsaw – Faculty of Geography and Regional Studies

Jerzy Boryczka<sup>1</sup>, Maria Stopa-Boryczka<sup>2</sup>,  
Urszula Kosowska-Cezak<sup>3</sup>, Jolanta Wawer<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Institute of Physical Geography,  
Faculty of Geography and Regional Studies,  
University of Warsaw, Poland  
e-mail: j.boryczka@uw.edu.pl

<sup>2</sup>Institute of Physical Geography,  
Faculty of Geography and Regional Studies,  
University of Warsaw, Poland  
e-mail: mstopa@uw.edu.pl

<sup>3</sup>Institute of Physical Geography,  
Faculty of Geography and Regional Studies,  
University of Warsaw, Poland

<sup>4</sup>Institute of Physical Geography,  
Faculty of Geography and Regional Studies,  
University of Warsaw, Poland  
e-mail: j.wawer@uw.edu.pl

Received: 14 May 2016  
Accepted: 24 July 2017

### Introduction

The main objective of this paper is to determine the influence of solar activity, as observed from the Earth, on the annual course of air temperatures using Warsaw over the period 1951–2010 as a case study.

In the study of the annual air temperature course a particularly important role is played by annual, or shorter, cycles of solar activity linked to the Earth's orbiting around the Sun (365.25 days) and the Sun's rotation around its axis inclined at an angle of 82°45' to the plane of the ecliptic (with an inclination of the equator of 7°15'). The Sun has a rotation period of 25.04 days at its equator and 31 days near its poles.

The dominant contribution of solar radiation in shaping the Earth's climate during the gradual warming of the climate in the 19<sup>th</sup> to 20<sup>th</sup> century is evidenced by the synchronic changes of average air temperature in the northern hemisphere in the years 1856–2002 (Bemes, 2003) and 11-year moving average Wolf numbers (Boryczka, Stopa-Boryczka, 2004). The years 1920–2002 are characterised by significant warming, with a local minimum in the 1970s. The same is true of the deviation of the consecutive averages of Wolf numbers for the same periods. The main local minimum of the Wolf numbers corresponds to the main local minimum of the temperature in the 1970s; solar activity in the years 1925–2002 is also much greater than before 1925.

Changes in air temperature  $T$  (11-year moving average) in Europe (Paris, Berlin, Stockholm, Warsaw, Cracow, Prague, Vienna, Tallinn, Basel, Oxford) and solar activity  $W$  in the years 1840–1994 are described by regression equations (1) and (2), with correlation coefficients of  $r=0.913$  and  $r=0.512$ , with statistical significance at  $<0.01$  (Boryczka, 2015).

$$T = 0.007131t - 5.16899 \quad (1)$$

$$W = 0.262018 t - 445.6094 \quad (2)$$

The dependency between annual air temperature (11-year moving average) in Europe in the years 1840–1994 and solar activity is described by equation (3), with correlation coefficient of  $r=0.528$ , and statistical significance at  $<0.01$ .

$$T = 0.01150 W + 7.86782 \quad (3)$$

The annual course of air temperature ( $T$ ), represented by (60-year) average daily values from continuous 365-day strings over the period 1951–2010 is illustrated by a curve with numerous peaks and troughs representing short hot and cold spells, or waves.

Examples include the cold waves in May and summer known in Poland under a variety of colourful names including, 'the cold gardeners' (from patron saints Pancras, Servatius and Boniface on 12–14 May), 'the cold Sophie' (patron saint of 15 May), and 'the European monsoon' (June) (Kosowska-Cezak, 1994); the Indian summer hot waves known as 'babie lato' (September and October); and winter warm and cold waves captured in a folk proverb 'If St Barbara's (4 December) is wet then Christmas (25 December) will be icy' (Stopa-Boryczka et al., 2006).

The sources used in the study included daily air temperatures in Warsaw measured during the period 1951–2010 which were obtained from the archives of the Institute of Meteorology and Water Management. Daily values of the NAO index covering the

#### IV. ZMIANY KLIMATU ZIEMI WEDŁUG IZOTOPU TLENU $\delta^{18}\text{O}$ W RDZENIACH LODOWYCH WYSPIY DEVON I GRENLANDII ORAZ OSADÓW W JEZ. WIKARYJSKIM I JEZ. GOŚCIAŹ

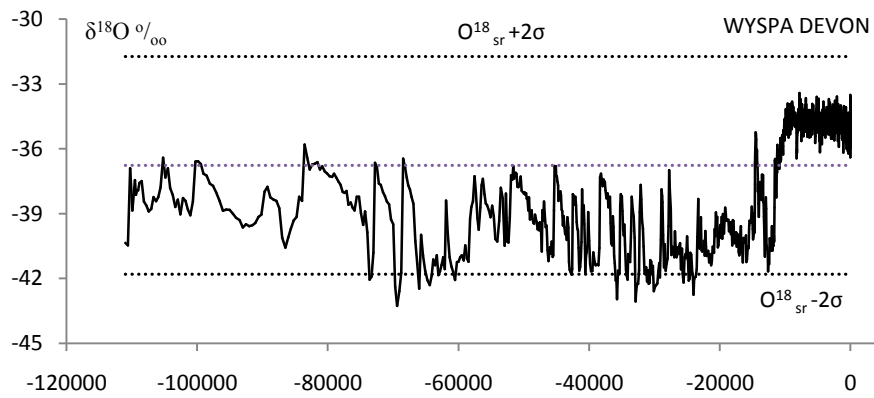
##### 4.1. Ochłodzenia i ocieplenia klimatu Ziemi (od -110 980 BP) według zawartości izotopu tlenu $\delta^{18}\text{O}$ w rdzeniu lodowym z wyspy Devon

Ważnych informacji o globalnych zmianach klimatu dostarczają zmiany zawartości izotopu tlenu  $\delta^{18}\text{O}$  w rdzeniach lodowych z Arktyki (Boryczka i in., 2010). Izotop  $\delta^{18}\text{O}$  ‰ zawarty w rdzeniu lodowym (od -110 980 BP) z wyspy Devon (w Arktyce Kanaadyjskiej), pochodzi z parowania ciężkiej wody ( $\text{H}_2^{18}\text{O}$ ) z oceanów – większego podczas ociepleń (rys. 1).

O anomaliami termicznych (największych ochłodzeniach i ociepleniach klimatu) informują ekstrema izotopu tlenu  $\delta\text{O}^{18}$  – minima ( $t_{\text{inf}}, \delta\text{O}^{18}_{\text{nf}}$ ) i maksima ( $t_{\text{sup}}, \delta\text{O}^{18}_{\text{sup}}$ ). Za wyjątkowe pod względem termicznym uznano lata, w których wartość ( $\delta\text{O}^{18}$ ) różni się od średniej wieloletniej ( $\delta\text{O}^{18}_{\text{sr}}$ ) co najmniej o 2 odchylenia standardowe ( $\sigma$ ):  $\delta\text{O}^{18}_{\text{inf}} \leq \delta\text{O}^{18}_{\text{sr}} - 2\sigma$  i  $\delta\text{O}^{18}_{\text{sup}} \geq \delta\text{O}^{18}_{\text{sr}} + 2\sigma$ .

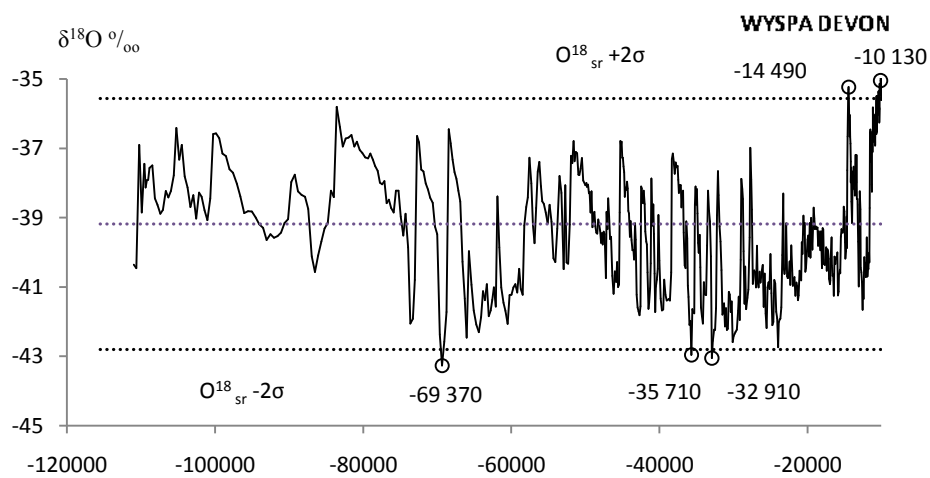
Ekstremy zmian klimatu w XXI-XXII wieku opracowano także na podstawie wartości izotopu tlenu  $\delta^{18}\text{O}$  w ośmiu rdzeniach lodowych pobranych z Grenlandii środkowej:

		$\delta\text{O}^{18}_{\text{sr}}$	$\sigma$	$\text{O}^{18}_{\text{sr}} - 2\sigma$	$\text{O}^{18}_{\text{sr}} + 2\sigma$
DEVON	-110 980 -40	-36,7588	2,516517508	-41,791835	-31,725765
DEVON	-110 980 -10050	-39,1814	1,809230	-42,799826	-35,562907
DEVON	-10050-40	-34,796	0,45643433	-35,708869	-33,883131
GRIP 89-1	1772-1986	-35,238	1,132701	-37,5032	-32,9724
GRIP 89-2	1772-1986	-35,1573	1,090448	-37,3382	-32,9764
GRIP 89-3	1772-1779	-35,300	1,153332	-37,606711	-32,993385
GRIP 91-2	1772-1986	-35,275	1,1783515	-37,632145	-32,918739
GRIP 91-3	1772-1779	-35,2551	1,275764	-37,8067	-32,7036
AVGRIP	1772-1779	-35,2522	0,906515	-37,06519	-33,43913
GISP2	1772-1986	-35,0572	1,196178	-37,4496	-32,6649
ALL	1772-1986	-35,217	0,878350	-36,97372	-33,4603



**Rys. 1** Zmiany promieniowania słonecznego i interferencja cykli  $f(t)$  izotopu tlenu  $\delta^{18}\text{O}$  (Wyspa Devon) w przedziale czasu  $-110977 < t < 35\ 000$  lat

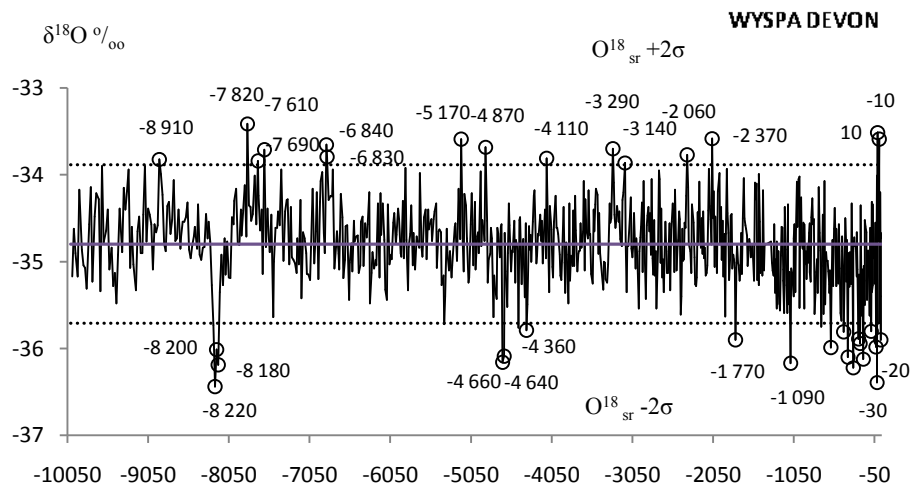
**Fig. 1.** Changes of solar radiation, isotope  $\delta^{18}\text{O}$  (Devon Island), and interference of cycles  $f(t)$  in the time



**Rys. 2** Zmiany promieniowania słonecznego i interferencja cykli  $f(t)$  izotopu tlenu  $\delta^{18}\text{O}$  (Wyspa Devon) w przedziale czasu  $-110977 < t < 35\ 000$  lat

**Fig. 2.** Changes of solar radiation, isotope  $\delta^{18}\text{O}$  (Devon Island), and interference of cycles  $f(t)$  in the time frame:  $-110977 < t < 35000$  years

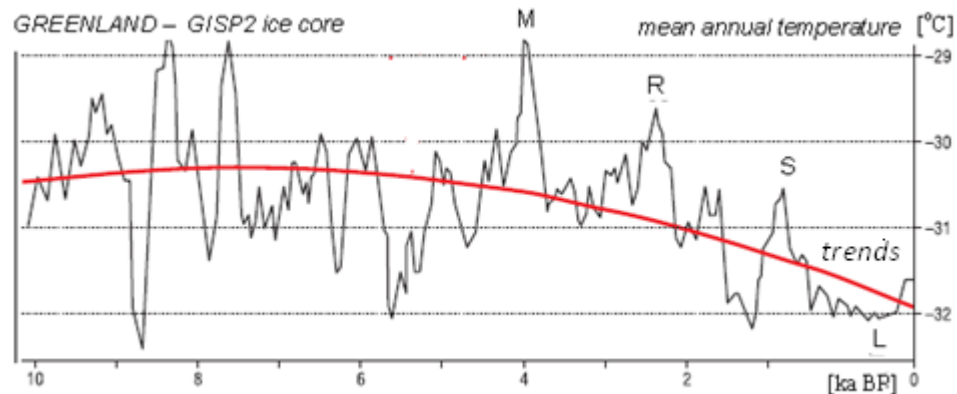




**Rys. 3.** Zmiany pro mieniowania słonecznego i interferencja cykli  $f(t)$  izotopu tlenu  $\delta^{18}\text{O}$  (Wyspa Devon) w przedziale czasu  $-110977 < t < 35\ 000$  lat

**Fig. 3.** Changes of solar radiation, isotope  $\delta^{18}\text{O}$  (Devon Island), and interference of cycles  $f(t)$  in the time frame:  $-110977 < t < 35000$  years

Zmiany temperatury na Grenlandii w holocenie określone na podstawie stosunku izotopów tlenu ( $\delta^{18}\text{O}$ ) w rdzeniu lodowcowym GISP2 (Alley, 2000; Marks, 2016) (wiek w tysiącach lat przed 2000 AD, gdzie  $M$  – to ocieplenie minojskie (4000-3000 lat BP),  $R$  – rzymskie (2300 BP-530 AD),  $S$  – średniowieczne (950-1250 AD), a  $L$  – mała epoka lodowa przedstawiono na rys. 4.

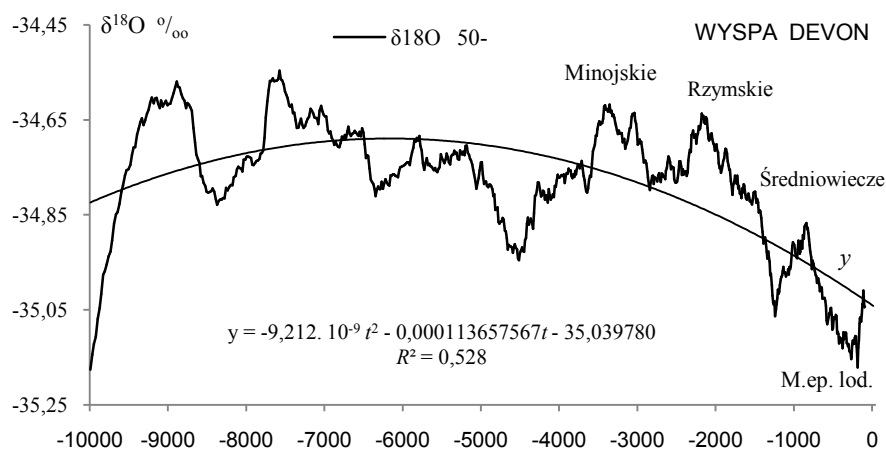


**Rys. 4.** Zmiana temperatury w Grenlandii w holocenie określone na podstawie stosunku izotopów tlenu ( $\delta^{16}\text{O}/\delta^{18}\text{O}$ ) w lodowcu wg Alleya (2000) (wiek w tysiącach lat przed 2000 AD)

**Fig. 4.** Change of temperature in Greenland in the Holocene based on ratio of contents of oxygen isotopes ( $\delta^{16}\text{O}/^{18}\text{O}$ ) in glacial ice after Alley (2000), modified; age in thousand years before 2000 AD

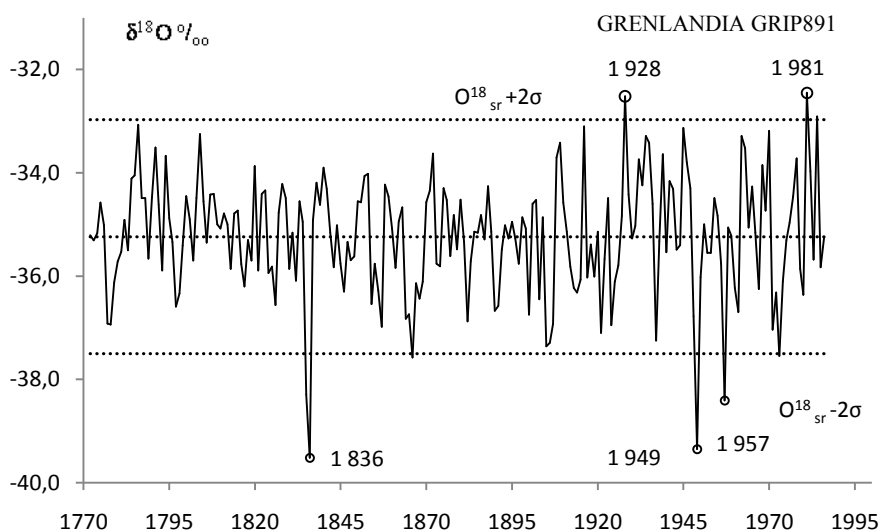
Holocenijskie ochłodzenia i ocieplenia określone teraz według zmian izotopu tlenu  $\delta^{18}\text{O}$  ‰ w rdzeniu lodowym (od  $t = -110\ 980$  BP) z wyspy Devon (w Arktyce Kanadyjskiej) przedstawiono na rys. 5. Są to zmiany średnich konsekwentnych 50-warstwowych izotopu tlenu  $\delta^{18}\text{O}$  od -9 990 lat temu do terażniejszości (do  $t=0$  BP czyli do

roku 1950 AD). Maksimum paraboli aproksymującej wartości (konsekutywne 50-warstwowe) izotopu tlenu ( $\delta^{18}\text{O}$  50-) w holocenie przypada na czas  $t_{\max} = -6189$  BP.

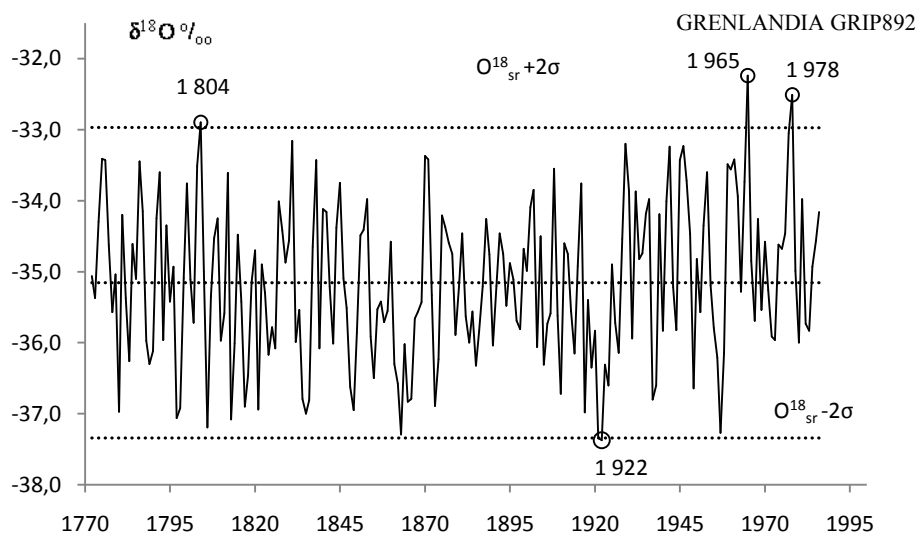


**Rys. 5.** Zmiany izotopu tlenu  $\delta^{18}\text{O}$  50- (wyspa Devon) w przedziale czasu:  $-10\,000 < t < 0$  lat BP  
**Fig. 5.** Changes of isotope  $\delta^{18}\text{O}$  50-(Devon Island) in the time frame:  $-10\,000 < t < 0$  years BP

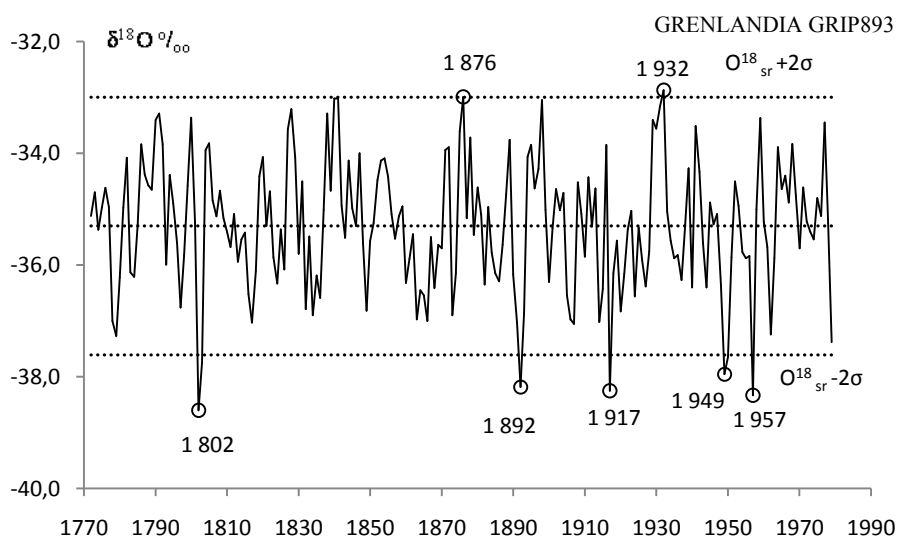
#### 4.2. Ochłodzenia i ocieplenia klimatu Ziemi według zawartości izotopu tlenu $\delta^{18}\text{O}$ w rdzeniach lodowy Grenlandii Środkowej



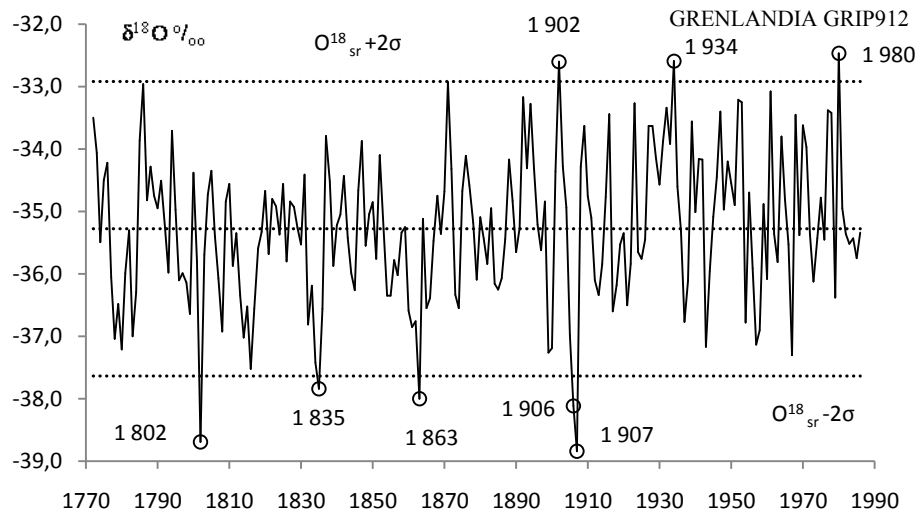
**Rys. 6.** Zmiany wskaźnika izotopu tlenu  $\delta^{18}\text{O}$  w rdzeniu lodowym (GRIP -1) z Grenlandii środkowej  
**Fig. 6.** Changes of the oxygen isotope  $\delta^{18}\text{O}$  coefficient in the Greenland (GRIP -1) ice core



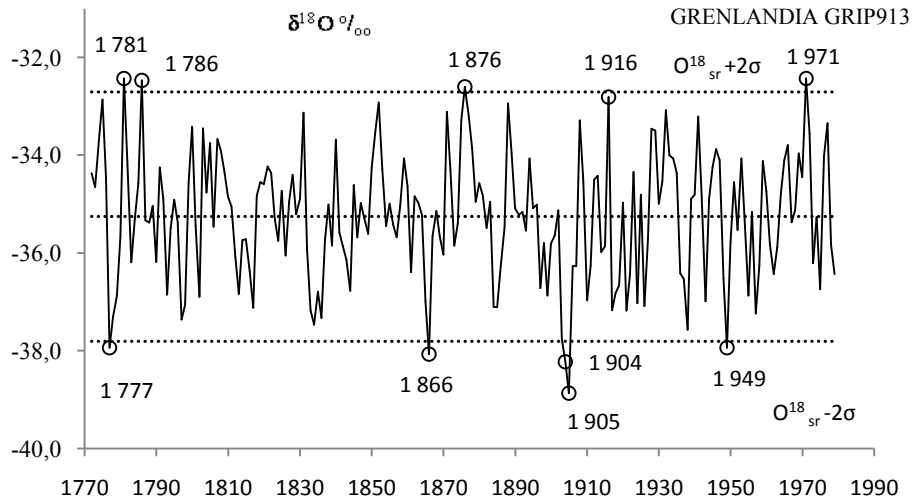
**Rys. 7.** Zmiany wskaźnika izotopu tlenu  $\delta^{18}\text{O}$  w rdzeniu lodowym (GRIP -2) z Grenlandii środkowej  
**Fig. 7** Changes of the oxygen isotope  $\delta^{18}\text{O}$  coefficient in the Greenland (GRIP -2) ice core



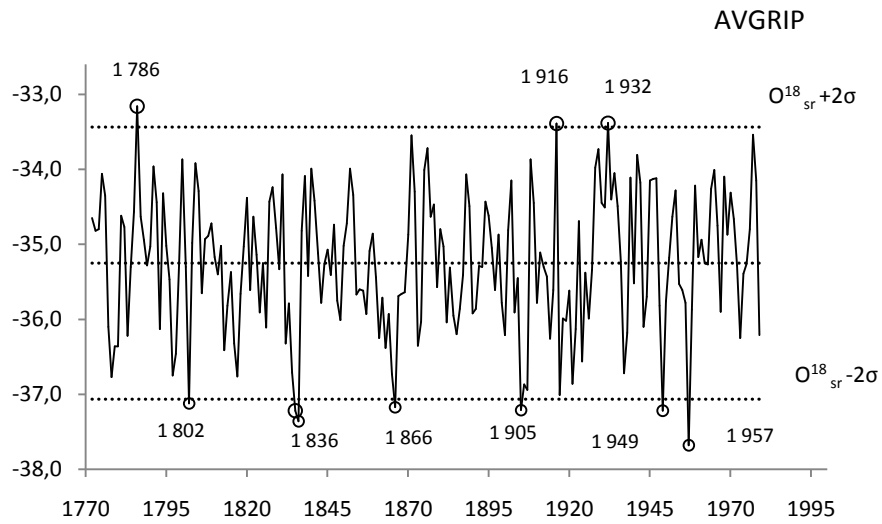
**Rys. 8.** Zmiany wskaźnika izotopu tlenu  $\delta^{18}\text{O}$  w rdzeniu lodowym (GRIP -3) z Grenlandii środkowej  
**Fig. 8.** Changes of the oxygen isotope  $\delta^{18}\text{O}$  coefficient in the Greenland (GRIP -3) ice core



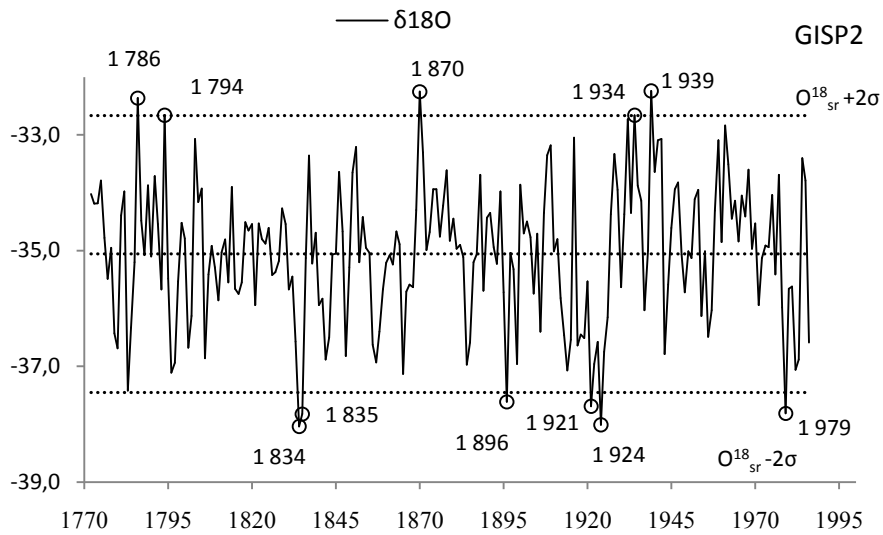
**Rys. 9.** Zmiany wskaźnika izotopu tlenu  $\delta^{18}\text{O}$  w rdzeniu lodowym (GRIP 91-2) z Grenlandii środkowej  
**Fig. 9.** Changes of the oxygen isotope  $\delta^{18}\text{O}$  coefficient in the Greenland (GRIP 91-2) ice core



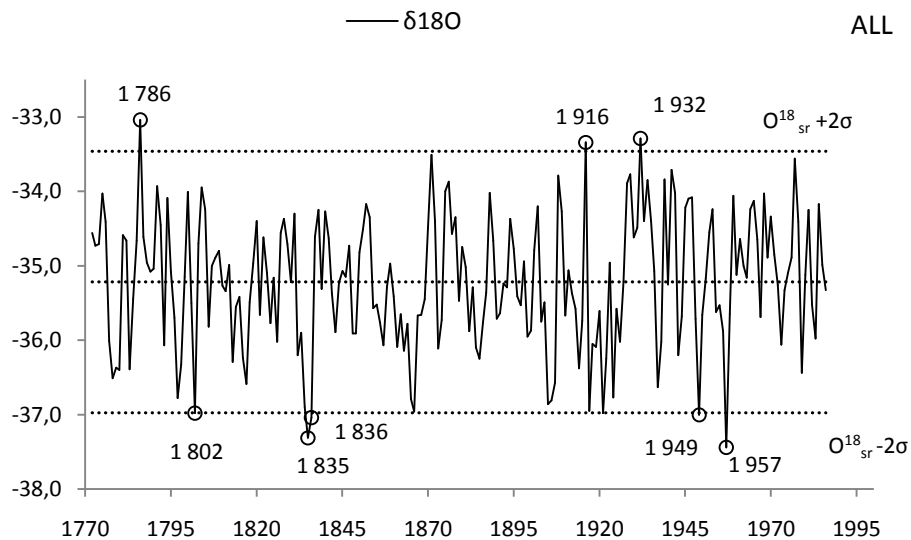
**Rys. 10.** Zmiany wskaźnika izotopu tlenu  $\delta^{18}\text{O}$  w rdzeniu lodowym (GRIP-3a z Grenlandii środkowej  
**Fig. 10.** Changes of the oxygen isotope  $\delta^{18}\text{O}$  coefficient in the Greenland (GRIP -3a) ice core



**Rys. 11.** Zmiany wskaźnika izotopu tlenu  $\delta^{18}\text{O}$  w rdzeniu lodowym (GRIP-AV) z Grenlandii środkowej  
**Fig. 11.** Changes of the oxygen isotope  $\delta^{18}\text{O}$  coefficient in the Greenland (GRIP-AV) ice core



**Rys. 12.** Zmiany wskaźnika izotopu tlenu  $\delta^{18}\text{O}$  w rdzeniu lodowym (GISP2) z Grenlandii środkowej  
**Fig. 12.** Changes of the oxygen isotope  $\delta^{18}\text{O}$  coefficient in the Greenland (GISP2) ice core

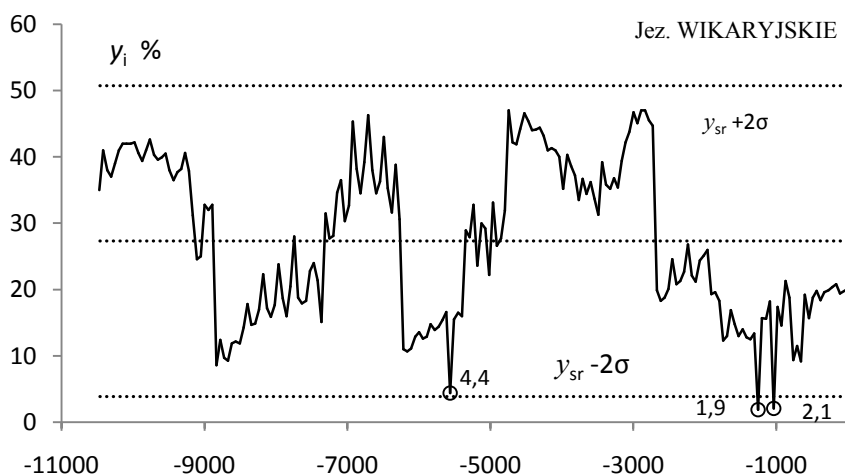


**Rys. 13.** Zmiany wskaźnika izotopu tlenu  $\delta^{18}\text{O}$  w rdzeniu lodowym (ALL) z Grenlandii środkowej  
**Fig. 13.** Changes of the oxygen isotope  $\delta^{18}\text{O}$  coefficient in the Greenland (ALL) ice core

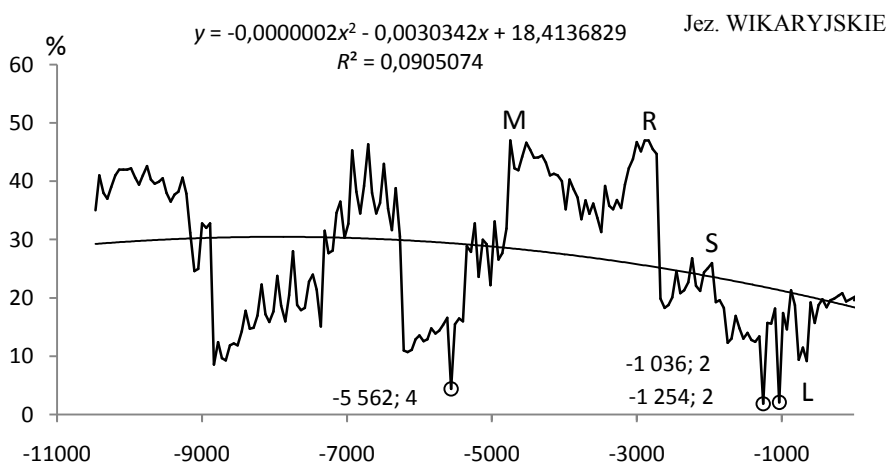
### 4.3. Ochłodzenia i ocieplenia klimatu Europy (od -10 360 BP) według zawartości substancji organicznych (%) w osadach Jez. Wikaryjskiego

Za wyjątkowe pod względem termicznym uznano lata, w których zawartość substancji organicznej  $y$  (%) różni się od średniej wieloletniej ( $y_{sr}$ ) co najmniej o 2 odchylenia standardowe ( $\sigma$ ):  $y_{inf} \leq y_{sr} - 2\sigma$  i  $y_{up} \geq y_{sr} + 2\sigma$ .

	$y_{sr}$	$\sigma$	$y_{sr} - 2\sigma$	$y_{sr} + 2\sigma$
-10460	27,304	11,714965	3,87422	50,73407



**Rys. 14.** Ekstrema wartości substancji organicznych (%) zdeponowanych w osadach Jez. Wikaryjskiego ( $-12\ 000 \leq t \leq 0$ ),  $y_i$  – wartości zmierzone  
**Fig. 14.** Extreme values of organic substance (%) deposited in the sediments of the lake Wikaryjkie ( $-12\ 000 \leq t \leq 0$ ),  $y_i$  – values measured

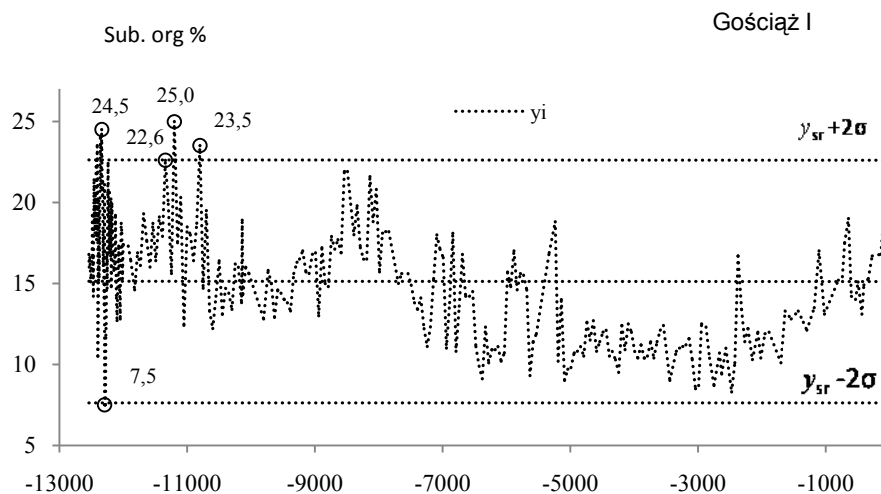


**Rys. 15.** Zmiany substancji organicznych (%) zdeponowanych w osadach Jez. Wikaryjskiego ( $-11\ 500 \leq t \leq 0$ ),  $y_i$  – wartości zmierzone ,  
**Fig. 15.** Changes of organic substance (%) deposited in the sediments of the lake Wikaryjkie ( $-11\ 500 \leq t \leq 0$ ),  $y_i$  – values measured

#### 4.4. Ochłodzenia i ocieplenia klimatu Europy (od -12 750 BP ) według zawartości substancji organicznych (%) w osadach Jez. Gościąż

Za wyjątkowe pod względem termicznym uznano lata, w których zawartość substancji organicznej  $y$  (%) różni się od średniej wieloletniej ( $y_{sr}$ ) co najmniej o 2 odchylenia standardowe ( $\sigma$ ):  $y_{inf} \leq y_{sr} - 2\sigma$  i  $y_{up} \geq y_{sr} + 2\sigma$ .

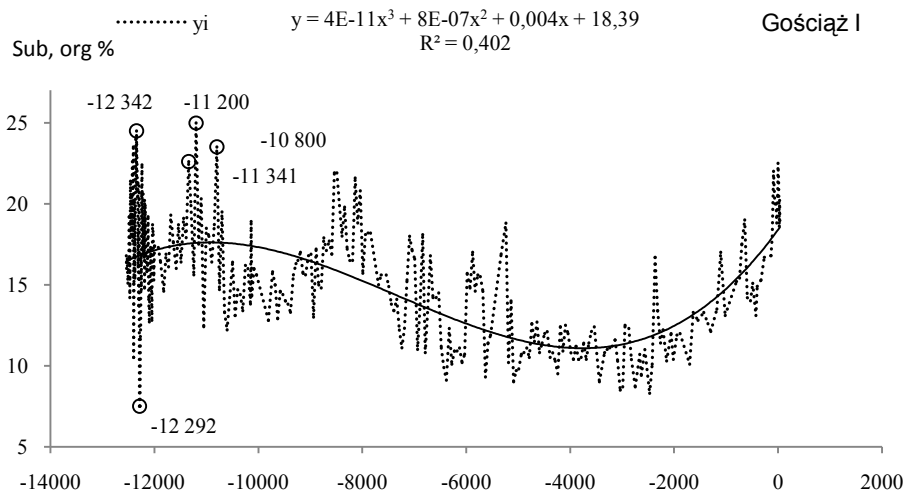
	$y_{sr}$	$\sigma$	$y_{sr} - 2\sigma$	$y_{sr} + 2\sigma$
-12542	15,12305	3,747145	7,628761	22,61734



**Rys. 15.** Ekstremalne wartości substancji organicznych (%) zdeponowanych w osadach Jez. Gościąż I (-12 542 - 35),  $y_i$  – wartości zmierzone

**Fig. 15.** Extreme values of organic substance (%) deposited in the sediments of the lake Gościąż (-12 542 - 35),  $y_i$  – values measured





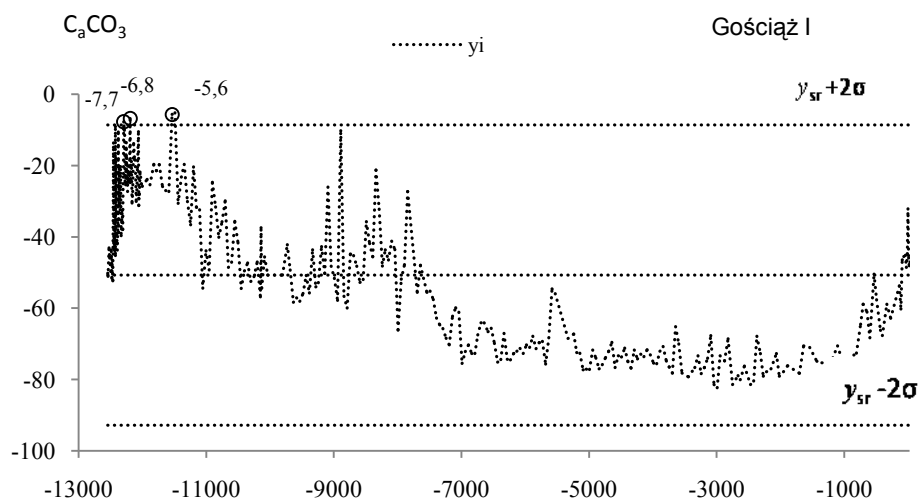
**Rys. 16.** Zmiany substancji organicznych (%) zdeponowanych w osadach Jez. Gościąg (-12 542 35),  $y_i$  – wartości zmierzone ,

**Fig. 16.** Changes of organic substance (%) deposited in the sediments of the lake Gościąg (-12 542 35,  $y_i$  – values measured

#### 4.5. Ochłodzenia i ocieplenia klimatu Europy (od -12 750 BP ) według zawartości węglanów wapnia $-C_aCO_3$ w osadach Jez. Gościąg

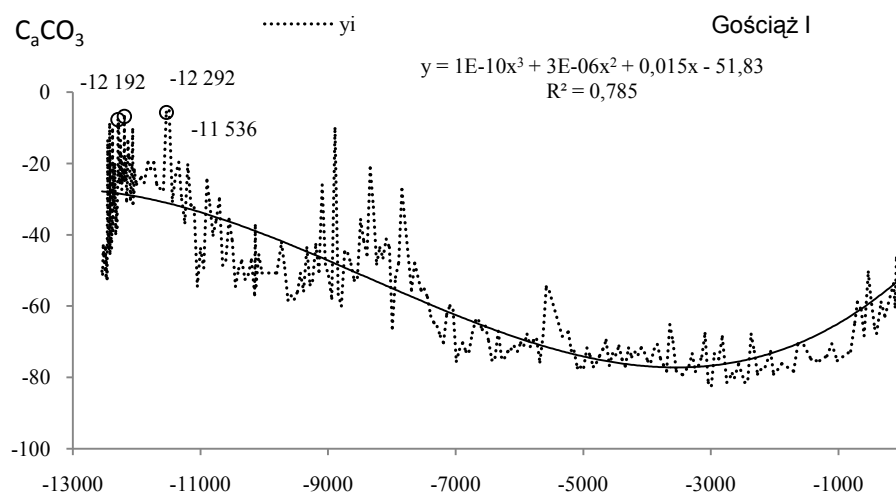
Za wyjątkowe pod względem termicznym uznano lata, w których zawartość węglanów wapnia  $-C_aCO_3$  ( $y$ ) różni się od średniej wieloletniej ( $y_{sr}$ ) co najmniej o 2 odchylenia standardowe ( $\sigma$ ):  $y_{inf} \leq y_{sr} - 2\sigma$  i  $y_{up} \geq y_{sr} + 2\sigma$

	$y_{sr}$	$\sigma$	$y_{sr} - 2\sigma$	$y_{sr} + 2\sigma$
-12542	-50,721	21,0642	-92,8545	-8,5977



**Rys. 17.** Ekstrema wartości węglany wapnia ( $\text{CaCO}_3$ ) zdeponowanych w osadach Jez. Gościąg (-12 542 35),  $y_i$  – wartości zmierzone

**Fig. 17.** Extreme values of calcium carbonate ( $\text{CaCO}_3$ ) deposited in the sediments of the lake Gościąg (-12 542 -35),  $y_i$  – values measured



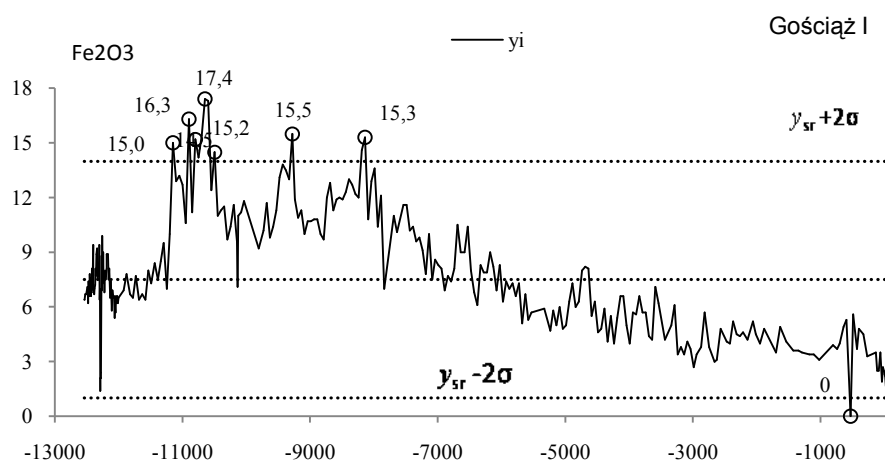
**Rys. 18.** Zmiany węglany wapnia zdeponowanych w osadach Jez. Gościąg (-12 542 35),  $y_i$  – wartości zmierzone

**Fig. 18.** Changes of organic substance (%) deposited in the sediments of the lake Gościąg (-12 542 35),  $y_i$  – values measured

#### 4.6. Ochłodzenia i ocieplenia klimatu Europy (od -12 750 BP ) według zawartości tlenku żelaza Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> w osadach Jez. Gościąż

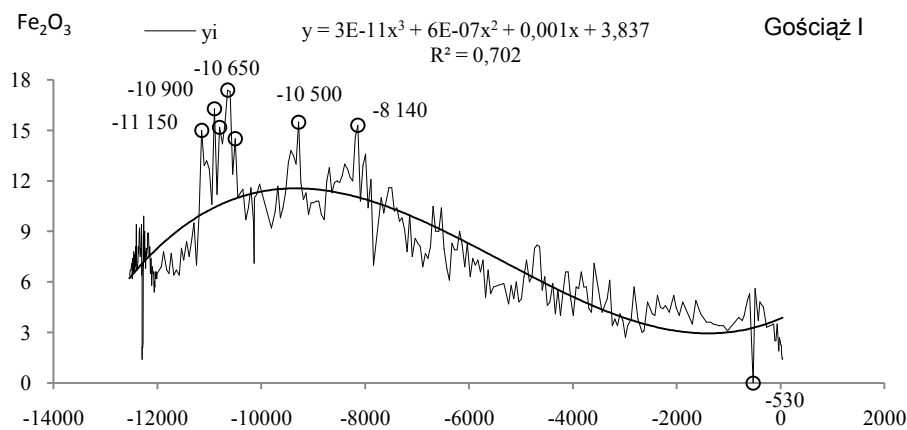
Za wyjątkowe pod względem termicznym uznano lata, w których zawartość tlenku żelaza (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) różni się od średniej wieloletniej ( $y_{sr}$ ) co najmniej o 2 odchylenia standardowe ( $\sigma$ ):  $y_{inf} \leq y_{sr} - 2\sigma$  i  $y_{up} \geq y_{sr} + 2\sigma$

	$y_{sr}$	$\sigma$	$y_{sr} - 2\sigma$	$y_{sr} + 2\sigma$
-12542	-7,501	3,245607	1,010142	13,99257



**Rys. 19.** Ekstremalne wartości tlenku żelaza (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) zdeponowanych w osadach Jez. Gościąż (-12 542 35),  $y_i$  – wartości zmierzone

**Fig. 19.** Extreme values of the iron oxide (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) deposited in the sediments of the lake Gościąż (-12 542 35),  $y_i$  – values measured



**Rys. 20.** Zmiany wartości tlenku żelaza (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) zdeponowanych w osadach Jez. Gościąż (-12 542 35),  $y_i$  – wartości zmierzone

**Fig. 19.** Changes the iron oxide (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) deposited in the sediments of the lake Gościąż (-12 542 35),  $y_i$  – values measured



## V. OCHŁODZENIA I OCIEPLENIA KLIMATU ZIEMI W OSTATNIM TYSIĄCLECIU X-XX WEDŁUG SŁOJÓW DRZEW

### 5.1. Ekstrema szerokości słoju drzew rosnących w Europie

Jedną z możliwości wykorzystania „zapisów” warunków klimatycznych jest analiza słoju przyrostu rocznego 40 drzew (rys. 1, tab. 1).

Rozmiary i właściwości przyrostu rocznego drzew zależą przede wszystkim od warunków klimatycznych. Szerokość słoja pozwala na „odczytanie” informacji o warunkach środowiskowych, jakie występowały w czasie życia danego drzewa. Również przyrosty drewna poszczególnych drzew w obrębie jednego gatunku może się znacznie różnić (Briffa 2000).

Pierwsze starania w zakresie analizy relacji przyrostu z klimatem podjął na początku XX wieku A.E. Douglass (1937, 1942), który usiłował powiązać warunki klimatyczne z wyrażoną liczbami Wolfa aktywnością Słońca. Brak danych pomiarowych chciał zastąpić wynikami pomiarów szerokości słoju przyrostowych.

Jak do tej pory nie przeprowadzono szerszej rekonstrukcji klimatu Polski w oparciu o dane dendrologiczne. Jedyne podjęte próby to prace dotyczące Babiogórskiego Parku Narodowego (Bednarz 1996) i Polski północnej (Przybylak i inni 2001). Dotychczas opracowano już rekonstrukcje klimatu obejmujące ostatnie dwa tysiące lat. Nie dotyczą one jednak klimatu w ciągu całego roku, lecz najczęściej tzw. „miesiące letnich”, dla których wcześniejsze badania ustaliły statystycznie istotne powiązanie przyrostów drewna z warunkami klimatycznymi.

Mroźne zimy w Europie w latach 900-2000 według źródeł historycznych i minimów szerokości słoju najstarszych drzew przedstawiono na rys. 15-16. Na szczególną uwagę zasługują anomalie temperatury powietrza w Europie.

Analizie statystycznej poddano ciągi chronologiczne grubości słoju drzew tj. sosny, świerka, modrzewia, jodły i dębu rosnących w Europie oraz dębów – z obszaru Polski.

Wzięto pod uwagę 30 drzew badanych pod względem okresowości w Atlasie t. XX-XXI (rozdz. IV. *Cykliczne zmiany klimatu Europy w ostatnim tysiącleciu według ciągów dendrologicznych*) (tab.1). Ponadto badano szerokości słoju 14 dębów rosnących w Polsce (rozdz. V. *Zmiany klimatu Polski w ostatnich stuleciach według rocznych przyrostów dębów*) (tab.2):

- Stopa-Boryczka M., Boryczka J., Bijak Sz., Cebulski R., Błażek E., Skrzypczuk J., 2007, *Atlas współzależności parametrów meteorologicznych i geograficznych w Polsce*, t. XX-XXI, *Cykliczne zmiany klimatu Europy w ostatnim tysiącleciu według danych dendrologicznych*, (red. M. Stopa-Boryczka), Wyd. UW, Warszawa, ss. 266.

Za wyróżniający się pod względem termicznym uznano ten rok, w którym grubość słoja danego drzewa ( $d_{inf}$ ) różni się od średniej wszystkich jego słojów ( $d_{sr}$ ) (średniej wieloletniej) co najmniej o dwa odchylenia standardowe ( $\sigma$ ).

$$d_{inf} \leq d_{sr} - 2\sigma - \text{bardzo zimny (BZ)},$$

$$d_{sup} \geq d_{sr} + 2\sigma - \text{bardzo ciepły (BC)},$$

gdzie:

$$d_{sr} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n d_i, \quad \sigma = \left( \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (d_i - d_{sr})^2 \right)^{\frac{1}{2}} \quad (1)$$

Podano też ekstrema grubości słojów drzew: minimum ( $t_{min}, d_{min}$ ) – rok wyjątkowo zimny (WZ) i maksimum ( $t_{max}, d_{max}$ ). – wyjątkowo ciepły (WC)

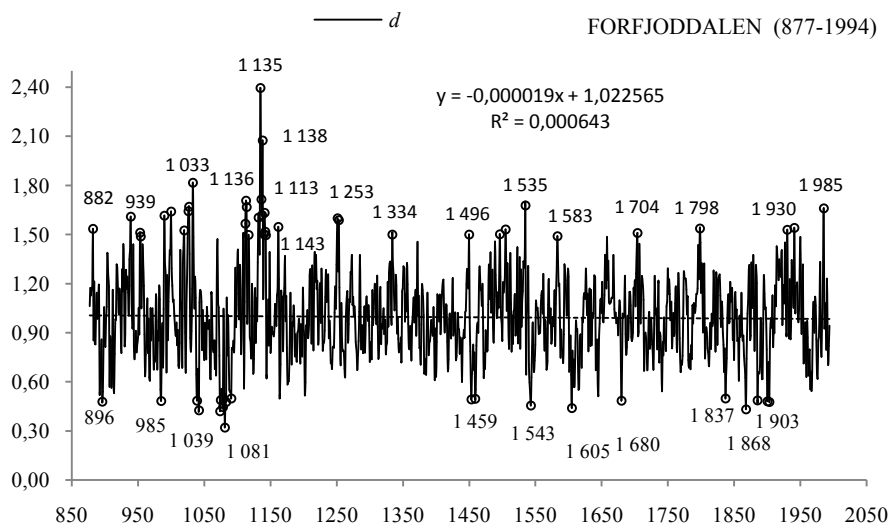


**Rys. 1.** Rozmieszczenie badanych drzew w Europie  
**Fig. 1.** Localization surveyed trees in Europe

**Tabela 1.** Lokalizacja badanych drzew rosnących w Europie  
**Table 1.** Location studied trees growing in Europe

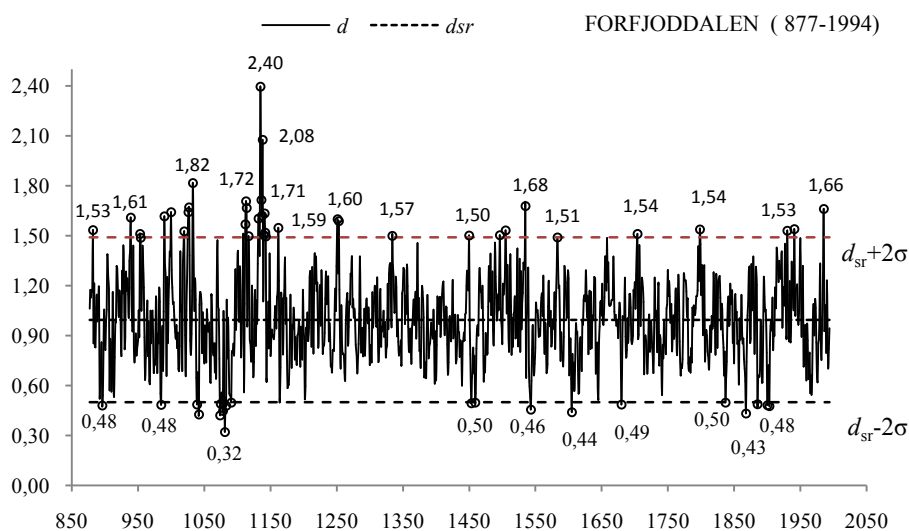
	Drzewa	Lata	$d_s$	$\sigma$	$d_{sr} - 2\sigma$	$d_{sr} + 2\sigma$	$t_{min}$	$d_{min}$	$t_{max}$	$d_{max}$
	<b>Sosna</b>									
	<b><i>Pinus sylvestris</i></b>									
1	Forfjorddalen (Norwegia)	877-1994	0,995	0,2476	0,4994	1,4898	1081	0,321	1135	2,397
2	Karhunesakivi (Finlandia)	1398-1993	1,000	0,3031	0,3935	1,6058	1607	0,010	1494	2,260
3	Kola (Rosja)	1577-1997	0,988	0,3201	0,3474	1,6277	1680	0,257	1726	1,861
4	Muddas (Szwecja)	1532-1972	0,998	0,2290	0,5400	1,4559	1680	0,299	1537	1,804
5	Pyaozera (Rosja)	1546-1993	1,000	0,2760	0,4478	1,5517	1582	0,250	1924	2,000
6	Siete, Picos ( Hiszpania)	1527-1988	1,000	0,1531	0,6938	1,3063	1601	0,586	1528	1,451
7	Vikran (Norwegia)	1599-1992	0,984	0,2535	0,4771	1,4910	1680	0,338	1658	1,891
	<b><i>Pinus nigra</i></b>									
8	Puerto Llano (Hiszpania)	1585-1985	1,001	0,2049	0,5910	1,4105	1806	0,364	1933	1,530
9	Riscopal (Hiszpania)	1523-1988	0,999	0,2250	0,5493	1,4493	1526	0,301	1716	1,726
10	Tajo (Hiszpania)	1610-1988	1,001	0,2463	0,5082	1,4934	1771	0,334	1632	1,771
11	Torreton, (Hiszpania)	1485-1988	1,000	0,2597	0,4805	1,5194	1502	0,144	1498	2,465
	<b>Świerk</b>									
12	Falkenstein (Niemcy)	1540-1995	0,919	0,3659	0,1873	1,6510	1629	0,096	1708	2,918
13	Fodara Vedla (Włochy)	1598-1990	0,862	0,3298	0,2028	1,5220	1675	0,220	1598	2,340
14	Guadarrama 1 (Hiszpania)	1726-1983	0,997	0,2659	0,4651	1,5286	1829	0,368	1730	1,878
15	Guadarrama 4 (Hiszpania)	1599-1984	1,000	0,1805	0,6390	1,3611	1963	0,411	1613	1,541
16	Stonnglandes (Norwegia)	403-1997	0,983	0,2286	0,5260	1,4406	1448	0,302	1455	2,259
17	Zagradienye (Grecja)	1635-1979	0,995	0,1488	0,6976	1,2929	1696	0,601	1650	1,486
	<b>Modrzew</b>									
18	Berchtesgaden (Niemcy)	1339-1947	0,997	0,2255	0,5463	1,4484	1771	0,000	1687	2,034
19	Les Merveilles 1 (Francja)	1187-1974	1,001	0,2691	0,4626	1,5390	1685	0,143	1340	1,881
20	Les Merveilles 2 (Francja)	988-1974	0,992	0,2408	0,5101	1,4732	1685	0,174	1870	1,721
21	Obergurgl (Austria)	1604-1972	0,996	0,2750	0,4463	1,5464	1625	0,067	1663	1,987
22	Pinega 1 (Rosja)	1578-1990	0,506	0,2457	0,0149	0,9979	1836	0,030	1826	1,443
	<b>Jodla</b>									
23	Fodara Vedla (Włochy)	1474-1990	1,138	0,3223	0,4932	1,7826	1675	0,460	1502	2,010
24	Prayo Magno (Włochy)	1540-1973	1,154	0,6069	-0,0598	2,3677	1576	0,050	1914	3,410
	<b>Dąb</b>									
	<b><i>Quercus robur</i></b>									
25	Ardeny (Belgia)	1118-1986	1,328	0,3742	0,5801	2,0769	1354	0,510	1862	2,820
26	Bodensee (Holandia)	1275-1986	1,586	0,5235	0,5391	2,6331	1445	0,580	1275	4,100
	<b><i>Quercus petraea</i></b>									
27	Bourgogne (Francja)	681-1991	1,631	0,3899	0,8511	2,4106	843	0,690	1160	3,150
28	Franche-Comte (Francja)	1295-1987	1,810	0,4978	0,8148	2,8059	1330	0,680	1903	3,340
29	Hamburg (Niemcy)	1340-1967	1,645	0,6057	0,4332	2,8560	1700	0,500	1754	4,000
30	Shanes Castle (Irlandia)	1549-1992	1,002	0,2922	0,4175	1,5862	1665	0,134	1704	1,942

# 1. FORFJORDDALEN (877-1994, NORWEGIA)



**Rys. 1a.** Zmiany szerokości słoików sosny (*Pinus sylvestris*) w Forfjorddalen (877-1994, Norwegia);  $y(x)$  – równanie prostej regresji

**Fig. 1a.** Changes of Scots pine (*Pinus sylvestris*) tree ring widths in Forfjorddalen (877-1994, Norway);  $y(x)$  – the regression equation

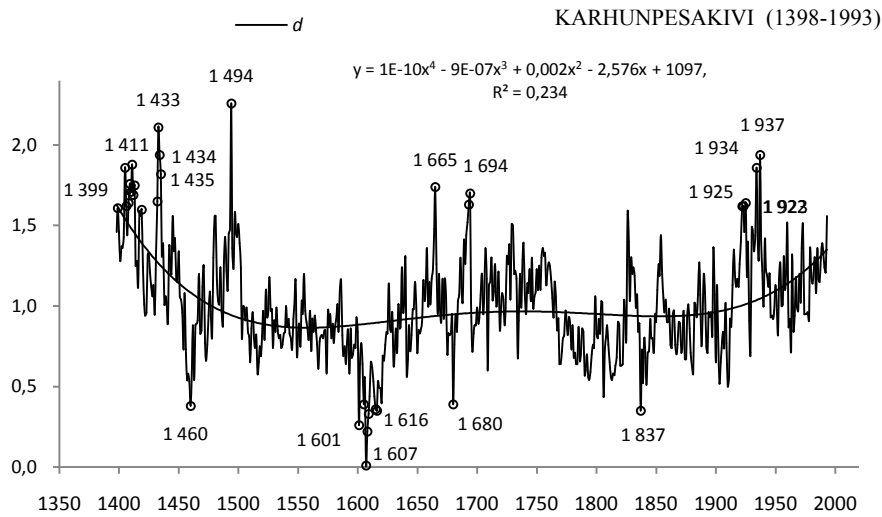


**Rys. 1b.** Zmiany szerokości słoików sosny (*Pinus sylvestris*) w Forfjorddalen (877-1994, Norwegia);  $d_{sr} = 0,995$ ,  $\sigma = 0,2476$

**Fig. 1b.** Changes of Scots pine (*Pinus sylvestris*) tree ring widths in Forfjorddalen (877-1994, Norway);  $d_{sr} = 0,995$ ,  $\sigma = 0,2476$

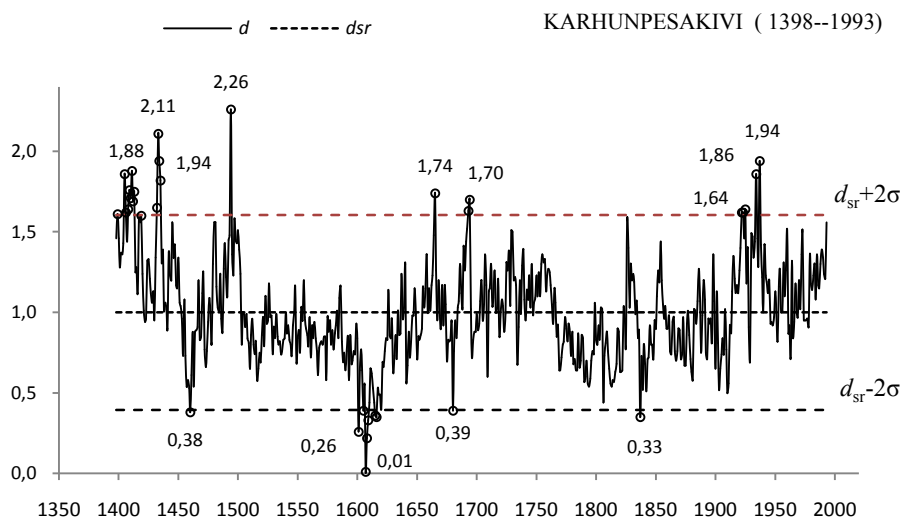


## 2. KARHUNPESAKIVI (1398-1993, FINLANDIA)



**Rys. 2a.** Zmiany szerokości słoów sosny (*Pinus sylvestris*) w Karhunesakivi (1398-1993, Finlandia);  $y(x)$  – równanie prostej regresji

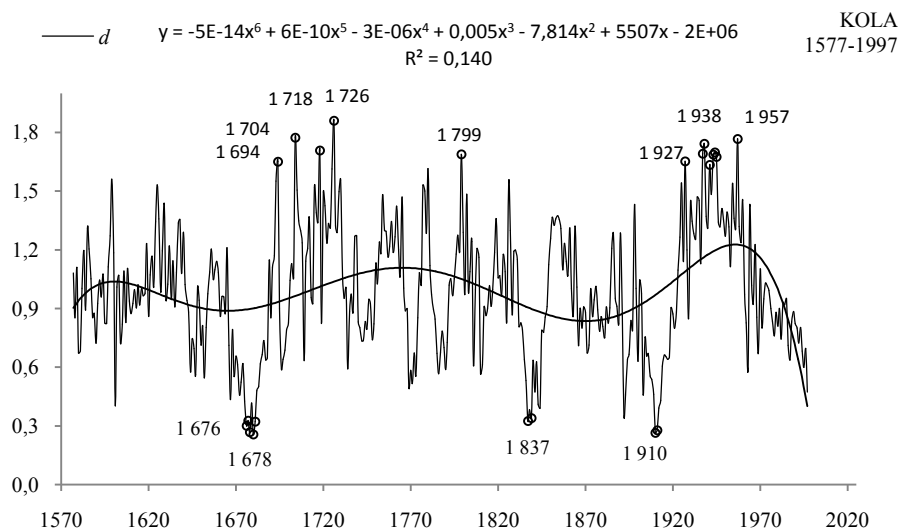
**Fig. 2a.** Changes of Scots pine (*Pinus sylvestris*) tree ring widths in Karhunesakivi (1398-1993, Finland);  $y(x)$  – the regression equation



**Rys. 2b.** Zmiany szerokości słoów sosny (*Pinus sylvestris*) w – Karhunesakivi (1398-1993, Finlandia):  $d_{sr} = 1,000$ ,  $\sigma = 0,3031$

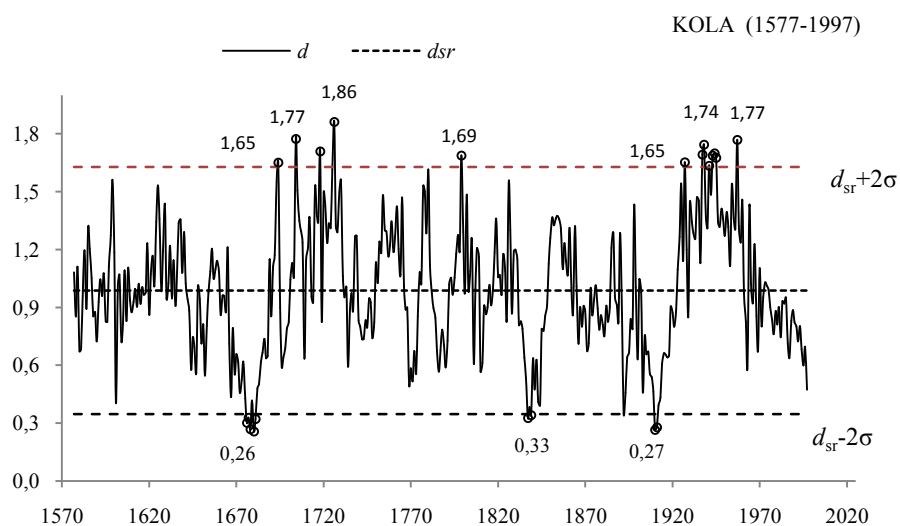
**Fig. 2b.** Changes of Scots pine (*Pinus sylvestris*) tree ring widths in – Karhunesakivi (1398-1993, Finlandia):  $d_{sr} = 1,000$ ,  $\sigma = 0,3031$

### 3. KOLA (1577-1997, ROSJA)



**Rys. 3a.** Zmiany szerokości słoików sosny (*Pinus sylvestris*) na Półwyspie Kola (1577-1997, Rosja);  $y(x)$  – równanie prostej regresji

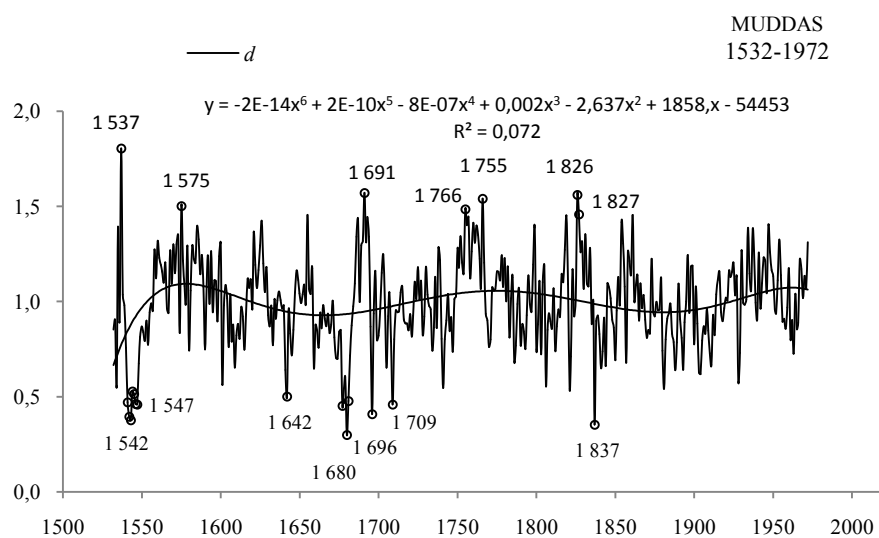
**Fig. 3a.** Changes of Scots pine (*Pinus sylvestris*) tree ring widths in Kola (1577-1997, Russia);  $y(x)$  – the regression equation



**Rys. 3b.** Zmiany szerokości słoików sosny (*Pinus sylvestris*) na Półwyspie Kola (1577-1997, Rosja);  $d_{sr} = 0,988$ ,  $\sigma = 0,3201$

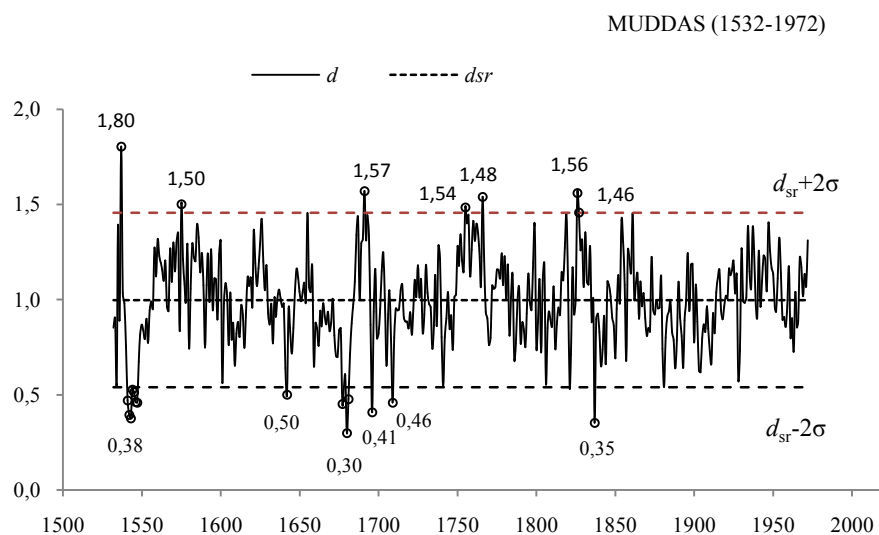
**Fig. 3b.** Changes of Scots pine (*Pinus sylvestris*) tree ring widths in Kola (1577-1997, Russia);  $d_{sr} = 0,988$ ,  $\sigma = 0,3201$

#### 4. MUDDAS (1532-1972, SZWECJA)



**Rys. 4a.** Zmiany szerokości słoju sosny (*Pinus sylvestris*) w Muddas (1532-1972, Szwecja);  $y(x)$  – równanie prostej regresji

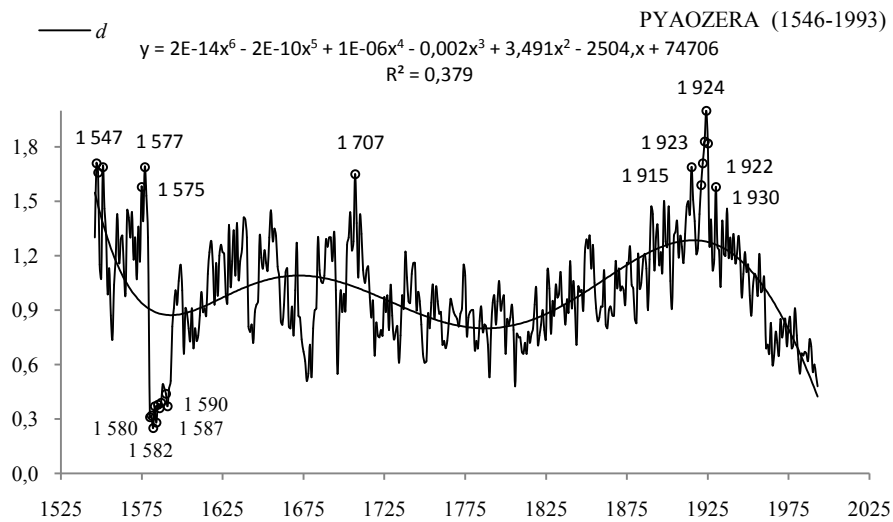
**Fig. 4a.** Changes of Scots pine (*Pinus sylvestris*) tree ring widths in Muddas (1532-1972, Sweden);  $y(x)$  – the regression equation



**Rys. 4b.** Zmiany szerokości słoju sosny (*Pinus sylvestris*) w Muddas (1532-1972, Szwecja);  $d_{sr} = 0,998$ ,  $\sigma = 0,2290$

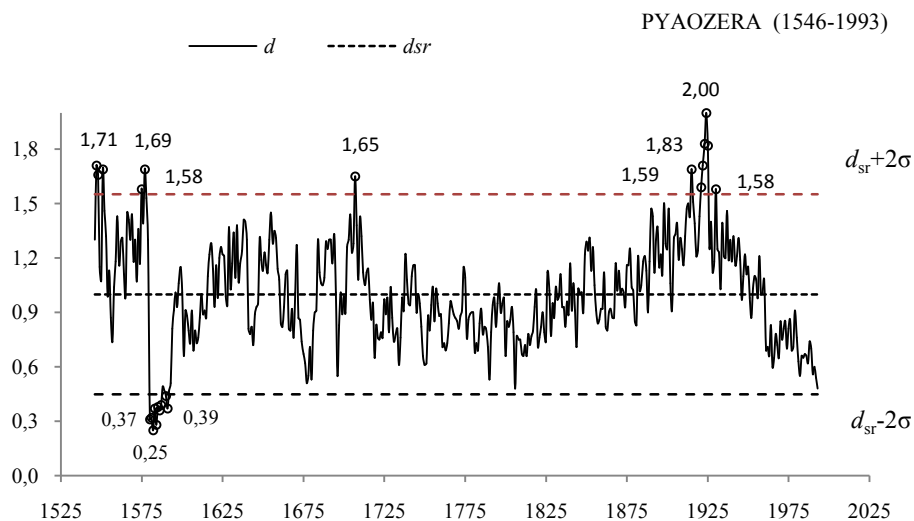
**Fig. 4b.** Changes of Scots pine (*Pinus sylvestris*) tree ring widths in Muddas (1532-1972, Sweden);  $d_{sr} = 0,998$ ,  $\sigma = 0,2290$

## 5. PYAOZERA (1546-1993, ROSJA)



**Rys. 5a.** Zmiany szerokości słoów sosny (*Pinus sylvestris*) w Pyaozera (1546-1993, Rosja);  
 $y(x)$  – równanie prostej regresji

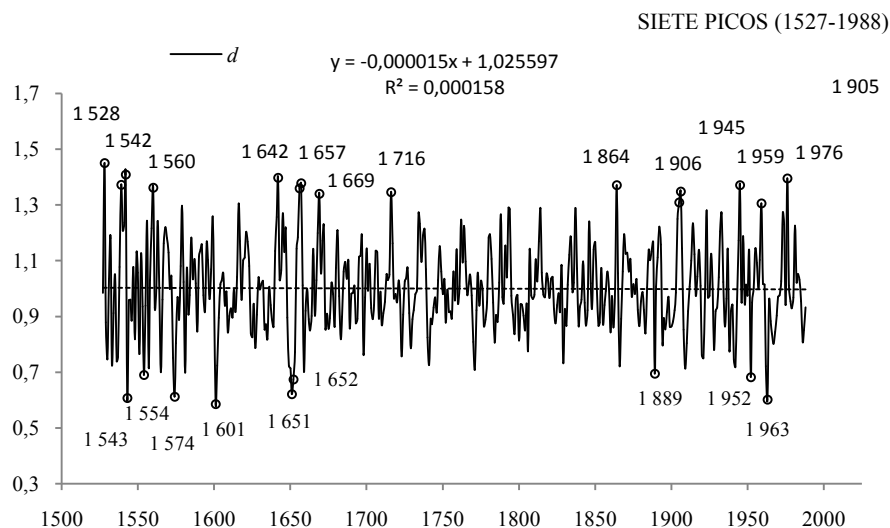
**Fig. 5a.** Changes of Scots pine (*Pinus sylvestris*) tree ring widths in Pyaozera (1546-1993, Russia);  
 $y(x)$  – the regression equation



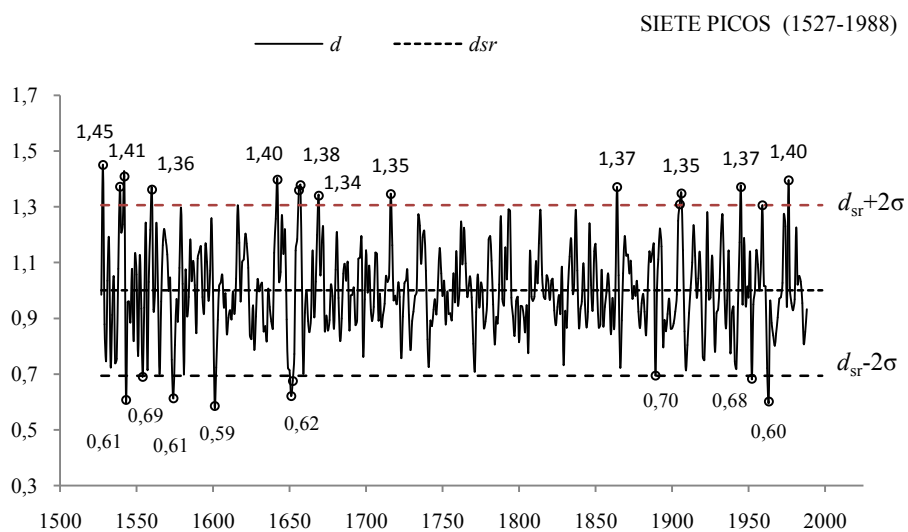
**Rys. 5b.** Zmiany szerokości słoów sosny (*Pinus sylvestris*) w Pyaozera (1546-1993, Rosja);  
 $d_{sr} = 1,000, \sigma = 0,2760$

**Fig. 5b.** Changes of Scots pine (*Pinus sylvestris*) tree ring widths in Pyaozera (1546-1993, Russia);  
 $d_{sr} = 1,000, \sigma = 0,2760$

## 6. SIETE PICOS (1527-1988, HISZPANIA)

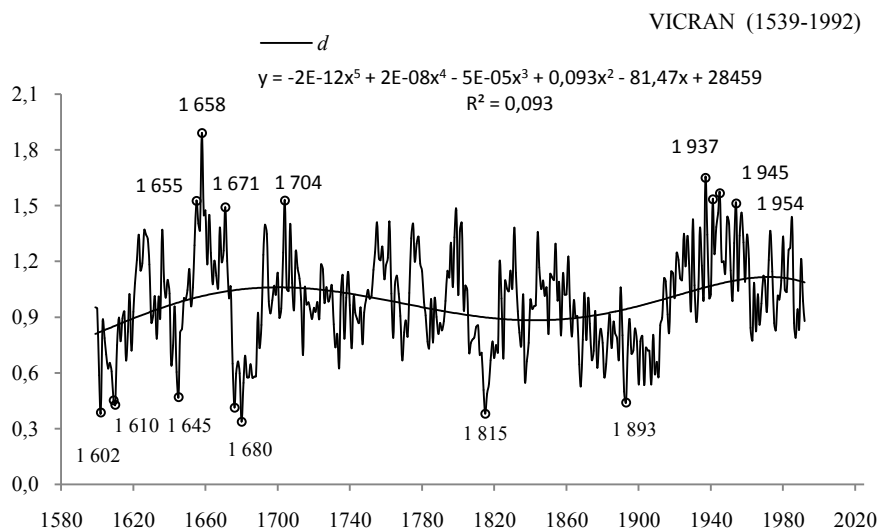


**Rys. 6a.** Zmiany szerokości słoików sosny (*Pinus sylvestris*) w Siete Picos (1527-1988, Hiszpania);  
 $y(x)$  – równanie prostej regresji  
**Fig. 6a.** Changes of Scots pine (*Pinus sylvestris*) tree ring widths in Siete Picos (1527-1988, Spain);  
 $y(x)$  – the regression equation



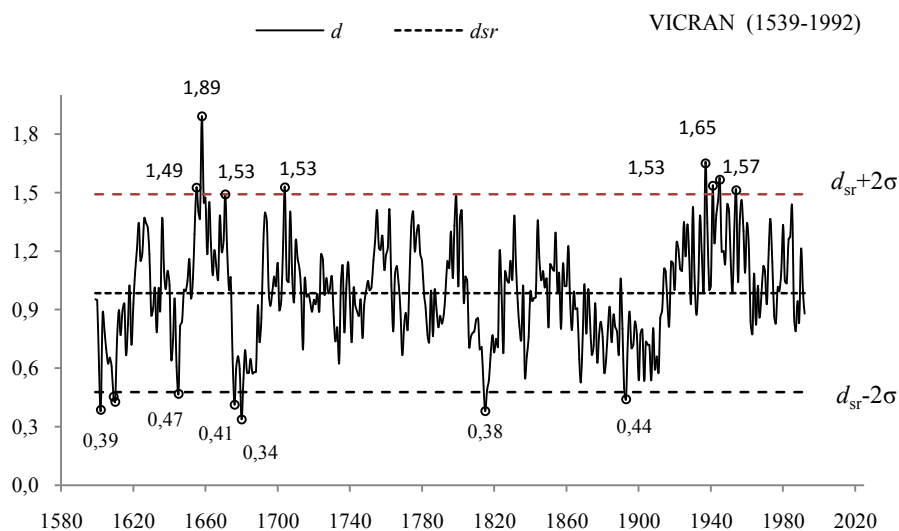
**Rys. 6b.** Zmiany szerokości słoików sosny (*Pinus sylvestris*) w Siete Picos (1527-1988, Hiszpania);  
 $d_{sr} = 1,000$ ,  $\sigma = 0,1531$   
**Fig. 6b.** Changes of Scots pine (*Pinus sylvestris*) tree ring widths in Siete Picos (1527-1988, Spain);  
 $d_{sr} = 1,000$ ,  $\sigma = 0,1531$

## 7. VIKRAN (1599-1992, NORWEGIA)



**Rys. 7a.** Zmiany szerokości słoików sosny (*Pinus sylvestris*) w Vikran (1599-1992, Norwegia);  $y(x)$  – równanie prostej regresji

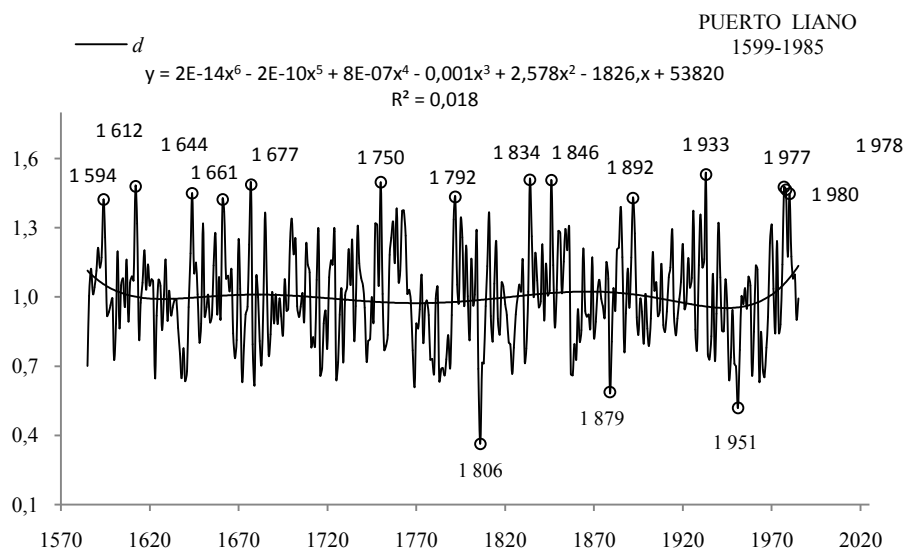
**Fig. 7a.** Changes of Scots pine (*Pinus sylvestris*) tree ring widths in Vikran (1599-1992, Norway);  $y(x)$  – the regression equation



**Rys. 7b.** Zmiany szerokości słoików sosny (*Pinus sylvestris*) w Vikran (1599-1992, Norwegia);  $d_{sr} = 0,984$ ,  $\sigma = 0,2535$

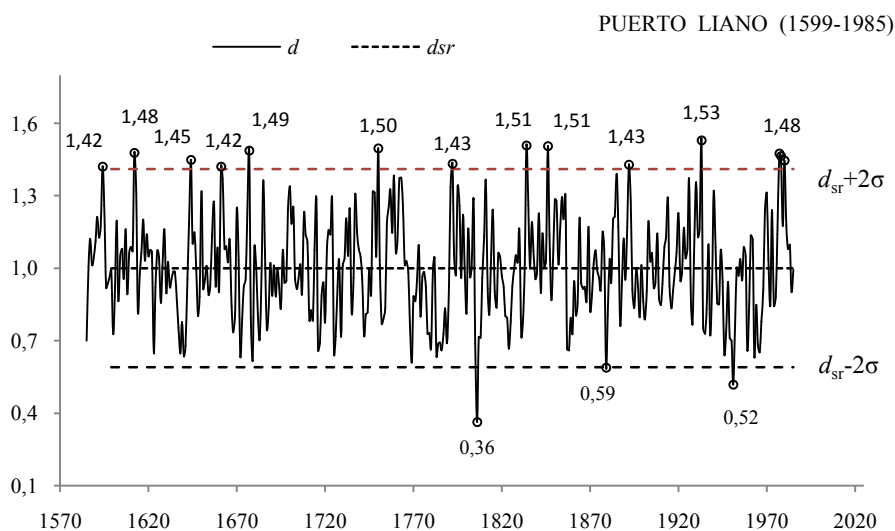
**Fig. 7b.** Changes of Scots pine (*Pinus sylvestris*) tree ring widths in Vikran (1599-1992, Norway);  $d_{sr} = 0,984$ ,  $\sigma = 0,2535$

## 8. PUERTO LIANO (1585-1985, HISZPANIA)



**Rys. 8a.** Zmiany szerokości słojów sosny (*Pinus nigra*) w Puerto Llano (1585-1985, Hiszpania);  $y(x)$  – równanie prostej regresji

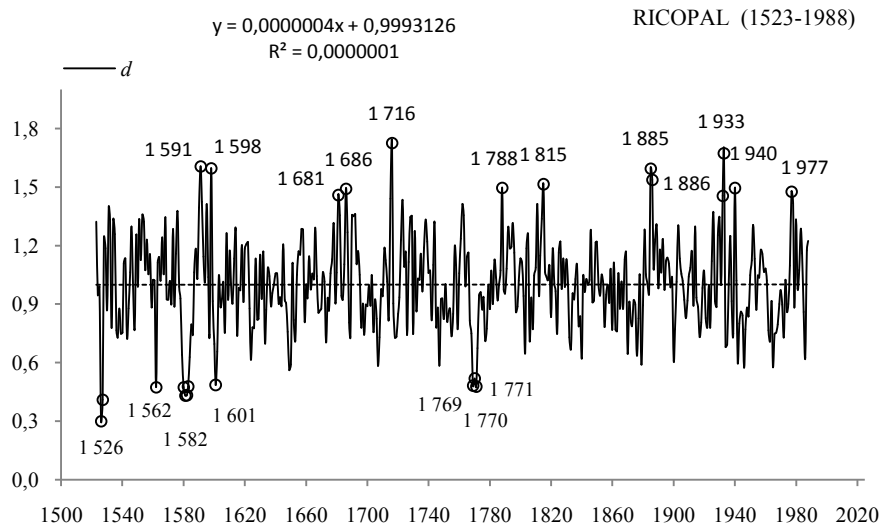
**Fig. 8a.** Changes of Black pine (*Pinus nigra*) tree ring widths in Puerto Llano (1585-1985, Spain);  $y(x)$  – the regression equation



**Rys. 8b.** Zmiany szerokości słojów sosny (*Pinus nigra*) w Puerto Llano (1585-1985, Hiszpania);  $d_{sr} = 1,001$ ,  $\sigma = 0,2049$

**Fig. 8b.** Changes of Black pine (*Pinus nigra*) tree ring widths in Puerto Llano (1585-1985, Spain);  $d_{sr} = 1,001$ ,  $\sigma = 0,2049$

## 9. RISCOPAL (1523-1988, HISZPANIA)

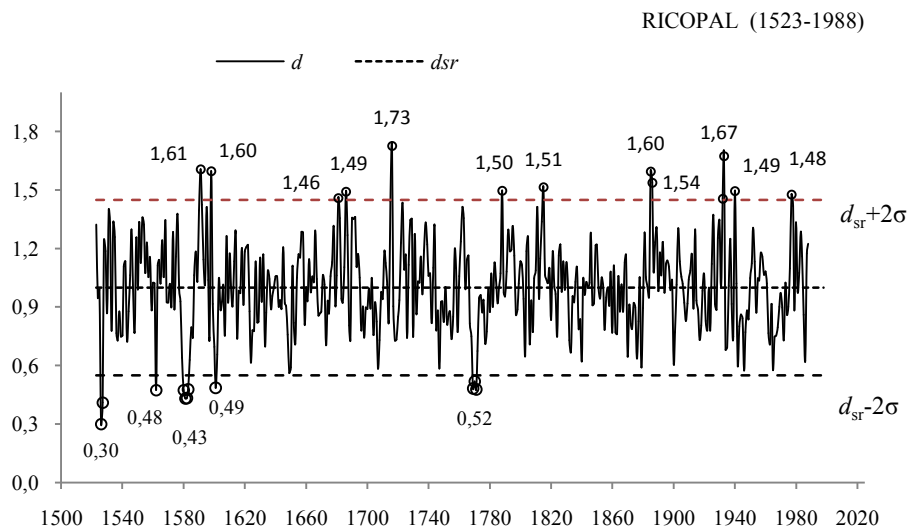


**Rys. 9a.** Zmiany szerokości słoików sosny (*Pinus nigra*) w Riscopal (1523-1988, Hiszpania);

$y(x)$  – równanie prostej regresji

**Fig. 9a.** Changes of Black pine (*Pinus nigra*) tree ring widths in Riscopal (1523-1988, Spain);

$y(x)$  – the regression equation



**Rys. 9b.** Zmiany szerokości słoików sosny (*Pinus nigra*) w Riscopal (1523-1988, Hiszpania);

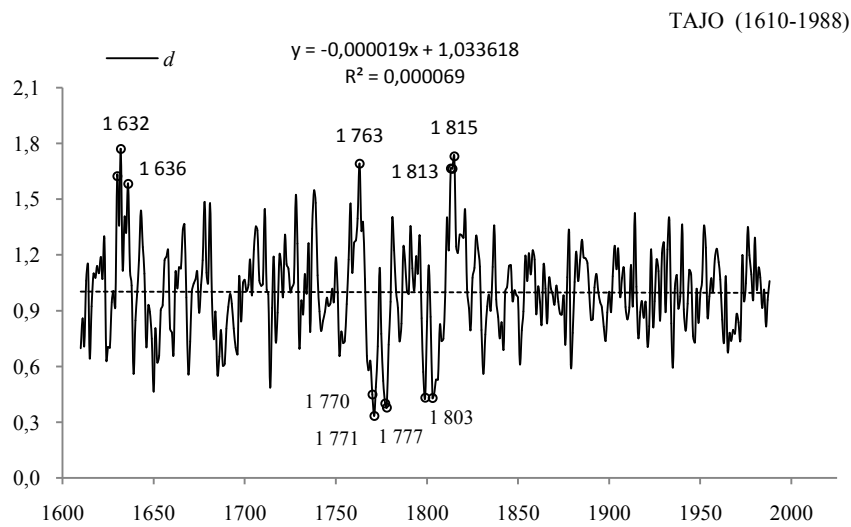
$d_{sr} = 0,999$ ,  $\sigma = 0, 0,2250$

**Fig. 9b.** Changes of Black pine (*Pinus nigra*) tree ring widths in Riscopal (1523-1988, Spain);

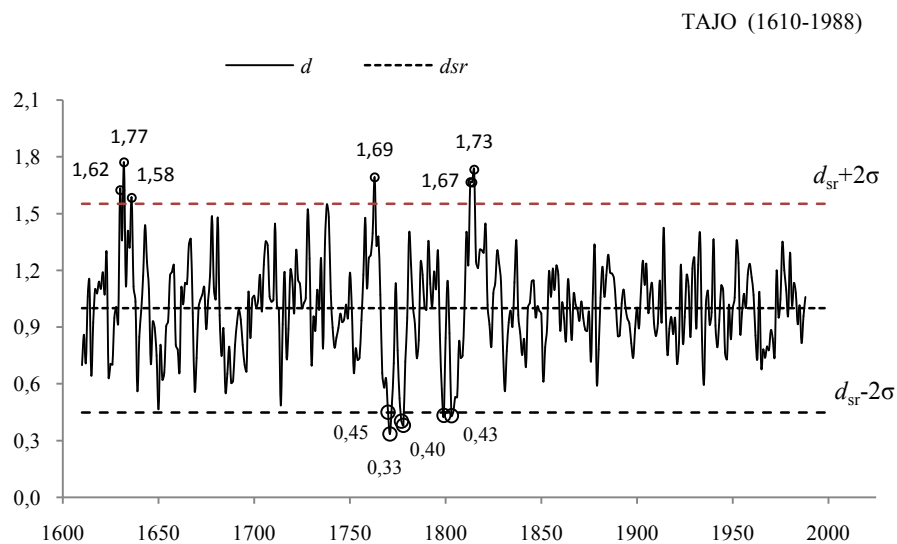
$d_{sr} = 0,999$ ,  $\sigma = 0, 0,2250$



## 10. TAJO (1610-1988, HISZPANIA)

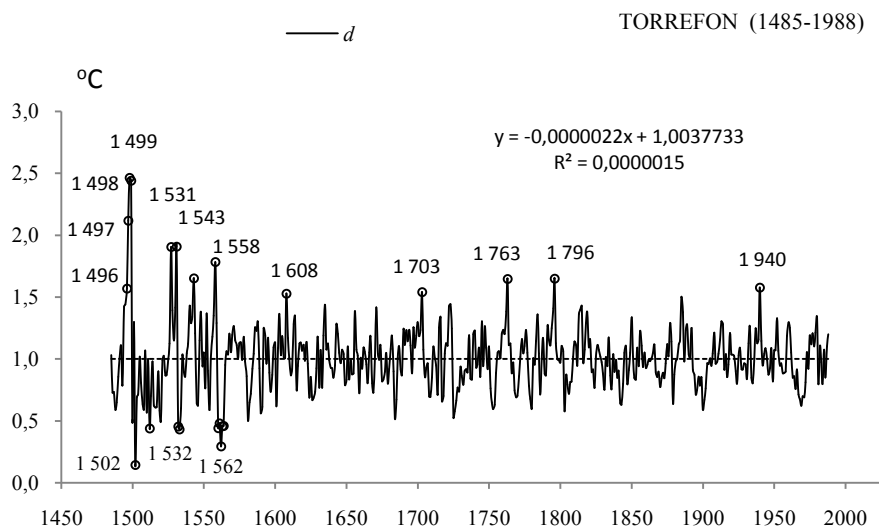


**Rys. 10a.** Zmiany szerokości słoików sosny (*Pinus nigra*) w Tajo (1610-1988, Hiszpania);  $y(x)$  – równanie prostej regresji  
**Fig. 10a.** Changes of Black pine (*Pinus nigra*) tree ring widths in Tajo (1610-1988, Spain);  $y(x)$  – the regression equation



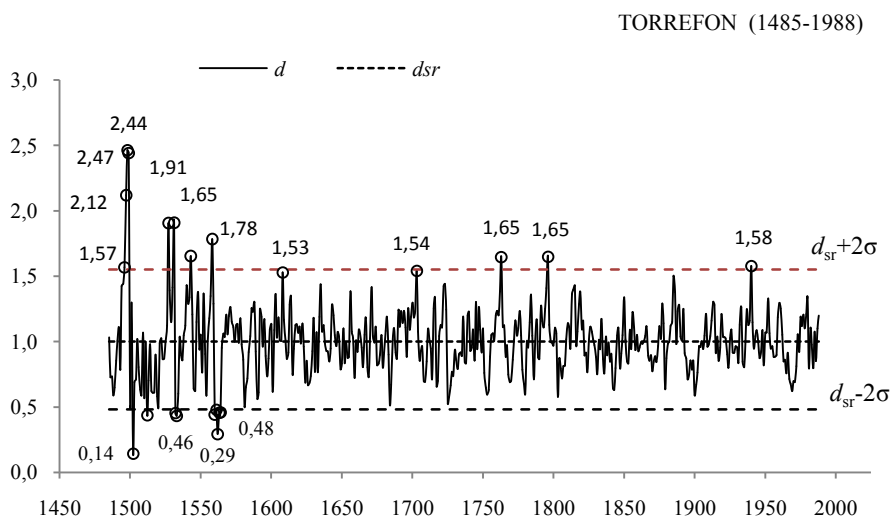
**Rys. 10b.** Zmiany szerokości słoików sosny (*Pinus nigra*) w Tajo (1610-1988, Hiszpania);  $d_{sr} = 1,001$ ,  $\sigma = 0,2463$   
**Fig. 10b.** Changes of Black pine (*Pinus nigra*) tree ring widths in Tajo (1610-1988, Spain);  $d_{sr} = 1,001$ ,  $\sigma = 0,2463$

## 11. TORREFON (1485-1988, HISZPANIA)



**Rys. 11a.** Zmiany szerokości słoów sosny (*Pinus nigra*) w Torrefon (1485-1988, Hiszpania);  
 $y(x)$  – równanie prostej regresji

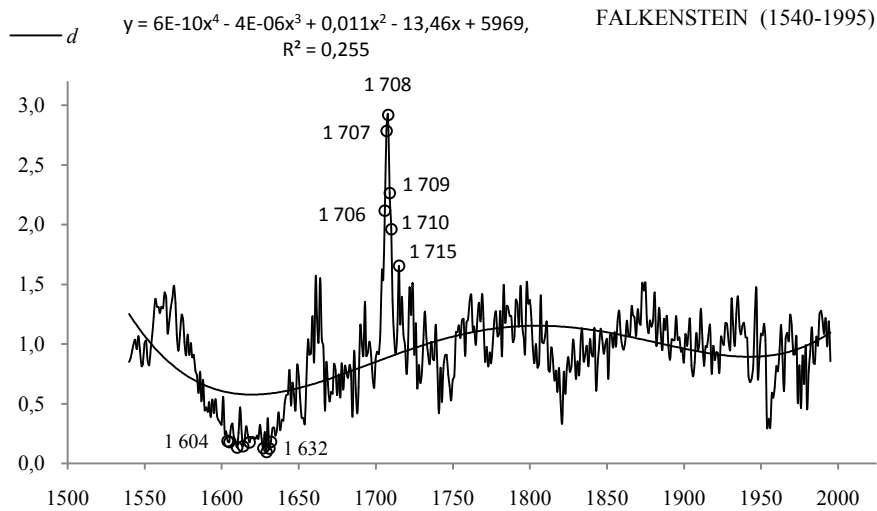
**Fig. 11a.** Changes of Black pine (*Pinus nigra*) tree ring widths in Torrefon (1485-1988, Spain);  
 $y(x)$  – the regression equation



**Rys. 11b.** Zmiany szerokości słoów sosny (*Pinus nigra*) w Torrefon (1485-1988, Hiszpania);  
 $d_{sr} = 1,000$ ,  $\sigma = 0,2597$

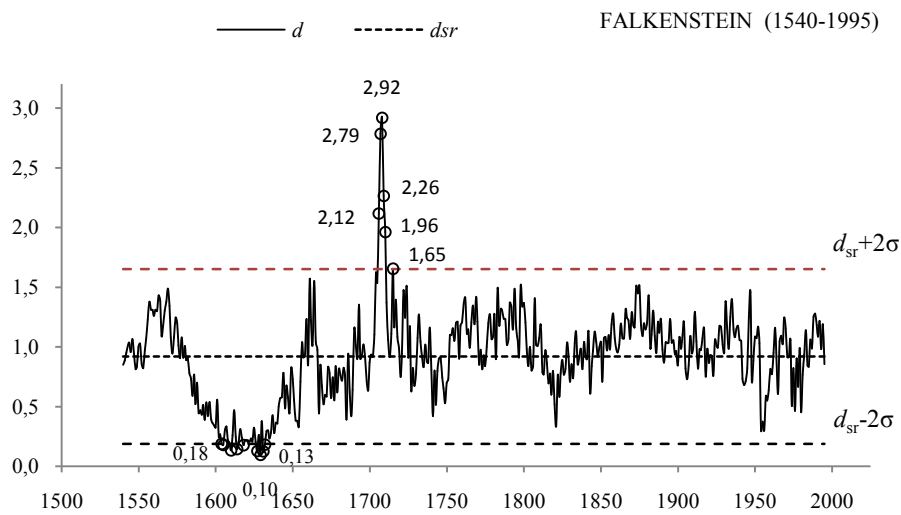
**Fig. 11b.** Changes of Black pine (*Pinus nigra*) tree ring widths in Torrefon (1485-1988, Spain);  
 $d_{sr} = 1,000$ ,  $\sigma = 0,2597$

## 12. FALKENSTEIN (1540-1995, NIEMCY)



**Rys. 12a.** Zmiany szerokości słoów świerka (*Picea abies*) w Falkenstein (1540-1995, Niemcy);  
 $y(x)$  – równanie prostej regresji

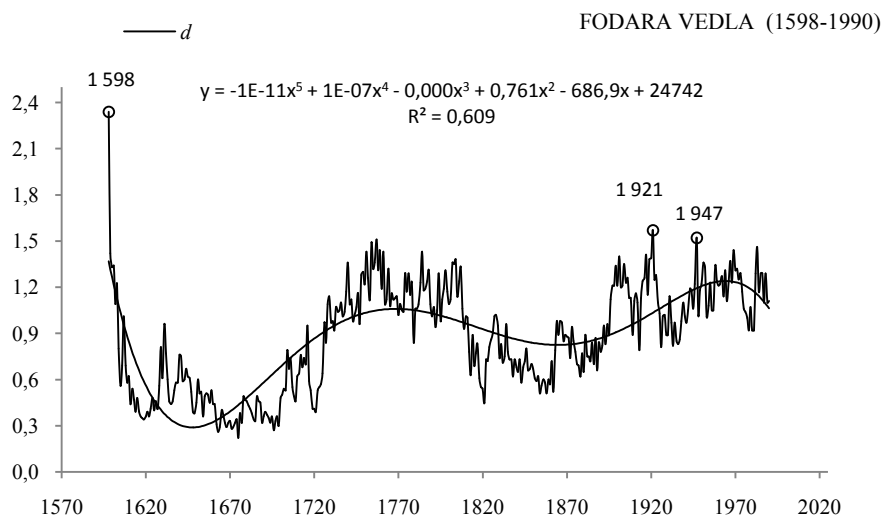
**Fig. 12a.** Changes of Norway spruce (*Picea abies*) tree ring widths in Falkenstein (1540-1995, Germany);  
 $y(x)$  – the regression equation



**Rys. 12b.** Zmiany szerokości słoów świerka (*Picea abies*) w Falkenstein (1540-1995, Niemcy);  
 $d_{sr} = 0,919$ ,  $\sigma = 0,3659$

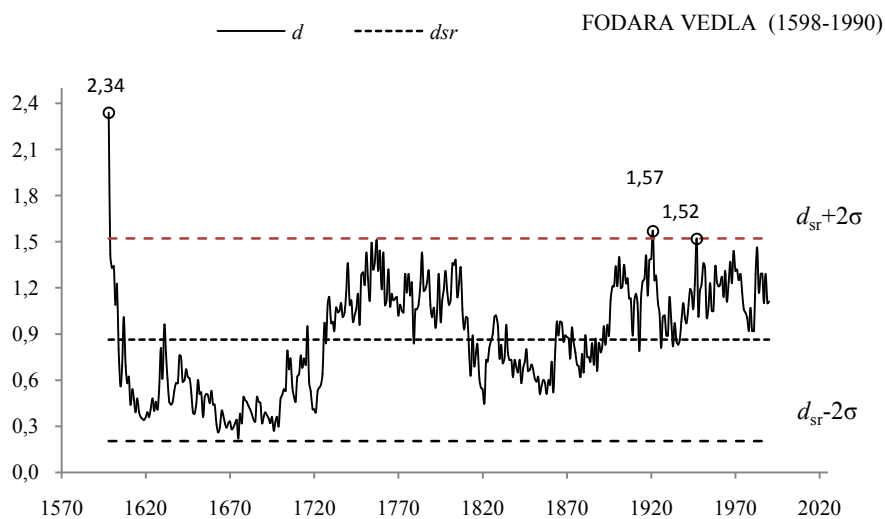
**Fig. 12b.** Changes of Norway spruce (*Picea abies*) tree ring widths in Falkenstein (1540-1995, Germany);  
 $d_{sr} = 0,919$ ,  $\sigma = 0,3659$

### 13. FODARA VEDLA (1598-1990, WŁOCHY)



**Rys. 13a.** Zmiany szerokości słoju świerka (*Picea abies*) w Fodara Vedla (1598-1990, Włochy);  $y(x)$  – równanie prostej regresji

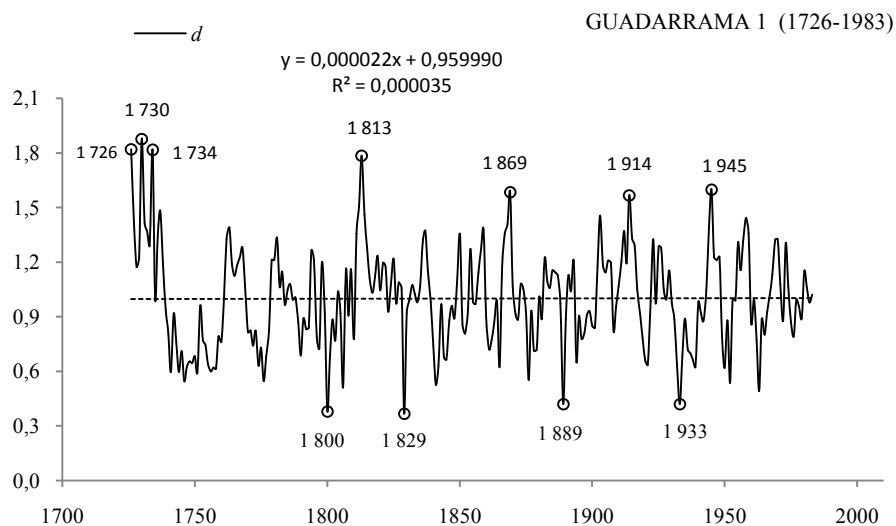
**Fig. 13a.** Changes of Norway spruce (*Picea abies*) tree ring widths in Fodara Vedla (1598-1990, Italia);  $y(x)$  – the regression equation



**Rys. 13b.** Zmiany szerokości słoju świerka (*Picea abies*) w Fodara Vedla (1598-1990, Włochy);  $d_{sr} = 0,862$ ,  $\sigma = 0,3298$

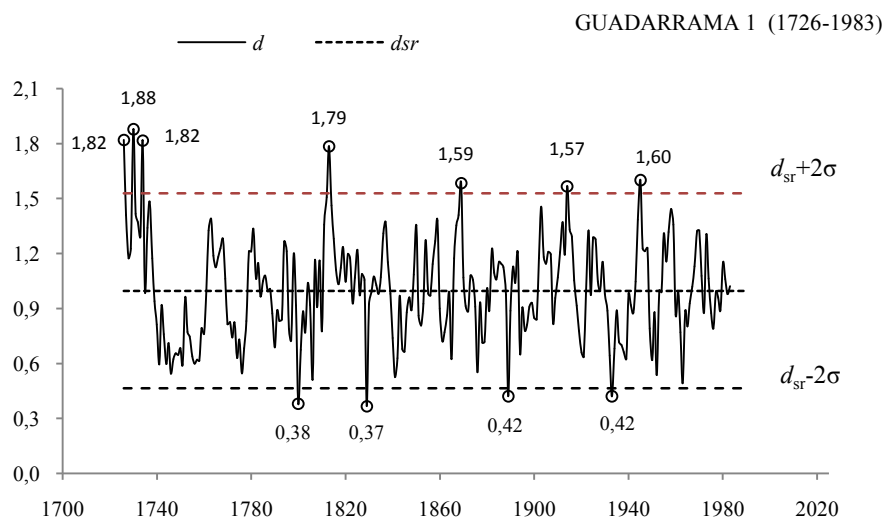
**Fig. 13b.** Changes of Norway spruce (*Picea abies*) tree ring widths in Fodara Vedla (1598-1990, Italia);  $d_{sr} = 0,862$ ,  $\sigma = 0,3298$

## 14. GUADARRAMA 1 (1726-1983, HISZPANIA)



**Rys. 14a.** Zmiany szerokości słoów świerka (*Picea abies*) w Guadarrama 1 (1726-1983, Hiszpania);  $y(x)$  – równanie prostej regresji

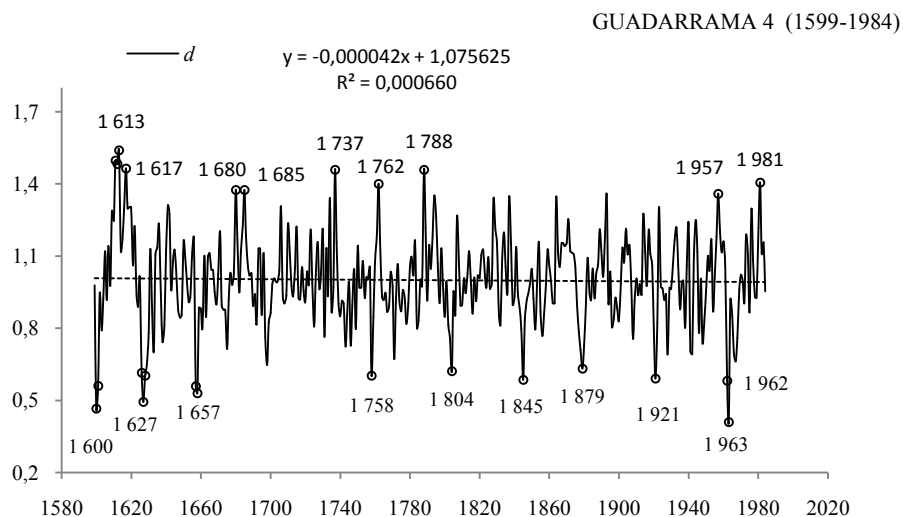
**Fig. 14a.** Changes of Norway spruce (*Picea abies*) tree ring widths in Guadarrama 1 (1726-1983, Spain);  $y(x)$  – the regression equation



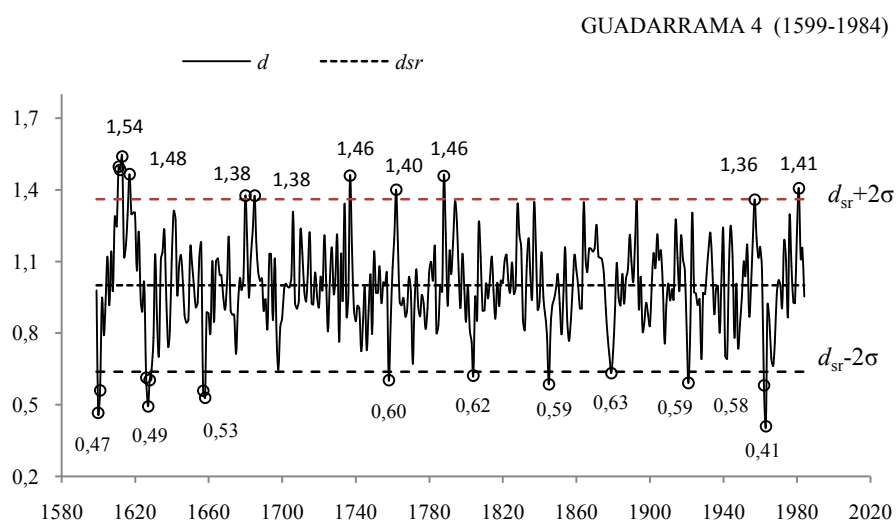
**Rys. 14b.** Zmiany szerokości słoów świerka (*Picea abies*) w Guadarrama 1 (1726-1983, Hiszpania);  $d_{sr} = 0,997$ ,  $\sigma = 0,2659$

**Fig. 14b.** Changes of Norway spruce (*Picea abies*) tree ring widths in Guadarrama 1 (1726-1983, Spain);  $d_{sr} = 0,997$ ,  $\sigma = 0,2659$

## 15. GUADARRAMA 4 (1599-1984, HISZPANIA)

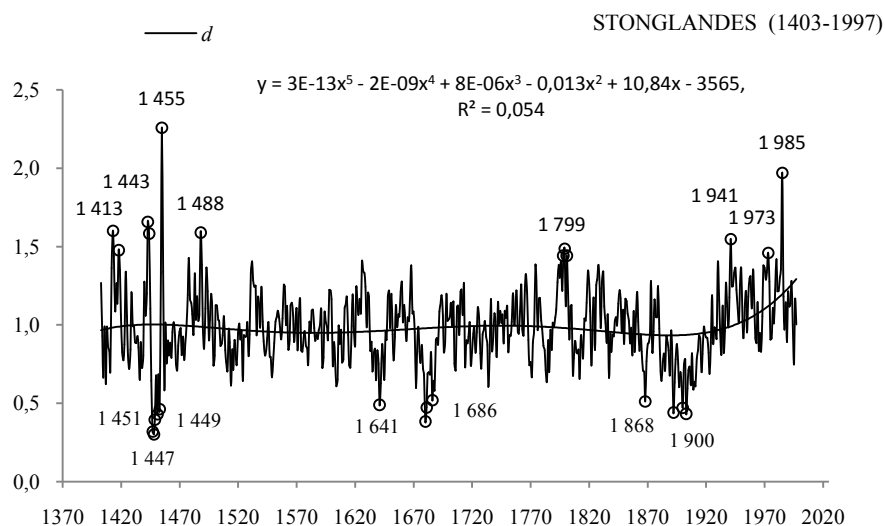


**Rys. 15a.** Zmiany szerokości słoów świerka (*Picea abies*) w Guadarrama 4 (1599-1984, Hiszpania);  $y(x)$  – równanie prostej regresji  
**Fig. 15a.** Changes of Norway spruce (*Picea abies*) tree ring widths in Guadarrama 4 (1599-1984, Spain);  $y(x)$  – the regression equation



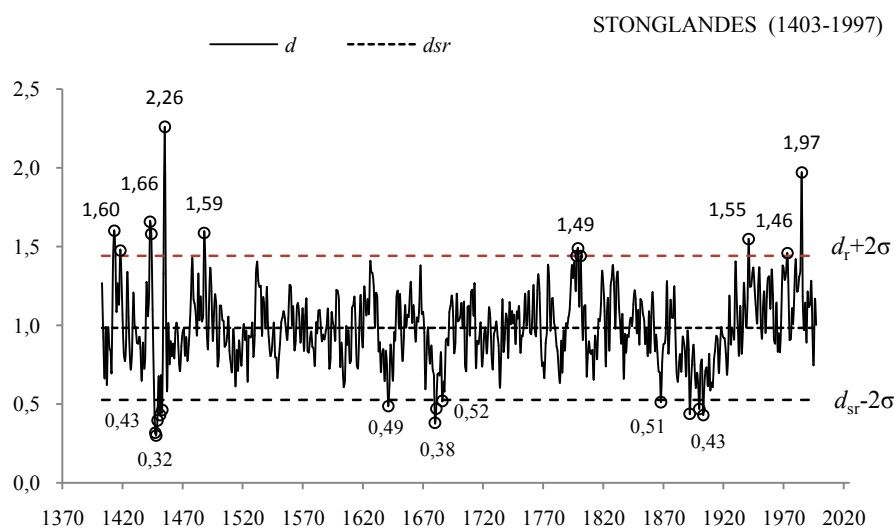
**Rys. 15b.** Zmiany szerokości słoów świerka (*Picea abies*) w Guadarrama 4 (1599-1984, Hiszpania);  $d_{sr} = 1,000$ ,  $\sigma = 0,1805$   
**Fig. 15b.** Changes of Norway spruce (*Picea abies*) tree ring widths in Guadarrama 4 (1599-1984, Spain);  $d_{sr} = 1,000$ ,  $\sigma = 0,1805$

## 16. STONNGLANDES (1403-1997, NORWEGIA)



**Rys. 16a.** Zmiany szerokości słoów świerka (*Picea abies*) w Stonnglandes (1403-1997, Norwegia);  $y(x)$  – równanie prostej regresji

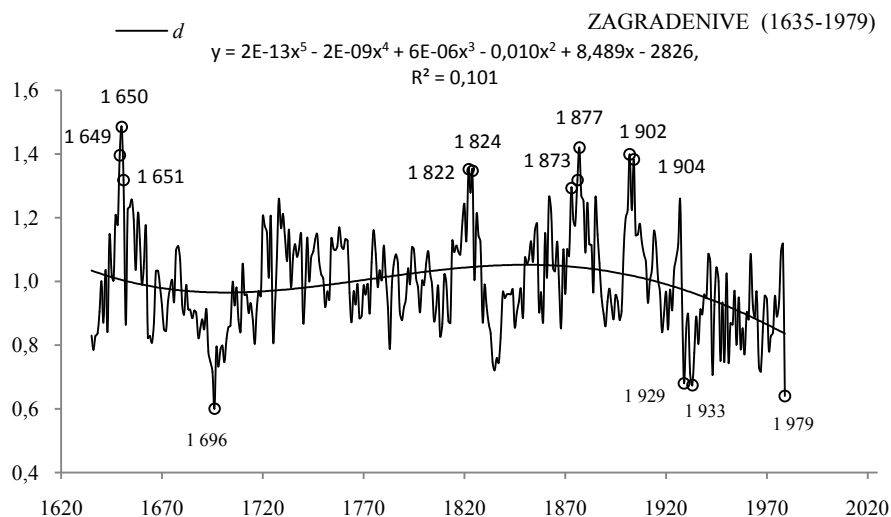
**Fig. 16a.** Changes of Norway spruce (*Picea abies*) tree ring widths in Stonnglandes (1403-1997, Norway);  $y(x)$  – the regression equation



**Rys. 16b.** Zmiany szerokości słoów świerka (*Picea abies*) w Stonnglandes (1403-1997, Norwegia);  $d_{sr} = 0,983$ ,  $\sigma = 0,2286$

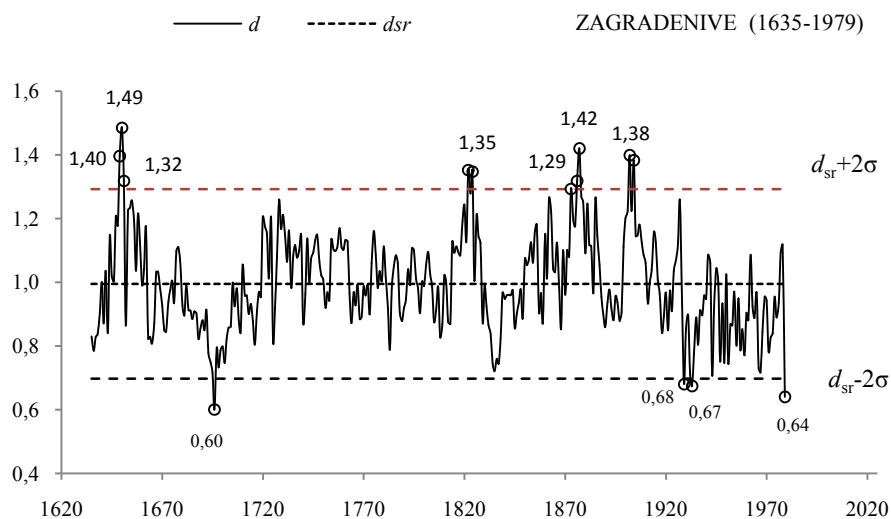
**Fig. 16b.** Changes of Norway spruce (*Picea abies*) tree ring widths in Stonnglandes (1403-1997, Norway);  $d_{sr} = 0,983$ ,  $\sigma = 0,2286$

## 17. ZAGRADENIYE (1635-1979, GRECJA)



**Rys. 17a.** Zmiany szerokości słoów świerka (*Picea abies*) w Zagradeniye (1635-1979, Grecja);  
 $y(x)$  – równanie prostej regresji

**Fig. 17a.** Changes of Norway spruce (*Picea abies*) tree ring widths in Zagradeniye (1635-1979, Greece);  
 $y(x)$  – the regression equation

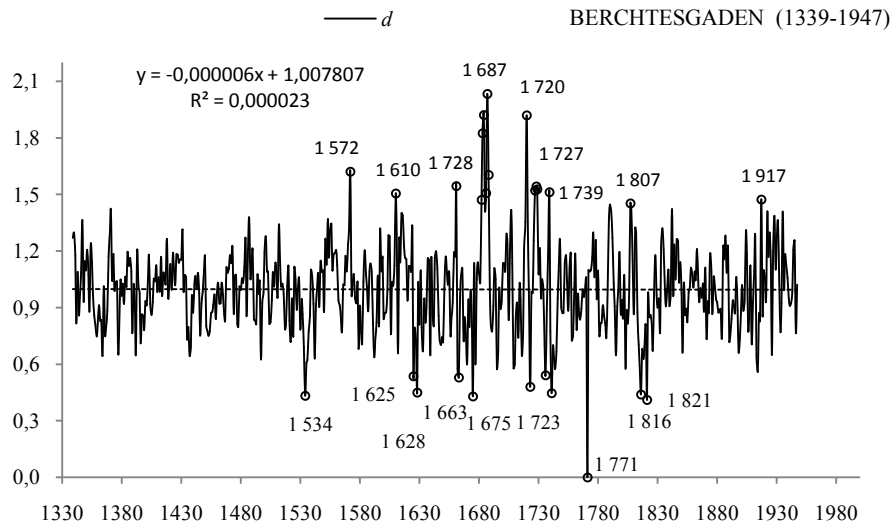


**Rys. 17b.** Zmiany szerokości słoów świerka (*Picea abies*) w Zagradeniye (1635-1979, Grecja);  
 $d_{sr} = 0,995, \sigma = 0,1488$

**Fig. 17b.** Changes of Norway spruce (*Picea abies*) tree ring widths in Zagradeniye (1635-1979, Greece);  
 $d_{sr} = 0,995, \sigma = 0,1488$

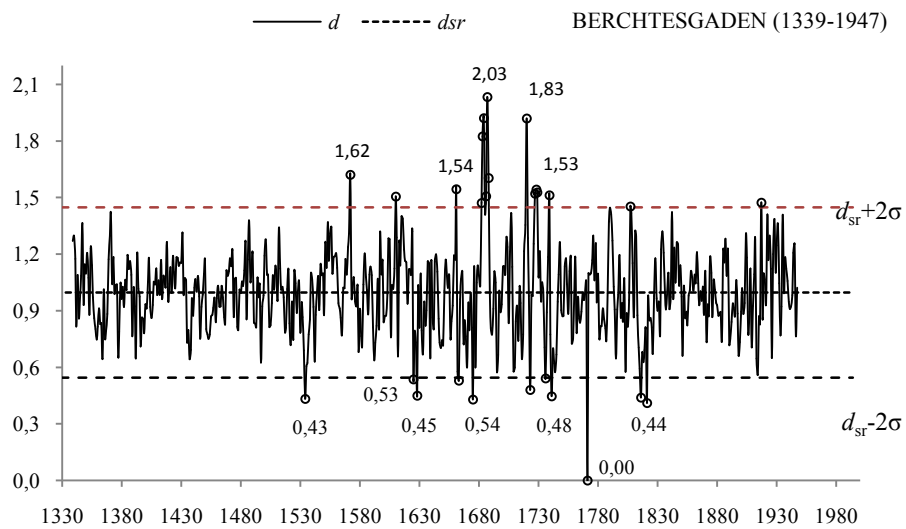


## 18. BERCHTESGADEN (1339-1947, NIEMCY)



**Rys. 18a.** Zmiany szerokości słoów modrzewia (*Larix decidua*) w Berchtesgaden (1339-1947, Niemcy);  $y(x)$  – równanie prostej regresji

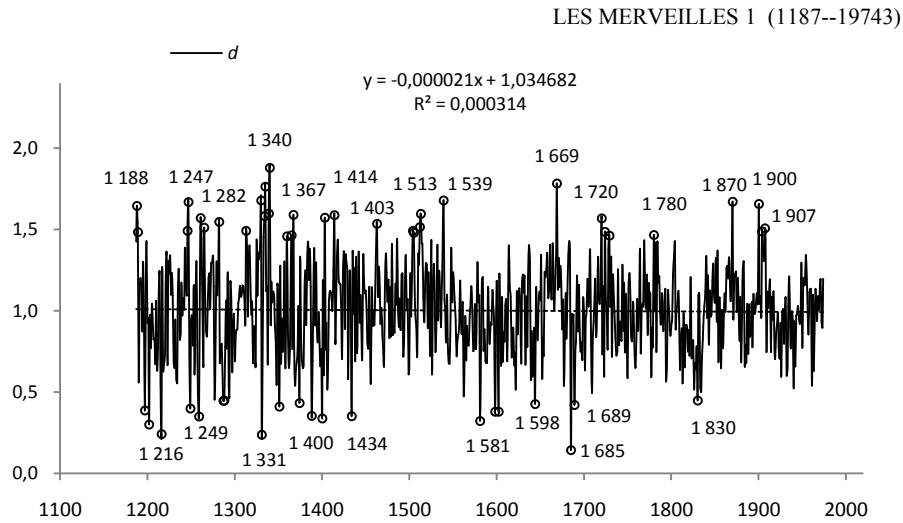
**Fig. 18a.** Changes of European larch (*Larix decidua*) tree ring widths in Berchtesgaden (1339-1947, Germany);  $y(x)$  – the regression equation



**Rys. 18b.** Zmiany szerokości słoów modrzewia (*Larix decidua*) w Berchtesgaden (1339-1947, Niemcy);  $d_{sr} = 0,997$ ,  $\sigma = 0,2255$

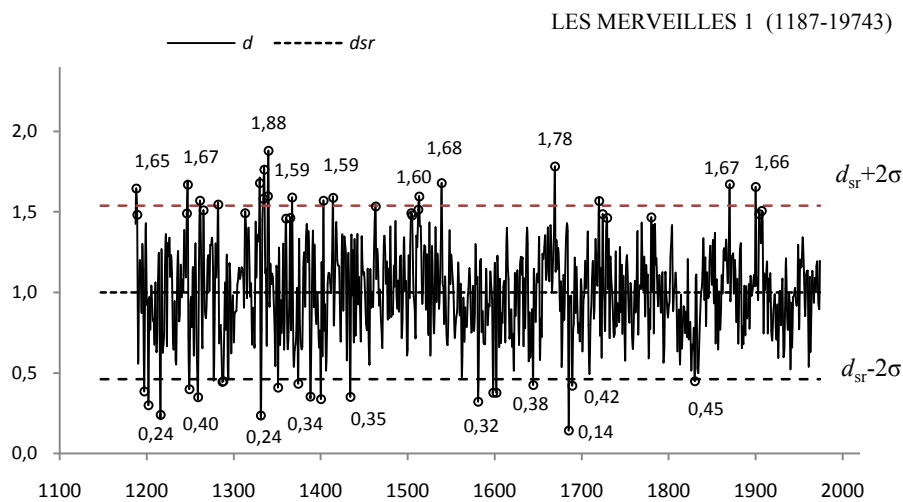
**Fig. 18b.** Changes of European larch (*Larix decidua*) tree ring widths in Berchtesgaden (1339-1947, Germany);  $d_{sr} = 0,997$ ,  $\sigma = 0,2255$

## 19. LES MERVEILLES 1 (1187-1974, FRANCJA)



**Rys. 19a.** Zmiany szerokości słoów modrzewia (*Larix decidua*) w Les Merveilles 1 (1187-1974, Francja);  $y(x)$  – równanie prostej regresji

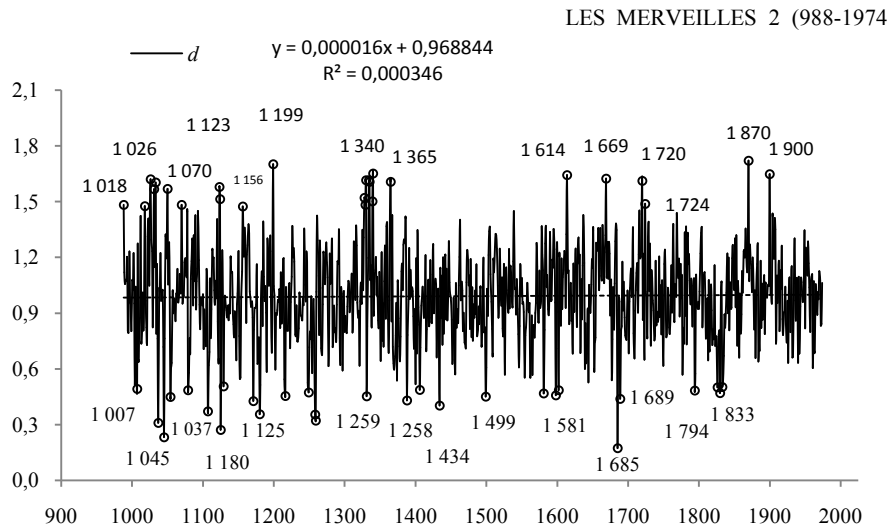
**Fig. 19a.** Changes of European larch (*Larix decidua*) tree ring widths in Les Merveilles 1 (1187-1974, France);  $y(x)$  – the regression equation



**Rys. 19b.** Zmiany szerokości słoów modrzewia (*Larix decidua*) w Les Merveilles 1 (1187-1974, Francja);  $d_{sr} = 1,001$ ,  $\sigma = 0,2691$

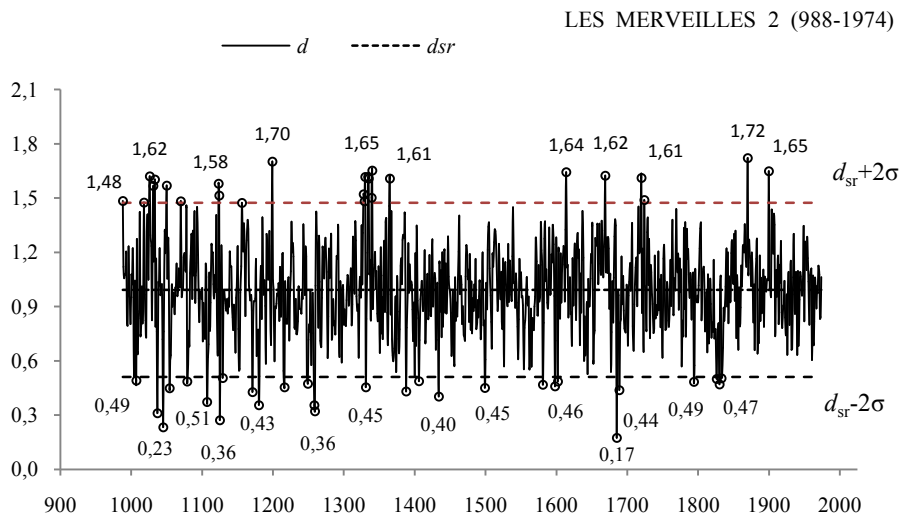
**Fig. 19b.** Changes of European larch (*Larix decidua*) tree ring widths in Les Merveilles 1 (1187-1974, France);  $d_{sr} = 1,001$ ,  $\sigma = 0,2691$

## 20. LES MERVEILLES 2 (988-1974, FRANCJA)



**Rys. 20a.** Zmiany szerokości słoów modrzewia (*Larix decidua*) w Les Merveilles 2 (988-1974, Francja);  $y(x)$  – równanie prostej regresji

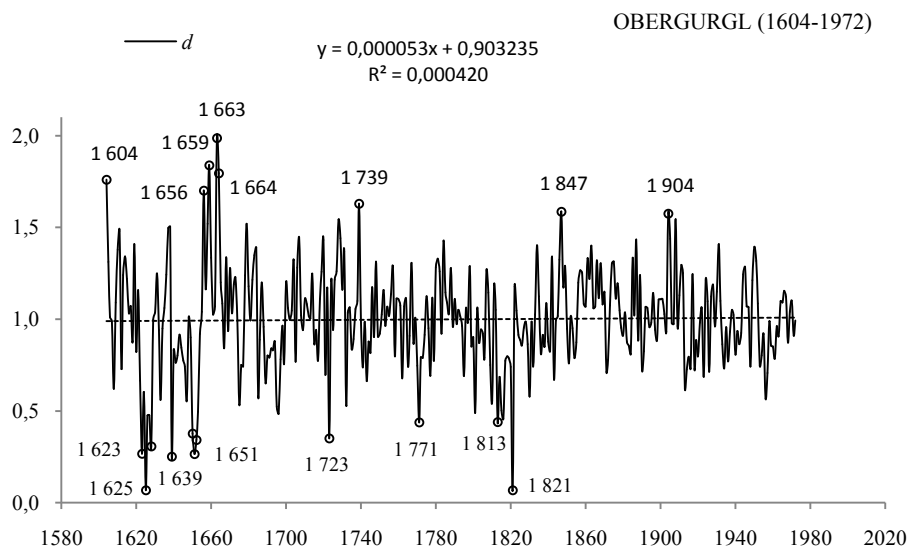
**Fig. 20a.** Changes of European larch (*Larix decidua*) tree ring widths in Les Merveilles 2 (988-1974, France);  $y(x)$  – the regression equation



**Rys. 20b.** Zmiany szerokości słoów modrzewia (*Larix decidua*) w Les Merveilles 2 (988-1974, Francja);  $d_{sr} = 0,992$ ,  $\sigma = 0,2408$

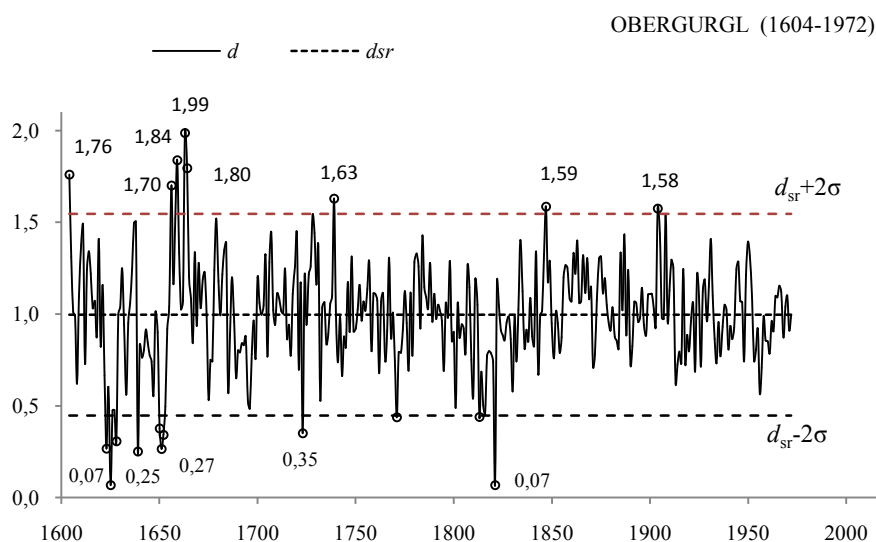
**Fig. 20b.** Changes of European larch (*Larix decidua*) tree ring widths in Les Merveilles 2 (988-1974, France);  $d_{sr} = 0,992$ ,  $\sigma = 0,2408$

## 21. OBERGURGL (1604-1972, AUSTRIA)



**Rys. 21a.** Zmiany szerokości słoów modrzewia (*Larix decidua*) w Obergurgl (1604-1972, Austria);  
 $y(x)$  – równanie prostej regresji

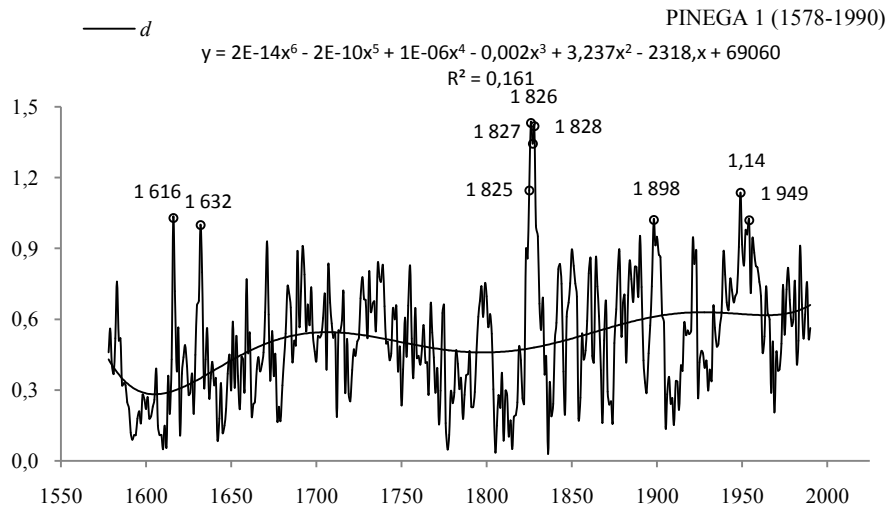
**Fig. 21a.** Changes of European larch (*Larix decidua*) tree ring widths in Obergurgl (1604-1972, Austria);  
 $y(x)$  – the regression equation



**Rys. 21b.** Zmiany szerokości słoów modrzewia (*Larix decidua*) w Obergurgl (1604-1972, Austria);  
 $d_{sr} = 0,996$ ,  $\sigma = 0,2750$

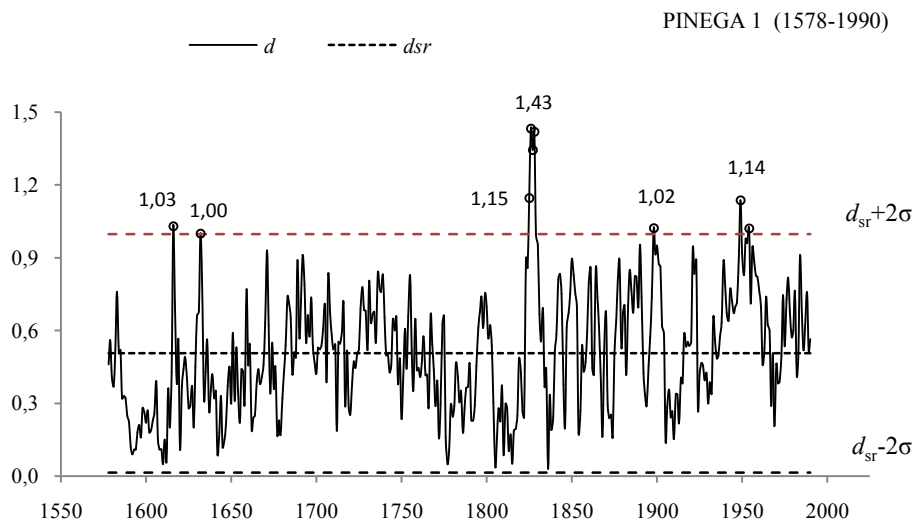
**Fig. 21b.** Changes of European larch (*Larix decidua*) tree ring widths in Obergurgl (1604-1972, Austria);  
 $d_{sr} = 0,996$ ,  $\sigma = 0,2750$

## 22. PINEGA 1 (1578-1990, ROSJA)



**Rys. 22a.** Zmiany szerokości słoów modrzewia (*Larix decidua*) w Pinega 1 (1578-1990, Rosja);  $y(x)$  – równanie prostej regresji

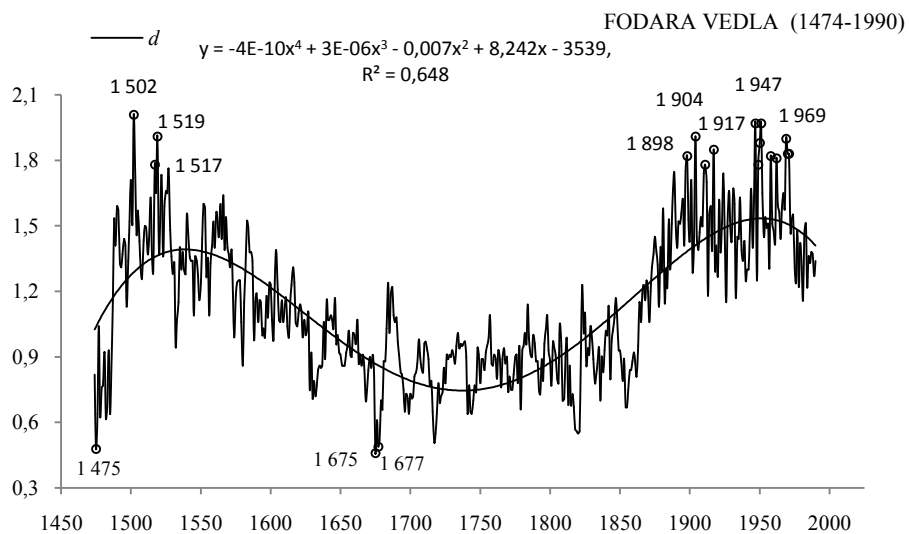
**Fig. 22a.** Changes of European larch (*Larix decidua*) tree ring widths in Pinega 1 (1578-1990, Russia);  $y(x)$  – the regression equation



**Rys. 22b.** Zmiany szerokości słoów modrzewia (*Larix decidua*) w Pinega 1 (1578-1990, Rosja);  $d_{sr} = 0,506$ ,  $\sigma = 0,2457$

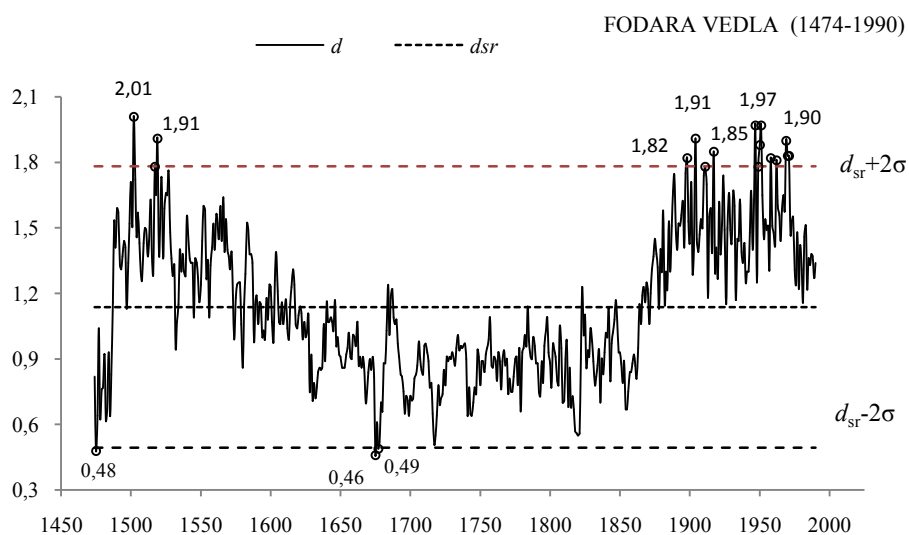
**Fig. 22b.** Changes of European larch (*Larix decidua*) tree ring widths in Pinega 1 (1578-1990, Russia);  $d_{sr} = 0,506$ ,  $\sigma = 0,2457$

### 23. FODARA VEDLA (1474-1990, WŁOCHY)



**Rys. 23a.** Zmiany szerokości słoów jodły (*Abies alba*) w Fodara Vedla (1474-1990, Włochy);  
 $y(x)$  – równanie prostej regresji

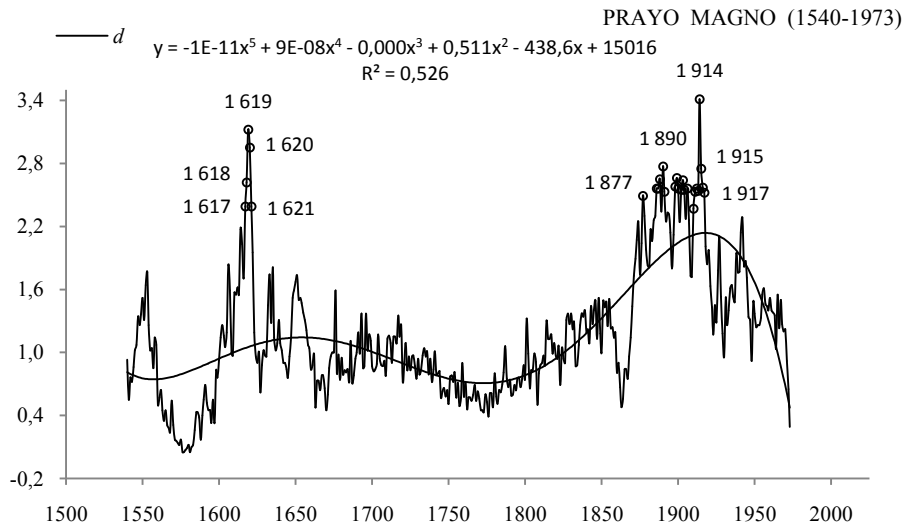
**Fig. 23a.** Changes of pine Silver fir (*Abies alba*) tree ring widths in Fodara Vedla (1474-1990, Italia);  
 $y(x)$  – the regression equation



**Rys. 23b.** Zmiany szerokości słoów jodły (*Abies alba*) w Fodara Vedla (1474-1990, Włochy);  
 $d_{sr} = 1,138, \sigma = 0,3223$

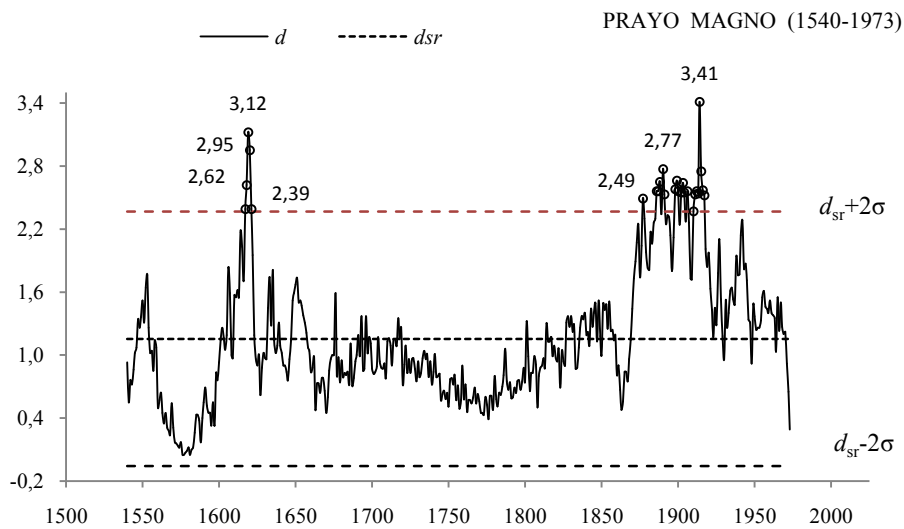
**Fig. 23b.** Changes of pine Silver fir (*Abies alba*) tree ring widths in Fodara Vedla (1474-1990, Italia);  
 $d_{sr} = 1,138, \sigma = 0,3223$

## 24. PRAYO MAGNO (1540-1973, WŁOCHY)



**Rys. 24a.** Zmiany szerokości słoju jodły (*Abies alba*) w Prayno Magno (1540-1973, Włochy);  
 $y(x)$  – równanie prostej regresji

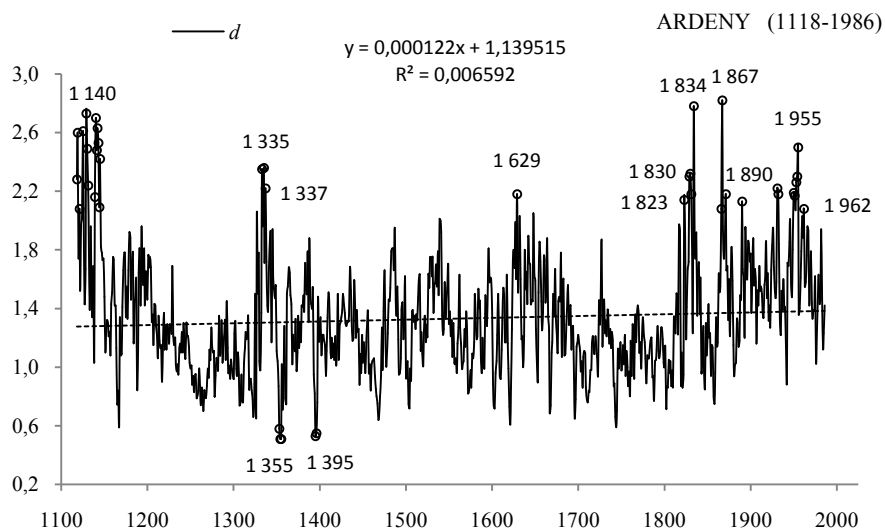
**Fig. 24a.** Changes of pine Silver fir (*Abies alba*) tree ring widths in Prayno Magno (1540-1973, Italia);  
 $y(x)$  – the regression equation



**Rys. 24b.** Zmiany szerokości słoju jodły (*Abies alba*) w Prayno Magno (1540-1973, Włochy);  
 $d_{sr} = 1,154$ ,  $\sigma = 0,6069$

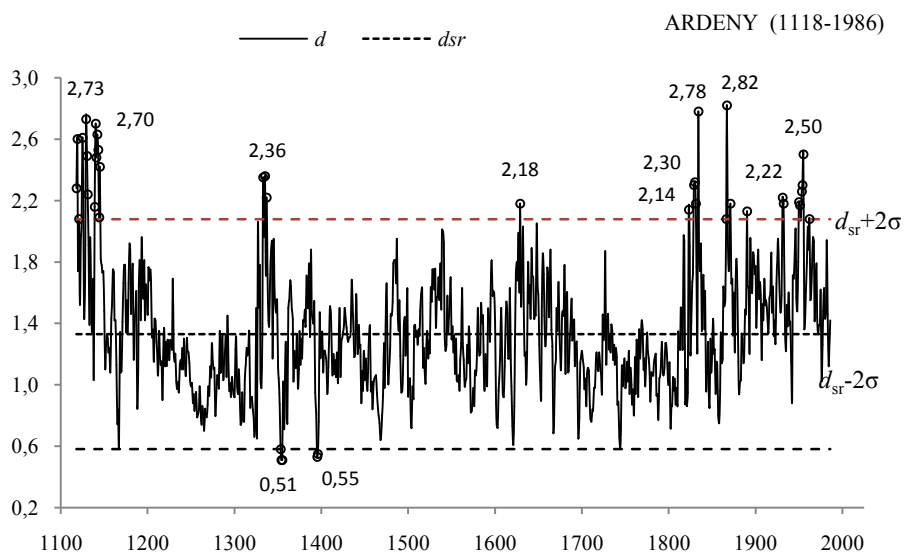
**Fig. 24b.** Changes of pine Silver fir (*Abies alba*) tree ring widths in Prayno Magno (1540-1973, Italia);  
 $d_{sr} = 1,154$ ,  $\sigma = 0,6069$

## 25. ARDENY (1118-1986, BELGIA)



**Rys. 25a.** Zmiany szerokości słoju dębu (*Quercus petraea*) w Ardenach (1118-1986, Belgia);  
 $y(x)$  – równanie prostej regresji

**Fig. 25a.** Changes of Sessile oak (*Quercus petraea*) tree ring widths in Ardens (1118-1986, Belgium);  
 $y(x)$  – the regression equation

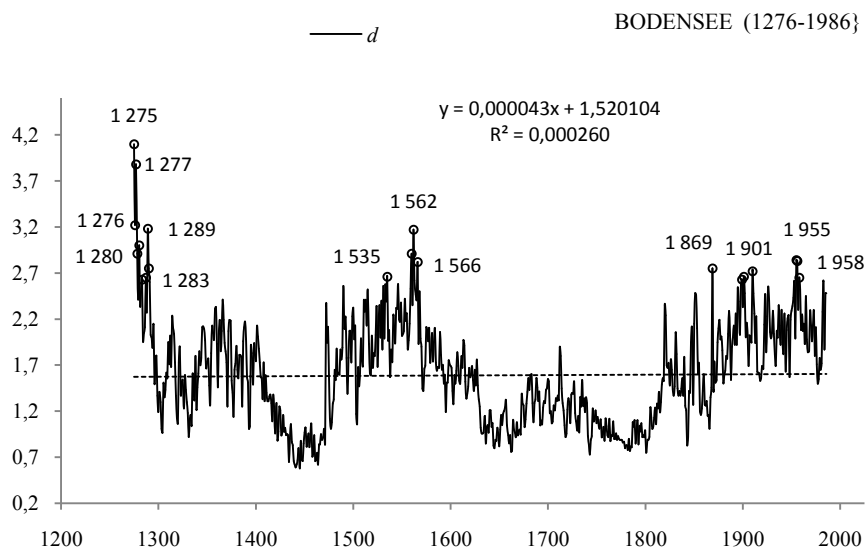


**Rys. 25b.** Zmiany szerokości słoju dębu (*Quercus petraea*) w Ardenach (1118-1986, Belgia);  
 $d_{sr} = 1,328$ ,  $\sigma = 0,3742$

**Fig. 25b.** Changes of Sessile oak (*Quercus petraea*) tree ring widths in Ardens (1118-1986, Belgium);  
 $d_{sr} = 1,328$ ,  $\sigma = 0,3742$



## 26. BODENSEE (1275-1986, HOLANDIA)

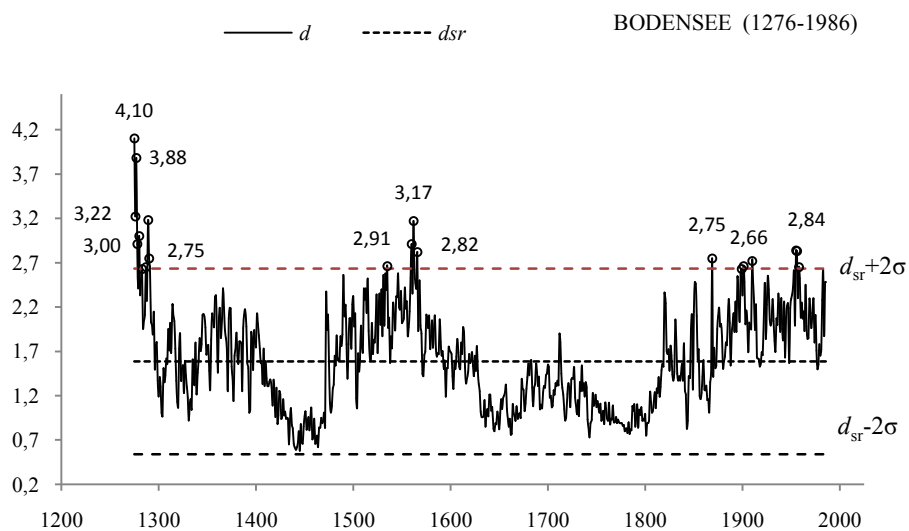


**Rys. 26a.** Zmiany szerokości słoów dębu (*Quercus petraea*) w Bodensee (1275-1986, Holandia);

$y(x)$  – równanie prostej regresji

**Fig. 26a.** Changes of Sessile oak (*Quercus petraea*) tree ring widths in Bodensee (1275-1986, Holland);

$y(x)$  – the regression equation



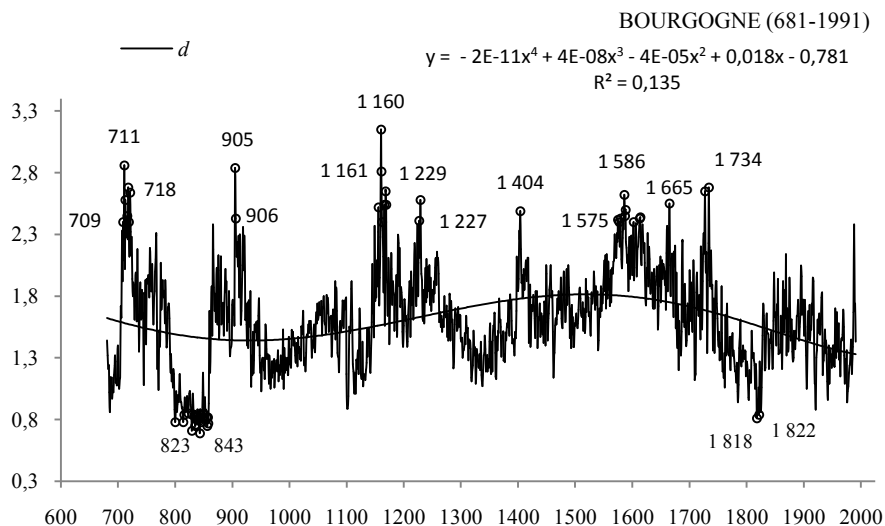
**Rys. 26b.** Zmiany szerokości słoów dębu (*Quercus petraea*) w Bodensee (1275-1986, Holandia);

$d_{sr} = 1,586, \sigma = 0,5235$

**Fig. 26b.** Changes of Sessile oak (*Quercus petraea*) tree ring widths in Bodensee (1275-1986, Holland);

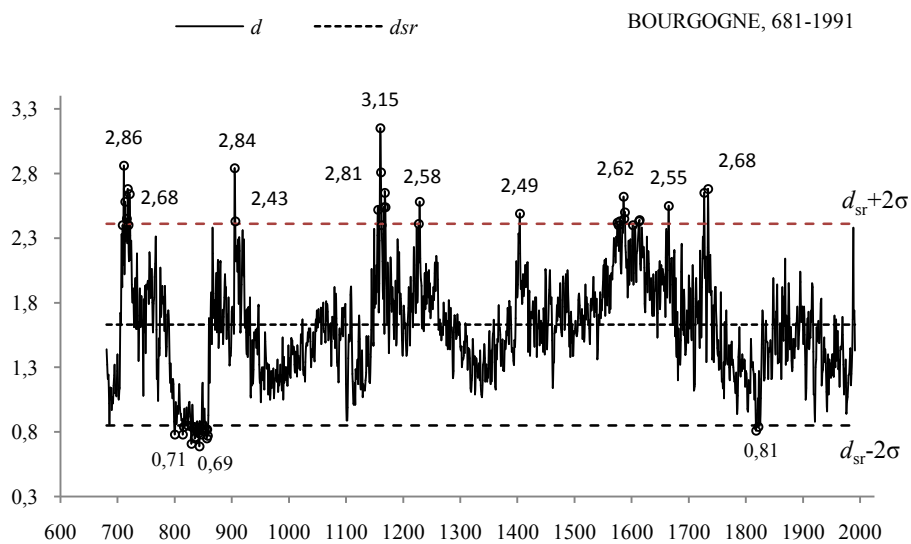
$d_{sr} = 1,586, \sigma = 0,5235$

## 27. BOURGOGNE (681-1991, FRANCJA)



**Rys. 27a.** Zmiany szerokości słoików dębu (*Quercus petraea*) w Bourgoigne (681-1991, Francja);  $y(x)$  – równanie prostej regresji

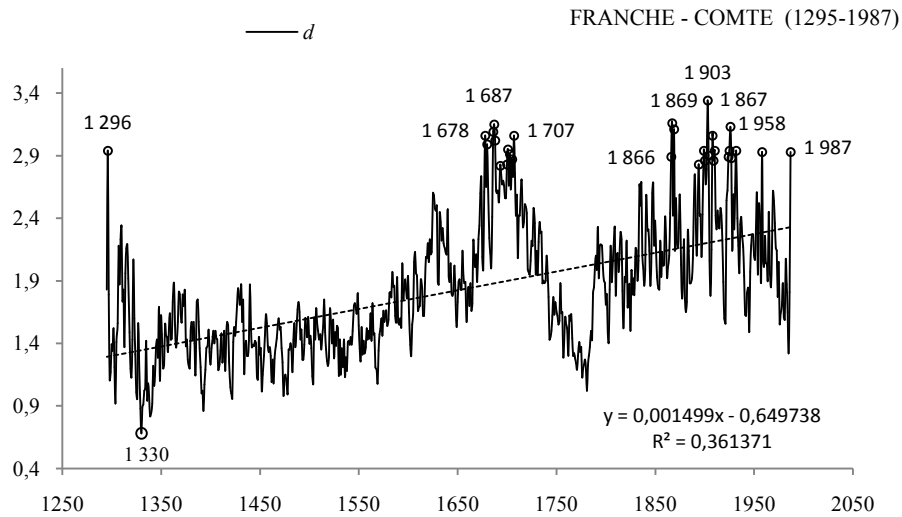
**Fig. 27a.** Changes of Sessile oak (*Quercus petraea*) tree ring widths in Bourgoigne (681-1991, France);  $y(x)$  – the regression equation



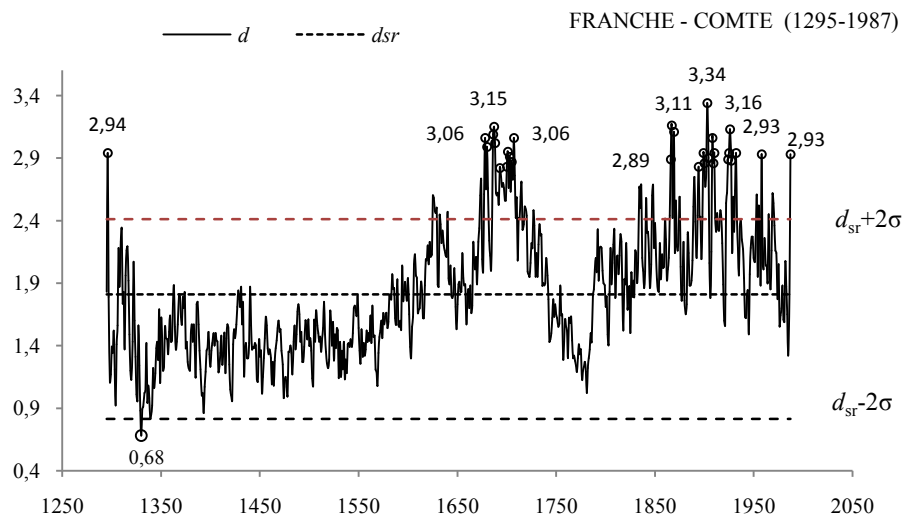
**Rys. 27b.** Zmiany szerokości słoików dębu (*Quercus petraea*) w Bourgoigne (681-1991, Francja);  $d_{sr} = 1,631, \sigma = 0,3899$

**Fig. 27b.** Changes of Sessile oak (*Quercus petraea*) tree ring widths in Bourgoigne (681-1991, France);  $d_{sr} = 1,631, \sigma = 0,3899$

## 28. FRANCHE-COMTE (1294-1987, FRANCJA)

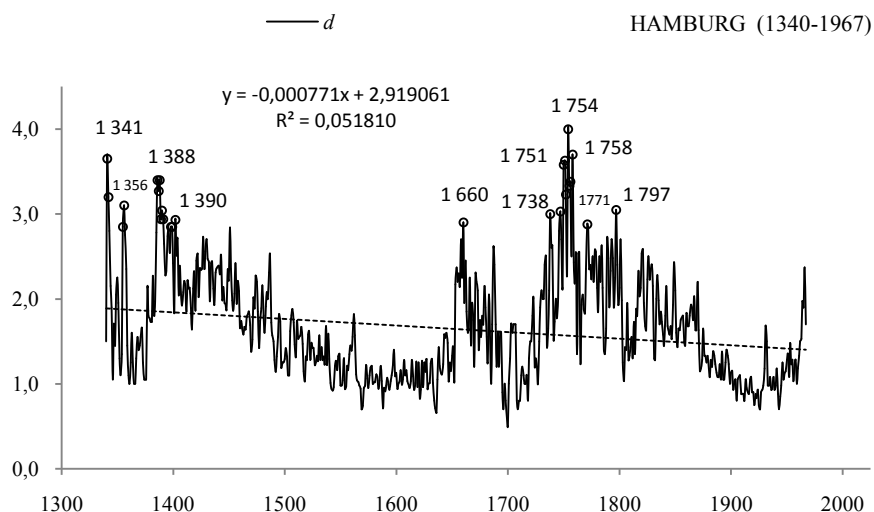


**Rys. 28a.** Zmiany szerokości słoów dębu (*Quercus petraea*) w Franche-Comte (1294-1987, Francja);  
 $y(x)$  – równanie prostej regresji  
**Fig. 28a.** Changes of Sessile oak (*Quercus petraea*) tree ring widths in Franche-Comte (1294-1987, France);  
 $y(x)$  – the regression equation



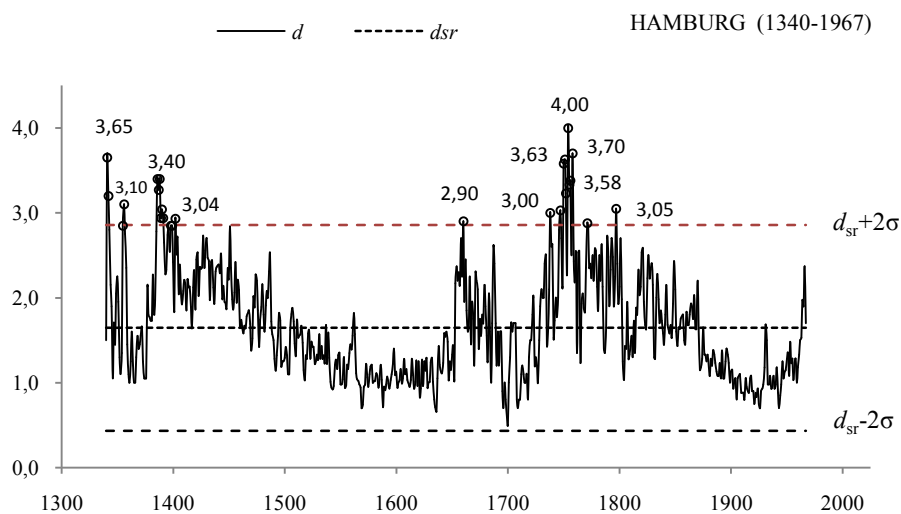
**Rys. 28b.** Zmiany szerokości słoów dębu (*Quercus petraea*) w Franche-Comte (1294-1987, Francja);  
 $d_{sr} = 1,810$ ,  $\sigma = 0,4978$   
**Fig. 28b.** Changes of Sessile oak (*Quercus petraea*) tree ring widths in Franche-Comte (1294-1987, France);  
 $d_{sr} = 1,810$ ,  $\sigma = 0,4978$

## 29. HAMBURG (1340-1967, NIEMCY)



**Rys. 29a.** Zmiany szerokości słoów dębu (*Quercus robur*) w Hamburgu (1340-1967, Niemcy);  $y(x)$  – równanie prostej regresji

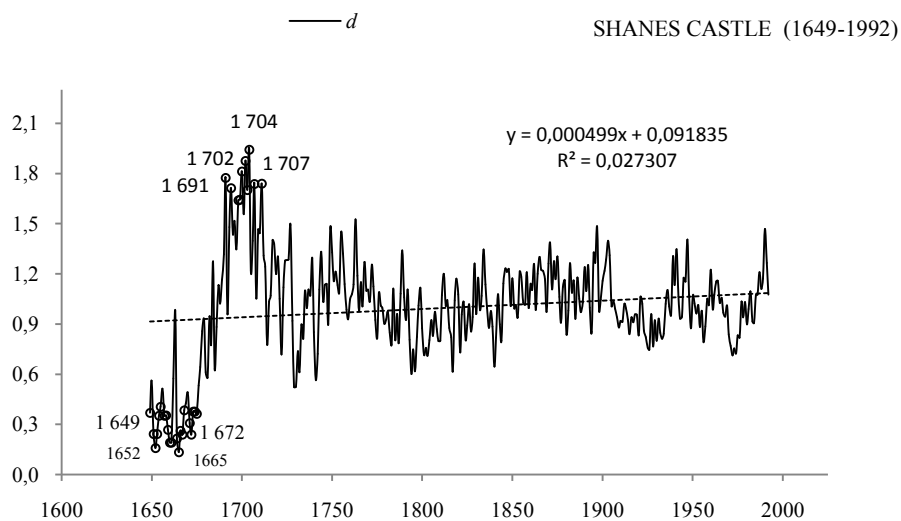
**Fig. 29a.** Changes of English oak (*Quercus robur*) tree ring widths in Hamburg (1340-1967, Germany);  $y(x)$  – the regression equation



**Rys. 29b.** Zmiany szerokości słoów dębu (*Quercus robur*) w Hamburgu (1340-1967, Niemcy);  $d_{sr} = 1,645$ ,  $\sigma = 0,6057$

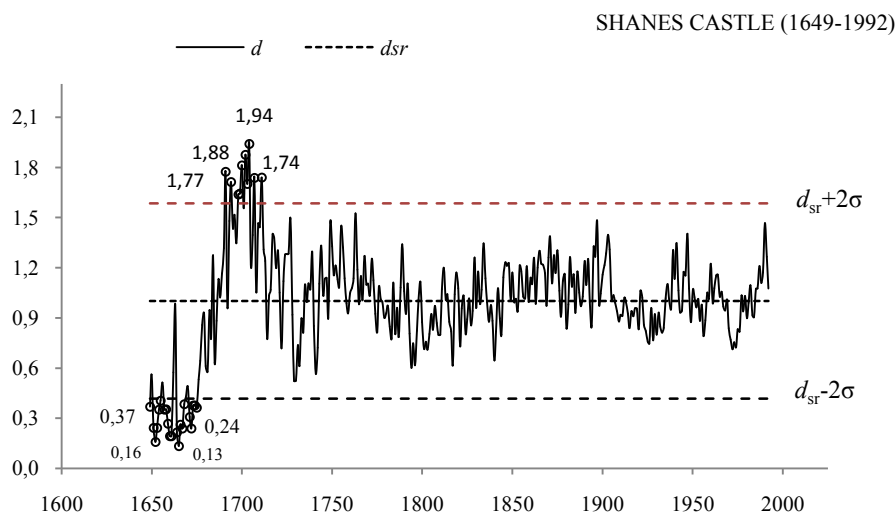
**Fig. 29b.** Changes of English oak (*Quercus robur*) tree ring widths in Hamburg (1340-1967, Germany);  $d_{sr} = 1,645$ ,  $\sigma = 0,6057$

### 30. SHANES CASTLE (1649-1992, IRLANDIA)



**Rys. 30a.** Zmiany szerokości słoju dębu (*Quercus robur*) w Shanes Castle (1649-1992, Irlandia);  $y(x)$  – równanie prostej regresji

**Fig. 30a.** Changes of English oak (*Quercus robur*) tree ring widths in Shanes Castle (1649-1992, Ireland);  $y(x)$  – the regression equation



**Rys. 30b.** Zmiany szerokości słoju dębu (*Quercus robur*) w Shanes Castle (1649-1992, Irlandia);  $d_{sr} = 1,002$ ,  $\sigma = 0,2922$

**Fig. 30b.** Changes of English oak (*Quercus robur*) tree ring widths in Shanes Castle (1649-1992, Ireland);  $d_{sr} = 1,002$ ,  $\sigma = 0,2922$

## 5.2. Ekstrema szerokości słoju dębów rosnących w Polsce

Za wyjątkowy pod względem termicznym uznano ten rok, w którym grubość słoja danego dębu ( $d_{inf}$ ) różni się od średniej z wszystkich jego słoju ( $d_{sr}$ ) (od średniej wieloletniej) co najmniej o 2 odchylenia standardowe ( $\sigma$ ) (rys. 31a-414a, rys. 31b-44b)

$$d_{inf} \leq d_{sr} - 2\sigma - \text{bardzo zimny (BZ)}$$

$$d_{sup} \geq d_{sr} + 2\sigma - \text{bardzo ciepły (BC)}$$

Podano też ekstrema grubości słoju drzew: minimum ( $t_{min}$ ,  $d_{min}$ ) – wyjątkowo zimny rok (WZ) i maksimum ( $t_{max}$ ,  $d_{max}$ ) – wyjątkowo ciepły (WC)

Tabela 2. Rozmieszczenie dębów w Polsce

Table 2. Localization Sessile oaks in Poland

		Lata	$d_s$	$\sigma$	$d_{sr} - 2\sigma$	$d_{sr} + 2\sigma$	$t_{min}$	$d_{min}$	$t_{max}$	$d_{max}$
31.	Gdańsk	1762-1985	10,002	1,3638	7,2746	12,7299	1790	4,9	1763	14,9
32.	Goldap	1871-1986	9,999	2,1408	5,7175	14,2807	1940	4,1	1958	15,8
33.	Hajnówka	1720-1984	10,001	2,0128	5,9751	14,0264	2747	3,9	1730	15,8
34.	Koszalin	1782-1986	10,000	1,9384	6,1237	13,8772	1800	5,2	1783	116,7
35.	Kraków	1792-1985	10,000	1,4552	7,0895	12,9105	1840	6,2	1971	13,5
36.	Pomorze Wschodnie	996-1985	9,999	1,4018	7,1959	12,8031	998	4,3	1021	15,9
37.	Poznań	1836-1986	10,000	1,7205	6,5590	13,4410	1836	5,4	1954	14,1
38.	Roztocze	1782-1988	9,996	2,2796	5,4369	14,5553	1784	1,6	1791	16,1
39.	Suwałki	1861-1986	9,997	1,6527	6,6914	13,3022	1940	6,3	1972	14,5
40.	Toruń	1713-1986	10,001	1,6842	6,6324	13,3691	1751	4,6	1801	17,5
41.	Warszawa	1690-1984	9,997	1,5741	6,8490	13,1456	1717	5,7	1730	15,4
42.	Wolin	1554-1986	10,000	1,5105	6,9792	13,0212	1554	5,6	1562	18,5
43.	Wrocław	1727-1986	9,999	1,7275	6,5442	13,4542	1742	4,4	1729	15,6
44.	Zielona Góra	1774-1986	10,000	2,4766	5,0473	14,9536	1774	3,8	1783	25,7



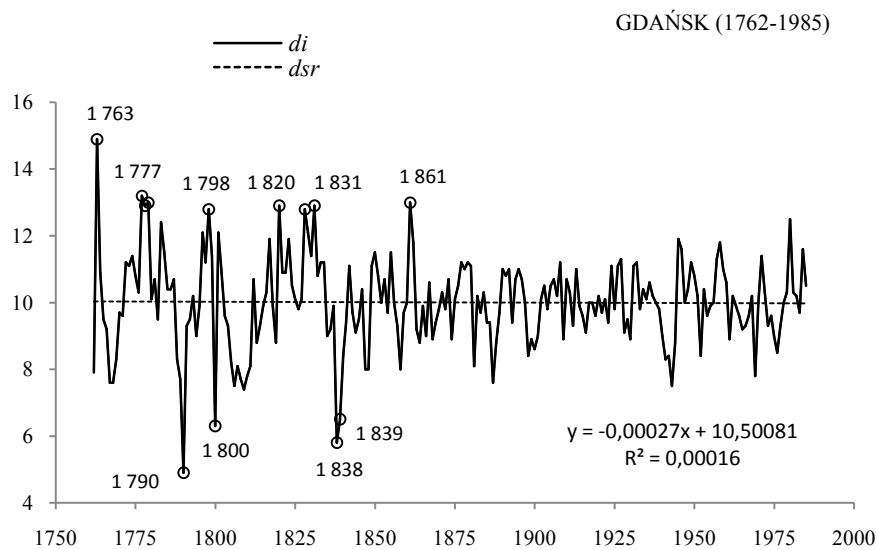
Na przykład w przypadku dębu *Quercus petraea* Pomorze Wschodnie (966-1985 Polska) grubości słoju poniżej średniej z wszystkich słoju ( $d_{sr} = 9,999$ ) o dwa odchylenia standardowe ( $\sigma = 1,4018$ ) – spełniające warunek  $d_{inf} \leq d_{sr} - 2\sigma$  wystąpiły w latach:

$t_{inf}$	$d_{inf}$	$t_{inf}$	$d_{inf}$
998	4,3	1439	6,7
1043	5,2	1741	6,7
1044	5,2	1790	6,7
997	5,9	1066	6,8
1838	5,9	1007	6,9
1028	6,5	1083	6,9
1670	6,5	1129	6,9
1800	6,5	1209	6,9
1806	6,6	1096	7,1
1839	6,6	1169	7,1

Rys. 31. Rozmieszczenie dębów w Polsce

Fig. 31. Localization Sessile oaks in Poland

### 31. GDAŃSK (1762-1985)

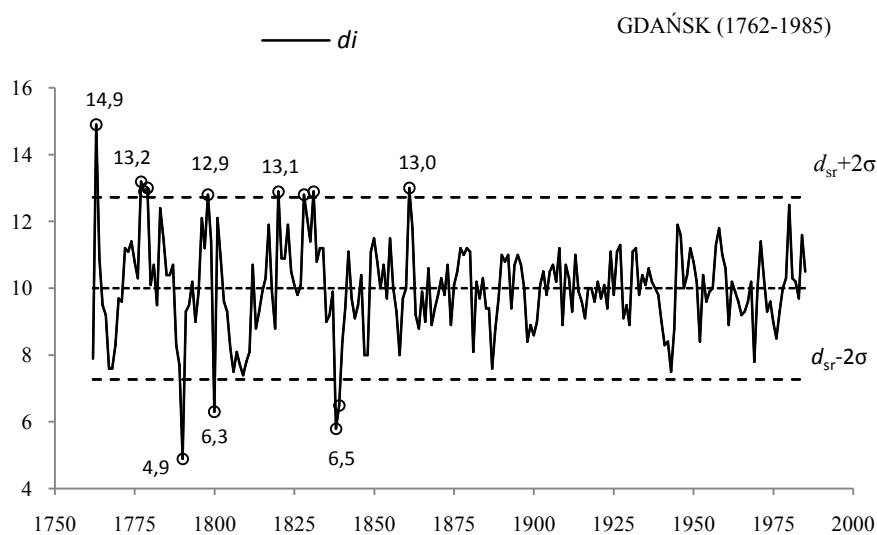


**Rys. 31a.** Zmiany szerokości słoju dębu (*Quercus petraea*) w Gdańsku (1762-1985)

$y(x)$  – równanie prostej regresji

**Fig. 31a.** Changes of oaks (*Quercus petraea*) tree ring widths in Gdańsk (1762-1985)

$y(x)$  – the regression equation



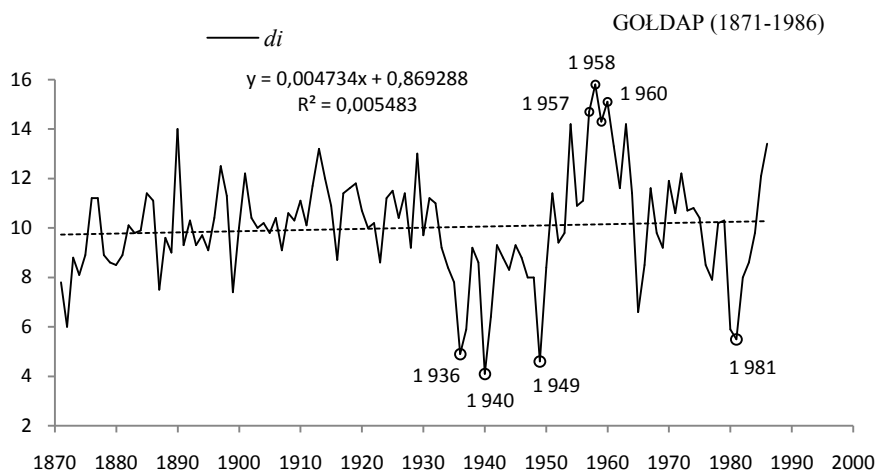
**Rys. 31b.** Zmiany szerokości słoju dębu (*Quercus petraea*) w Gdańsku (1762-1985)

$d_{sr} = 10,002$ ,  $\sigma = 1,3638$

**Fig. 31b.** Changes of oaks (*Quercus petraea*) tree ring widths in Gdańsk (1762-1985)

$d_{sr} = 10,002$ ,  $\sigma = 1,3638$

### 32 . GOŁDAP (1871-1986)

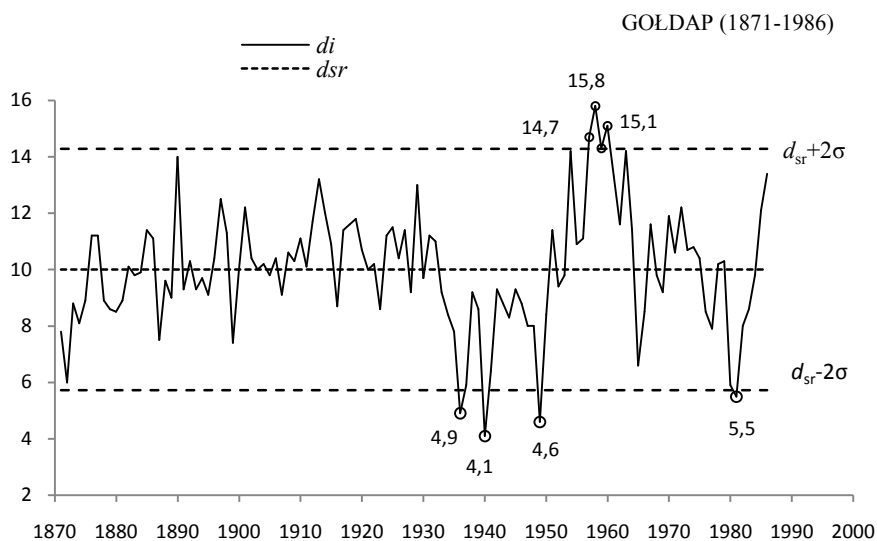


**Rys. 32a.** Zmiany szerokości słoików dębu (*Quercus petraea*) w Goldapi (1871-1986)

$y(x)$  – równanie prostej regresji

**Fig. 32a.** Changes of oaks (*Quercus petraea*) tree ring widths in Goldapia (1871-1986)

$y(x)$  – the regression equation



**Rys. 32b.** Zmiany szerokości słoików dębu (*Quercus petraea*) w Goldapi (1871-1986)

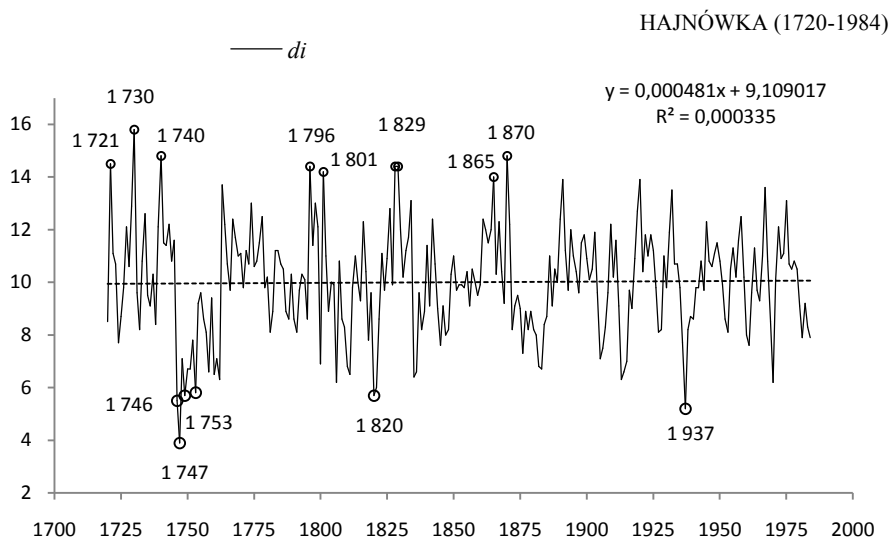
$d_{sr} = 9,999$  ,  $\sigma = 2,1408$

**Fig. 32b.** Changes of oaks (*Quercus petraea*) tree ring widths in Goldapia (1871-1986)

$d_{sr} = 9,999$  ,  $\sigma = 2,1408$



### 33. HAJNÓWKA (1720-1984)

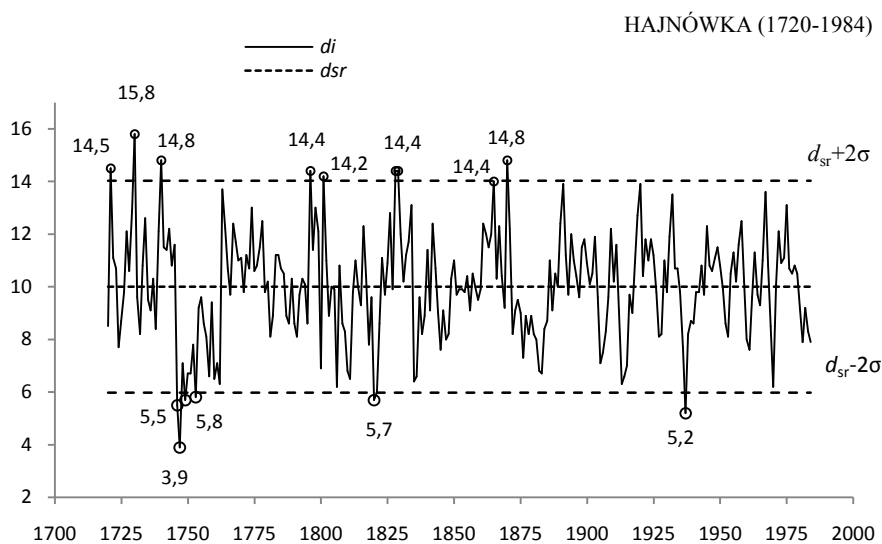


**Rys. 33a.** Zmiany szerokości słoików dębu (*Quercus petraea*) w Hajnówce (1720-1984)

$y(x)$  – równanie prostej regresji

**Fig. 33a.** Changes of oaks (*Quercus petraea*) tree ring widths in Hajnówka (1720-1984)

$y(x)$  – the regression equation



**Rys. 33b.** Zmiany szerokości słoików dębu (*Quercus petraea*) w Hajnówce (1720-1984)

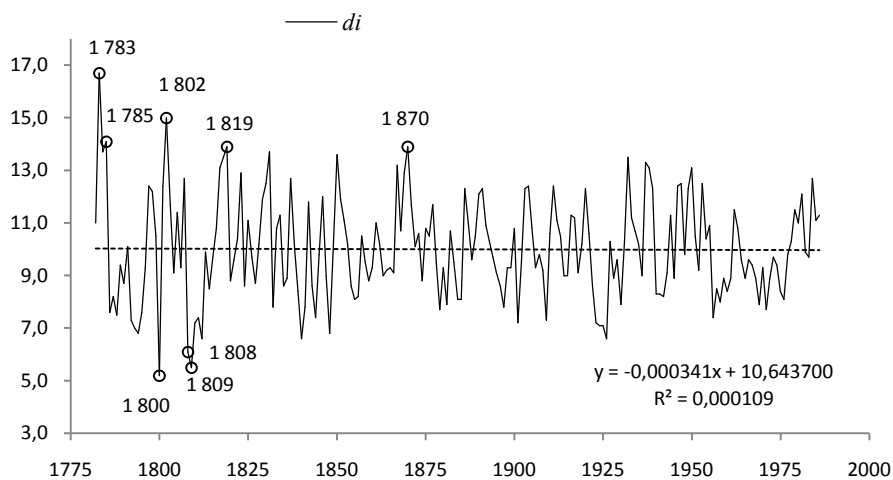
$d_{sr} = 10,001$ ,  $\sigma = 2,0128$

**Fig. 33b.** Changes of oaks (*Quercus petraea*) tree ring widths in Hajnówka (1720-1984)

$d_{sr} = 10,001$ ,  $\sigma = 2,0128$

### 34 . KOSZALIN (1782-1985)

KOSZALIN (1782-1986)

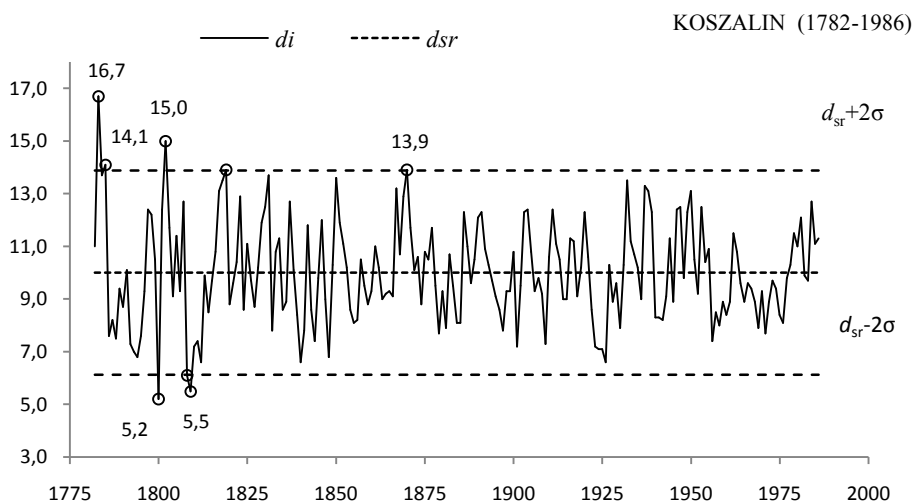


**Rys. 34a.** Zmiany szerokości słoju dębu (*Quercus petraea*) w Koszalinie (1782-1985)

$y(x)$  – równanie prostej regresji

**Fig. 34a.** Changes of oaks (*Quercus petraea*) tree ring widths in Koszalin (1782-1985)

$y(x)$  – the regression equation



**Rys. 34b.** Zmiany szerokości słoju dębu (*Quercus petraea*) w Koszalinie (1782-1985)

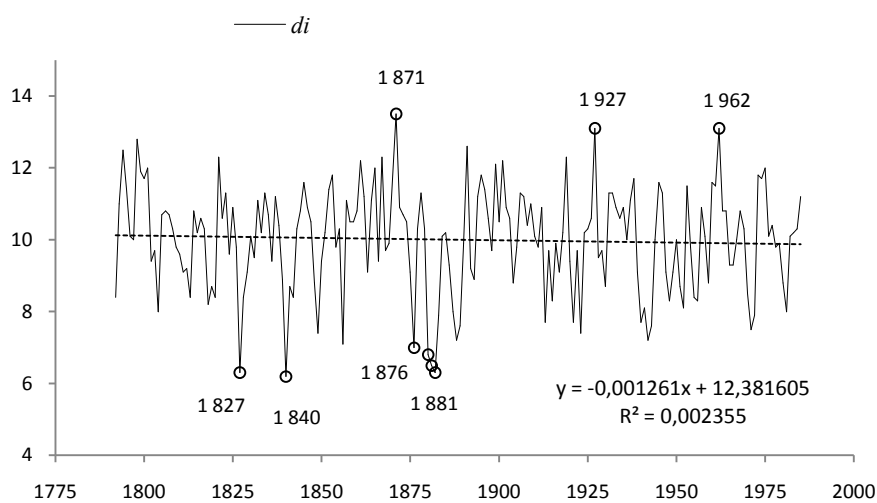
$d_{sr} = 10,000$ ,  $\sigma = 1,9384$

**Fig. 34b.** Changes of oaks (*Quercus petraea*) tree ring widths in Koszalin (1782-1985)

$d_{sr} = 10,000$ ,  $\sigma = 1,9384$

### 35. KRAKÓW (1792-1985)

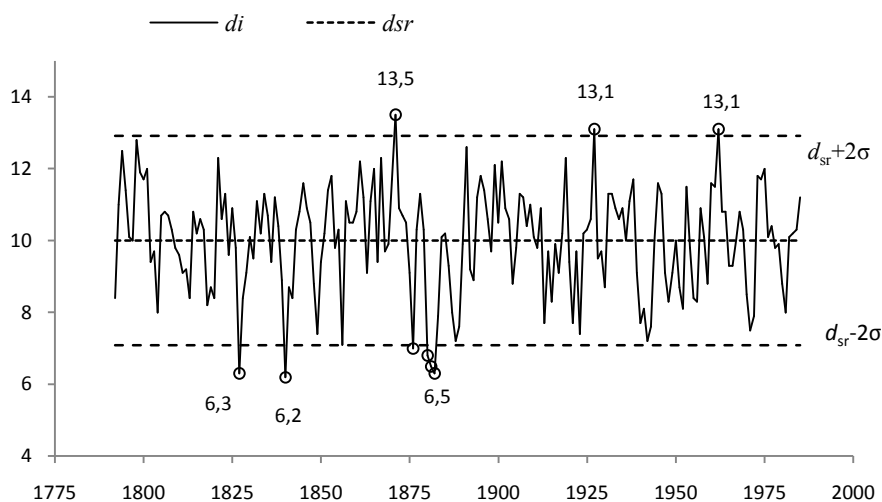
KRAKÓW (1792-1985)



**Rys. 35a.** Zmiany szerokości słoików dębu (*Quercus petraea*) w Krakowie (1792-1985)  
 $y(x)$  – równanie prostej regresji

**Fig. 35a.** Changes of oaks (*Quercus petraea*) tree ring widths in Krakow (1792-1985)  
 $y(x)$  – the regression equation

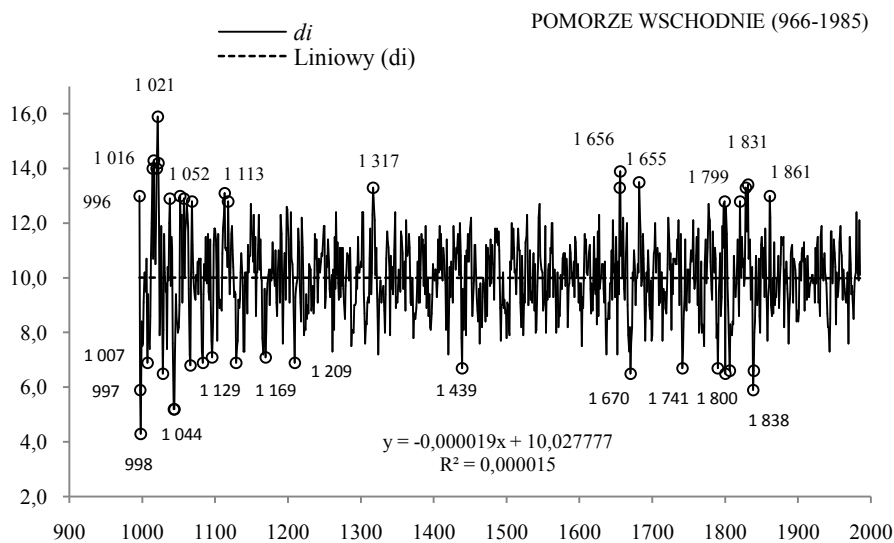
KRAKÓW (1792-1985)



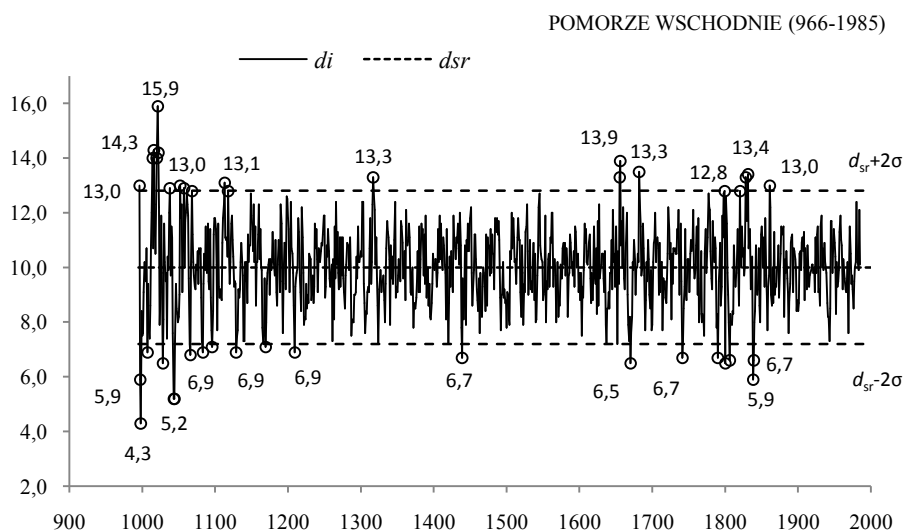
**Rys. 35b.** Zmiany szerokości słoików dębu (*Quercus petraea*) w Krakowie (1792-1985)  
 $d_{sr} = 10,000$ ,  $\sigma = 1,4552$

**Fig. 35b.** Changes of oaks (*Quercus petraea*) tree ring widths in Krakow (1792-1985)  
 $d_{sr} = 10,000$ ,  $\sigma = 1,4552$

### 36. POMORZE WSCHODNIE (966-1985)

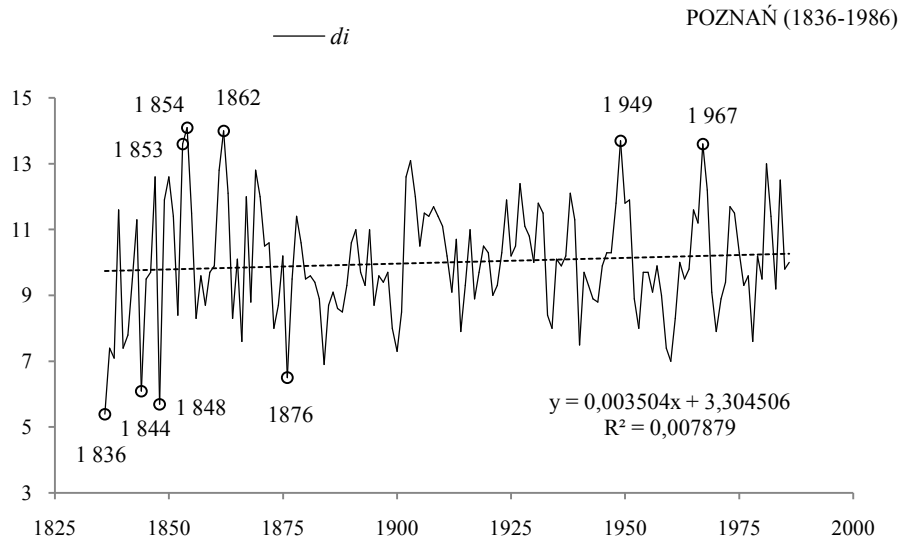


**Rys. 36a.** Zmiany szerokości słoików dębu (*Quercus petraea*) na Pomorzu Wschodnim (966-1985);  
 $y(x)$  – równanie prostej regresji  
**Fig. 36a.** Changes of oaks (*Quercus petraea*) tree ring widths in East Pomeranian (966-1985);  
 $y(x)$  – the regression equation

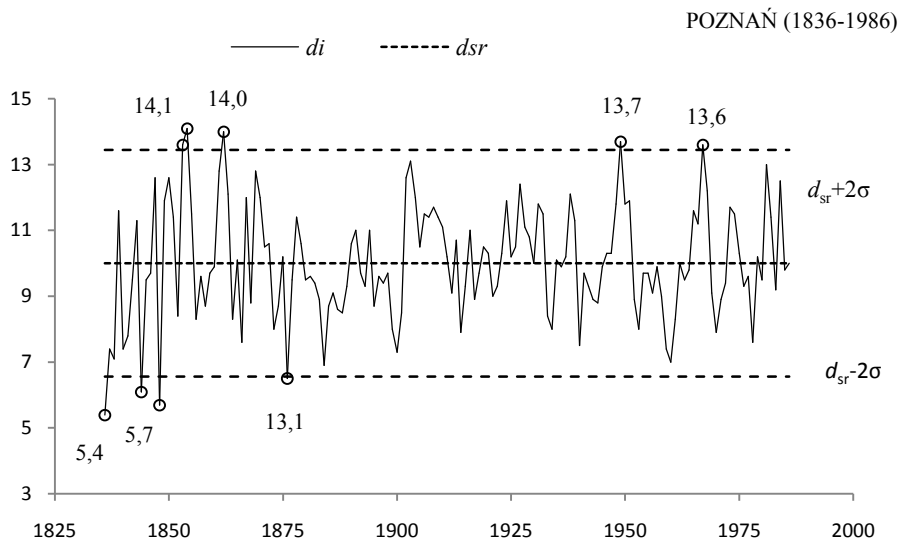


**Rys. 36b.** Zmiany szerokości słoików dębu (*Quercus petraea*) na Pomorzu Wschodnim (966-1985.);  
 $d_{sr} = 9,999$  ,  $\sigma = 1,4018$   
**Fig. 36b.** Changes of oaks (*Quercus petraea*) tree ring widths in East Pomeranian (966-1985);  
 $d_{sr} = 9,999$  ,  $\sigma = 1,4018$

### 37. POZNAŃ (1836-1986)

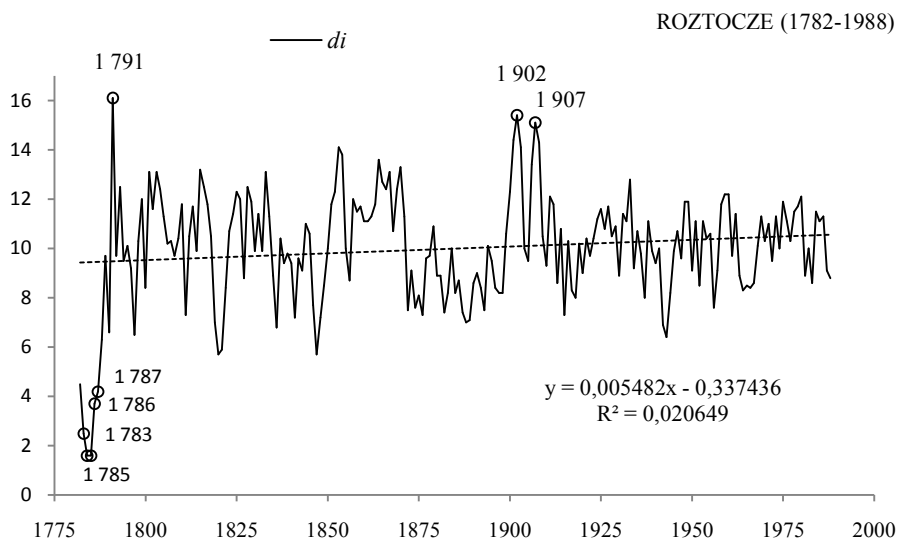


**Rys. 37a.** Zmiany szerokości słoju dębu (*Quercus petraea*) w Poznaniu (1836-1986)  
 $y(x)$  – równanie prostej regresji  
**Fig. 37a.** Changes of oaks (*Quercus petraea*) tree ring widths in Poznań (1836-1986)  
 $y(x)$  – the regression equation



**Rys. 37b.** Zmiany szerokości słoju dębu (*Quercus petraea*) w Poznaniu (1836-1986)  
 $d_{sr} = 10,000$  ,  $\sigma = 1,7205$   
**Fig. 37b.** Changes of oaks (*Quercus petraea*) tree ring widths in Poznań (1836-1986)  
 $d_{sr} = 10,000$  ,  $\sigma = 1,7205$

### 38. ROZTOCZE (1872-1988)

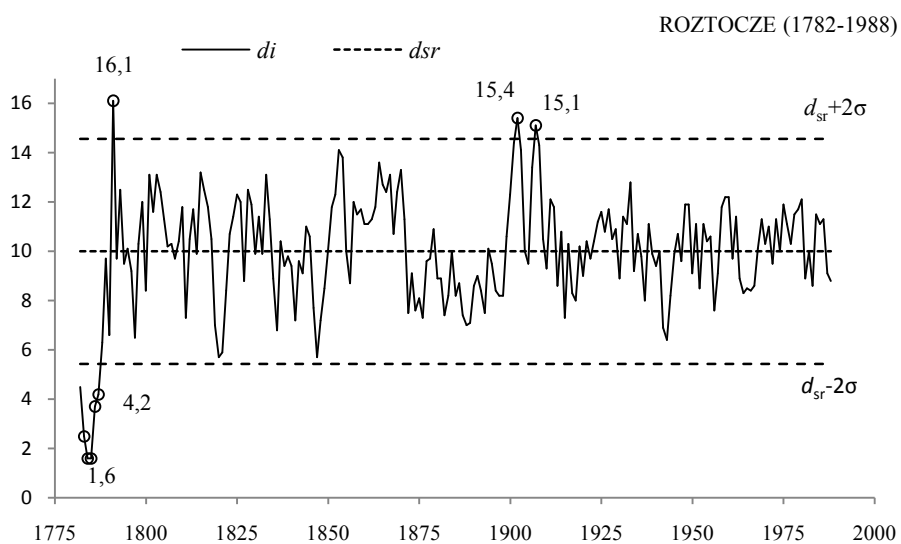


**Rys. 38a.** Zmiany szerokości słoów dębu (*Quercus petraea*) na Roztoczu (1872-1988)

$y(x)$  – równanie prostej regresji

**Fig. 38a.** Changes of oaks (*Quercus petraea*) tree ring widths in Roztocze (1872-1988)

$y(x)$  – the regression equation



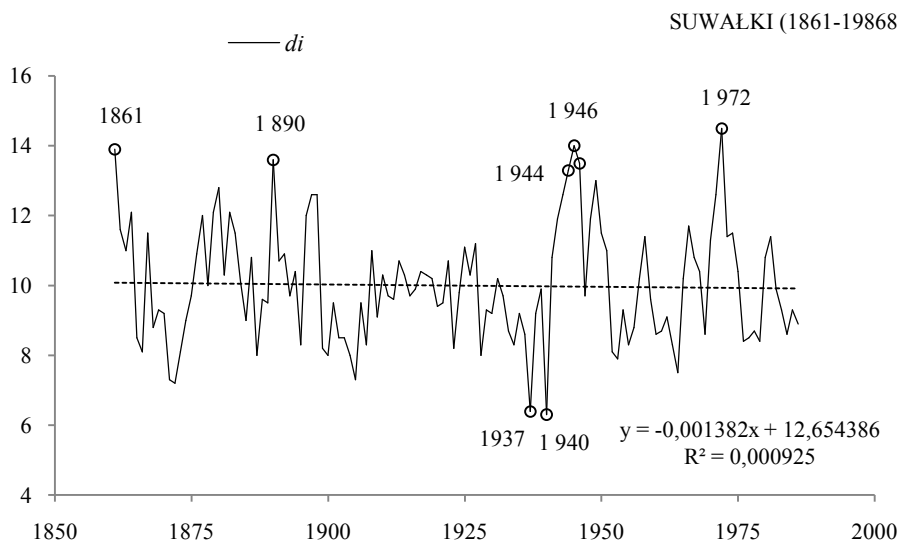
**Rys. 38b.** Zmiany szerokości słoów dębu (*Quercus petraea*) na Roztoczu (1872-1988)

$d_{sr} = 9,996$ ,  $\sigma = 2,2796$

**Fig. 38b.** Changes of oaks (*Quercus petraea*) tree ring widths in Roztocze (1872-1988)

$d_{sr} = 9,996$ ,  $\sigma = 2,2796$

### 39. SUWAŁKI (1861-1986)

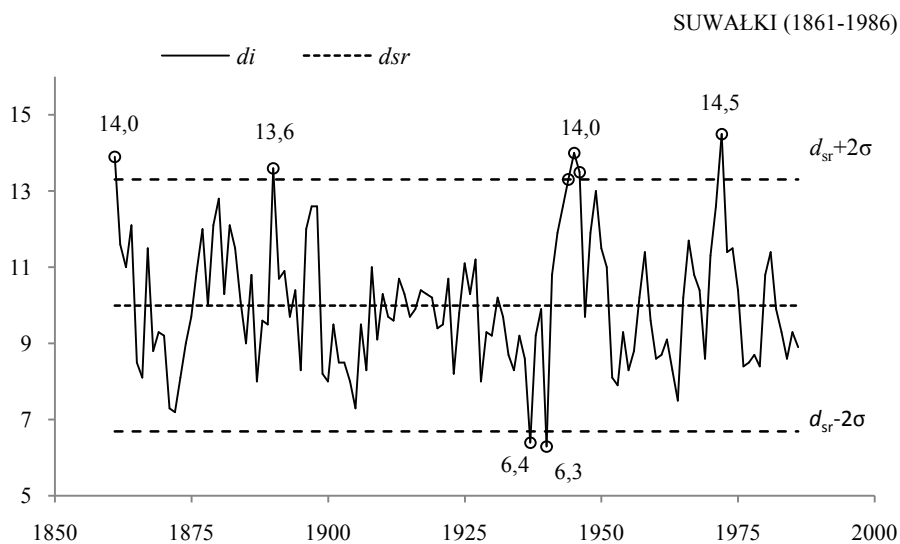


**Rys. 39a.** Zmiany szerokości słoju dębu (*Quercus petraea*) w Suwałkach (1861-1986)

$y(x)$  – równanie prostej regresji

**Fig. 39a.** Changes of oaks (*Quercus petraea*) tree ring widths in Suwałki (1861-1986)

$y(x)$  – the regression equation



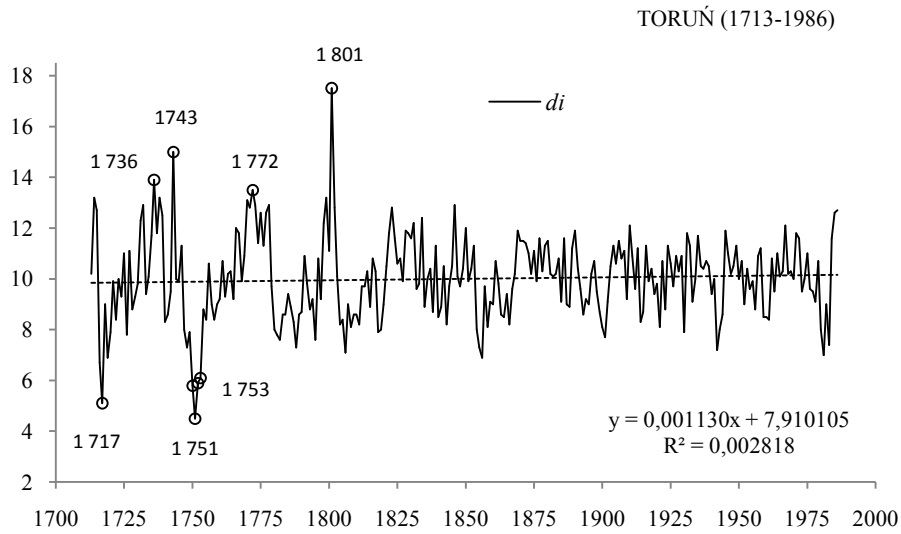
**Rys. 39b.** Zmiany szerokości słoju dębu (*Quercus petraea*) w Suwałkach (1861-1986)

$d_{sr} = 9,997, \sigma = 1,6527$

**Fig. 39b.** Changes of oaks (*Quercus petraea*) tree ring widths in Suwałki (1861-1986)

$d_{sr} = 9,997, \sigma = 1,6527$

## 40. TORUŃ (1713-1986)

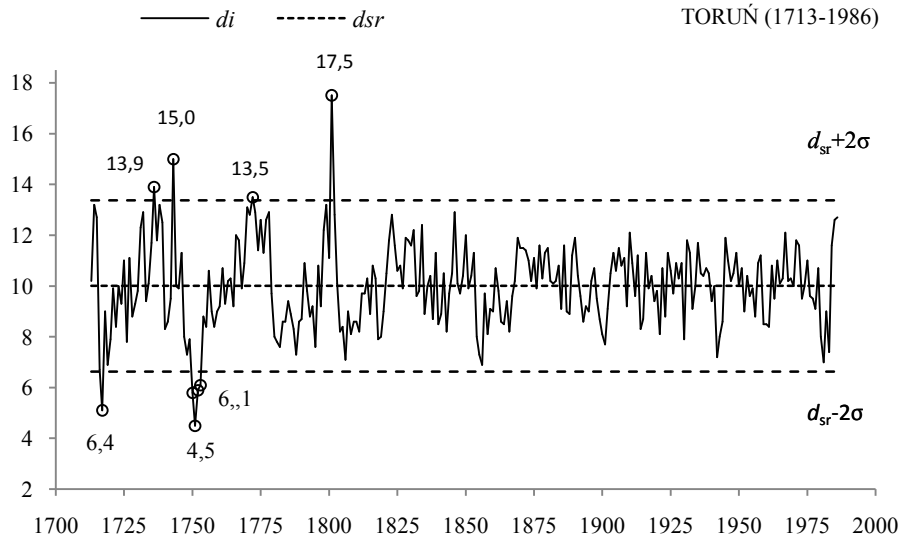


**Rys. 40a.** Zmiany szerokości słoów dębu (*Quercus petraea*) w Toruniu (1713-1986)

$y(x)$  – równanie prostej regresji

**Fig. 40a.** Changes of oaks (*Quercus petraea*) tree ring widths in Toruń (1713-1986)

$y(x)$  – the regression equation



**Rys. 40b.** Zmiany szerokości słoów dębu (*Quercus petraea*) w Toruniu (1713-1986)

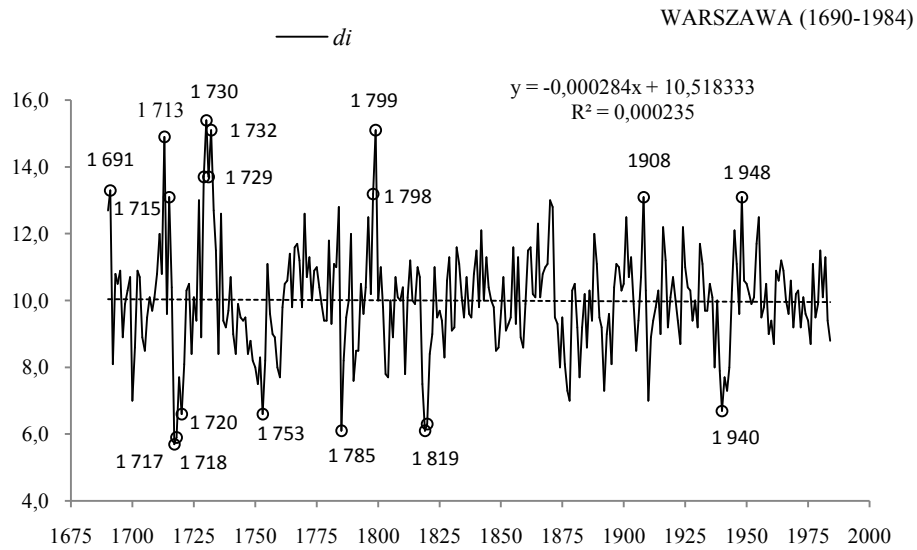
$d_{sr} = 10,001$ ,  $\sigma = 1,6842$

**Fig. 40b.** Changes of oaks (*Quercus petraea*) tree ring widths in Toruń (1713-1986)

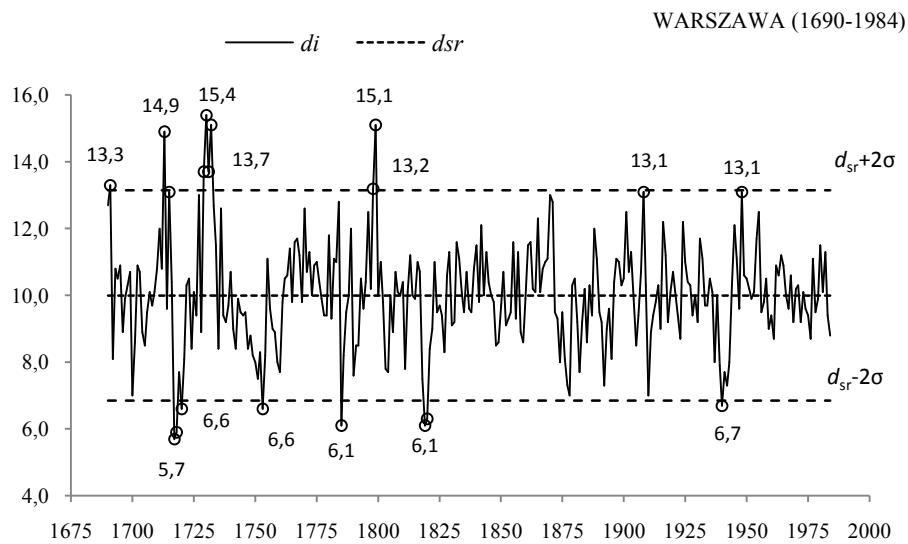
$d_{sr} = 10,001$ ,  $\sigma = 1,6842$



## 41. WARSZAWA (1690-1984)

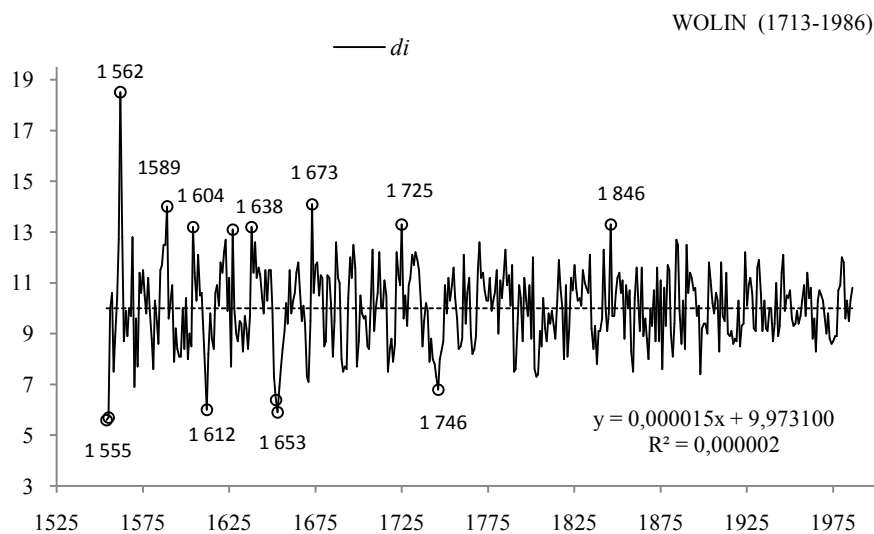


**Rys. 41a.** Zmiany szerokości słoów dębu (*Quercus petraea*) w Warszawie (1690-1984)  
 $y(x)$  – równanie prostej regresji  
**Fig. 41a.** Changes of oaks (*Quercus petraea*) tree ring widths in Warsaw (1690-1984)  
 $y(x)$  – the regression equation



**Rys. 41b.** Zmiany szerokości słoów dębu (*Quercus petraea*) w Warszawie (1690-1984)  
 $d_{sr} = 9,997$  ,  $\sigma = 1,5741$   
**Fig. 41b.** Changes of oaks (*Quercus petraea*) tree ring widths in Warsaw (1690-1984)  
 $d_{sr} = 9,997$  ,  $\sigma = 1,5741$

## 42. WOLIN (1554-1985)

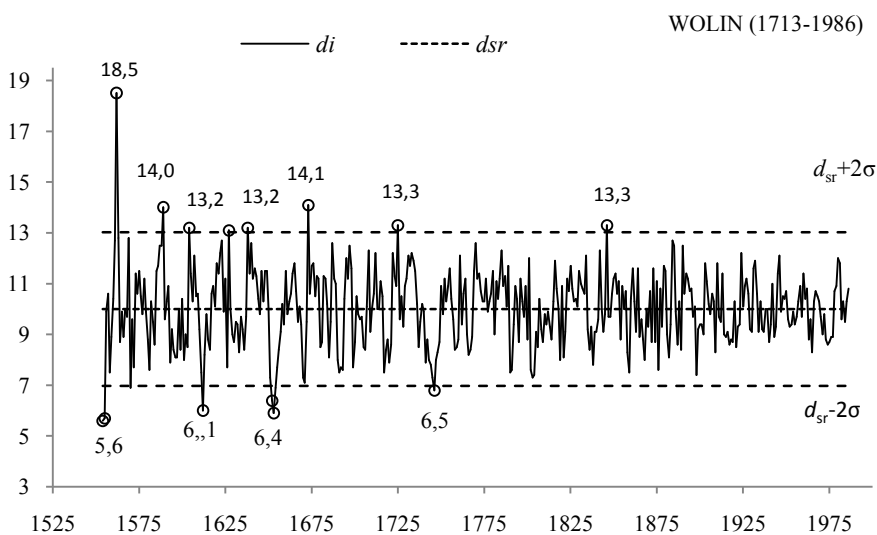


**Rys. 42a.** Zmiany szerokości słoików dębu (*Quercus petraea*) na Wolinie (1554-1985)

$y(x)$  – równanie prostej regresji

**Fig. 42a.** Changes of oaks (*Quercus petraea*) tree ring widths in Wolin (1554-1985)

$y(x)$  – the regression equation



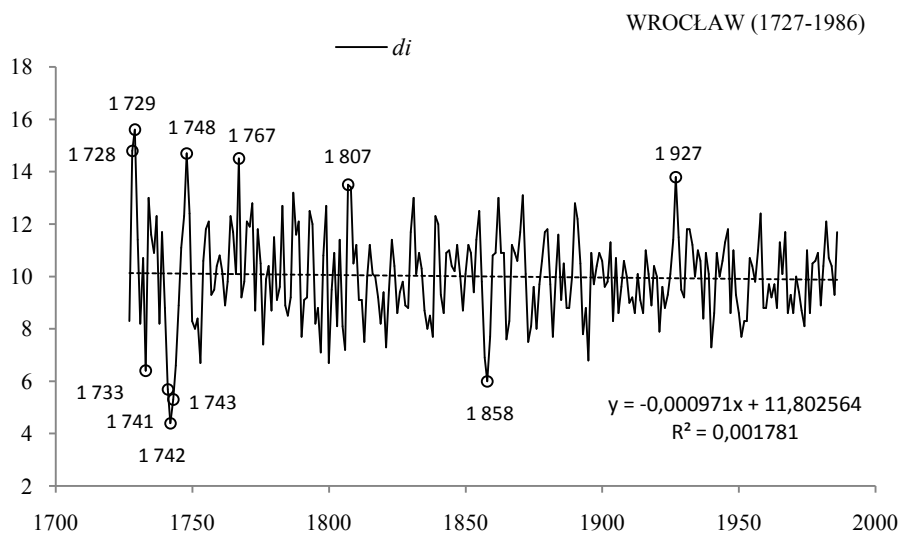
**Rys. 42b.** Zmiany szerokości słoików dębu (*Quercus petraea*) na Wolinie (1554-1985)

$d_{sr} = 10,000$ ,  $\sigma = 1,5105$

**Fig. 42b.** Changes of oaks (*Quercus petraea*) tree ring widths in Wolin (1554-1985)

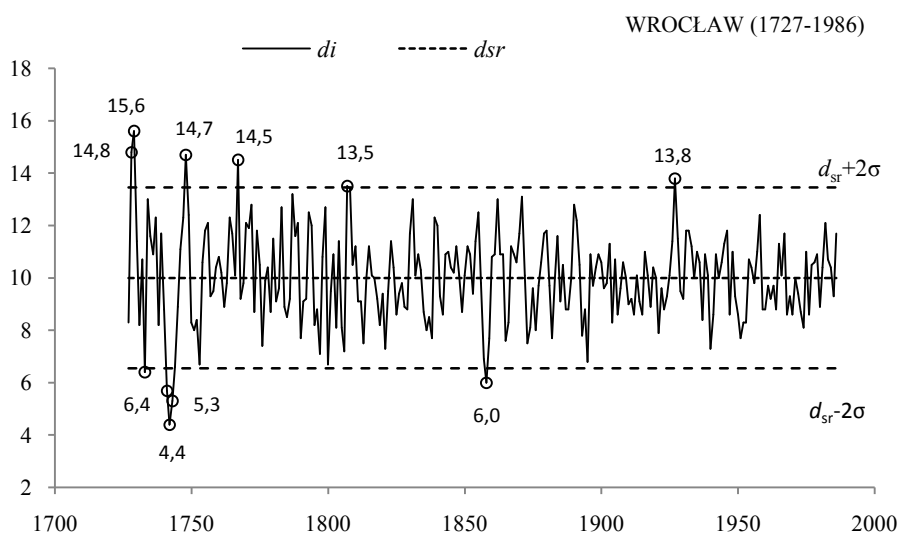
$d_{sr} = 10,000$ ,  $\sigma = 1,5105$

### 43. WROCLAW (1727-1986)



**Rys. 43a.** Zmiany szerokości słoów dębu (*Quercus petraea*) we Wrocławiu (1727-1986)  
 $y(x)$  – równanie prostej regresji

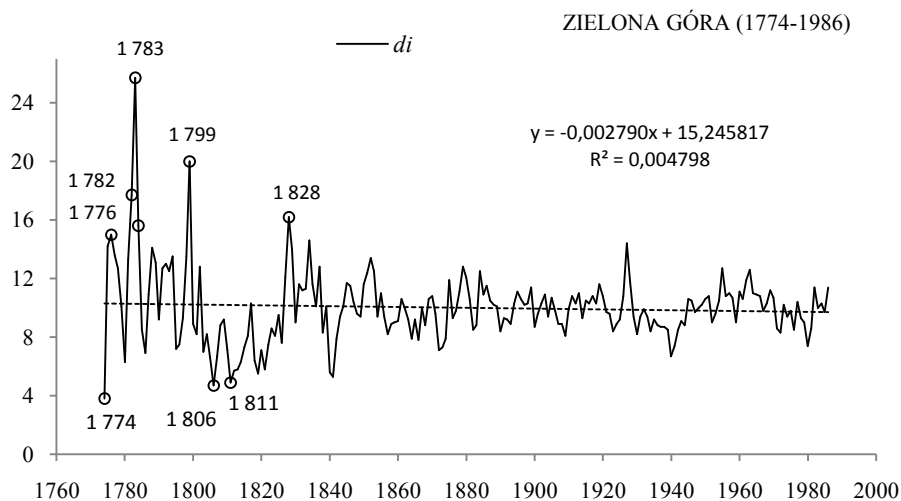
**Fig. 43a.** Changes of oaks (*Quercus petraea*) tree ring widths in Wrocław (1727-1986)  
 $y(x)$  – the regression equation



**Rys. 43b.** Zmiany szerokości słoów dębu (*Quercus petraea*) we Wrocławiu (1727-1986)  
 $d_{sr} = 9,999$  ,  $\sigma = 1,7275$

**Fig. 43b.** Changes of oaks (*Quercus petraea*) tree ring widths in Wrocław (1727-1986)  
 $d_{sr} = 9,999$  ,  $\sigma = 1,7275$

#### 44. ZIELONA GÓRA (1774-1986)

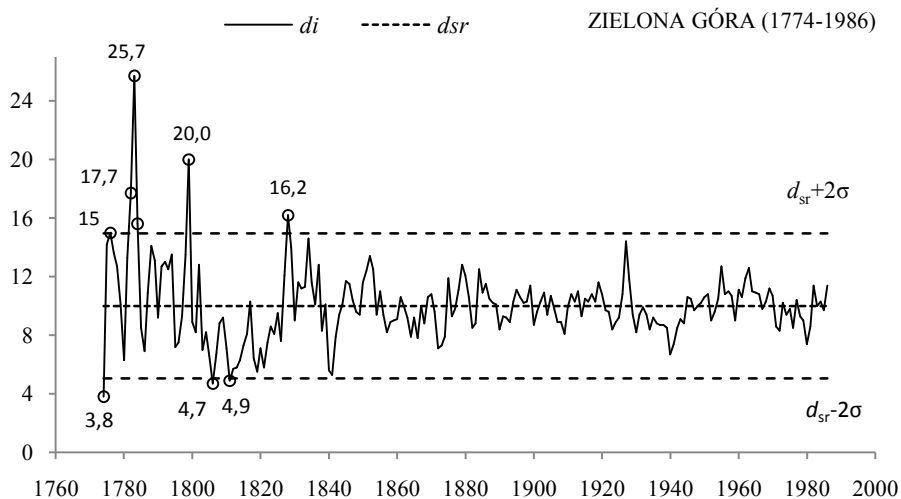


**Rys. 44a.** Zmiany szerokości słoje dębu (*Quercus petraea*) w Zielonej Górze (1774-1986)

$y(x)$  – równanie prostej regresji

**Fig. 44a.** Changes of oaks (*Quercus petraea*) tree ring widths in Zielona Góra (1774-1986)

$y(x)$  – the regression equation



**Rys. 44b.** Zmiany szerokości słoje dębu (*Quercus petraea*) w Zielonej Górze (1774-1986)

$d_{sr} = 10,000$ ,  $\sigma = 2,4766$

**Fig. 44b.** Changes of oaks (*Quercus petraea*) tree ring widths in Zielona Góra (1774-1986)

$d_{sr} = 10,000$ ,  $\sigma = 2,4766$

\* Uwaga. Szerokość słoje badanych dębów w Polsce podano w 0,1 mm.

Źródło danych: <http://www.ncdn.noaa.gov/paleo/treering.htm>

### 5.3. Mroźne zimy w Polsce w X-XVI wieku według źródeł historycznych

Na szczególną uwagę zasługują anomalie temperatury powietrza w Europie. Informacji o występowaniu bardzo mroźnych zim i upalnych lat, a w szczególności na ziemiach polskich dostarczają źródła historyczne. Dużo wiadomości na ten temat zawiera publikacja:

– Girguś R., Strupczewski W., 1965, *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

Oto przykłady opisów dotyczących ostrych zim:

- **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 odpoczął bezczynny 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 prowadził żaden inny dostęp do owej krainy, jak tylko przez jeziora i bagna.
- **ZIMA 1322/1323** (Morze Bałtyckie): Było bowiem między Danią, słowiańskim krajem i Jutlandią zamrożone całe Morze Bałtyckie, tak że rozbójnicy, przychodząc ze słowiańskiego kraju, spławiali niektóre okolice Danii, a pośrodku morza na lodzie były założone gospody dla przejezdnych.
- **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].
- **ZIMA 1455** (Zatoka Gdańska): Tak [był] twardy, że można było do Niedzieli Palmowej [21 marca] jeździć po lodzie z Helu do Gdańska.
- **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 zamrożone.
- **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 Tyburcju-sza [14 IV 1470]. Odra w bardzo wielu miejscach była zamrożona aż do dnia; wiele ryb w stawach
- **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
- **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 zamrażała zanim spadła na ziemię
- **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.
- **ZIMA 1939/1940** (-8,8 °C) Warszawa (Obserwatorium Astronomiczne)

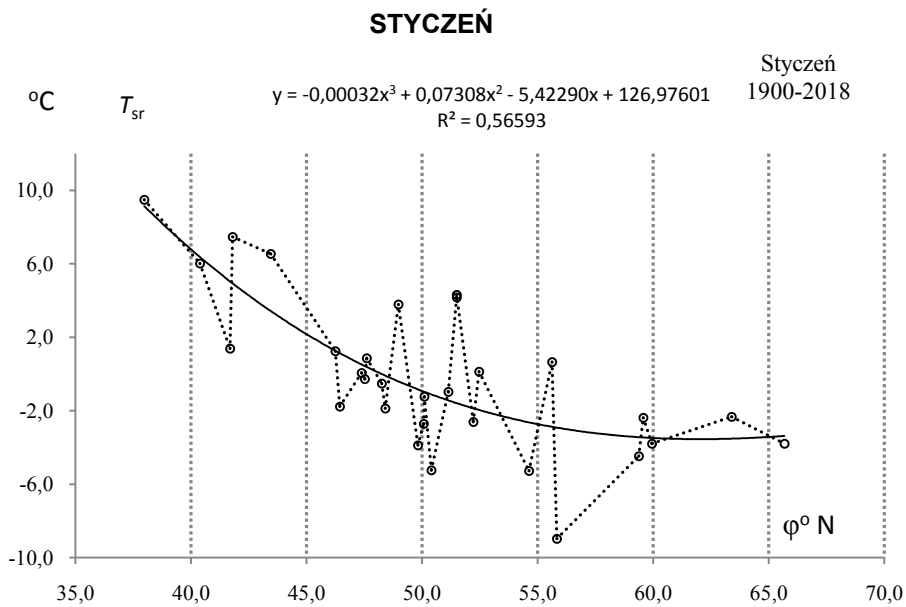
– **ZIMA** 1963 (-7,67 °C) Warszawa (Obserwatorium Astronomiczne)

W Europie zdarzały się też upalne i suche lata, np.

- **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.
- **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.
- **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

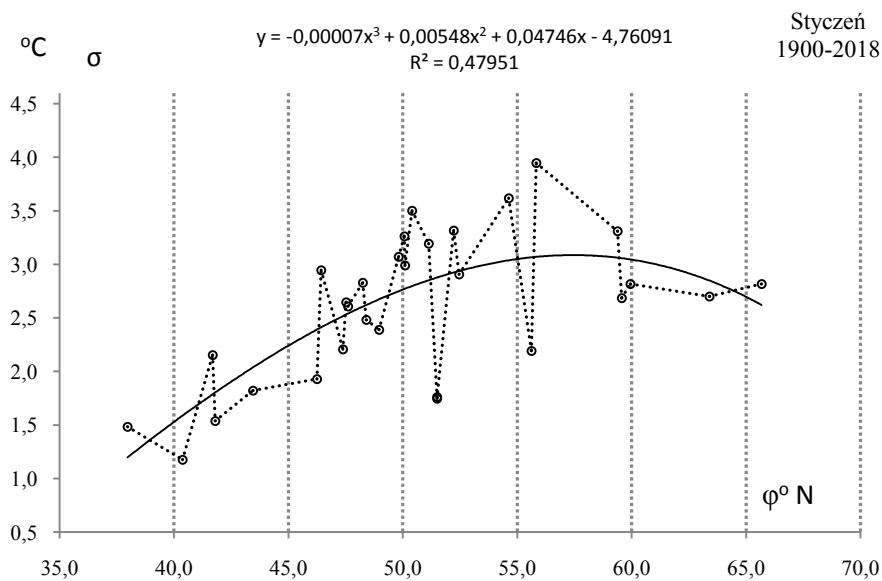
Mroźne zimy w Europie w latach 900-2000 według źródeł historycznych i minimów szerokości słojuów najstarszych drzew przedstawiono na rys. 15-16.

## VI. PROFILE RÓWNOLEŻNIKOWE TEMPERATURY POWIETRZA NA OBSZARZE EUROPY W LATACH 1900-2018



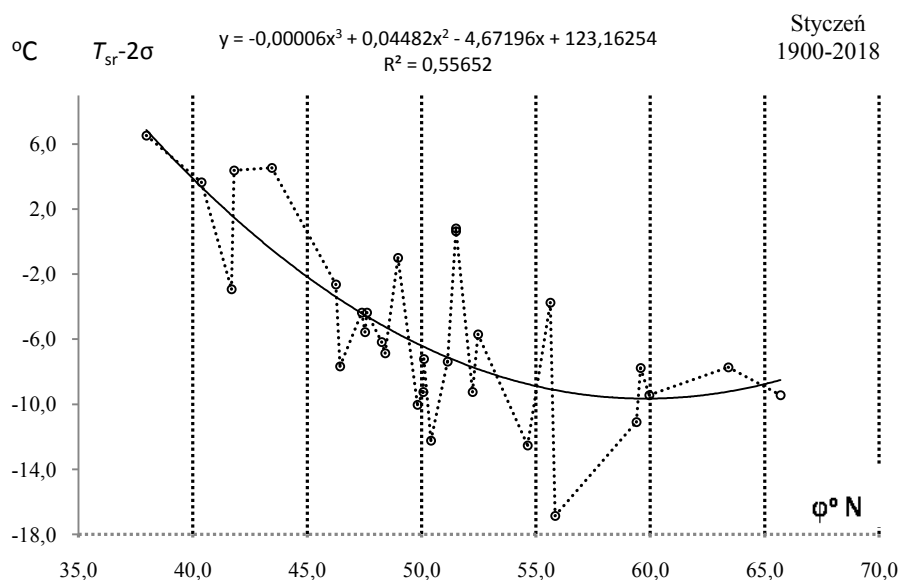
**Rys. 1.** Profil równoleżnikowy średniej temperatury powietrza  $T_{sr}(\varphi)$  powietrza w Europie w styczniu w latach 1900-2018

**Fig. 1.** Latitudinal profile of average air temperature  $T_{sr}(\varphi)$  in Europe in January in the 1900-2018 years.



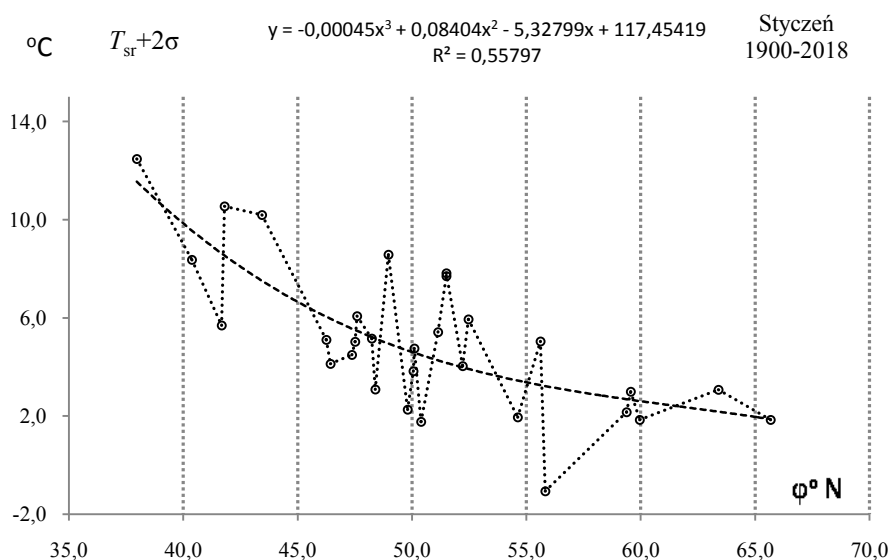
**Rys. 2.** Profil równoleżnikowy odchylenia standardowego temperatury powietrza  $\sigma(\varphi)$  powietrza w Europie w styczniu w latach 1900-2018

**Fig. 2.** Latitudinal profile of standard deviation air temperature  $\sigma(\varphi)$  in Europe in January in the 1900-2018 years.  $\sigma$



**Rys. 3.** Profil równoleżnikowy  $y(\varphi)$  progów dolnego temperatury powietrza ( $T_{sr}-2\sigma$ ) powietrza w Europie w styczniu w latach 1900-2018

**Fig. 3.** Latitudinal profile  $y(\varphi)$  of the lower end of air temperature  $\sigma(T_{sr}-2\sigma)$  in Europe in Spring in the 1900-2018 years.

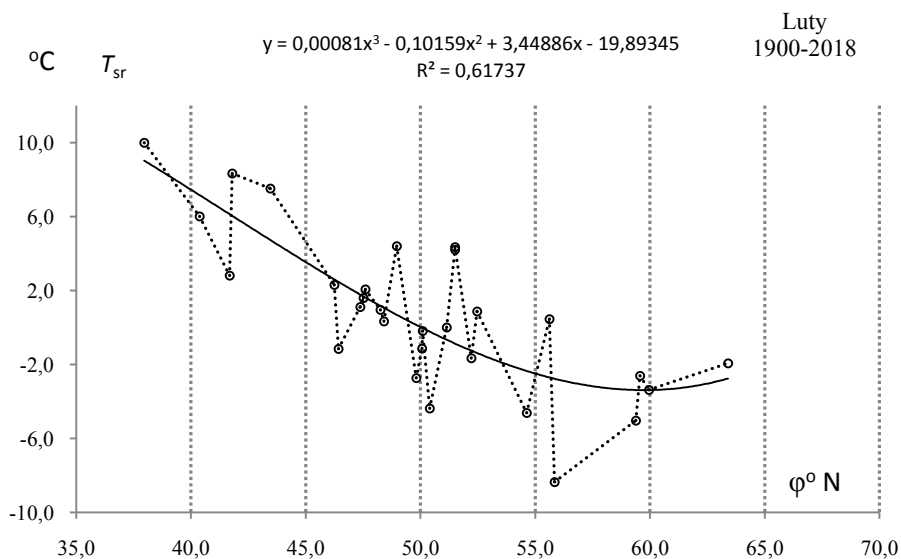


**Rys. 4.** Profil równoleżnikowy  $y(\varphi)$  progów górnego temperatury powietrza ( $T_{sr}+2\sigma$ ) powietrza w Europie w styczniu w latach 1900-2018

**Fig. 4.** Latitudinal profile  $y(\varphi)$  of the upper end of air temperature ( $T_{sr}+2\sigma$ ) in Europe in Spring in the 1900-2018 years.

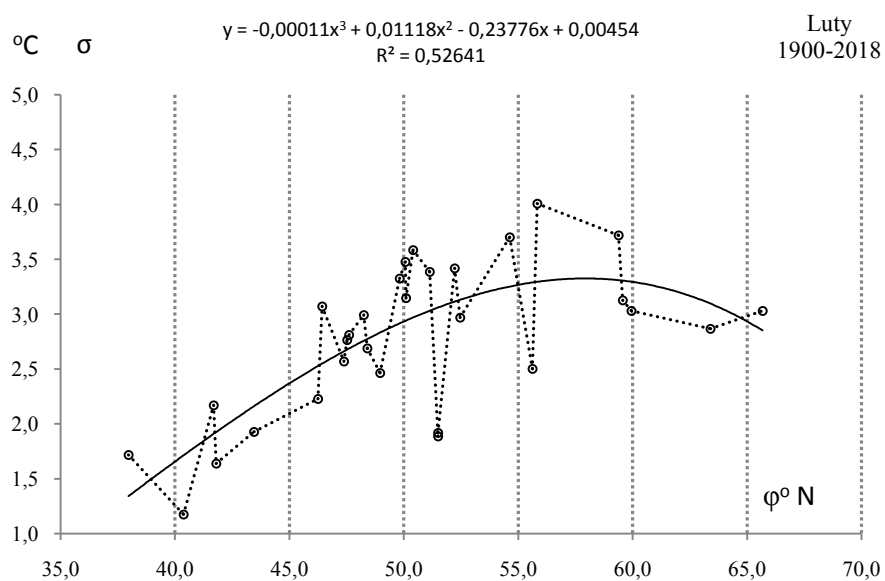


## LUTY



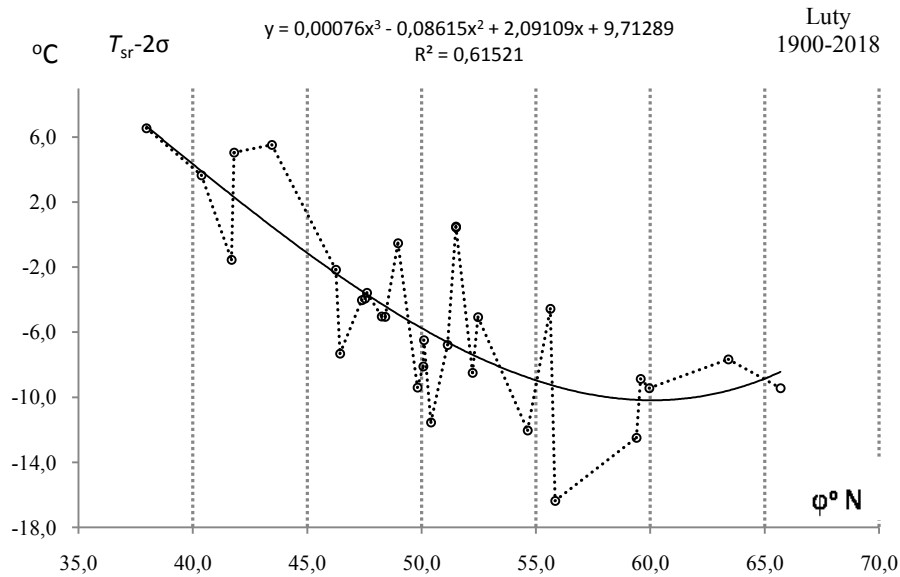
**Rys. 5.** Profil równoleżnikowy średniej temperatury powietrza  $T_{sr}$  ( $\phi$ ) powietrza w Europie w lutym w latach 1900-2018

**Fig. 5.** Latitudinal profile of average air temperature  $T_{sr}$  ( $\phi$ ) in Europe in February in the 1900-2018 years



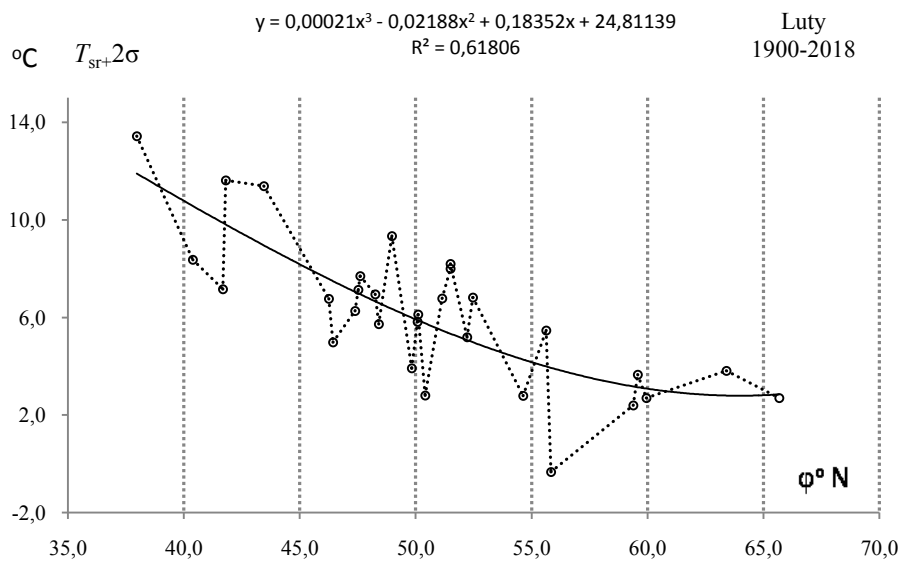
**Rys. 6.** Profil równoleżnikowy odchylenia standardowego temperatury powietrza  $\sigma$  ( $\phi$ ) powietrza w Europie w lutym w latach 1900-2018

**Fig. 6.** Latitudinal profile of standard deviation air temperature  $\sigma$  ( $\phi$ ) in Europe in February in the 1900-2018 years



**Rys. 7.** Profil równoleżnikowy  $y(\varphi)$  progów dolnego temperatury powietrza ( $T_{sr}-2\sigma$ ) powietrza w Europie w lutym w latach 1900-2018

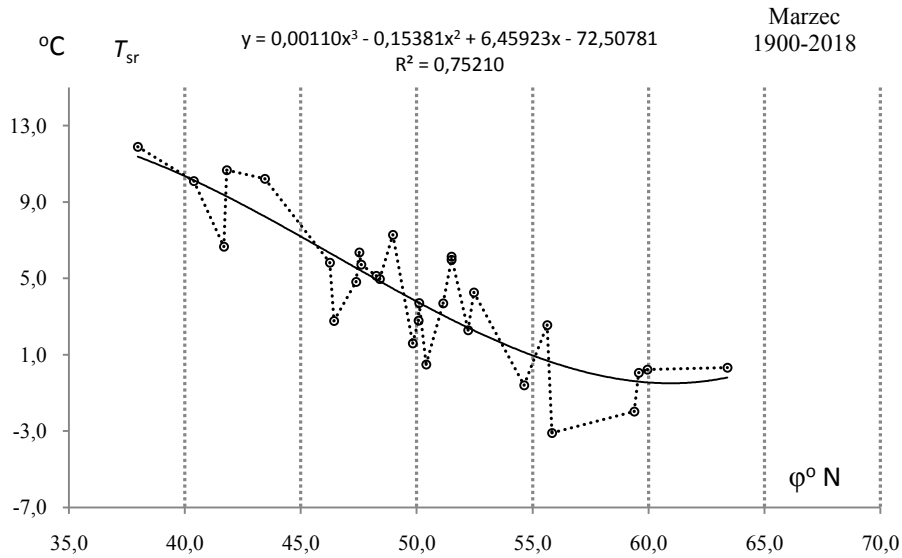
**Fig. 7.** Latitudinal profile  $y(\varphi)$  of the lower end of air temperature  $\sigma$  ( $T_{sr}-2\sigma$ ) in Europe in February in the 1900-2018 years



**Rys. 8.** Profil równoleżnikowy  $y(\varphi)$  progów górnego temperatury powietrza ( $T_{sr}+2\sigma$ ) powietrza w Europie w lutym w latach 1900-2018

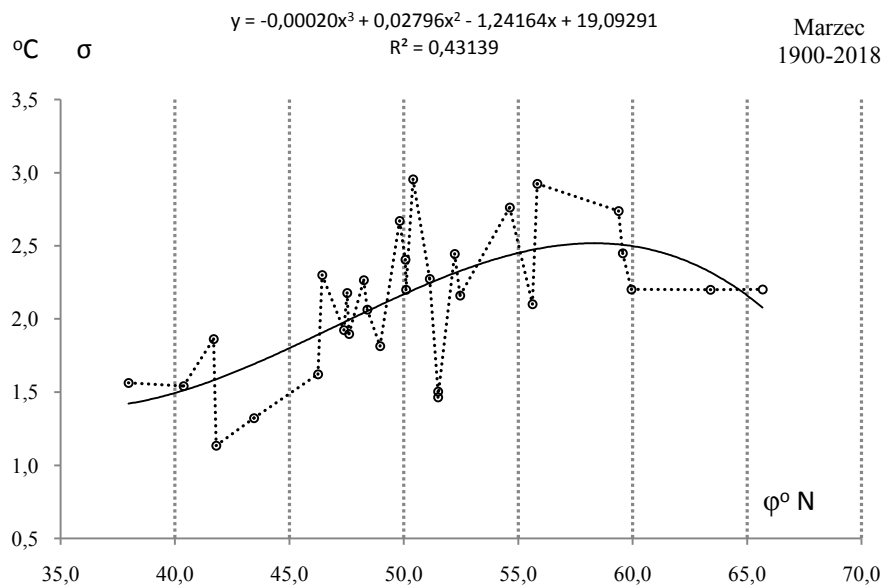
**Fig. 8.** Latitudinal profile  $y(\varphi)$  of the upper end of air temperature ( $T_{sr}+2\sigma$ ) in Europe in February in the 1900-2018 years.

## MARZEC



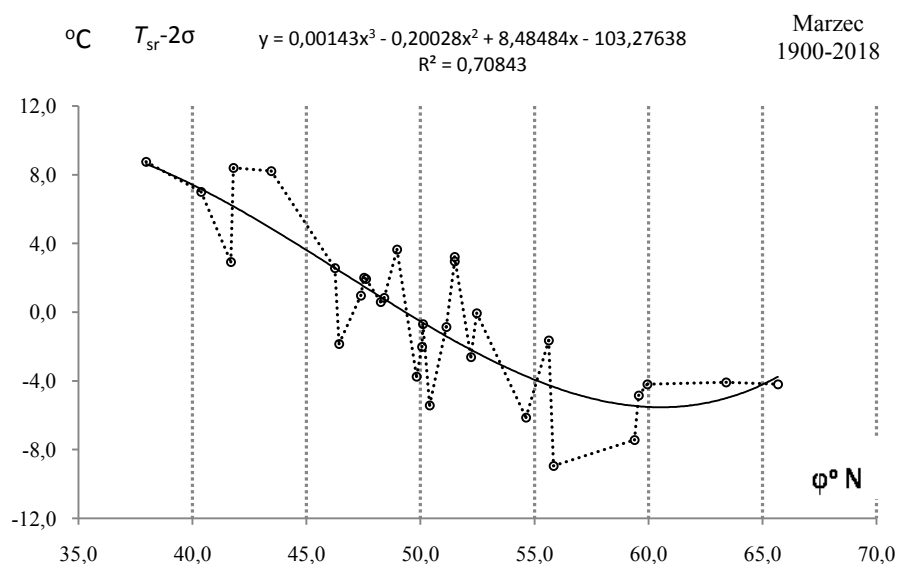
**Rys. 9.** Profil równoleżnikowy średniej temperatury powietrza  $T_{sr}(\varphi)$  powietrza w Europie w marcu w latach 1900-2018

**Fig. 9.** Latitudinal profile of average air temperature  $T_{sr}(\varphi)$  in Europe in March in the 1900-2018 years



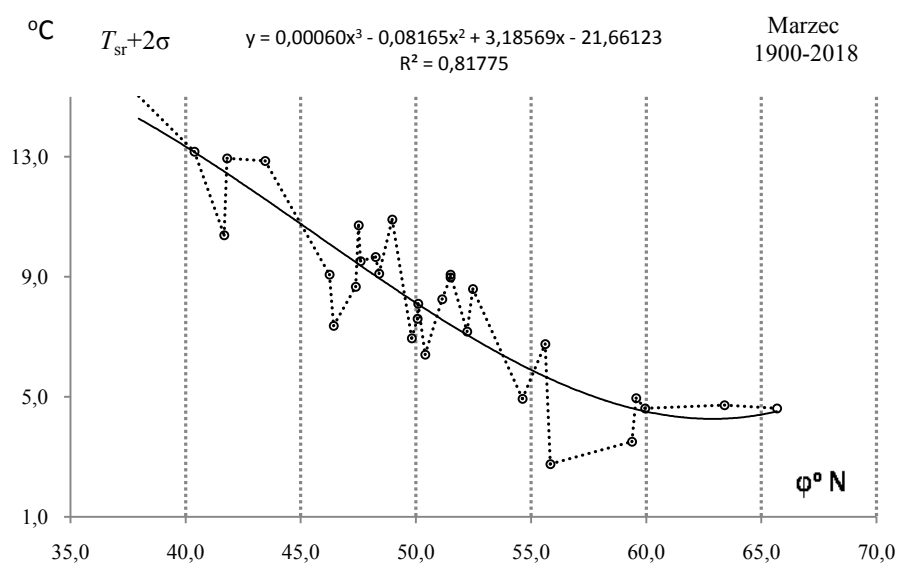
**Rys. 10.** Profil równoleżnikowy odchylenia standardowego temperatury powietrza  $\sigma(\varphi)$  powietrza w Europie w marcu w latach 1900-2018

**Fig. 10.** Latitudinal profile of standard deviation air temperature  $\sigma(\varphi)$  in Europe in March in the 1900-2018 years



**Rys. 11.** Profil równoleżnikowy  $y(\varphi)$  proggu dolnego temperatury powietrza ( $T_{sr}-2\sigma$ ) powietrza w Europie w marcu w latach 1900-2018

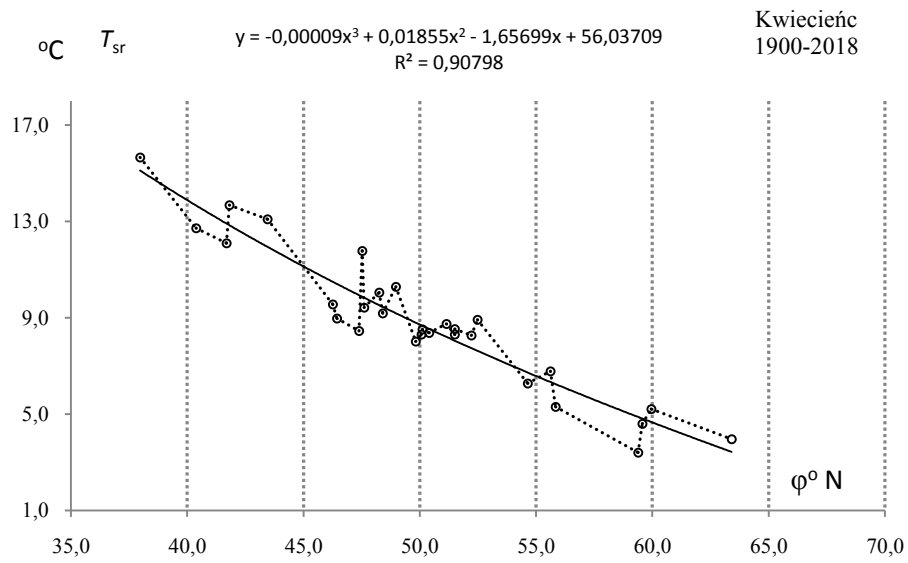
**Fig. 11.** Latitudinal profile  $y(\varphi)$  of the lower end of air temperature  $\sigma(T_{sr}-2\sigma)$  in Europe in March in the 1900-2018 years



**Rys. 12.** Profil równoleżnikowy  $y(\varphi)$  proggu górnego temperatury powietrza ( $T_{sr}+2\sigma$ ) powietrza w Europie w marcu w latach 1900-2018

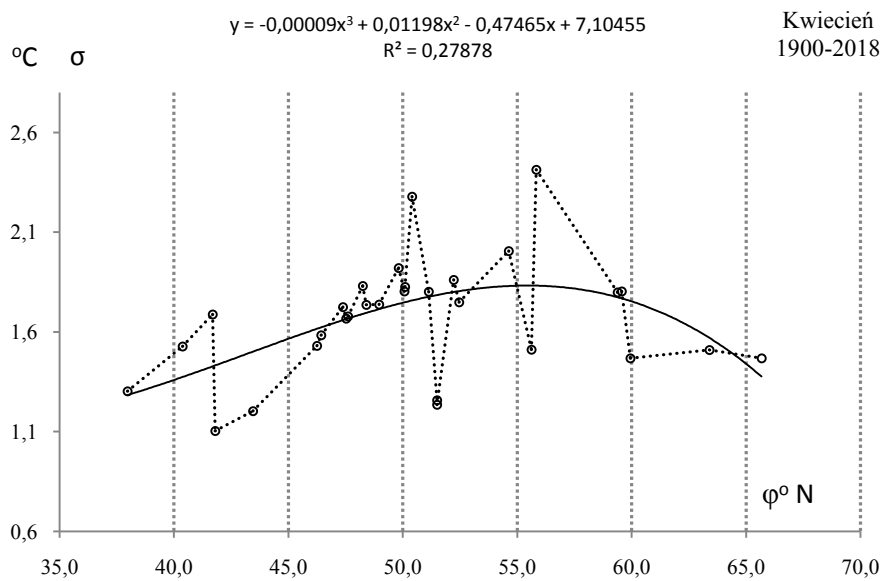
**Fig. 12.** Latitudinal profile  $y(\varphi)$  of the upper end of air temperature ( $T_{sr}+2\sigma$ ) in Europe in March in the 1900-2018 years.

## KWIECIEŃ



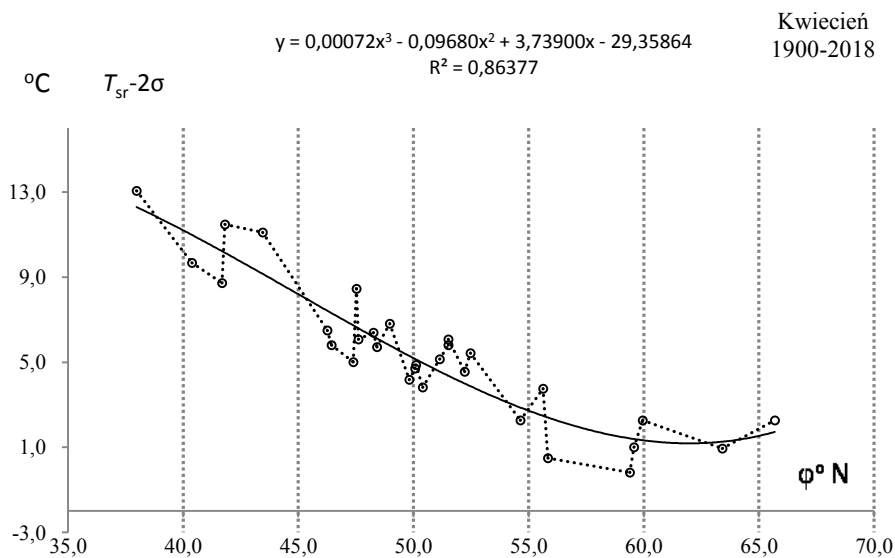
**Rys. 13.** Profil równoleżnikowy średniej temperatury powietrza  $T_{sr}(\varphi)$  powietrza w Europie w kwietniu w latach 1900-2018

**Fig. 13.** Latitudinal profile of average air temperature  $T_{sr}(\varphi)$  in Europe in April in the 1900-2018 years



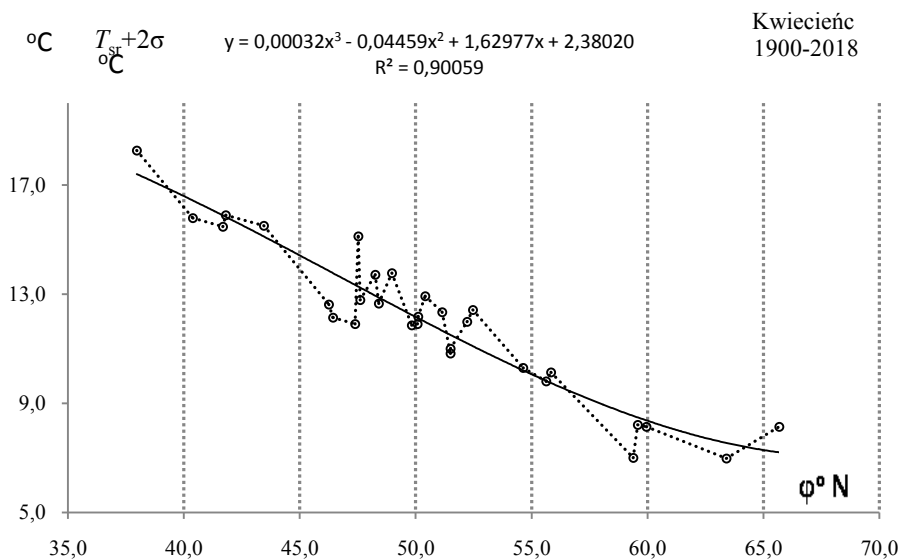
**Rys. 14.** Profil równoleżnikowy odchylenia standardowego temperatury powietrza  $\sigma(\varphi)$  powietrza w Europie w kwietniu w latach 1900-2018

**Fig. 14.** Latitudinal profile of standard deviation air temperature  $\sigma(\varphi)$  in Europe in April in the 1900-2018 years



**Rys. 15.** Profil równoleżnikowy  $y(\varphi)$  progów dolnego temperatury powietrza ( $T_{sr}-2\sigma$ ) powietrza w Europie w kwietniu w latach 1900-2018

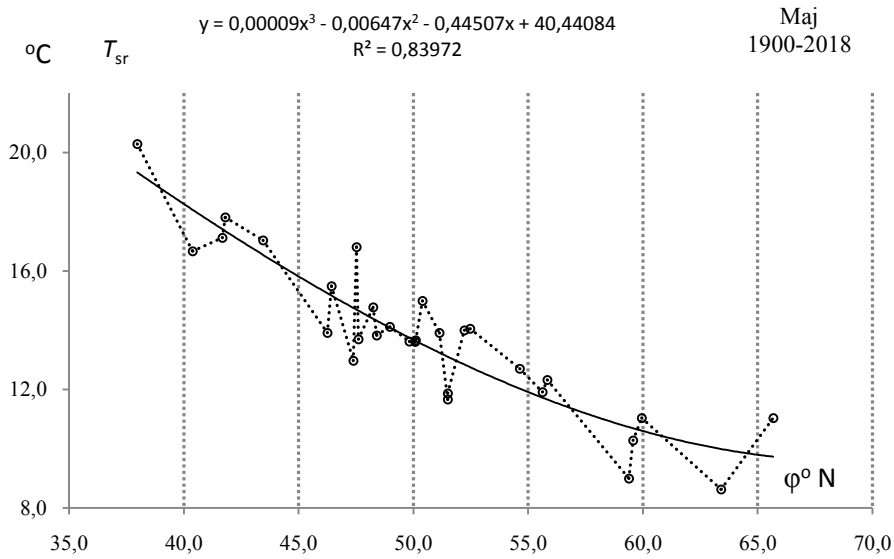
**Fig. 15.** Latitudinal profile  $y(\varphi)$  of the lower end of air temperature  $\sigma$  ( $T_{sr}-2\sigma$ ) in Europe in April in the 1900-2018 years



**Rys. 16.** Profil równoleżnikowy  $y(\varphi)$  progów górnego temperatury powietrza ( $T_{sr}+2\sigma$ ) powietrza w Europie w kwietniu w latach 1900-2018

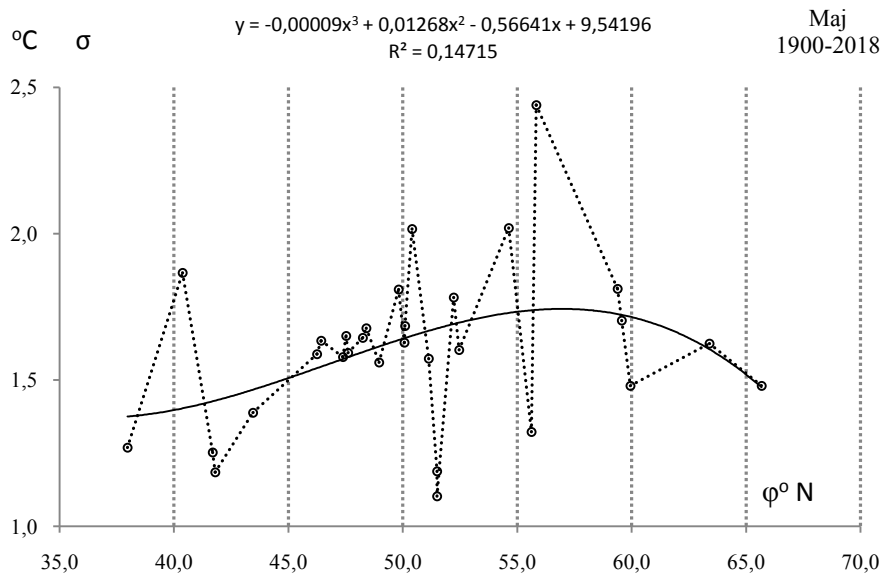
**Fig. 16.** Latitudinal profile  $y(\varphi)$  of the upper end of air temperature ( $T_{sr}+2\sigma$ ) in Europe in April in the 1900-2018 years

## MAJ



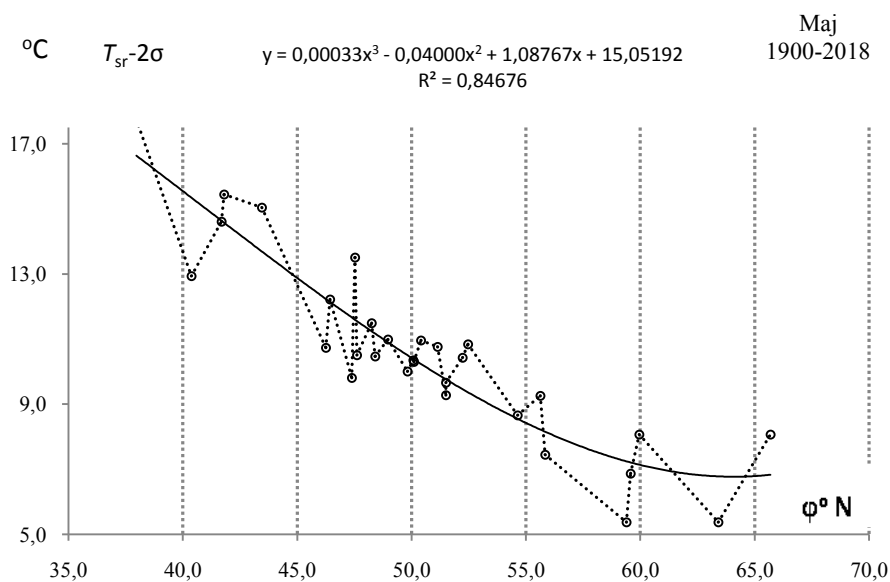
**Rys. 17.** Profil równoleżnikowy średniej temperatury powietrza  $T_{sr}(\varphi)$  powietrza w Europie w maju w latach 1900-2018

**Fig. 17.** Latitudinal profile of average air temperature  $T_{sr}(\varphi)$  in Europe in May in the 1900-2018 years



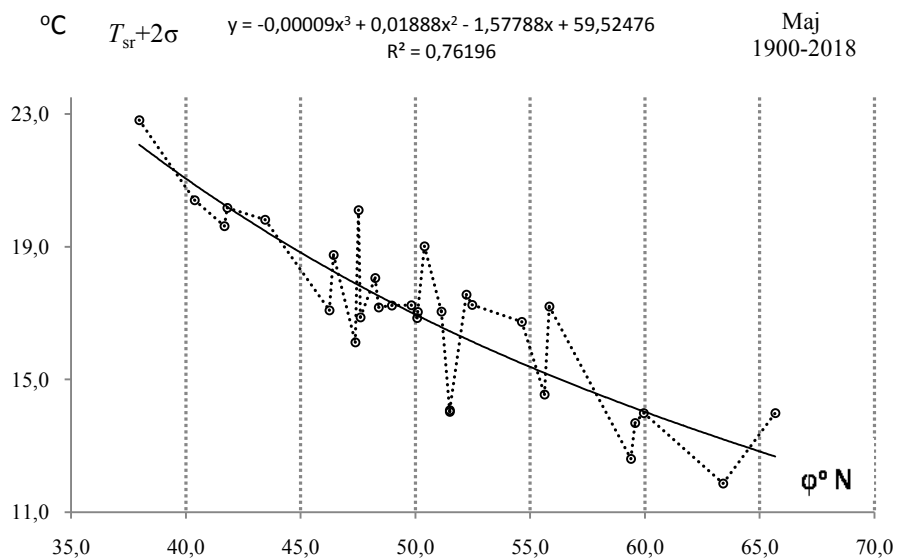
**Rys. 18.** Profil równoleżnikowy odchylenia standardowego temperatury powietrza  $\sigma(\varphi)$  powietrza w Europie w maju w latach 1900-2018

**Fig. 18.** Latitudinal profile of standard deviation air temperature  $\sigma(\varphi)$  in Europe in May in the 1900-2018 years



**Rys. 19.** Profil równoleżnikowy  $y(\varphi)$  proggu dolnego temperatury powietrza ( $T_{\text{sr}}-2\sigma$ ) powietrza w Europie w maju w latach 1900-2018

**Fig. 19.** Latitudinal profile  $y(\varphi)$  of the lower end of air temperature  $\sigma(T_{\text{sr}}-2\sigma)$  in Europe in May in the 1900-2018 years

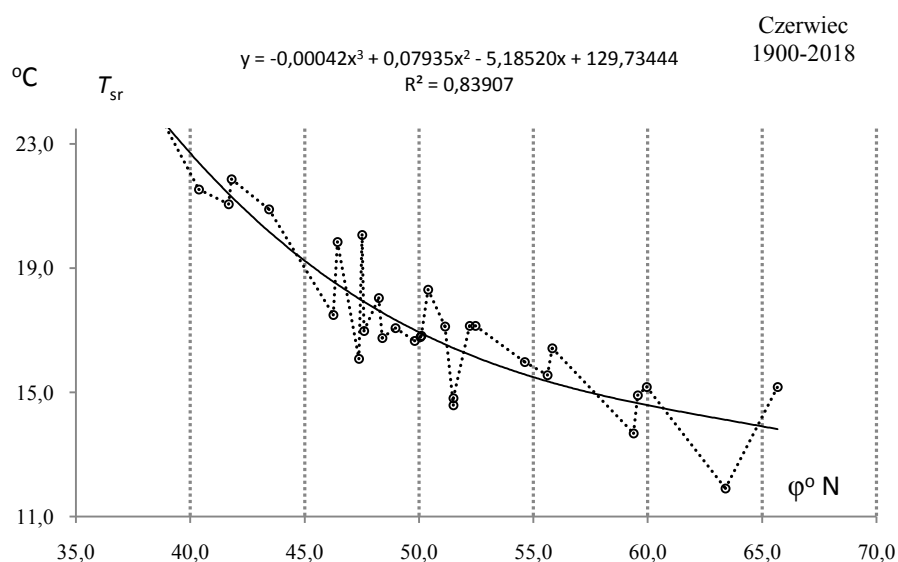


**Rys. 20.** Profil równoleżnikowy  $y(\varphi)$  proggu górnego temperatury powietrza ( $T_{\text{sr}}+2\sigma$ ) powietrza w Europie w maju w latach 1900-2018

**Fig. 20.** Latitudinal profile  $y(\varphi)$  of the upper end of air temperature ( $T_{\text{sr}}+2\sigma$ ) in Europe in May in the 1900-2018 years.

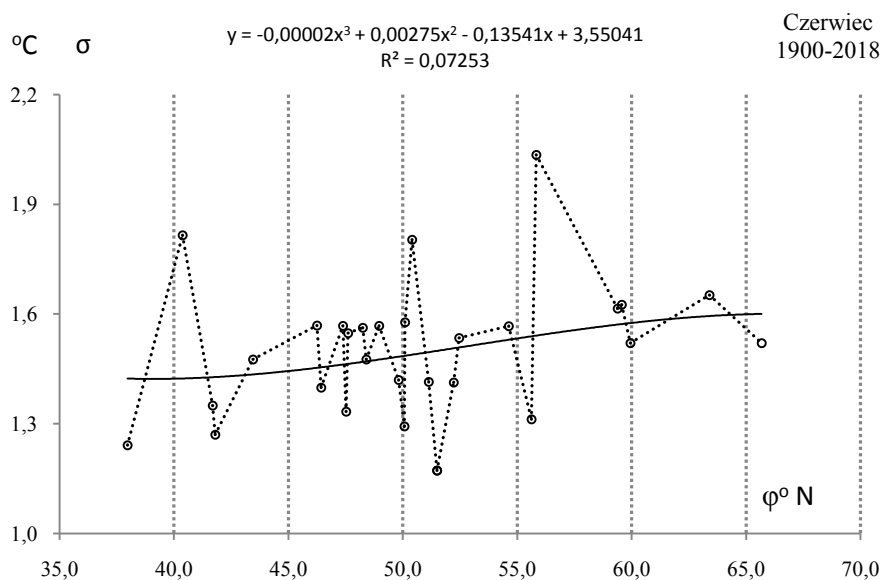


## CZERWIEC



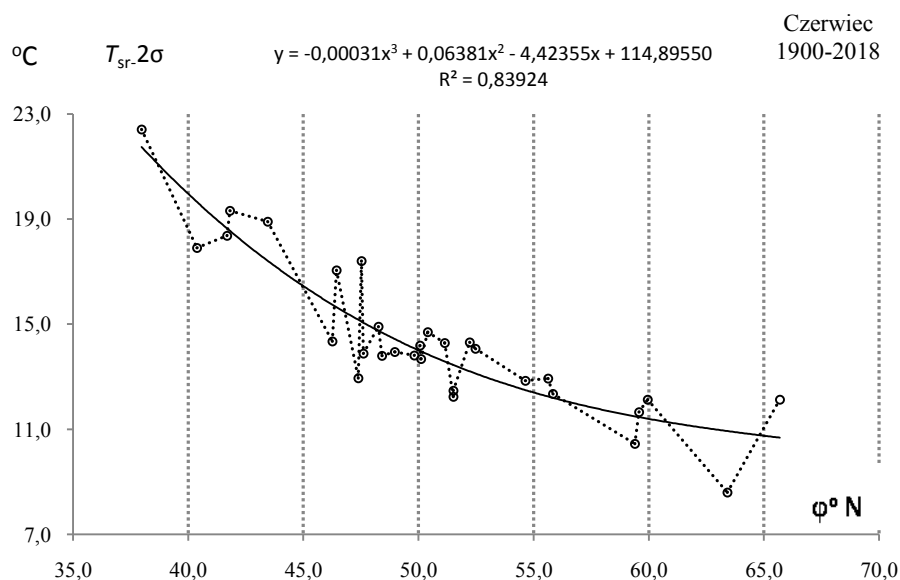
**Rys. 21.** Profil równoleżnikowy średniej temperatury powietrza  $T_{sr}(\varphi)$  powietrza w Europie w czerwcu w latach 1900-2018

**Fig. 21.** Latitudinal profile of average air temperature  $T_{sr}(\varphi)$  in Europe in June in the 1900-2018 years.



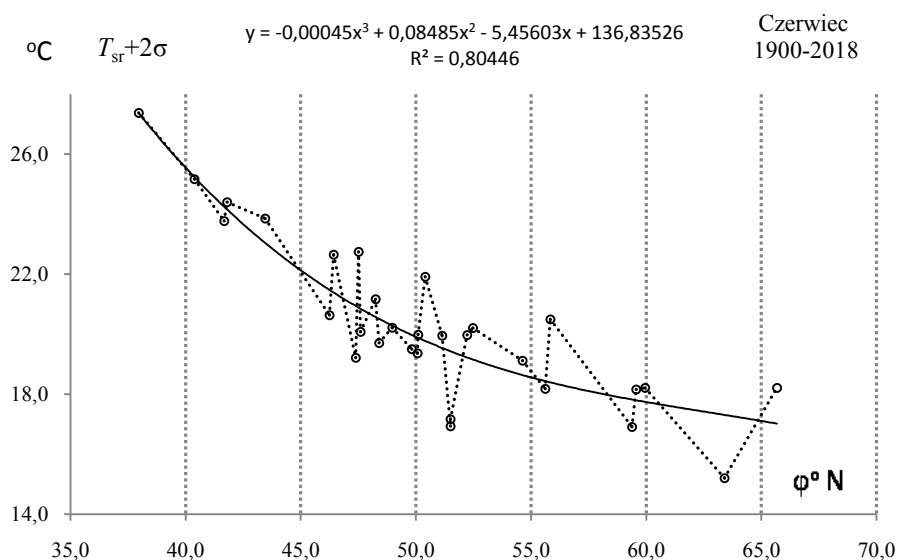
**Rys. 22.** Profil równoleżnikowy odchylenia standardowego temperatury powietrza  $\sigma(\varphi)$  powietrza w Europie w czerwcu w latach 1900-2018

**Fig. 22.** Latitudinal profile of standard deviation air temperature  $\sigma(\varphi)$  in Europe in June in the 1900-2018 years.  $\sigma$



**Rys. 23.** Profil równoleżnikowy  $y(\varphi)$  progu dolnego temperatury powietrza ( $T_{\text{sr}}-2\sigma$ ) powietrza w Europie w czerwcu w latach 1900-2018

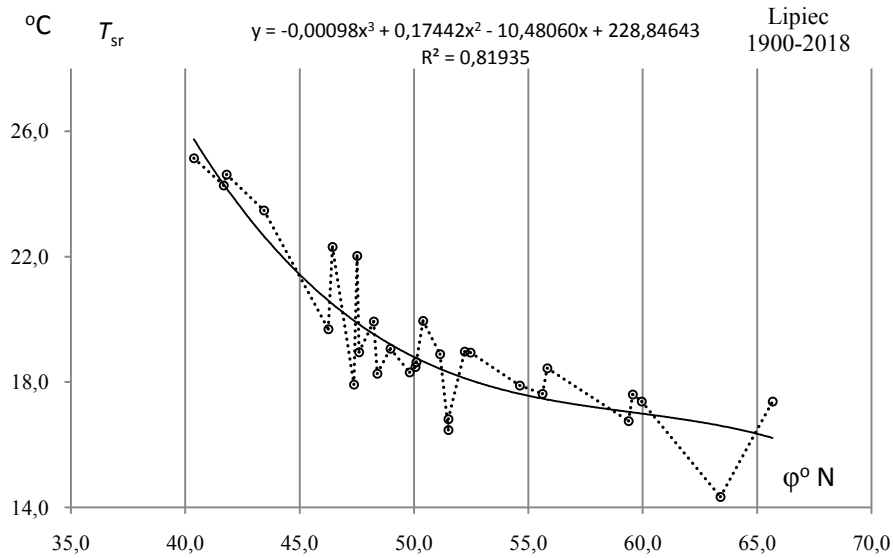
**Fig. 23.** Latitudinal profile  $y(\varphi)$  of the lower end of air temperature  $\sigma$  ( $T_{\text{sr}}-2\sigma$ ) in Europe in June in the 1900-2018 years.



**Rys. 24.** Profil równoleżnikowy  $y(\varphi)$  progu górnego temperatury powietrza ( $T_{\text{sr}}+2\sigma$ ) powietrza w Europie w czerwcu w latach 1900-2018

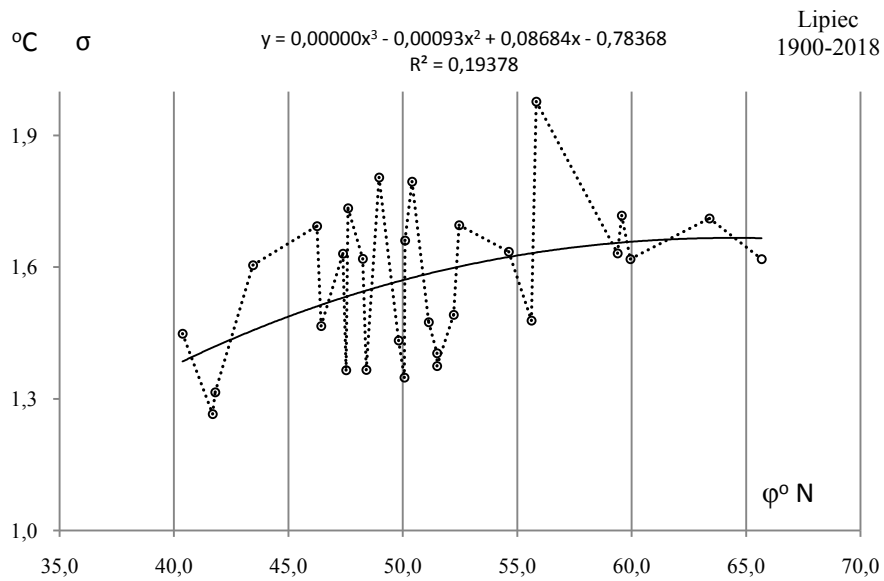
**Fig. 24.** Latitudinal profile  $y(\varphi)$  of the upper end of air temperature ( $T_{\text{sr}}+2\sigma$ ) in Europe in June in the 1900-2018 years.

## LIPIEC



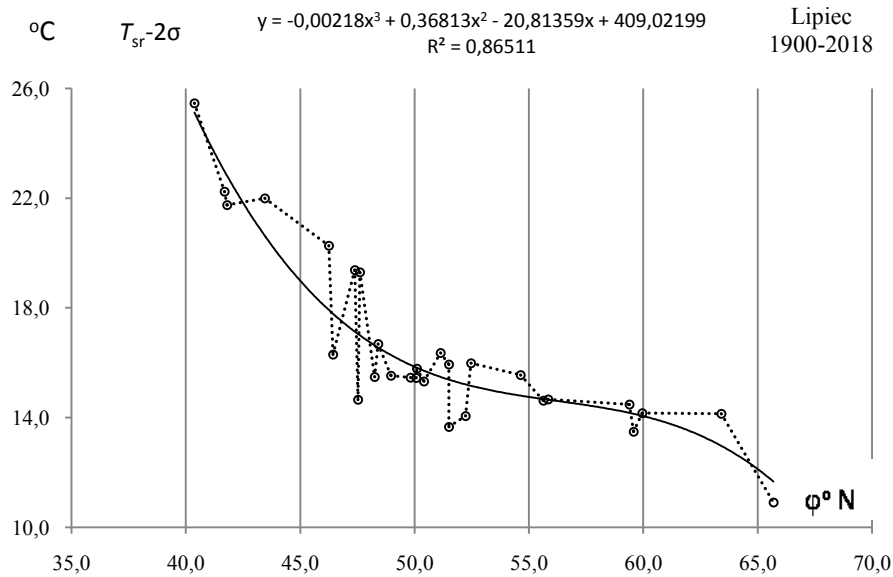
**Rys. 25.** Profil równoleżnikowy średniej temperatury powietrza  $T_{sr}(\varphi)$  powietrza w Europie w lipcu w latach 1900-2018

**Fig. 25.** Latitudinal profile of average air temperature  $T_{sr}(\varphi)$  in Europe in July in the 1900-2018 years



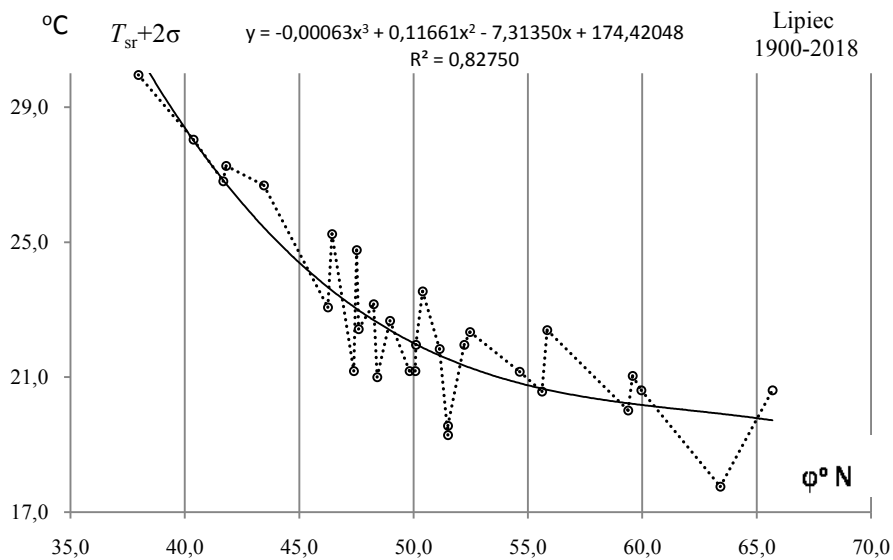
**Rys. 26.** Profil równoleżnikowy odchylenia standardowego temperatury powietrza  $\sigma(\varphi)$  powietrza w Europie w lipcu w latach 1900-2018

**Fig. 26.** Latitudinal profile of standard deviation air temperature  $\sigma(\varphi)$  in Europe in July in the 1900-2018 years



**Rys. 27.** Profil równoleżnikowy  $y(\varphi)$  progu dolnego temperatury powietrza ( $T_{sr}-2\sigma$ ) powietrza w Europie w lipcu w latach 1900-2018

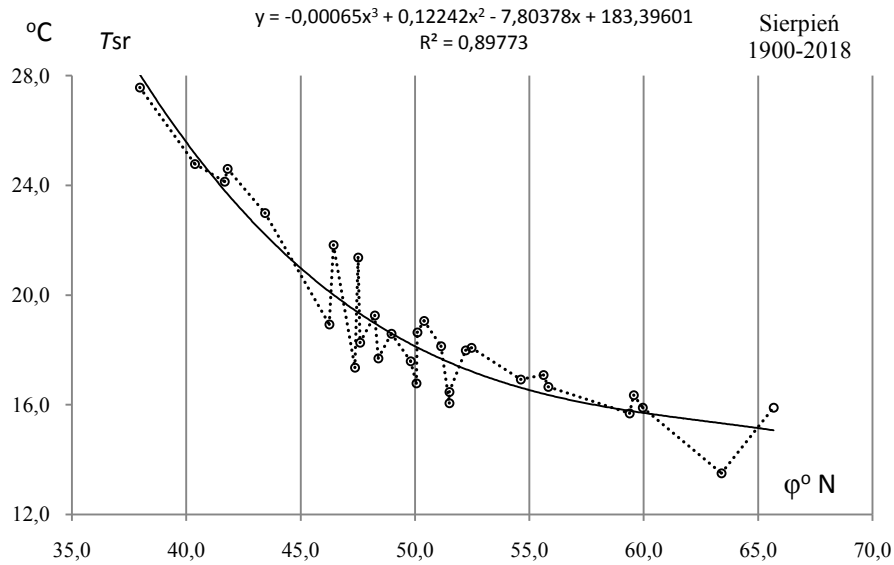
**Fig. 27.** Latitudinal profile  $y(\varphi)$  of the lower end of air temperature  $\sigma$  ( $T_{sr}-2\sigma$ ) in Europe in July in the 1900-2018 years



**Rys.2 8.** Profil równoleżnikowy  $y(\varphi)$  progu górnego temperatury powietrza ( $T_{sr}+2\sigma$ ) powietrza w Europie w lipcu w latach 1900-2018

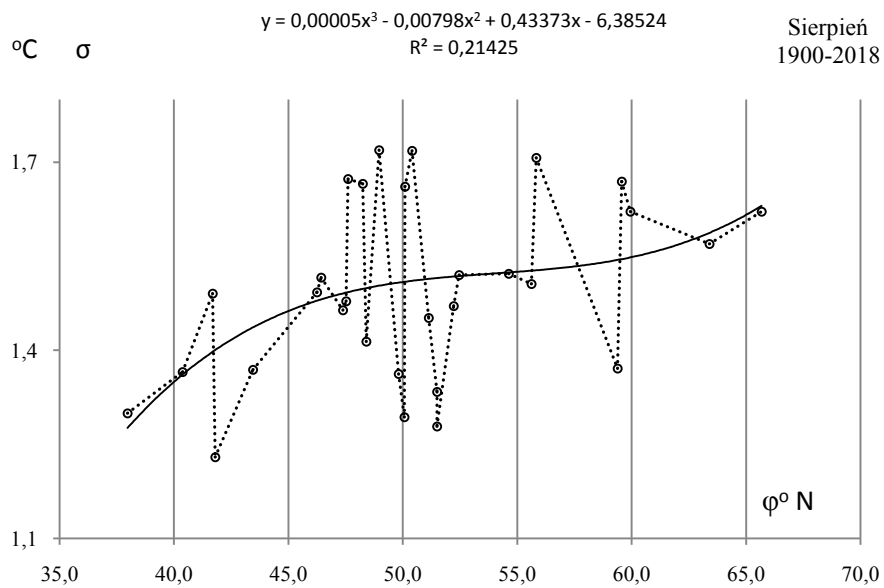
**Fig. 28.** Latitudinal profile  $y(\varphi)$  of the upper end of air temperature ( $T_{sr}+2\sigma$ ) in Europe in July in the 1900-2018 years.

## SIERPIEŃ



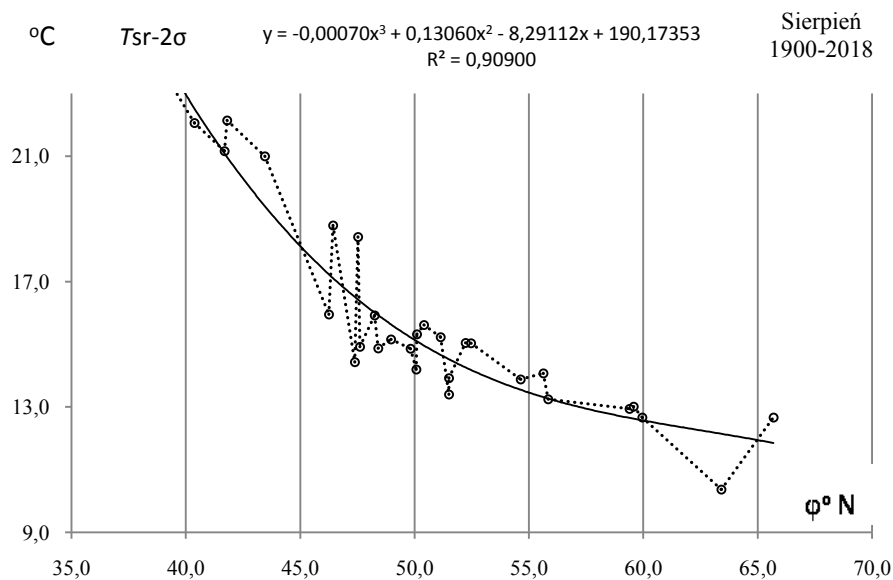
**Rys. 29.** Profil równoleżnikowy średniej temperatury powietrza  $T_{sr}(\varphi)$  powietrza w Europie w sierpniu w latach 1900-2018

**Fig. 29.** Latitudinal profile of average air temperature  $T_{sr}(\varphi)$  in Europe in August in the 1900-2018 years



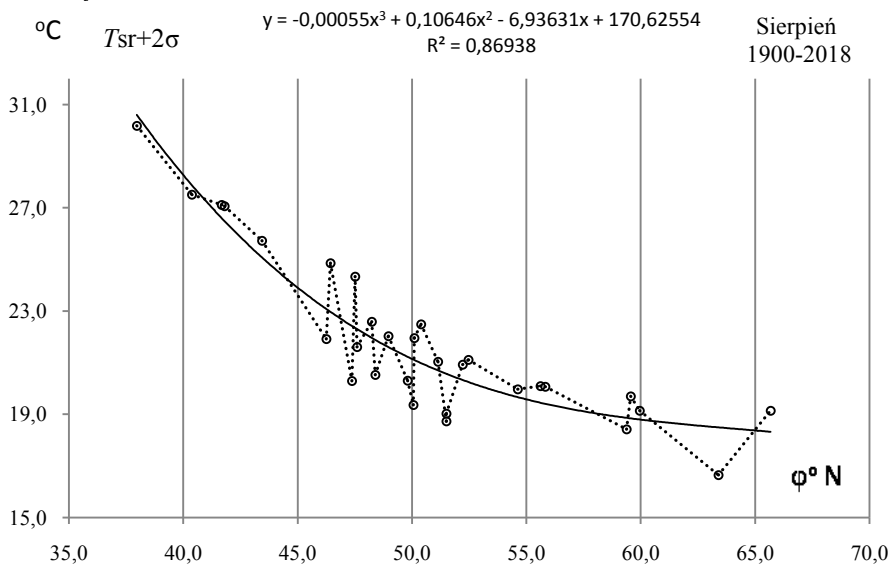
**Rys. 30.** Profil równoleżnikowy odchylenia standardowego temperatury powietrza  $\sigma(\varphi)$  powietrza w Europie w sierpniu w latach 1900-2018

**Fig. 30.** Latitudinal profile of standard deviation air temperature  $\sigma(\varphi)$  in Europe in August in the 1900-2018 years



**Rys. 31.** Profil równoleżnikowy  $y(\varphi)$  proggu dolnego temperatury powietrza ( $T_{sr}-2\sigma$ ) powietrza w Europie w sierpniu w latach 1900-2018

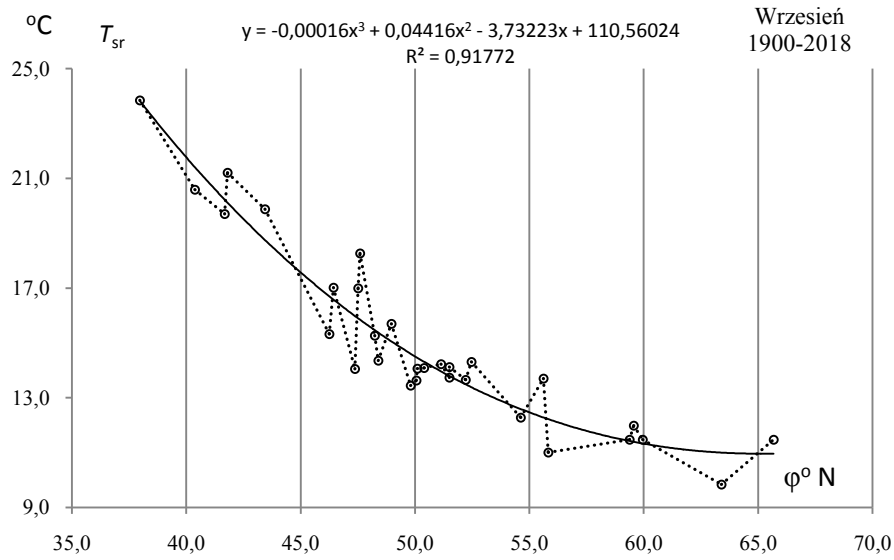
**Fig. 31.** Latitudinal profile  $y(\varphi)$  of the lower end of air temperature  $\sigma(T_{sr}-2\sigma)$  in Europe in August in the 1900-2018 years



**Rys. 32.** Profil równoleżnikowy  $y(\varphi)$  proggu górnego temperatury powietrza ( $T_{sr}+2\sigma$ ) powietrza w Europie w sierpniu w latach 1900-2018

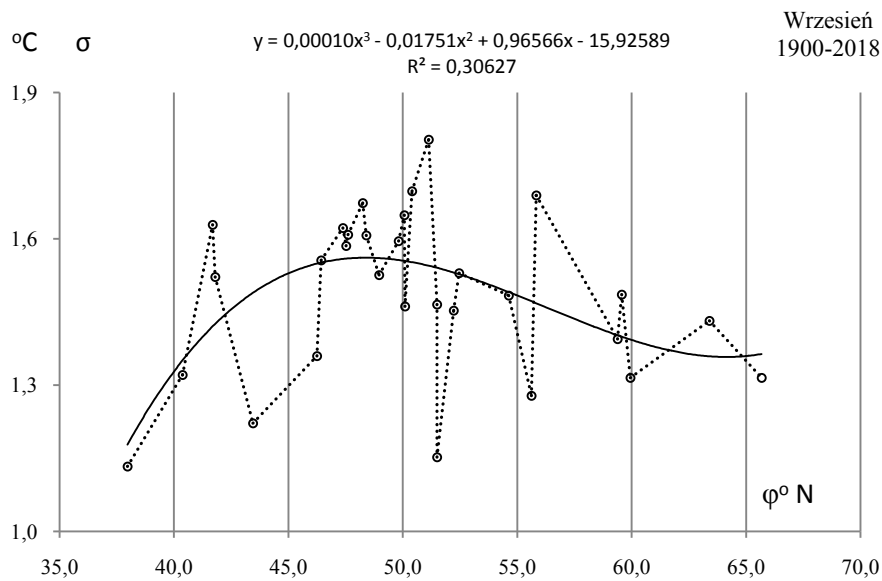
**Fig. 32.** Latitudinal profile  $y(\varphi)$  of the upper end of air temperature ( $T_{sr}+2\sigma$ ) in Europe in August in the 1900-2018 years.

## WRZESIEŃ



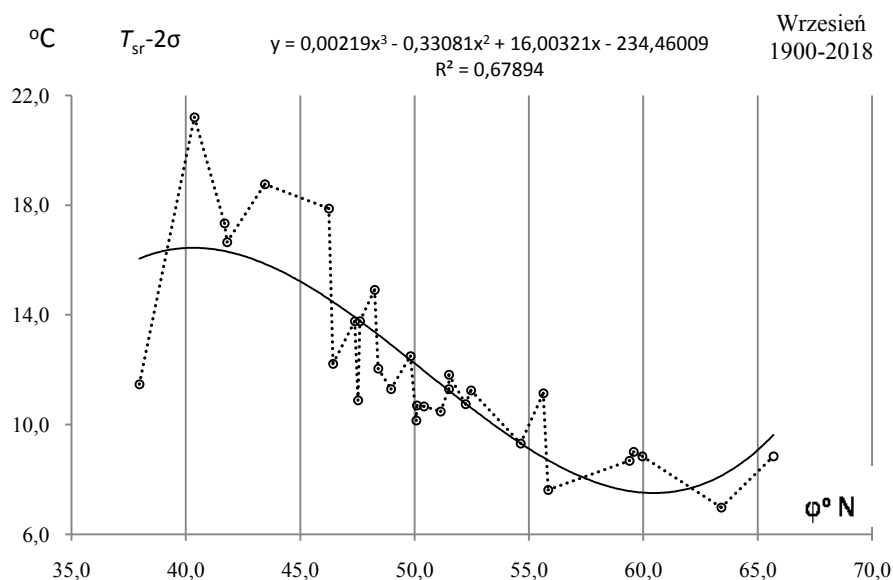
**Rys. 33.** Profil równoleżnikowy średniej temperatury powietrza  $T_{sr}(\varphi)$  powietrza w Europie we wrześniu w latach 1900-2018

**Fig. 33.** Latitudinal profile of average air temperature  $T_{sr}(\varphi)$  in Europe in September in the 1900-2018 years



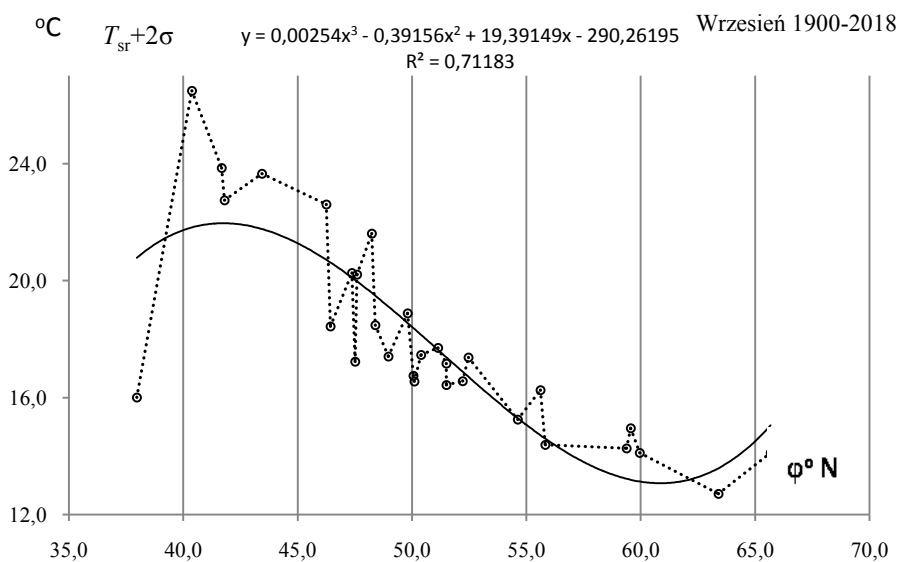
**Rys. 34.** Profil równoleżnikowy odchylenia standardowego temperatury powietrza  $\sigma(\varphi)$  powietrza w Europie we wrześniu w latach 1900-2018

**Fig. 34.** Latitudinal profile of standard deviation air temperature  $\sigma(\varphi)$  in Europe in September in the 1900-2018 years



**Rys. 35.** Profil równoleżnikowy  $y(\varphi)$  proggu dolnego temperatury powietrza ( $T_{sr}-2\sigma$ ) powietrza w Europie we wrześniu w latach 1900-2018

**Fig. 35.** Latitudinal profile  $y(\varphi)$  of the lower end of air temperature  $\sigma(T_{sr}-2\sigma)$  in Europe in September in the 1900-2018 years

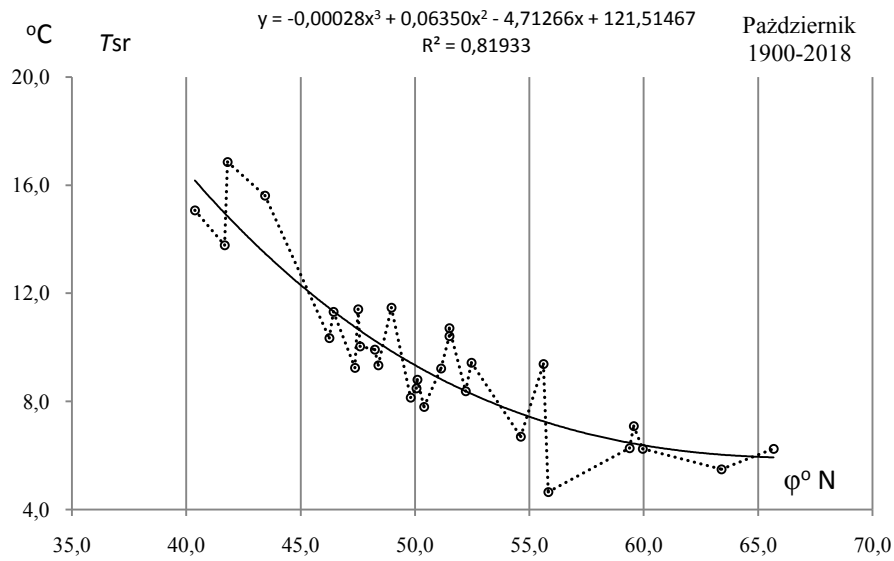


**Rys. 36.** Profil równoleżnikowy  $y(\varphi)$  proggu górnego temperatury powietrza ( $T_{sr}+2\sigma$ ) powietrza w Europie we wrześniu w latach 1900-2018

**Fig. 36.** Latitudinal profile  $y(\varphi)$  of the upper end of air temperature ( $T_{sr}+2\sigma$ ) in Europe in September in the 1900-2018 years

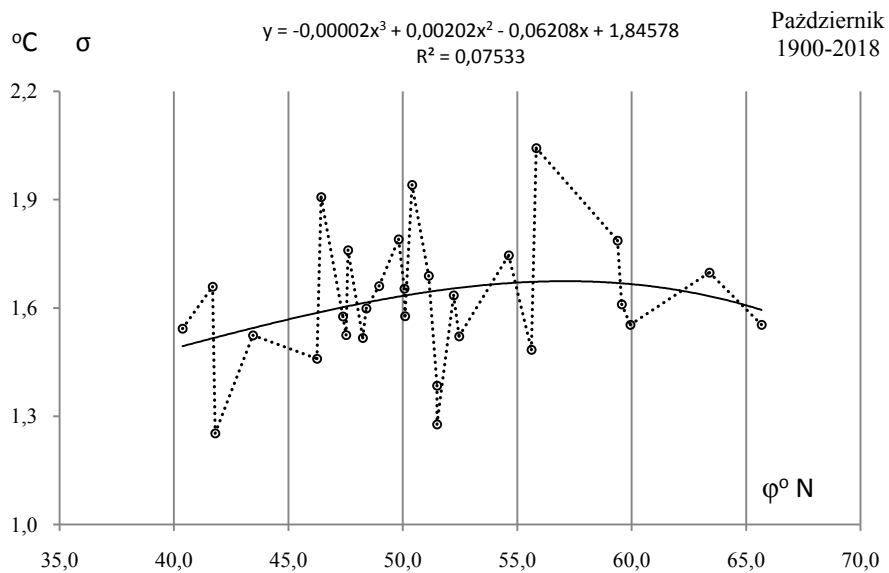


## PAŹDZIERNIK



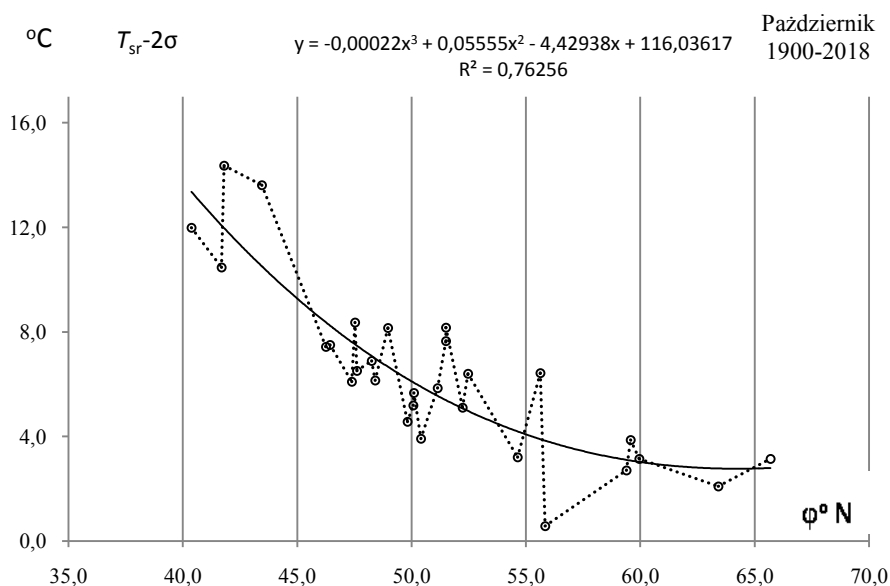
**Rys. 37.** Profil równoleżnikowy średniej temperatury powietrza  $T_{sr}(\varphi)$  powietrza w Europie w październiku w latach 1900-2018

**Fig. 37.** Latitudinal profile of average air temperature  $T_{sr}(\varphi)$  in Europe in October in the 1900-2018 years



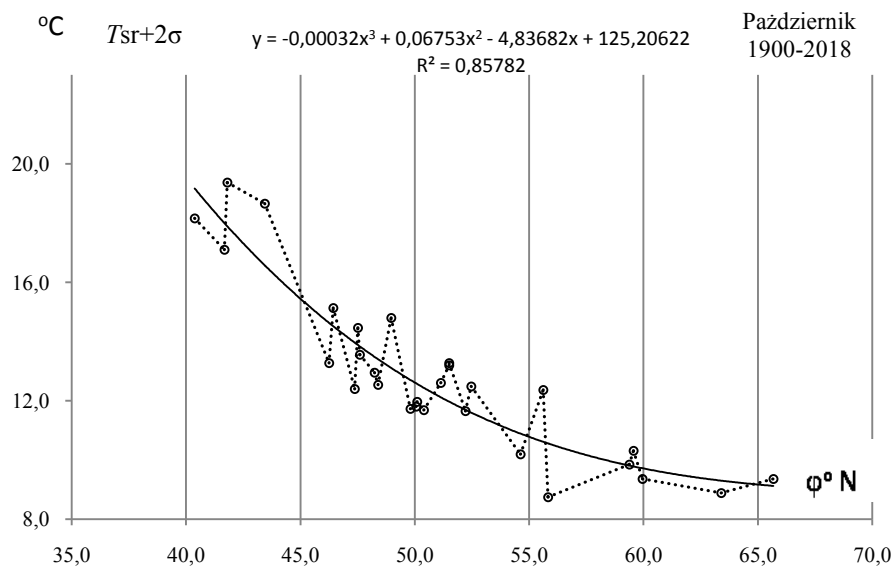
**Rys. 38.** Profil równoleżnikowy odchylenia standardowego temperatury powietrza  $\sigma(\varphi)$  powietrza w Europie w październiku w latach 1900-2018

**Fig. 38.** Latitudinal profile of standard deviation air temperature  $\sigma(\varphi)$  in Europe in October in the 1900-2018 years



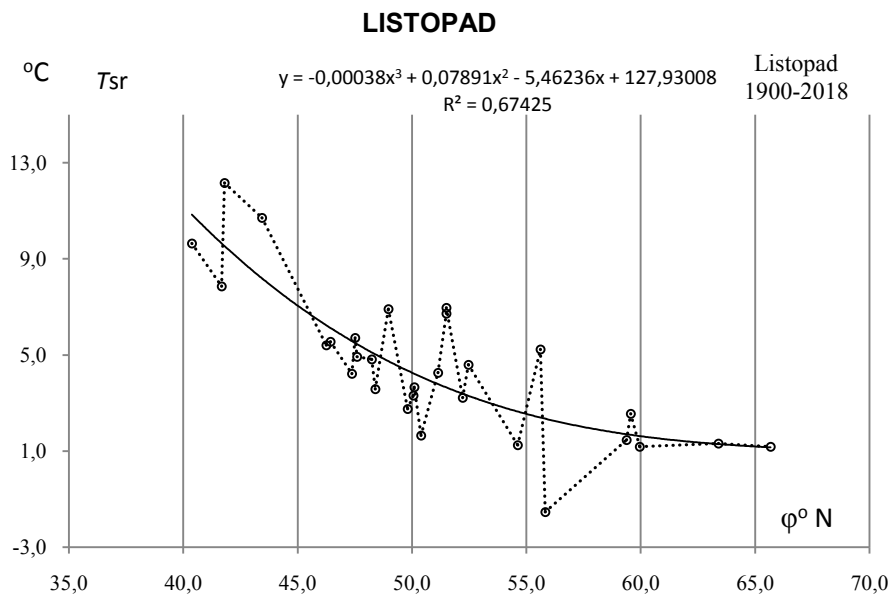
**Rys. 39.** Profil równoleżnikowy  $y(\varphi)$  progów dolnego temperatury powietrza ( $T_{sr}-2\sigma$ ) powietrza w Europie w październiku w latach 1900-2018

**Fig. 39.** Latitudinal profile  $y(\varphi)$  of the lower end of air temperature  $\sigma(T_{sr}-2\sigma)$  in Europe in October in the 1900-2018 years



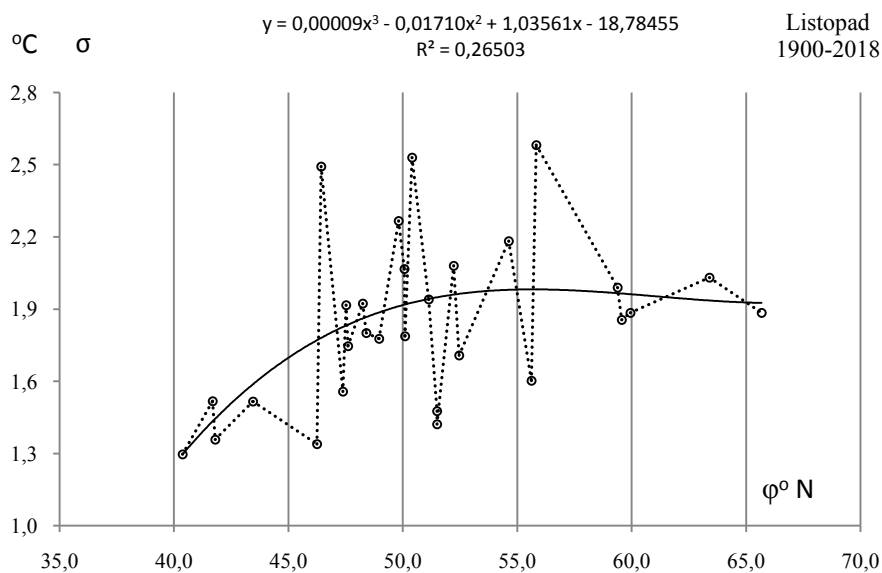
**Rys. 40.** Profil równoleżnikowy  $y(\varphi)$  progów górnego temperatury powietrza ( $T_{sr}+2\sigma$ ) powietrza w Europie w październiku w latach 1900-2018

**Fig. 40.** Latitudinal profile  $y(\varphi)$  of the upper end of air temperature ( $T_{sr}+2\sigma$ ) in Europe in October in the 1900-2018 years.



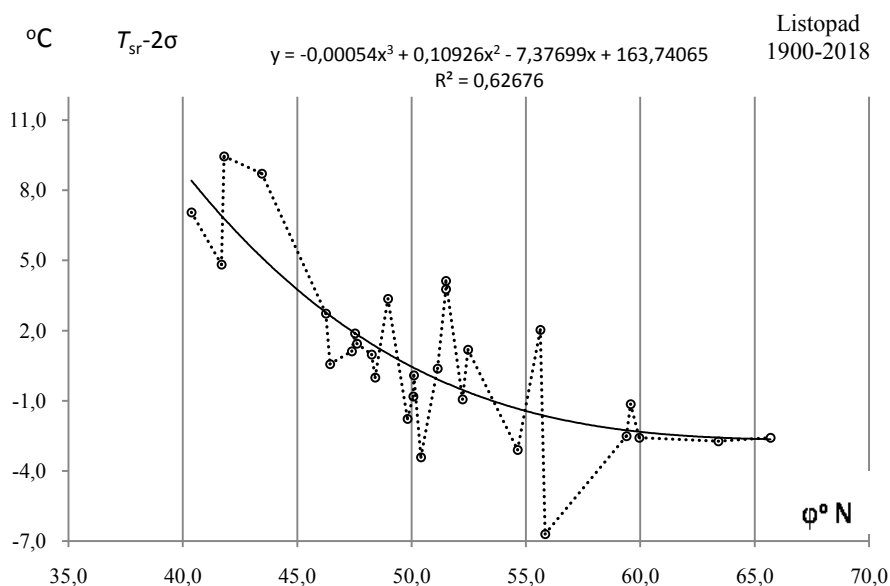
**Rys. 41.** Profil równoleżnikowy średniej temperatury powietrza  $T_{sr}(\varphi)$  powietrza w Europie w listopadzie w latach 1900-2018

**Fig. 41.** Latitudinal profile of average air temperature  $T_{sr}(\varphi)$  in Europe in November in the 1900-2018 years.



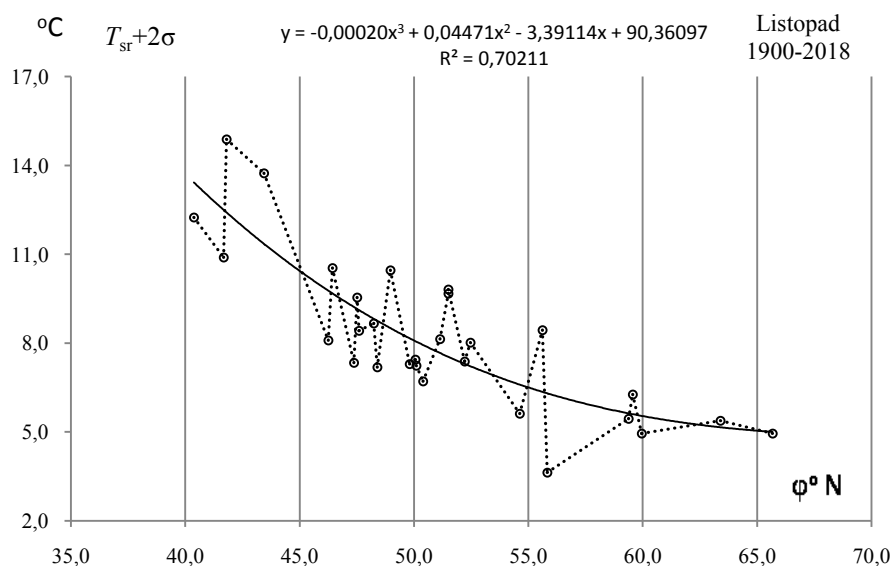
**Rys. 42.** Profil równoleżnikowy odchylenia standardowego temperatury powietrza  $\sigma(\varphi)$  powietrza w Europie w listopadzie w latach 1900-2018

**Fig. 42.** Latitudinal profile of standard deviation air temperature  $\sigma(\varphi)$  in Europe in November in the 1900-2018 years.  $\sigma$



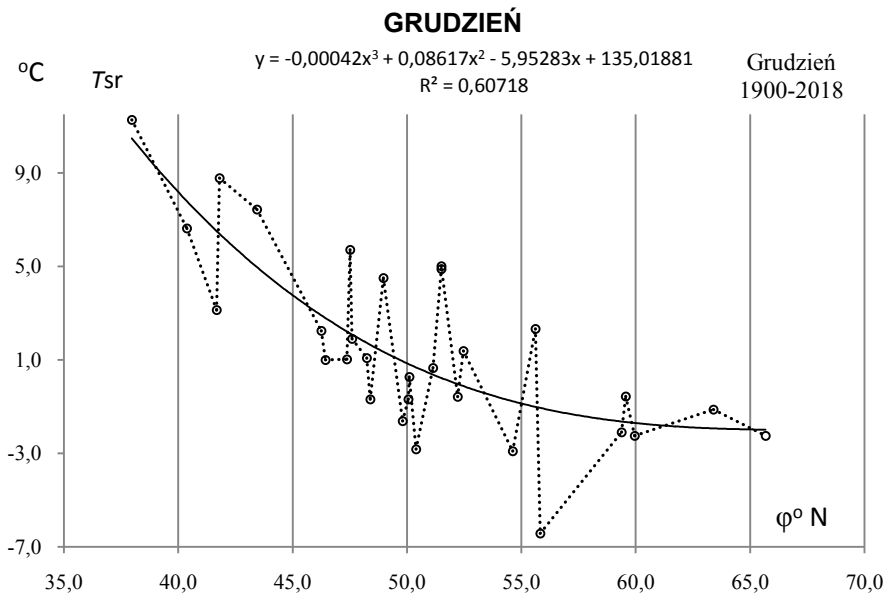
**Rys. 43.** Profil równoleżnikowy  $y(\varphi)$  progu dolnego temperatury powietrza ( $T_{sr}-2\sigma$ ) powietrza w Europie w listopadzie w latach 1900-2018

**Fig. 43.** Latitudinal profile  $y(\varphi)$  of the lower end of air temperature  $\sigma$  ( $T_{sr}-2\sigma$ ) in Europe in November in the 1900-2018 years.



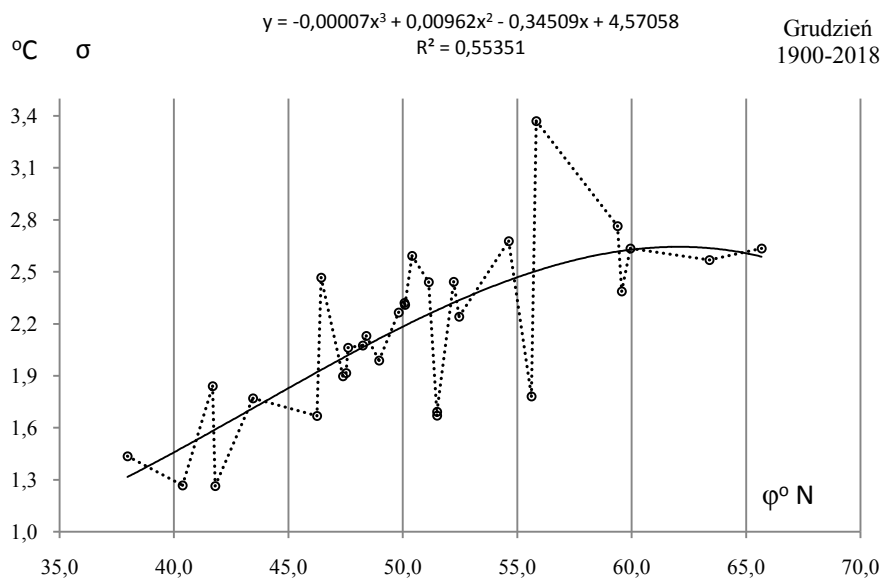
**Rys. 44.** Profil równoleżnikowy  $y(\varphi)$  progu górnego temperatury powietrza ( $T_{sr}+2\sigma$ ) powietrza w Europie w listopadzie w latach 1900-2018

**Fig. 44.** Latitudinal profile  $y(\varphi)$  of the upper end of air temperature ( $T_{sr}+2\sigma$ ) in Europe in November in the 1900-2018 years.



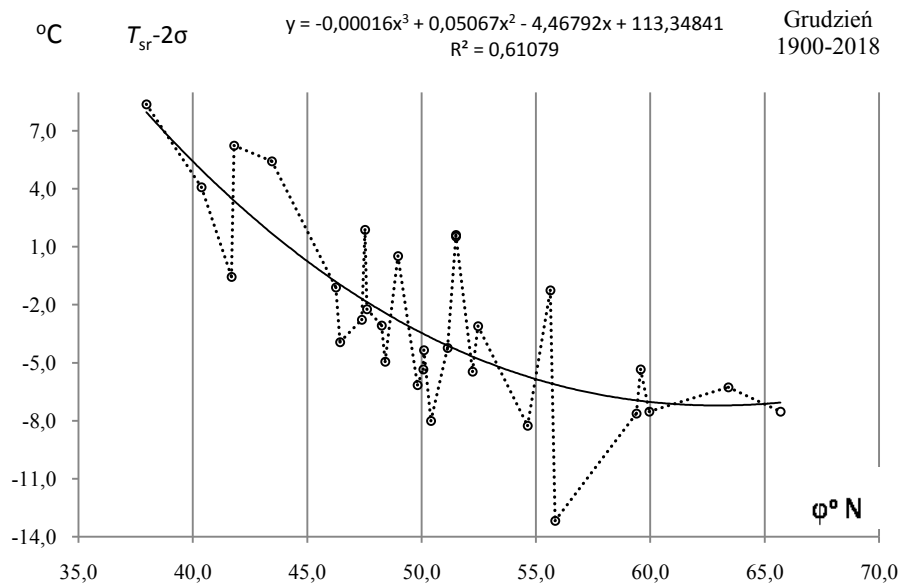
**Rys. 45.** Profil równoleżnikowy średniej temperatury powietrza  $T_{sr}$  ( $\phi$ ) powietrza w Europie w grudniu w latach 1900-2018

**Fig. 45.** Latitudinal profile of average air temperature  $T_{sr}$  ( $\phi$ ) in Europe in December in the 1900-2018 years



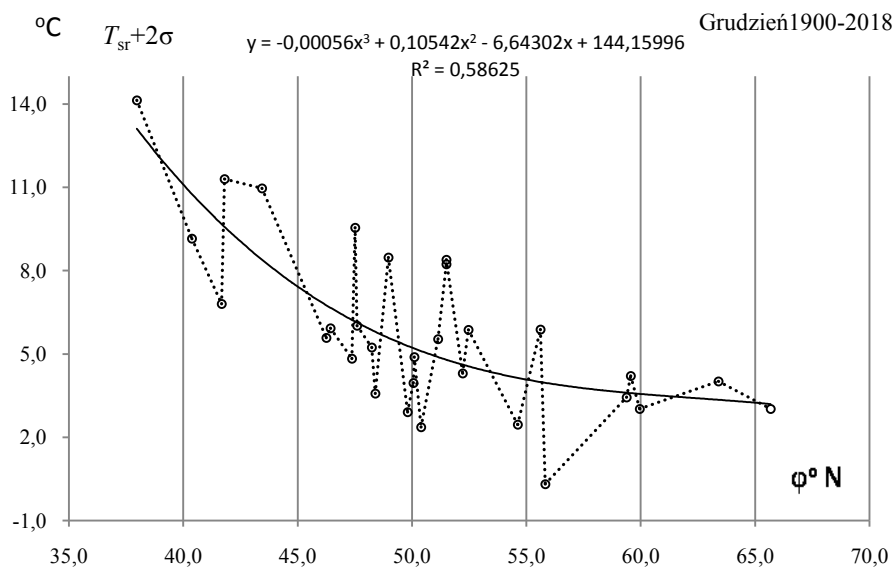
**Rys. 46.** Profil równoleżnikowy odchylenia standardowego temperatury powietrza  $\sigma$  ( $\phi$ ) powietrza w Europie w grudniu w latach 1900-2018

**Fig. 46.** Latitudinal profile of standard deviation air temperature  $\sigma$  ( $\phi$ ) in Europe in December in the 1900-2018 years



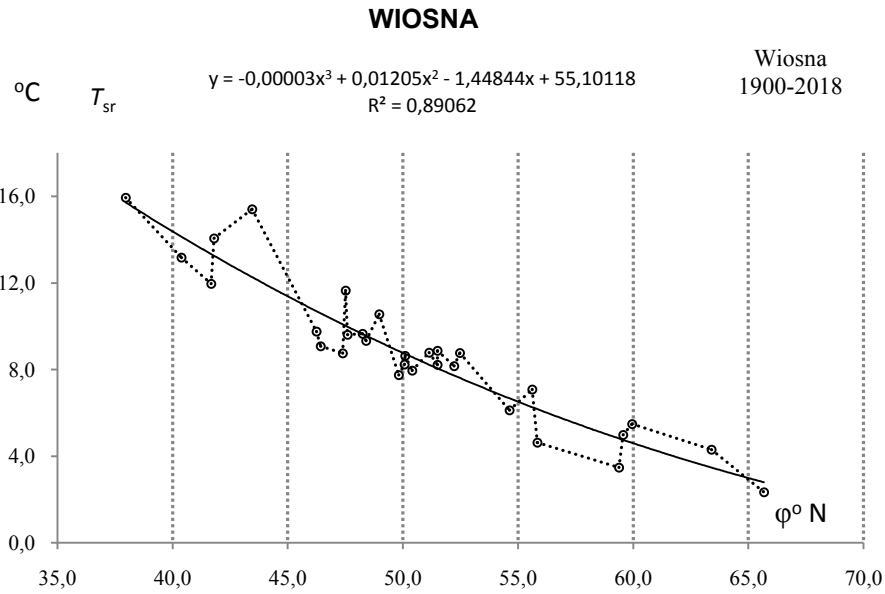
**Rys. 47.** Profil równoleżnikowy  $y(\varphi)$  proggu dolnego temperatury powietrza ( $T_{sr}-2\sigma$ ) powietrza w Europie w grudniu w latach 1900-2018

**Fig. 47.** Latitudinal profile  $y(\varphi)$  of the lower end of air temperature  $\sigma$  ( $T_{sr}-2\sigma$ ) in Europe in December in the 1900-2018 years



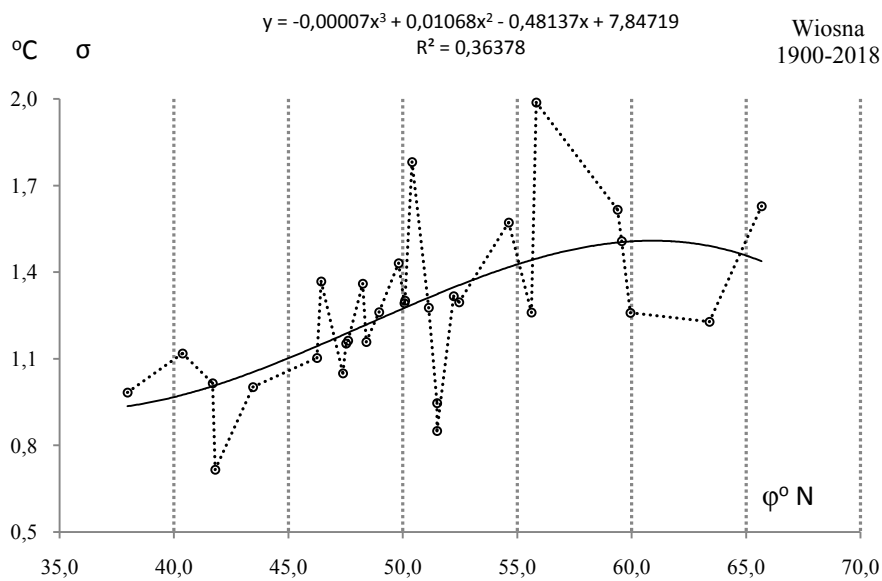
**Rys. 48.** Profil równoleżnikowy  $y(\varphi)$  proggu górnego temperatury powietrza ( $T_{sr}+2\sigma$ ) powietrza w Europie w grudniu w latach 1900-2018

**Fig. 48.** Latitudinal profile  $y(\varphi)$  of the upper end of air temperature ( $T_{sr}+2\sigma$ ) in Europe in December in the 1900-2018 years.



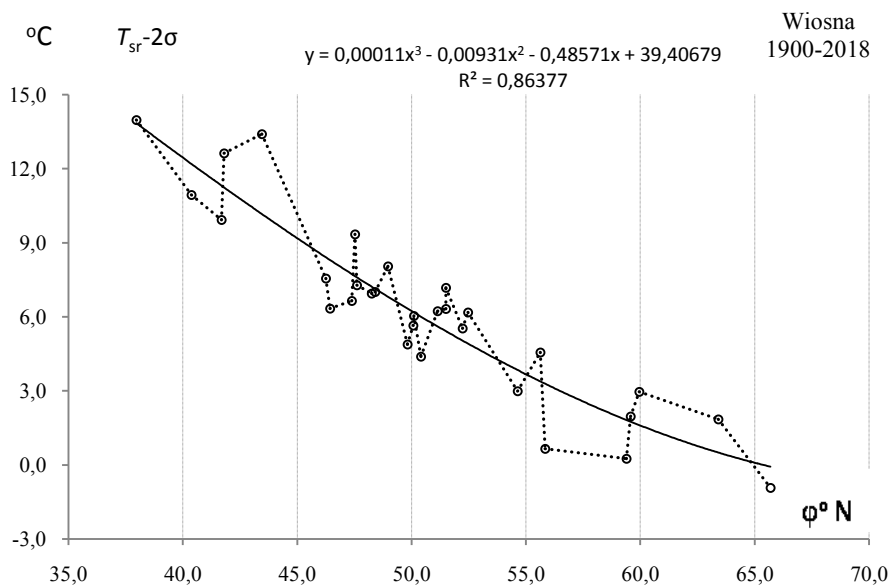
**Rys. 49.** Profil równoleżnikowy średniej temperatury powietrza  $T_{sr}(\varphi)$  powietrza w Europie wiosną w latach 1900-2018

**Fig. 49.** Latitudinal profile of average air temperature  $T_{sr}(\varphi)$  in Europe in Spring in the 1900-2018 years.



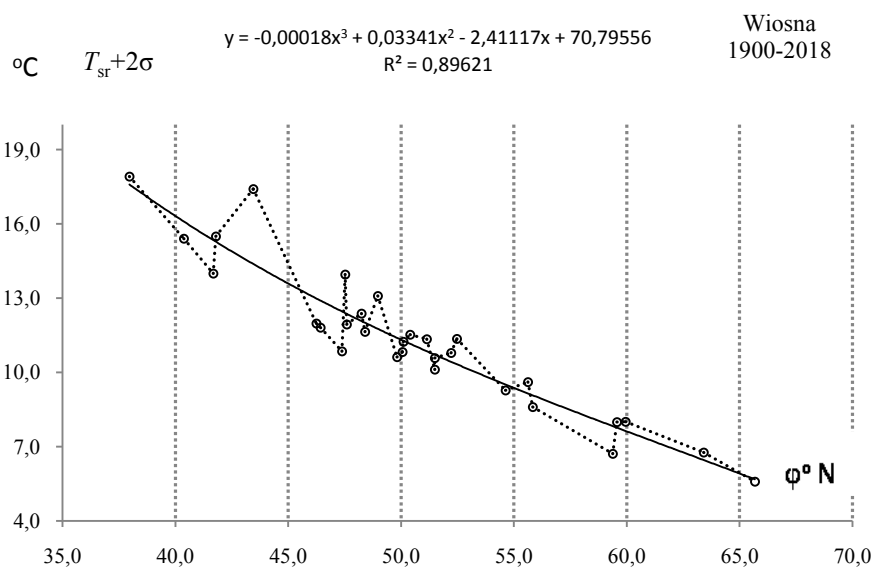
**Rys. 50.** Profil równoleżnikowy odchylenia standardowego temperatury powietrza  $\sigma(\varphi)$  powietrza w Europie wiosną w latach 1900-2018

**Fig. 50.** Latitudinal profile of standard deviation air temperature  $\sigma(\varphi)$  in Europe in Spring in the 1900-2018 years.  $\sigma$



**Rys. 51.** Profil równoleżnikowy  $y(\varphi)$  progów dolnego temperatury powietrza ( $T_{sr}-2\sigma$ ) powietrza w Europie wiosną w latach 1900-2018

**Fig. 51.** Latitudinal profile  $y(\varphi)$  of the lower end of air temperature  $\sigma$  ( $T_{sr}-2\sigma$ ) in Europe in Spring in the 1900-2018 years.

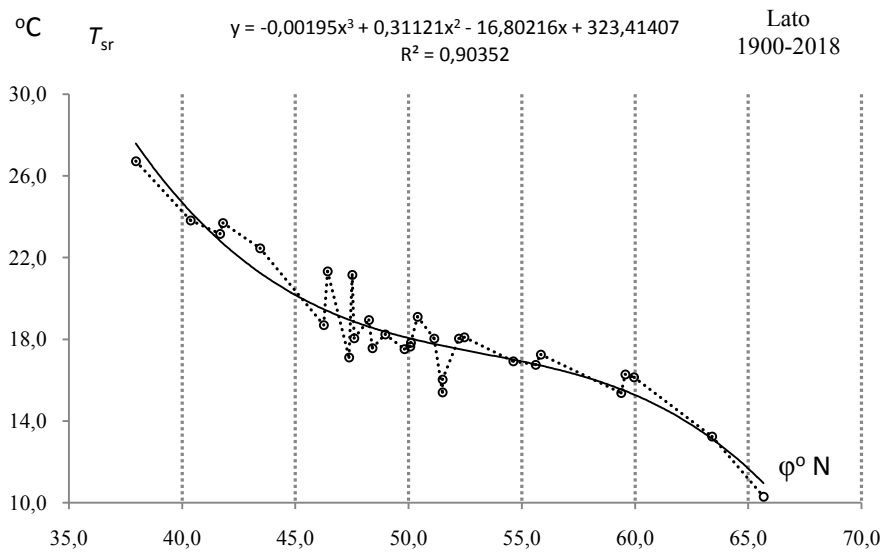


**Rys. 52.** Profil równoleżnikowy  $y(\varphi)$  progów górnego temperatury powietrza ( $T_{sr}+2\sigma$ ) powietrza w Europie wiosną w latach 1900-2018

**Fig. 52.** Latitudinal profile  $y(\varphi)$  of the upper end of air temperature ( $T_{sr}+2\sigma$ ) in Europe in Spring in the 1900-2018 years.

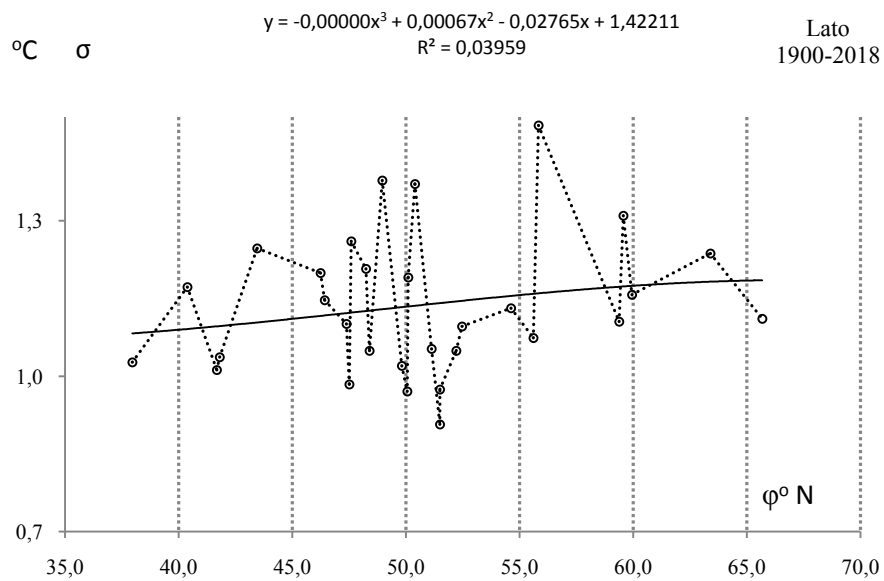


## LATO



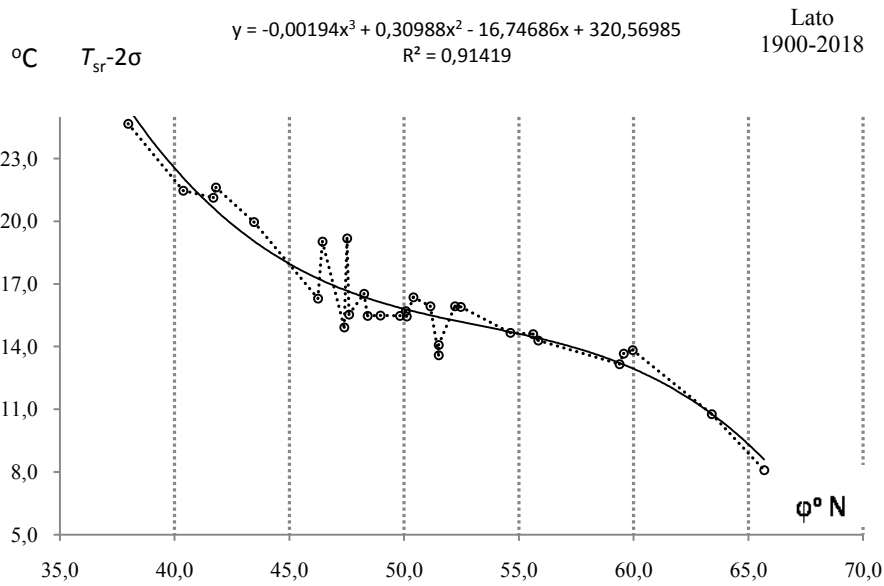
**Rys. 53.** Profil równoleżnikowy średniej temperatury powietrza  $T_{sr}(\phi)$  powietrza w Europie w lecie w latach 1900-2018

**Fig. 53** Latitudinal profile of average air temperature  $T_{sr}(\phi)$  in Europe in Summer in the 1900-2018 years



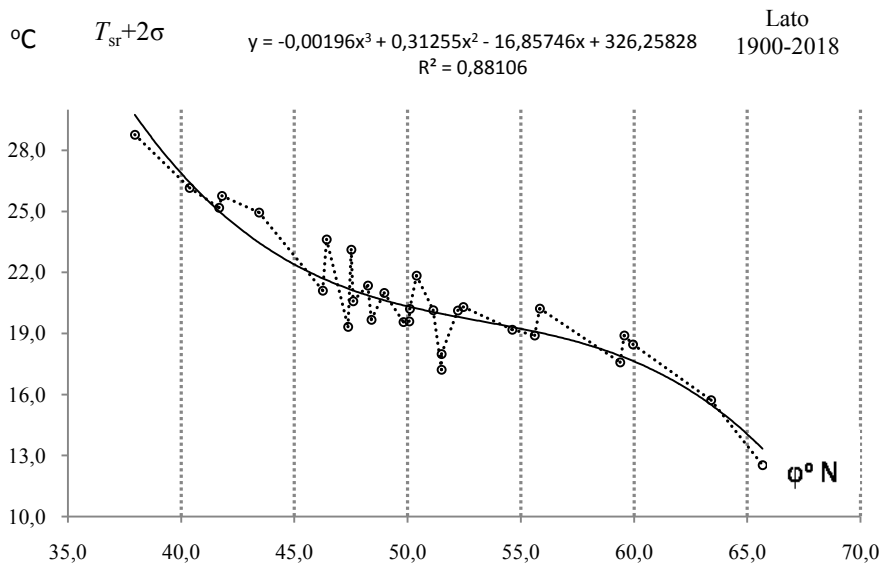
**Rys. 54.** Profil równoleżnikowy odchylenia standardowego temperatury powietrza  $\sigma(\phi)$  powietrza w Europie w lecie w latach 1900-2018

**Fig. 64.** Latitudinal profile of standard deviation air temperature  $\sigma(\phi)$  in Europe in Summer in the 1900-2018 years



**Rys. 55.** Profil równoleżnikowy  $y(\varphi)$  proggu dolnego temperatury powietrza ( $T_{sr}-2\sigma$ ) powietrza w Europie w lecie w latach 1900-2018

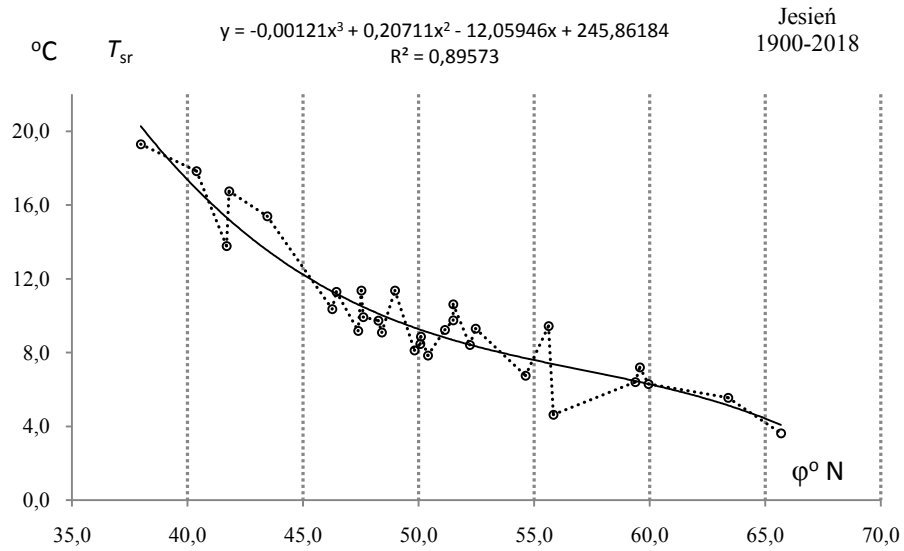
**Fig. 55.** Latitudinal profile  $y(\varphi)$  of the lower end of air temperature  $\sigma$  ( $T_{sr}-2\sigma$ ) in Europe in Summer in the 1900-2018 years



**Rys. 56.** Profil równoleżnikowy  $y(\varphi)$  proggu górnego temperatury powietrza ( $T_{sr}+2\sigma$ ) powietrza w Europie w lecie w latach 1900-2018

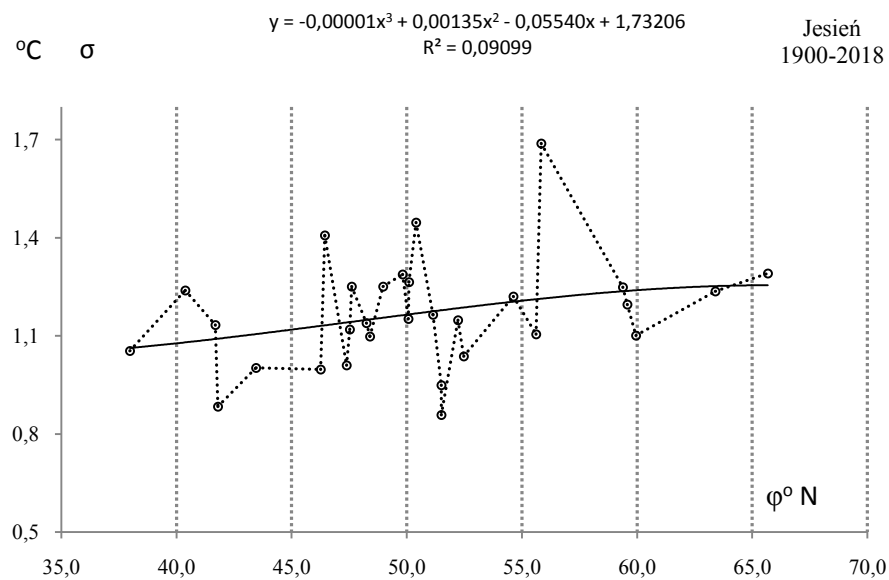
**Fig. 56.** Latitudinal profile  $y(\varphi)$  of the upper end of air temperature ( $T_{sr}+2\sigma$ ) in Europe in Summer in the 1900-2018 years.

## JESIEŃ



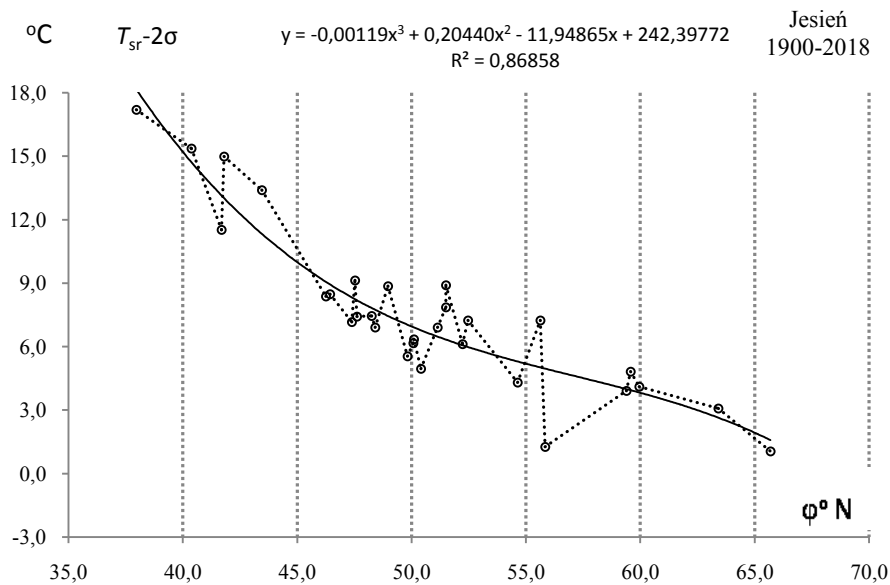
**Rys. 57.** Profil równoleżnikowy średniej temperatury powietrza  $T_{sr}(\varphi)$  powietrza w Europie jesienią w latach 1900-2018

**Fig. 57.** Latitudinal profile of average air temperature  $T_{sr}(\varphi)$  in Europe in Autumn in the 1900-2018 years



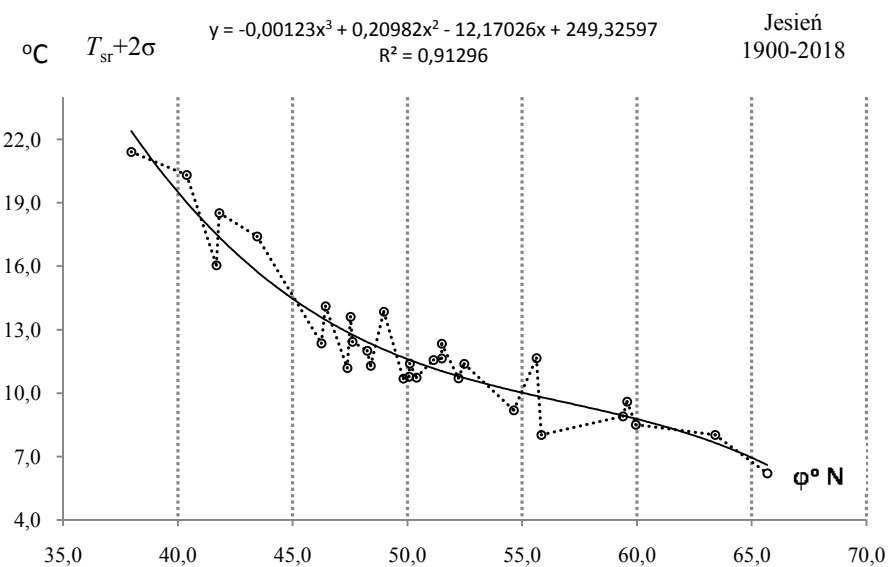
**Rys. 58.** Profil równoleżnikowy odchylenia standardowego temperatury powietrza  $\sigma(\varphi)$  powietrza w Europie jesienią w latach 1900-2018

**Fig. 58.** Latitudinal profile of standard deviation air temperature  $\sigma(\varphi)$  in Europe in Autumn in the 1900-2018 years



**Rys. 59.** Profil równoleżnikowy  $y(\varphi)$  progów dolnego temperatury powietrza ( $T_{sr}-2\sigma$ ) powietrza w Europie jesienią w latach 1900-2018

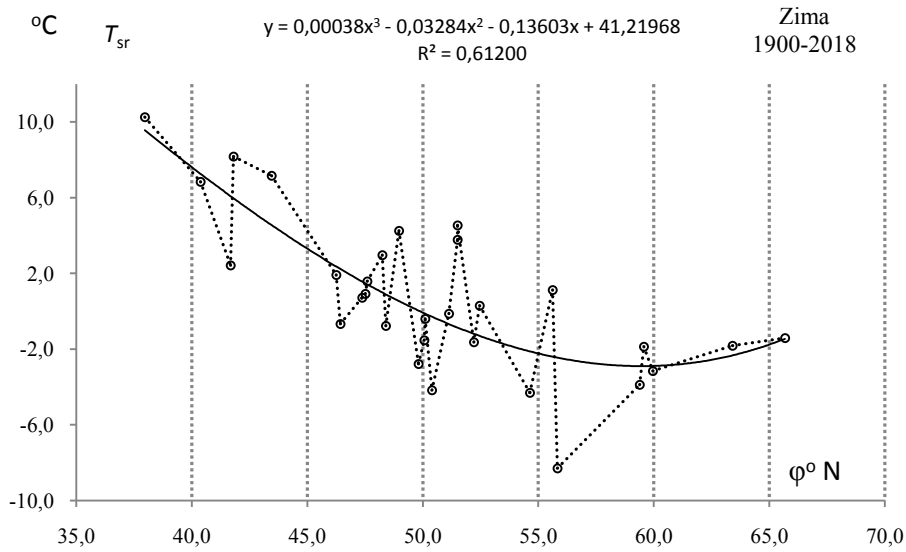
**Fig. 59.** Latitudinal profile  $y(\varphi)$  of the lower end of air temperature  $\sigma(T_{sr}-2\sigma)$  in Europe in Autumn in the 1900-2018 years



**Rys. 60.** Profil równoleżnikowy  $y(\varphi)$  progów górnego temperatury powietrza ( $T_{sr}+2\sigma$ ) powietrza w Europie jesienią w latach 1900-2018

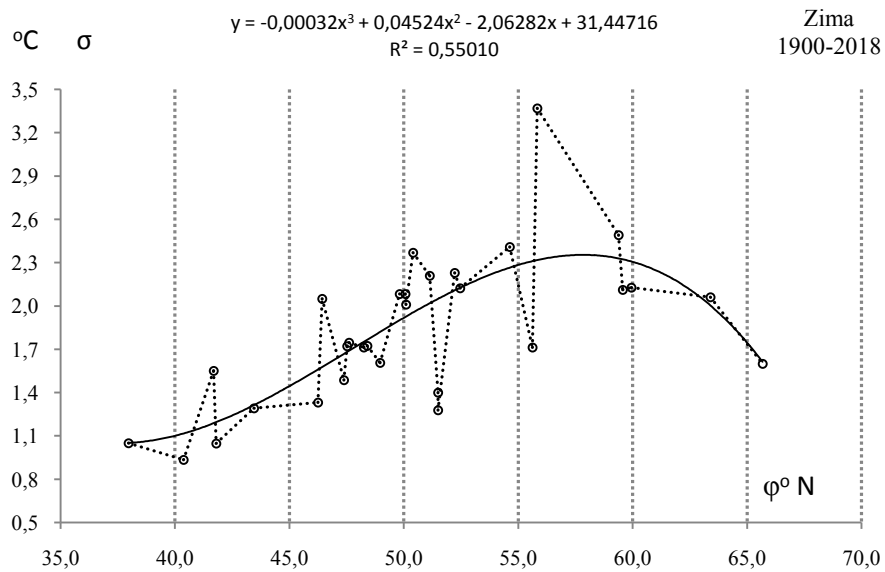
**Fig. 60.** Latitudinal profile  $y(\varphi)$  of the upper end of air temperature ( $T_{sr}+2\sigma$ ) in Europe in Autumn in the 1900-2018 years.

### ZIMA



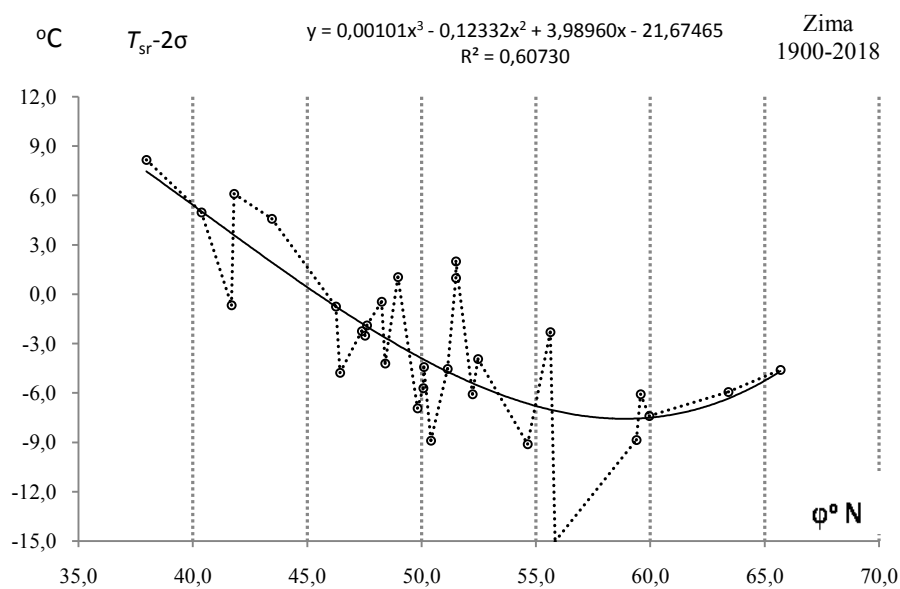
**Rys. 61.** Profil równoleżnikowy średniej temperatury powietrza  $T_{sr}(\varphi)$  powietrza w Europie w zimie w latach 1900-2018

**Fig. 61.** Latitudinal profile of average air temperature  $T_{sr}(\varphi)$  in Europe in Winter in the 1900-2018 years



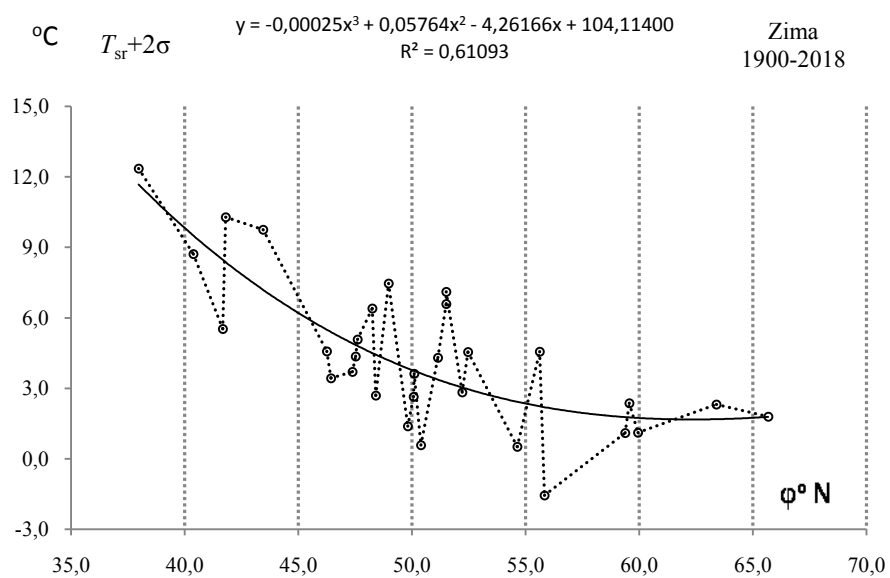
**Rys. 62.** Profil równoleżnikowy odchylenia standardowego temperatury powietrza  $\sigma(\varphi)$  powietrza w Europie w zimie w latach 1900-2018

**Fig. 62.** Latitudinal profile of standard deviation air temperature  $\sigma(\varphi)$  in Europe in Winter in the 1900-2018 years



**Rys. 63.** Profil równoleżnikowy  $y(\varphi)$  progów dolnego temperatury powietrza ( $T_{sr}-2\sigma$ ) powietrza w Europie w zimie w latach 1900-2018

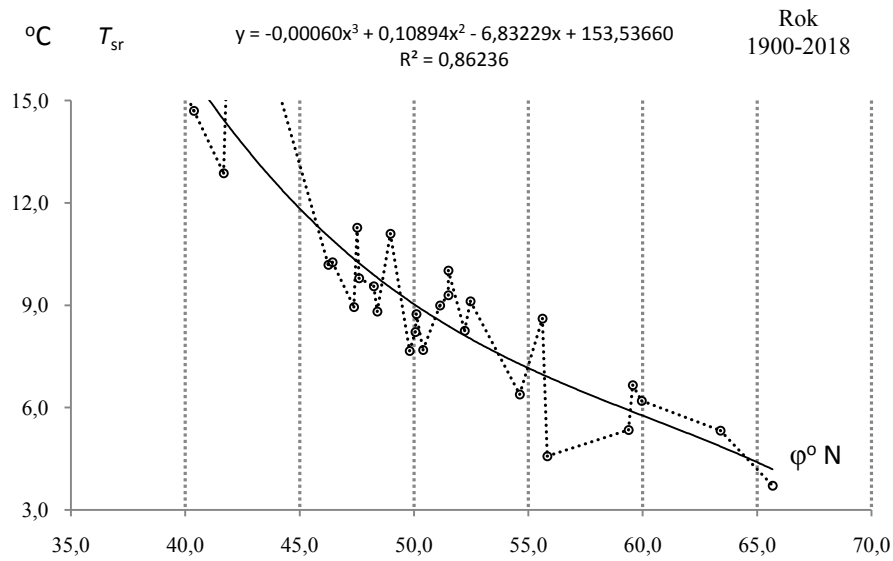
**Fig. 63.** Latitudinal profile  $y(\varphi)$  of the lower end of air temperature  $\sigma$  ( $T_{sr}-2\sigma$ ) in Europe in Winter in the 1900-2018 years



**Rys. 64.** Profil równoleżnikowy  $y(\varphi)$  progów górnego temperatury powietrza ( $T_{sr}+2\sigma$ ) powietrza w Europie w zimie w latach 1900-2018

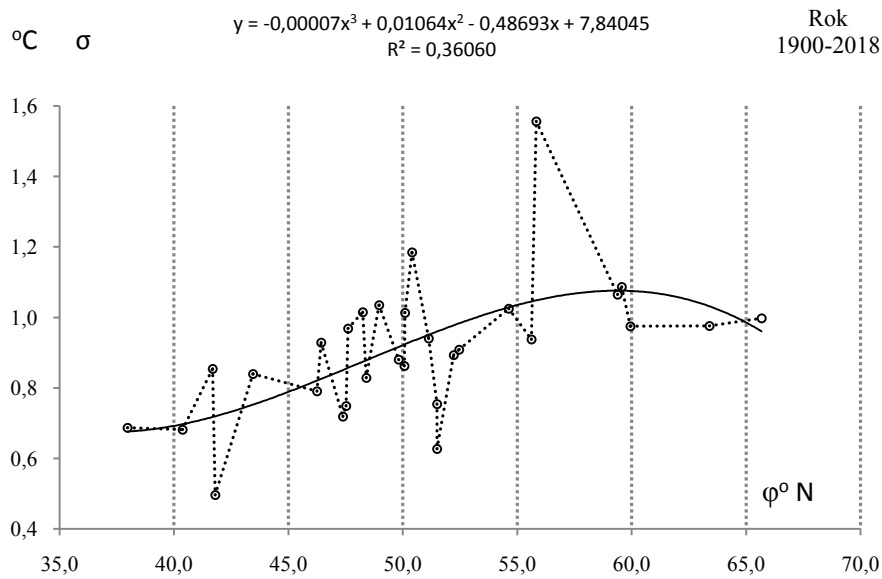
**Fig. 164.** Latitudinal profile  $y(\varphi)$  of the upper end of air temperature ( $T_{sr}+2\sigma$ ) in Europe in Winter in the 1900-2018 years

## ROK



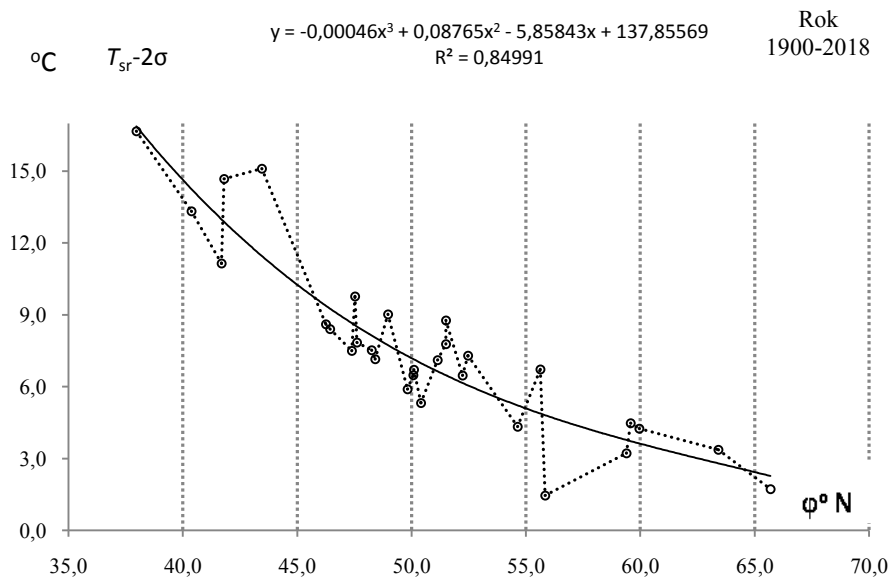
**Rys. 65.** Profil równoleżnikowy średniej temperatury powietrza  $T_{sr}(\varphi)$  powietrza w Europie w roku w latach 1900-2018

**Fig. 65.** Latitudinal profile of average air temperature  $T_{sr}(\varphi)$  in Europe in Year in the 1900-2018 years



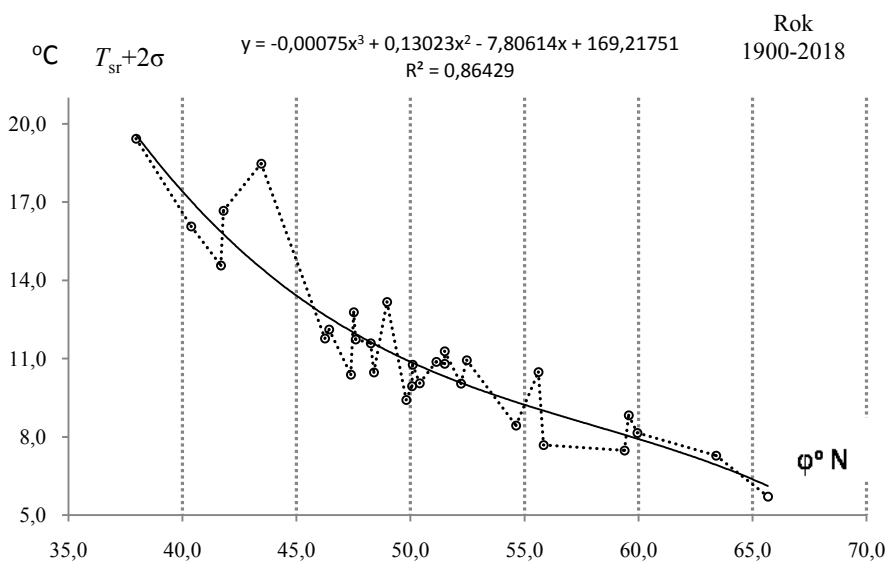
**Rys. 66.** Profil równoleżnikowy odchylenia standardowego temperatury powietrza  $\sigma(\varphi)$  powietrza w Europie w roku w latach 1900-2018

**Fig. 66.** Latitudinal profile of standard deviation air temperature  $\sigma(\varphi)$  in Europe in Year in the 1900-2018 years



**Rys. 67.** Profil równoleżnikowy  $y(\varphi)$  progów dolnego temperatury powietrza ( $T_{sr}-2\sigma$ ) powietrza w Europie w roku w latach 1900-2018

**Fig. 67.** Latitudinal profile  $y(\varphi)$  of the lower end of air temperature  $\sigma(T_{sr}-2\sigma)$  in Europe in Year in the 1900-2018 years



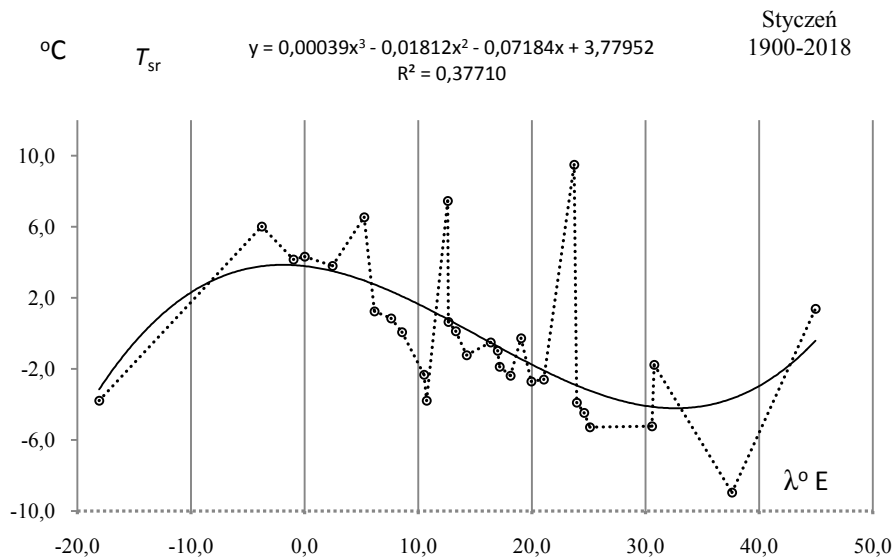
**Rys. 68.** Profil równoleżnikowy  $y(\varphi)$  progów górnego temperatury powietrza ( $T_{sr}+2\sigma$ ) powietrza w Europie w roku w latach 1900-2018

**Fig. 68.** Latitudinal profile  $y(\varphi)$  of the upper end of air temperature ( $T_{sr}+2\sigma$ ) in Europe in Year in the 1900-2018 years.



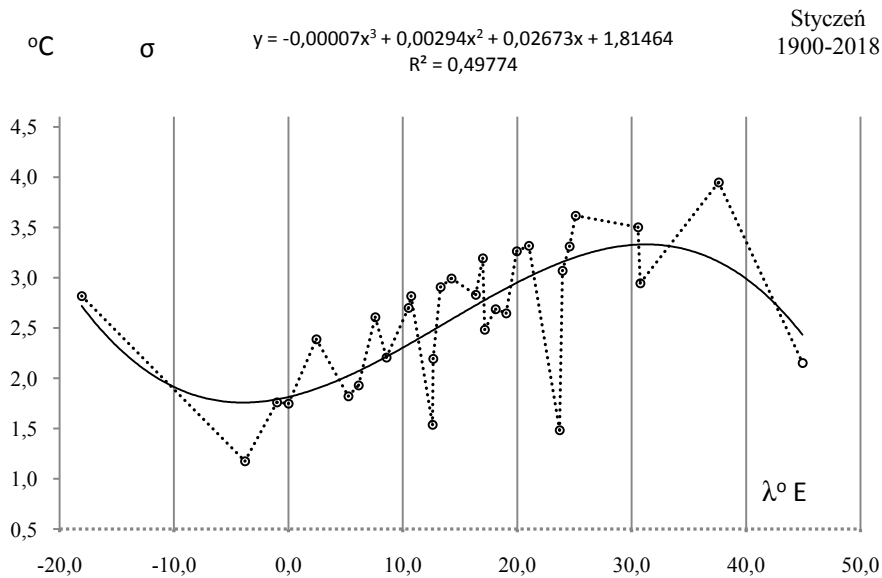
## VII. PROFILE POŁUDNIKOWE TEMPERATURY POWIETRZA NA OBSZARZE EUROPY W LATACH 1900-2018

### STYCZEŃ



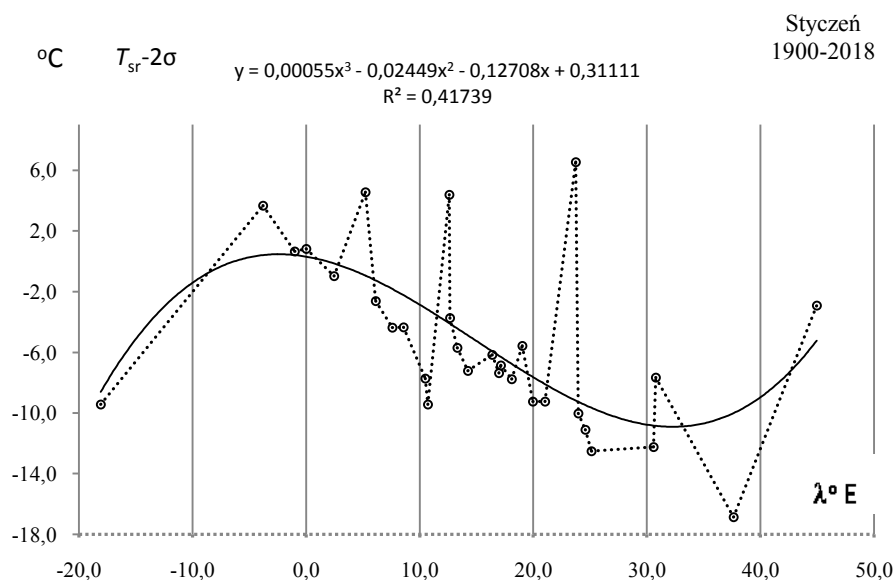
**Rys. 1.** Profil południkowy średniej temperatury powietrza  $T_{\text{sr}}(\lambda)$  powietrza w Europie w styczniu w latach 1900-2018

**Fig. 1.** Meridian profile of average air temperature  $T_{\text{sr}}(\lambda)$  in Europe in January in the 1900-2018 years.



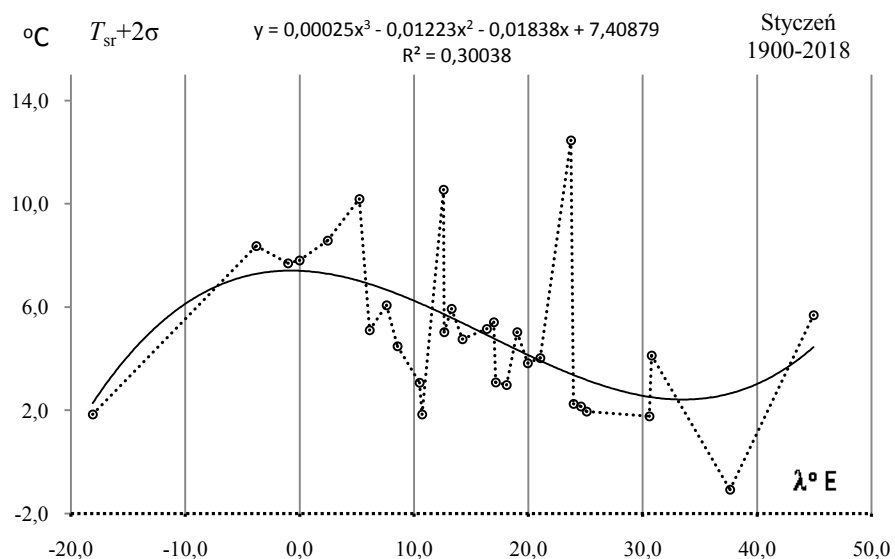
**Rys. 2.** Profil południkowy odchylenia standardowego temperatury powietrza  $\sigma(\lambda)$  powietrza w Europie w styczniu w latach 1900-2018

**Fig. 2.** Meridian profile of standard deviation air temperature  $\sigma(\lambda)$  in Europe in January in the 1900-2018 years.  $\sigma$



**Rys. 3.** Profil południkowy  $y(\lambda)$  progów dolnego temperatury powietrza ( $T_{sr}-2\sigma$ ) powietrza w Europie w styczniu w latach 1900-2018

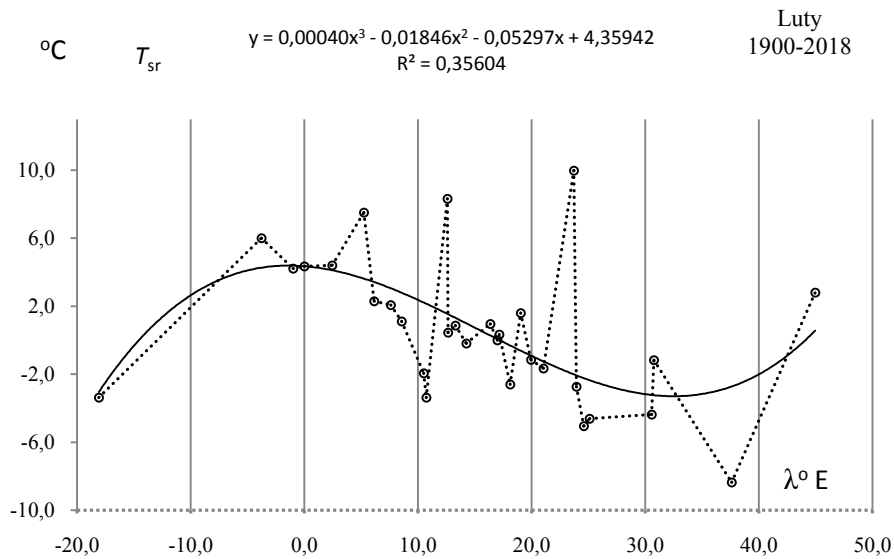
**Fig. 3.** Meridian profile  $y(\lambda)$  of the lower end of air temperature  $\sigma$  ( $T_{sr}-2\sigma$ ) in Europe in Spring in the 1900-2018 years.



**Rys. 4.** Profil południkowy  $y(\lambda)$  progów górnej temperatury powietrza ( $T_{sr}+2\sigma$ ) powietrza w Europie w styczniu w latach 1900-2018

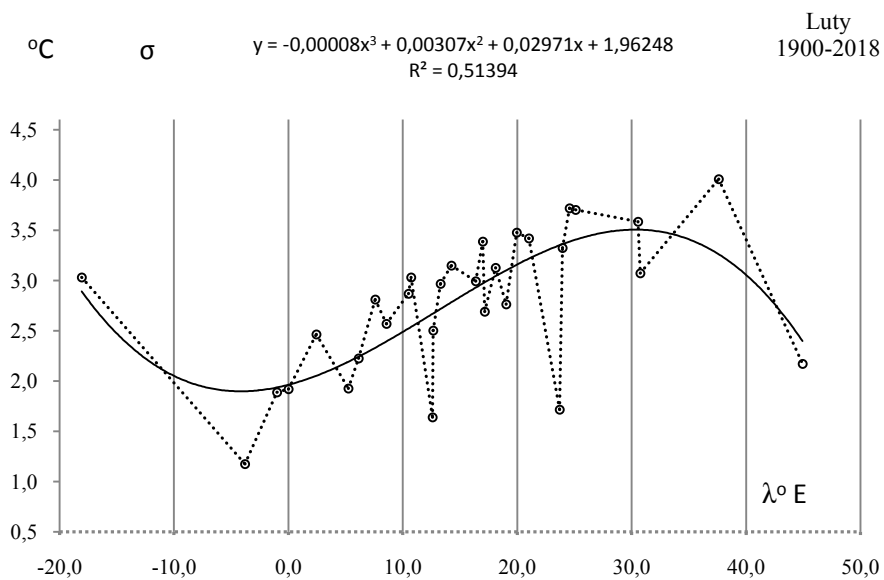
**Fig. 4.** Meridian profile  $y(\lambda)$  of the upper end of air temperature ( $T_{sr}+2\sigma$ ) in Europe in Spring in the 1900-2018 years

## LUTY



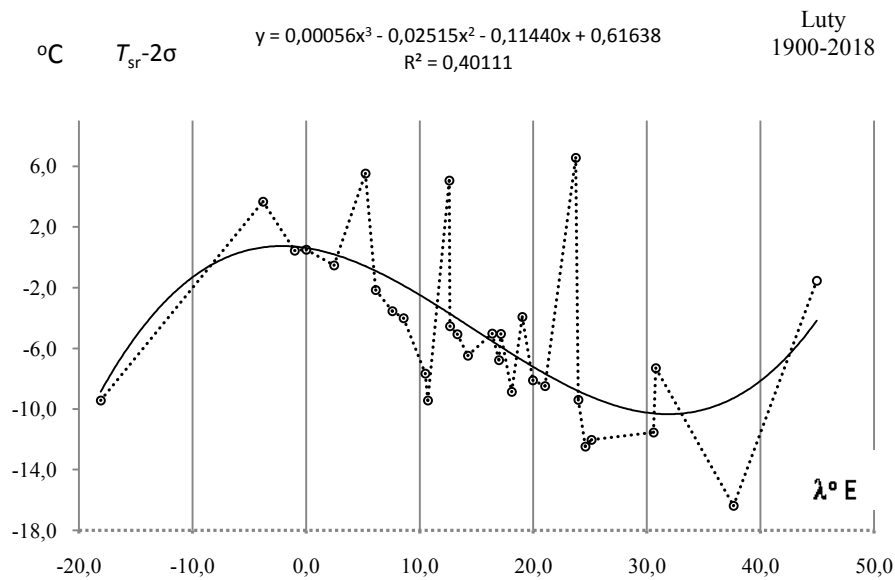
**Rys. 5.** Profil południkowy średniej temperatury powietrza  $T_{sr}(\lambda)$  powietrza w Europie w lutym w latach 1900-2018

**Fig. 5.** Meridian profile of average air temperature  $T_{sr}(\lambda)$  in Europe in February in the 1900-2018 years



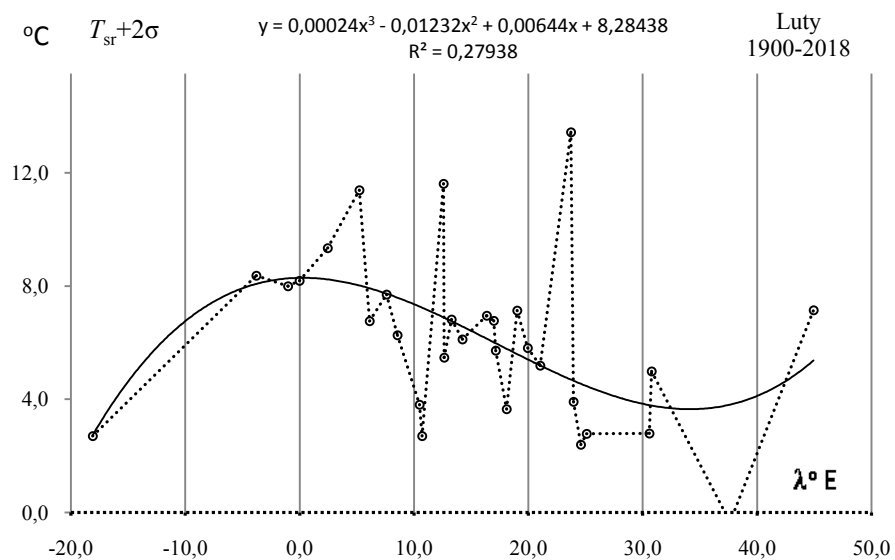
**Rys. 6.** Profil południkowy odchylenia standardowego temperatury powietrza  $\sigma(\lambda)$  powietrza w Europie w lutym w latach 1900-2018

**Fig. 6.** Meridian profile of standard deviation air temperature  $\sigma(\lambda)$  in Europe in February in the 1900-2018 years



**Rys. 7.** Profil południkowy  $y(\lambda)$  prognozy dolnego temperatury powietrza ( $T_{sr}-2\sigma$ ) powietrza w Europie w lutym w latach 1900-2018

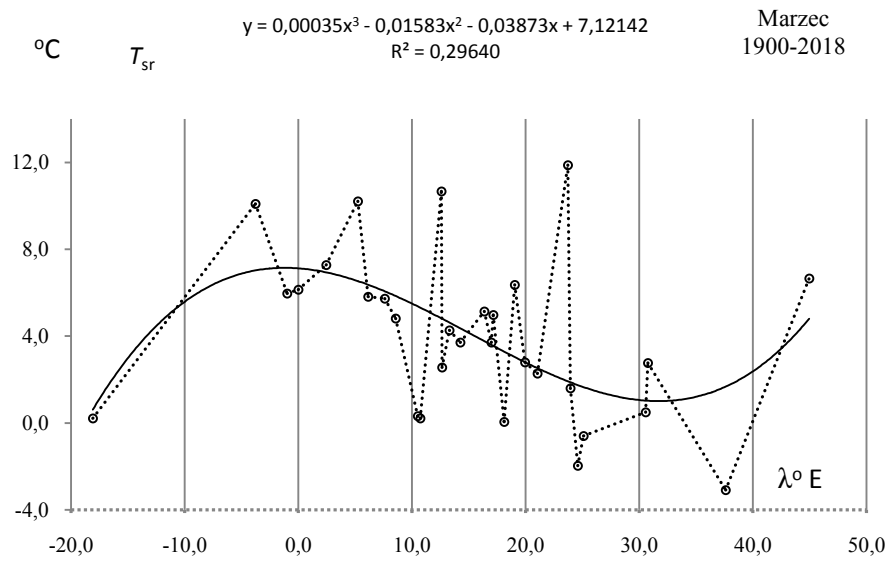
**Fig. 7.** Meridian profile  $y(\lambda)$  of the lower end of air temperature  $\sigma$  ( $T_{sr}-2\sigma$ ) in Europe in February in the 1900-2018 years



**Rys. 8.** Profil południkowy  $y(\lambda)$  prognozy górnego temperatury powietrza ( $T_{sr}+2\sigma$ ) powietrza w Europie w lutym w latach 1900-2018

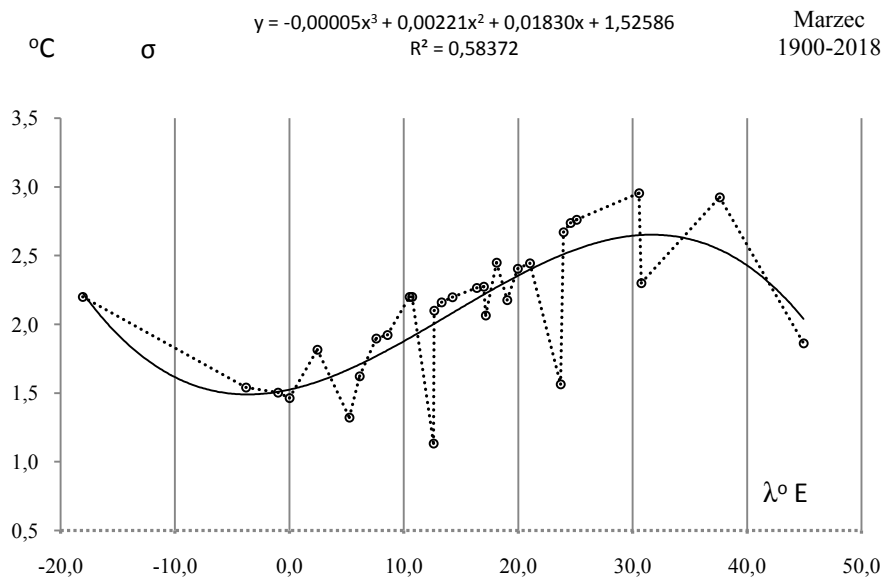
**Fig. 8.** Meridian profile  $y(\lambda)$  of the upper end of air temperature ( $T_{sr}+2\sigma$ ) in Europe in February in the 1900-2018 years.

### MARZEC



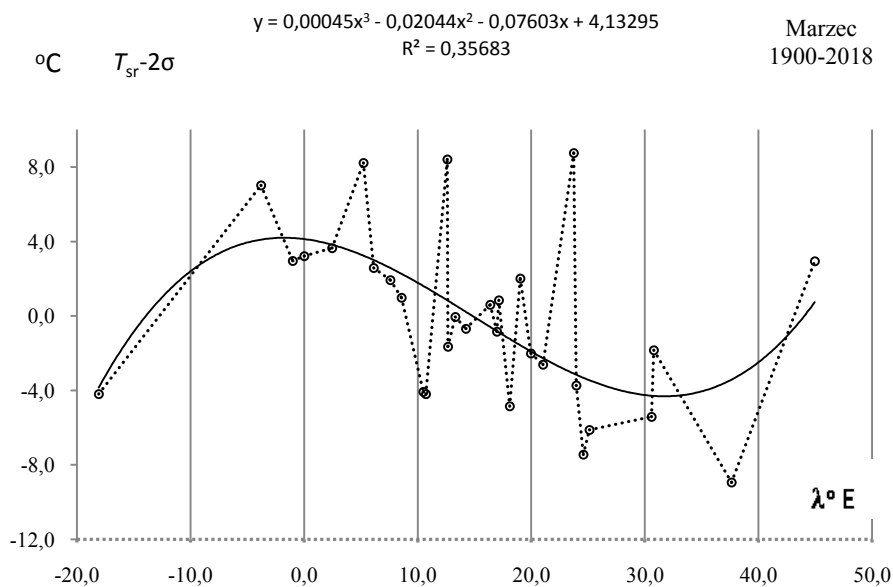
**Rys. 9.** Profil południkowy średniej temperatury powietrza  $T_{\text{sr}}(\lambda)$  powietrza w Europie w marcu w latach 1900-2018

**Fig. 9.** Meridian profile of average air temperature  $T_{\text{sr}}(\lambda)$  in Europe in March in the 1900-2018 years



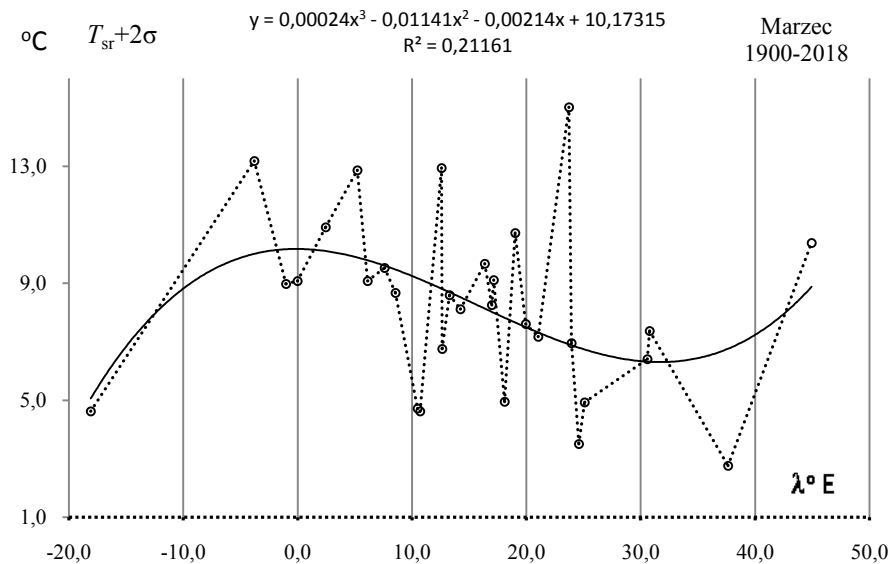
**Rys. 10.** Profil południkowy odchylenia standardowego temperatury powietrza  $\sigma(\lambda)$  powietrza w Europie w marcu w latach 1900-2018

**Fig. 10.** Meridian profile of standard deviation air temperature  $\sigma(\lambda)$  in Europe in March in the 1900-2018 years



**Rys. 11.** Profil południkowy  $y(\lambda)$  proggu dolnego temperatury powietrza ( $T_{sr}-2\sigma$ ) powietrza w Europie w marcu w latach 1900-2018

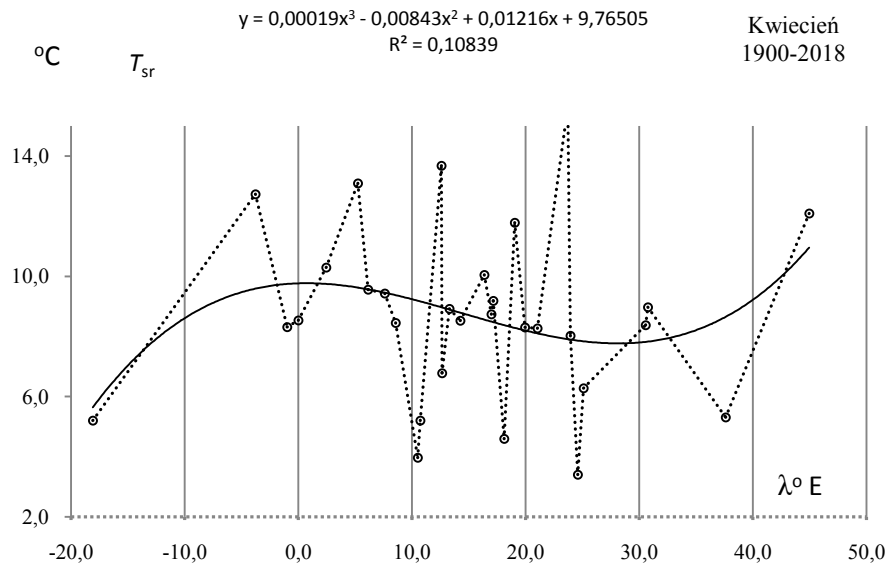
**Fig. 11.** Meridian profile  $y(\lambda)$  of the lower end of air temperature  $\sigma$  ( $T_{sr}-2\sigma$ ) in Europe in March in the 1900-2018 years



**Rys. 12.** Profil południkowy  $y(\lambda)$  proggu górnego temperatury powietrza ( $T_{sr}+2\sigma$ ) powietrza w Europie w marcu w latach 1900-2018

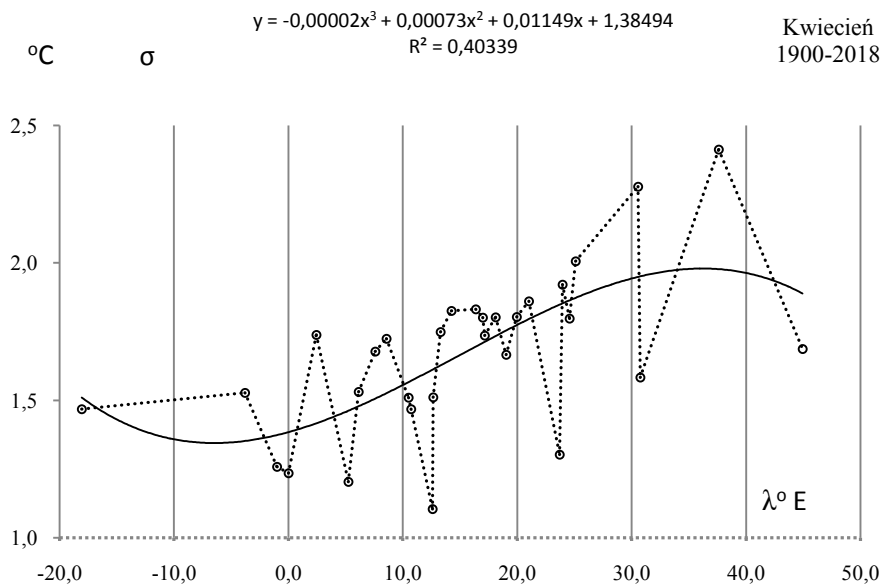
**Fig. 12.** Meridian profile  $y(\lambda)$  of the upper end of air temperature ( $T_{sr}+2\sigma$ ) in Europe in March in the 1900-2018 years.

## KWIECIEŃ



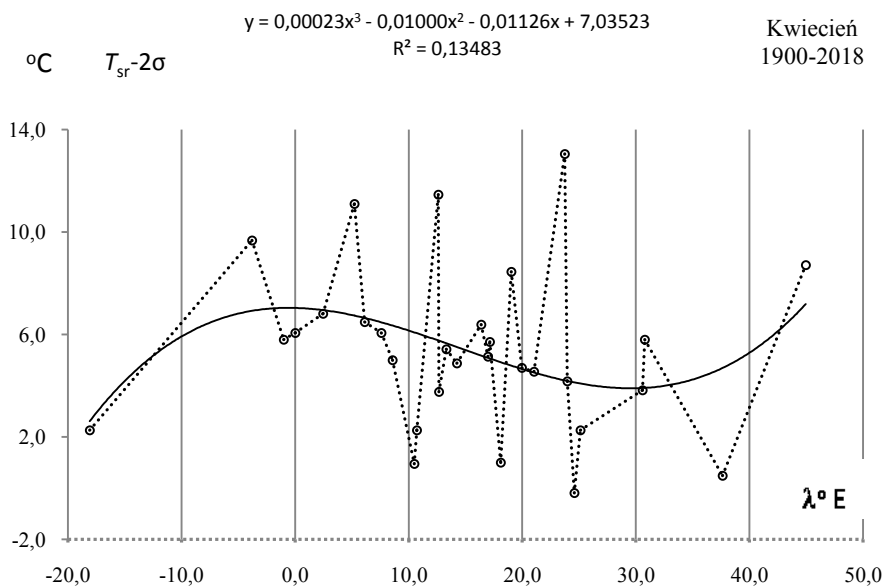
**Rys. 13.** Profil południkowy średniej temperatury powietrza  $T_{sr}(\lambda)$  powietrza w Europie w kwietniu w latach 1900-2018

**Fig. 13.** Meridian profile of average air temperature  $T_{sr}(\lambda)$  in Europe in April in the 1900-2018 years



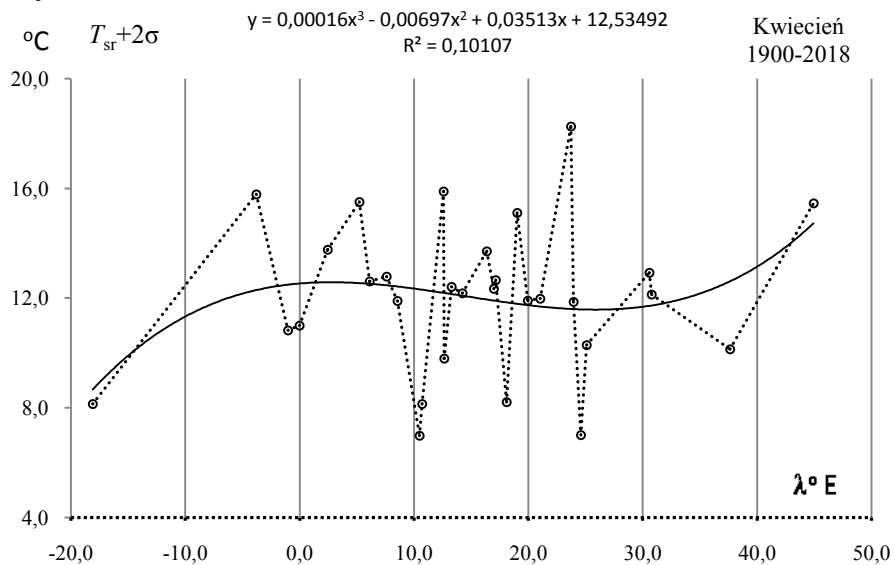
**Rys. 14.** Profil południkowy odchylenia standardowego temperatury powietrza  $\sigma(\lambda)$  powietrza w Europie w kwietniu w latach 1900-2018

**Fig. 14.** Meridian profile of standard deviation air temperature  $\sigma(\lambda)$  in Europe in April in the 1900-2018 years



**Rys. 15.** Profil południkowy  $y(\lambda)$  proggu dolnego temperatury powietrza ( $T_{sr}-2\sigma$ ) powietrza w Europie w kwietniu w latach 1900-2018

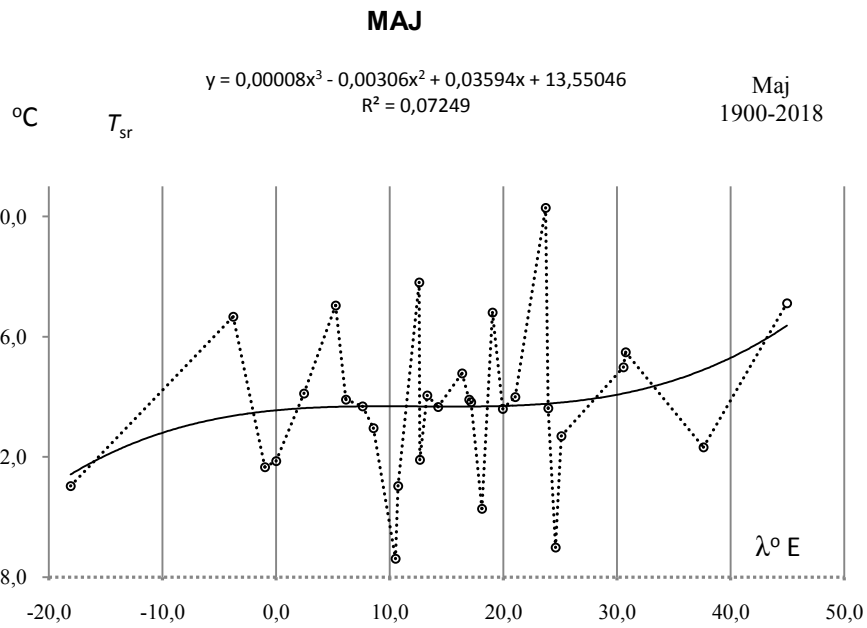
**Fig. 15.** Meridian profile  $y(\lambda)$  of the lower end of air temperature  $\sigma(T_{sr}-2\sigma)$  in Europe in April in the 1900-2018 years



**Rys. 16.** Profil południkowy  $y(\lambda)$  proggu górnego temperatury powietrza ( $T_{sr}+2\sigma$ ) powietrza w Europie w kwietniu w latach 1900-2018

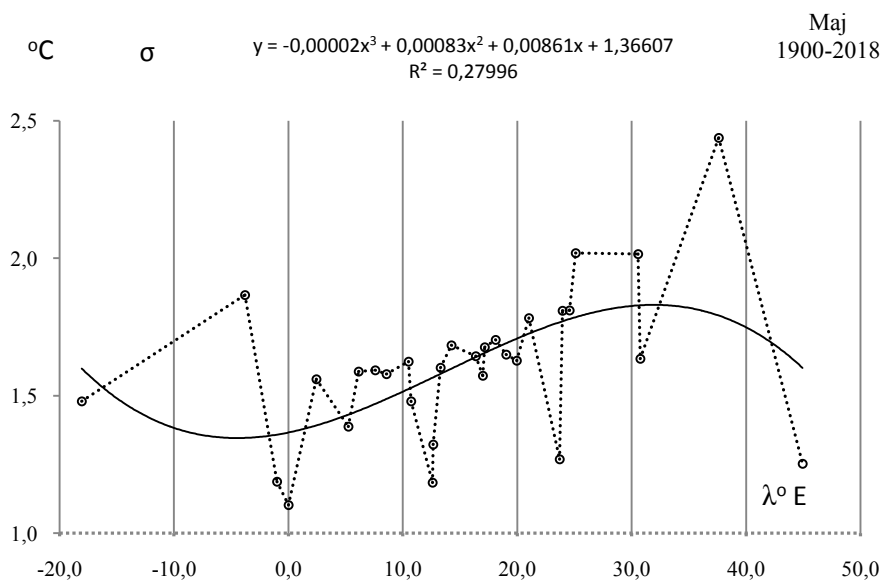
**Fig. 16.** Meridian profile  $y(\lambda)$  of the upper end of air temperature ( $T_{sr}+2\sigma$ ) in Europe in April in the 1900-2018 years





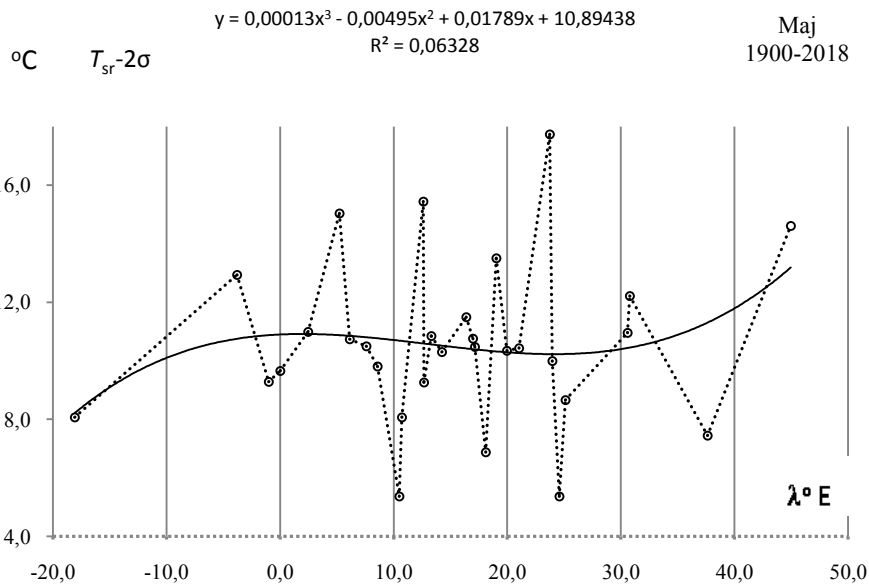
**Rys. 17.** Profil południkowy średniej temperatury powietrza  $T_{sr}(\lambda)$  powietrza w Europie w maju w latach 1900-2018

**Fig. 17.** Meridian profile of average air temperature  $T_{sr}(\lambda)$  in Europe in May in the 1900-2018 years



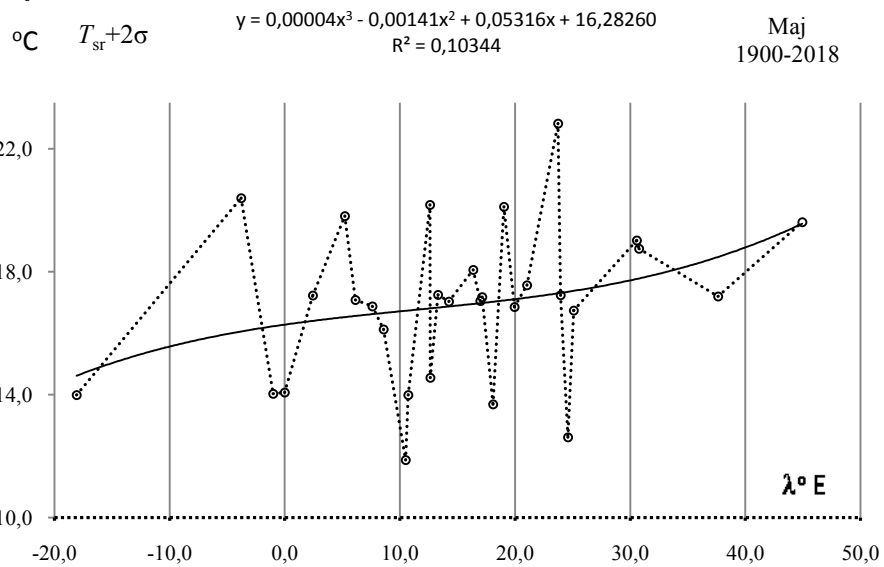
**Rys. 18.** Profil południkowy odchylenia standardowego temperatury powietrza  $\sigma(\lambda)$  powietrza w Europie w maju w latach 1900-2018

**Fig. 18.** Meridian profile of standard deviation air temperature  $\sigma(\lambda)$  in Europe in May in the 1900-2018 years



**Rys. 19.** Profil południkowy  $y(\lambda)$  proggu dolnego temperatury powietrza ( $T_{sr}-2\sigma$ ) powietrza w Europie w maju w latach 1900-2018

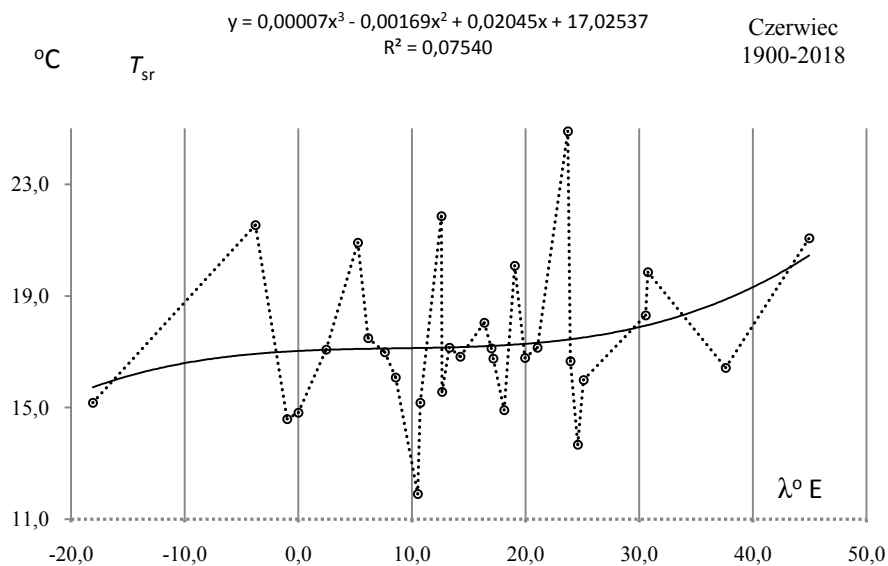
**Fig. 19.** Meridian profile  $y(\lambda)$  of the lower end of air temperature  $\sigma$  ( $T_{sr}-2\sigma$ ) in Europe in May in the 1900-2018 years



**Rys. 20.** Profil południkowy  $y(\lambda)$  proggu górnego temperatury powietrza ( $T_{sr}+2\sigma$ ) powietrza w Europie w maju w latach 1900-2018

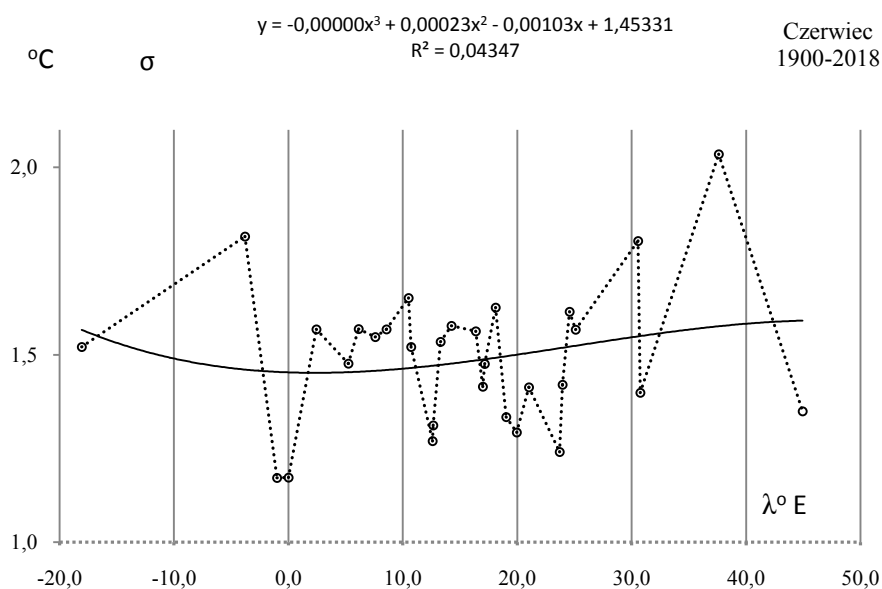
**Fig. 20.** Meridian profile  $y(\lambda)$  of the upper end of air temperature ( $T_{sr}+2\sigma$ ) in Europe in May in the 1900-2018 years

## CZERWIEC



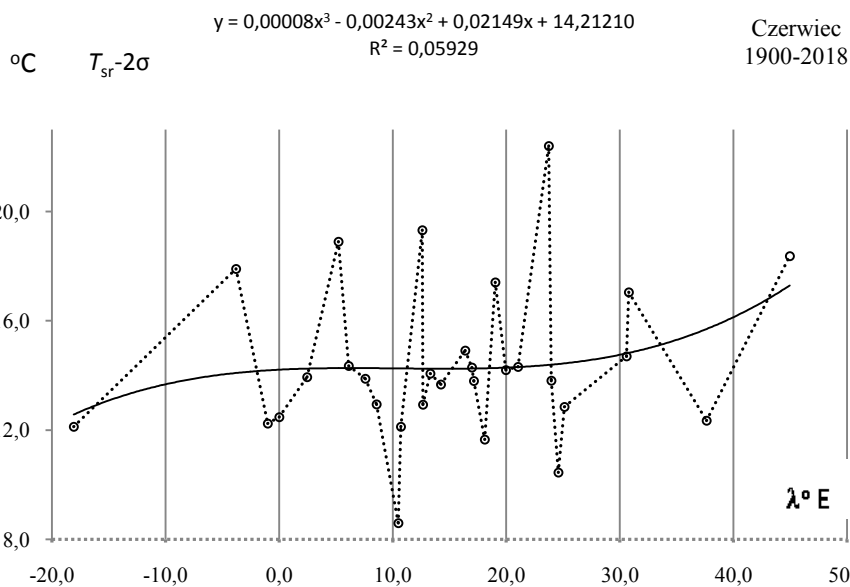
**Rys. 21.** Profil południkowy średniej temperatury powietrza  $T_{sr}(\lambda)$  powietrza w Europie w czerwcu w latach 1900-2018

**Fig. 21.** Meridian profile of average air temperature  $T_{sr}(\lambda)$  in Europe in June in the 1900-2018 years.



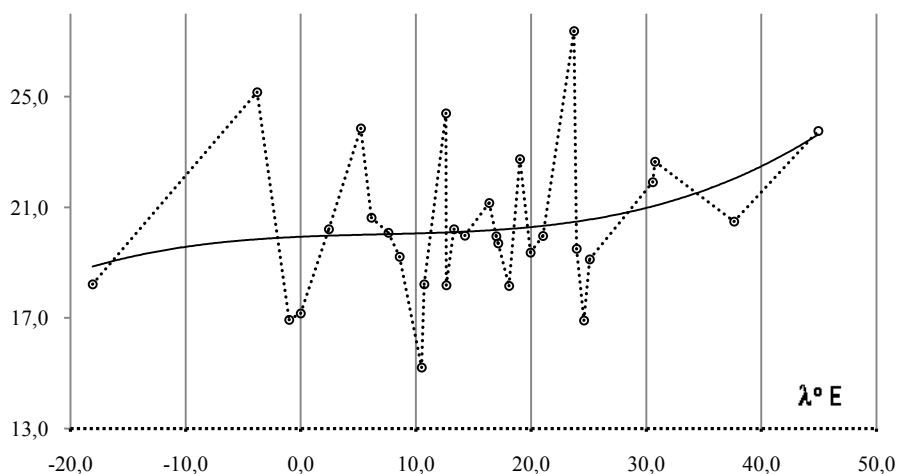
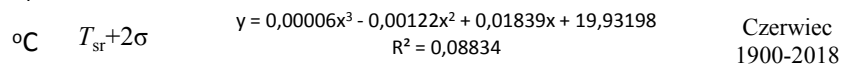
**Rys. 22.** Profil południkowy odchylenia standardowego temperatury powietrza  $\sigma(\lambda)$  powietrza w Europie w czerwcu w latach 1900-2018

**Fig. 22.** Meridian profile of standard deviation air temperature  $\sigma(\lambda)$  in Europe in June in the 1900-2018 years.  $\sigma$



**Rys. 23.** Profil południkowy  $y(\lambda)$  progu dolnego temperatury powietrza ( $T_{sr}-2\sigma$ ) powietrza w Europie w czerwcu w latach 1900-2018

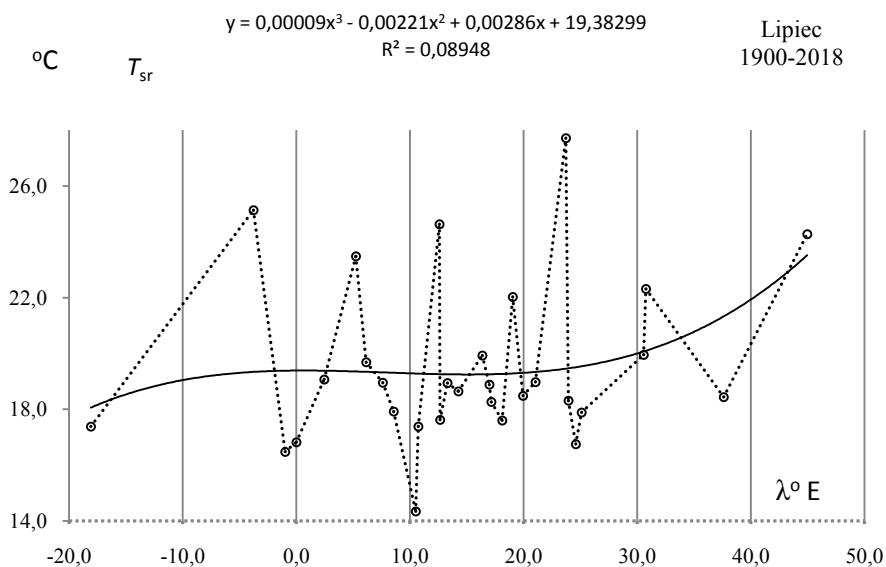
**Fig. 23.** Meridian profile  $y(\lambda)$  of the lower end of air temperature  $\sigma$  ( $T_{sr}-2\sigma$ ) in Europe in June in the 1900-2018 years.



**Rys. 24.** Profil południkowy  $y(\lambda)$  progu górnego temperatury powietrza ( $T_{sr}+2\sigma$ ) powietrza w Europie w czerwcu w latach 1900-2018

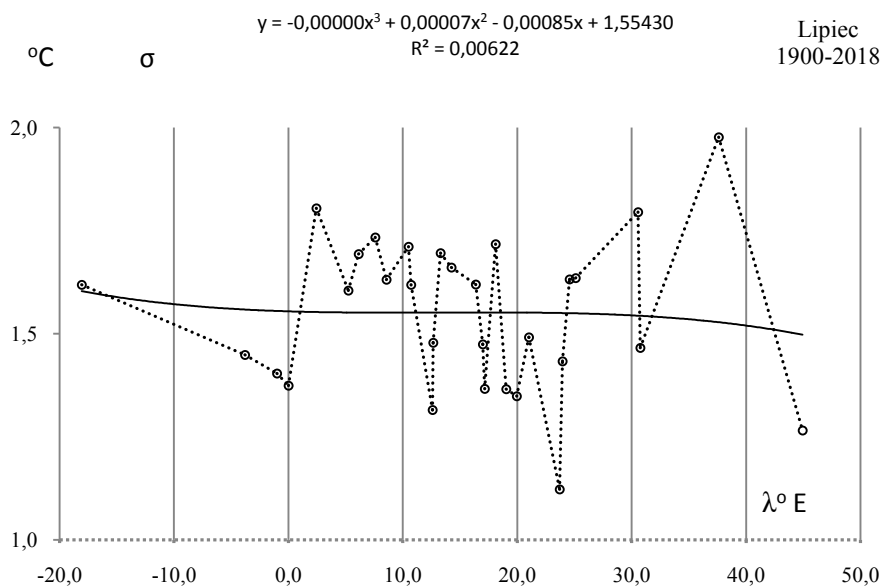
**Fig. 24.** Meridian profile  $y(\lambda)$  of the upper end of air temperature ( $T_{sr}+2\sigma$ ) in Europe in June in the 1900-2018 years.

## LIPIEC



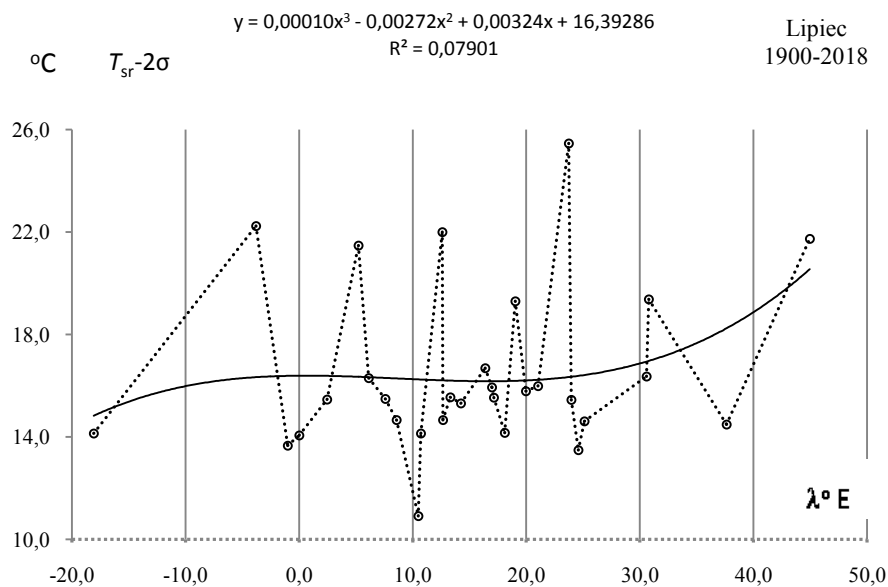
**Rys. 25.** Profil południkowy średniej temperatury powietrza  $T_{sr}(\lambda)$  powietrza w Europie w lipcu w latach 1900-2018

**Fig. 25.** Meridian profile of average air temperature  $T_{sr}(\lambda)$  in Europe in July in the 1900-2018 years



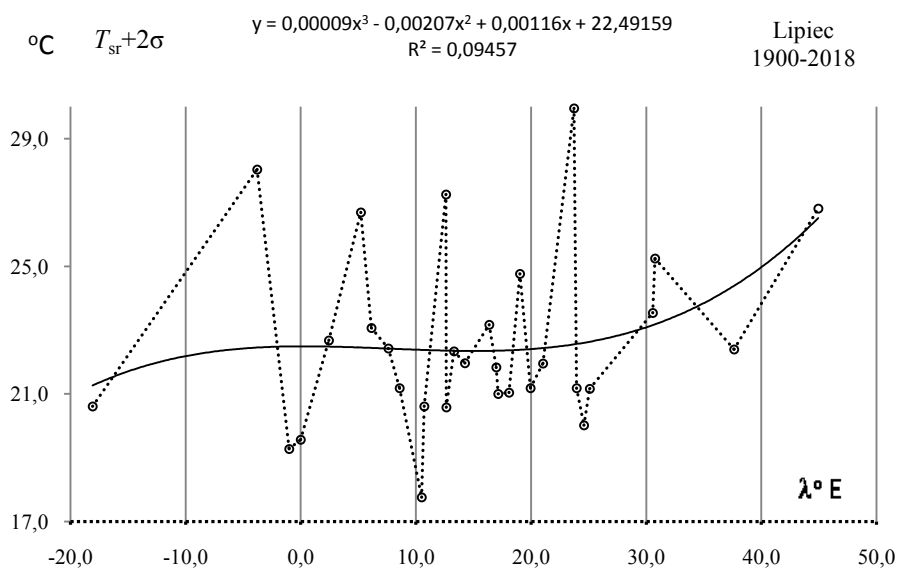
**Rys. 26.** Profil południkowy odchylenia standardowego temperatury powietrza  $\sigma(\lambda)$  powietrza w Europie w lipcu w latach 1900-2018

**Fig. 26.** Meridian profile of standard deviation air temperature  $\sigma(\lambda)$  in Europe in July in the 1900-2018 years



**Rys. 27.** Profil południkowy  $y(\lambda)$  proggu dolnego temperatury powietrza ( $T_{sr}-2\sigma$ ) powietrza w Europie w lipcu w latach 1900-2018

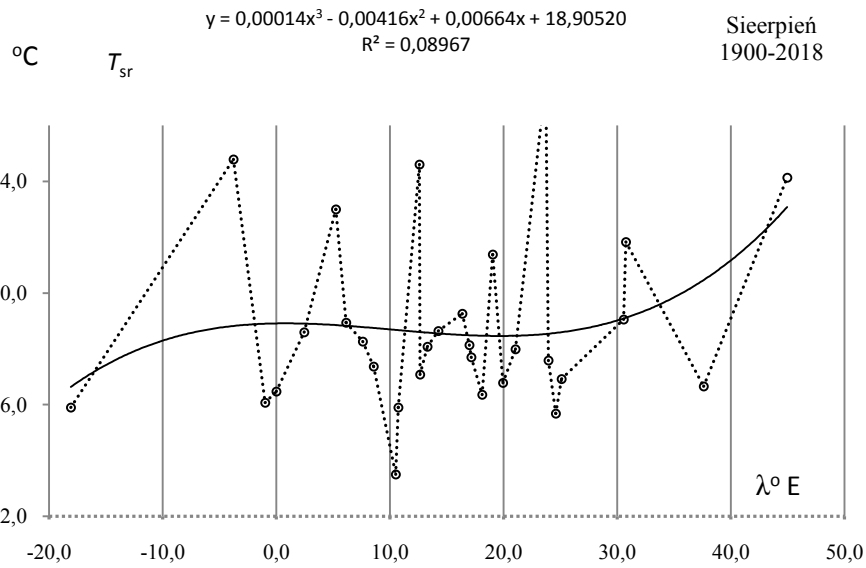
**Fig. 27.** Meridian profile  $y(\lambda)$  of the lower end of air temperature  $\sigma$  ( $T_{sr}-2\sigma$ ) in Europe in July in the 1900-2018 years



**Rys.2 8.** Profil południkowy  $y(\lambda)$  proggu górnego temperatury powietrza ( $T_{sr}+2\sigma$ ) powietrza w Europie w lipcu w latach 1900-2018

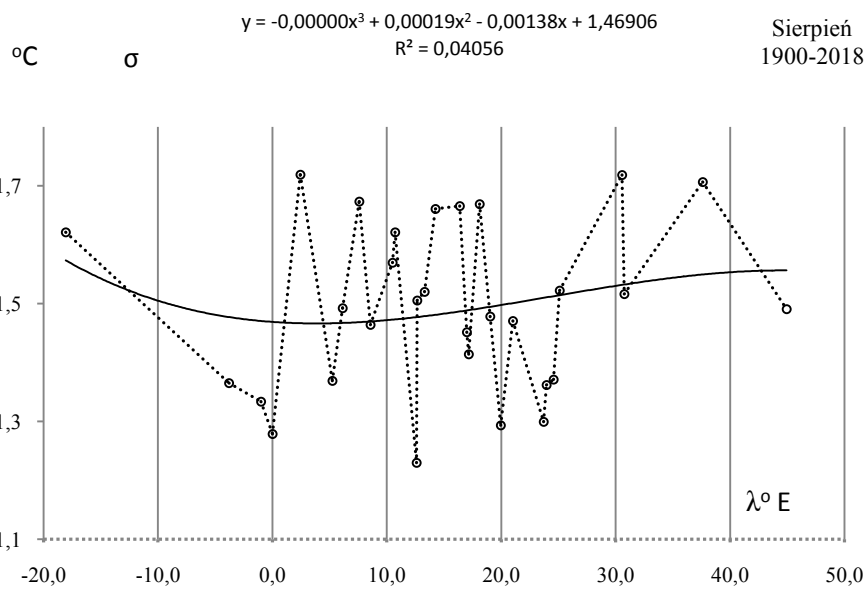
**Fig. 28.** Meridian profile  $y(\lambda)$  of the upper end of air temperature ( $T_{sr}+2\sigma$ ) in Europe in July in the 1900-2018 years.

## SIERPIEŃ



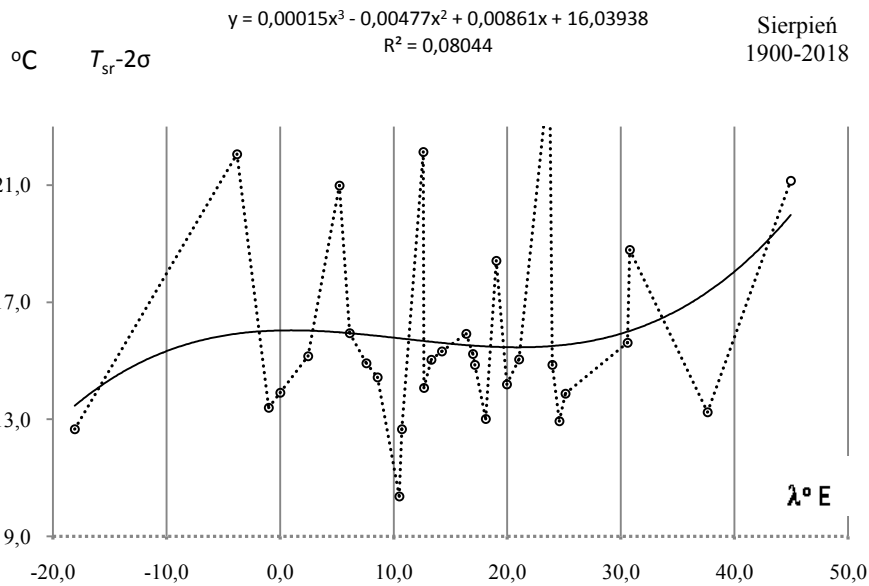
**Rys. 29.** Profil południkowy średniej temperatury powietrza  $T_{sr}(\lambda)$  powietrza w Europie w sierpniu w latach 1900-2018

**Fig. 29.** Meridian profile of average air temperature  $T_{sr}(\lambda)$  in Europe in August in the 1900-2018 years



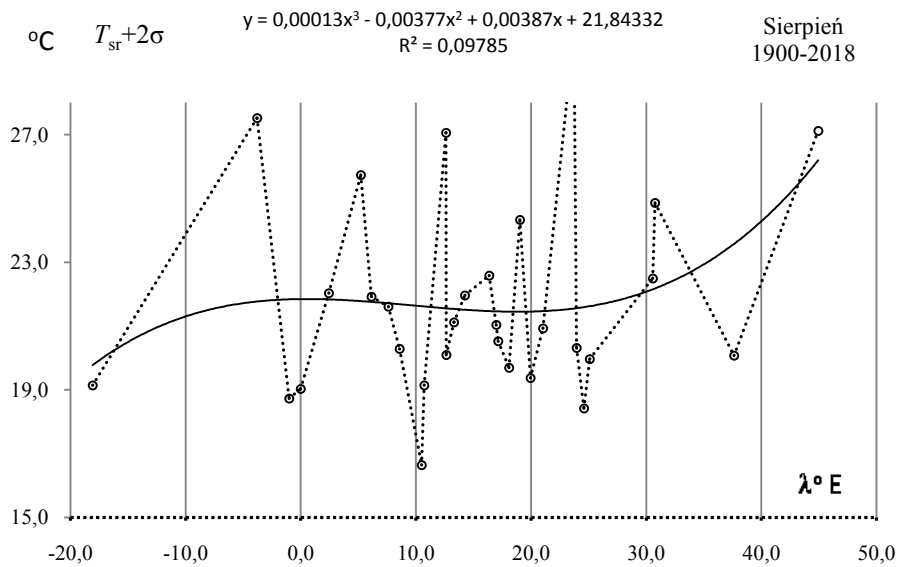
**Rys. 30.** Profil południkowy odchylenia standardowego temperatury powietrza  $\sigma(\lambda)$  powietrza w Europie w sierpniu w latach 1900-2018

**Fig. 30.** Meridian profile of standard deviation air temperature  $\sigma(\lambda)$  in Europe in August in the 1900-2018 years



**Rys. 31.** Profil południkowy  $y(\lambda)$  proggu dolnego temperatury powietrza ( $T_{sr}-2\sigma$ ) powietrza w Europie w sierpniu w latach 1900-2018

**Fig. 31.** Meridian profile  $y(\lambda)$  of the lower end of air temperature  $\sigma(T_{sr}-2\sigma)$  in Europe in August in the 1900-2018 years

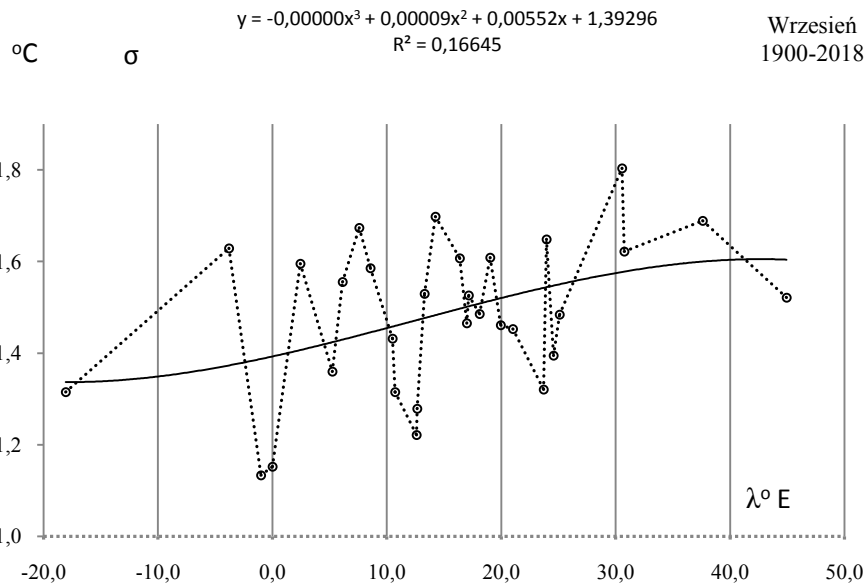


**Rys. 32.** Profil południkowy  $y(\lambda)$  proggu górnego temperatury powietrza ( $T_{sr}+2\sigma$ ) powietrza w Europie w sierpniu w latach 1900-2018

**Fig. 32.** Meridian profile  $y(\lambda)$  of the upper end of air temperature ( $T_{sr}+2\sigma$ ) in Europe in August in the 1900-2018 years.

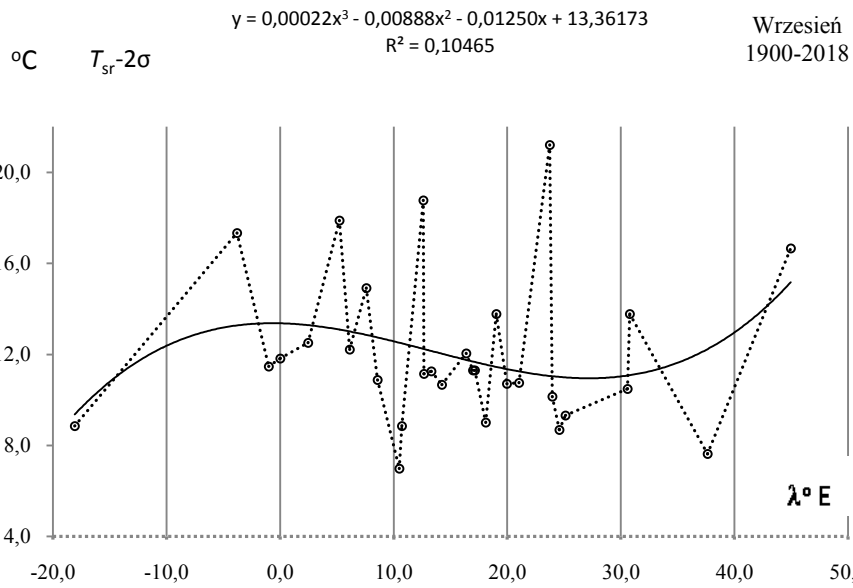


## WRZESIEŃ



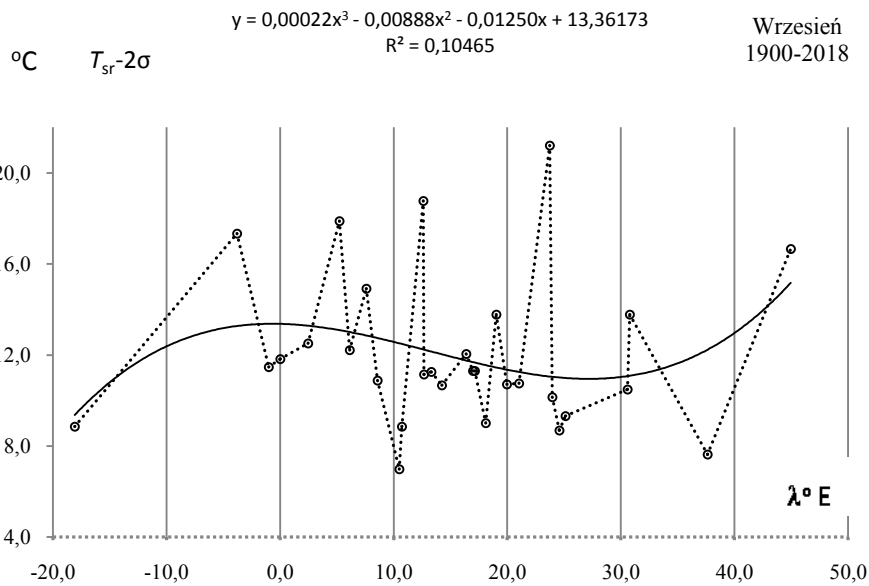
**Rys. 33.** Profil południkowy średniej temperatury powietrza  $T_{sr}(\lambda)$  powietrza w Europie we wrześniu w latach 1900-2018

**Fig. 33.** Meridian profile of average air temperature  $T_{sr}(\lambda)$  in Europe in September in the 1900-2018 years



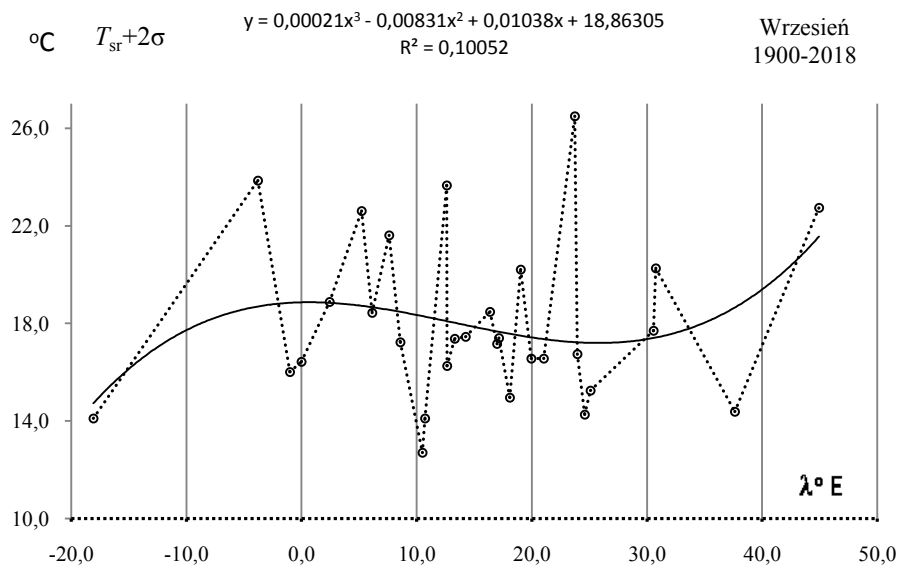
**Rys. 34.** Profil południkowy odchylenia standardowego temperatury powietrza  $\sigma(\lambda)$  powietrza w Europie we wrześniu w latach 1900-2018

**Fig. 34.** Meridian profile of standard deviation air temperature  $\sigma(\lambda)$  in Europe in September in the 1900-2018 years



**Rys. 35.** Profil południkowy  $y(\lambda)$  prognozy dolnego temperatury powietrza ( $T_{sr}-2\sigma$ ) powietrza w Europie we wrześniu w latach 1900-2018

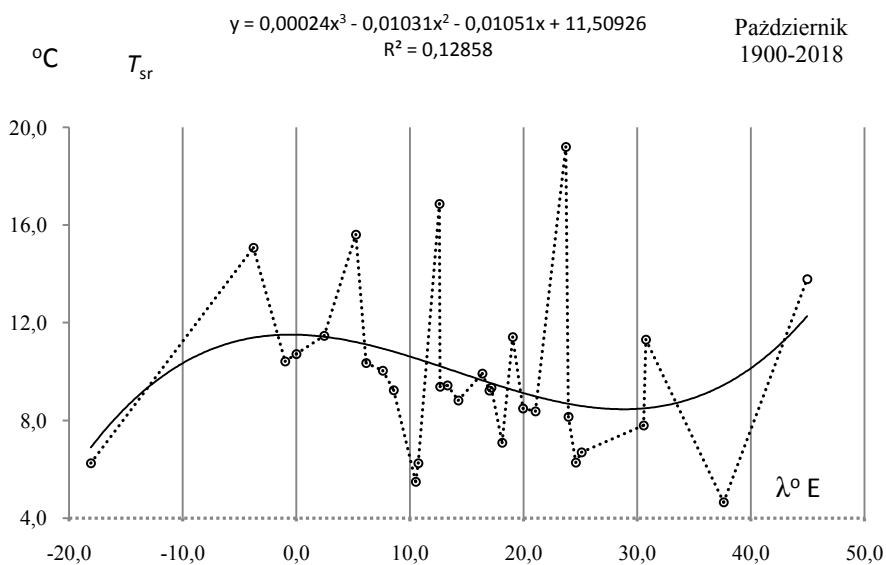
**Fig. 35.** Meridian profile  $y(\lambda)$  of the lower end of air temperature  $\sigma$  ( $T_{sr}-2\sigma$ ) in Europe in September in the 1900-2018 years



**Rys. 36.** Profil południkowy  $y(\lambda)$  prognozy górnego temperatury powietrza ( $T_{sr}+2\sigma$ ) powietrza w Europie we wrześniu w latach 1900-2018

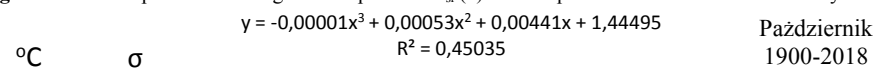
**Fig. 36.** Meridian profile  $y(\lambda)$  of the upper end of air temperature ( $T_{sr}+2\sigma$ ) in Europe in September in the 1900-2018 years

## PAŹDZIERNIK



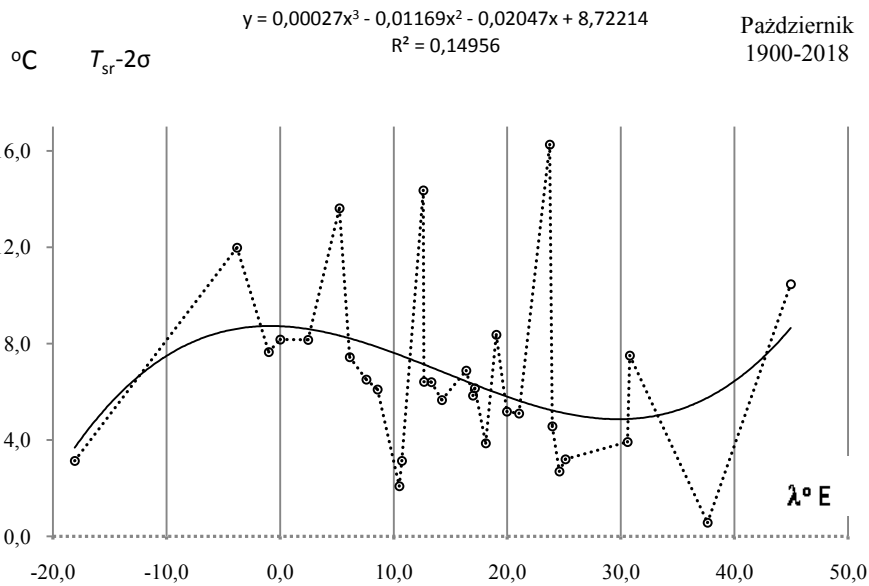
**Rys. 37.** Profil południkowy średniej temperatury powietrza  $T_{sr}(\lambda)$  powietrza w Europie w październiku w latach 1900-2018

**Fig. 37.** Meridian profile of average air temperature  $T_{sr}(\lambda)$  in Europe in October in the 1900-2018 years



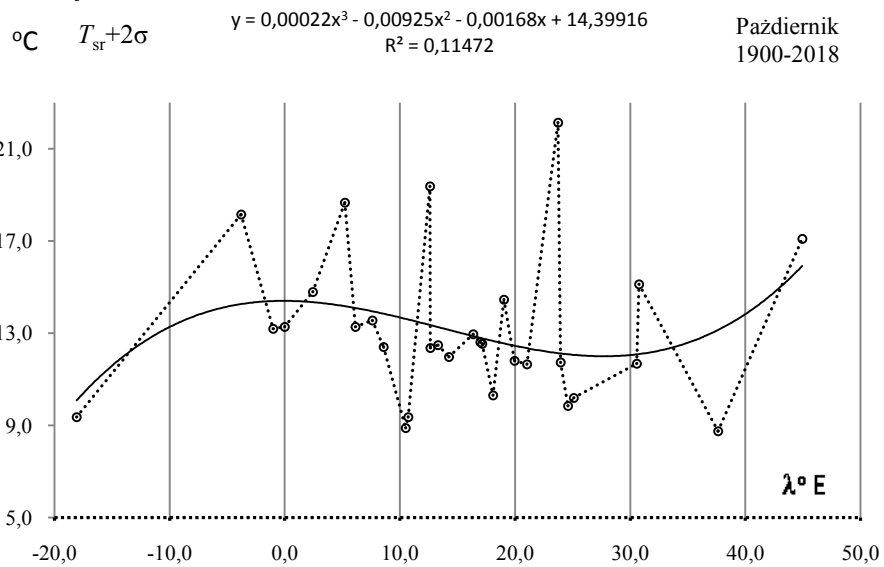
**Rys. 38.** Profil południkowy odchylenia standardowego temperatury powietrza  $\sigma(\lambda)$  powietrza w Europie w październiku w latach 1900-2018

**Fig. 38.** Meridian profile of standard deviation air temperature  $\sigma(\lambda)$  in Europe in October in the 1900-2018 years



**Rys. 39.** Profil południkowy  $y(\lambda)$  progów dolnego temperatury powietrza ( $T_{sr}-2\sigma$ ) powietrza w Europie w październiku w latach 1900-2018

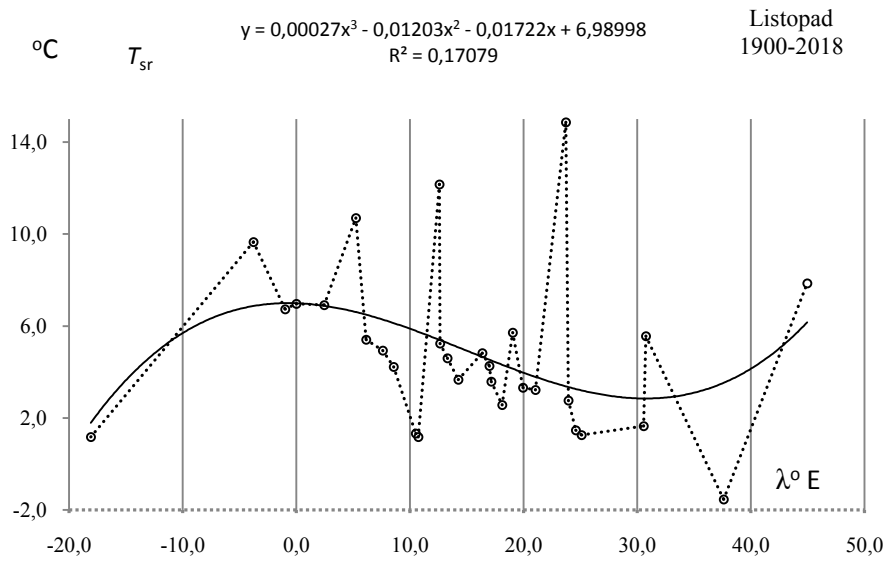
**Fig. 39.** Meridian profile  $y(\lambda)$  of the lower end of air temperature  $\sigma(T_{sr}-2\sigma)$  in Europe in October in the 1900-2018 years



**Rys. 40.** Profil południkowy  $y(\lambda)$  progów górnego temperatury powietrza ( $T_{sr}+2\sigma$ ) powietrza w Europie w październiku w latach 1900-2018

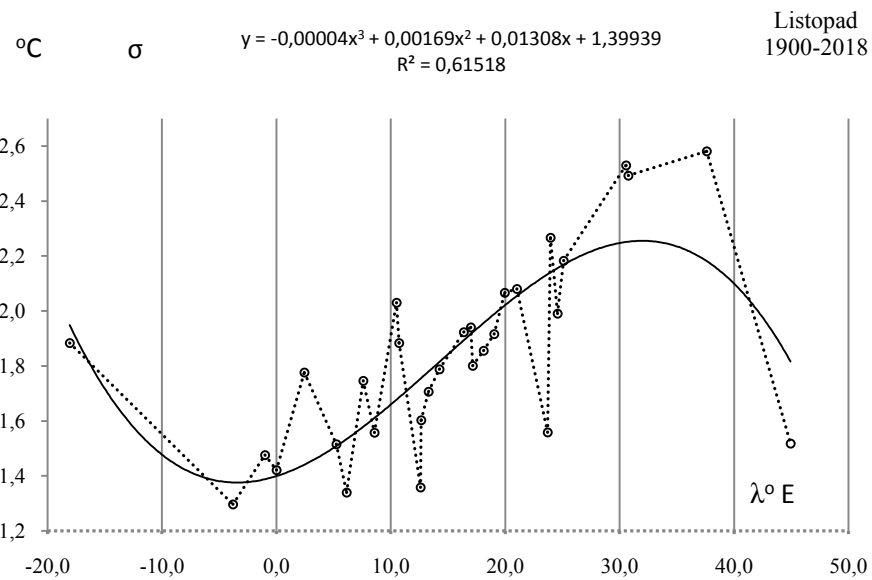
**Fig. 40.** Meridian profile  $y(\lambda)$  of the upper end of air temperature ( $T_{sr}+2\sigma$ ) in Europe in October in the 1900-2018 years.

## LISTOPAD



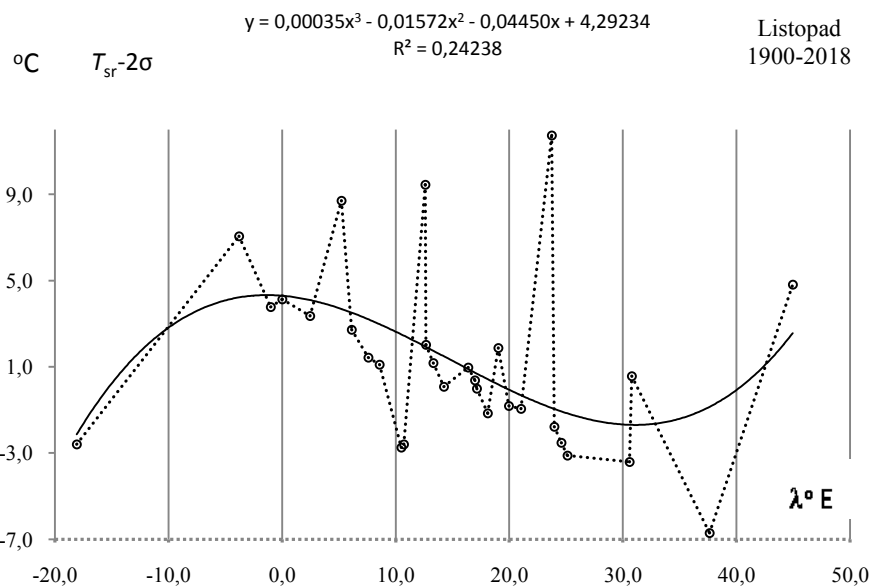
**Rys. 41.** Profil południkowy średniej temperatury powietrza  $T_{sr}(\lambda)$  powietrza w Europie w listopadzie w latach 1900-2018

**Fig. 41.** Meridian profile of average air temperature  $T_{sr}(\lambda)$  in Europe in November in the 1900-2018 years.



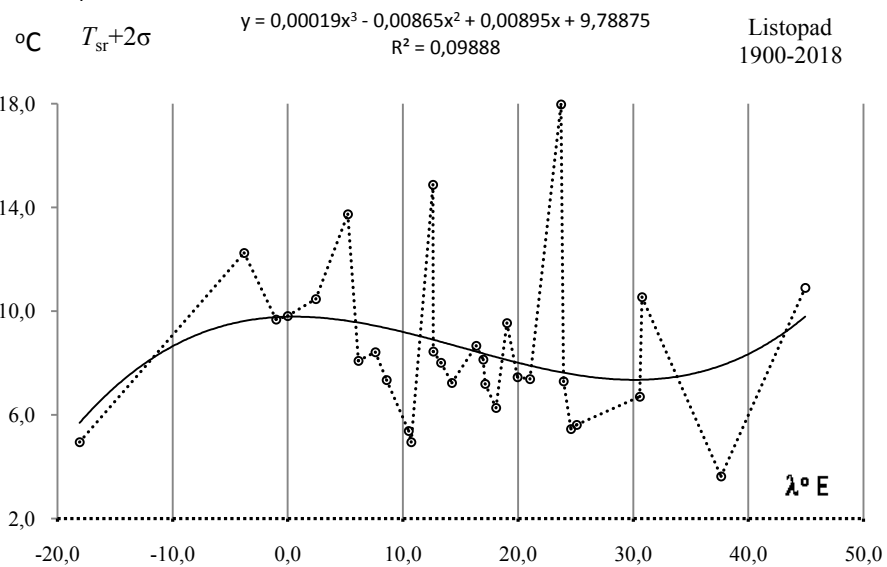
**Rys. 42.** Profil południkowy odchylenia standardowego temperatury powietrza  $\sigma(\lambda)$  powietrza w Europie w listopadzie w latach 1900-2018

**Fig. 42.** Meridian profile of standard deviation air temperature  $\sigma(\lambda)$  in Europe in November in the 1900-2018 years.  $\sigma$



**Rys. 43.** Profil południkowy  $y(\lambda)$  progów dolnego temperatury powietrza ( $T_{sr}-2\sigma$ ) powietrza w Europie w listopadzie w latach 1900-2018

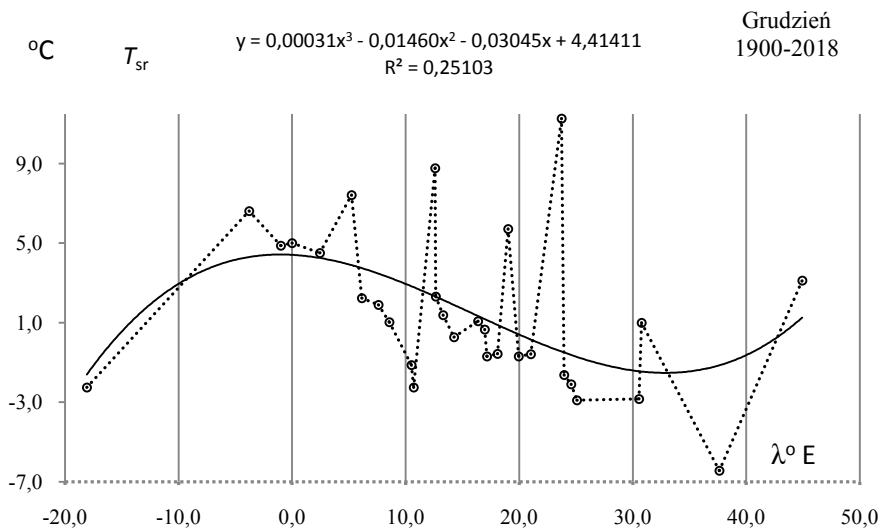
**Fig. 43.** Meridian profile  $y(\lambda)$  of the lower end of air temperature  $\sigma$  ( $T_{sr}-2\sigma$ ) in Europe in November in the 1900-2018 years.



**Rys. 44.** Profil południkowy  $y(\lambda)$  progów górnego temperatury powietrza ( $T_{sr}+2\sigma$ ) powietrza w Europie w listopadzie w latach 1900-2018

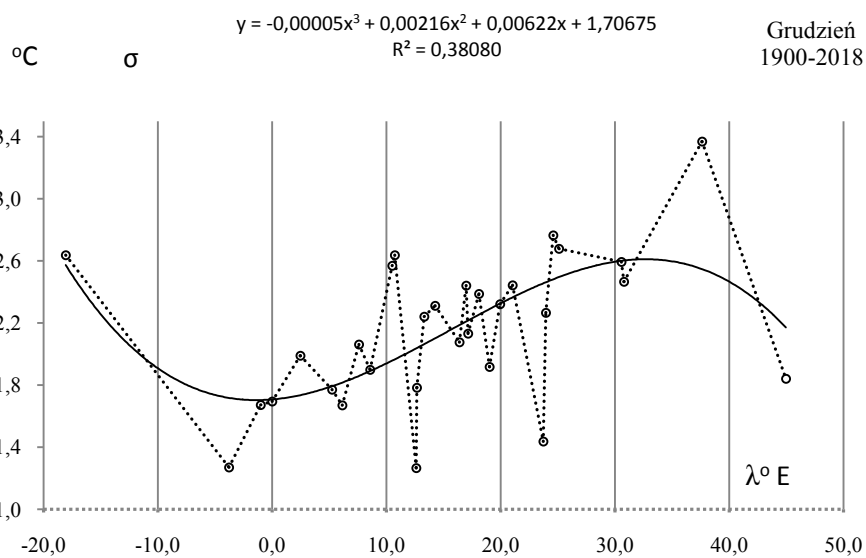
**Fig. 44.** Meridian profile  $y(\lambda)$  of the upper end of air temperature ( $T_{sr}+2\sigma$ ) in Europe in November in the 1900-2018 years.

## GRUDZIEŃ



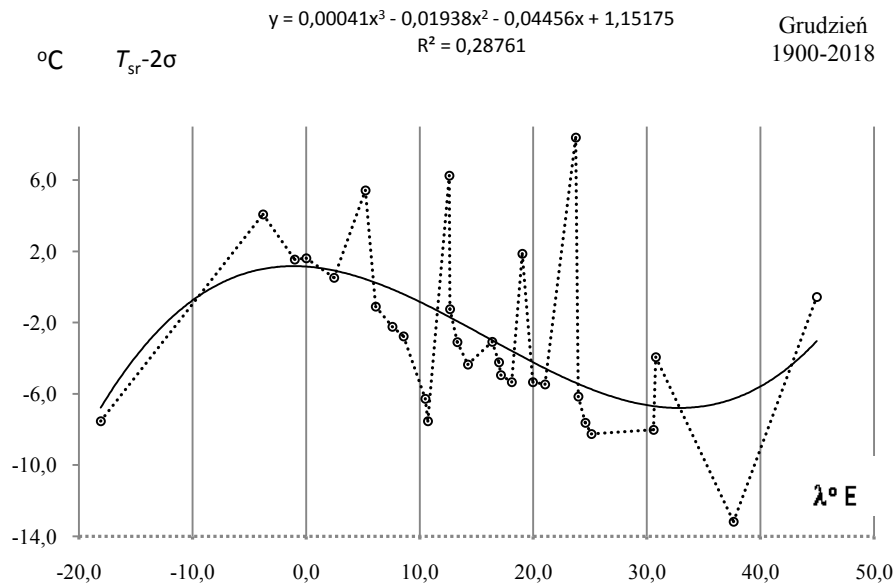
**Rys. 45.** Profil południkowy średniej temperatury powietrza  $T_{sr}(\lambda)$  powietrza w Europie w grudniu w latach 1900-2018

**Fig. 45.** Meridian profile of average air temperature  $T_{sr}(\lambda)$  in Europe in December in the 1900-2018 years



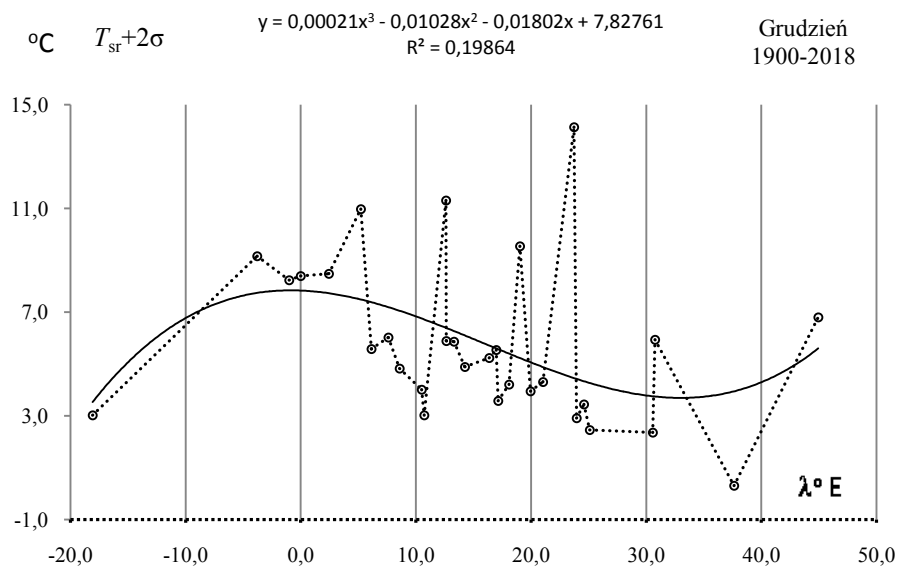
**Rys. 46.** Profil południkowy odchylenia standardowego temperatury powietrza  $\sigma(\lambda)$  powietrza w Europie w grudniu w latach 1900-2018

**Fig. 46.** Meridian profile of standard deviation air temperature  $\sigma(\lambda)$  in Europe in December in the 1900-2018 years



**Rys. 47.** Profil południkowy  $y(\lambda)$  progów dolnego temperatury powietrza ( $T_{sr}-2\sigma$ ) powietrza w Europie w grudniu w latach 1900-2018

**Fig. 47.** Meridian profile  $y(\lambda)$  of the lower end of air temperature  $\sigma(T_{sr}-2\sigma)$  in Europe in December in the 1900-2018 years

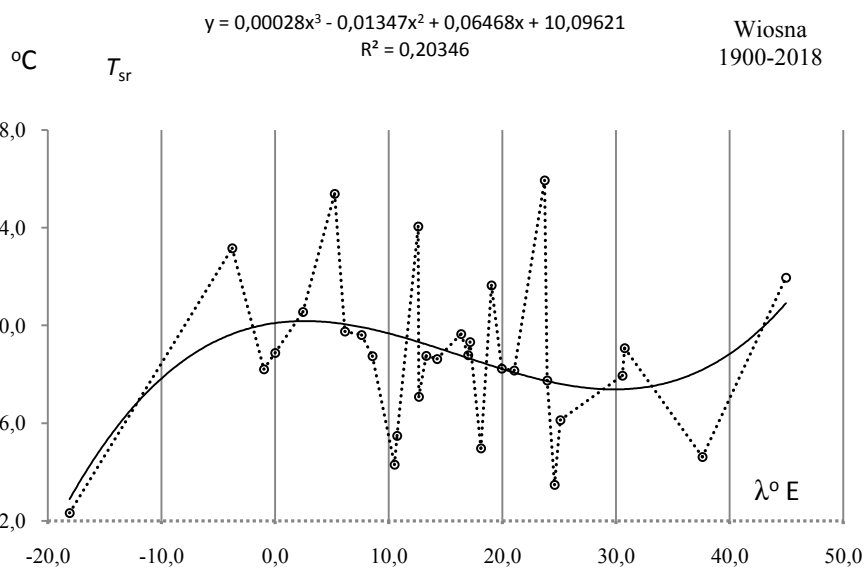


**Rys. 48.** Profil południkowy  $y(\lambda)$  progów górnego temperatury powietrza ( $T_{sr}+2\sigma$ ) powietrza w Europie w grudniu w latach 1900-2018

**Fig. 48.** Meridian profile  $y(\lambda)$  of the upper end of air temperature ( $T_{sr}+2\sigma$ ) in Europe in December in the 1900-2018 years

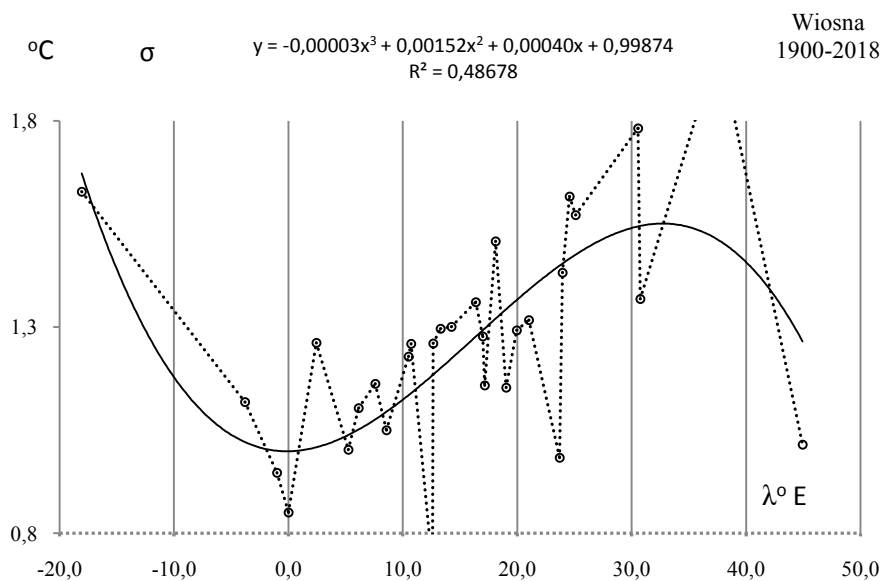


### WIOSNA



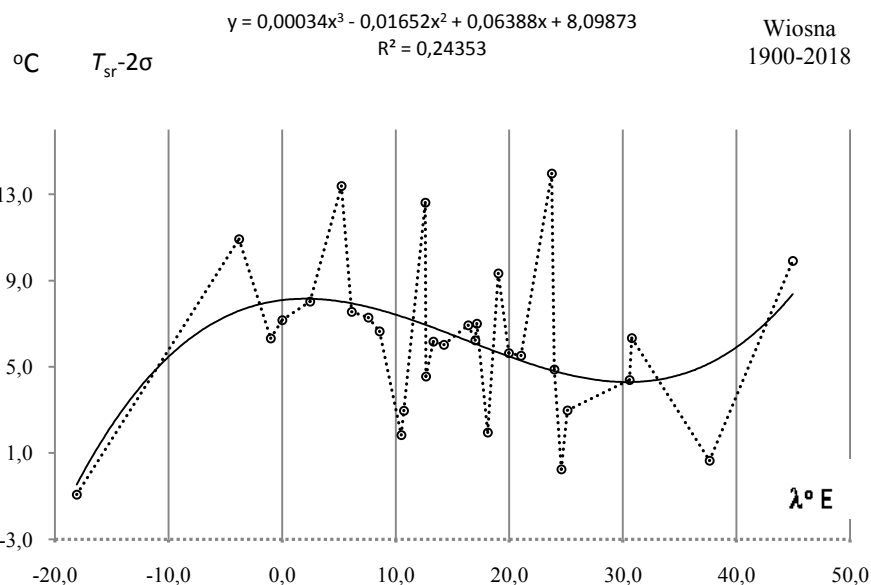
**Rys. 49.** Profil południkowy średniej temperatury powietrza  $T_{sr}(\lambda)$  powietrza w Europie wiosną w latach 1900-2018

**Fig. 49.** Meridian profile of average air temperature  $T_{sr}(\lambda)$  in Europe in Spring in the 1900-2018 years.



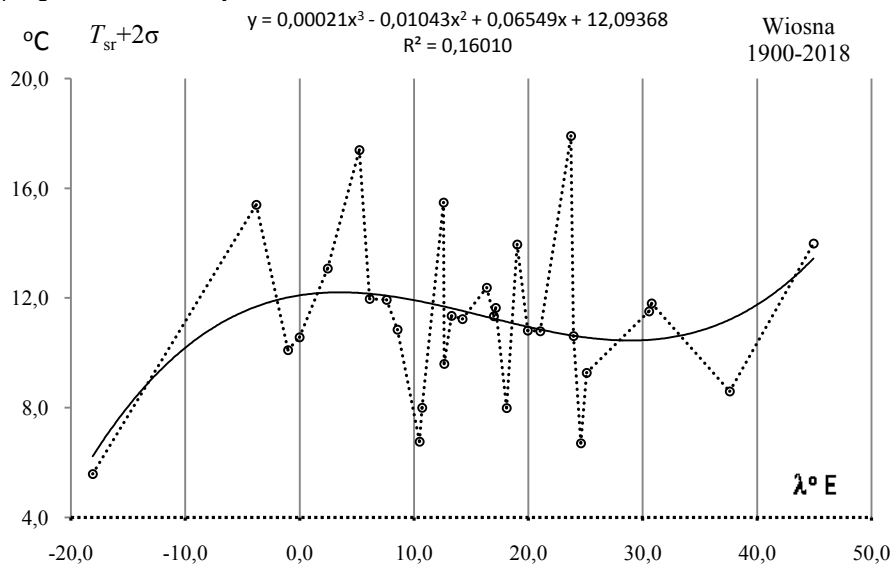
**Rys. 50.** Profil południkowy odchylenia standardowego temperatury powietrza  $\sigma(\lambda)$  powietrza w Europie wiosną w latach 1900-2018

**Fig. 50.** Meridian profile of standard deviation air temperature  $\sigma(\lambda)$  in Europe in Spring in the 1900-2018 years.



**Rys. 51.** Profil południkowy  $y(\lambda)$  progu dolnego temperatury powietrza ( $T_{sr}-2\sigma$ ) powietrza w Europie wiosną w latach 1900-2018

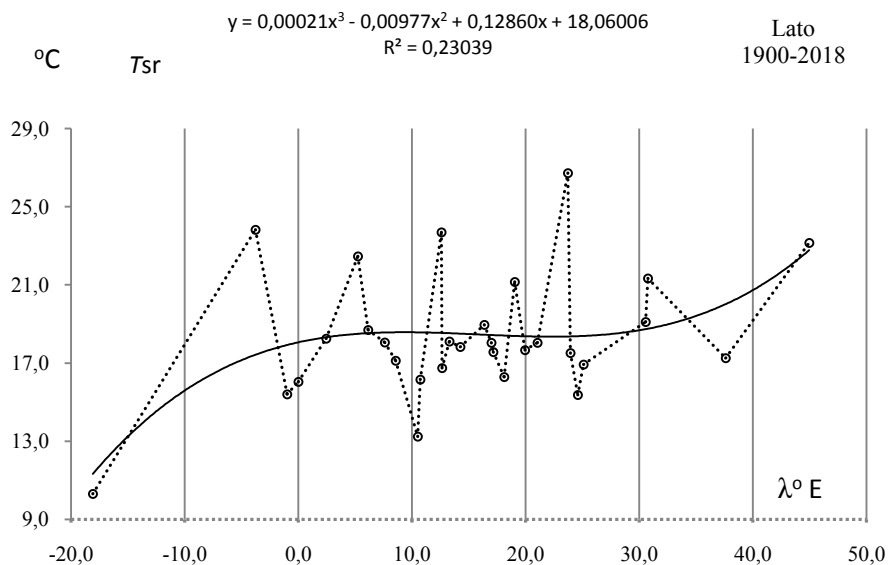
**Fig. 51.** The meridian profile  $y(\lambda)$  of the lower limit of air temperature  $\sigma$  ( $T_{sr}-2\sigma$ ) in Europe in Spring in the 1900-2018 years.



**Rys. 52** Profil południkowy  $y(\lambda)$  progu górnego temperatury powietrza ( $T_{sr}+2\sigma$ ) powietrza w Europie wiosną w latach 1900-2018

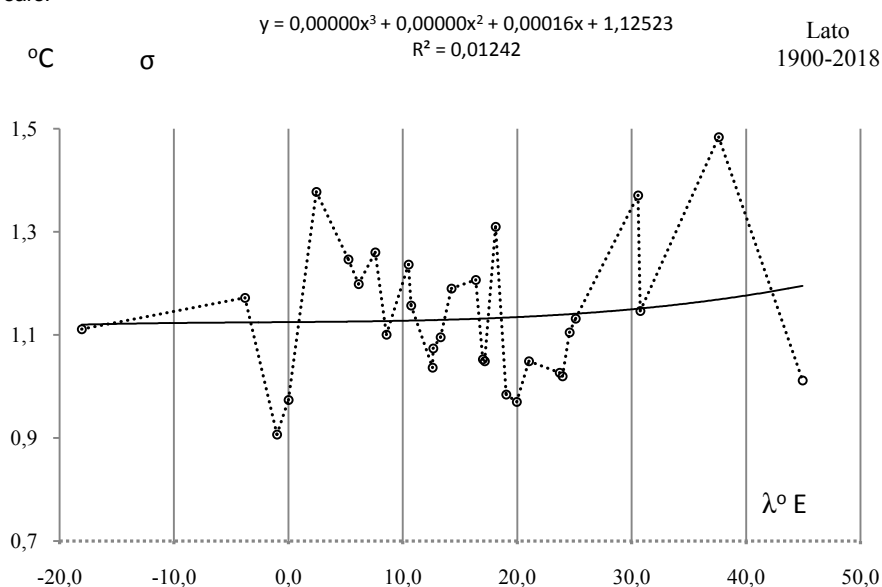
**Fig. 52.** The meridian profile  $y(\lambda)$  of the upper end of air temperature ( $T_{sr}+2\sigma$ ) in Europe in Spring in the 1900-2018 years.

### LATO



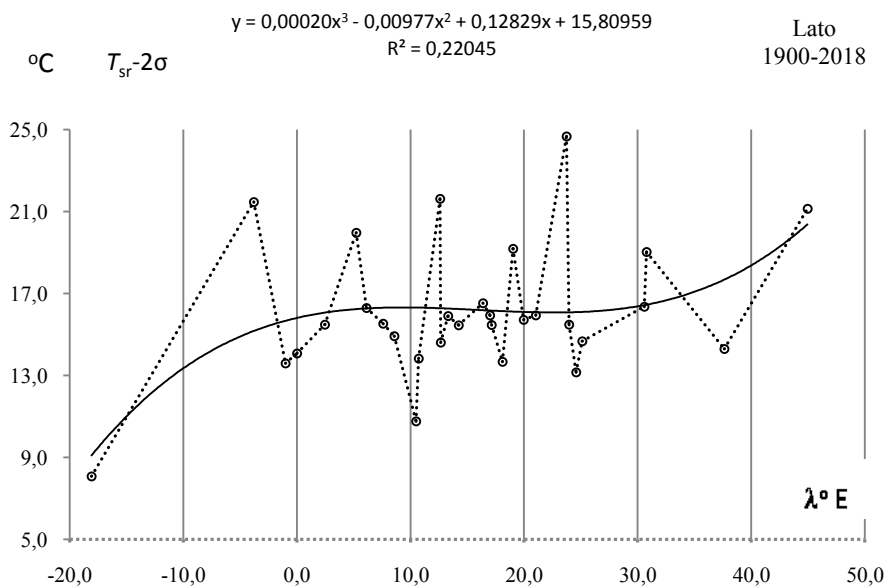
**Rys. 53.** Profil południkowy średniej temperatury powietrza  $T_{sr}(\lambda)$  powietrza w Europie w lecie w latach 1900-2018

**Fig. 53.** Meridian profile of average air temperature  $T_{sr}(\lambda)$  in Europe in Summer in the 1900-2018 years.



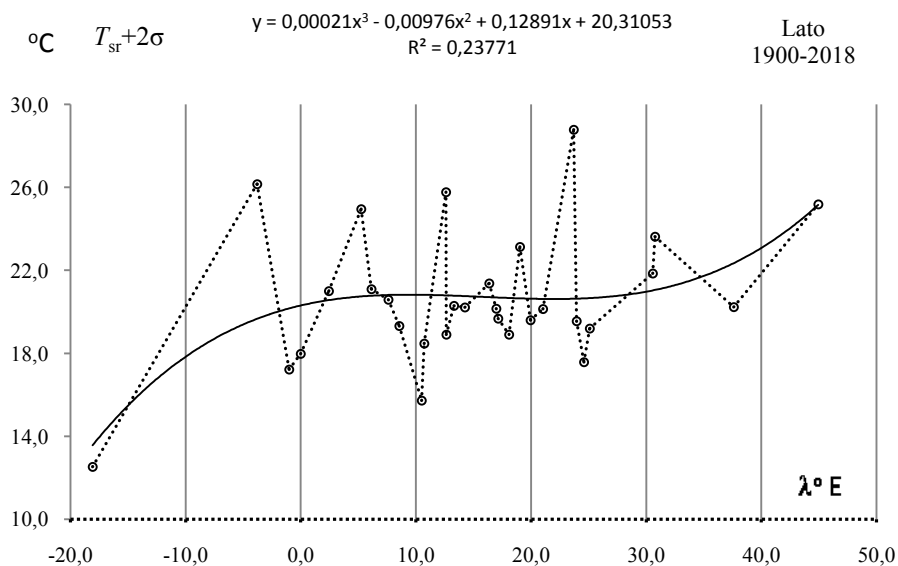
**Rys. 54.** Profil południkowy odchylenia standardowego temperatury powietrza  $\sigma(\lambda)$  powietrza w Europie w lecie w latach 1900-2018

**Fig. 54.** Meridian profile of standard deviation air temperature  $\sigma(\lambda)$  in Europe in Summer in the 1900-2018 years



**Rys. 55.** Profil południkowy  $y(\lambda)$  proggu dolnego temperatury powietrza ( $T_{sr}-2\sigma$ ) powietrza w Europie w lecie w latach 1900-2018

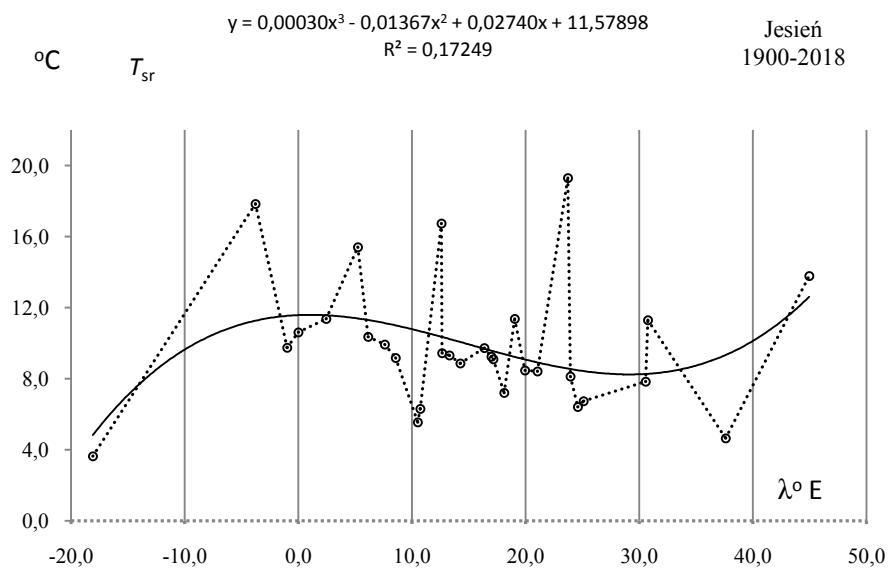
**Fig. 55.** Mmeridian profile  $y(\lambda)$  of the lower limit of air temperature  $\sigma$  ( $T_{sr}-2\sigma$ ) in Europe in Summer in the 1900-2018 years



**Rys. 56.,** Profil południkowy  $y(\lambda)$  proggu górnego temperatury powietrza ( $T_{sr}+2\sigma$ ) powietrza w Europie w lecie w latach 1900-2018

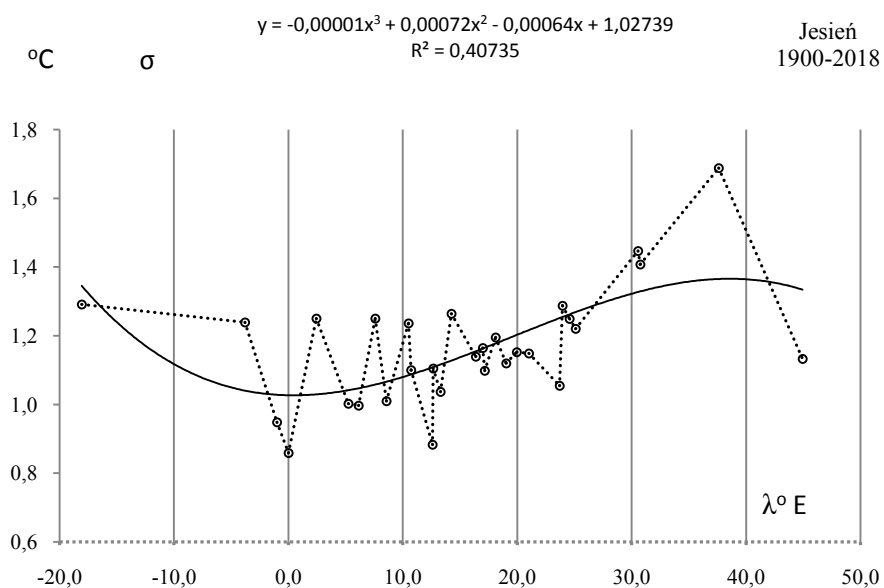
**Fig. 56.** Mmeridian profile  $y(\lambda)$  of the upper end of air temperature ( $T_{sr}+2\sigma$ ) in Europe in Summer in the 1900-2018 years

## JESIEŃ



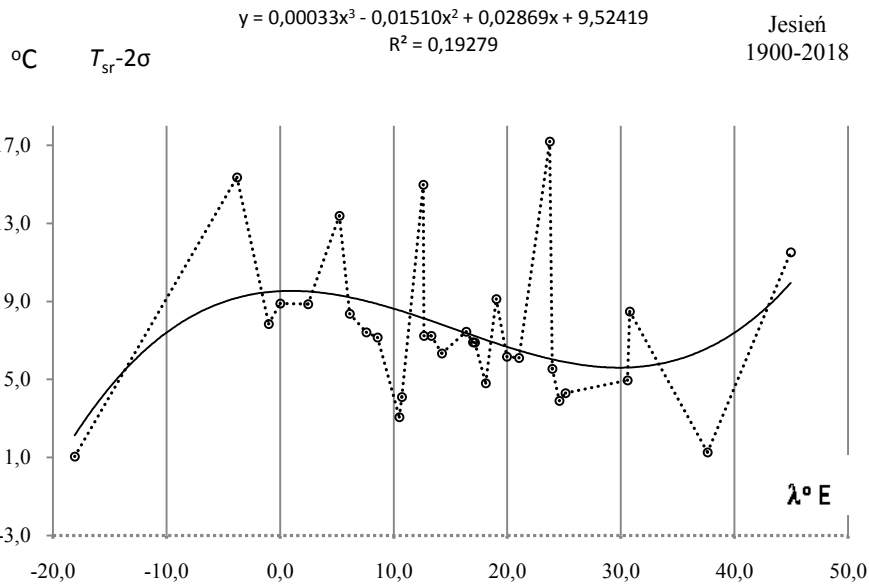
**Rys. 57.** Profil południkowy średniej temperatury powietrza  $T_{sr}(\lambda)$  powietrza w Europie jesienią w latach 1900-2018

**Fig. 57.** Meridian profile of average air temperature  $T_{sr}(\lambda)$  in Europe in Autumn in the 1900-2018 years



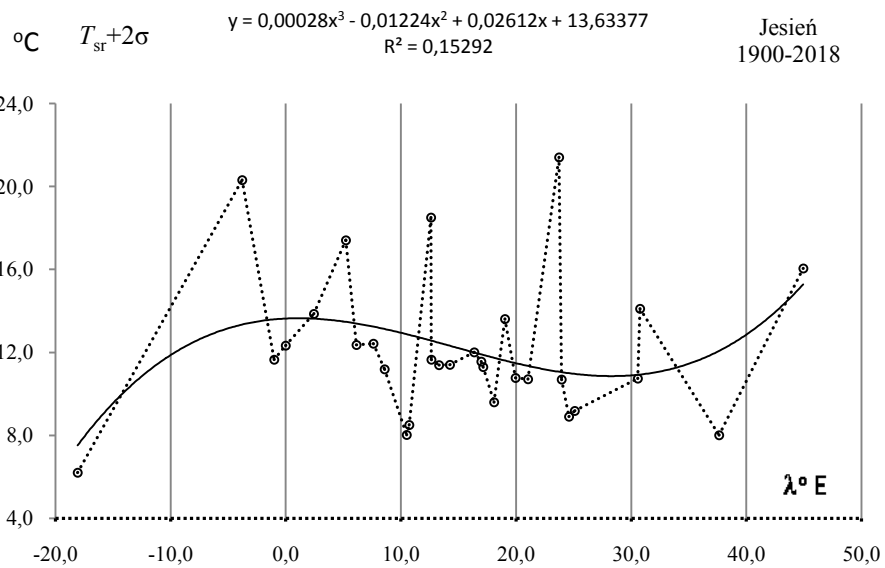
**Rys. 58.** Profil południkowy odchylenia standardowego temperatury powietrza  $\sigma(\lambda)$  powietrza w Europie jesienią w latach 1900-2018

**Fig. 58.** Meridian profile of standard deviation air temperature  $\sigma(\lambda)$  in Europe in Autumn in the 1900-2018 years



**Rys. 59.** Profil południkowy  $y(\lambda)$  proggu dolnego temperatury powietrza ( $T_{sr}-2\sigma$ ) powietrza w Europie jesienią w latach 1900-2018

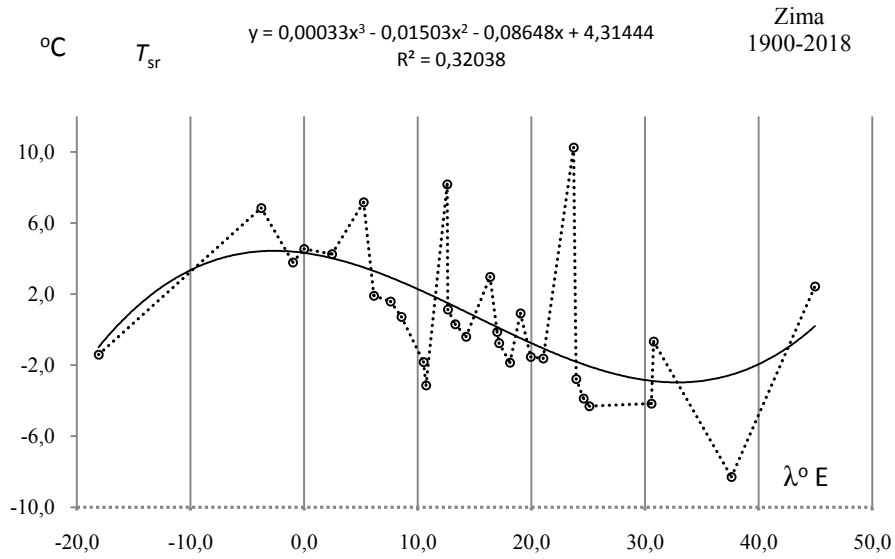
**Fig. 59.** Meridian profile  $y(\lambda)$  of the lower limit of air temperature  $\sigma$  ( $T_{sr}-2\sigma$ ) in Europe in Autumn in the 1900-2018 years



**Rys. 60.** Profil południkowy  $y(\lambda)$  proggu górnego temperatury powietrza ( $T_{sr}+2\sigma$ ) powietrza w Europie jesienią w latach 1900-2018

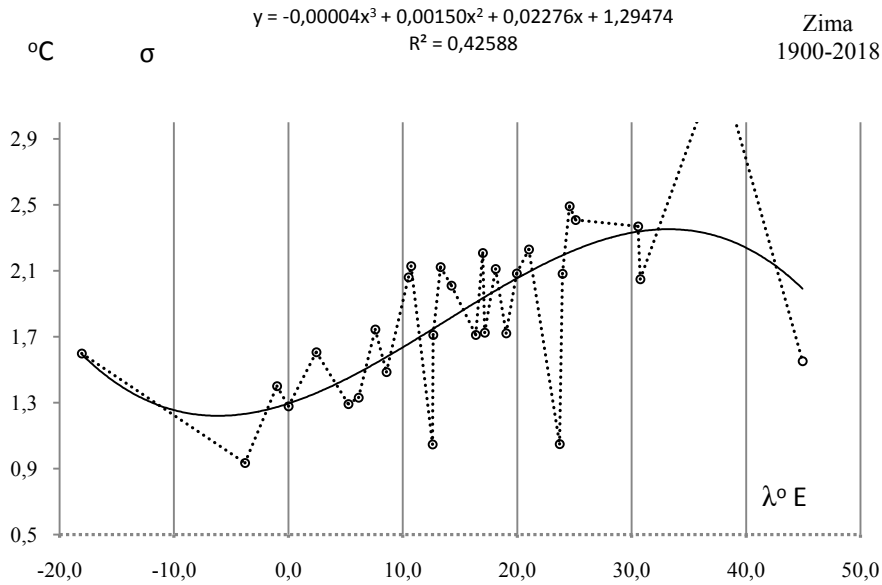
**Fig. 60.** Meridian profile  $y(\lambda)$  of the upper end of air temperature ( $T_{sr}+2\sigma$ ) in Europe in Autumn in the 1900-2018 years

## ZIMA



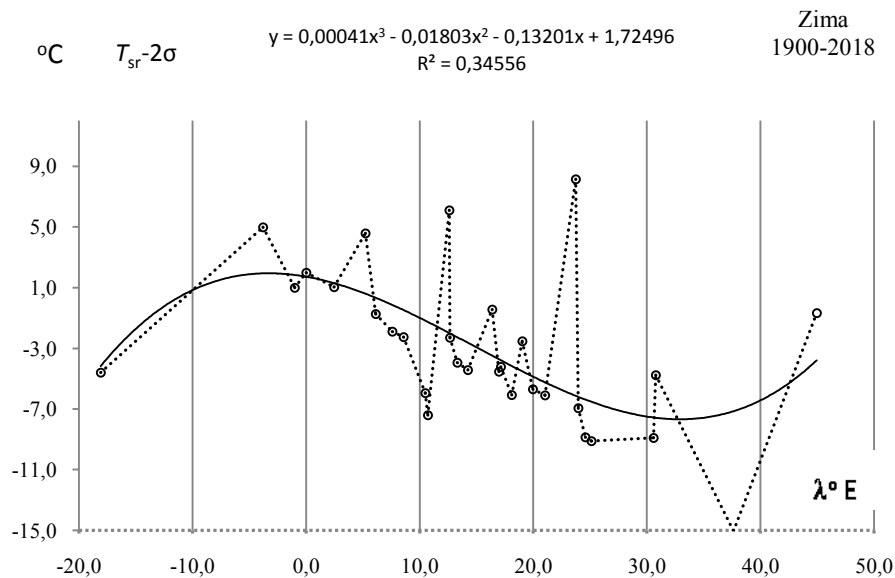
**Rys. 61.** Profil południkowy średniej temperatury powietrza  $T_{sr}(\lambda)$  powietrza w Europie w zimie w latach 1900-2018

**Fig. 61.** Meridian profile of average air temperature  $T_{sr}(\lambda)$  in Europe in Winter in the 1900-2018 years.



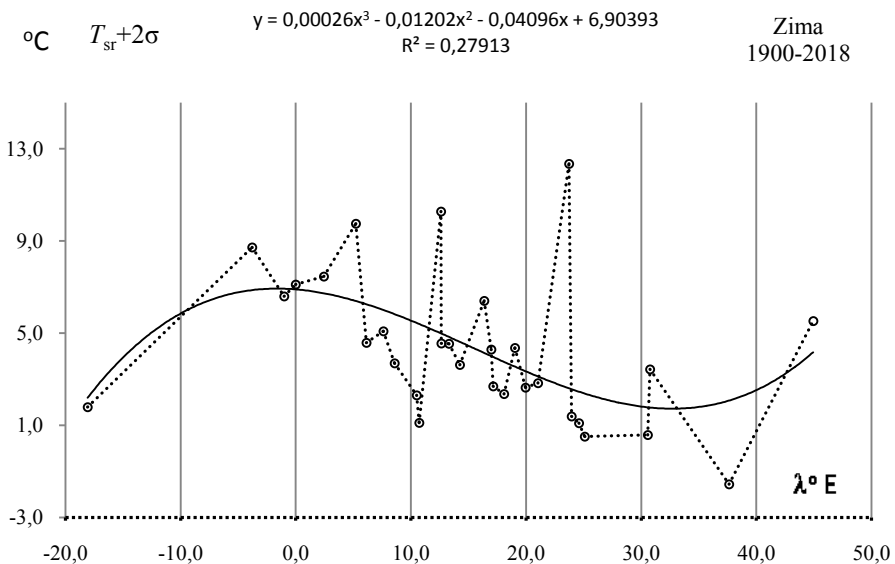
**Rys. 62.** Profil południkowy odchylenia standardowego temperatury powietrza  $\sigma(\lambda)$  powietrza w Europie w zimie w latach 1900-2018

**Fig. 62.** Meridian profile of standard deviation air temperature  $\sigma(\lambda)$  in Europe in Winter in the 1900-2018 years.



**Rys. 63.** Profil południkowy  $y(\lambda)$  proggu dolnego temperatury powietrza ( $T_{\text{sr}}-2\sigma$ ) powietrza w Europie w zimie w latach 1900-2018

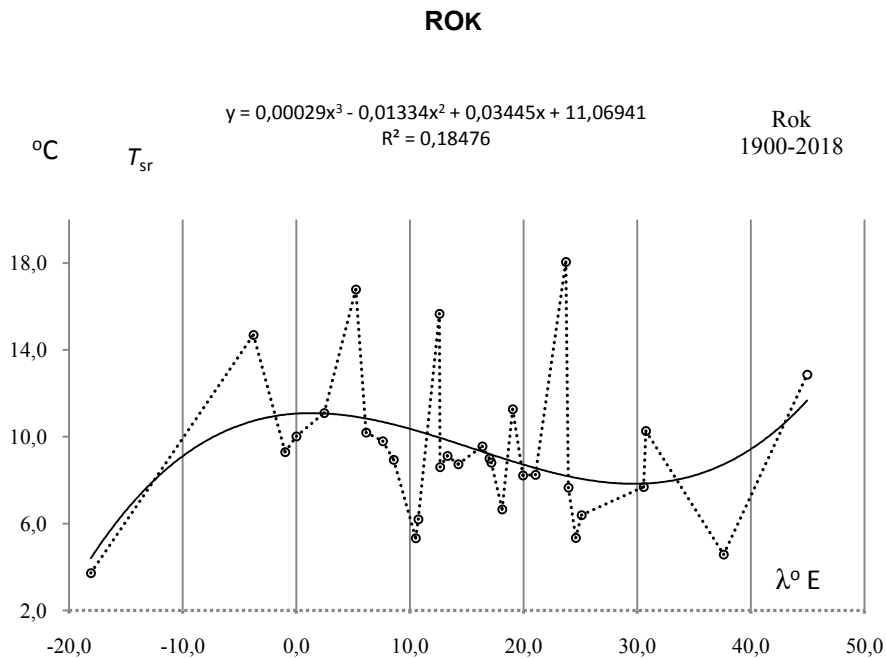
**Fig. 63.** Meridian profile  $y(\lambda)$  of the lower limit of air temperature  $\sigma(T_{\text{sr}}-2\sigma)$  in Europe in Winter in the 1900-2018 years



**Rys. 64.,** Profil południkowy  $y(\lambda)$  proggu górnego temperatury powietrza ( $T_{\text{sr}}+2\sigma$ ) powietrza w Europie w zimie w latach 1900-2018

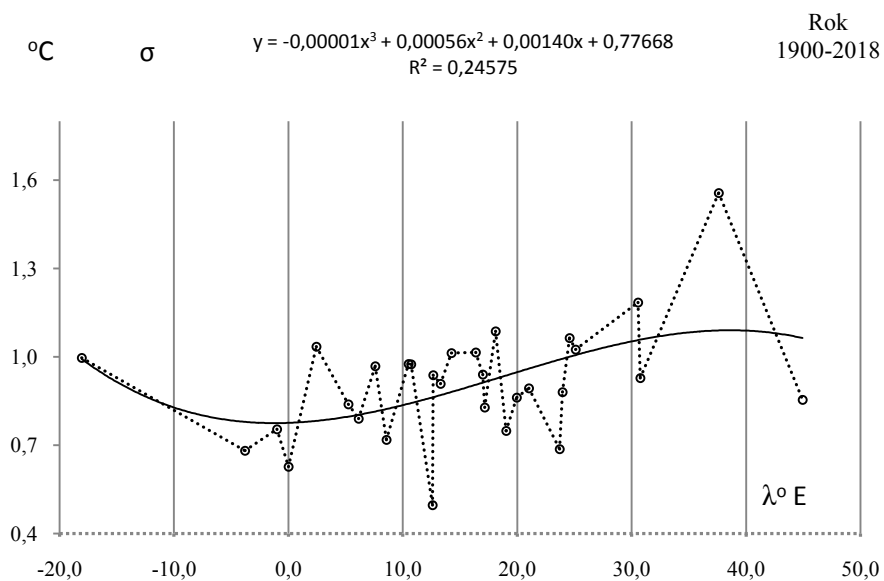
**Fig. 64.** Meridian profile  $y(\lambda)$  of the upper end of air temperature ( $T_{\text{sr}}+2\sigma$ ) in Europe in Winter in the 1900-2018 years





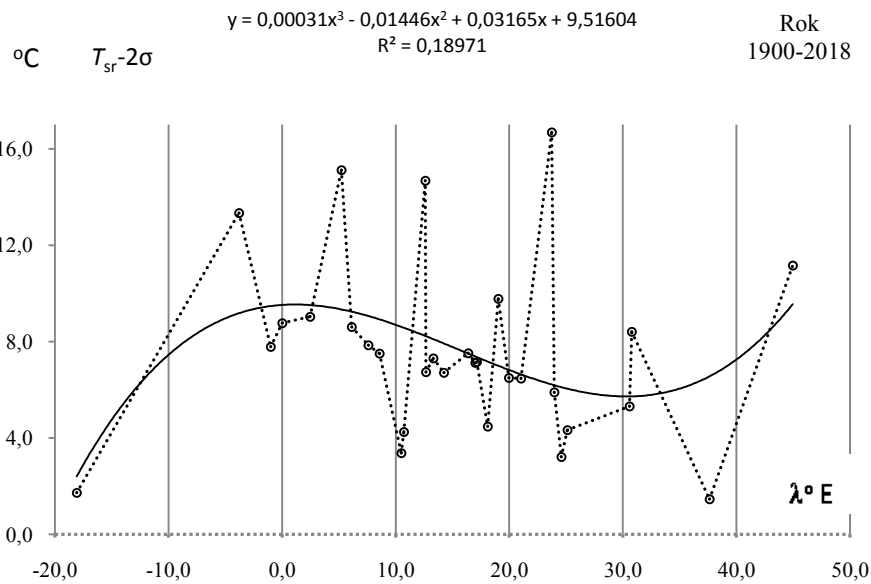
**Rys. 65.** Profil południkowy średniej temperatury powietrza  $T_{sr}(\lambda)$  powietrza w Europie w roku w latach 1900-2018

**Fig. 65.** Meridian profile of average air temperature  $T_{sr}(\lambda)$  in Europe in Year in the 1900-2018 years



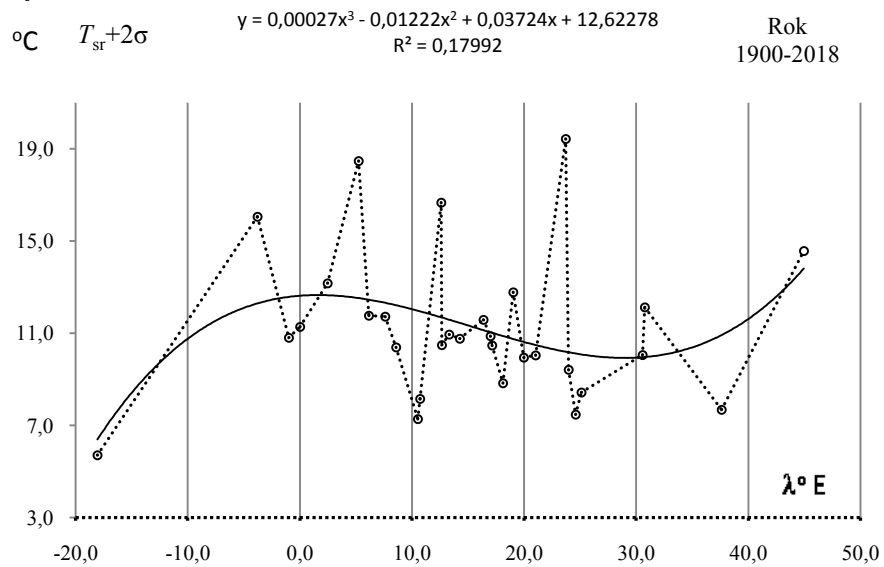
**Rys. 66.** Profil południkowy odchylenia standardowego temperatury powietrza  $\sigma(\lambda)$  powietrza w roku w latach 1900-2018

**Fig. 66.** Meridian profile of standard deviation air temperature  $\sigma(\lambda)$  in Europe in Year in the 1900-2018 years



**Rys. 67.** Profil południkowy  $y(\lambda)$  proggu dolnego temperatury powietrza ( $T_{sr}-2\sigma$ ) powietrza w Europie w roku w latach 1900-2018

**Fig. 67.** Meridian profile  $y(\lambda)$  of the lower limit of air temperature  $\sigma$  ( $T_{sr}-2\sigma$ ) in Europe in Year in the 1900-2018 years

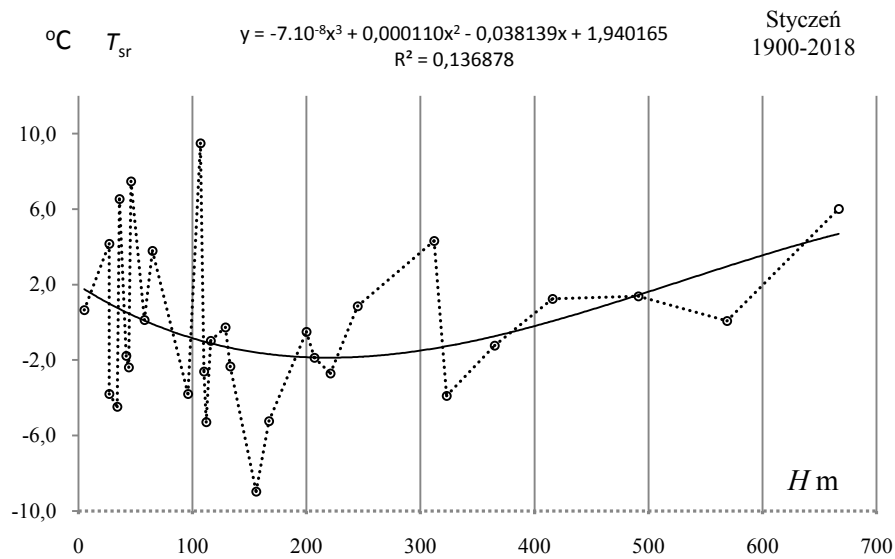


**Rys. 68.** Profil południkowy  $y(\lambda)$  proggu górnego temperatury powietrza ( $T_{sr}+2\sigma$ ) powietrza w Europie w roku w latach 1900-2018

**Fig. 68.** Meridian profile  $y(\lambda)$  of the upper end of air temperature ( $T_{sr}+2\sigma$ ) in Europe in Year in the 1900-2018 years

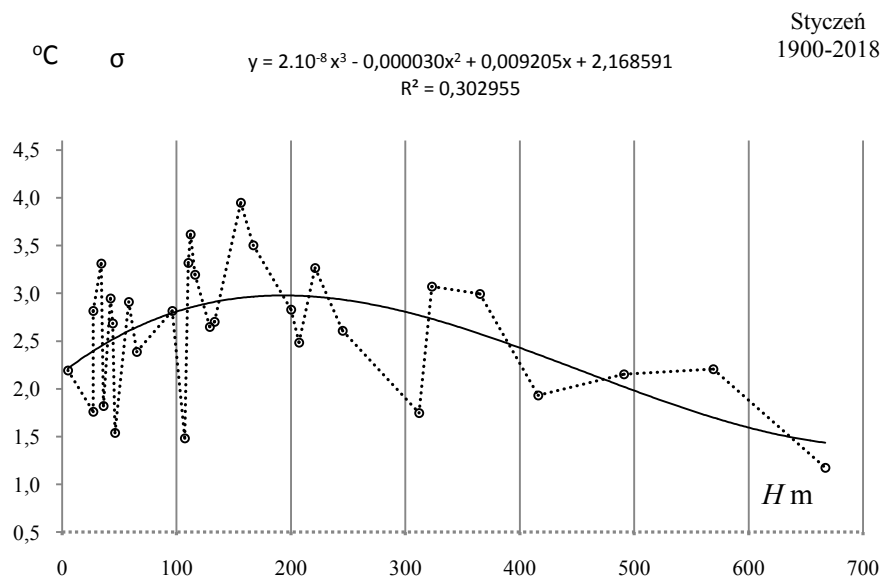
## VIII. PROFILE HIPSOMETRYCZNE TEMPERATURY POWIETRZA NA OBSZARZE EUROPY W LATACH 1900-2018

### STYCZEŃ



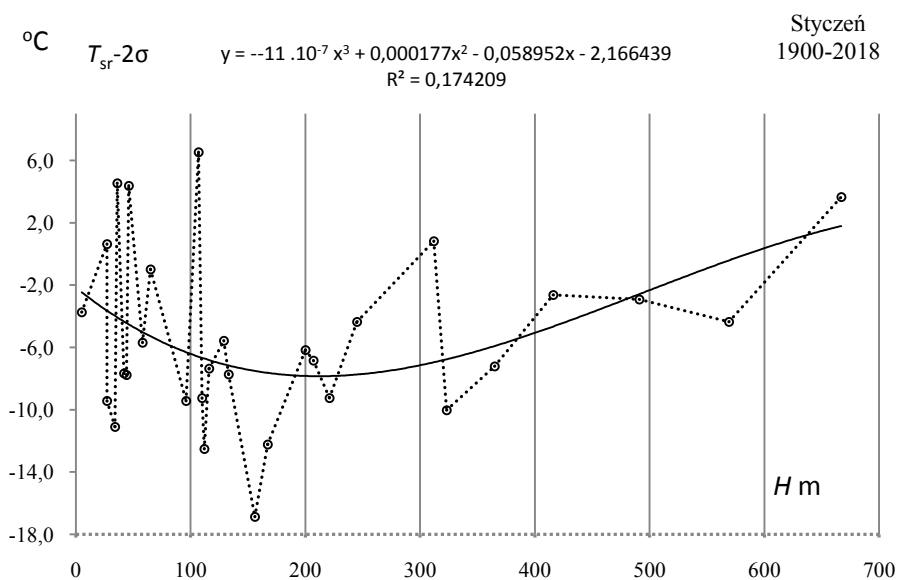
**Rys. 1.** Profil hipsometryczny średniej temperatury powietrza  $T_{\text{sr}}(\varphi)$  powietrza w Europie w styczniu w latach 1900-2018

**Fig. 1.** Hypsometric profile of average air temperature  $T_{\text{sr}}(\varphi)$  in Europe in January in the 1900-2018 years.



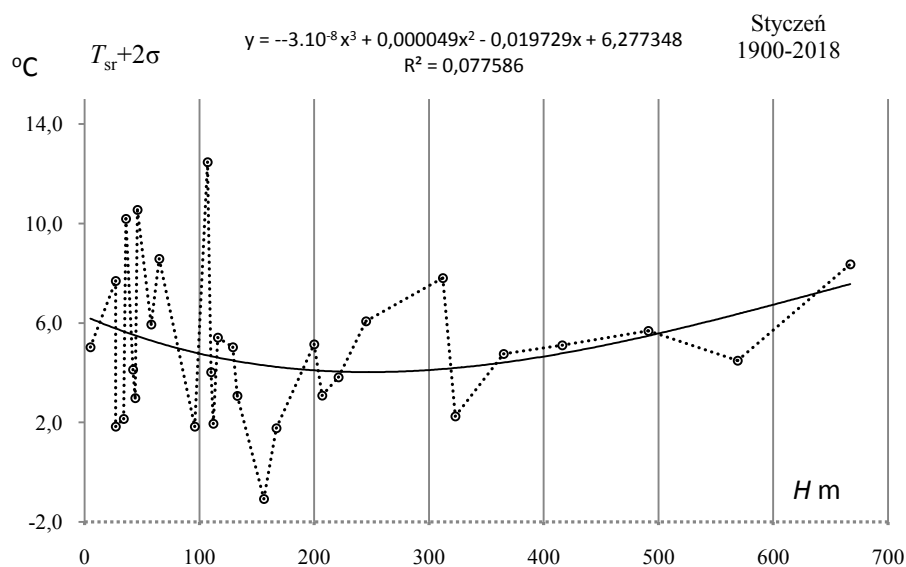
**Rys. 2.** Profil hipsometryczny odchylenia standardowego temperatury powietrza  $\sigma(\varphi)$  powietrza w Europie w styczniu w latach 1900-2018

**Fig. 2.** Hypsometric profile of standard deviation air temperature  $\sigma(\varphi)$  in Europe in January in the 1900-2018 years.  $\sigma$



**Rys. 3.** Profil hipsometryczny  $y(\varphi)$  proggu dolnego temperatury powietrza ( $T_{sr}-2\sigma$ ) powietrza w Europie w styczniu w latach 1900-2018

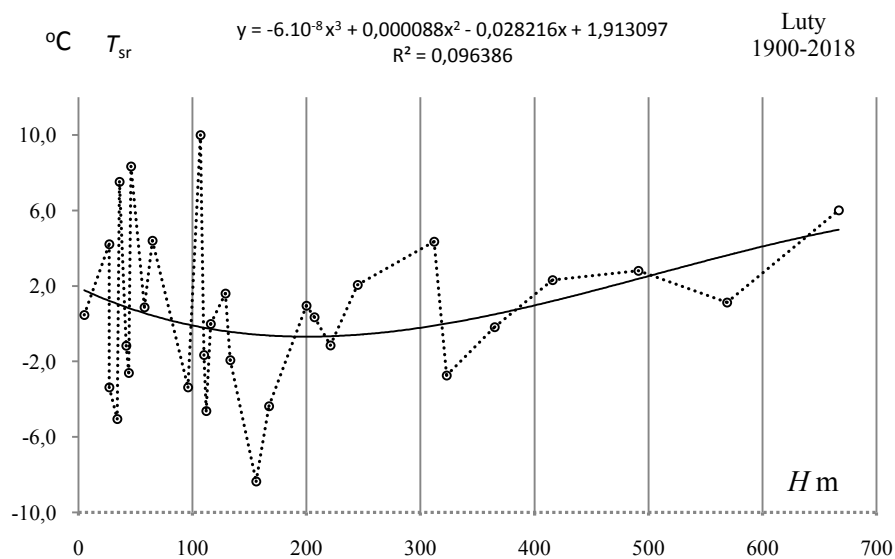
**Fig. 3.** Hypsometric profile  $y(\varphi)$  of the lower end of air temperature  $\sigma$  ( $T_{sr}-2\sigma$ ) in Europe in Spring in the 1900-2018 years.



**Rys. 4.** Profil hipsometryczny  $y(\varphi)$  proggu górnego temperatury powietrza ( $T_{sr}+2\sigma$ ) powietrza w Europie w styczniu w latach 1900-2018

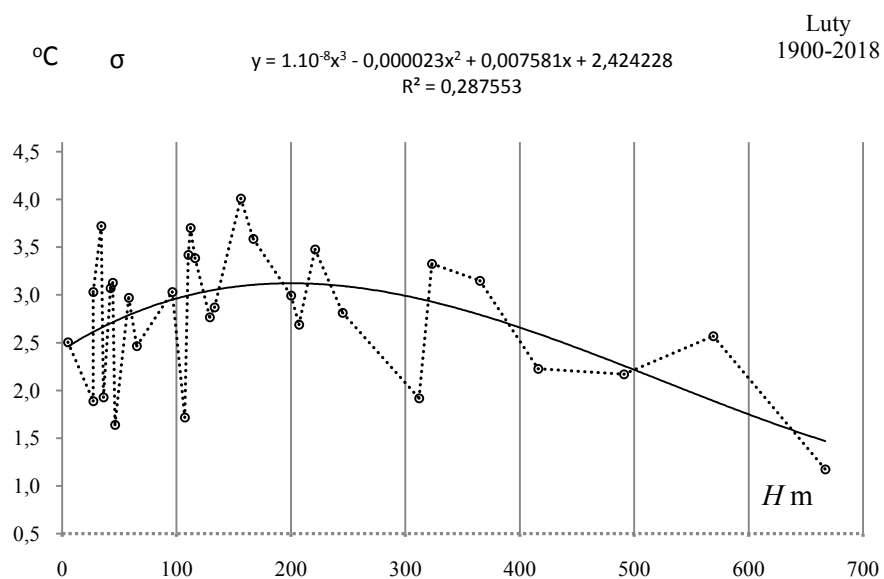
**Fig. 4.** Hypsometric profile  $y(\varphi)$  of the upper end of air temperature ( $T_{sr}+2\sigma$ ) in Europe in Spring in the 1900-2018 years.

## LUTY



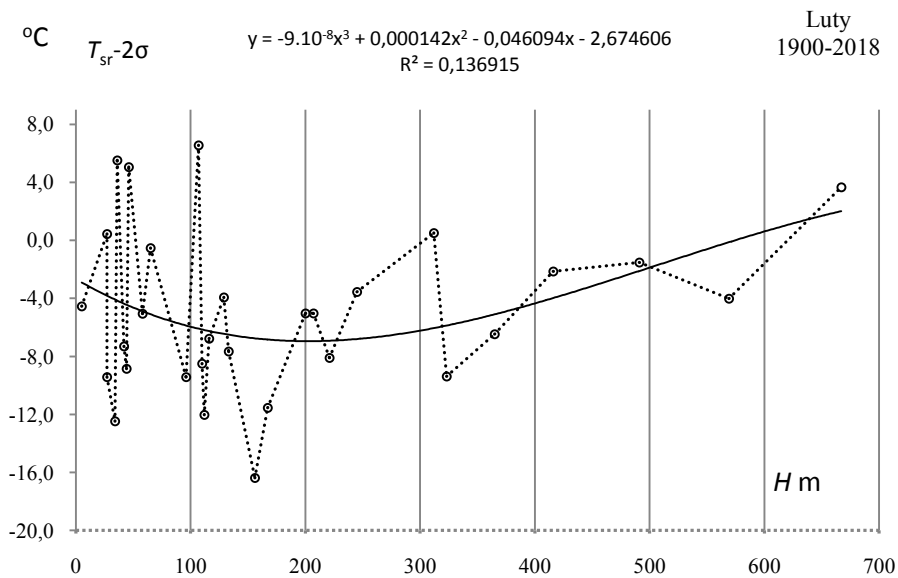
**Rys. 5.** Profil hipsometryczny średniej temperatury powietrza  $T_{sr}(\phi)$  powietrza w Europie w lutym w latach 1900-2018

**Fig. 5.** Hypsometric profile of average air temperature  $T_{sr}(\phi)$  in Europe in February in the 1900-2018 years



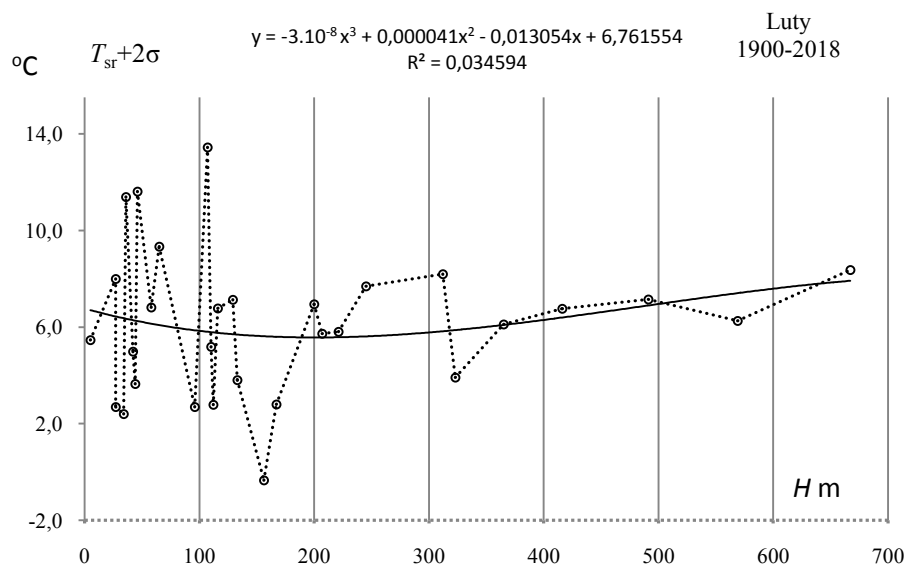
**Rys. 6.** Profil hipsometryczny odchylenia standardowego temperatury powietrza  $\sigma(\phi)$  powietrza w Europie w lutym w latach 1900-2018

**Fig. 6.** Hypsometric profile of standard deviation air temperature  $\sigma(\phi)$  in Europe in February in the 1900-2018 years



**Rys. 7.** Profil hipsometryczny  $y(\varphi)$  prognozy dolnego temperatury powietrza ( $T_{sr} - 2\sigma$ ) powietrza w Europie w lutym w latach 1900-2018

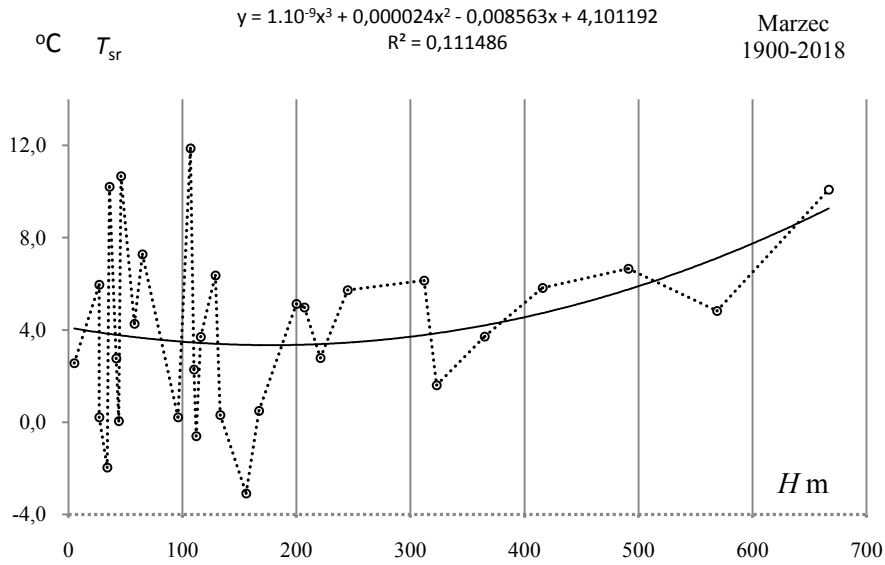
**Fig. 7.** Hypsometric profile  $y(\varphi)$  of the lower end of air temperature  $\sigma$  ( $T_{sr} - 2\sigma$ ) in Europe in February in the 1900-2018 years



**Rys. 8.** Profil hipsometryczny  $y(\varphi)$  prognozy górnego temperatury powietrza ( $T_{sr} + 2\sigma$ ) powietrza w Europie w lutym w latach 1900-2018

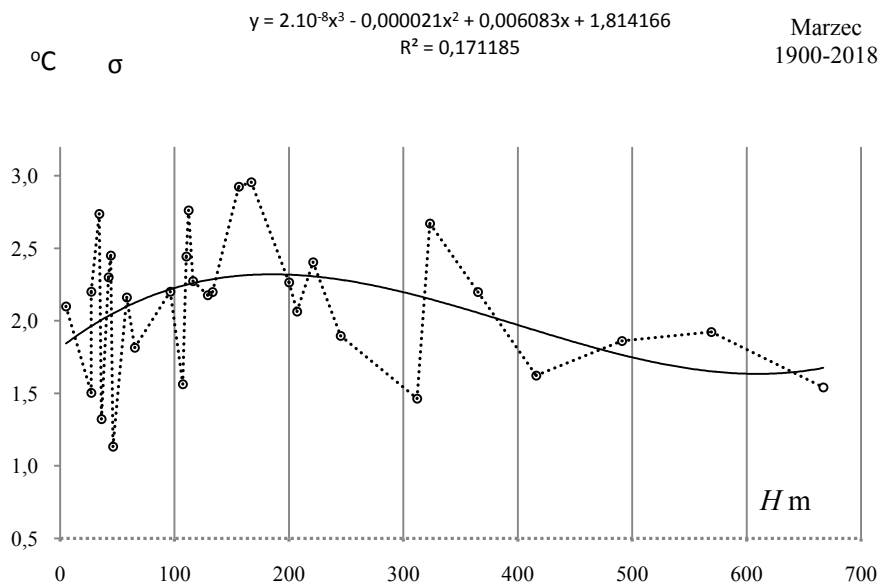
**Fig. 8.** Hypsometric profile  $y(\varphi)$  of the upper end of air temperature ( $T_{sr} + 2\sigma$ ) in Europe in February in the 1900-2018 years.

## MARZEC



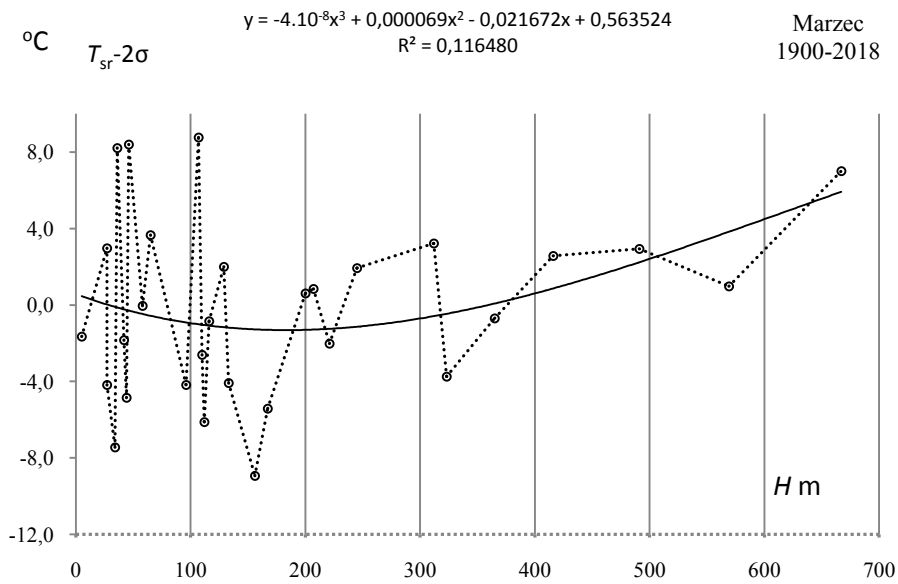
**Rys. 9.** Profil hipsometryczny średniej temperatury powietrza  $T_{sr}(\varphi)$  powietrza w Europie w marcu w latach 1900-2018

**Fig. 9.** Hypsometric profile of average air temperature  $T_{sr}(\varphi)$  in Europe in March in the 1900-2018 years



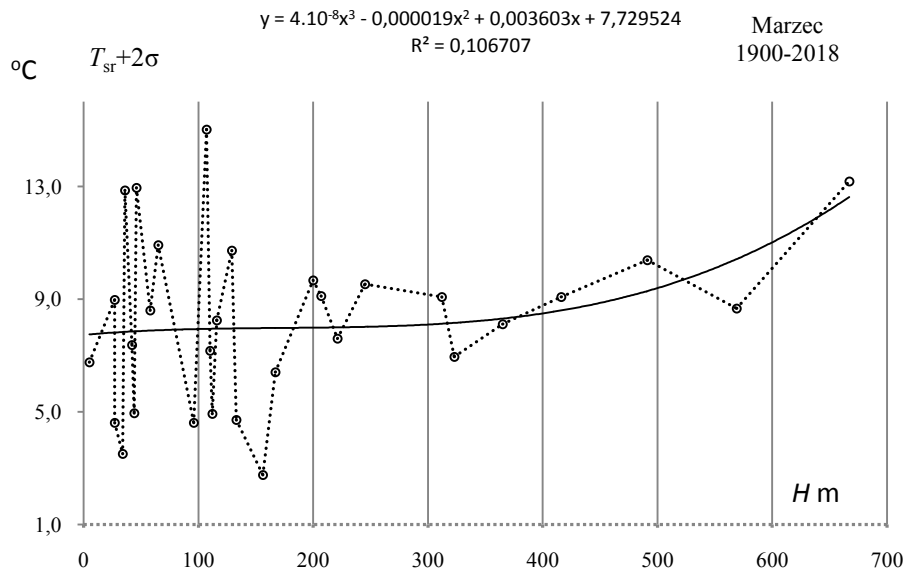
**Rys. 10.** Profil hipsometryczny odchylenia standardowego temperatury powietrza  $\sigma(\varphi)$  powietrza w Europie w marcu w latach 1900-2018

**Fig. 10.** Hypsometric profile of standard deviation air temperature  $\sigma(\varphi)$  in Europe in March in the 1900-2018 years



**Rys. 11.** Profil hipsometryczny  $y(\varphi)$  proggu dolnego temperatury powietrza ( $T_{sr}-2\sigma$ ) powietrza w Europie w marcu w latach 1900-2018

**Fig. 11.** Hypsometric profile  $y(\varphi)$  of the lower end of air temperature  $\sigma$  ( $T_{sr}-2\sigma$ ) in Europe in March in the 1900-2018 years

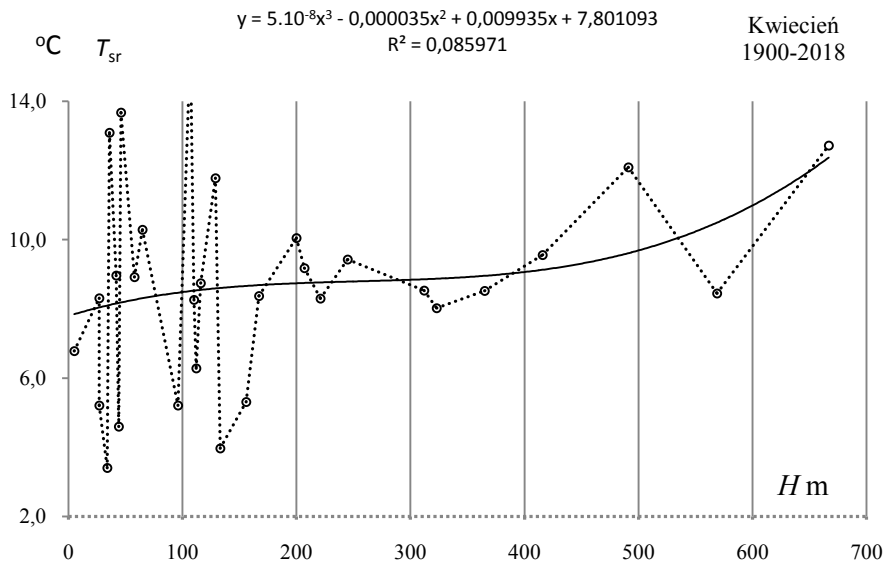


**Rys. 12.** Profil hipsometryczny  $y(\varphi)$  proggu górnego temperatury powietrza ( $T_{sr}+2\sigma$ ) powietrza w Europie w marcu w latach 1900-2018

**Fig. 12.** Hypsometric profile  $y(\varphi)$  of the upper end of air temperature ( $T_{sr}+2\sigma$ ) in Europe in March in the 1900-2018 years.

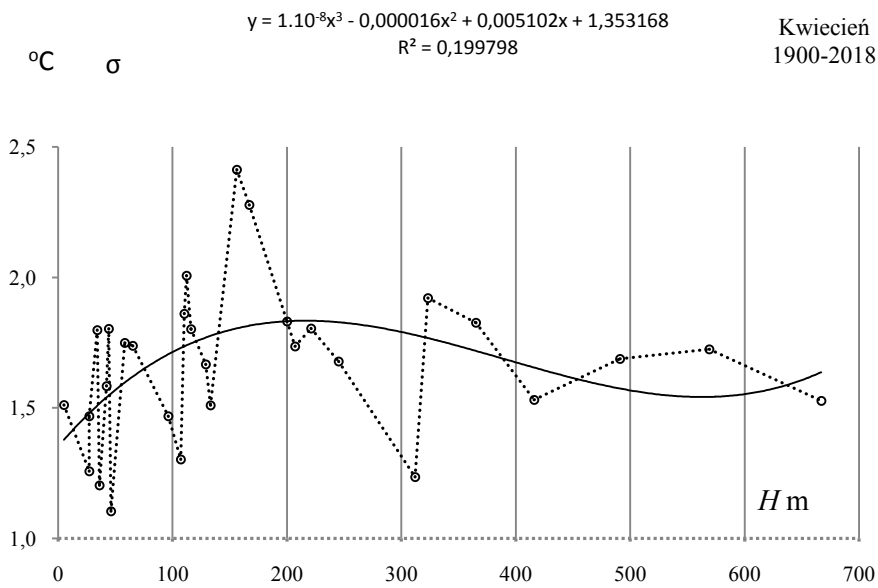


## KWIECIEŃ



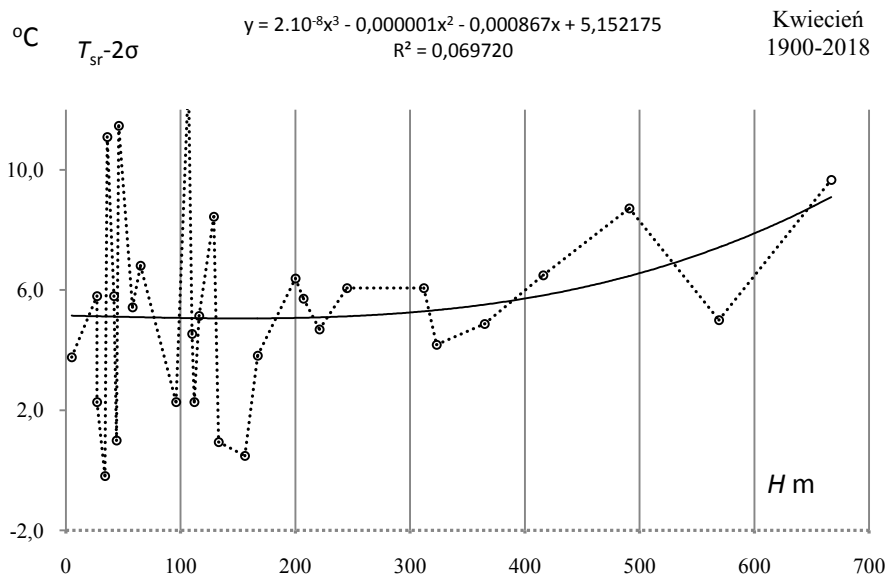
**Rys. 13.** Profil hipsometryczny średniej temperatury powietrza  $T_{sr}(\varphi)$  powietrza w Europie w kwietniu w latach 1900-2018

**Fig. 13.** Hypsometric profile of average air temperature  $T_{sr}(\varphi)$  in Europe in April in the 1900-2018 years



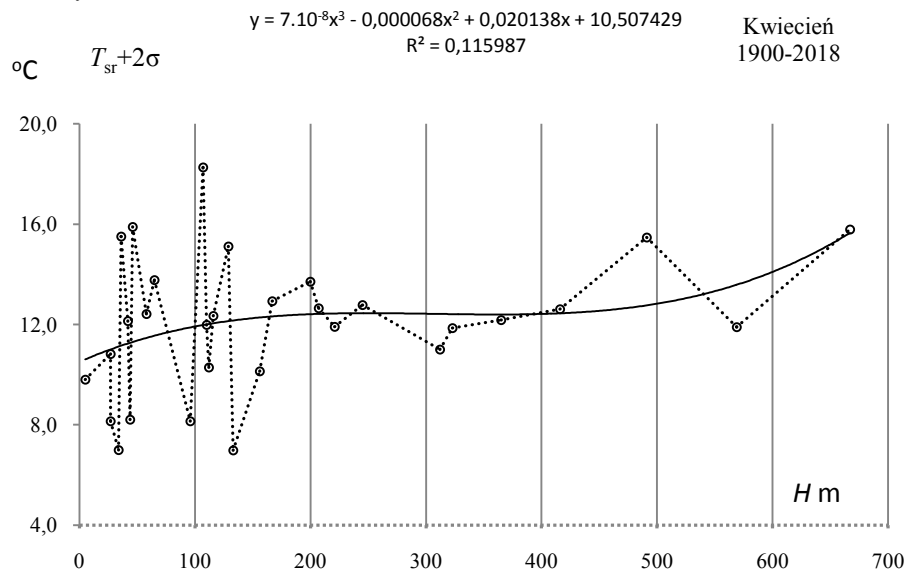
**Rys. 14.** Profil hipsometryczny odchylenia standardowego temperatury powietrza  $\sigma(\varphi)$  powietrza w Europie w kwietniu w latach 1900-2018

**Fig. 14.** Hypsometric profile of standard deviation air temperature  $\sigma(\varphi)$  in Europe in April in the 1900-2018 years



**Rys. 15.** Profil hipsometryczny  $y(\varphi)$  proggu dolnego temperatury powietrza ( $T_{sr}-2\sigma$ ) powietrza w Europie w kwietniu w latach 1900-2018

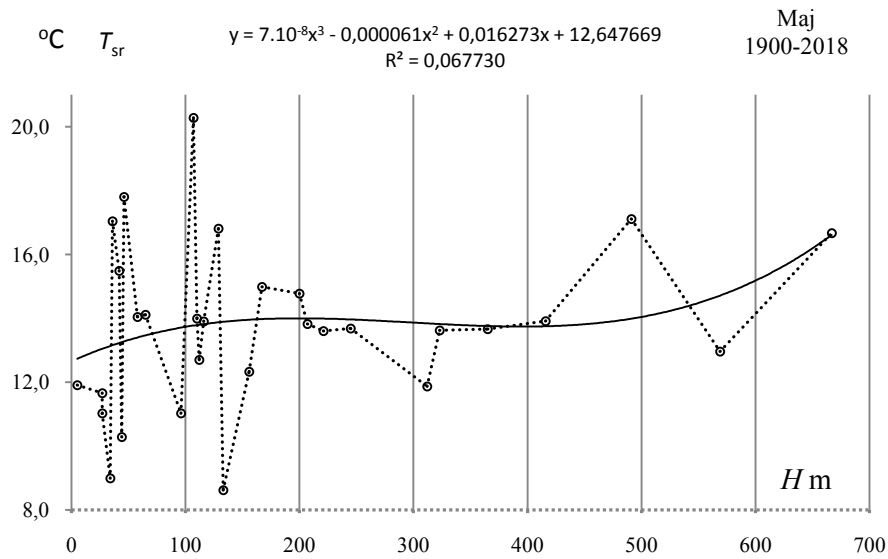
**Fig. 15.** Hypsometric profile  $y(\varphi)$  of the lower end of air temperature  $\sigma$  ( $T_{sr}-2\sigma$ ) in Europe in April in the 1900-2018 years



**Rys. 16.** Profil hipsometryczny  $y(\varphi)$  proggu górnego temperatury powietrza ( $T_{sr}+2\sigma$ ) powietrza w Europie w kwietniu w latach 1900-2018

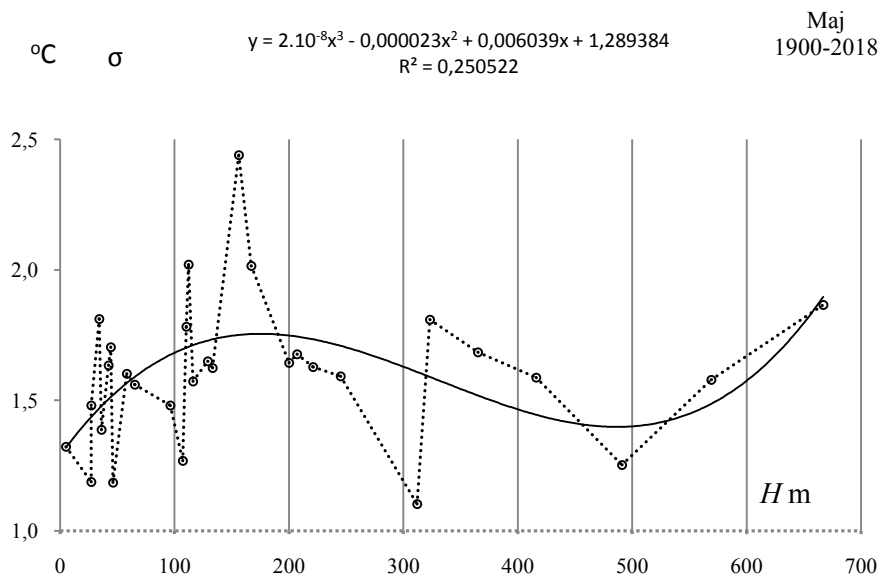
**Fig. 16.** Hypsometric profile  $y(\varphi)$  of the upper end of air temperature ( $T_{sr}+2\sigma$ ) in Europe in April in the 1900-2018 years

## MAJ



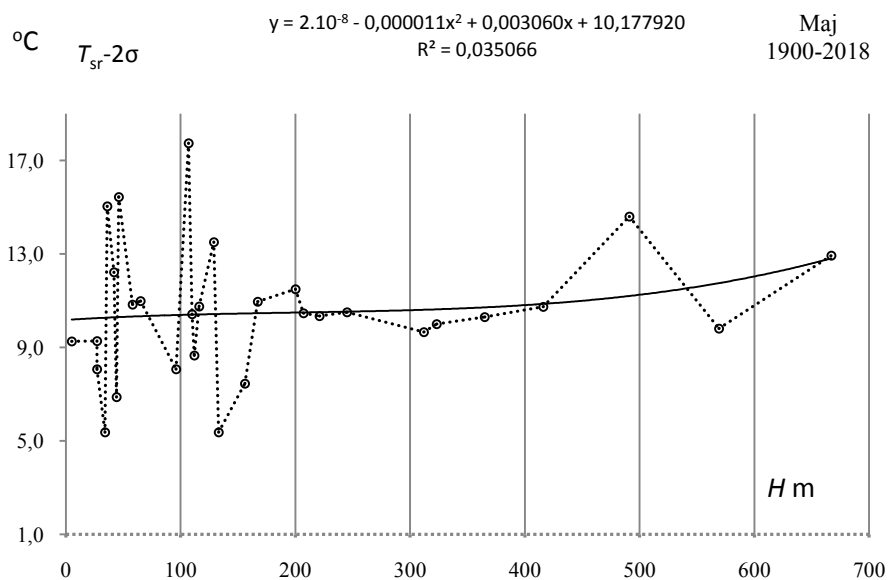
**Rys. 17.** Profil hipsometryczny średniej temperatury powietrza  $T_{sr}(\varphi)$  powietrza w Europie w maju w latach 1900-2018

**Fig. 17.** Hypsometric profile of average air temperature  $T_{sr}(\varphi)$  in Europe in May in the 1900-2018 years



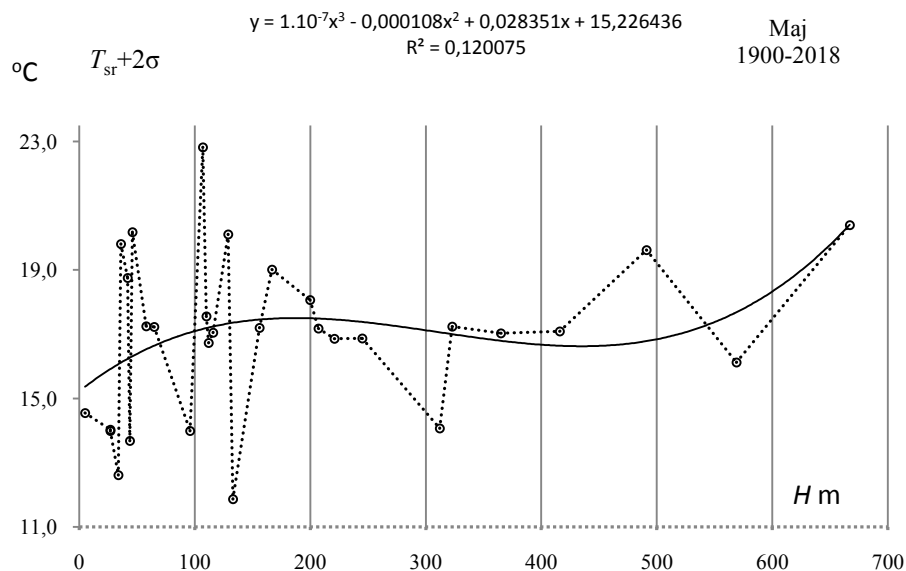
**Rys. 18.** Profil hipsometryczny odchylenia standardowego temperatury powietrza  $\sigma(\varphi)$  powietrza w Europie w maju w latach 1900-2018

**Fig. 18.** Hypsometric profile of standard deviation air temperature  $\sigma(\varphi)$  in Europe in May in the 1900-2018 years



**Rys. 19.** Profil hipsometryczny  $y(\varphi)$  prognozy dolnego temperatury powietrza ( $T_{sr}-2\sigma$ ) powietrza w Europie w maju w latach 1900-2018

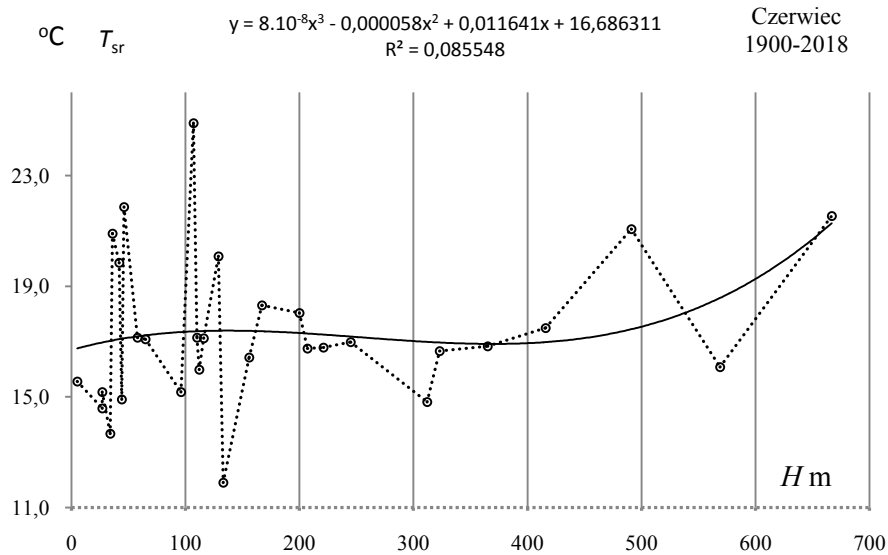
**Fig. 19.** Hypsometric profile  $y(\varphi)$  of the lower end of air temperature  $\sigma$  ( $T_{sr}-2\sigma$ ) in Europe in May in the 1900-2018 years



**Rys. 20.** Profil hipsometryczny  $y(\varphi)$  prognozy górnego temperatury powietrza ( $T_{sr}+2\sigma$ ) powietrza w Europie w maju w latach 1900-2018

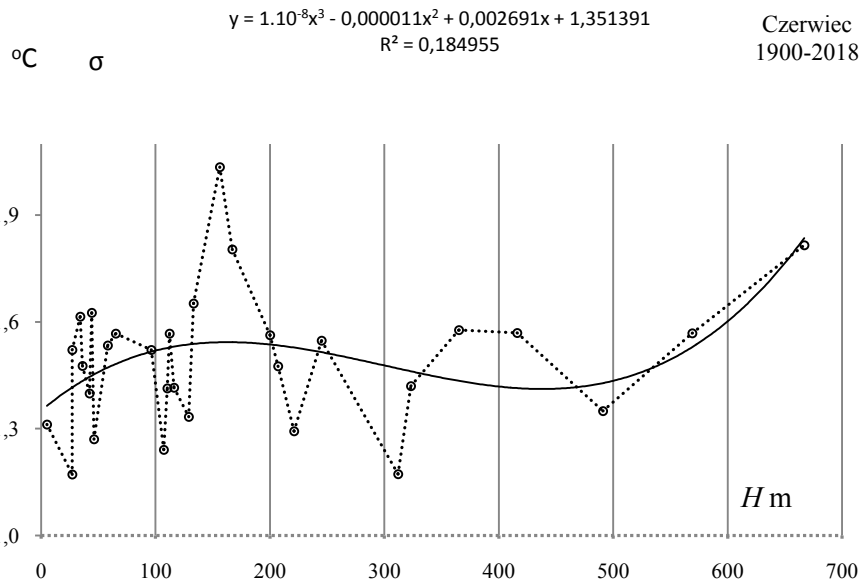
**Fig. 20.** Hypsometric profile  $y(\varphi)$  of the upper end of air temperature ( $T_{sr}+2\sigma$ ) in Europe in May in the 1900-2018 years.

### CZERWIEC



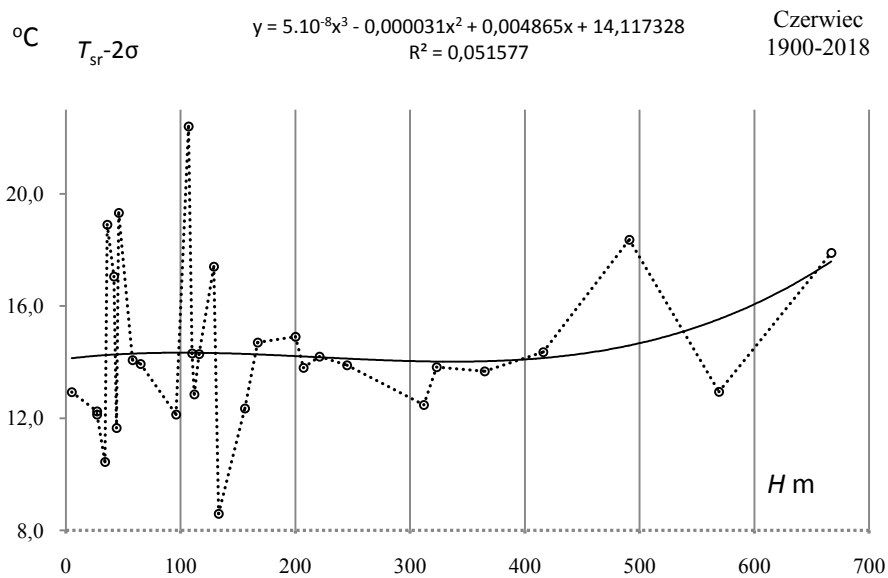
**Rys. 21.** Profil hipsometryczny średniej temperatury powietrza  $T_{sr}$  ( $\varphi$ ) powietrza w Europie w czerwcu w latach 1900-2018

**Fig. 21.** Hypsometric profile of average air temperature  $T_{sr}$  ( $\varphi$ ) in Europe in June in the 1900-2018 years.



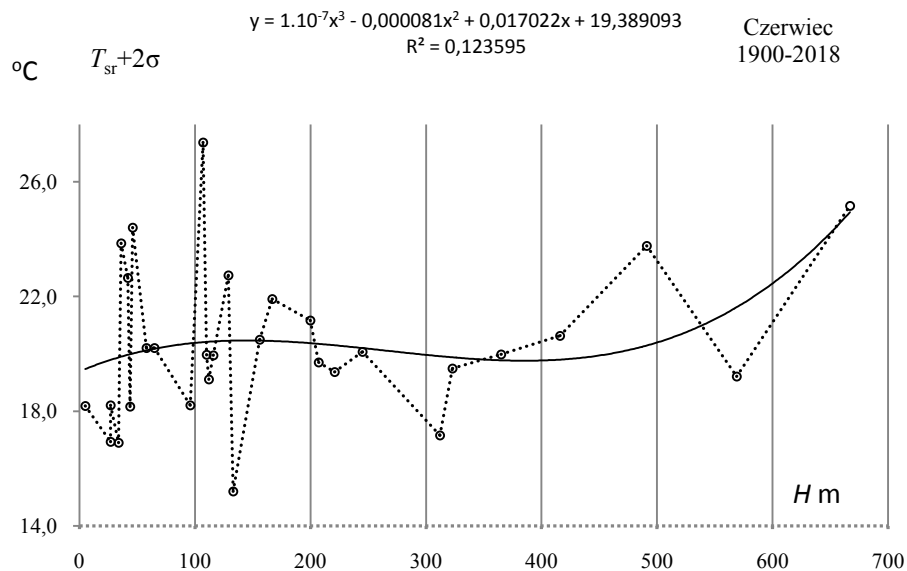
**Rys. 22.** Profil hipsometryczny odchylenia standardowego temperatury powietrza  $\sigma$  ( $\varphi$ ) powietrza w Europie w czerwcu w latach 1900-2018

**Fig. 22.** Hypsometric profile of standard deviation air temperature  $\sigma$  ( $\varphi$ ) in Europe in June in the 1900-2018 years.  $\sigma$



**Rys. 23.** Profil hipsometryczny  $y(\varphi)$  prognozy dolnego temperatury powietrza ( $T_{\text{sr}}-2\sigma$ ) powietrza w Europie w czerwcu w latach 1900-2018

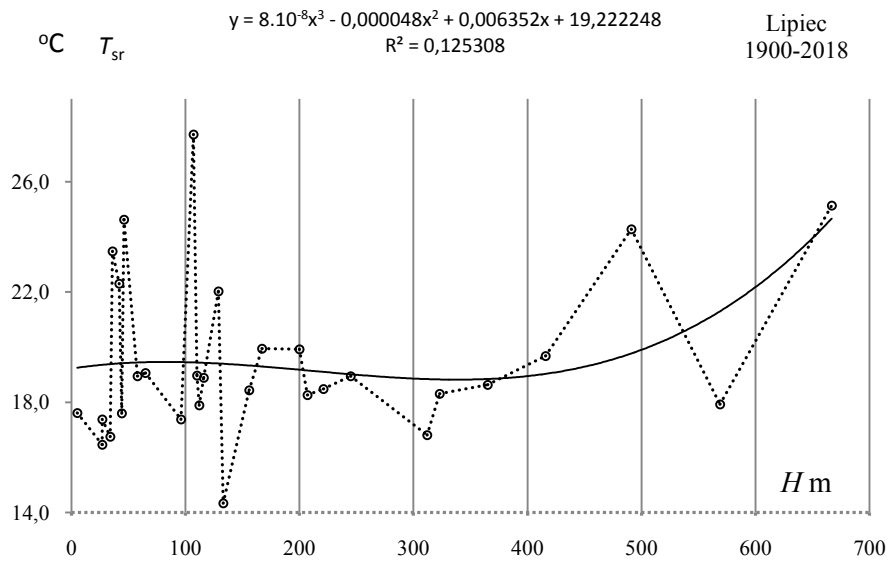
**Fig. 23.** Hypsometric profile  $y(\varphi)$  of the lower end of air temperature  $\sigma$  ( $T_{\text{sr}}-2\sigma$ ) in Europe in June in the 1900-2018 years.



**Rys. 24.** Profil hipsometryczny  $y(\varphi)$  prognozy górnego temperatury powietrza ( $T_{\text{sr}}+2\sigma$ ) powietrza w Europie w czerwcu w latach 1900-2018

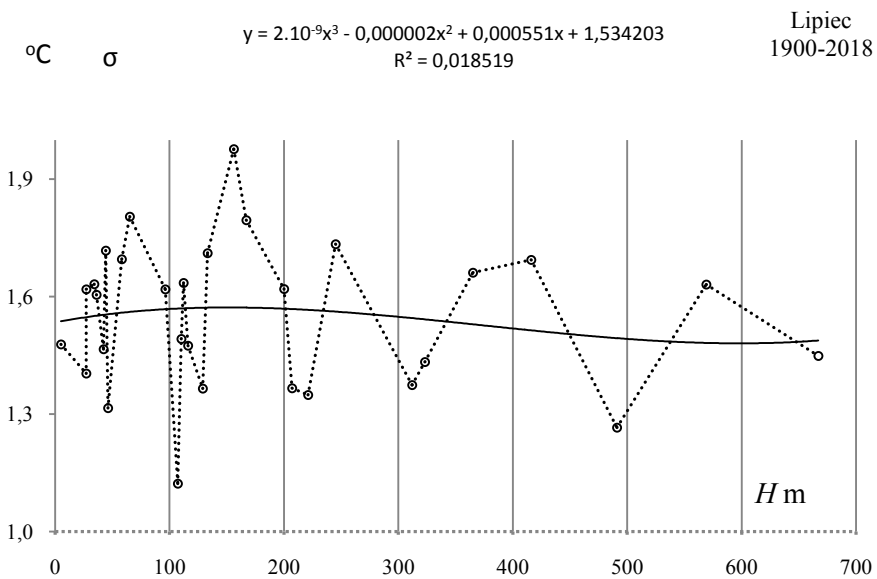
**Fig. 24.** Hypsometric profile  $y(\varphi)$  of the upper end of air temperature ( $T_{\text{sr}}+2\sigma$ ) in Europe in June in the 1900-2018 years.

## LIPIEC



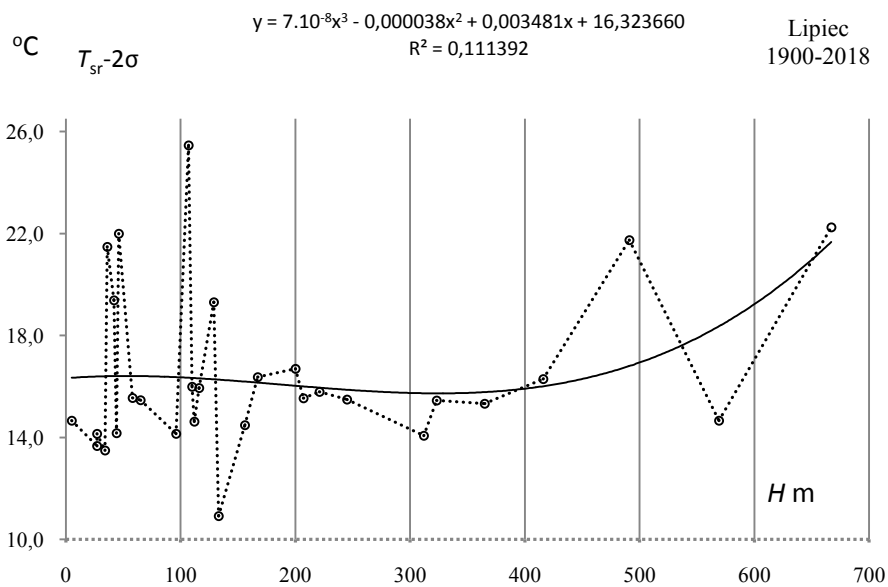
**Rys. 25.** Profil hipsometryczny średniej temperatury powietrza  $T_{sr}$  ( $\varphi$ ) powietrza w Europie w lipcu w latach 1900-2018

**Fig. 25.** Hypsometric profile of average air temperature  $T_{sr}$  ( $\varphi$ ) in Europe in July in the 1900-2018 years



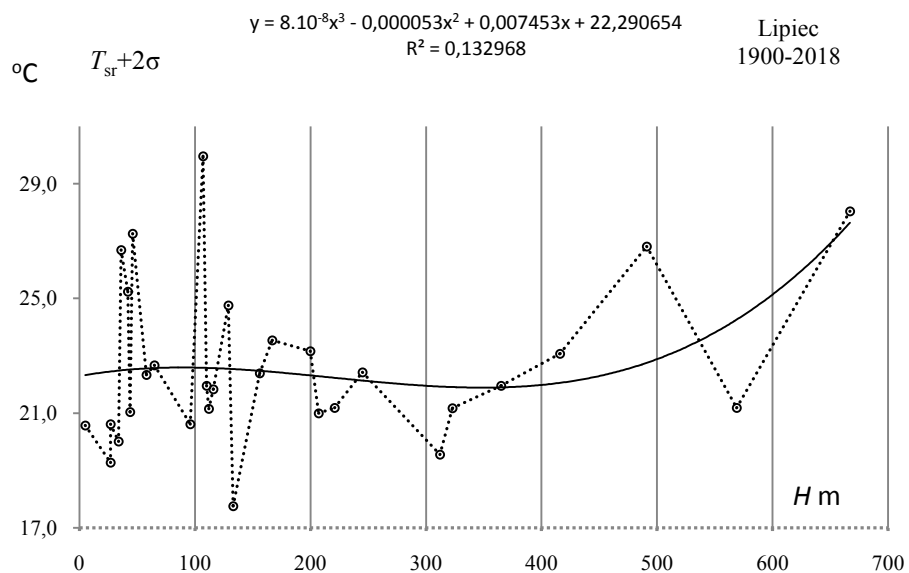
**Rys. 26.** Profil hipsometryczny odchylenia standardowego temperatury powietrza  $\sigma$  ( $\varphi$ ) powietrza w Europie w lipcu w latach 1900-2018

**Fig. 26.** Hypsometric profile of standard deviation air temperature  $\sigma$  ( $\varphi$ ) in Europe in July in the 1900-2018 years



**Rys. 27.** Profil hipsometryczny  $y(\varphi)$  prognozy dolnego temperatury powietrza ( $T_{sr}-2\sigma$ ) powietrza w Europie w lipcu w latach 1900-2018

**Fig. 27.** Hypsometric profile  $y(\varphi)$  of the lower end of air temperature  $\sigma$  ( $T_{sr}-2\sigma$ ) in Europe in July in the 1900-2018 years

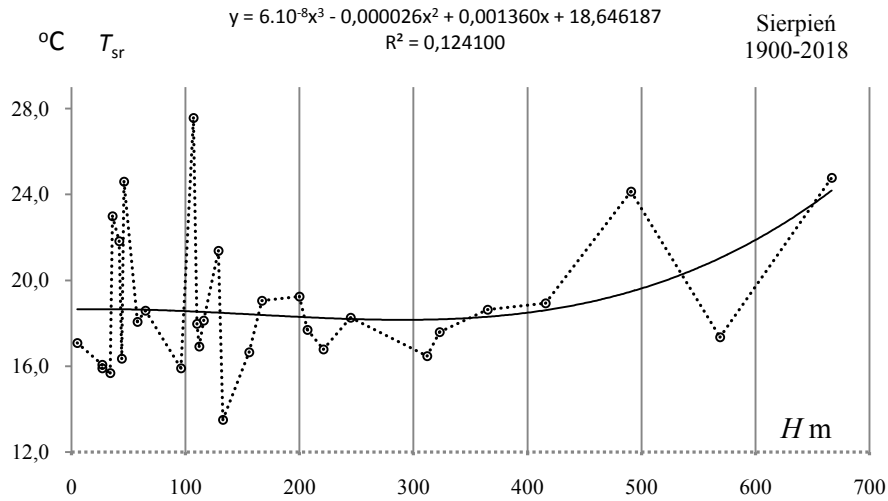


**Rys.2 8.** Profil hipsometryczny  $y(\varphi)$  prognozy górnego temperatury powietrza ( $T_{sr}+2\sigma$ ) powietrza w Europie w lipcu w latach 1900-2018

**Fig. 28.** Hypsometric profile  $y(\varphi)$  of the upper end of air temperature ( $T_{sr}+2\sigma$ ) in Europe in July in the 1900-2018 years.

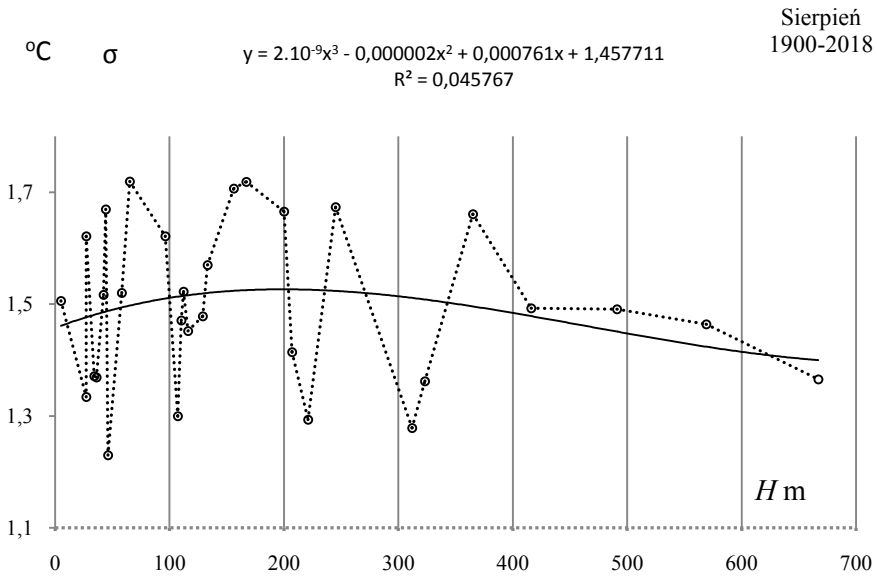


## SIERPIEŃ



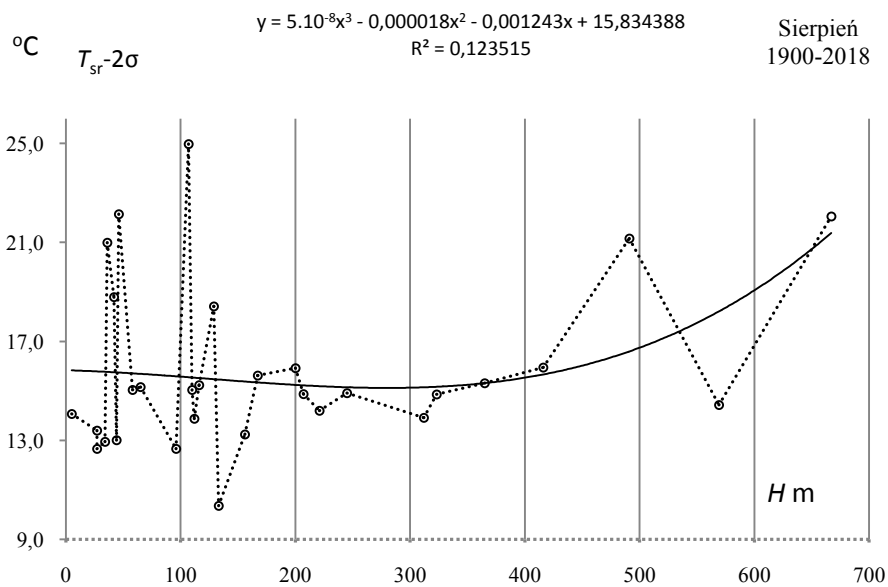
**Rys. 29.** Profil hipsometryczny średniej temperatury powietrza  $T_{sr}(\varphi)$  powietrza w Europie w sierpniu w latach 1900-2018

**Fig. 29.** Hypsometric profile of average air temperature  $T_{sr}(\varphi)$  in Europe in August in the 1900-2018 years



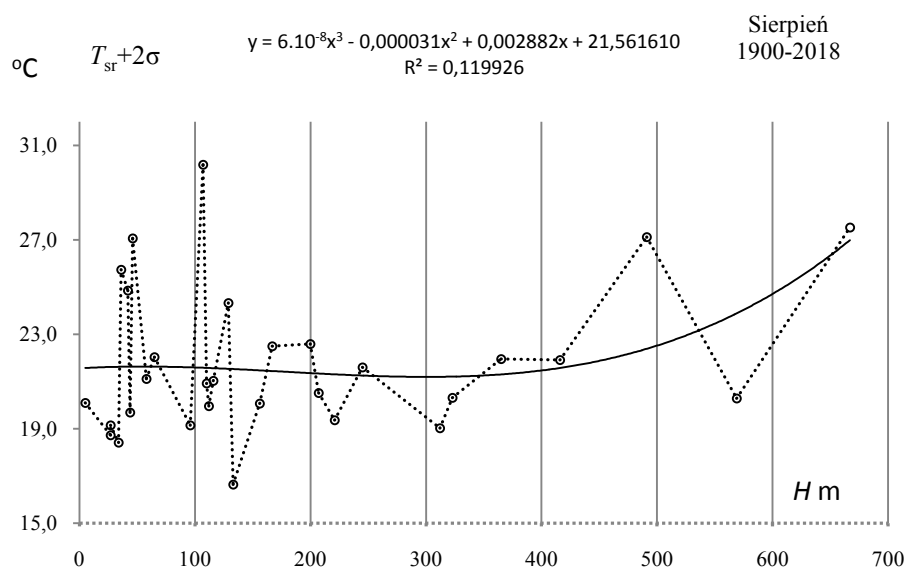
**Rys. 30.** Profil hipsometryczny odchylenia standardowego temperatury powietrza  $\sigma(\varphi)$  powietrza w Europie w sierpniu w latach 1900-2018

**Fig. 30.** Hypsometric profile of standard deviation air temperature  $\sigma(\varphi)$  in Europe in August in the 1900-2018 years



**Rys. 31.** Profil hipsometryczny  $y(\varphi)$  prognozy dolnego temperatury powietrza ( $T_{sr}-2\sigma$ ) powietrza w Europie w sierpniu w latach 1900-2018

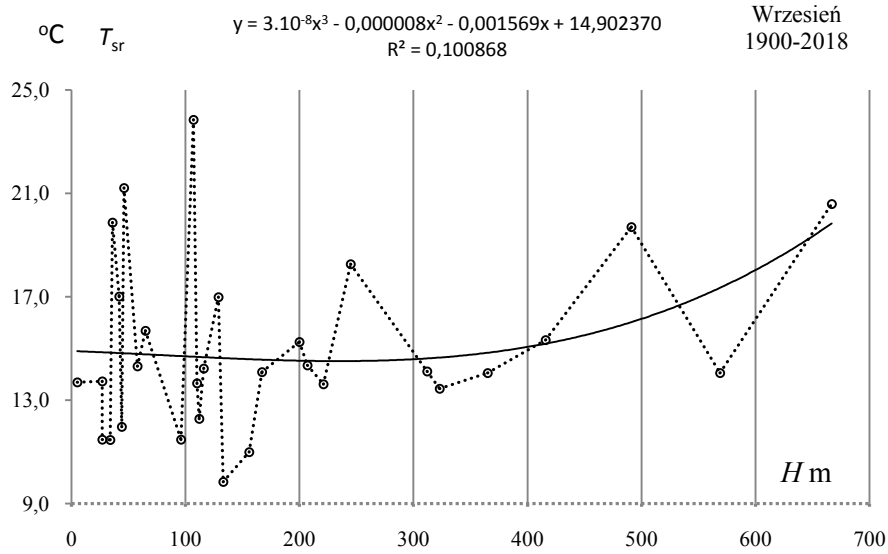
**Fig. 31.** Hypsometric profile  $y(\varphi)$  of the lower end of air temperature  $\sigma$  ( $T_{sr}-2\sigma$ ) in Europe in August in the 1900-2018 years



**Rys. 32.** Profil hipsometryczny  $y(\varphi)$  prognozy górnego temperatury powietrza ( $T_{sr}+2\sigma$ ) powietrza w Europie w sierpniu w latach 1900-2018

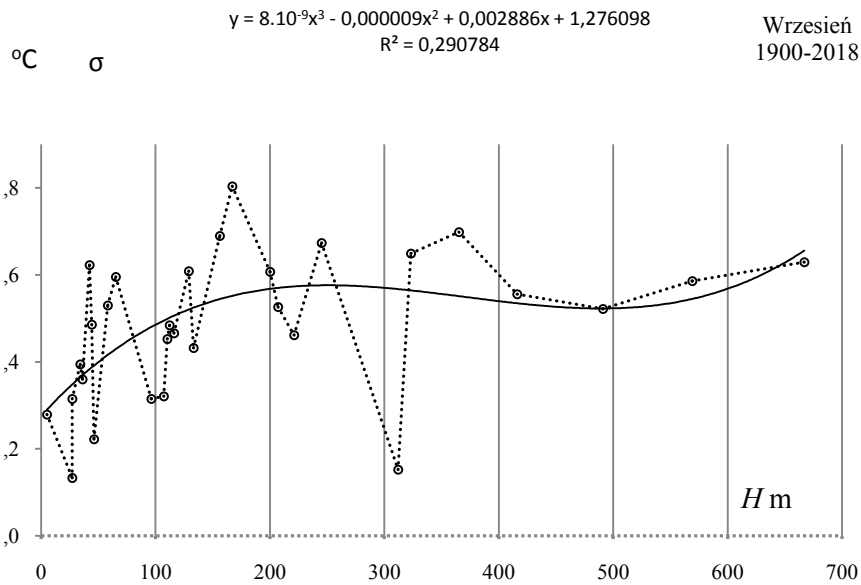
**Fig. 32.** Hypsometric profile  $y(\varphi)$  of the upper end of air temperature ( $T_{sr}+2\sigma$ ) in Europe in August in the 1900-2018 years.

## WRZESIEŃ



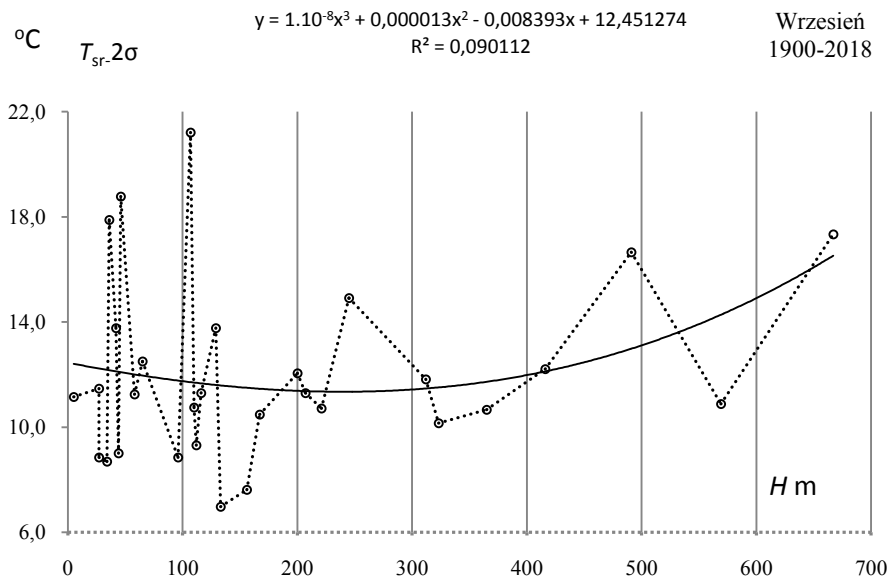
**Rys. 33.** Profil hipsometryczny średniej temperatury powietrza  $T_{sr}(\varphi)$  powietrza w Europie we wrześniu w latach 1900-2018

**Fig. 33.** Hypsometric profile of average air temperature  $T_{sr}(\varphi)$  in Europe in September in the 1900-2018 years



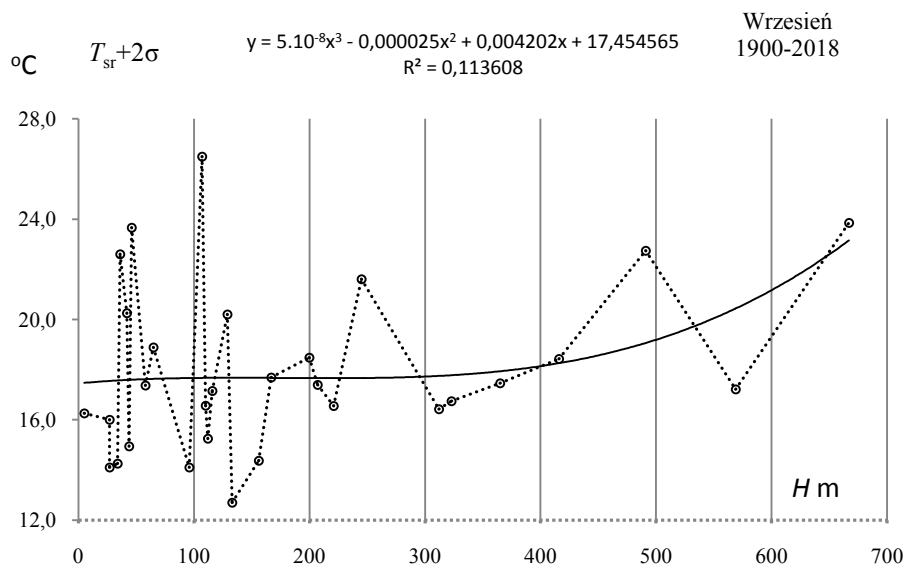
**Rys. 34.** Profil hipsometryczny odchylenia standardowego temperatury powietrza  $\sigma(\varphi)$  powietrza w Europie we wrześniu w latach 1900-2018

**Fig. 34.** Hypsometric profile of standard deviation air temperature  $\sigma(\varphi)$  in Europe in September in the 1900-2018 years



**Rys. 35.** Profil hipsometryczny  $y(\varphi)$  proggu dolnego temperatury powietrza ( $T_{sr}-2\sigma$ ) powietrza w Europie we wrześniu w latach 1900-2018

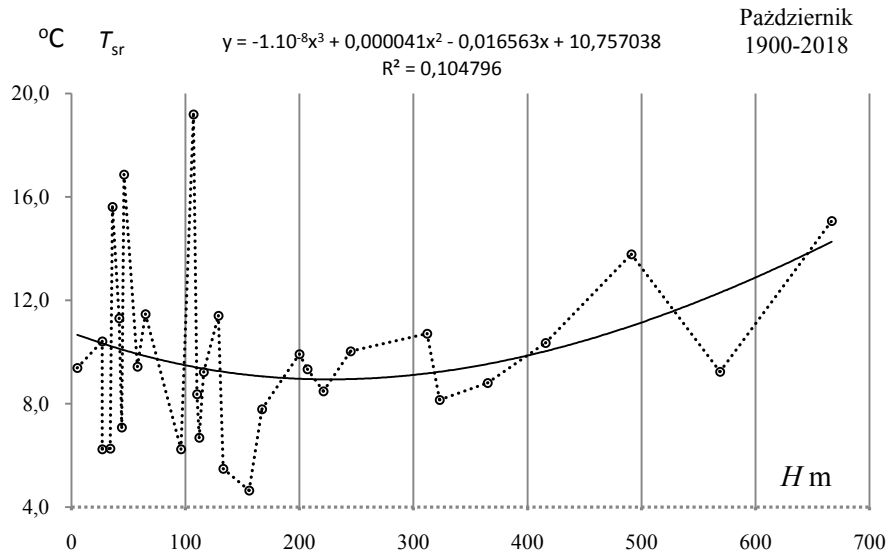
**Fig. 35.** Hypsometric profile  $y(\varphi)$  of the lower end of air temperature  $\sigma$  ( $T_{sr}-2\sigma$ ) in Europe in September in the 1900-2018 years



**Rys. 36.** Profil hipsometryczny  $y(\varphi)$  proggu górnego temperatury powietrza ( $T_{sr}+2\sigma$ ) powietrza w Europie we wrześniu w latach 1900-2018

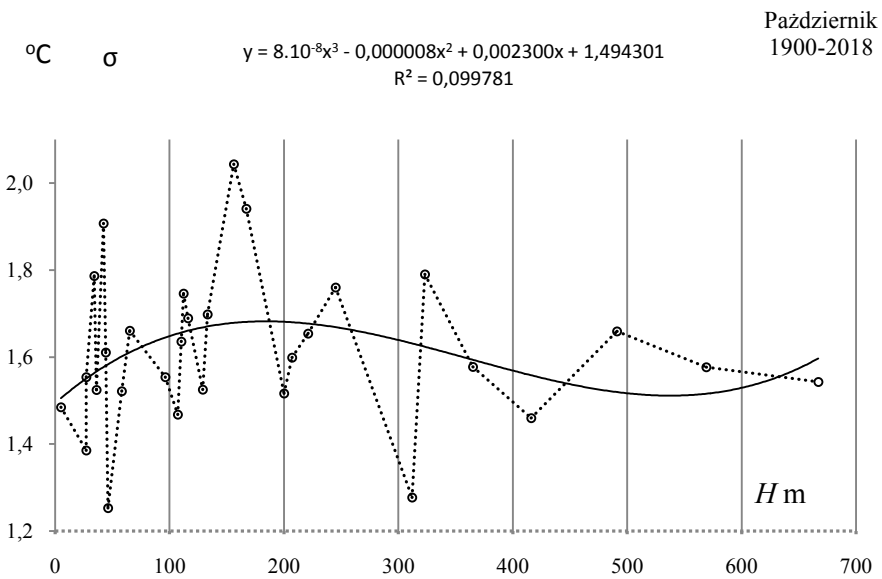
**Fig. 36.** Hypsometric profile  $y(\varphi)$  of the upper end of air temperature ( $T_{sr}+2\sigma$ ) in Europe in September in the 1900-2018 years

## PAŹDZIERNIK



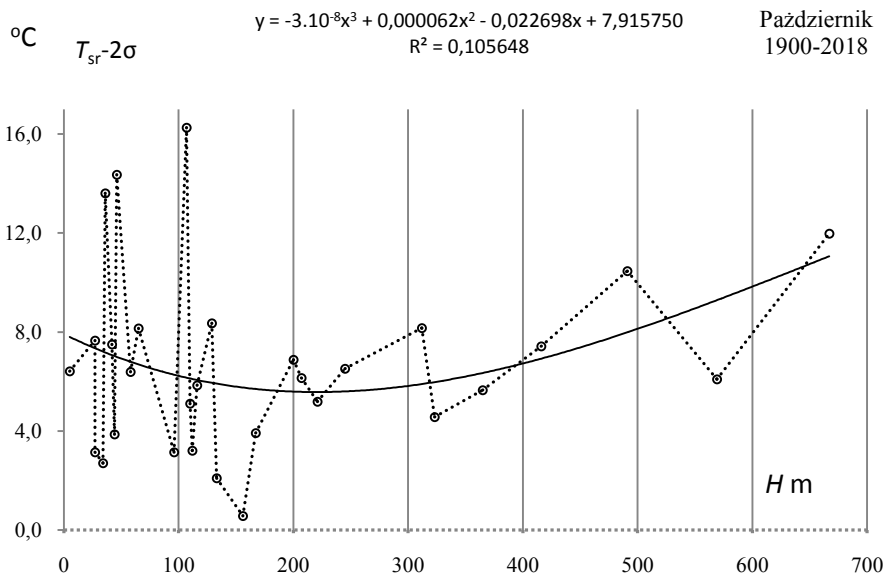
**Rys. 37.** Profil hipsometryczny średniej temperatury powietrza  $T_{sr}(\varphi)$  powietrza w Europie w październiku w latach 1900-2018

**Fig. 37.** Hypsometric profile of average air temperature  $T_{sr}(\varphi)$  in Europe in October in the 1900-2018 years



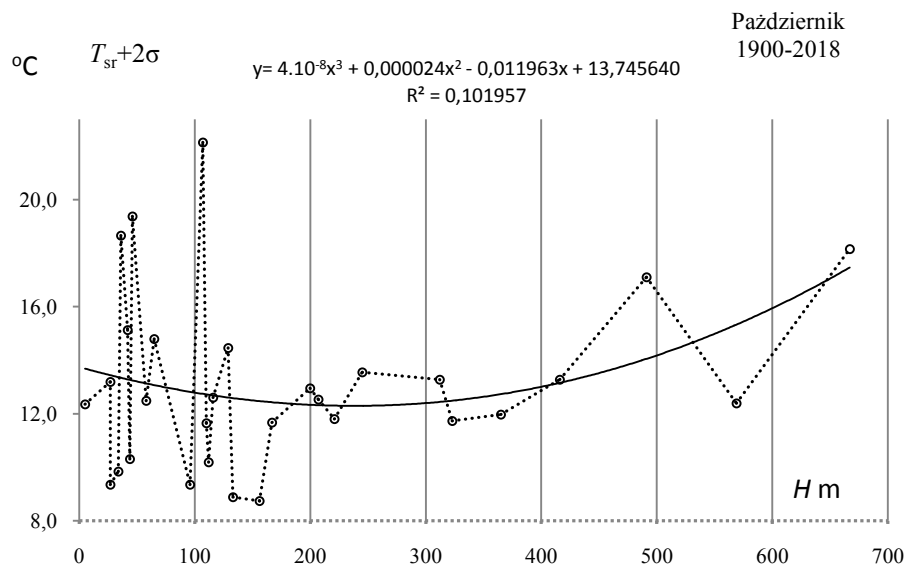
**Rys. 38.** Profil hipsometryczny odchylenia standardowego temperatury powietrza  $\sigma(\varphi)$  powietrza w Europie w październiku w latach 1900-2018

**Fig. 38.** Hypsometric profile of standard deviation air temperature  $\sigma(\varphi)$  in Europe in October in the 1900-2018 years



**Rys. 39.** Profil hipsometryczny  $y(\varphi)$  prognozy dolnego temperatury powietrza ( $T_{sr}-2\sigma$ ) powietrza w Europie w październiku w latach 1900-2018

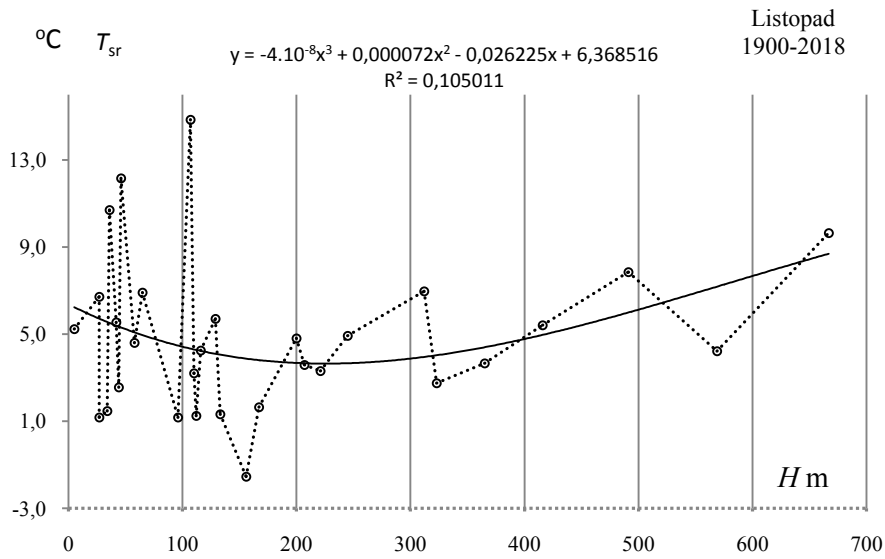
**Fig. 39.** Hypsometric profile  $y(\varphi)$  of the lower end of air temperature  $\sigma$  ( $T_{sr}-2\sigma$ ) in Europe in October in the 1900-2018 years



**Rys. 40.** Profil hipsometryczny  $y(\varphi)$  prognozy górnego temperatury powietrza ( $T_{sr}+2\sigma$ ) powietrza w Europie w październiku w latach 1900-2018

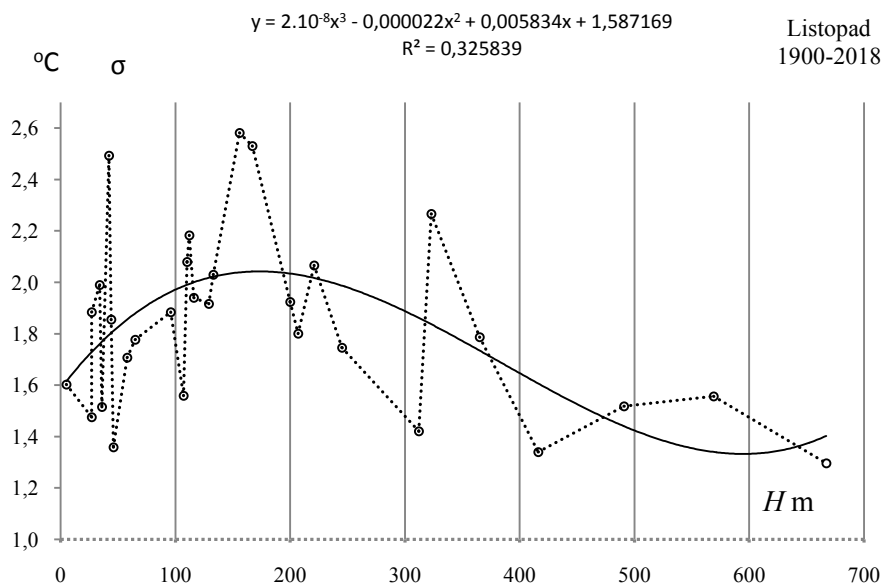
**Fig. 40.** Hypsometric profile  $y(\varphi)$  of the upper end of air temperature ( $T_{sr}+2\sigma$ ) in Europe in October in the 1900-2018 years.

## LISTOPAD



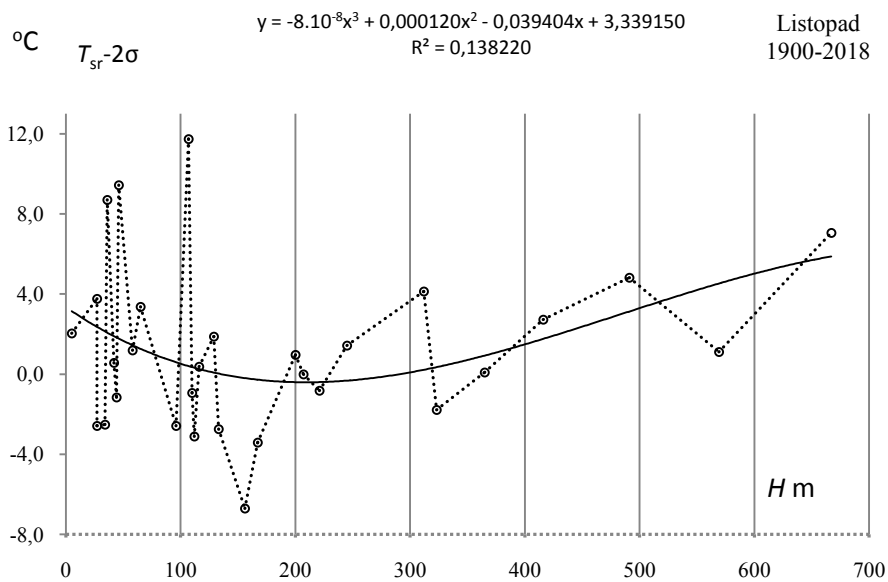
**Rys. 41.** Profil hipsometryczny średniej temperatury powietrza  $T_{sr}(\varphi)$  powietrza w Europie w listopadzie w latach 1900-2018

**Fig. 41.** Hypsometric profile of average air temperature  $T_{sr}(\varphi)$  in Europe in November in the 1900-2018 years.



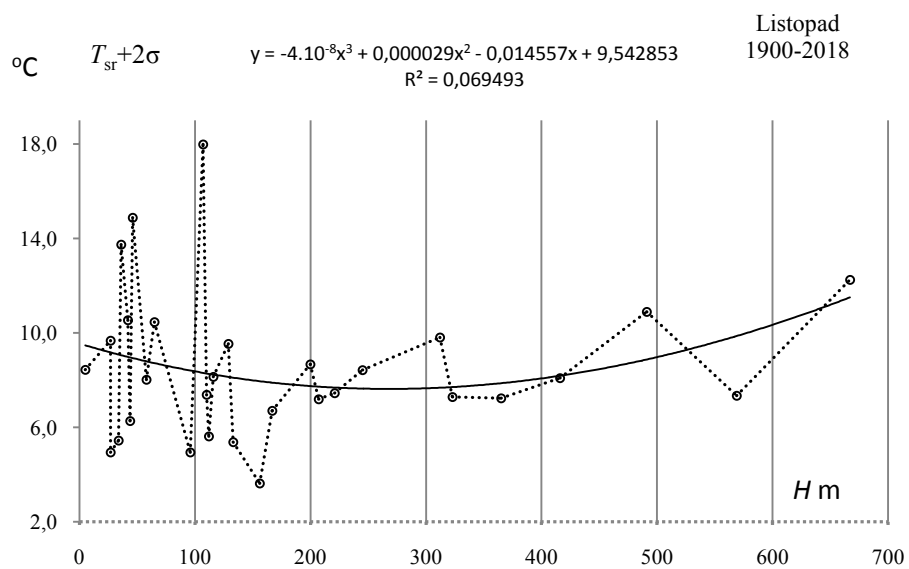
**Rys. 42.** Profil hipsometryczny odchylenia standardowego temperatury powietrza  $\sigma(\varphi)$  powietrza w Europie w listopadzie w latach 1900-2018

**Fig. 42.** Hypsometric profile of standard deviation air temperature  $\sigma(\varphi)$  in Europe in November in the 1900-2018 years.  $\sigma$



**Rys. 43.** Profil hipsometryczny  $y(\varphi)$  prognozy dolnego temperatury powietrza ( $T_{sr}-2\sigma$ ) powietrza w Europie w listopadzie w latach 1900-2018

**Fig. 43.** Hypsometric profile  $y(\varphi)$  of the lower end of air temperature  $\sigma$  ( $T_{sr}-2\sigma$ ) in Europe in November in the 1900-2018 years.

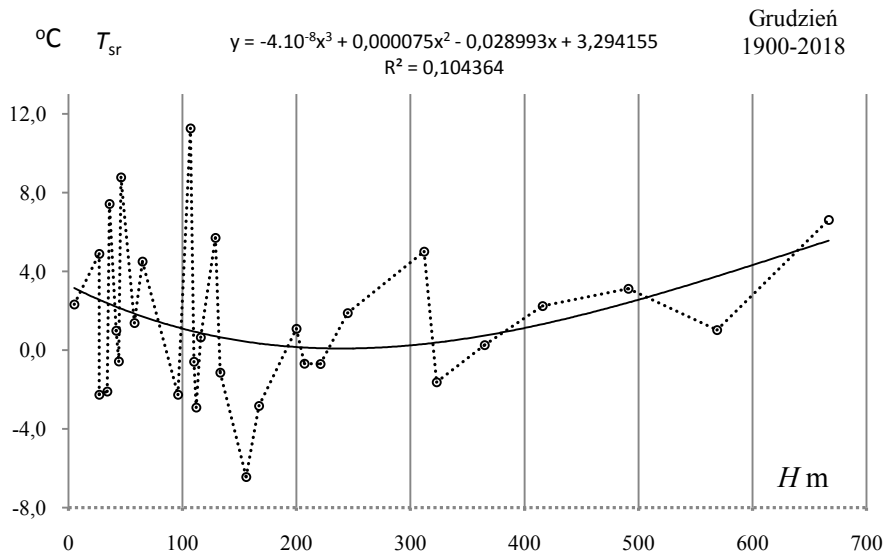


**Rys. 44.** Profil hipsometryczny  $y(\varphi)$  prognozy górnego temperatury powietrza ( $T_{sr}+2\sigma$ ) powietrza w Europie w listopadzie w latach 1900-2018

**Fig. 44.** Hypsometric profile  $y(\varphi)$  of the upper end of air temperature ( $T_{sr}+2\sigma$ ) in Europe in November in the 1900-2018 years.

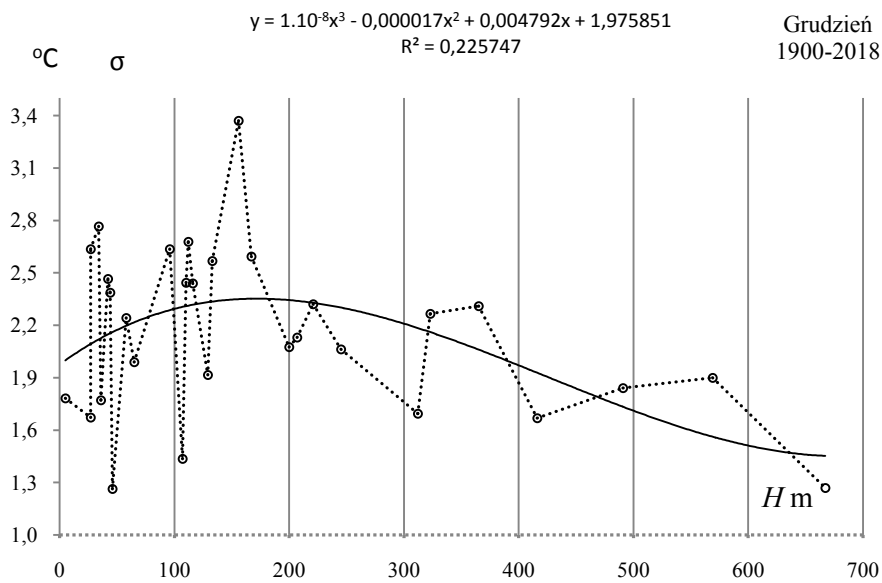


## GRUDZIEŃ



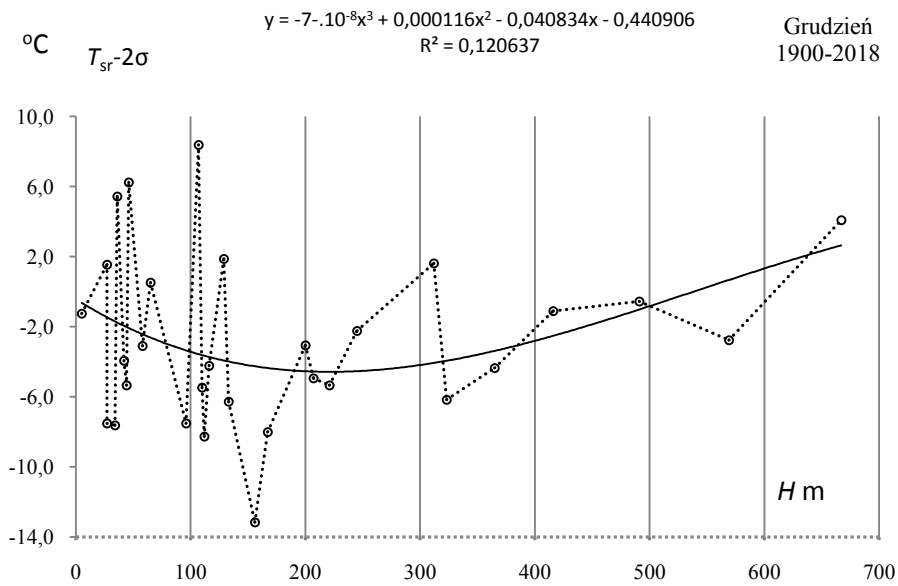
**Rys. 45.** Profil hipsometryczny średniej temperatury powietrza  $T_{sr}(\phi)$  powietrza w Europie w grudniu w latach 1900-2018

**Fig. 45.** Hypsometric profile of average air temperature  $T_{sr}(\phi)$  in Europe in December in the 1900-2018 years



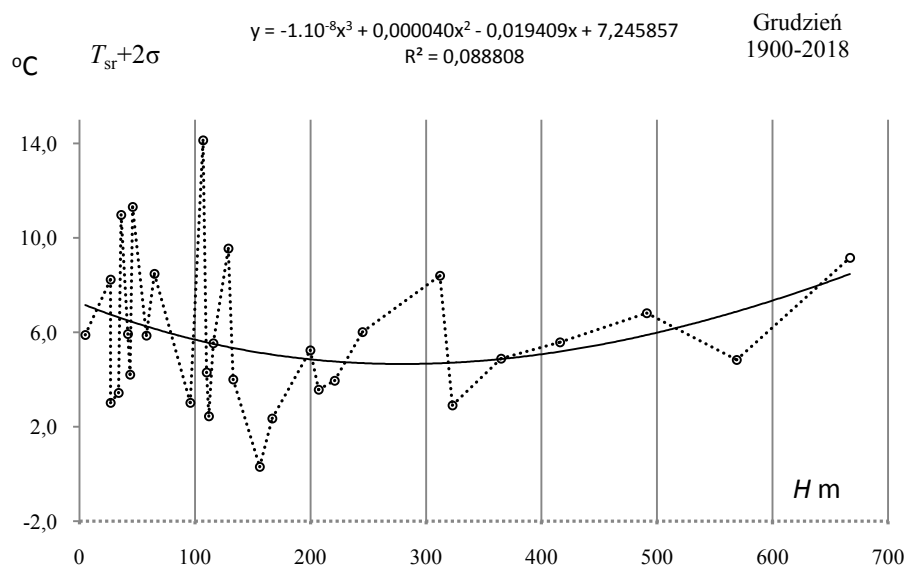
**Rys. 46.** Profil hipsometryczny odchylenia standardowego temperatury powietrza  $\sigma(\phi)$  powietrza w Europie w grudniu w latach 1900-2018

**Fig. 46.** Hypsometric profile of standard deviation air temperature  $\sigma(\phi)$  in Europe in December in the 1900-2018 years



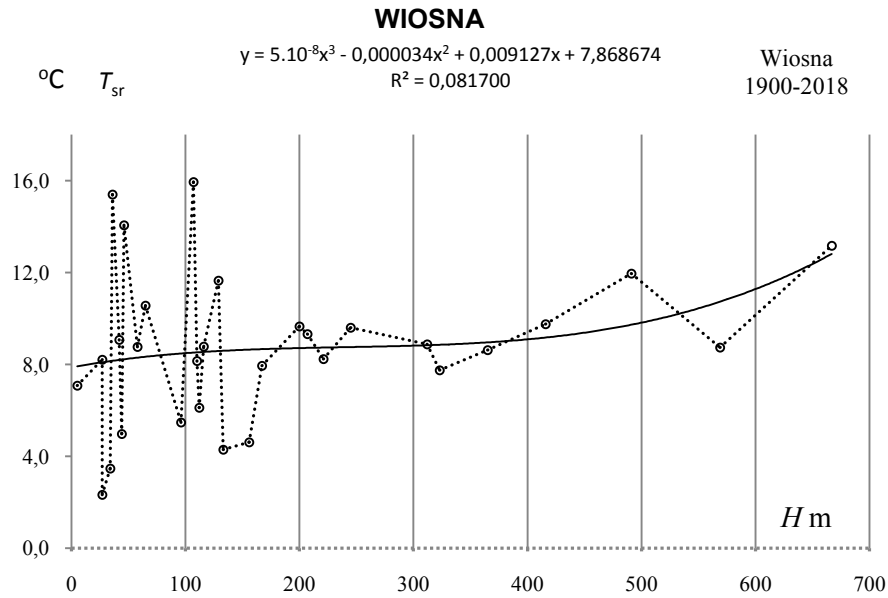
**Rys. 47.** Profil hipsometryczny  $y(\varphi)$  prognozy dolnego temperatury powietrza ( $T_{sr}-2\sigma$ ) powietrza w Europie w grudniu w latach 1900-2018

**Fig. 47.** Hypsometric profile  $y(\varphi)$  of the lower end of air temperature  $\sigma$  ( $T_{sr}-2\sigma$ ) in Europe in December in the 1900-2018 years



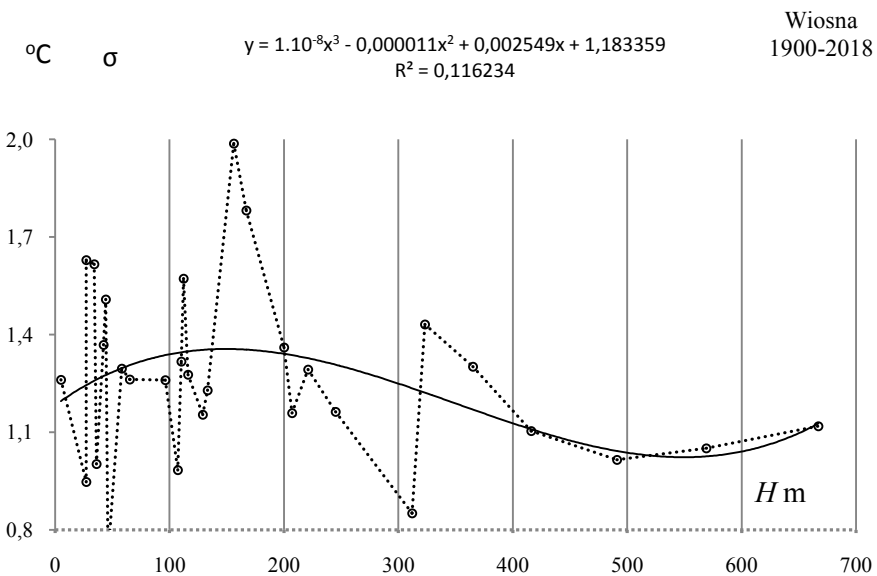
**Rys. 48.** Profil hipsometryczny  $y(\varphi)$  prognozy górnego temperatury powietrza ( $T_{sr}+2\sigma$ ) powietrza w Europie w grudniu w latach 1900-2018

**Fig. 48.** Hypsometric profile  $y(\varphi)$  of the upper end of air temperature ( $T_{sr}+2\sigma$ ) in Europe in December in the 1900-2018 years.



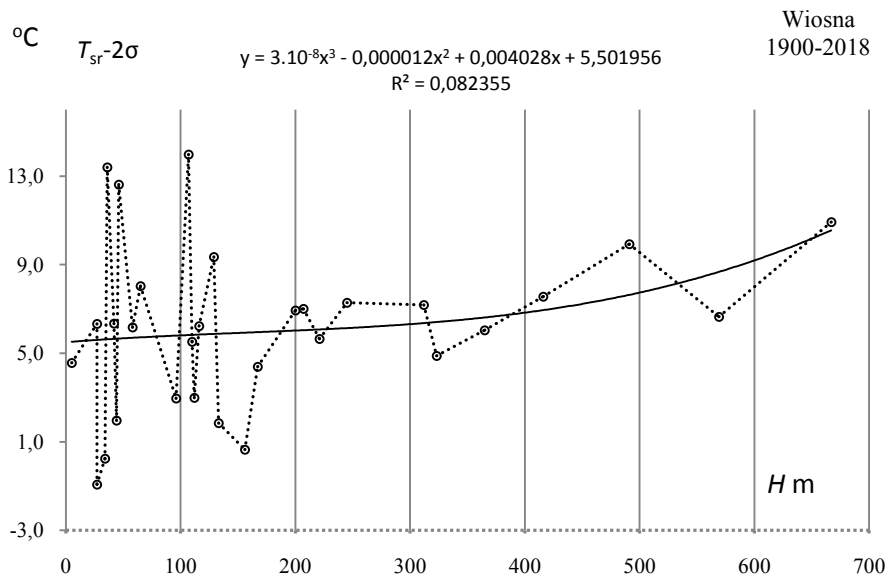
**Rys. 49.** Profil hipsometryczny średniej temperatury powietrza  $T_{sr}(\varphi)$  powietrza w Europie wiosną w latach 1900-2018

**Fig. 49.** Hypsometric profile of average air temperature  $T_{sr}(\varphi)$  in Europe in Spring in the 1900-2018 years.



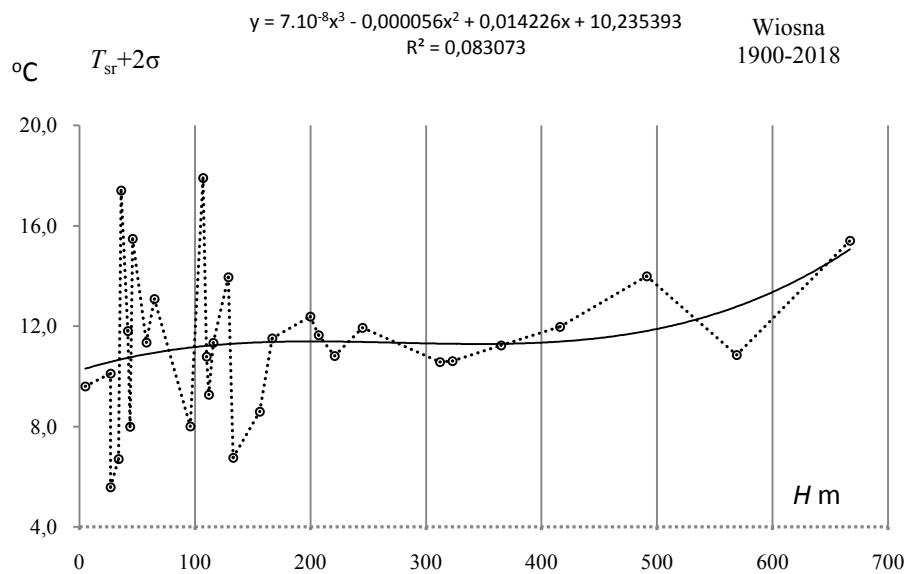
**Rys. 50.** Profil hipsometryczny odchylenia standardowego temperatury powietrza  $\sigma(\varphi)$  powietrza w Europie wiosną w latach 1900-2018

**Fig. 50.** Hypsometric profile of standard deviation air temperature  $\sigma(\varphi)$  in Europe in Spring in the 1900-2018 years.  $\sigma$



**Rys. 51.** Profil hipsometryczny  $y(\varphi)$  proggu dolnego temperatury powietrza ( $T_{sr}-2\sigma$ ) powietrza w Europie wiosną w latach 1900-2018

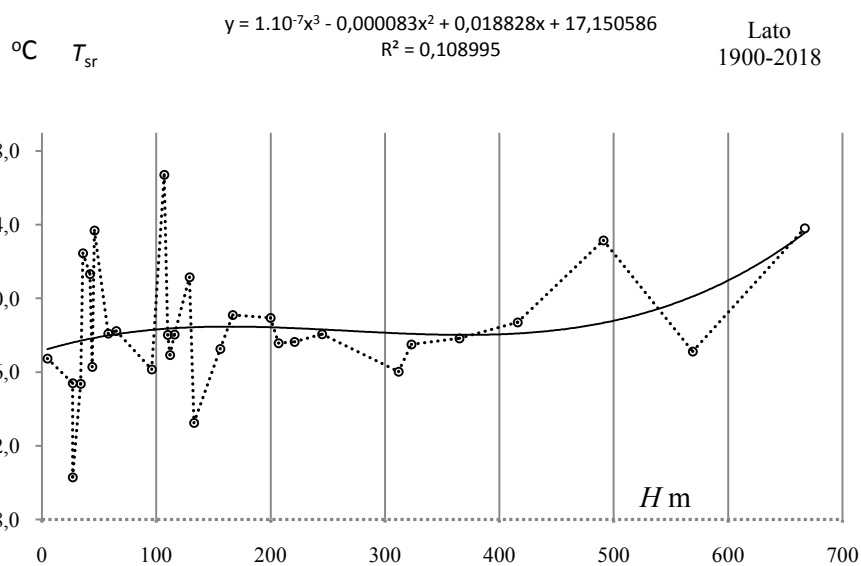
**Fig. 51.** Hypsometric profile  $y(\varphi)$  of the lower end of air temperature  $\sigma$  ( $T_{sr}-2\sigma$ ) in Europe in Spring in the 1900-2018 years.



**Rys. 52.** Profil hipsometryczny  $y(\varphi)$  proggu górnego temperatury powietrza ( $T_{sr}+2\sigma$ ) powietrza w Europie wiosną w latach 1900-2018

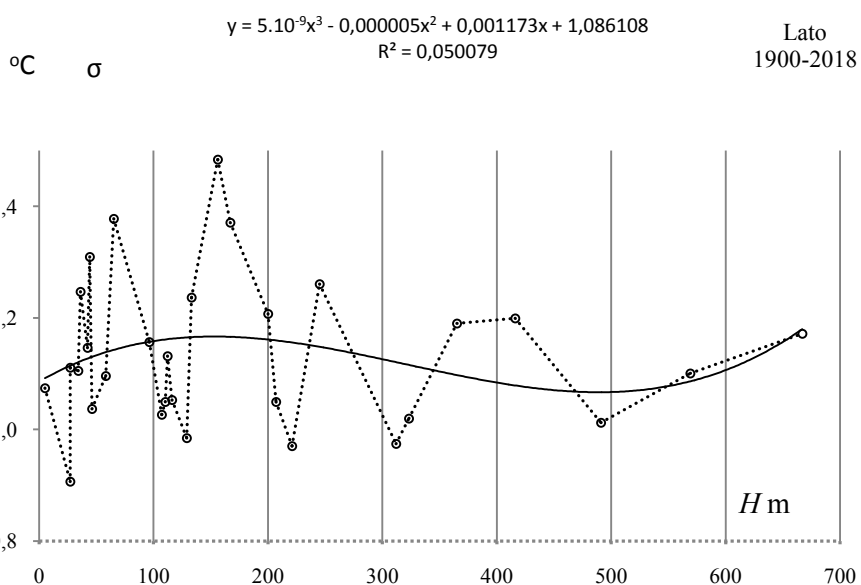
**Fig. 52.** Hypsometric profile  $y(\varphi)$  of the upper end of air temperature ( $T_{sr}+2\sigma$ ) in Europe in Spring in the 1900-2018 years.

## LATO



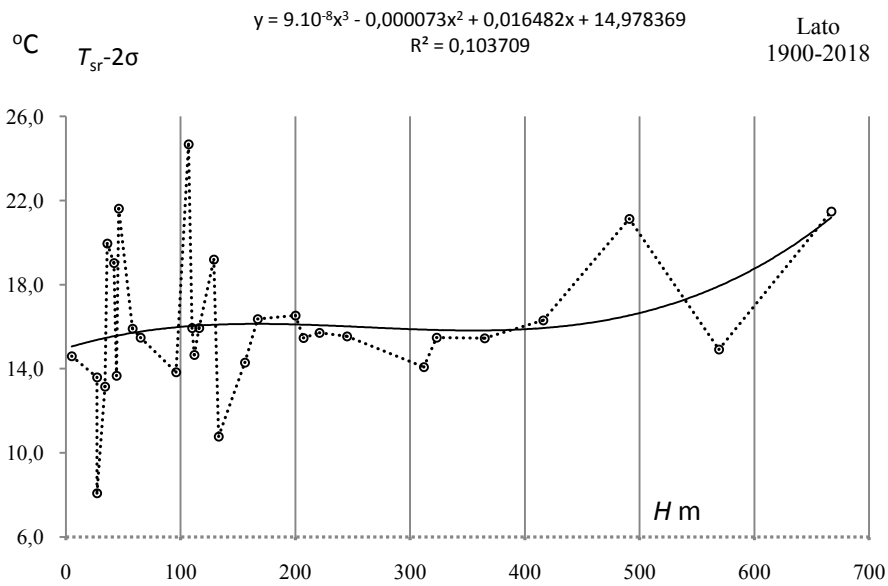
**Rys. 53.** Profil hipsometryczny średniej temperatury powietrza  $T_{sr}(\phi)$  powietrza w Europie w lecie w latach 1900-2018

**Fig. 53** Hypsometric profile of average air temperature  $T_{sr}(\phi)$  in Europe in Summer in the 1900-2018 years



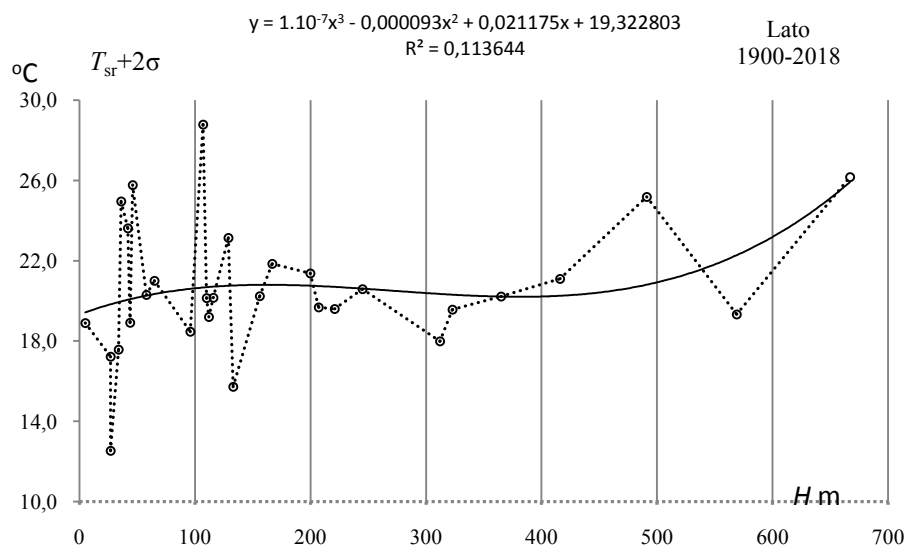
**Rys. 54.** Profil hipsometryczny odchylenia standardowego temperatury powietrza  $\sigma(\phi)$  powietrza w Europie w lecie w latach 1900-2018

**Fig. 64.** Hypsometric profile of standard deviation air temperature  $\sigma(\phi)$  in Europe in Summer in the 1900-2018 years



**Rys. 55.** Profil hipsometryczny  $y(\varphi)$  proggu dolnego temperatury powietrza ( $T_{sr}-2\sigma$ ) powietrza w Europie w lecie w latach 1900-2018

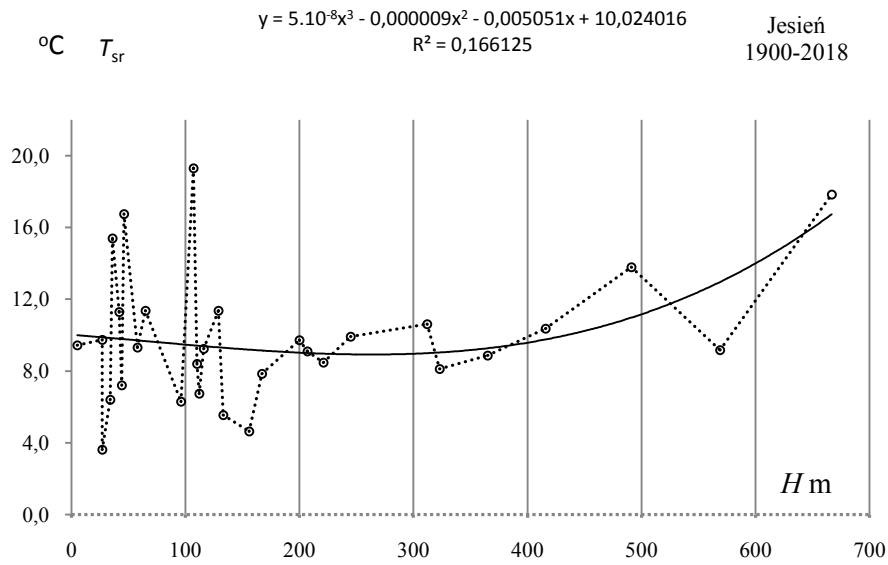
**Fig. 55.** Hypsometric profile  $y(\varphi)$  of the lower end of air temperature  $\sigma$  ( $T_{sr}-2\sigma$ ) in Europe in Summer in the 1900-2018 years



**Rys. 56.** Profil hipsometryczny  $y(\varphi)$  proggu górnego temperatury powietrza ( $T_{sr}+2\sigma$ ) powietrza w Europie w lecie w latach 1900-2018

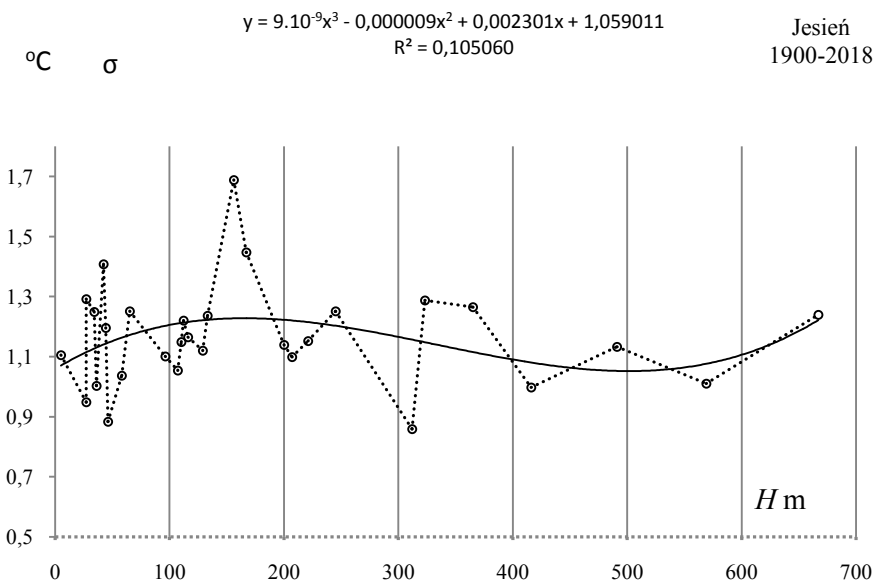
**Fig. 56.** Hypsometric profile  $y(\varphi)$  of the upper end of air temperature ( $T_{sr}+2\sigma$ ) in Europe in Summer in the 1900-2018 years.

## JESIEŃ



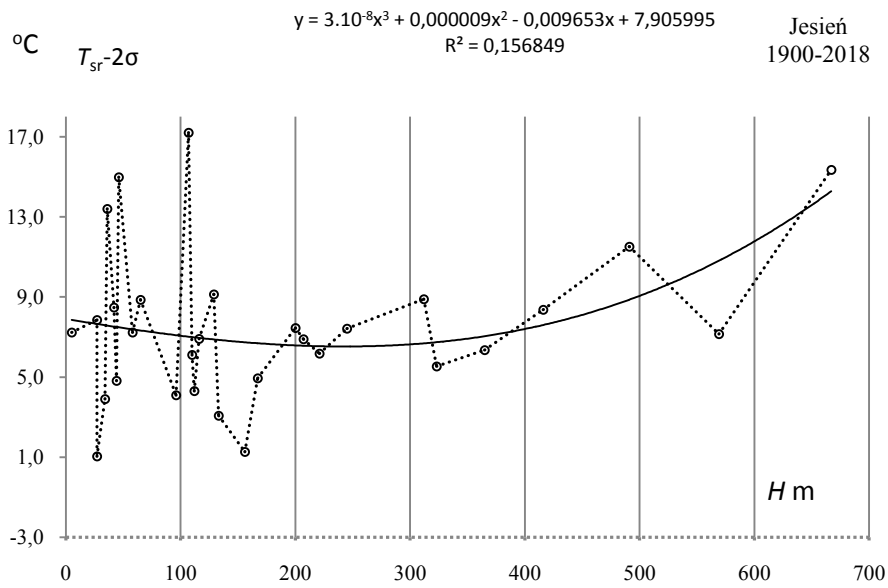
**Rys. 57.** Profil hipsometryczny średniej temperatury powietrza  $T_{sr}$  ( $\varphi$ ) powietrza w Europie jesienią w latach 1900-2018

**Fig. 57.** Hypsometric profile of average air temperature  $T_{sr}$  ( $\varphi$ ) in Europe in Autumn in the 1900-2018 years



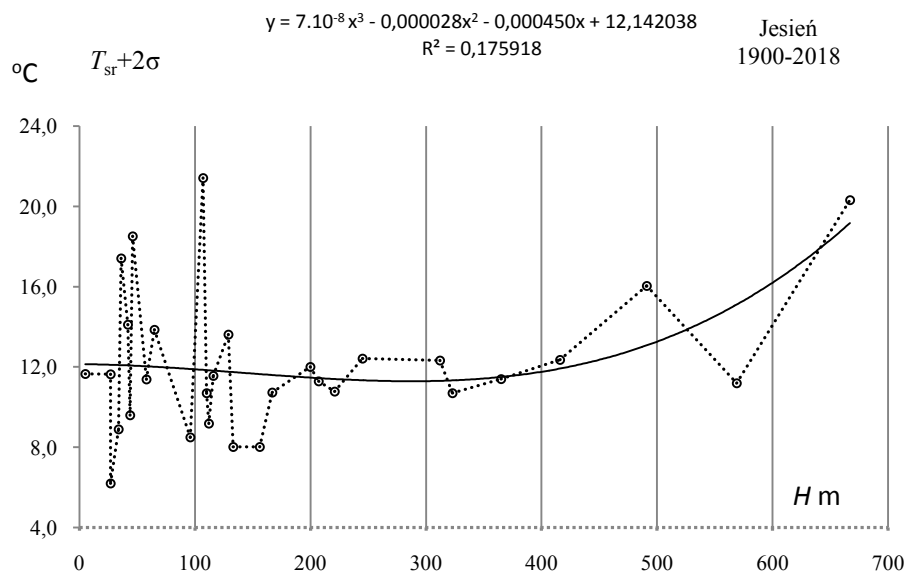
**Rys. 58.** Profil hipsometryczny odchylenia standardowego temperatury powietrza  $\sigma$  ( $\varphi$ ) powietrza w Europie jesienią w latach 1900-2018

**Fig. 58.** Hypsometric profile of standard deviation air temperature  $\sigma$  ( $\varphi$ ) in Europe in Autumn in the 1900-2018 years



**Rys. 59.** Profil hipsometryczny  $y(\varphi)$  proggu dolnego temperatury powietrza ( $T_{sr}-2\sigma$ ) powietrza w Europie jesienią w latach 1900-2018

**Fig. 59.** Hypsometric profile  $y(\varphi)$  of the lower end of air temperature  $\sigma$  ( $T_{sr}-2\sigma$ ) in Europe in Autumn in the 1900-2018 years

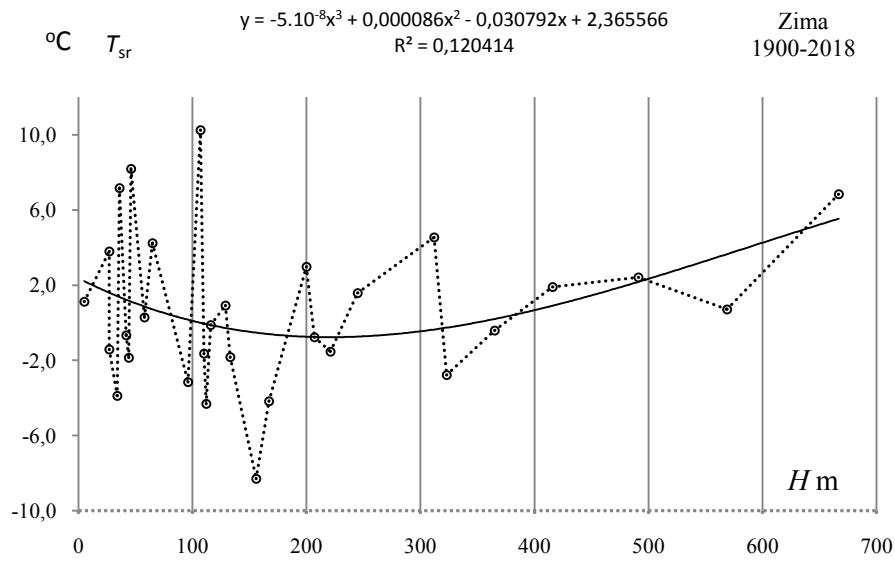


**Rys. 60.** Profil hipsometryczny  $y(\varphi)$  proggu górnego temperatury powietrza ( $T_{sr}+2\sigma$ ) powietrza w Europie jesienią w latach 1900-2018

**Fig. 60.** Hypsometric profile  $y(\varphi)$  of the upper end of air temperature ( $T_{sr}+2\sigma$ ) in Europe in Autumn in the 1900-2018 years.

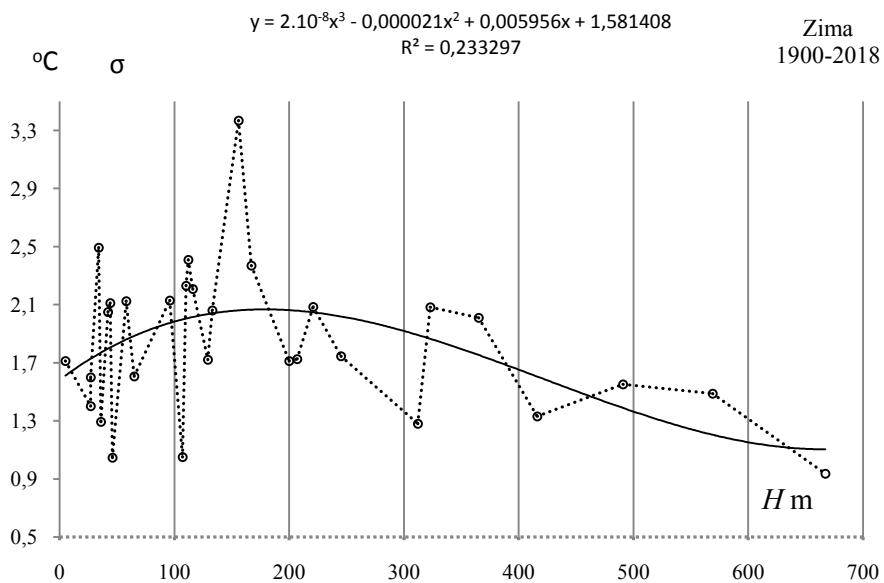


## ZIMA



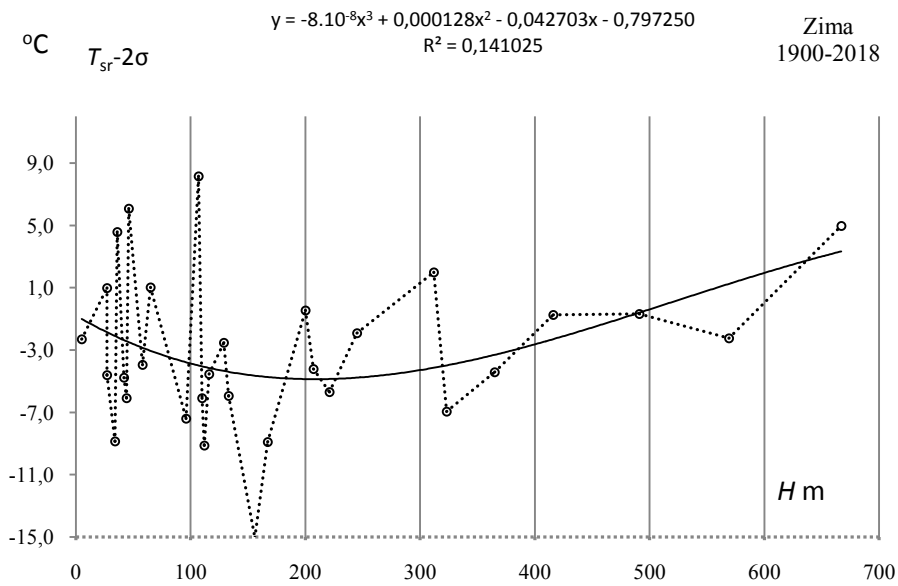
**Rys. 61.** Profil hipsometryczny średniej temperatury powietrza  $T_{sr}(\varphi)$  powietrza w Europie w zimie w latach 1900-2018

**Fig. 61.** Hypsometric profile of average air temperature  $T_{sr}(\varphi)$  in Europe in Winter in the 1900-2018 years



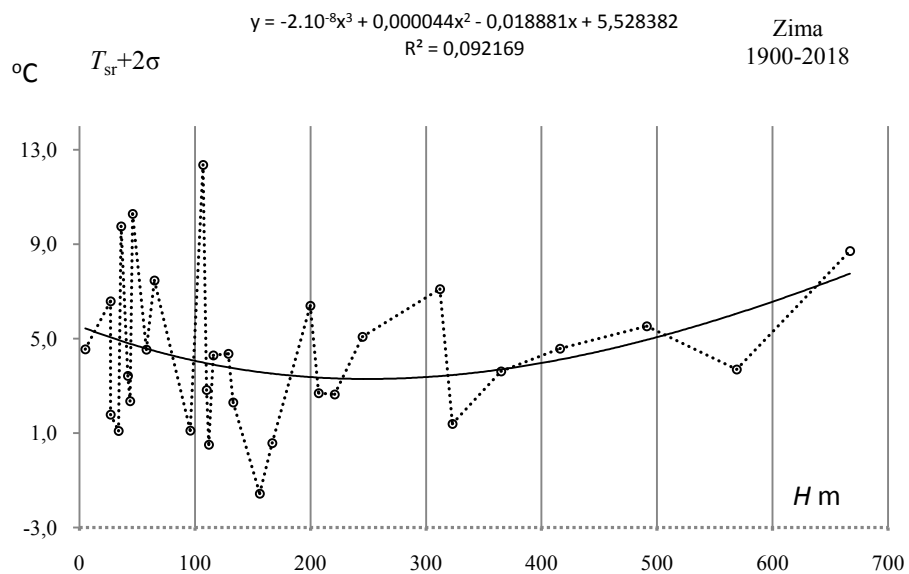
**Rys. 62.** Profil hipsometryczny odchylenia standardowego temperatury powietrza  $\sigma(\varphi)$  powietrza w Europie w zimie w latach 1900-2018

**Fig. 62.** Hypsometric profile of standard deviation air temperature  $\sigma(\varphi)$  in Europe in Winter in the 1900-2018 years



**Rys. 63.** Profil hipsometryczny  $y(\varphi)$  prognozy dolnego temperatury powietrza ( $T_{sr}-2\sigma$ ) powietrza w Europie w zimie w latach 1900-2018

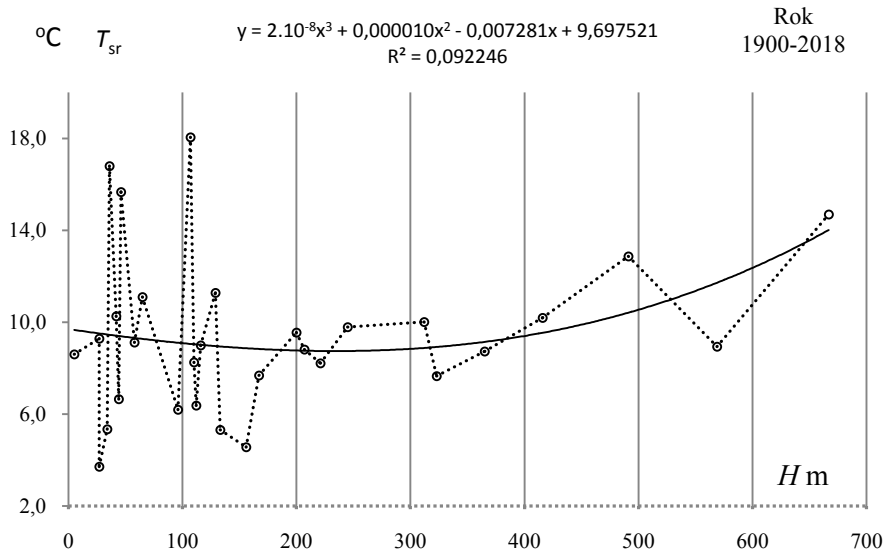
**Fig. 63.** Hypsometric profile  $y(\varphi)$  of the lower end of air temperature  $\sigma$  ( $T_{sr}-2\sigma$ ) in Europe in Winter in the 1900-2018 years



**Rys. 64.** Profil hipsometryczny  $y(\varphi)$  prognozy górnego temperatury powietrza ( $T_{sr}+2\sigma$ ) powietrza w Europie w zimie w latach 1900-2018

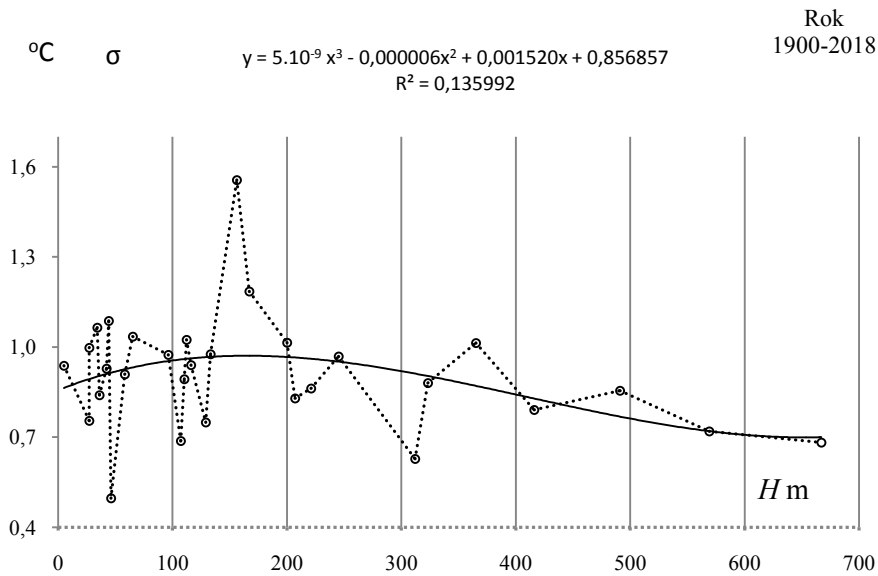
**Fig. 164.** Hypsometric profile  $y(\varphi)$  of the upper end of air temperature ( $T_{sr}+2\sigma$ ) in Europe in Winter in the 1900-2018 years

## ROK



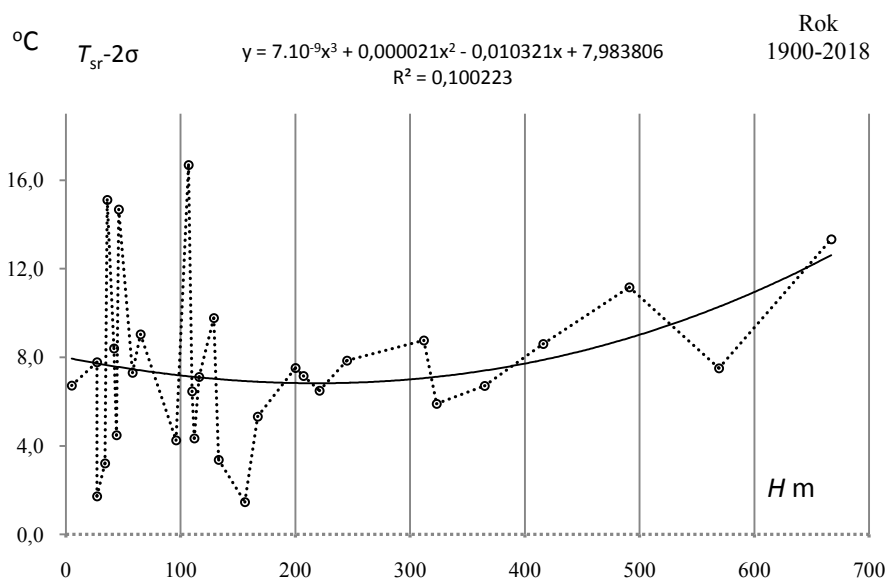
**Rys. 65.** Profil hipsometryczny średniej temperatury powietrza  $T_{sr}(\varphi)$  powietrza w Europie w roku w latach 1900-2018

**Fig. 65.** Hypsometric profile of average air temperature  $T_{sr}(\varphi)$  in Europe in Year in the 1900-2018 years



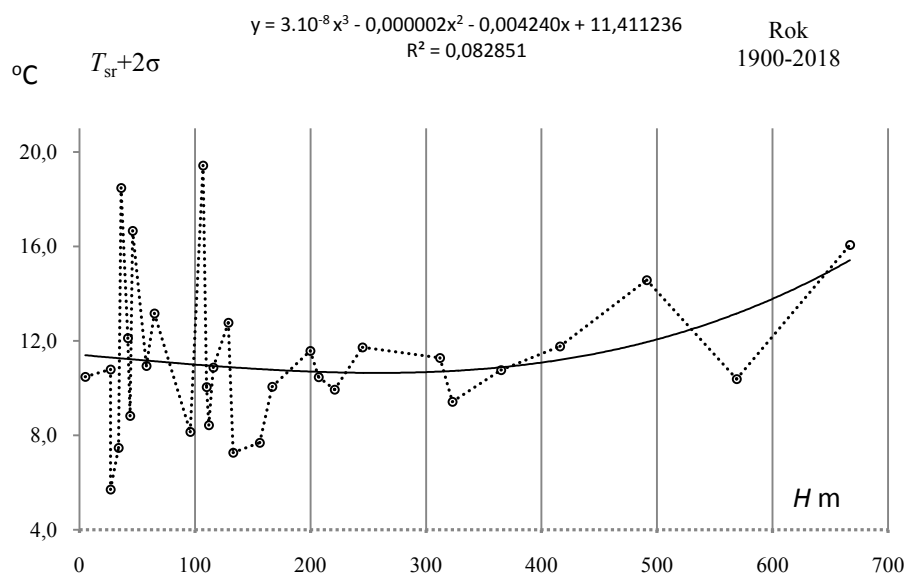
**Rys. 66.** Profil hipsometryczny odchylenia standardowego temperatury powietrza  $\sigma(\varphi)$  powietrza w Europie w roku w latach 1900-2018

**Fig. 66.** Hypsometric profile of standard deviation air temperature  $\sigma(\varphi)$  in Europe in Year in the 1900-2018 years



**Rys. 67.** Profil hipsometryczny  $y(\varphi)$  prognozy dolnego temperatury powietrza ( $T_{sr}-2\sigma$ ) powietrza w Europie w roku w latach 1900-2018

**Fig. 67.** Hypsometric profile  $y(\varphi)$  of the lower end of air temperature  $\sigma(T_{sr}-2\sigma)$  in Europe in Year in the 1900-2018 years



**Rys. 68.** Profil hipsometryczny  $y(\varphi)$  prognozy górnego temperatury powietrza ( $T_{sr}+2\sigma$ ) powietrza w Europie w roku w latach 1900-2018

**Fig. 68.** Hypsometric profile  $y(\varphi)$  of the upper end of air temperature ( $T_{sr}+2\sigma$ ) in Europe in Year in the 1900-2018 years.

## IX. PROFILE TRENDU TEMPERATURY POWIETRZA (°C/100 LAT) W EUROPIE W LATACH 1900-2018 (RÓWNOLEŻNIKOWE, POŁUDNIKOWE I HIPSOMETRYCZNE)

Trend temperatury powietrza ( $y$ ) w 30 miastach Europy określają równania *prostych* regresji względem czasu ( $x$ ) w Atlasie XLI:

$$y = ax + b \quad (1)$$

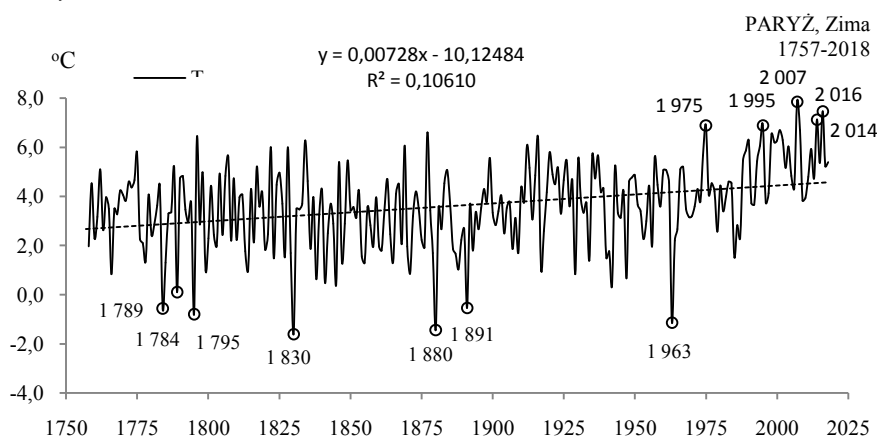
Boryczka J., Stopa-Boryczka M., 2020, *Atlas współzależności parametrów meteorologicznych i geograficznych w Polsce*, t. XLI. *Anomalie temperatury powietrza w Europie w ostatnich stuleciach (XVIII-XXI)* (red. M. Stopa-Boryczka, J. Boryczka, J. Wawer, W. Żakowski), Wyd. UW, Warszawa, ss. 606.

Na przykład w Paryżu w zimie latach 1757-2018 (str. 313) równanie prostej regresji o współczynniku determinacji  $R^2$  wyraża trend  $a = 0,728$  °C/100 lat (rys. 1):

$$y = 0,00728x - 10,12484, \quad R^2 = 0,10610 \quad (2)$$

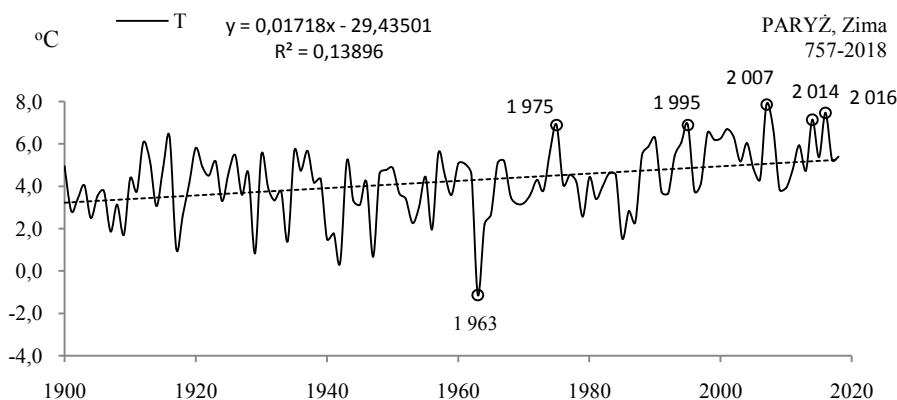
Natomiast w latach 1900-2018, trend liniowy wynosi 1,718 °C/100lat :

$$y = 0,01718x - 29,43501, \quad R^2 = 0,13896 \quad (3)$$



**Rys. 1.** Zmiany temperatury powietrza w Paryżu w zimie w latach 1757-2018

**Fig. 1.** Changes of air temperature in Paris in Winter in the 1757-2018 years



**Rys. 2.** Zmiany temperatury powietrza w Paryżu w zimie w latach 1900-2018

**Fig. 2.** Changes of air temperature in Paris in Winter in the 19007-2018 years

Trendy liniowe temperatury powietrza w 30 miastach Europy w poszczególnych miesiącach, porach roku i roku podano w tab. 1a-1b.

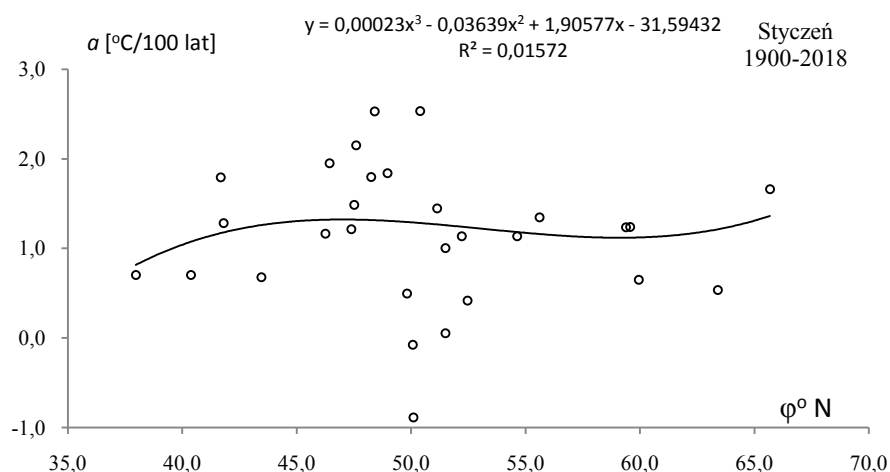
**Table 1a.** Trendu temperatury powietrza ( $a$ , °C/100 lat) w Europie w latach 1900-2018  
**Table 1a.** Air temperature trend ( $a$ , °C/100 years) in Europe in the 1900-2018 years

		$\varphi^\circ$	$\lambda^\circ$	H m	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
1	Akureyri	65,68	-18,08	27	1,663	1,954	1,852	1,632	0,870	0,079	0,378	1,540	0,510
2	Trondheim	63,40	10,50	133	0,538	0,427	1,047	1,186	1,576	0,921	0,760	1,475	1,723
3	Oslo	59,95	10,72	96	0,653	0,455	1,326	1,169	1,299	0,380	0,255	1,167	1,044
4	Sztokholm	59,57	18,10	44	1,240	0,805	1,375	0,864	0,971	0,235	0,219	0,240	0,222
5	Tallinn	59,38	24,58	34	1,237	1,439	2,090	1,994	2,512	1,460	0,675	1,228	0,660
6	Kopenhaga	55,62	12,65	5	1,349	1,205	1,367	1,189	0,966	0,473	0,726	0,594	0,477
7	Moskwa	55,83	37,62	156	3,607	3,688	4,168	3,195	2,824	1,608	2,269	1,838	1,529
8	Londyn	51,50	-0,09	27	1,007	0,798	1,339	1,445	1,321	1,602	1,777	1,948	1,400
9	Greenwich	51,50	0,00	312	0,053	-0,021	0,643	0,336	-0,661	-0,432	-0,565	-0,100	-0,087
10	Berlin	52,47	13,30	58	0,420	0,525	0,554	1,265	0,403	0,319	0,613	1,357	0,477
11	Warszawa	52,22	21,03	110	1,138	1,160	1,384	1,851	1,320	1,165	1,184	1,916	0,885
12	Wilno	54,63	25,10	112	1,139	1,209	1,292	1,787	0,691	-0,020	0,463	1,162	0,375
13	Praga	50,10	14,25	365	-0,887	-0,747	-0,734	-0,127	-1,080	-1,435	-1,201	-0,332	-1,054
14	Wrocław	51,13	16,98	116	1,448	1,670	1,668	2,094	1,437	1,303	1,467	2,224	1,251
15	Kraków	50,07	19,95	221	-0,076	-0,192	0,121	0,984	0,179	0,224	0,178	0,894	-0,143
16	Kijów	50,40	30,57	167	2,535	3,063	2,946	3,135	1,730	1,571	2,010	2,183	1,388
17	Paryż	48,97	2,45	65	1,841	1,648	2,193	1,927	1,238	1,801	2,054	2,475	1,840
18	Wiedeń	48,25	16,37	200	1,798	2,026	2,056	2,675	2,246	2,534	2,614	3,024	1,868
19	Innsbruck	48,40	17,15	207	2,531	1,877	0,988	1,163	1,036	1,203	1,481	2,066	0,510
20	Lwów	49,82	23,95	323	0,499	0,853	0,544	1,254	0,133	0,154	0,216	0,765	-0,134
21	Bazylea	47,60	7,60	245	2,152	2,024	2,518	1,993	1,414	1,803	1,913	2,606	2,082
22	Zurich	47,38	8,57	569	1,217	0,786	1,218	1,098	0,549	0,794	1,191	1,577	0,624
23	Budapeszt	47,52	19,03	129	1,489	1,400	1,093	1,529	0,700	0,831	0,770	1,465	0,782
24	Genewa	46,25	6,13	416	1,166	0,952	1,155	0,950	0,489	0,835	1,060	1,233	0,618
25	Odessa	46,43	30,77	42	1,955	2,218	2,107	1,804	0,988	0,874	0,760	1,492	0,674
26	Marsylia	43,45	5,23	36	0,679	0,568	1,214	1,615	1,819	2,604	2,831	2,436	1,226
27	Rzym	41,80	12,00	46	1,283	0,676	0,357	0,139	-0,067	0,176	0,428	0,913	0,187
28	Madryt	40,38	-3,79	667	0,705	0,528	1,317	0,316	0,589	1,953	1,788	1,437	1,775
29	Tbilisi	41,68	44,95	491	1,795	1,459	1,459	1,282	1,071	1,546	1,413	1,635	1,456
30	Ateny	37,97	23,72	107	0,706	0,612	0,612	1,015	1,180	1,819	1,238	1,238	0,517

**Tabela 1b.** Trend temperatury powietrza ( $a$ , °C/100 lat) w Europie w latach 1900-2018  
**Table 1b.** Air temperature trend ( $a$ , °C/100 years) in Europe in the 1900-2018 years

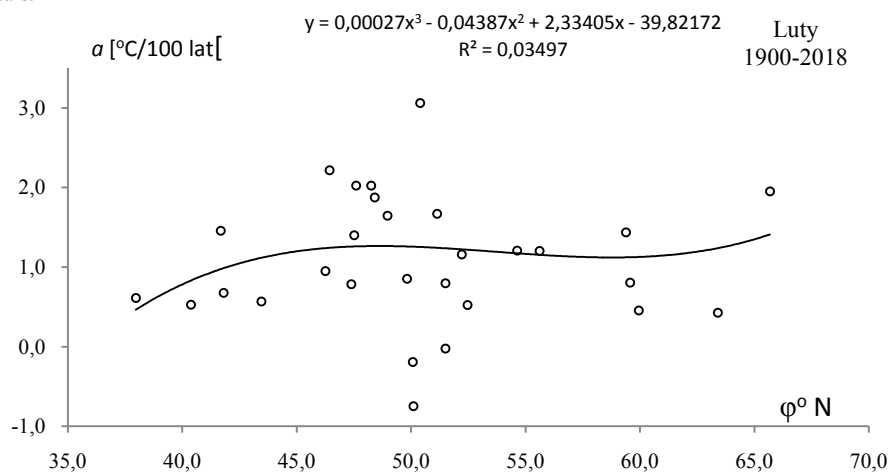
		$\varphi^\circ$	$\lambda^\circ$	$H$ m	X	XI	XII	III-V	VI-VIII	IX-XI	XII-II	I-XII
1	Akureyri	65,68	-18,08	27	1,204	1,264	1,260	1,451	0,666	0,993	1,618	1,184
2	Trondheim	63,40	10,50	133	1,320	0,701	0,320	1,270	1,052	1,248	0,506	1,000
3	Oslo	59,95	10,72	96	0,820	1,210	0,572	1,265	0,600	1,028	0,599	0,864
4	Sztokholm	59,57	18,10	44	0,413	0,834	1,120	1,094	0,231	0,510	1,073	0,723
5	Tallinn	59,38	24,58	34	0,754	1,226	1,742	2,199	1,043	0,880	1,530	1,418
6	Kopenhaga	55,62	12,65	5	0,636	1,288	1,218	1,174	0,598	0,800	1,272	0,957
7	Moskwa	55,83	37,62	156	1,981	2,060	3,743	3,396	1,904	1,856	3,733	2,684
8	Londyn	51,50	-0,09	27	1,800	1,800	1,089	1,369	1,776	1,693	0,947	1,451
9	Greenwich	51,50	0,00	312	0,486	0,883	-0,315	0,106	-0,380	0,427	-0,158	0,015
10	Berlin	52,47	13,30	58	0,4800	0,480	0,420	0,741	0,763	0,636	0,465	0,649
11	Warszawa	52,22	21,03	110	0,770	1,497	1,109	1,400	1,422	1,021	1,163	1,220
12	Wilno	54,63	25,10	112	0,202	1,192	1,158	1,257	0,535	0,590	1,235	0,888
13	Praga	50,10	14,25	365	-0,811	-0,844	-1,031	-0,647	-0,990	-0,721	-0,928	-0,819
14	Wrocław	51,13	16,98	116	1,354	1,959	1,531	1,733	1,665	1,521	1,557	1,557
15	Kraków	50,07	19,95	221	0,108	0,545	-0,125	0,428	0,432	0,129	-0,079	0,224
16	Kijów	50,40	30,57	167	1,477	1,898	2,055	2,604	1,921	1,588	2,621	2,166
17	Paryż	48,97	2,45	65	2,517	2,523	1,809	1,786	2,110	2,293	1,718	1,989
18	Wiedeń	48,25	16,37	200	1,612	1,920	0,980	2,326	2,724	1,800	2,120	2,110
19	Innsbruck	48,40	17,15	207	1,378	1,618	1,701	1,062	1,583	1,169	1,967	1,463
20	Lwów	49,82	23,95	323	0,102	0,891	0,181	0,643	0,378	0,286	0,493	0,455
21	Bazylea	47,60	7,60	245	2,704	2,37	1,525	1,975	2,107	2,386	1,839	2,092
22	Zurich	47,38	8,57	569	1,288	1,135	0,787	0,955	1,187	1,016	0,875	1,022
23	Budapeszt	47,52	19,03	129	0,655	1,276	0,128	1,107	1,022	0,904	0,989	1,010
24	Genewa	46,25	6,13	416	1,485	0,986	0,658	0,865	1,043	1,030	0,871	0,966
25	Odessa	46,43	30,77	42	0,276	1,047	1,879	1,633	1,042	0,666	1,992	1,339
26	Marsylia	43,45	5,23	36	1,832	1,005	0,312	1,354	2,624	1,354	0,514	1,742
27	Rzym	41,80	12,00	46	0,870	1,087	0,376	0,143	0,506	0,715	0,753	0,535
28	Madryt	40,38	-3,79	667	1,322	0,707	0,923	0,750	1,726	1,549	0,537	1,071
29	Tbilisi	41,68	44,95	491	0,924	0,968	1,411	1,198	1,531	1,116	1,540	1,484
30	Ateny	37,97	23,72	107	-0,116	0,283	-0,010	1,024	1,383	0,228	0,437	0,768

### 9.1. Profile równoleżnikowe trendu temperatury powietrza (°C/100 lat) w Europie w latach 1900-2018



**Rys. 3.** Profil równoleżnikowy trendu temperatury powietrza ( $a$ , °C/100 lat) w Europie w styczniu w latach 1900-2018

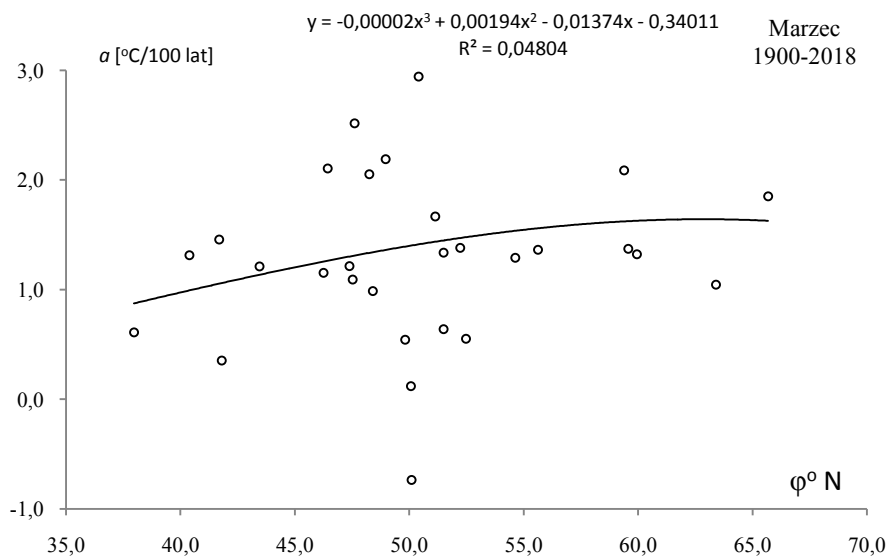
**Fig. 3.** Latitudinal air temperature trend profile ( $a$ , °C/100 years) in Europe in January in the 1900-2018 years.



**Rys. 4.** Profil równoleżnikowy trendu temperatury powietrza ( $a$ , °C/100 lat) w Europie w lutym w latach 1900-2018

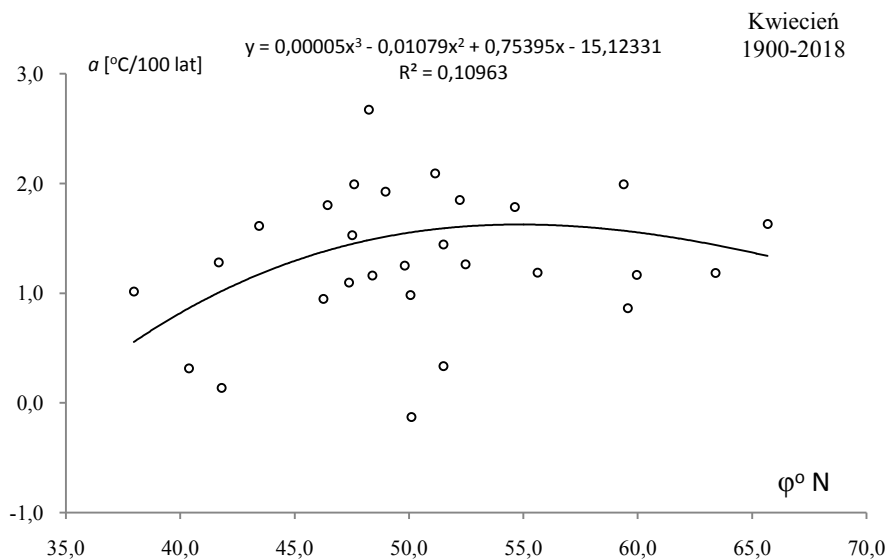
**Fig. 4.** Latitudinal air temperature trend profile ( $a$ , °C/100 years) in Europe in February in the 1900-2018 years.





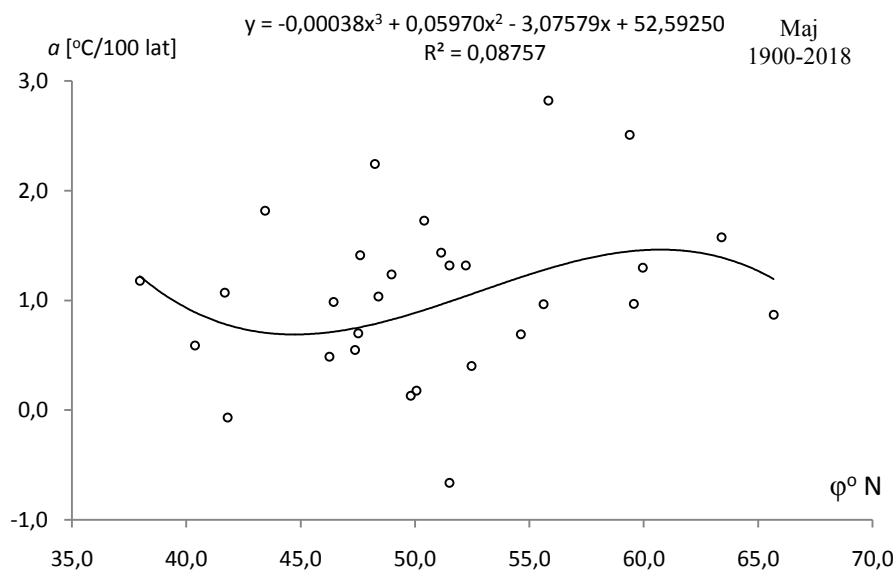
**Rys. 5.** Profil równoleżnikowy trendu temperatury powietrza ( $a$ , °C/100 lat) w Europie w marcu w latach 1900-2018

**Fig. 5.** Latitudinal profile of average air temperature  $T_{sr}(\varphi)$  in Europe in March in the 1900-2018 years



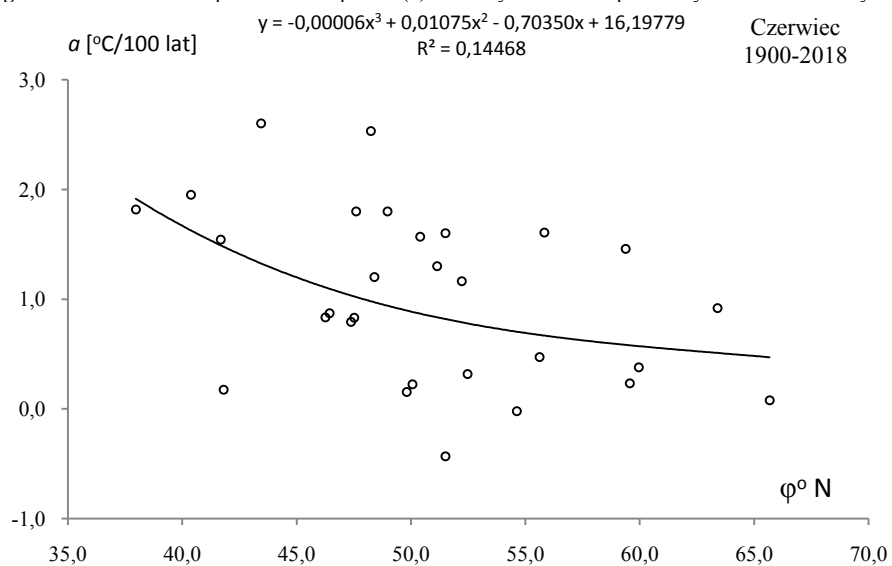
**Rys. 6.** Profil równoleżnikowy średniej temperatury powietrza  $T_{sr}(\varphi)$  powietrza w Europie w kwietniu w latach 1900-2018

**Fig. 6.** Latitudinal air temperature trend profile ( $a$ , °C/100 years) in Europe in April in the 1900-2018 years



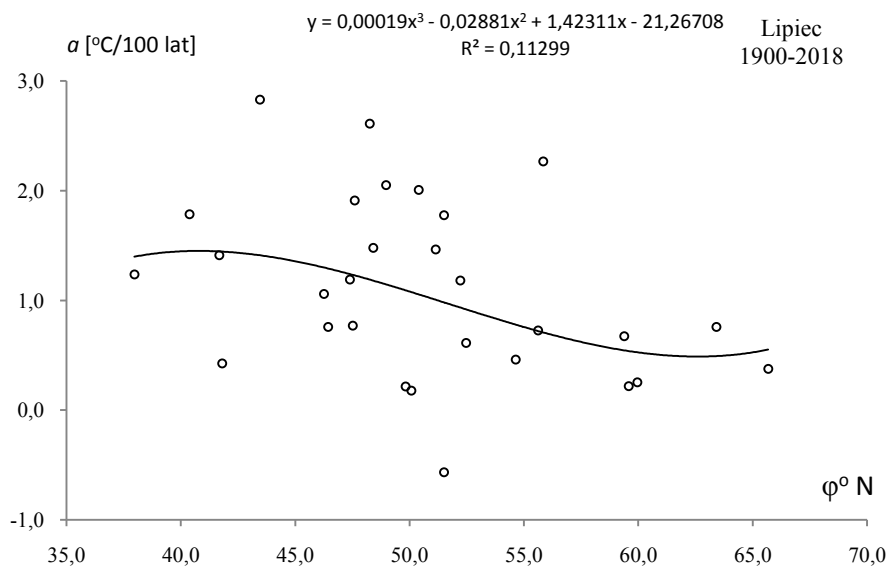
**Rys. 7.** Profil równoleżnikowy trendu temperatury powietrza ( $a$ , °C/100 lat) w Europie w maju w latach 1900-2018

**Fig. 7.** Latitudinal air temperature trend profile ( $a$ , °C/100 years) in Europe in May in the 1900-2018 years



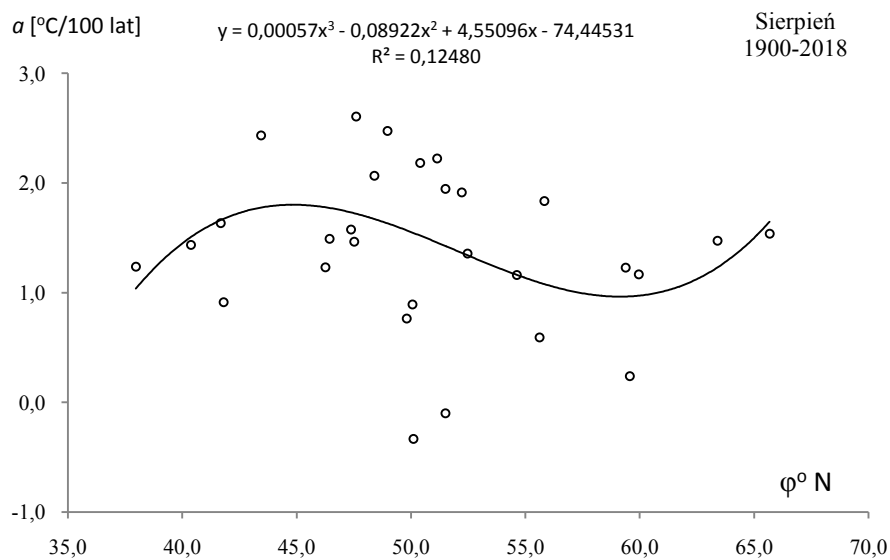
**Rys. 8.** Profil równoleżnikowy trendu temperatury powietrza ( $a$ , °C/100 lat) w Europie w czerwcu w latach 1900-2018

**Fig. 8.** Latitudinal air temperature trend profile ( $a$ , °C/100 years) in Europe in June in the 1900-2018 years.



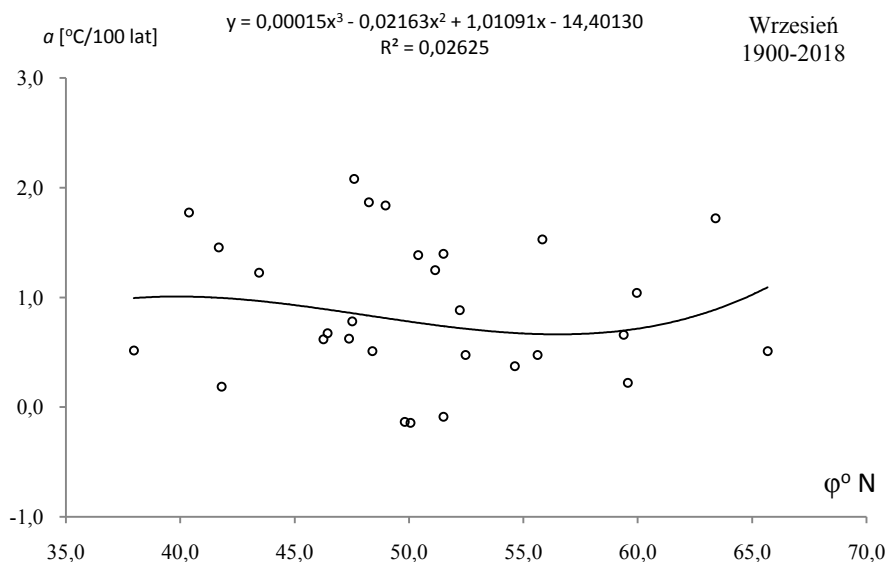
**Rys. 9.** Profil równoleżnikowy trendu temperatury powietrza ( $a$ , °C/100 lat) w Europie w lipcu w latach 1900-2018

**Fig. 9.** Latitudinal air temperature trend profile ( $a$ , °C/100 years) in Europe in July in the 1900-2018 years



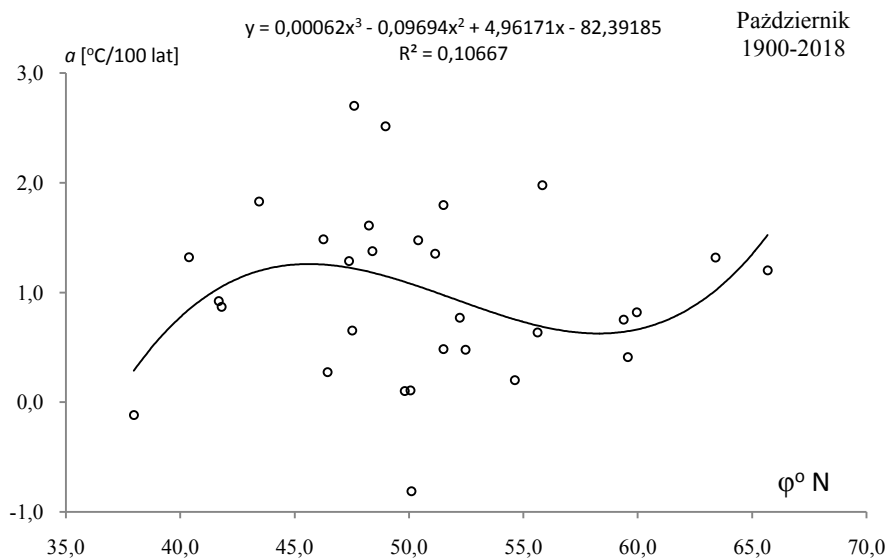
**Rys. 10.** Profil równoleżnikowy trendu temperatury powietrza ( $a$ , °C/100 lat) w Europie w sierpniu w latach 1900-2018

**Fig. 10.** Latitudinal air temperature trend profile ( $a$ , °C/100 years) in Europe in August in the 1900-2018 years



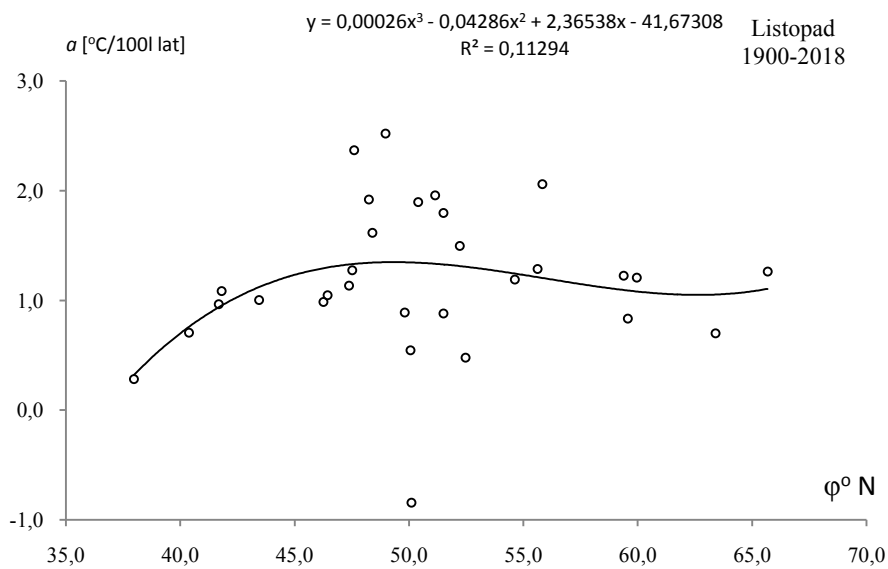
**Rys. 11.** Profil równoleżnikowy trendu temperatury powietrza ( $\alpha$ , °C/100 lat) w Europie we wrześniu latach 1900-2018

**Fig. 11.** Latitudinal air temperature trend profile ( $\alpha$ , °C/100 years) in Europe in September in the 1900-2018 years



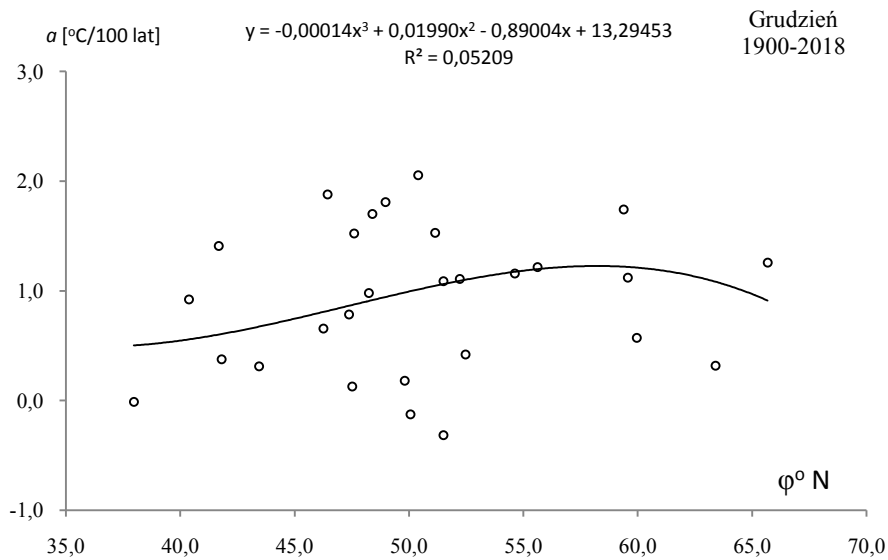
**Rys. 12.** Profil równoleżnikowy trendu temperatury powietrza ( $\alpha$ , °C/100 lat) w Europie w październiku w latach 1900-2018

**Fig. 12.** Latitudinal air temperature trend profile ( $\alpha$ , °C/100 years) in Europe in October in the 1900-2018 years



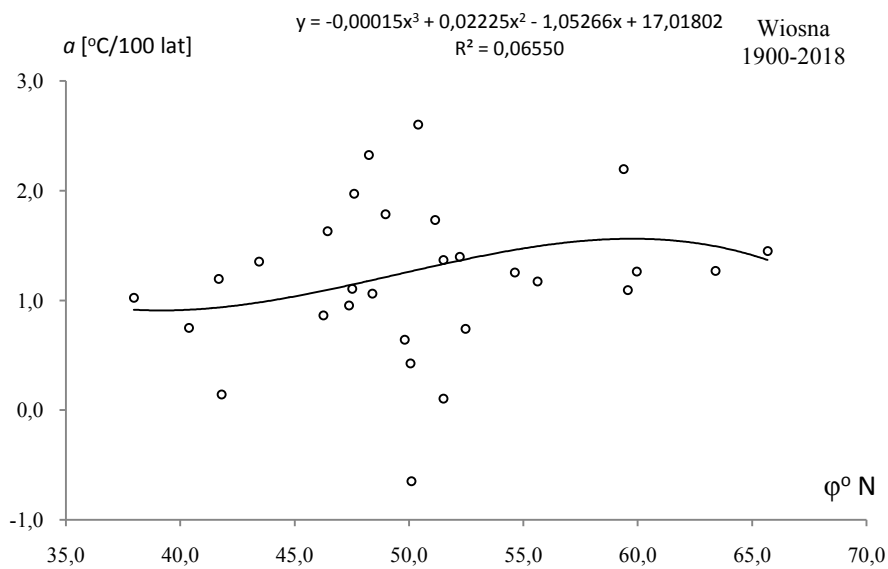
**Rys. 13.** Profil równoleżnikowy trendu temperatury powietrza ( $\alpha$ , °C/100 lat) w Europie w listopadzie w latach 1900-2018

**Fig. 13.** Latitudinal profile of average air temperature  $T_{st}(\varphi)$  in Europe in November in the 1900-2018 years.



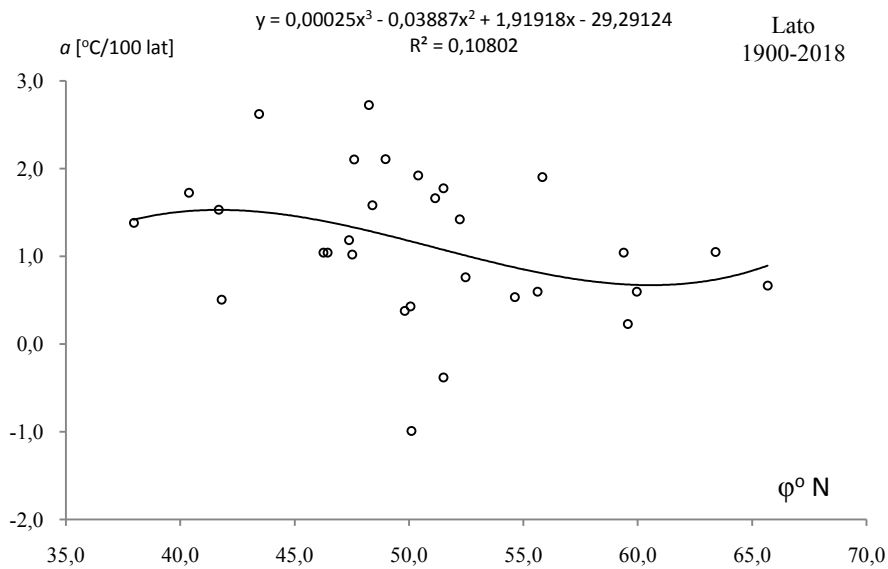
**Rys. 14.** Profil równoleżnikowy trendu temperatury powietrza ( $\alpha$ , °C/100 lat) w Europie w grudniu w latach 1900-2018

**Fig. 14.** Latitudinal air temperature trend profile ( $\alpha$ , °C/100 years) in Europe in December in the 1900-2018 years



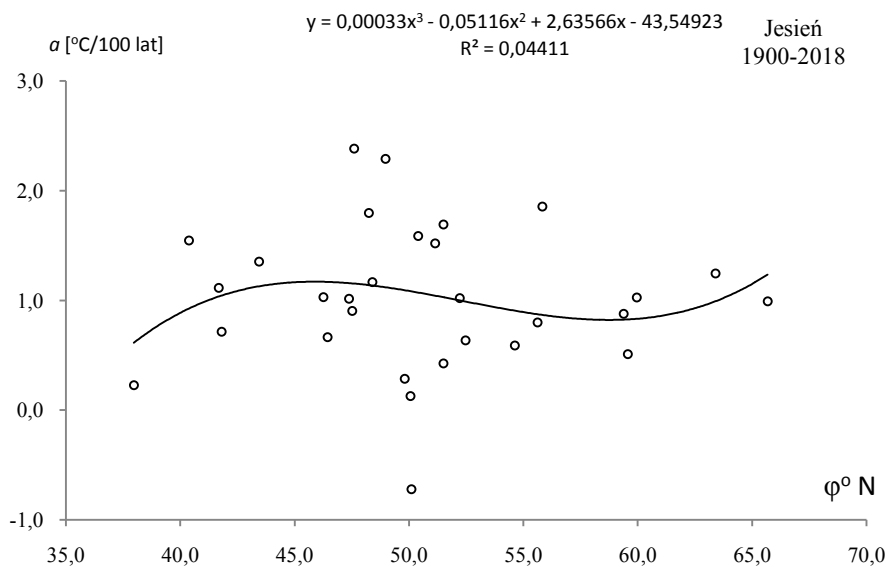
**Rys. 15.** Profil równoleżnikowy średniej temperatury powietrza  $T_{sr}$  ( $\phi$ ) powietrza w Europie wiosną w latach 1900-2018

**Fig. 15.** Latitudinal air temperature trend profile ( $a$ ,  $^{\circ}\text{C}/100$  years) in Europe in Spring in the 1900-2018 years



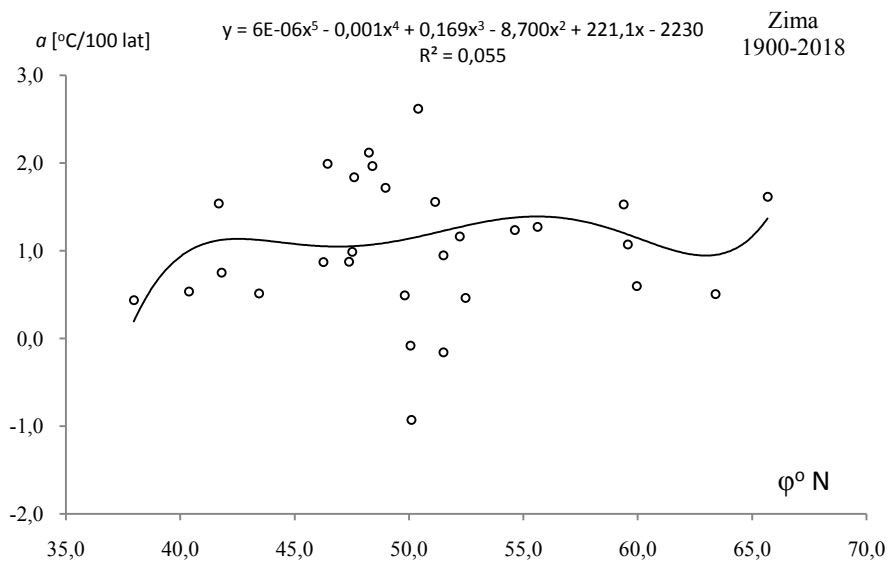
**Rys. 16.** Profil równoleżnikowy trendu temperatury powietrza ( $a$ ,  $^{\circ}\text{C}/100$  lat) w Europie w lecie w latach 1900-2018

**Fig. 16** Latitudinal profile of average air temperature  $T_{sr}$  ( $\phi$ ) in Europe in Summer in the 1900-2018 years



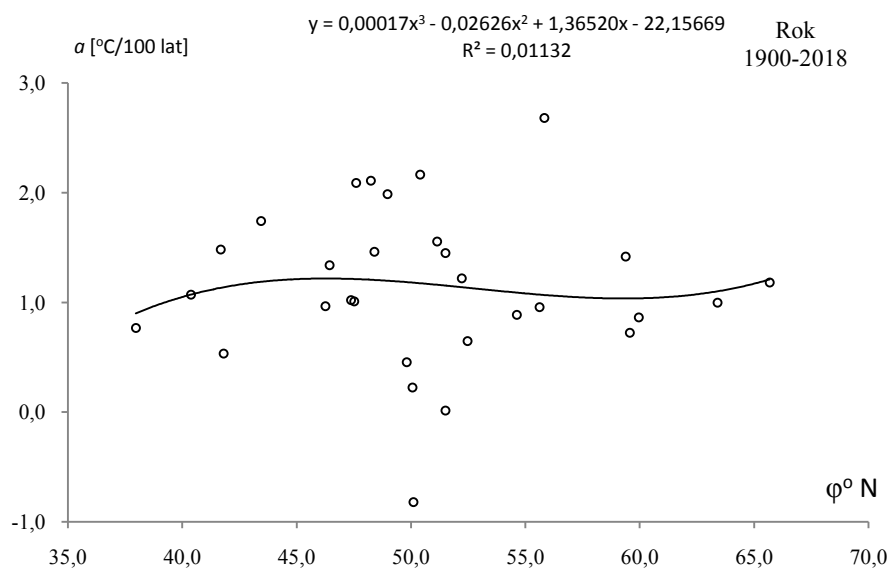
**Rys. 17.** Profil równoleżnikowy trendu temperatury powietrza ( $a$ , °C/100 lat) w Europie jesienią w latach 1900-2018

**Fig. 17.** Latitudinal air temperature trend profile ( $a$ , °C/100 years) in Europe in Autumn in the 1900-2018 years



**Rys. 18.** Profil równoleżnikowy trendu temperatury powietrza ( $a$ , °C/100 lat) w Europie w zimie w latach 1900-2018

**Fig. 18.** Latitudinal air temperature trend profile ( $a$ , °C/100 years) in Europe in Winter in the 1900-2018 years

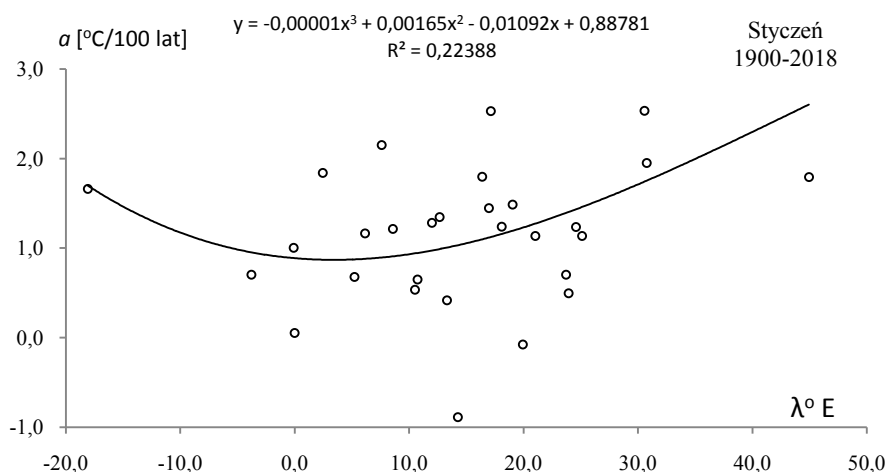


**Rys. 19.** Profil równoleżnikowy trendu temperatury powietrza ( $a$ ,  $^\circ\text{C}/100 \text{ lat}$ ) w Europie w roku w latach 1900-2018

**Fig. 19.** Latitudinal air temperature trend profile ( $a$ ,  $^\circ\text{C}/100 \text{ years}$  in Europe in Year in the 1900-2018 years

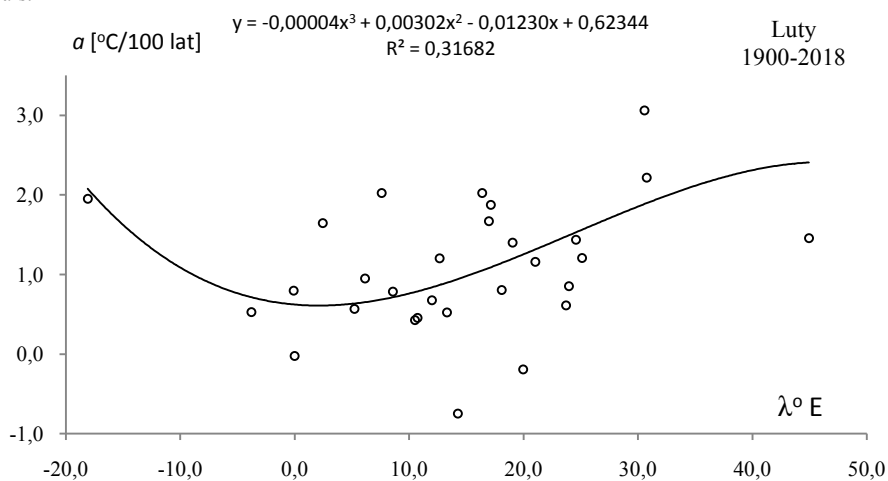


## 9.2. Profile południkowe trendu temperatury powietrza (°C/100 lat) w Europie w latach 1900-2018



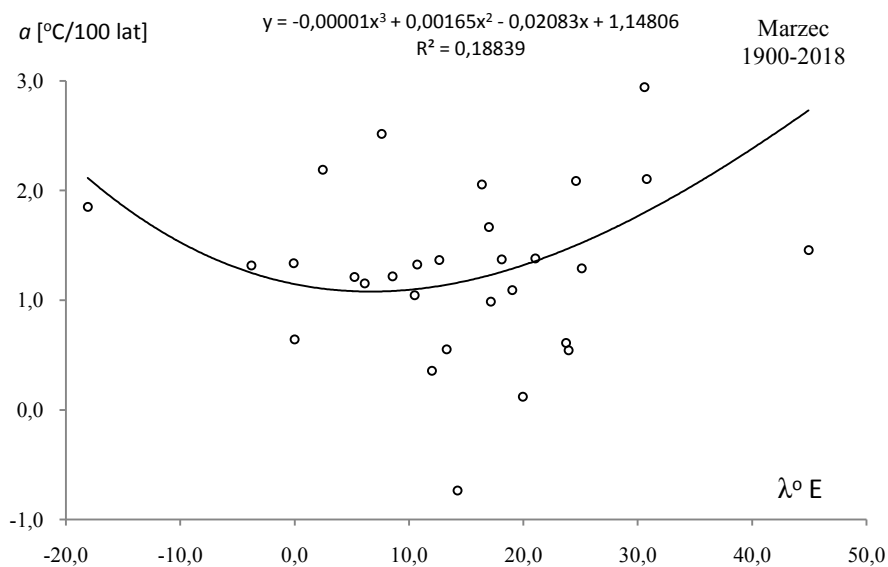
**Rys. 20.** Profil południkowy trendu temperatury powietrza ( $a$ , °C/100 lat) w Europie w styczniu w latach 1900-2018

**Fig. 20.** Meridional air temperature trend profile ( $a$ , °C/100 years) in Europe in January in the 1900-2018 years.



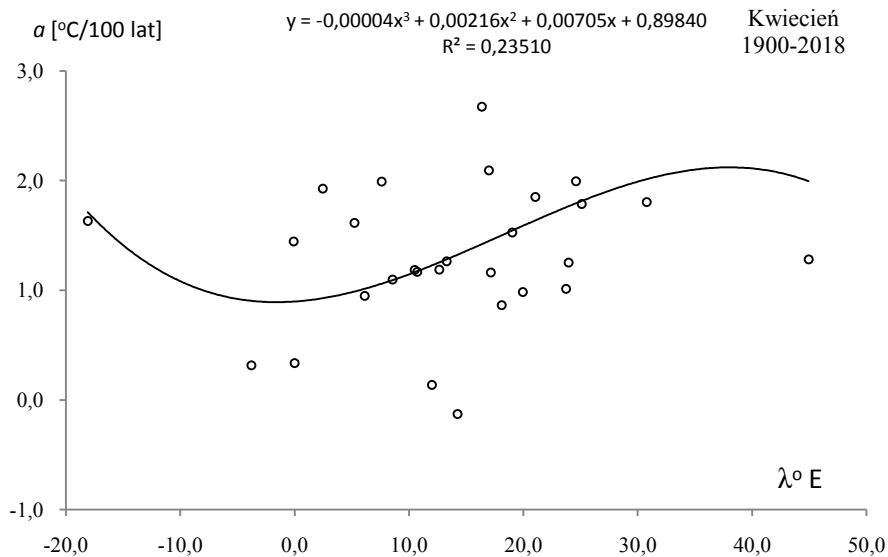
**Rys. 21.** Profil południkowy trendu temperatury powietrza ( $a$ , °C/100 lat) w Europie w lutym w latach 1900-2018

**Fig. 21.** Meridional air temperature trend profile ( $a$ , °C/100 years) in Europe in February



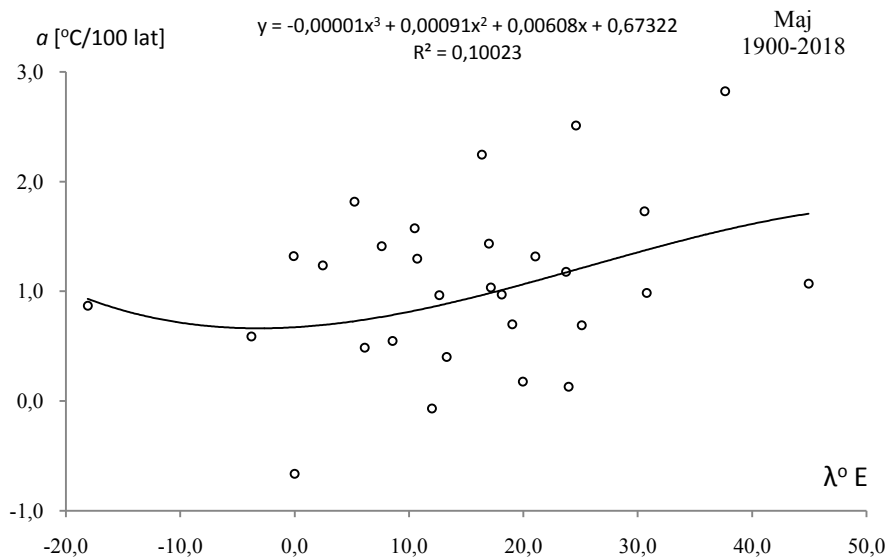
**Fig. 22.** Meridional air temperature trend profile ( $a$ , °C/100 years) in Europe in March in the 1900-2018 years

**Rys. 22.** Profil południkowy trendu temperatury powietrza ( $a$ , °C/100 lat) w Europie w marcu w latach 1900-2018



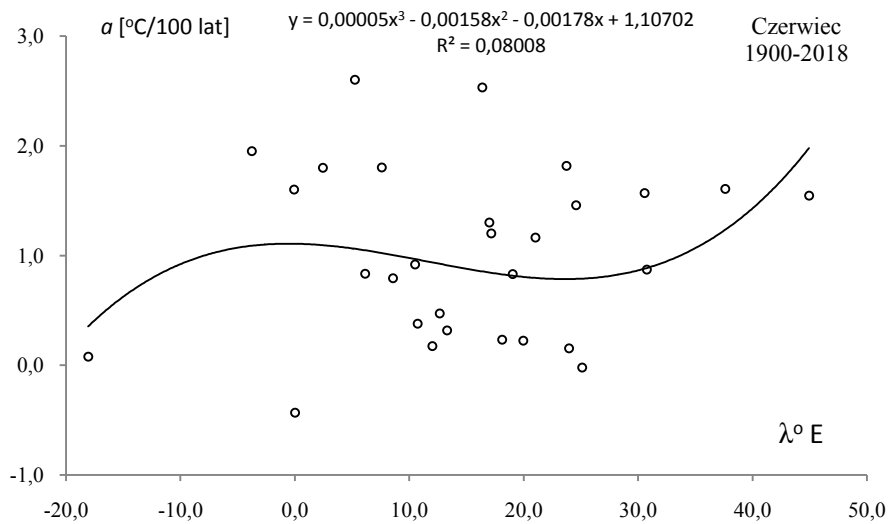
**Rys. 23.** Profil południkowy trendu temperatury powietrza ( $a$ , °C/100 lat) w Europie w kwietniu w latach 1900-2018

**Fig. 23.** Meridional air temperature trend profile ( $a$ , °C/100 years) in Europe in April in the 1900-2018 years



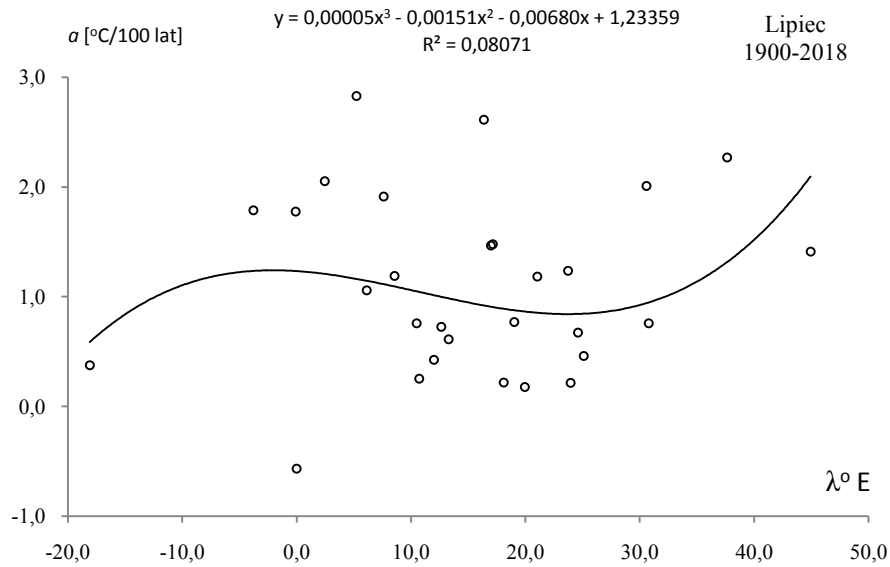
**Rys. 24.** Profil południkowy trendu temperatury powietrza ( $a$ , °C/100 lat) w Europie w maju w latach 1900-2018

**Fig. 24.** Meridional air temperature trend profile ( $a$ , °C/100 years) in Europe in May in the 1900-2018 years



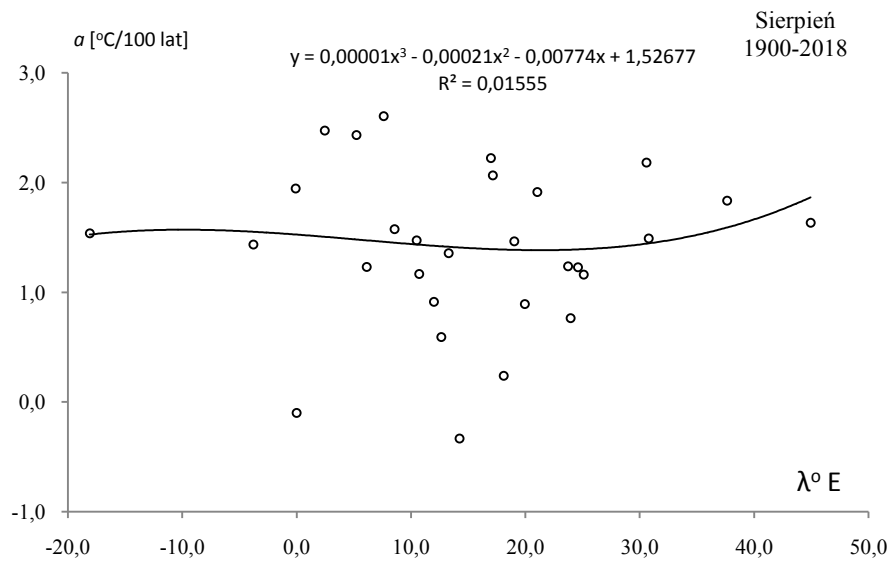
**Rys. 25.** Profil południkowy średniej temperatury powietrza  $T_{sr}$  ( $\varphi$ ) powietrza w Europie w czerwcu w latach 1900-2018

**Fig. 25.** Meridional air temperature trend profile ( $a$ , °C/100 years) in Europe in June in the 1900-2018 years.



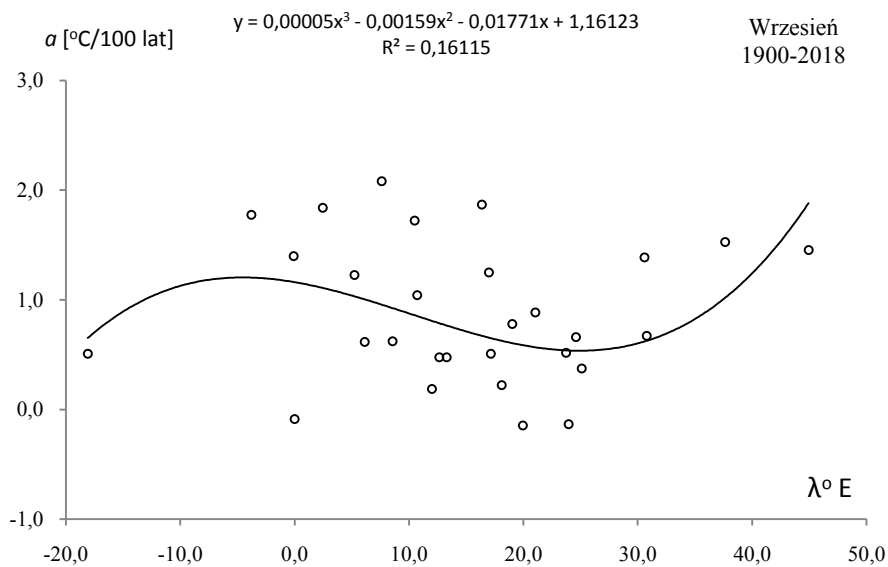
**Rys. 26.** Profil południkowy trendu temperatury powietrza ( $\alpha$ , °C/100 lat) w Europie w lipcu w latach 1900-2018

**Fig. 26.** Meridional air temperature trend profile ( $\alpha$ , °C/100 years) in Europe in July in the 1900-2018 years



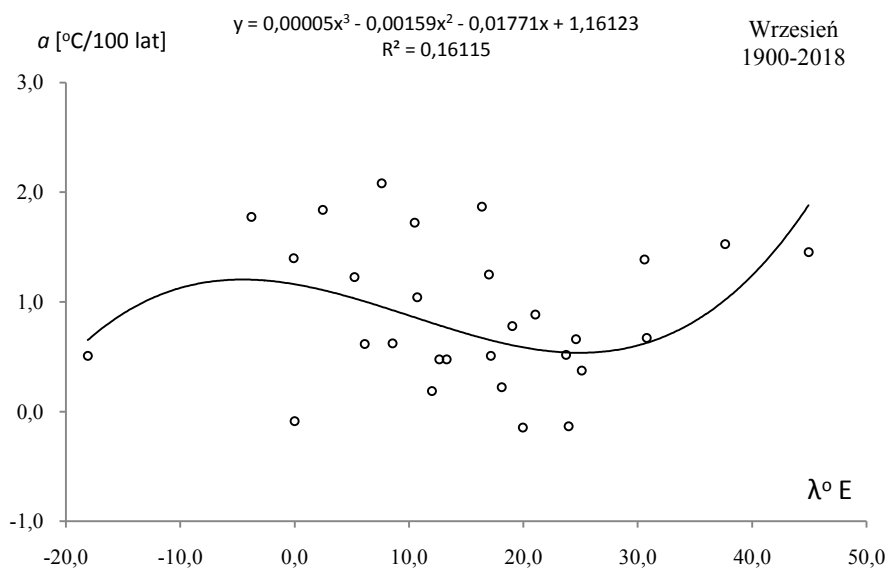
**Rys. 27.** Profil południkowy średniej temperatury powietrza  $T_{sr}(\varphi)$  powietrza w Europie w sierpniu w latach 1900-2018

**Fig. 27.** Meridian profile of average air temperature  $T_{sr}(\varphi)$  in Europe in August in the 1900-2018 years



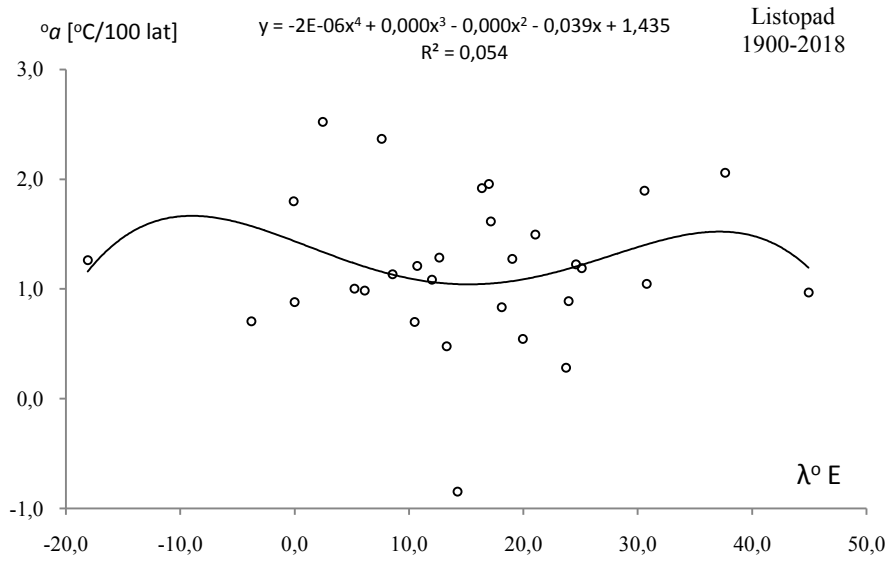
**Rys. 28.** Profil południkowy trendu temperatury powietrza ( $a$ , °C/100 lat) w Europie we wrześniu latach 1900-2018

**Fig. 28.** Meridional air temperature trend profile ( $a$ , °C/100 years) in Europe in September in the 1900-2018 years



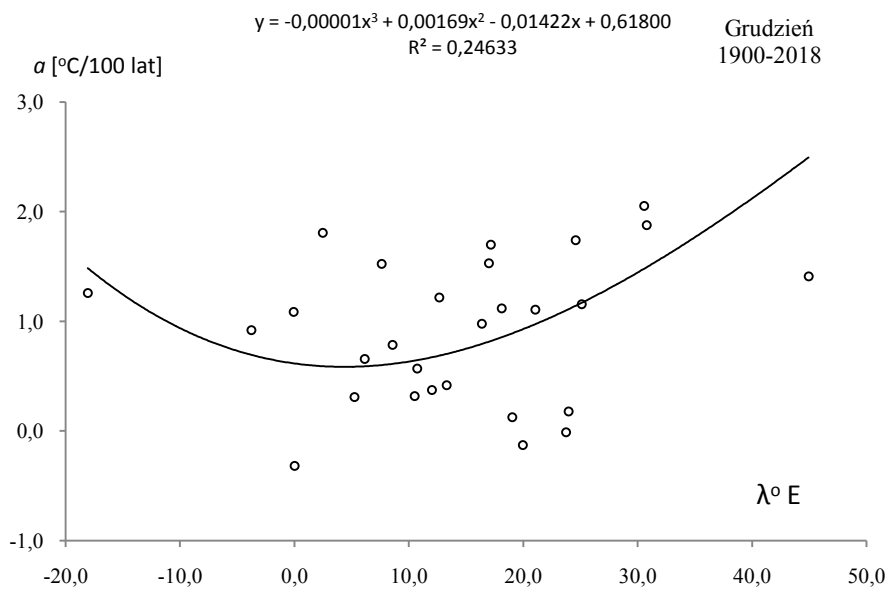
**Rys. 29.** Profil południkowy trendu temperatury powietrza ( $a$ , °C/100 lat) w Europie w październiku w latach 1900-2018

**Fig. 29.** Meridional air temperature trend profile ( $a$ , °C/100 years) in Europe in October in the 1900-2018 years



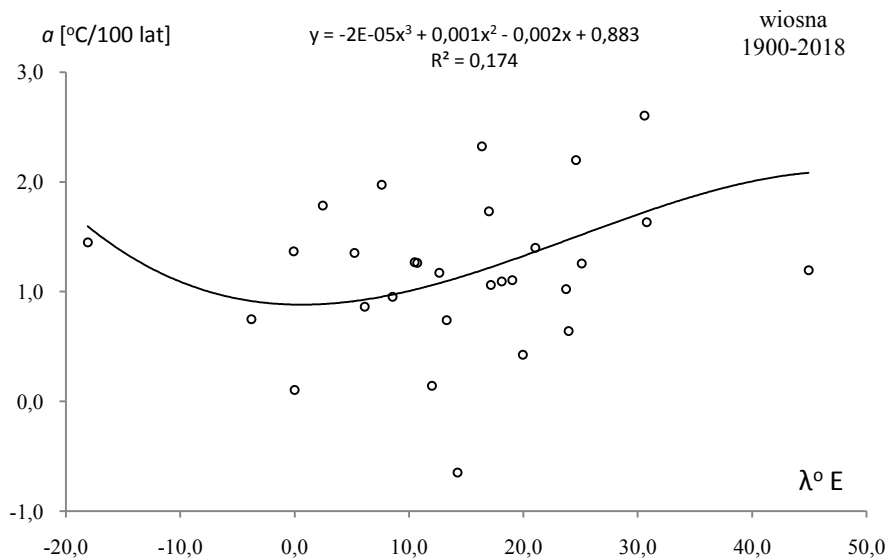
**Rys. 30.** Profil południkowy trendu temperatury powietrza ( $\alpha$ ,  $^{\circ}\text{C}/100$  lat) w Europie w listopadzie w latach 1900-2018

**Fig. 30.** Meridian profile of average air temperature  $T_{sr}(\varphi)$  in Europe in November in the 1900-2018 years.



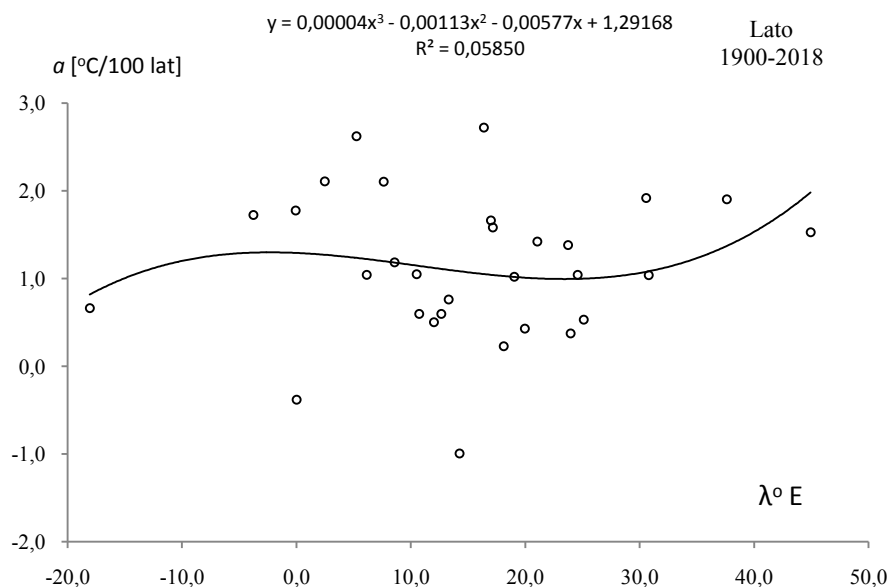
**Rys. 31.** Profil południkowy trendu temperatury powietrza ( $\alpha$ ,  $^{\circ}\text{C}/100$  lat) w Europie w grudniu w latach 1900-2018

**Fig. 31.** Meridional air temperature trend profile ( $\alpha$ ,  $^{\circ}\text{C}/100$  years) in Europe in December in the 1900-2018 years



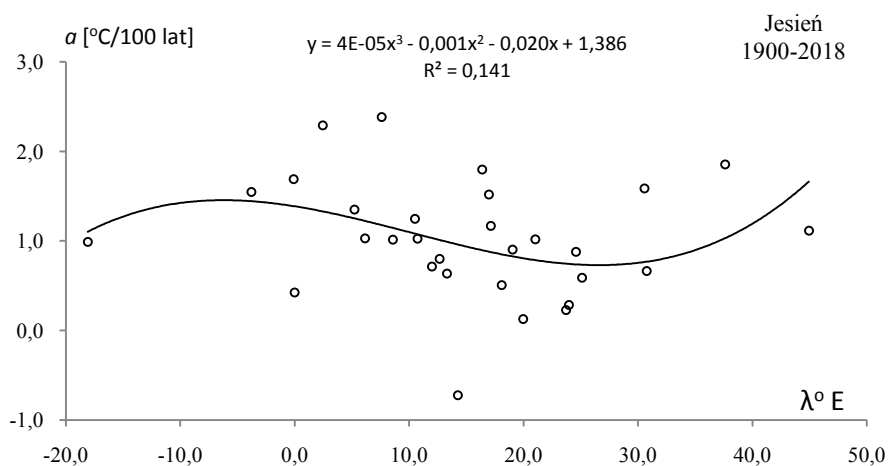
**Rys. 32.** Profil południkowy trendu temperatury powietrza ( $a$ , °C/100 lat) w Europie wiosną w latach 1900-2018

**Fig. 32.** Meridional air temperature trend profile ( $a$ , °C/100 years) in Europe in Spring in the 1900-2018 years



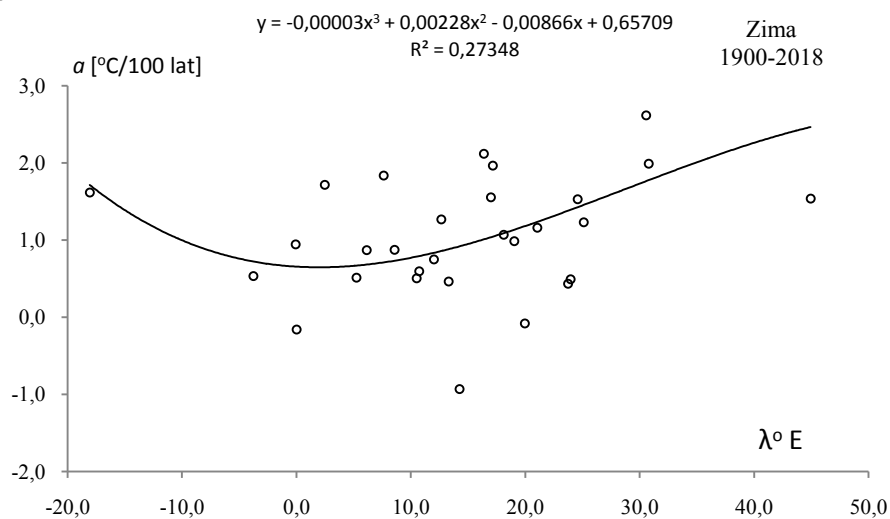
**Rys. 33.** Profil południkowy trendu temperatury powietrza ( $a$ , °C/100 lat) w Europie w lecie w latach 1900-2018

**Fig. 33** Meridional air temperature trend profile ( $a$ , °C/100 years) in Europe in Summer in the 1900-2018 years



**Rys. 34.** Profil południkowy trendu temperatury powietrza ( $a$ , °C/100 lat) w Europie jesienią w latach 1900-2018

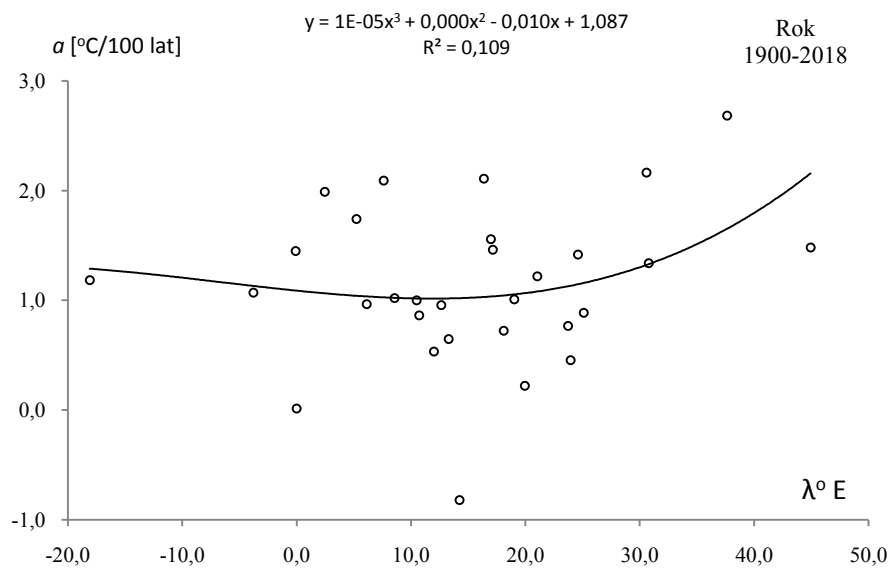
**Fig. 34.** Meridional air temperature trend profile ( $a$ , °C/100 years) in Europe in Autumn in the 1900-2018 years



**Rys. 35.** Profil południkowy trendu temperatury powietrza ( $a$ , °C/100 lat) w Europie w zimie w latach 1900-2018

**Fig. 35.** Meridional air temperature trend profile ( $a$ , °C/100 years) in Europe in Winter in the 1900-2018 years

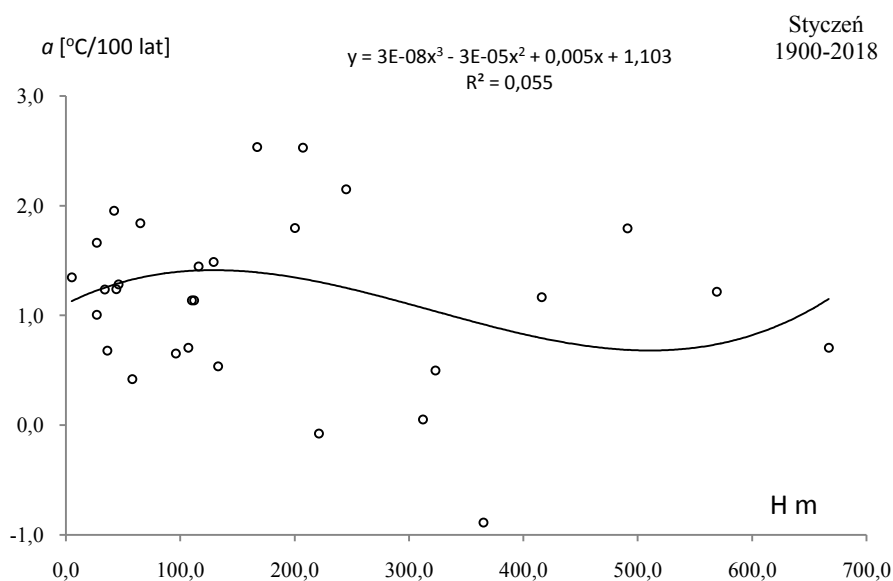




**Rys. 36.** Profil południkowy trendu temperatury powietrza ( $a$ , °C/100 lat) w Europie w roku w latach 1900-2018

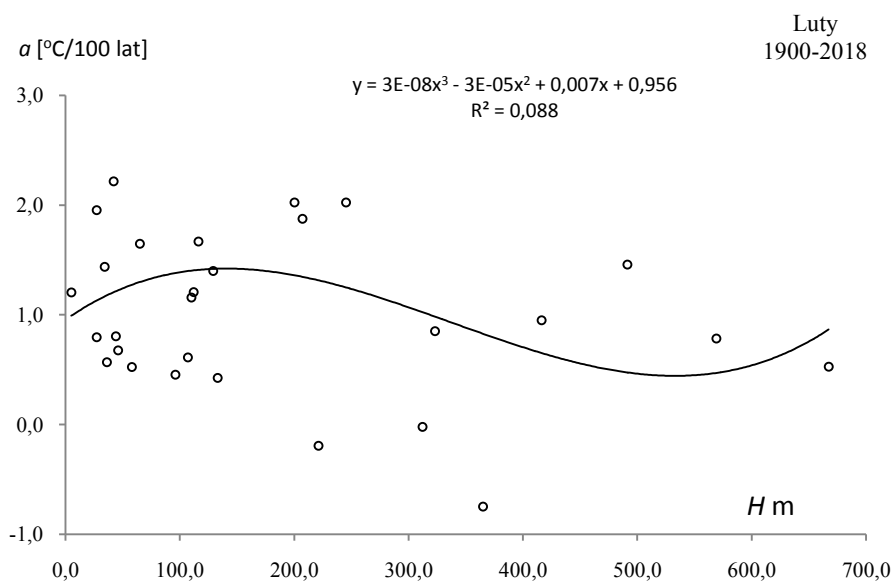
**Fig. 36.** Meridional air temperature trend profile ( $a$ , °C/100 years) in Europe in Year in the 1900-2018 years

### 9.3. Profile hipsometryczne tendencji temperatury powietrza (°C/100 lat) w Europie w latach 1900-2018



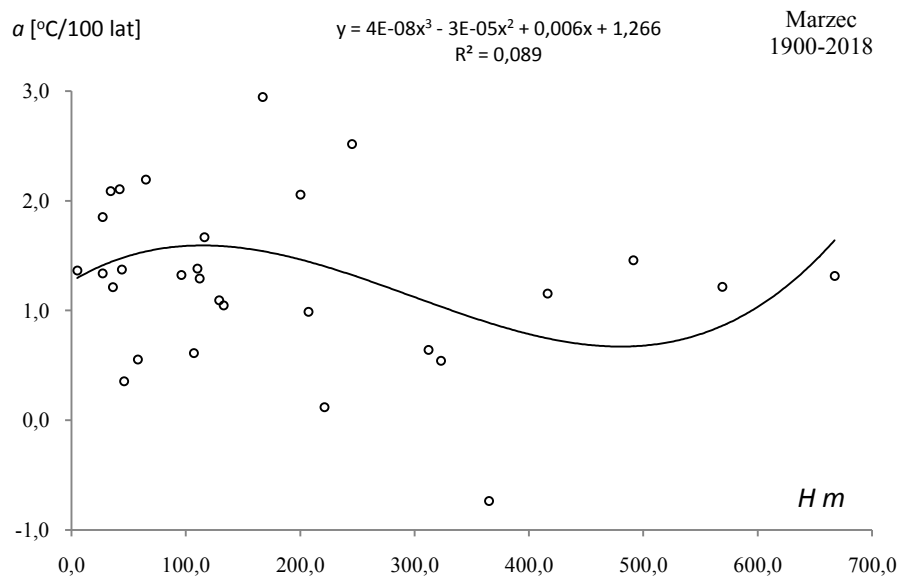
**Rys. 37.** Profil hipsometryczny trendu temperatury powietrza ( $a$ , °C/100lat) w Europie w styczniu w latach 1900-2018

**Fig. 37.** Hypsometric air temperature trend profile ( $a$ , oC/100 years) in Europe in January in the 1900-2018 years.



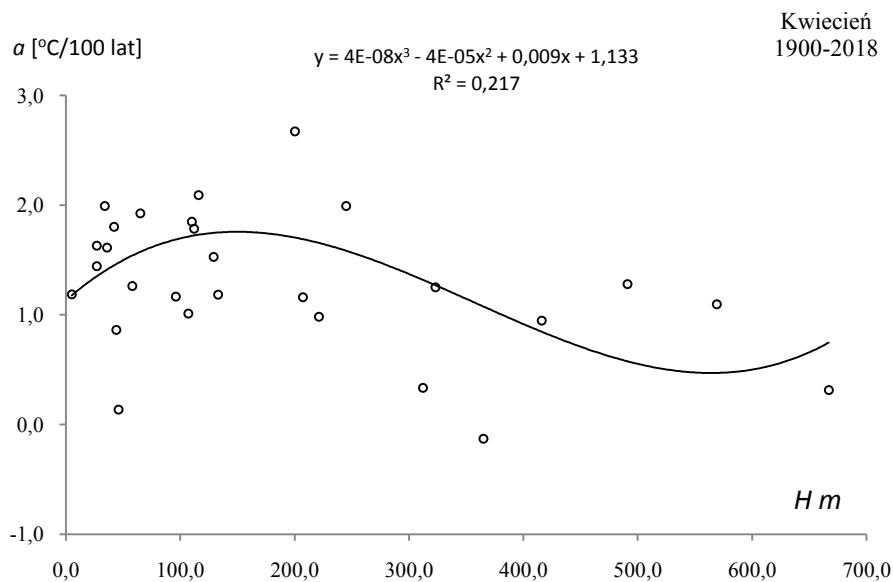
**Rys. 38.** Profil hipsometryczny trendu temperatury powietrza ( $a$ , °C/100lat) w Europie w lutym w latach 1900-2018

**Fig. 38.** Hypsometric air temperature trend profile ( $a$ , oC/100 years) in Europe in February in the 1900-2018 years



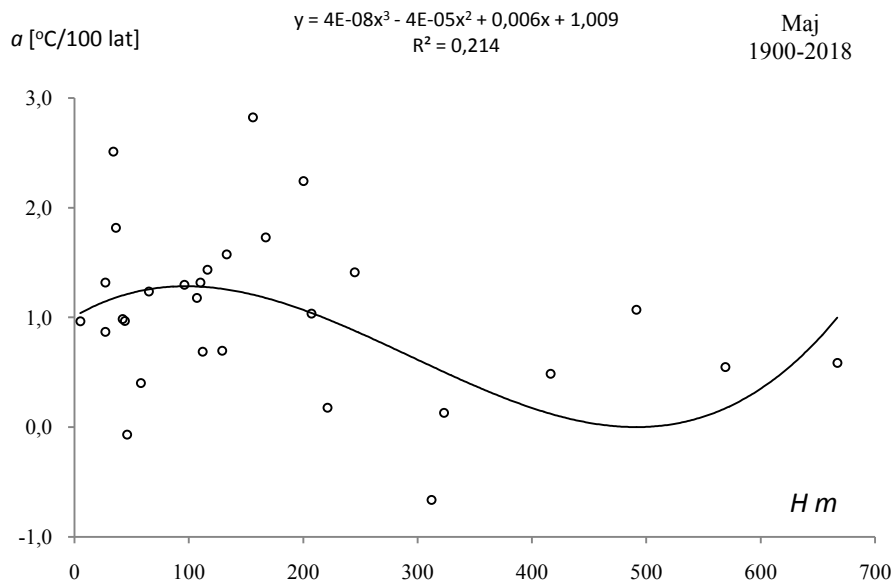
**Rys. 39.** Profil hipsometryczny trendu temperatury powietrza ( $a$ , °C/100lat) w Europie w marcu w latach 1900-2018

**Fig. 39.** Hypsometric air temperature trend profile ( $a$ , oC/100 years) in Europe in March in the 1900-2018 years



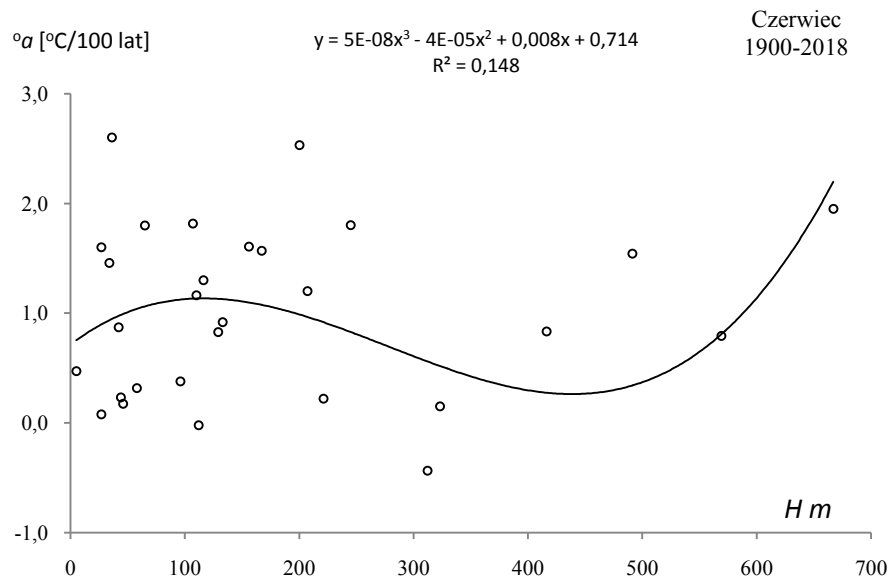
**Rys. 40.** Profil hipsometryczny trendu temperatury powietrza ( $a$ , °C/100lat) w Europie w kwietniu w latach 1900-2018

**Fig. 40.** Hypsometric air temperature trend profile ( $a$ , oC/100 years) in Europe in April in the 1900-2018 years



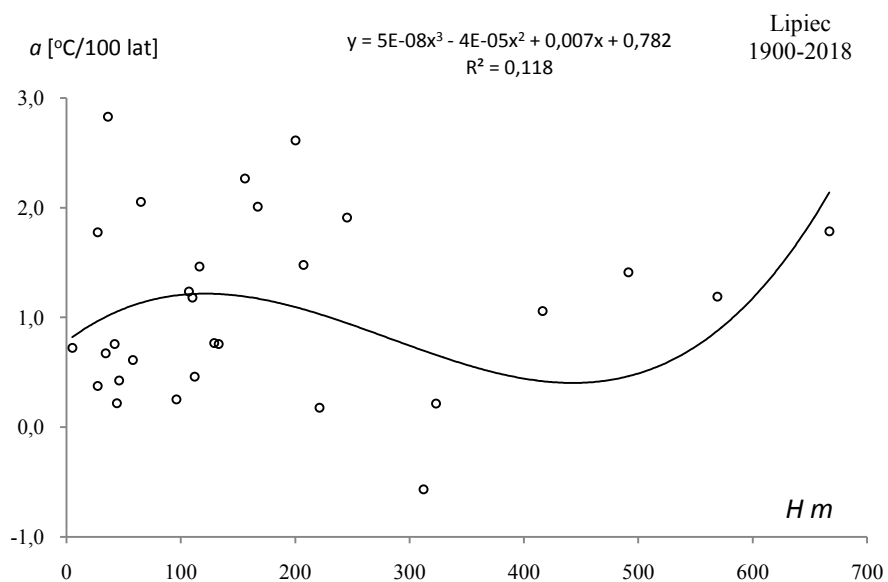
**Rys. 41.** Profil hipsometryczny trendu temperatury powietrza ( $a$ , °C/100lat) w Europie w maju w latach 1900-2018

**Fig. 41.** Hypsometric air temperature trend profile ( $a$ , °C/100 years) in Europe in May in the 1900-2018 years



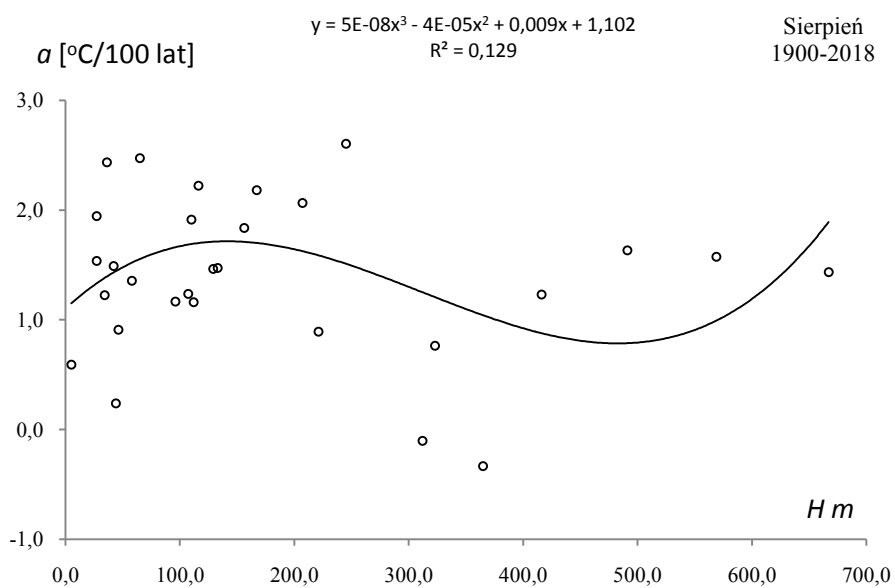
**Rys. 42.** Profil hipsometryczny trendu temperatury powietrza ( $a$ , °C/100lat) w Europie w czerwcu w latach 1900-2018

**Fig. 42.** Hypsometric air temperature trend profile ( $a$ , °C/100 years) in Europe in June in the 1900-2018 years.



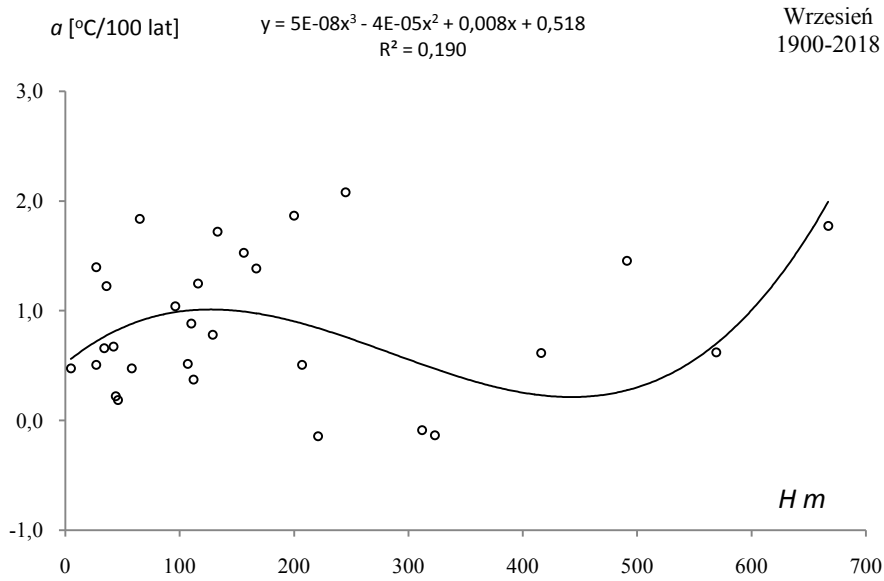
**Rys. 43.** Profil hipsometryczny trendu temperatury powietrza ( $a$ , °C/100lat) w Europie w lipcu w latach 1900-2018

**Fig. 43.** Hypsometric air temperature trend profile ( $a$ , °C/100 years) in Europe in July in the 1900-2018 years



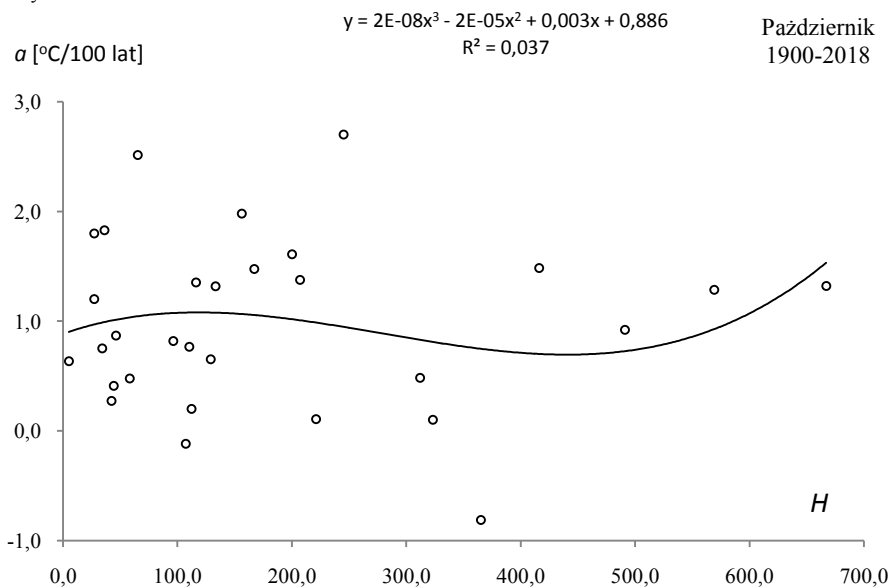
**Rys. 44.** Profil hipsometryczny trendu temperatury powietrza ( $a$ , °C/100lat) w Europie w sierpniu w latach 1900-2018

**Fig. 44.** Hypsometric air temperature trend profile ( $a$ , °C/100 years) in Europe in August in the 1900-2018 years



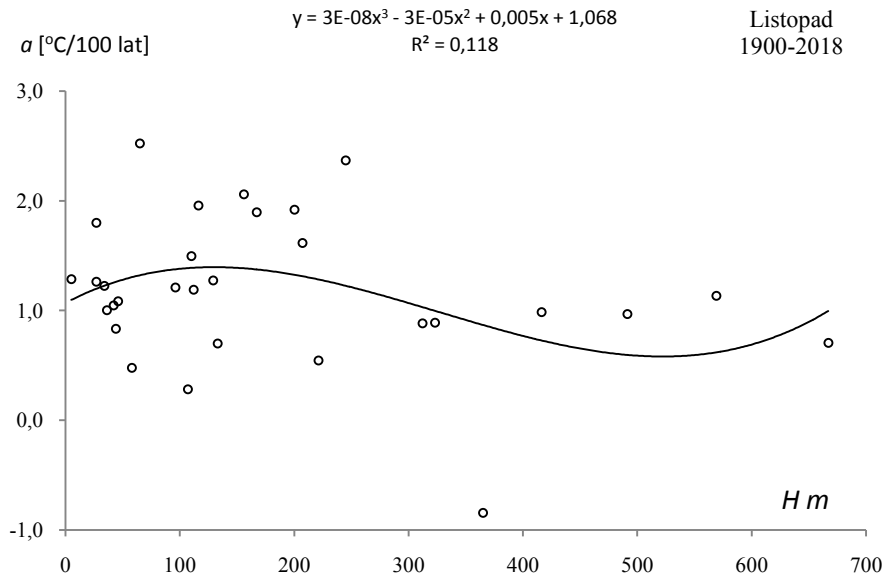
**Rys. 45.** Profil hipsometryczny trendu temperatury powietrza ( $a$ , °C/100lat) w Europie we wrześniu latach 1900-2018

**Fig. 45.** Hypsometric air temperature trend profile ( $a$ , °C/100 years) in Europe in September in the 1900-2018 years



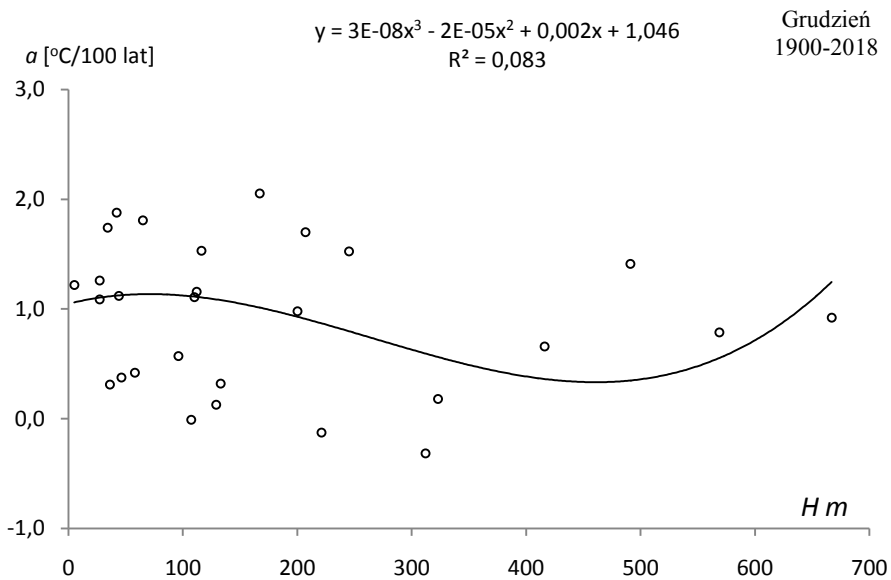
**Rys. 46.** Profil hipsometryczny trendu temperatury powietrza ( $a$ , °C/100lat) w Europie w październiku w latach 1900-2018

**Fig. 46.** Hypsometric air temperature trend profile ( $a$ , °C/100 years) in Europe in October in the 1900-2018 years



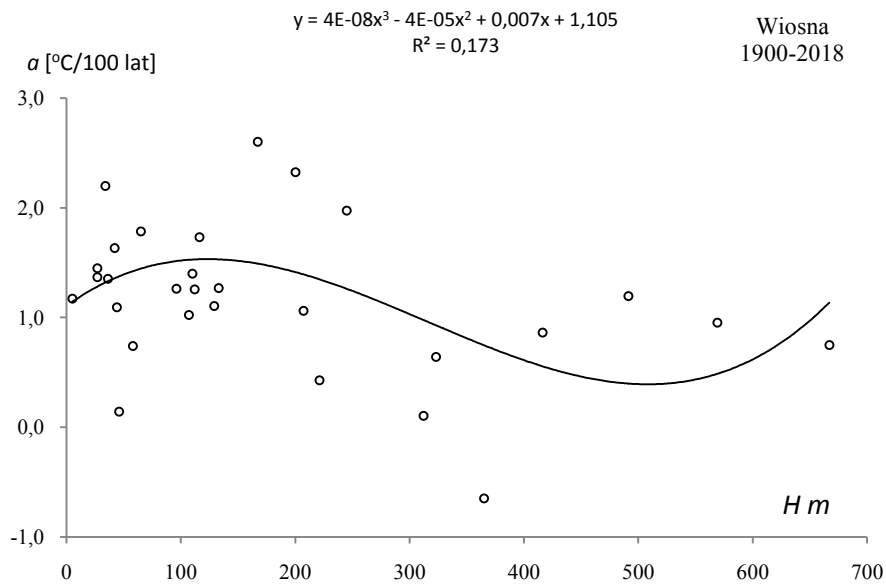
**Rys. 47.** Profil hipsometryczny trendu temperatury powietrza ( $a$ , °C/100lat) w Europie w listopadzie w latach 1900-2018

**Fig. 47.** Hypsometric air temperature trend profile ( $a$ , °C/100 years) in Europe in November in the 1900-2018 years.



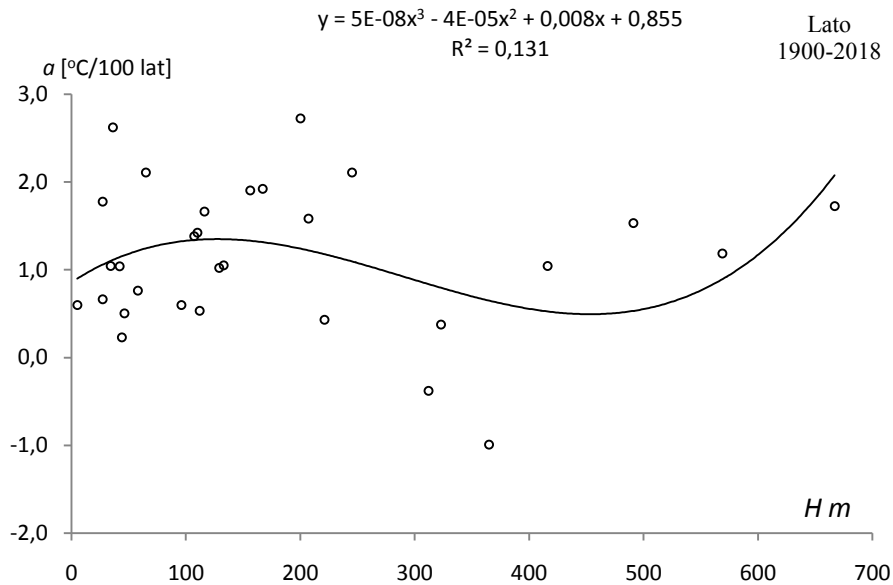
**Rys. 48.** Profil hipsometryczny średniej temperatury powietrza  $T_{sr}$  ( $\varphi$ ) powietrza w Europie w grudniu w latach 1900-2018

**Fig. 48.** Hypsometric air temperature trend profile ( $a$ , °C/100 years) in Europe in December in the 1900-2018 years



**Rys. 49.** Profil hipsometryczny trendu temperatury powietrza ( $a$ , °C/100lat) w Europie wiosną w latach 1900-2018

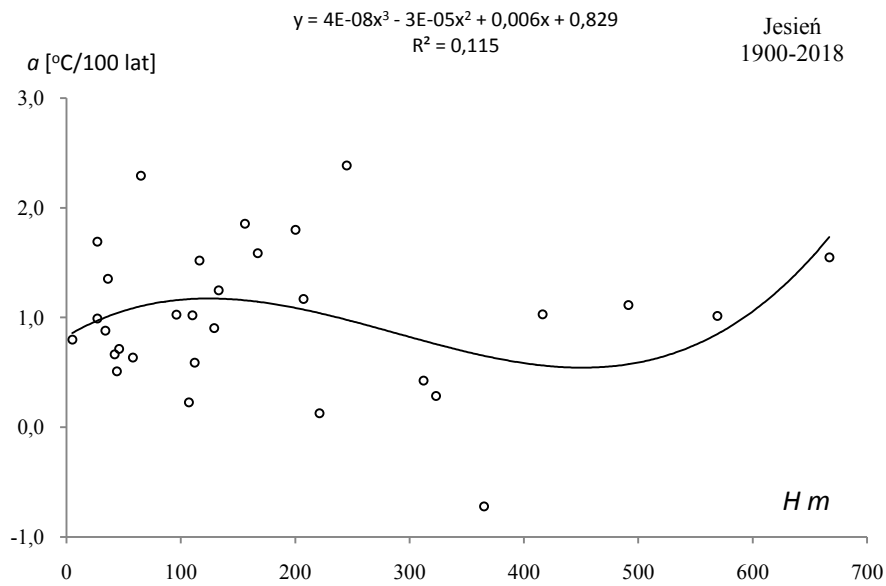
**Fig. 49.** Hypsometric air temperature trend profile ( $a$ , °C/100 years) in Europe in Spring in the 1900-2018 years



**Rys. 50.** Profil hipsometryczny trendu temperatury powietrza ( $a$ , °C/100lat) w Europie w lecie w latach 1900-2018

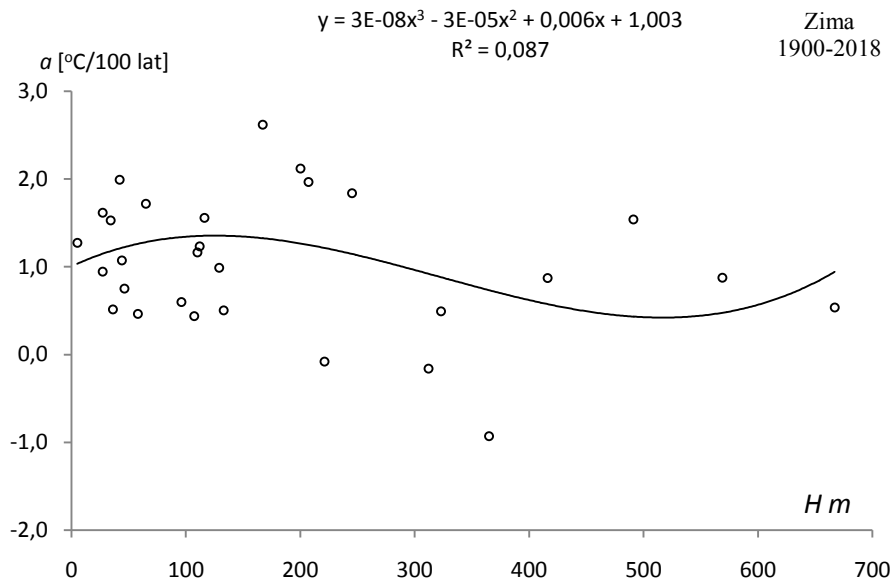
**Fig. 50** Hypsometric profile of average air temperature  $T_{sr}(\varphi)$  in Europe in Summer in the 1900-2018 years





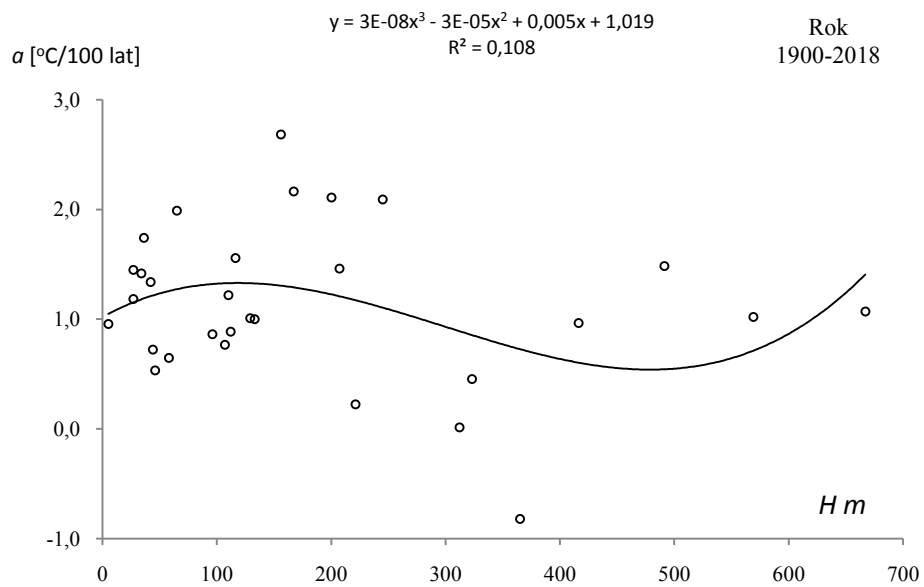
**Rys. 51.** Profil hipsometryczny trendu temperatury powietrza ( $a$ , °C/100lat) w Europie jesienią w latach 1900-2018

**Fig. 51.** Hypsometric air temperature trend profile ( $a$ , °C/100 years) in Europe in Autumn in the 1900-2018 years



**Rys. 52.** Profil hipsometryczny trendu temperatury powietrza ( $a$ , °C/100lat) w Europie w zimie w latach 1900-2018

**Fig. 52.** Hypsometric air temperature trend profile ( $a$ , °C/100 years) in Europe in Winter in the 1900-2018 years



**Rys. 53.** Profil hipsometryczny trendu temperatury powietrza ( $a$ , °C/100lat) w Europie w roku w latach 1900-2018

**Fig. 53.** Hypsometric air temperature trend profile ( $a$ , °C/100 years) in Europe in Year in the 1900-2018 years

## X. PROFILE NAJNIŻSZEJ TEMPERATURY POWIETRZA W EUROPIE W LATACH 1900-2018 (RÓWNOLEŻNIKOWE, POŁUDNIKOWE, HIPSOMETRYCZNE)

Najmniejsze wartości średniej temperatury powietrza (inferior,  $T_{inf}$ ) w 30 miastach Europy w poszczególnych miesiącach, porach roku i roku podano w tab. 1a-1b.

**Table 1a.** Najmniejsze wartości średniej temperatury powietrza ( $T_{inf}$ ) w Europie w latach 1900-2018

**Table 1a.** The smallest values of average air temperaturein ( $T_{inf}$ ) Europe in the 1900-2018 years

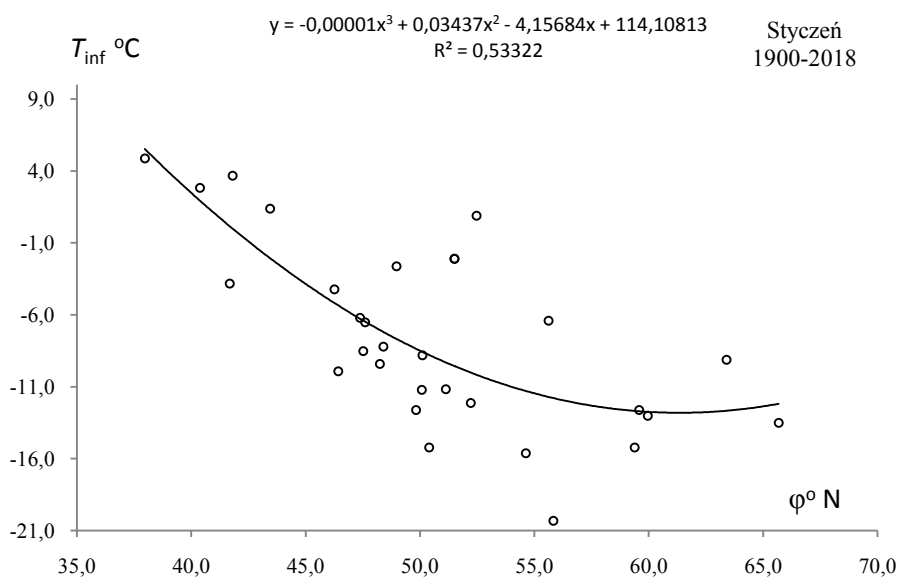
		$\varphi^{\circ}$	$\lambda^{\circ}$	H m	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
1	Akureyri	65,68	-18,08	27	-13,5	-5,9	-6,9	-3,8	-0,3	5,9	6,6	5,6	3,7
2	Trondheim	63,40	10,50	133	-9,1	-9,7	-6,3	0,3	5,1	7,4	11,0	10,1	6,0
3	Oslo	59,95	10,72	96	-13	-13,1	-5,5	1,4	7,7	11,6	14,3	13	8,4
4	Sztokholm	59,57	18,10	44	-12,60	-10,80	-6,50	0,80	5,50	10,40	13,80	12,80	8,40
5	Tallinn	59,38	24,58	34	-15,2	-14,3	-9,9	-1,1	4,4	9,8	12,94	12,6	7,1
6	Kopenhaga	55,62	12,65	5	-6,4	-6,7	-4	3,2	8,7	11,7	14,5	13,3	10,5
7	Moskwa	55,83	37,62	156	-20,3	-19,6	-10,5	-1,4	5,9	11,9	14,5	13,1	6,9
8	Londyn	51,50	-0,09	27	-2,1	-1,9	2,8	5,4	8,9	11,8	13,7	12,9	10,7
9	Greenwich	51,50	0,00	312	-2,08	-1,50	2,65	5,60	9,09	11,80	13,99	13,64	11,25
10	Berlin	52,47	13,30	58	0,9	1,3	1,7	7,7	12,9	18	20,7	18,6	15,3
11	Warszawa	52,22	21,03	110	-12,1	-13,7	-3,7	2,9	9,8	13	15,6	15	9,1
12	Wilno	54,63	25,10	112	-15,6	-16,2	-9,1	0,5	7,6	12	13,3	14,2	9
13	Praga	50,10	14,25	365	-8,8	-11,8	-2,2	4,7	9,2	13,3	14,8	14,9	10,0
14	Wrocław	51,13	16,98	116	-11,16	-13,06	-1,14	4,64	10,26	12,84	15,66	15,44	9,06
15	Kraków	50,07	19,95	221	-11,2	-12,7	-3,9	4,2	9,5	13,3	15,5	14,7	9,3
16	Kijów	50,40	30,57	167	-15,2	-16,1	-7,1	2	10,4	14,4	16,8	15,6	10,7
17	Paryż	48,97	2,45	65	-2,6	-4,6	3,5	6,3	10,4	13,6	15,2	14,9	11,5
18	Wiedeń	48,25	16,37	200	-9,4	-10,0	0,0	6,0	10,3	14,0	16,0	16,1	10,3
19	Innsbruck	48,40	17,15	207	-8,2	-10,9	-2,9	5,2	9,2	13,4	14,4	14,9	9,3
20	Lwów	49,82	23,95	323	-12,6	-14,8	-6,6	3,2	8,7	13,7	14,6	14,5	9,6
21	Bazylea	47,60	7,60	245	-6,5	-9,3	1,8	5,8	9,6	12,6	15,1	14,3	9,3
22	Zurich	47,38	8,57	569	-6,2	-8,7	0,7	5,1	8,8	12,4	14,4	14,2	9,1
23	Budapeszt	47,52	19,03	129	-8,5	-7,6	1,1	7,7	12,3	16,7	18,4	18	11,6
24	Genewa	46,25	6,13	416	-4,2	-6,1	1,3	6,4	10,3	14,4	16,2	15,7	10,6
25	Odessa	46,43	30,77	42	-9,9	-12,3	-3,5	4,3	11,9	16,8	19,6	18,2	12,3
26	Marsylia	43,45	5,23	36	1,4	2,8	6,6	10,9	13,8	17,7	19,8	19,8	15,8
27	Rzym	41,80	12,00	46	3,7	3,0	7,9	10,7	13,7	19,0	22,0	22,2	17,7
28	Madryt	40,38	-3,79	667	2,8	2,3	6,3	8,7	11,0	17,1	21,2	21,1	16,9
29	Tbilisi	41,68	44,95	491	-3,8	-2,5	1,6	8,6	14,2	18,1	21,9	20,7	16,8
30	Ateny	37,97	23,72	107	4,9	6,2	7,7	12,1	16,4	21,8	25,3	24,3	21,4

**Tabels 1b.** Najmniejsze wartości średniej temperatury powietrza ( $T_{inf}$ ) w Europie w latach 1900-2018

**Table 1b.** The smallest values of average air temperature ( $T_{inf}$ ) in Europe in the 1900-2018 years

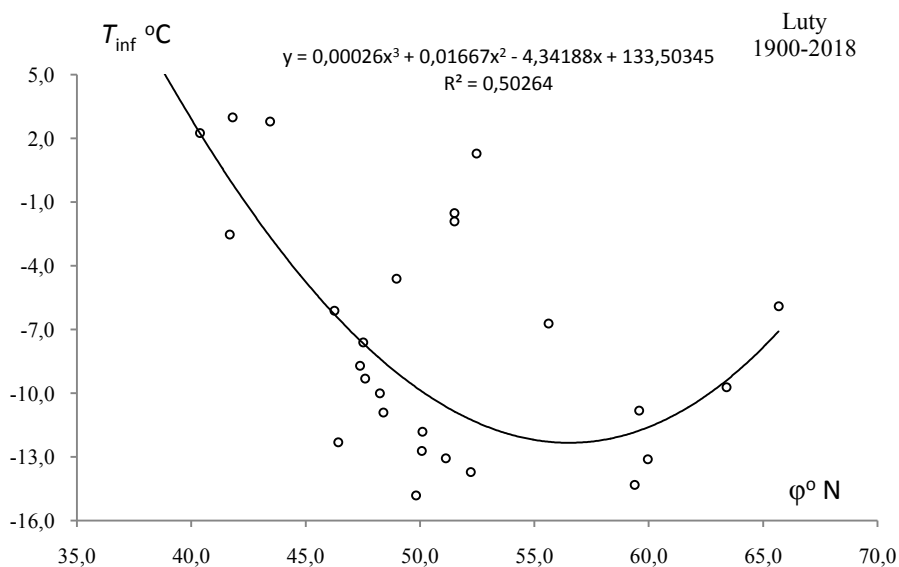
		$\varphi^\circ$	$\lambda^\circ$	H m	X	XI	XII	III-V	VI-VIII	IX-XI	XII-II	I-XII
1	Akureyri	65,68	-18,08	27	-2,5	-5,1	-5,9	-2,33	7,10	-0,07	-7,73	1,56
2	Trondheim	63,40	10,50	133	1,3	-5,0	-8,7	0,87	10,47	2,57	-7,83	3,23
3	Oslo	59,95	10,72	96	2,8	-3,1	-9,24	2,77	13,70	3,53	-8,50	4,09
4	Sztokholm	59,57	18,10	44	3,30	-1,80	-6,80	1,37	13,10	4,67	-7,83	4,21
5	Tallinn	59,38	24,58	34	1,8	-4,8	-9,2	-0,77	12,13	2,43	-11,80	2,60
6	Kopenhaga	55,62	12,65	5	5	0,7	-3,2	4,13	14,27	6,73	-3,40	6,52
7	Moskwa	55,83	37,62	156	-1,1	-8,2	-14,8	0,80	13,60	1,17	-15,03	1,68
8	Londyn	51,50	-0,09	27	7,1	2,8	0,6	6,93	13,60	7,80	-0,33	8,48
9	Greenwich	51,50	0,00	312	7,40	3,80	-0,69	6,94	14,16	8,47	-0,02	8,47
10	Berlin	52,47	13,30	58	9,9	5,5	3,4	7,43	19,10	10,23	-0,17	9,66
11	Warszawa	52,22	21,03	110	4,1	-3,4	-8,1	5,37	15,47	5,17	-8,83	5,92
12	Wilno	54,63	25,10	112	2,4	-5,4	-10	2,10	14,33	3,37	-11,03	4,08
13	Praga	50,10	14,25	365	4,8	-0,1	-6,9	5,57	14,97	6,47	-6,87	6,33
14	Wroclaw	51,13	16,98	116	5,04	-1,04	-5,96	6,03	15,73	5,63	-6,99	6,65
15	Kraków	50,07	19,95	221	4,4	-1,5	-7	5,17	15,4	5,47	-8,03	5,98
16	Kijów	50,40	30,57	167	2,2	-6	-9,7	3,47	16,60	4,33	-10,00	4,99
17	Paryż	48,97	2,45	65	6,9	2,7	-2	8,13	15,93	8,60	-1,13	9,09
18	Wiedeń	48,25	16,37	200	5,6	-0,2	-4,7	7,27	16,57	6,43	-2,30	7,32
19	Innsbruck	48,40	17,15	207	4,4	-0,1	-7,5	6,80	15,37	5,50	-6,73	7,11
20	Lwów	49,82	23,95	323	3,3	-2,8	-7,2	4,47	15,23	5,10	-9,25	5,53
21	Bazylea	47,60	7,60	245	4,7	1,1	-3,7	7,43	15,77	6,57	-4,20	7,92
22	Zurich	47,38	8,57	569	4,5	0,9	-3,9	6,23	14,97	6,20	-4,60	7,34
23	Budapeszt	47,52	19,03	129	6,8	0,5	-4,1	8,90	18,73	7,50	-3,67	9,03
24	Genewa	46,25	6,13	416	5,5	2,9	-2,1	7,13	16,43	7,50	-2,70	8,41
25	Odessa	46,43	30,77	42	5,6	-1	-5,4	5,07	19,03	6,93	-7,23	8,23
26	Marsylia	43,45	5,23	36	10,5	7,3	2,2	12,60	19,97	12,60	3,57	15,06
27	Rzym	41,80	12,00	46	13,0	9,0	5,0	12,47	21,90	14,27	5,20	14,66
28	Madryt	40,38	-3,79	667	11,3	6,9	3,0	10,55	20,23	14,77	4,61	13,40
29	Tbilisi	41,68	44,95	491	9,9	2,6	-4,5	10,20	21,01	10,39	-1,33	10,57
30	Ateny	37,97	23,72	107	15,5	9,8	6,7	13,57	24,63	16,63	7,47	16,93

### 10.1. Profil równoleżnikowy najniższej średniej temperatury powietrza $T_{inf}(\varphi)$ w Europie



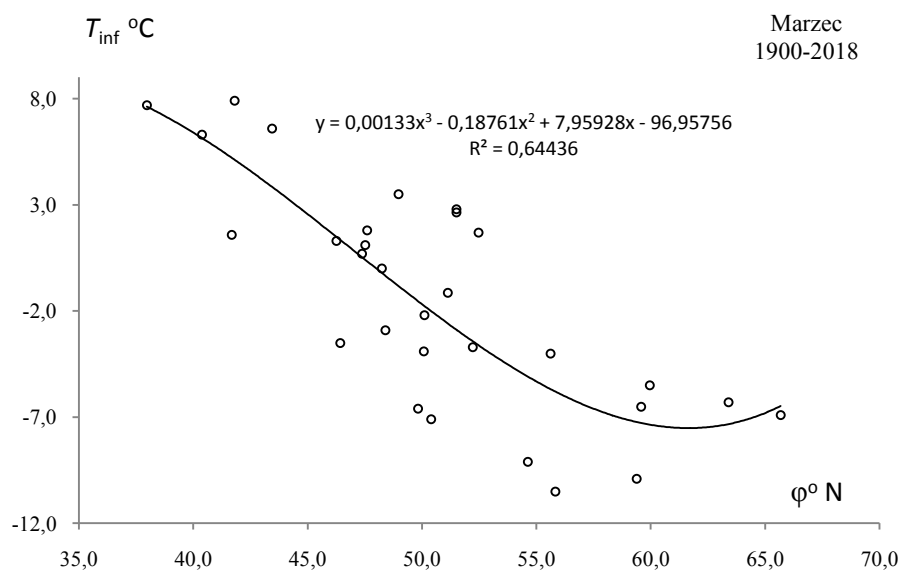
**Rys. 1.** Profil równoleżnikowy najniższej średniej temperatury powietrza  $T_{inf}(\varphi)$  w Europie w styczniu w latach 1900-2018

**Fig. 1.** Latitudinal profile of the lowest average air temperature  $T_{inf}(\varphi)$  in Europe in January in the 1900-2018 years.



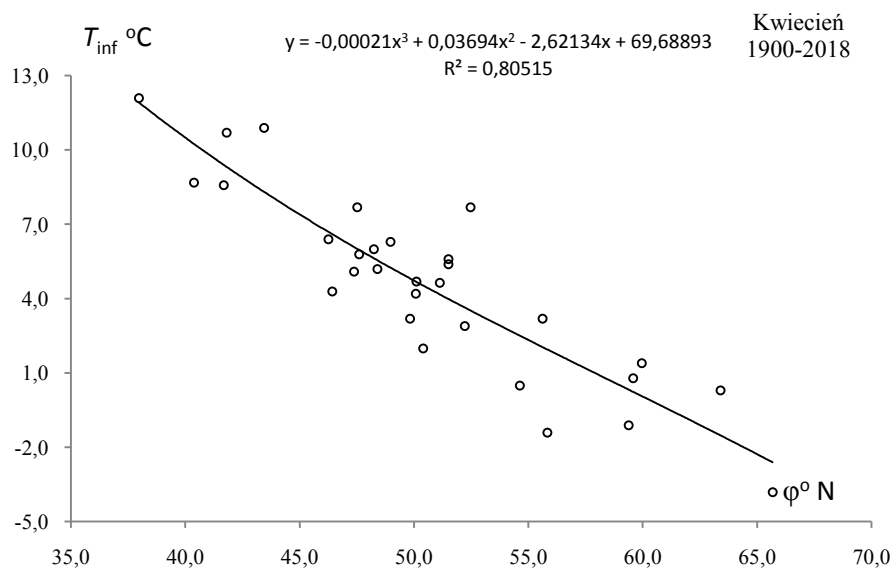
**Rys. 2.** Profil równoleżnikowy najniższej średniej temperatury powietrza  $T_{inf}(\varphi)$  w Europie w lutym w latach 1900-2018

**Fig. 2.** Latitudinal profile of the lowest average air temperature  $T_{inf}(\varphi)$  in Europe in February in the 1900-2018 years



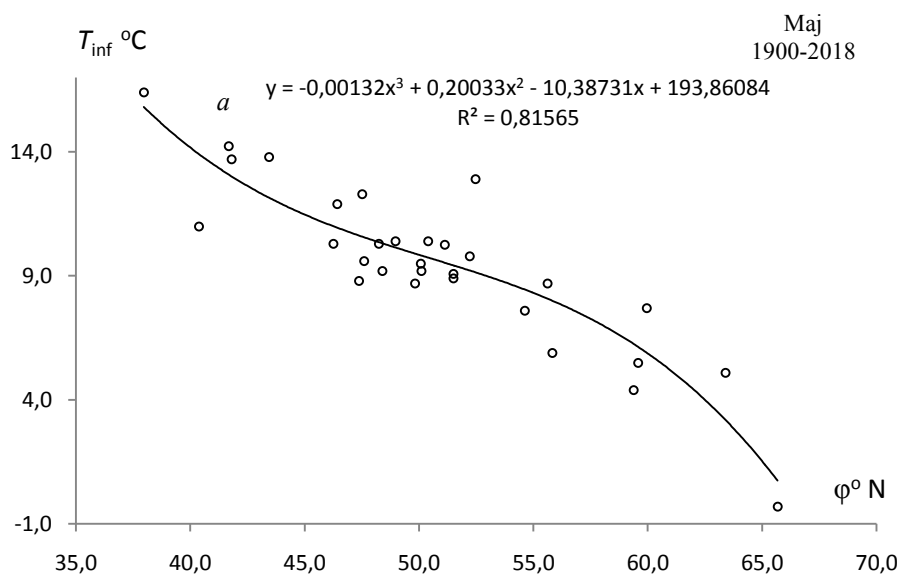
**Rys. 3.** Profil równoleżnikowy najniższej średniej temperatury powietrza  $T_{inf}(\varphi)$  w Europie w marcu w latach 1900-2018

**Fig. 3** Latitudinal profile of the lowest average air temperature  $T_{inf}(\varphi)$  in Europe in March in the 1900-2018 years



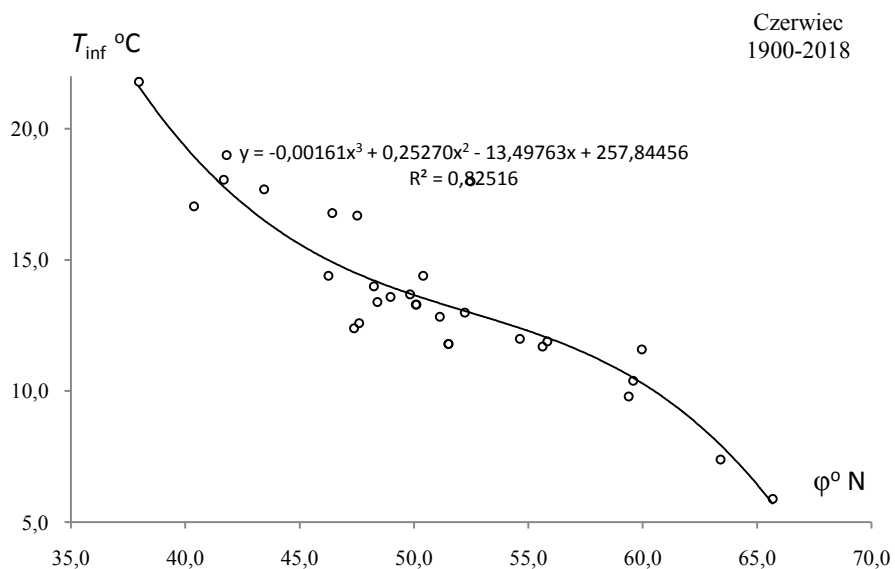
**Rys. 4.** Profil równoleżnikowy najniższej średniej temperatury powietrza  $T_{inf}(\varphi)$  w Europie w kwietniu w latach 1900-2018

**Fig. 4.** Latitudinal profile of the lowest average air temperature  $T_{inf}(\varphi)$  in Europe in April in the 1900-2018 years



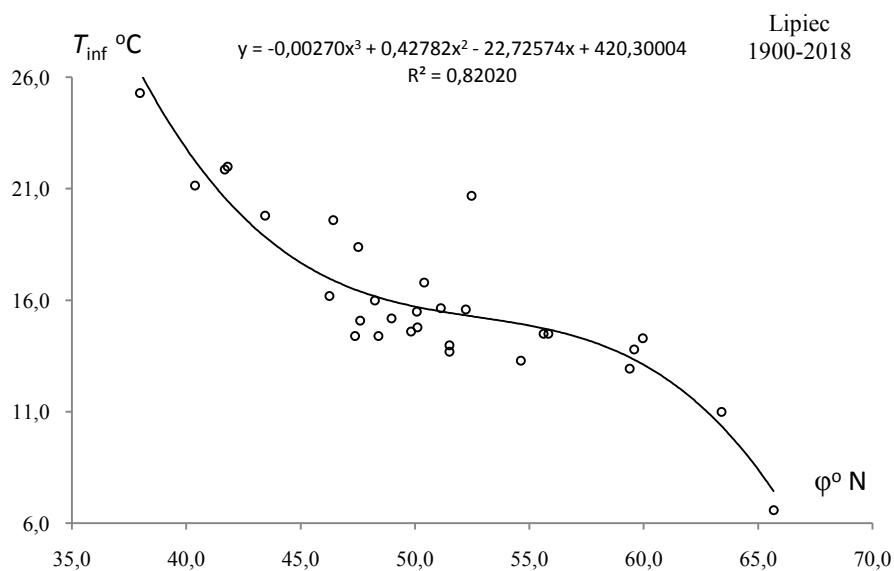
**Rys. 5.** Profil równoleżnikowy najniższej średniej temperatury powietrza  $T_{inf}(\varphi)$  w Europie w maju w latach 1900-2018

**Fig. 5.** Latitudinal profile of the lowest average air temperature  $T_{inf}(\varphi)$  in Europe in May in the 1900-2018 years



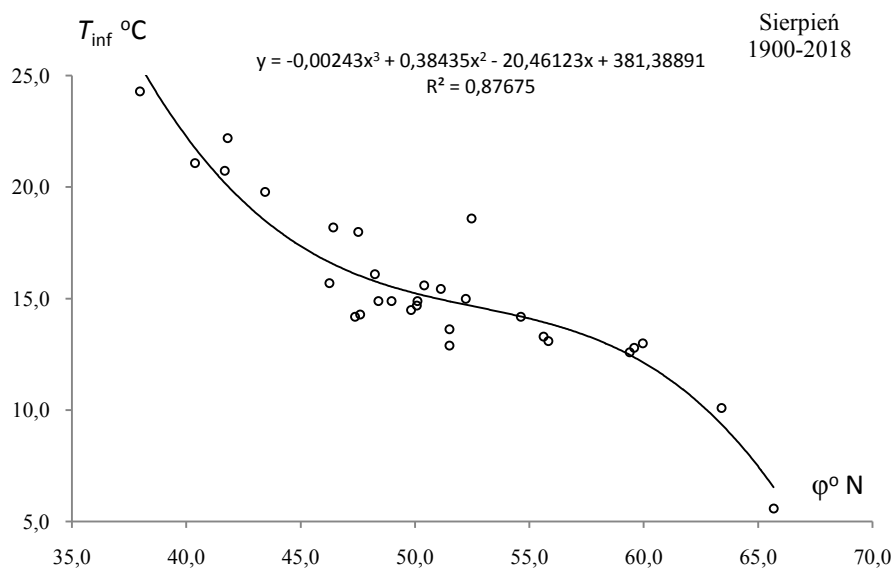
**Rys. 6.** Profil równoleżnikowy najniższej średniej temperatury powietrza  $T_{inf}(\varphi)$  w Europie w czerwcu w latach 1900-2018

**Fig. 6.** Latitudinal profile of the lowest average air temperature  $T_{inf}(\varphi)$  in Europe in June in the 1900-2018 years.



**Rys. 7.** Profil równoleżnikowy najniższej średniej temperatury powietrza  $T_{inf}(\varphi)$  w Europie w lipcu w latach 1900-2018

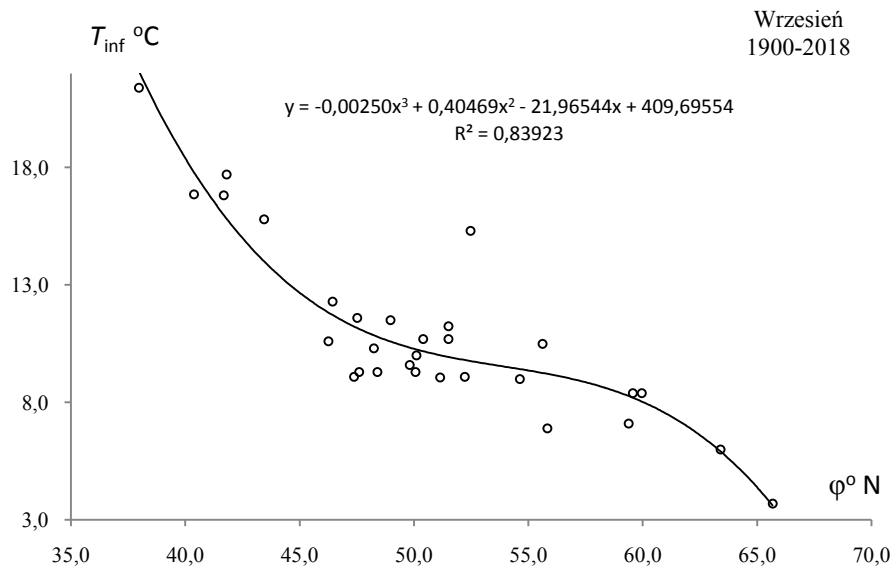
**Fig. 7.** Latitudinal profile of the lowest average air temperature  $T_{inf}(\varphi)$  in Europe in July in the 1900-2018 years



**Rys. 8.** Profil równoleżnikowy najniższej średniej temperatury powietrza  $T_{inf}(\varphi)$  w Europie w sierpniu w latach 1900-2018

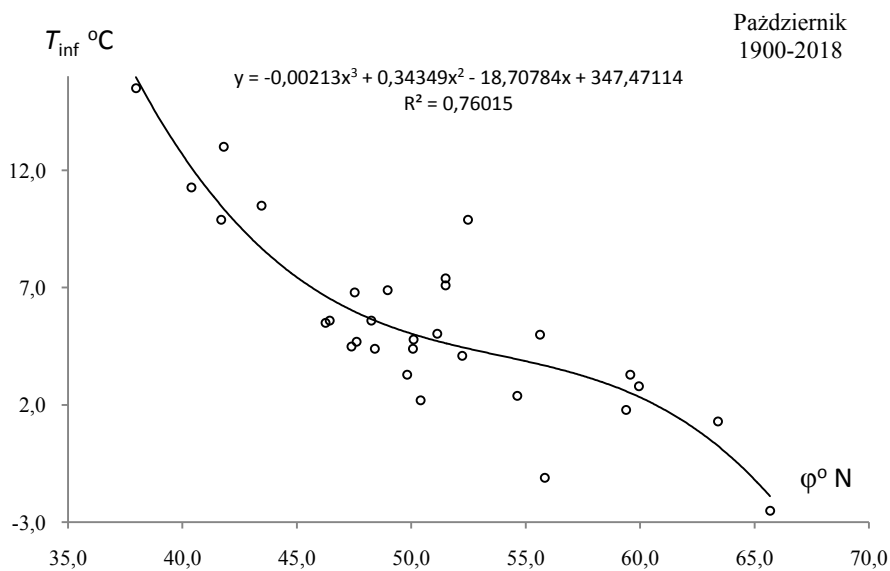
**Fig. 8.** Latitudinal profile of the lowest average air temperature  $T_{inf}(\varphi)$  in Europe in August in the 1900-2018 years





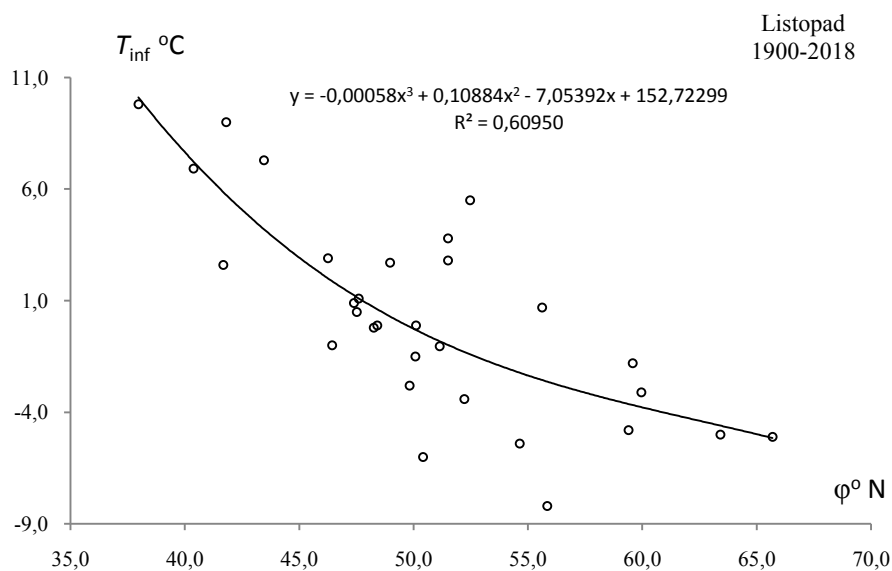
**Rys. 9.** Profil równoleżnikowy najniższej średniej temperatury powietrza  $T_{inf}(\varphi)$  ( $\varphi$ ) w Europie we wrześniu w latach 1900-2018

**Fig. 9.** Latitudinal profile of the lowest average air temperature  $T_{inf}(\varphi)$  in Europe in September in the 1900-2018 years



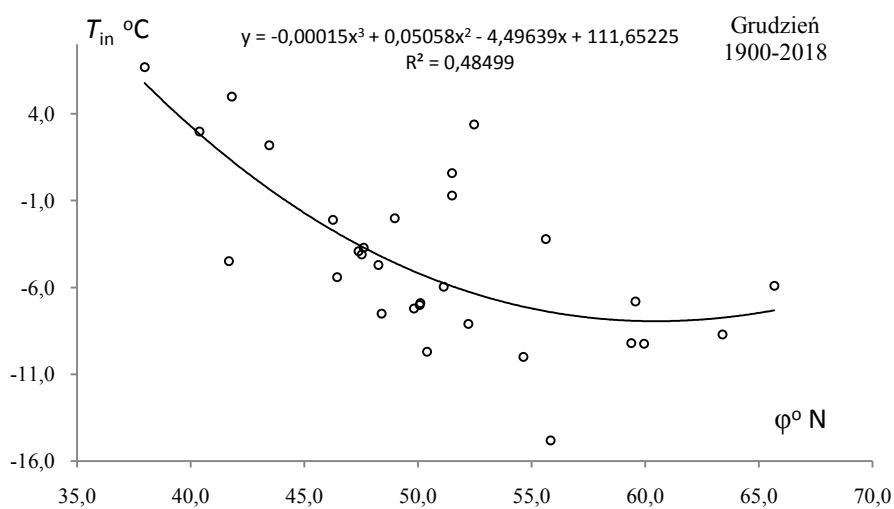
**Rys. 10.** Profil równoleżnikowy najniższej średniej temperatury powietrza  $T_{inf}(\varphi)$  w Europie w październiku w latach 1900-2018

**Fig. 10.** Latitudinal profile of the lowest average air temperature  $T_{inf}(\varphi)$  in Europe in October in the 1900-2018 years



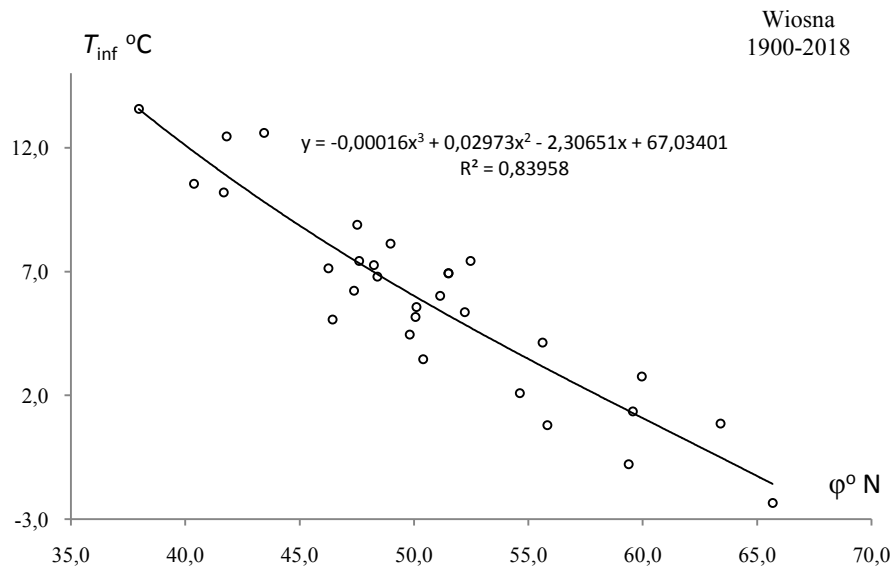
**Rys. 11.** Profil równoleżnikowy najniższej średniej temperatury powietrza  $T_{inf}(\varphi)$  w Europie w listopadzie w latach 1900-2018

**Fig. 11.** Latitudinal profile of the lowest average air temperature  $T_{inf}(\varphi)$  in Europe in November in the 1900-2018 years.



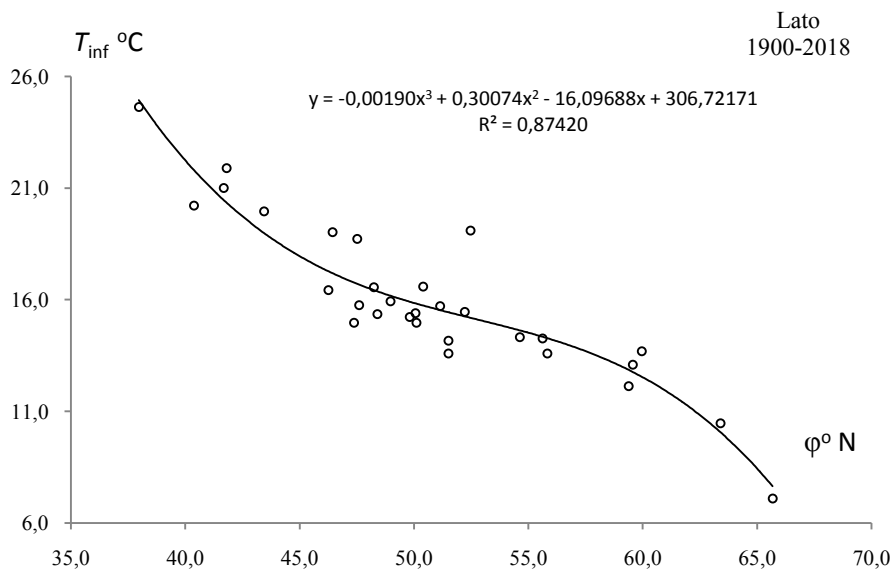
**Rys. 12.** Profil równoleżnikowy najniższej średniej temperatury powietrza  $T_{inf}(\varphi)$  w Europie w grudniu w latach 1900-2018

**Fig. 12.** Latitudinal profile of the lowest average air temperature  $T_{inf}(\varphi)$  in Europe in December in the 1900-2018 years



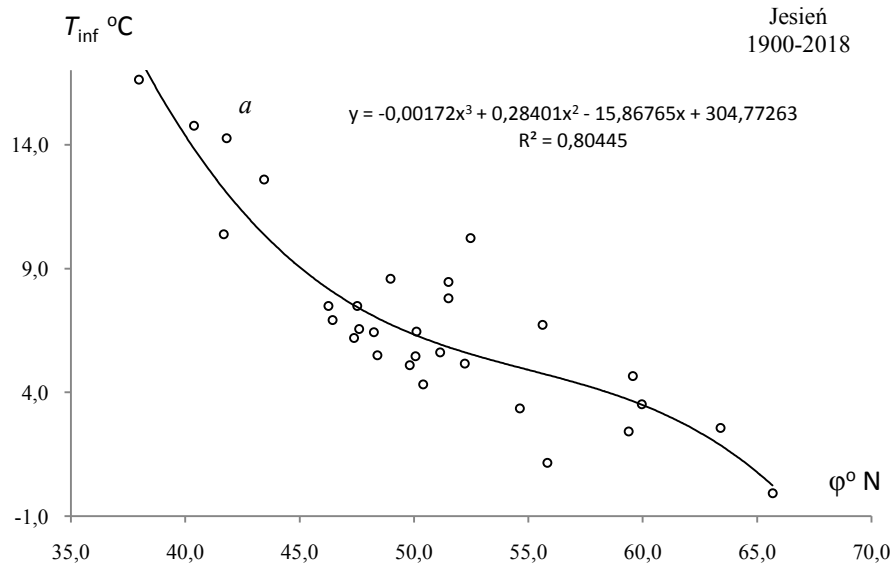
**Rys. 13.** Profil równoleżnikowy najniższej średniej temperatury powietrza  $T_{inf}(\varphi)$  w Europie wiosną w latach 1900-2018

**Fig. 13.** Latitudinal profile of the lowest average air temperature  $T_{inf}(\varphi)$  in Europe in Spring in the 1900-2018 years.



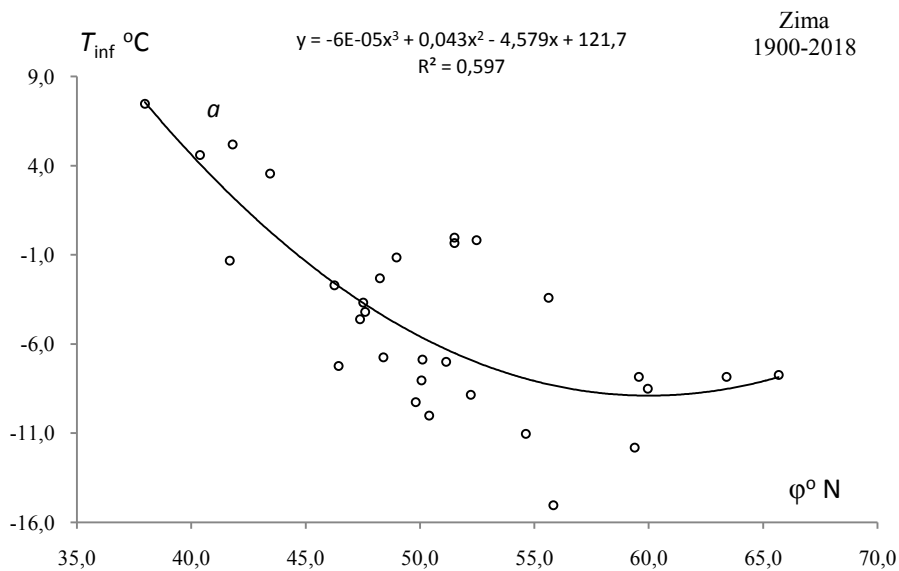
**Rys. 14.** Profil równoleżnikowy najniższej średniej temperatury powietrza  $T_{inf}(\varphi)$  w Europie w lecie w latach 1900-2018

**Fig. 14** Latitudinal profile of the lowest average air temperature  $T_{inf}(\varphi)$  in Europe in Summer in the 1900-2018 years



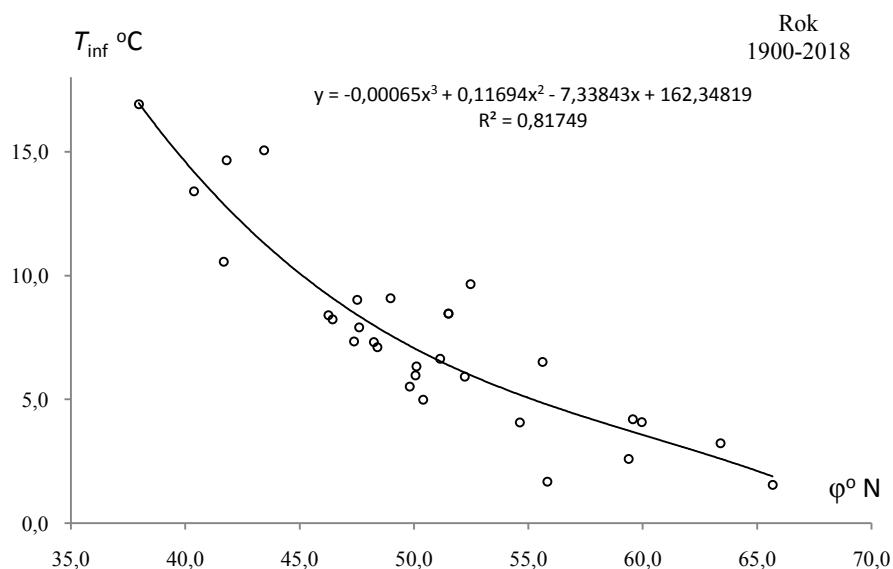
**Rys. 15.** Profil równoleżnikowy najniższej średniej temperatury powietrza  $T_{inf}(\phi)$  w Europie jesienią w latach 1900-2018

**Fig. 15.** Latitudinal profile of the lowest average air temperature  $T_{inf}(\phi)$  in Europe in Autumn in the 1900-2018 years



**Rys. 16.** Profil równoleżnikowy najniższej średniej temperatury powietrza  $T_{inf}(\phi)$  w Europie w zimie w latach 1900-2018

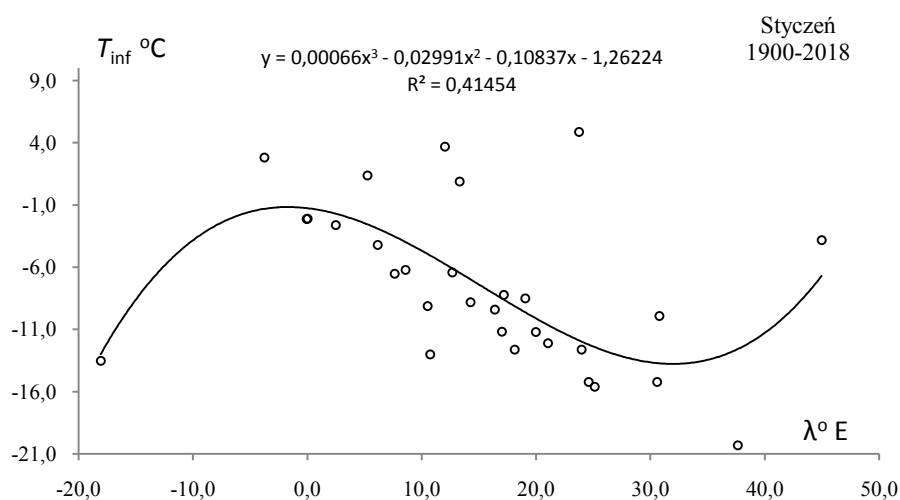
**Fig. 16.** Latitudinal profile of the lowest average air temperature  $T_{inf}(\phi)$  in Europe in Winter in the 1900-2018 years



**Rys. 17.** Profil równoleżnikowy najniższej średniej temperatury powietrza  $T_{inf}(\varphi)$  w Europie w roku w latach 1900-2018

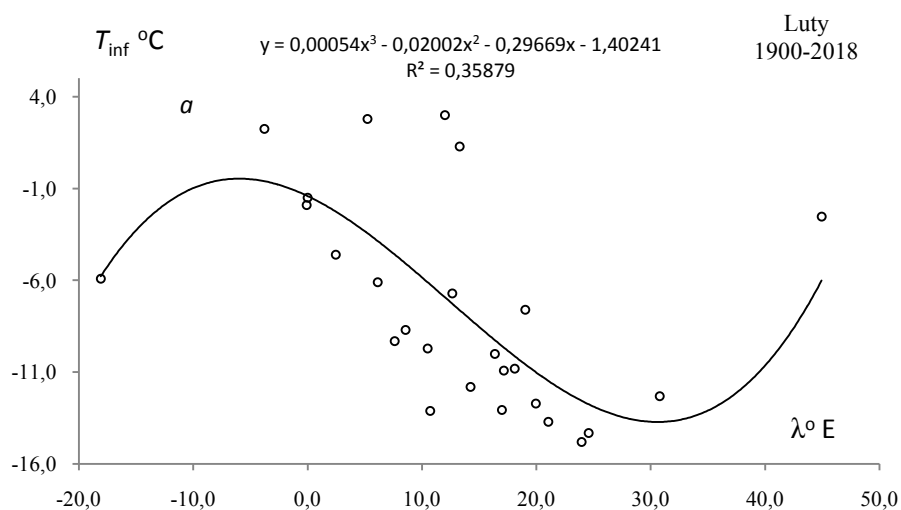
**Fig. 17.** Latitudinal profile of the lowest average air temperature  $T_{inf}(\varphi)$  in Europe in Year in the 1900-2018 years

### 10.2. Profil południkowy najniższej średniej temperatury powietrza $T_{inf}(\lambda)$ w Europie



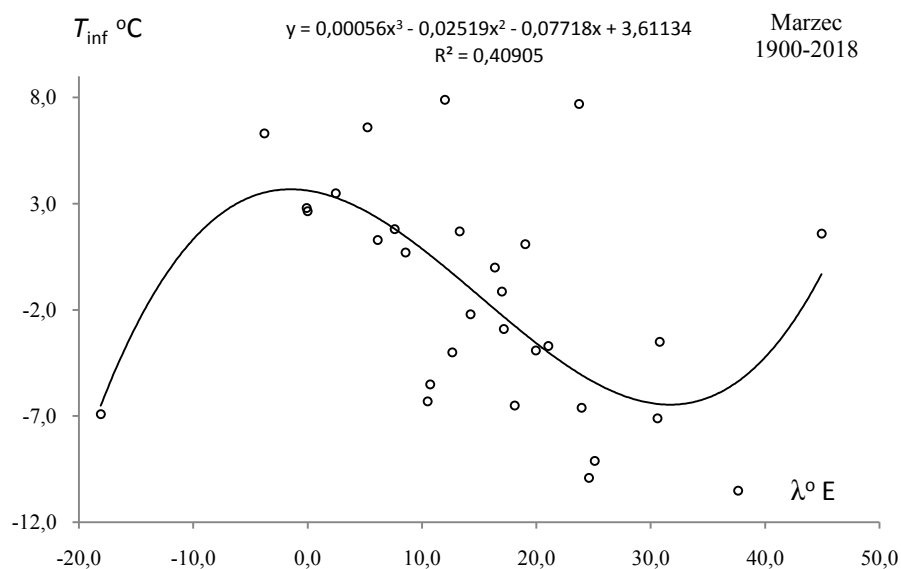
**Rys. 18.** Profil południkowy najniższej średniej temperatury powietrza  $T_{inf}(\lambda)$  w Europie w styczniu w latach 1900-2018

**Fig. 18.** Meridian profile of the lowest average air temperature  $T_{inf}(\lambda)$  in Europe in January in the 1900-2018 years.



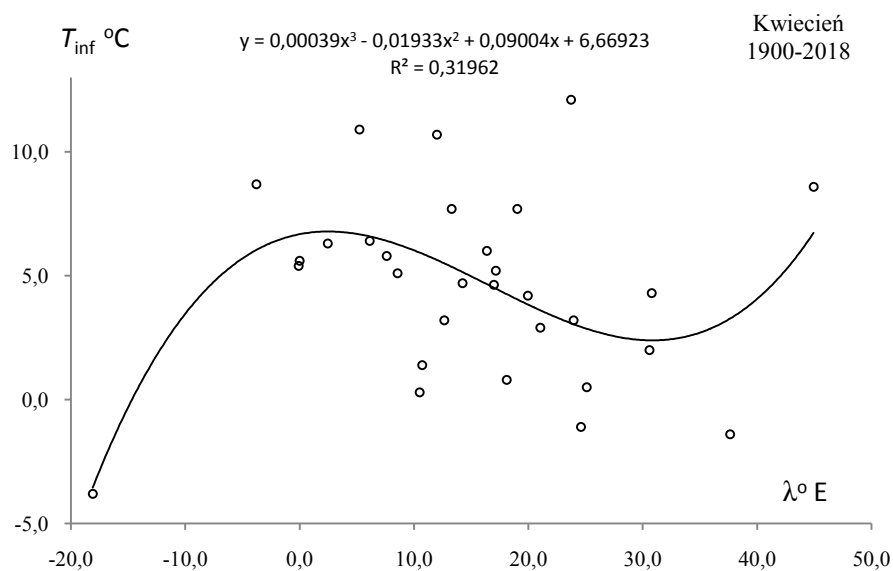
**Rys. 19.** Profil południkowy najniższej średniej temperatury powietrza  $T_{inf}(\lambda)$  w Europie w lutym w latach 1900-2018

**Fig. 19.** Meridian profile of the lowest average air temperature  $T_{inf}(\lambda)$  in Europe in February in the 1900-2018 years



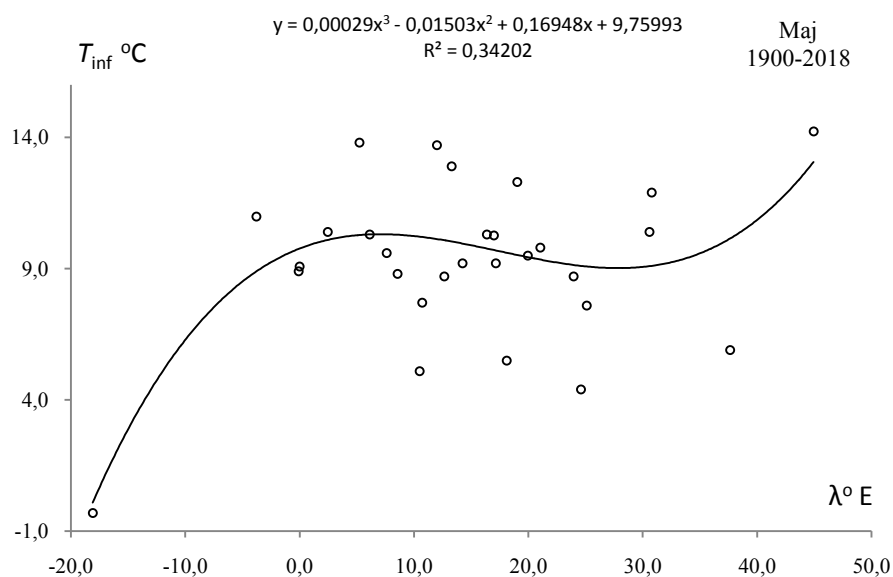
**Rys. 20.** Profil południkowy najniższej średniej temperatury powietrza  $T_{inf}(\lambda)$  w Europie w marcu w latach 1900-2018

**Fig. 20.** Meridian profile of the lowest average air temperature  $T_{inf}(\lambda)$  in Europe in March in the 1900-2018 years



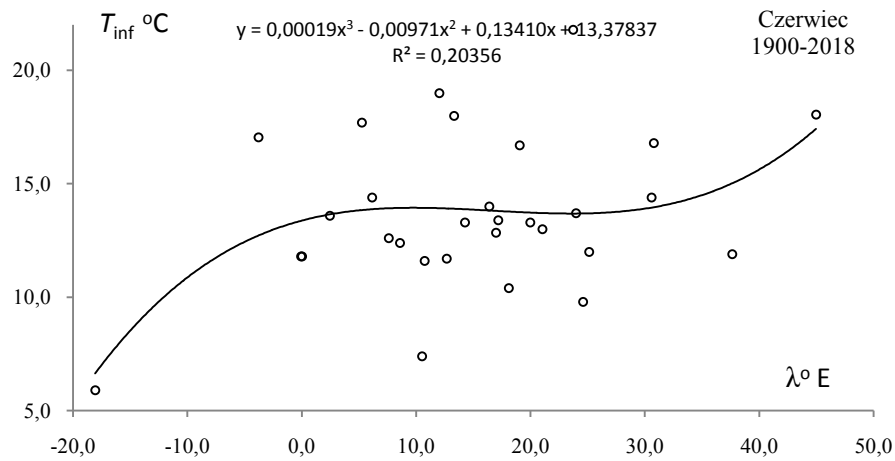
**Rys. 21.** Profil południkowy najniższej średniej temperatury powietrza  $T_{inf}(\lambda)$  w Europie w kwietniu w latach 1900-2018

**Fig. 21.** Meridian profile of the lowest average air temperature  $T_{inf}(\lambda)$  in Europe in April in the 1900-2018 years

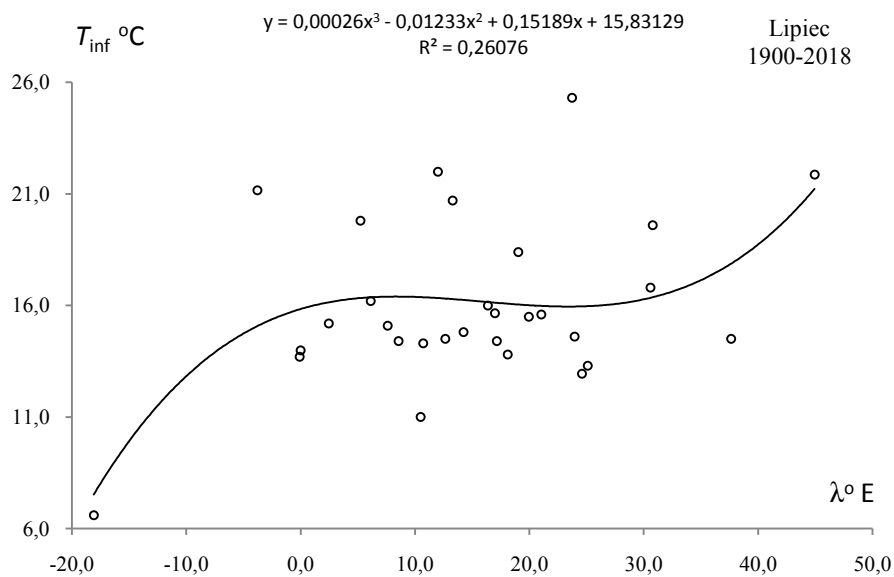


**Rys. 22.** Profil południkowy najniższej średniej temperatury powietrza  $T_{inf}(\lambda)$  w Europie w maju w latach 1900-2018

**Fig. 22.** Meridian profile of the lowest average air temperature  $T_{inf}(\lambda)$  in Europe in May in the 1900-2018 years

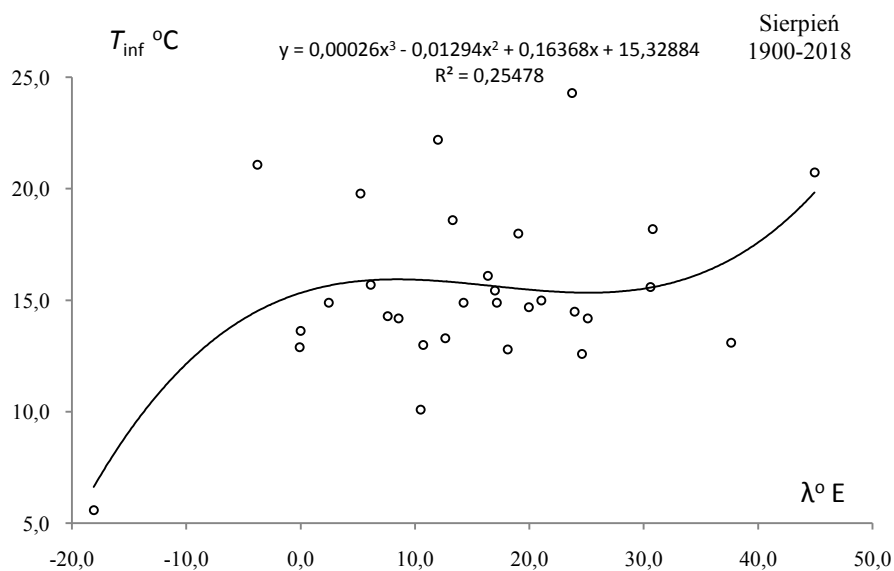


**Rys. 23.** Profil południkowy najniższej średniej temperatury powietrza  $T_{inf}(\lambda)$  w Europie w czerwcu w latach 1900-2018  
**Fig. 23.** Meridian profile of the lowest average air temperature  $T_{inf}(\lambda)$  in Europe in June in the 1900-2018 years.



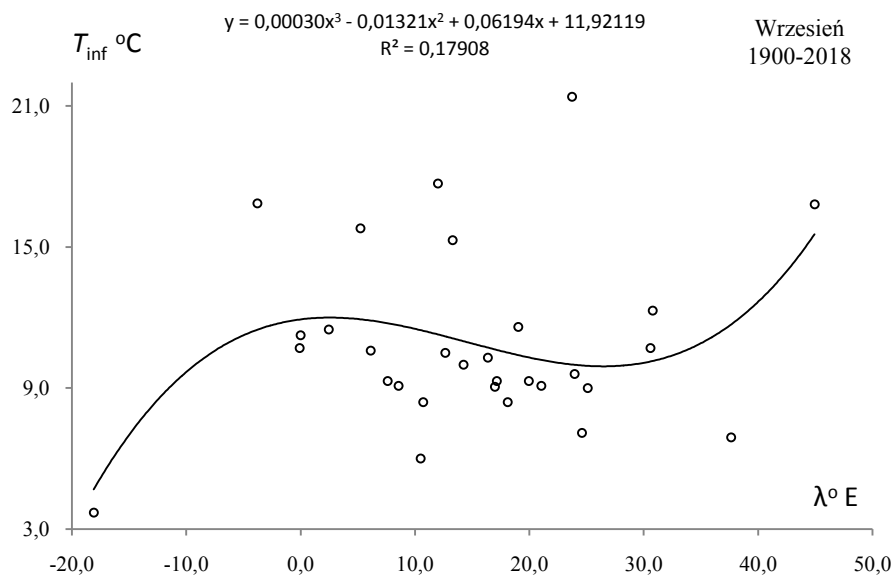
**Rys. 24.** Profil południkowy najniższej średniej temperatury powietrza  $T_{inf}(\lambda)$  w Europie w lipcu w latach 1900-2018  
**Fig. 24.** Meridian profile of the lowest average air temperature  $T_{inf}(\lambda)$  in Europe in July in the 1900-2018 years





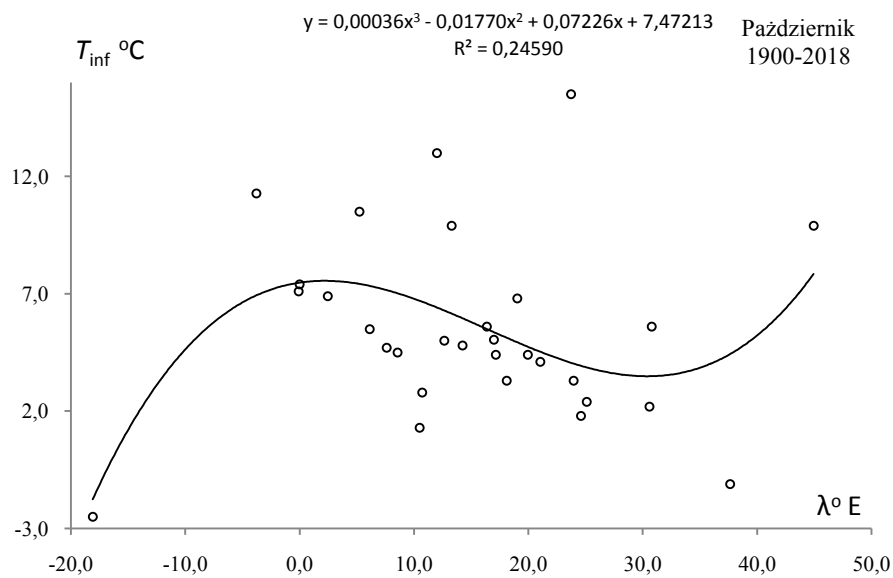
**Rys. 25.** Profil południkowy najniższej średniej temperatury powietrza  $T_{inf}(\lambda)$  w Europie w sierpniu w latach 1900-2018

**Fig. 25.** Meridian profile of the lowest average air temperature  $T_{inf}(\lambda)$  in Europe in August in the 1900-2018 years



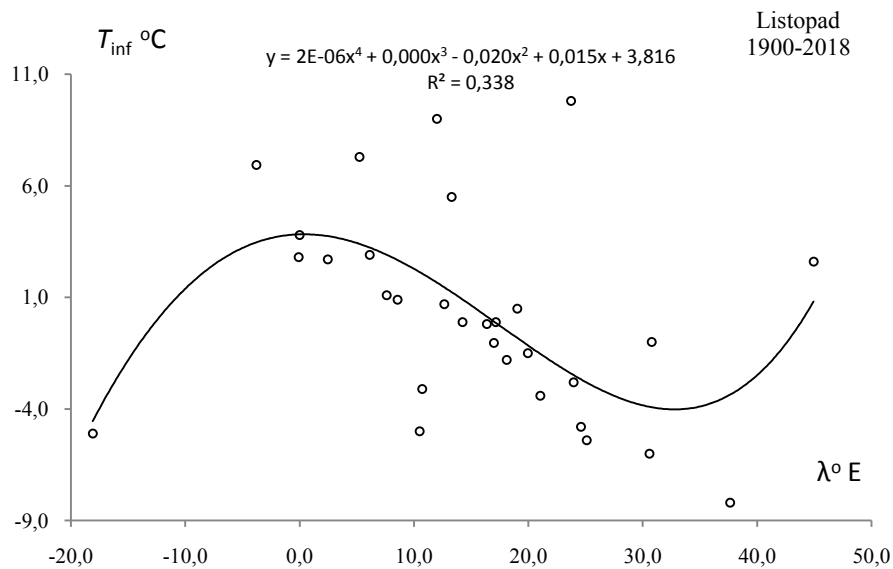
**Rys. 26.** Profil południkowy najniższej średniej temperatury powietrza  $T_{inf}(\lambda)$  w Europie we wrześniu w latach 1900-2018

**Fig. 26.** Meridian profile of the lowest average air temperature  $T_{inf}(\lambda)$  in Europe in September in the 1900-2018 years



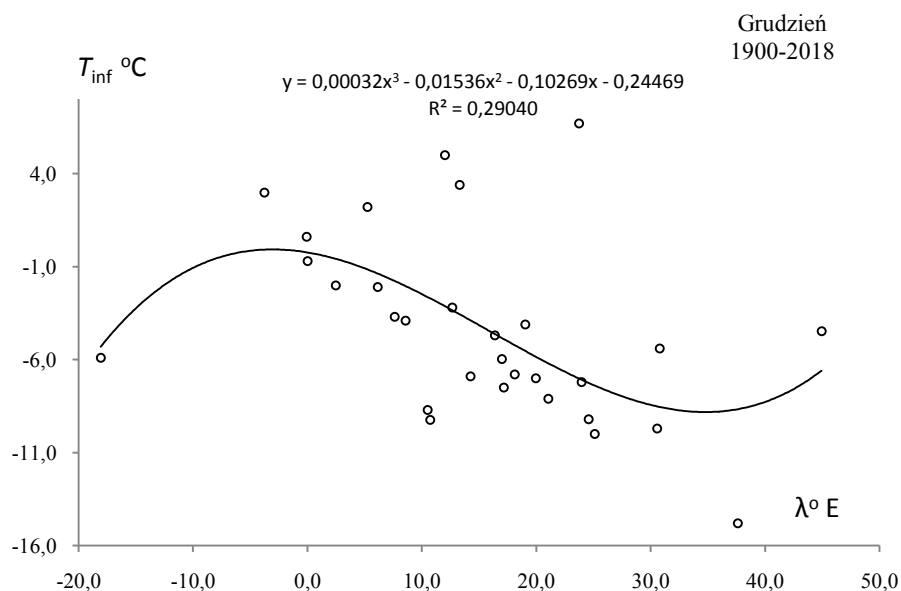
**Rys. 27.** Profil południkowy najniższej średniej temperatury powietrza  $T_{inf}(\lambda)$  w Europie w październiku w latach 1900-2018

**Fig. 27** Meridian profile of the lowest average air temperature  $T_{inf}(\lambda)$  in Europe in October in the 1900-2018 years



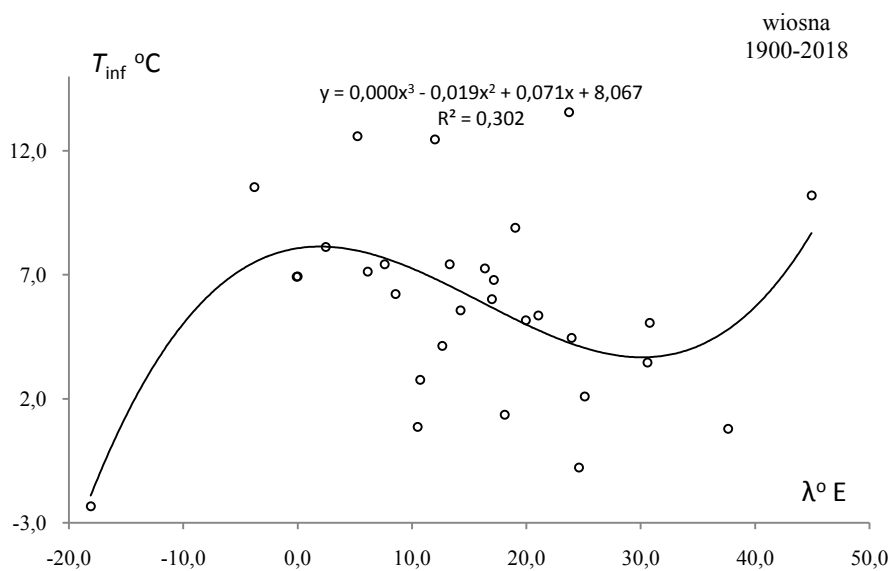
**Rys. 28.** Profil południkowy najniższej średniej temperatury powietrza  $T_{inf}(\lambda)$  w Europie w listopadzie w latach 1900-2018

**Fig. 28.** Meridian profile of the lowest average air temperature  $T_{inf}(\lambda)$  in Europe in November in the 1900-2018 years.



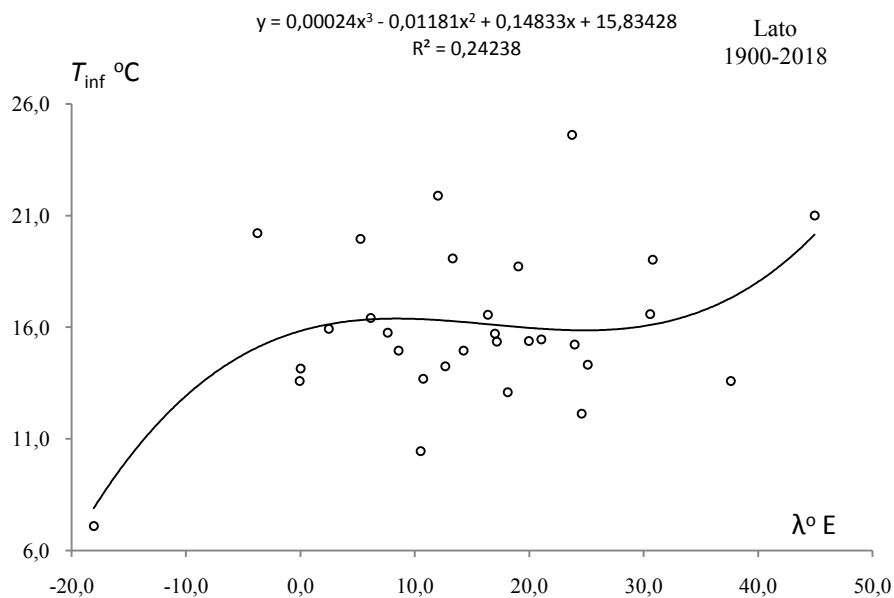
**Rys. 29.** Profil południkowy najniższej średniej temperatury powietrza  $T_{\text{inf}}(\lambda)$  w Europie w grudniu w latach 1900-2018

**Fig. 29.** Meridian profile of the lowest average air temperature  $T_{\text{inf}}(\lambda)$  in Europe in December in the 1900-2018 year



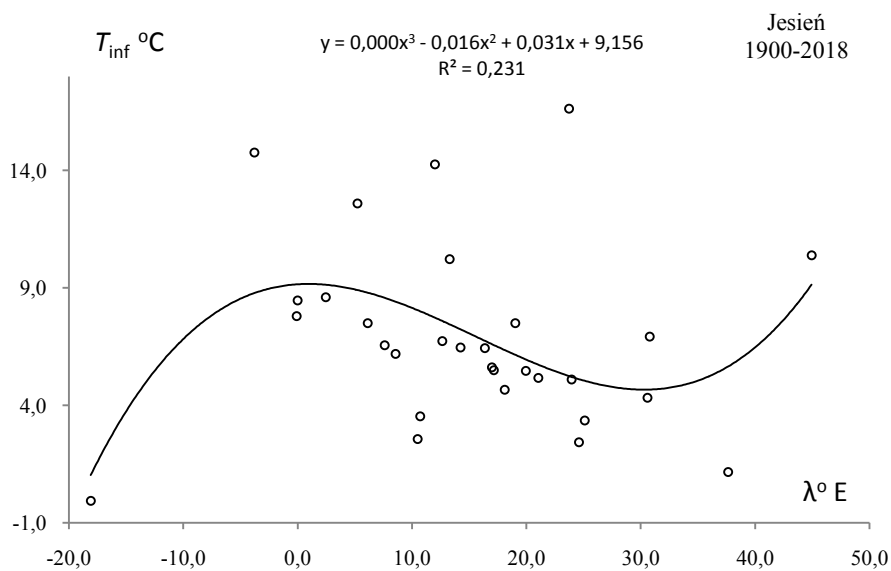
**Rys. 30.** Profil południkowy najniższej średniej temperatury powietrza  $T_{\text{inf}}(\lambda)$  w Europie wiosną w latach 1900-2018

**Fig. 30.** Meridian profile of the lowest average air temperature  $T_{\text{inf}}(\lambda)$  in Europe in Spring in the 1900-2018 years.



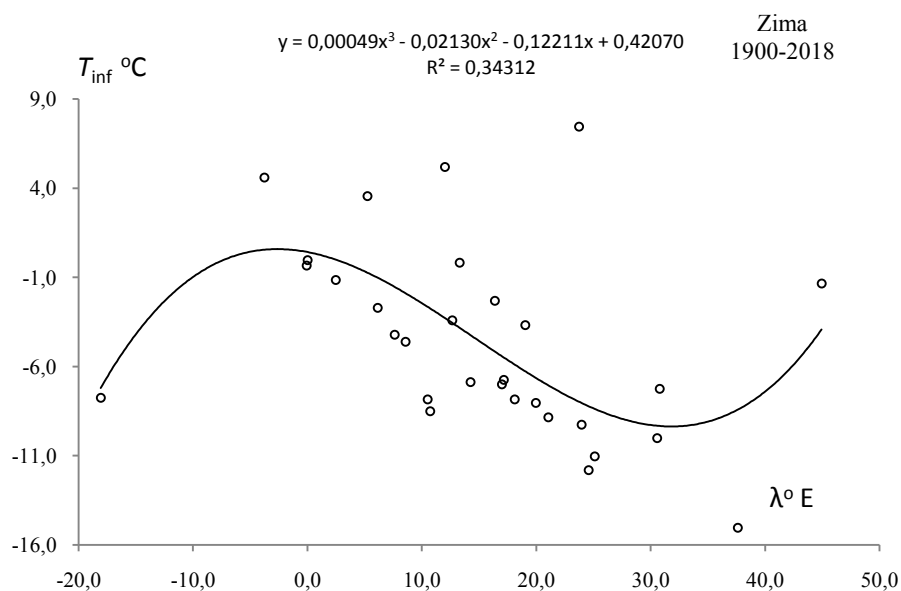
**Rys. 31.** Profil południkowy najniższej średniej temperatury powietrza  $T_{inf}(\lambda)$  w Europie w lecie w latach 1900-2018

**Fig. 31.** Meridian profile of the lowest average air temperature  $T_{inf}(\lambda)$  in Europe in Summer in the 1900-2018 years.



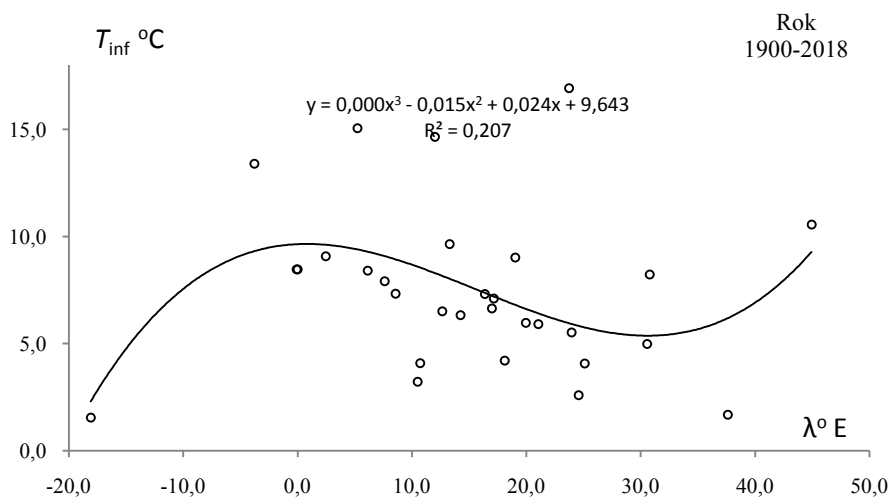
**Rys. 32.** Profil południkowy najniższej średniej temperatury powietrza  $T_{inf}(\lambda)$  w Europie jesienią w latach 1900-2018

**Fig. 32.** Meridian profile of the lowest average air temperature  $T_{inf}(\lambda)$  in Europe in Autumn in the 1900-2018 years



**Rys. 33.** Profil południkowy najniższej średniej temperatury powietrza  $T_{inf}(\lambda)$  w Europie w zimie w latach 1900-2018

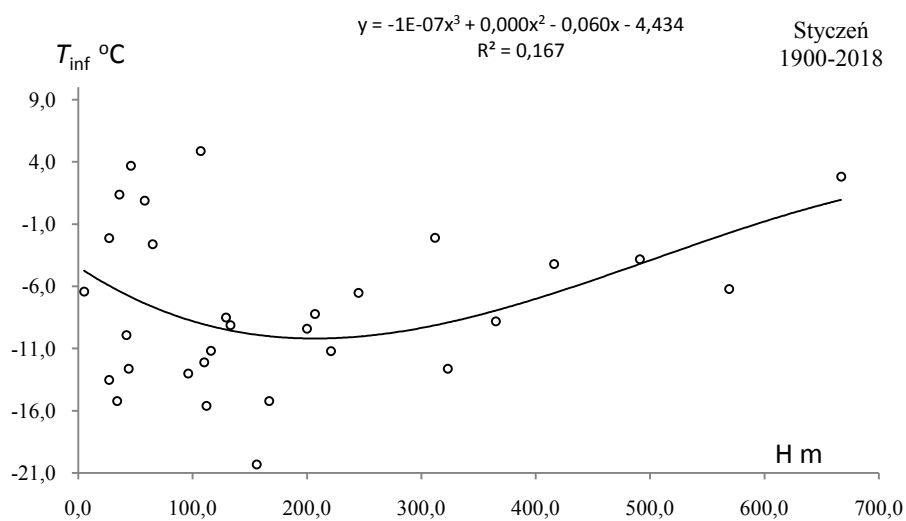
**Fig. 33.** Meridian profile of the lowest average air temperature  $T_{inf}(\lambda)$  in Europe in Winter in the 1900-2018 years.



**Rys. 34.** Profil południkowy najniższej średniej temperatury powietrza  $T_{inf}(\lambda)$  w Europie w roku w latach 1900-2018

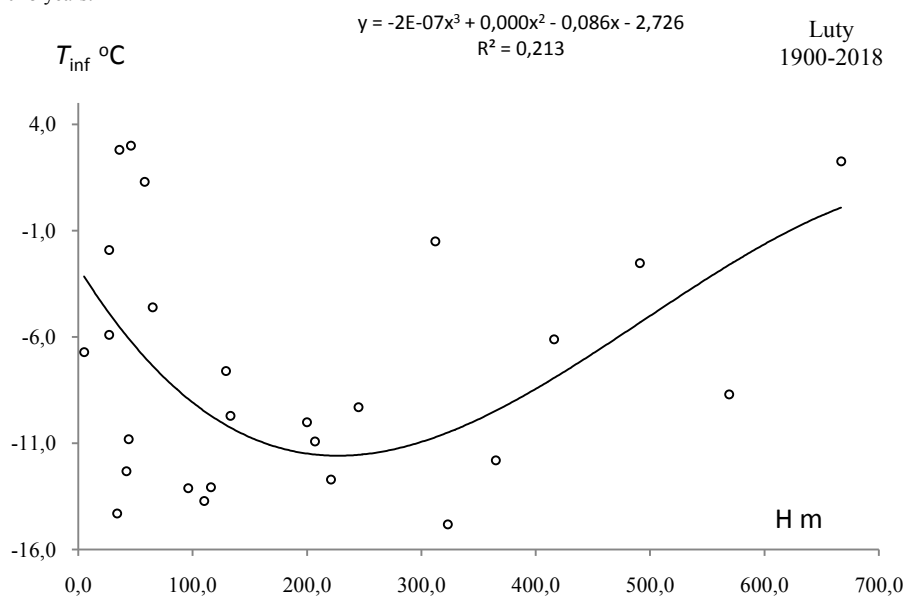
**Fig. 34.** Meridian profile of the lowest average air temperature  $T_{inf}(\lambda)$  in Europe in Year in the 1900-2018 years

### 10.3. Profil hipsometryczny najniższej średniej temperatury powietrza $T_{inf}(H)$ w Europie



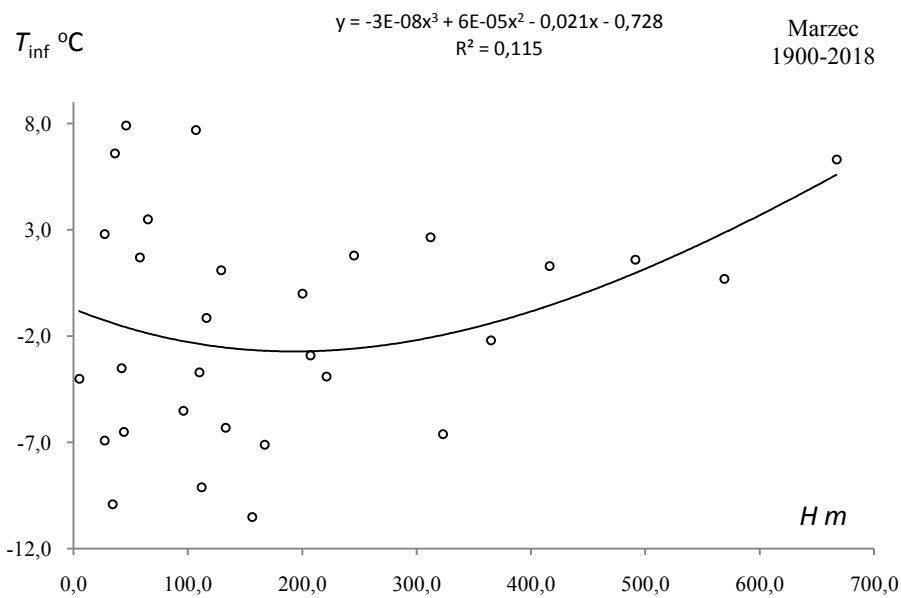
**Rys. 35.** Profil hipsometryczny najniższej średniej temperatury powietrza  $T_{inf}(H)$  w Europie w styczniu w latach 1900-2018

**Fig. 35.** Hypsometric profile of the lowest average air temperature  $T_{inf}(H)$  in Europe in January in the 1900-2018 years.



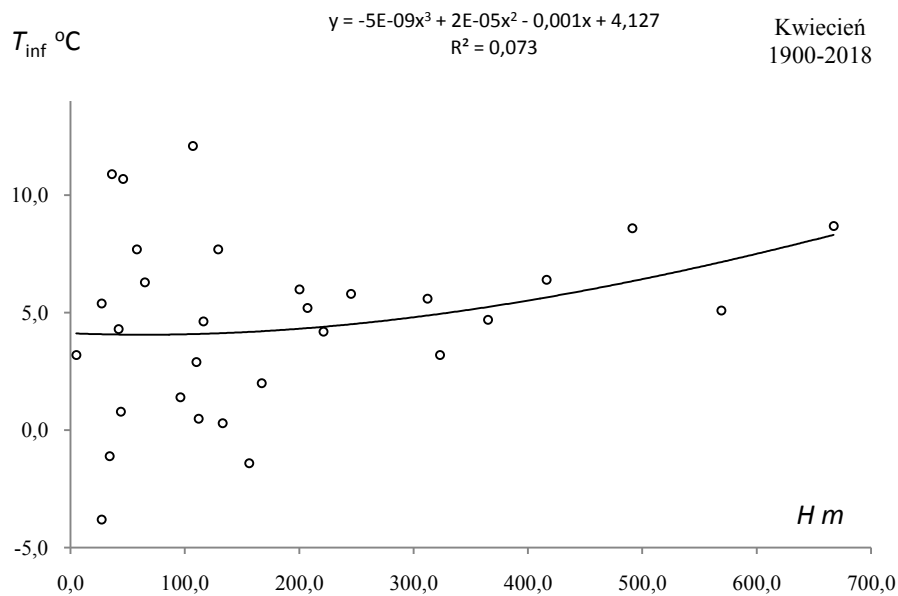
**Rys. 36.** Profil hipsometryczny najniższej średniej temperatury powietrza  $T_{inf}(H)$  w Europie w lutym w latach 1900-2018

**Fig. 36.** Hypsometric profile of the lowest average air temperature  $T_{inf}(H)$  in Europe in February in the 1900-2018 years



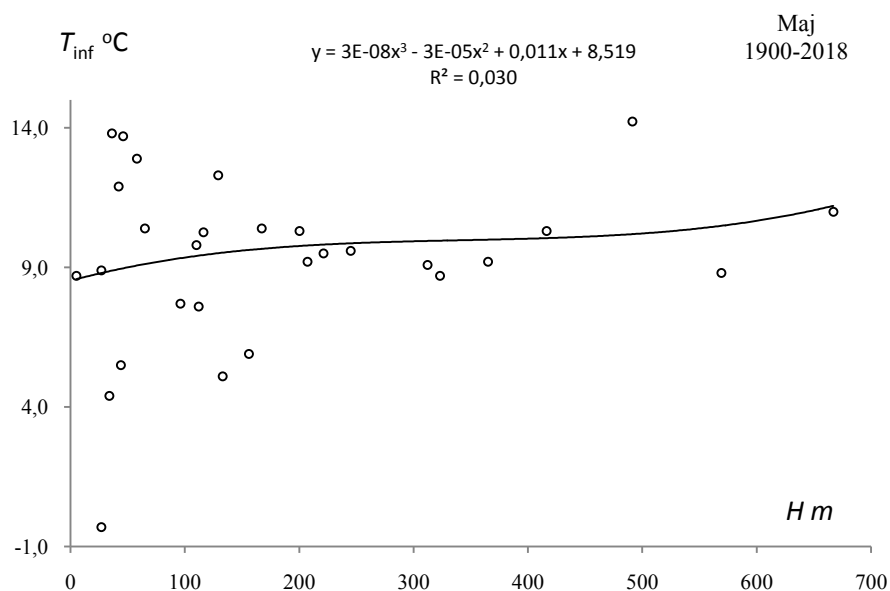
**Rys. 37.** Profil hipsometryczny najniższej średniej temperatury powietrza  $T_{inf}(H)$  w Europie w marcu w latach 1900-2018

**Fig. 37.** Hypsometric profile of the lowest average air temperature  $T_{inf}(H)$  in Europe in March in the 1900-2018 years



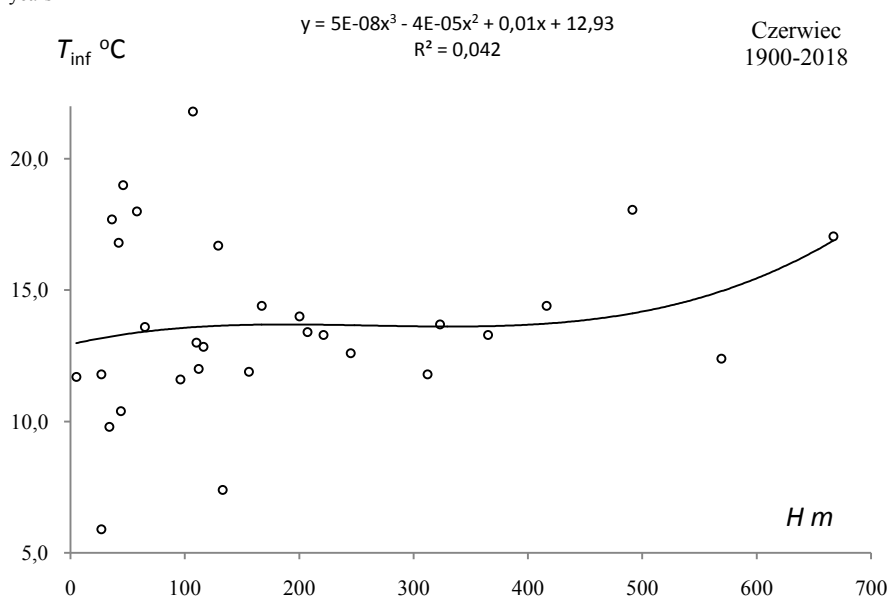
**Rys. 38.** Profil hipsometryczny najniższej średniej temperatury powietrza  $T_{inf}(H)$  w Europie w kwietniu w latach 1900-2018

**Fig. 38.** Hypsometric profile of the lowest average air temperature  $T_{inf}(H)$  in Europe in April in the 1900-2018 years



**Rys. 39.** Profil hipsometryczny najniższej średniej temperatury powietrza  $T_{inf}(H)$  w Europie w maju w latach 1900-2018

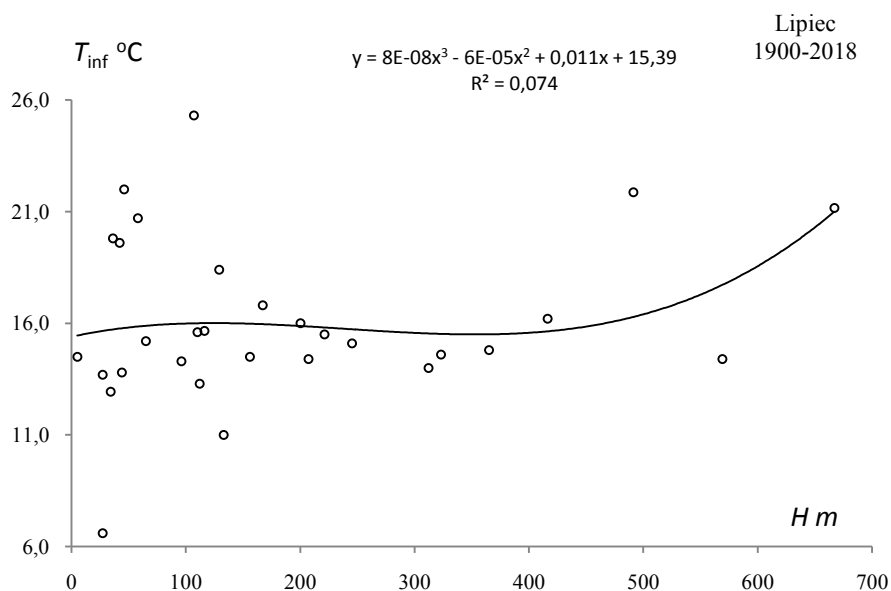
**Fig. 39.** Hypsometric profile of the lowest average air temperature  $T_{inf}(H)$  in Europe in May in the 1900-2018 years



**Rys. 40.** Profil hipsometryczny najniższej średniej temperatury powietrza  $T_{inf}(H)$  w Europie w czerwcu w latach 1900-2018

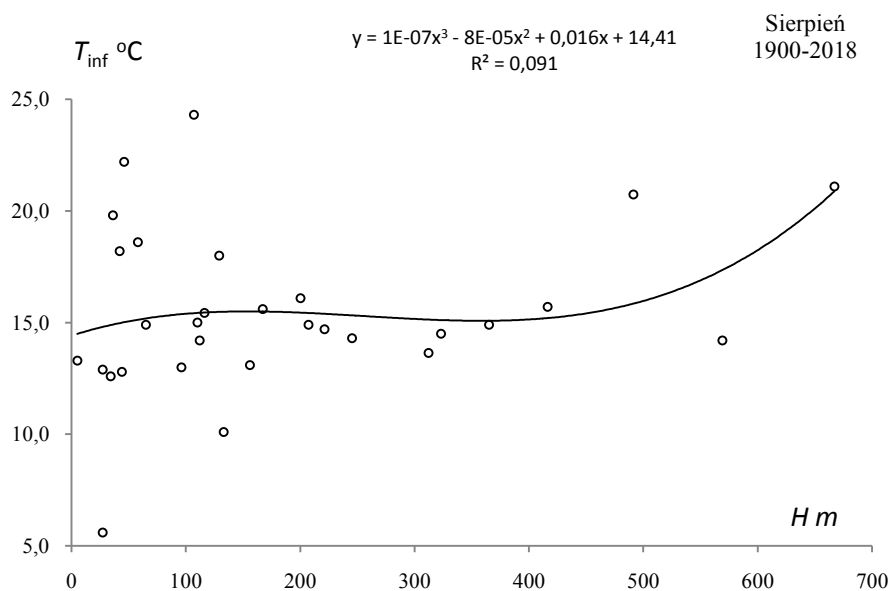
**Fig. 40.** Hypsometric profile of the lowest average air temperature  $T_{inf}(H)$  in Europe in June in the 1900-2018 years.





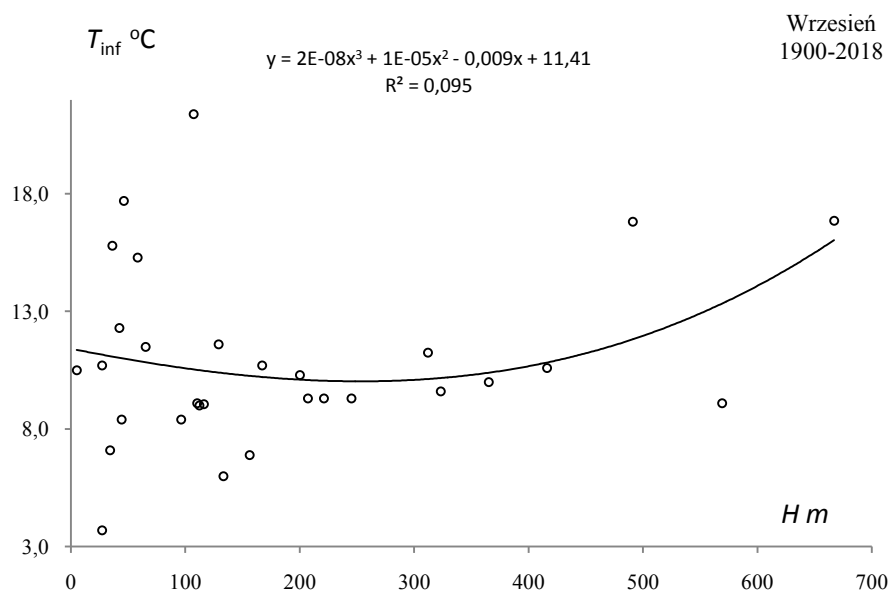
**Rys. 41.** Profil hipsometryczny najniższej średniej temperatury powietrza  $T_{inf}(H)$  w Europie w lipcu w latach 1900-2018

**Fig. 41.** Hypsometric profile of the lowest average air temperature  $T_{inf}(H)$  in Europe in July in the 1900-2018 years



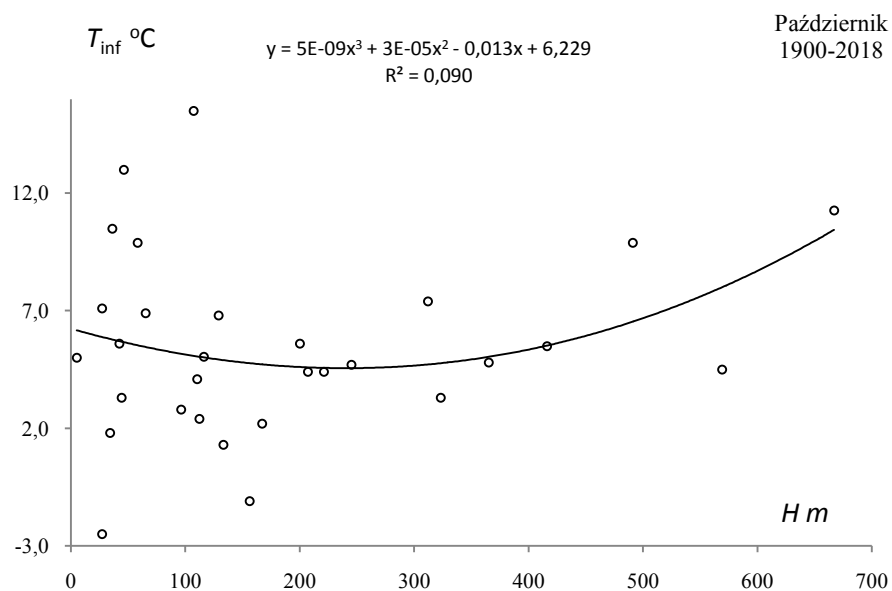
**Rys. 42.** Profil hipsometryczny najniższej średniej temperatury powietrza  $T_{inf}(H)$  w Europie w sierpniu w latach 1900-2018

**Fig. 42.** Hypsometric profile of the lowest average air temperature  $T_{inf}(H)$  in Europe in August in the 1900-2018 years



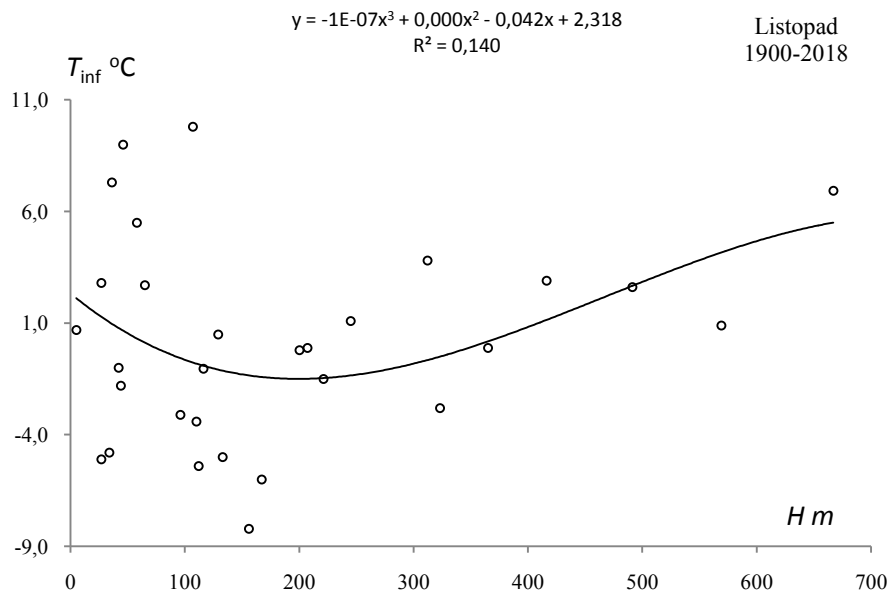
**Rys. 43.** Profil hipsometryczny najniższej średniej temperatury powietrza  $T_{inf}(H)$  w Europie we wrześniu w latach 1900-2018

**Fig. 43.** Hypsometric profile of the lowest average air temperature  $T_{inf}(H)$  in Europe in September in the 1900-2018 years



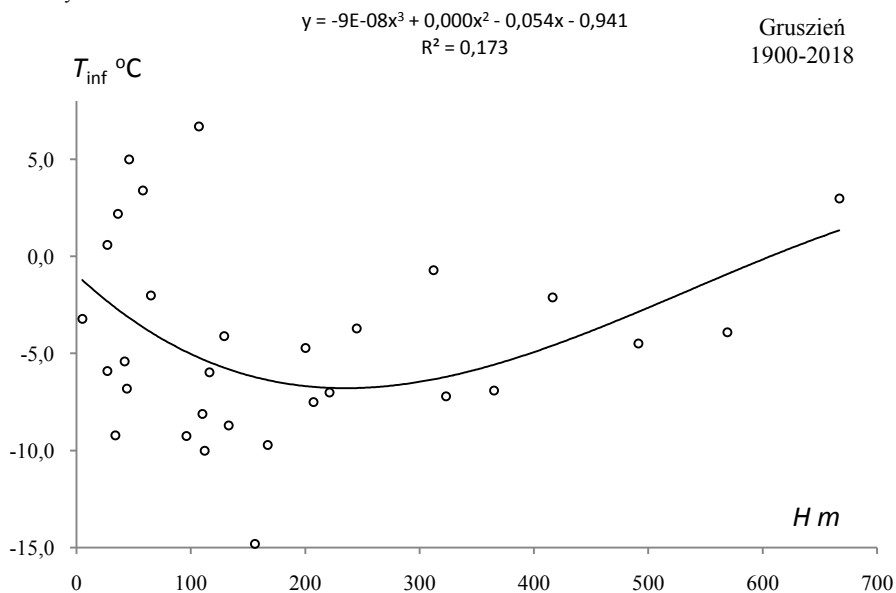
**Rys. 44.** Profil hipsometryczny najniższej średniej temperatury powietrza  $T_{inf}(H)$  w Europie w październiku w latach 1900-2018

**Fig. 44.** Hypsometric profile of the lowest average air temperature  $T_{inf}(H)$  in Europe in October in the 1900-2018 years



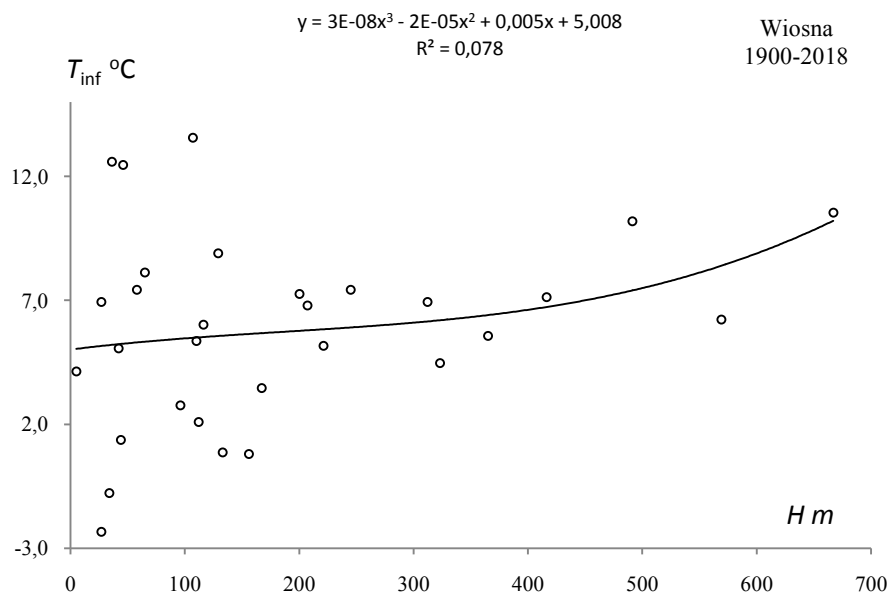
**Rys. 45.** Profil hipsometryczny najniższej średniej temperatury powietrza  $T_{inf}(H)$  w Europie w listopadzie w latach 1900-2018

**Fig. 45.** Hypsometric profile of the lowest average air temperature  $T_{inf}(H)$  in Europe in November in the 1900-2018 years.



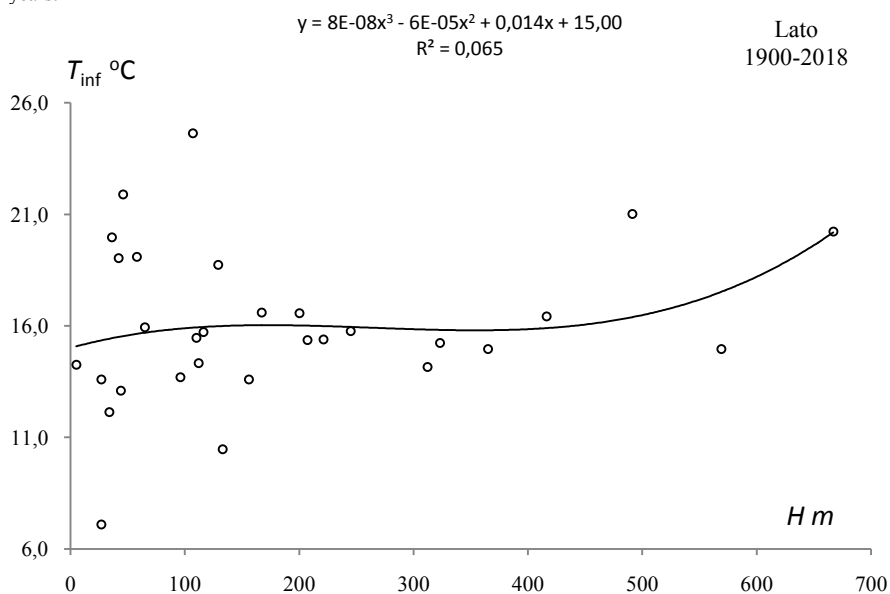
**Rys. 46.** Profil hipsometryczny najniższej średniej temperatury powietrza  $T_{inf}(H)$  w Europie w grudniu w latach 1900-2018

**Fig. 46.** Hypsometric profile of the lowest average air temperature  $T_{inf}(H)$  in Europe in December in the 1900-2018 years



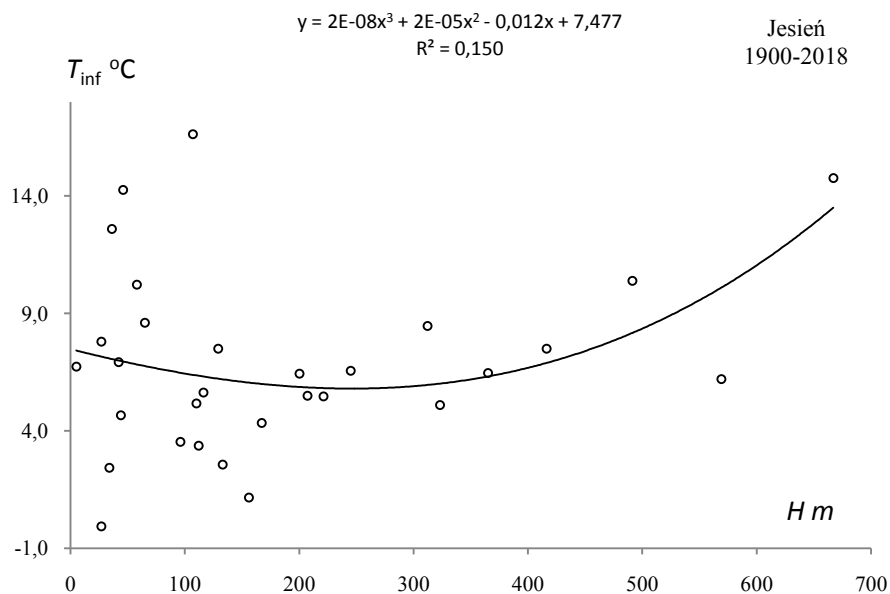
**Rys. 47.** Profil hipsometryczny najniższej średniej temperatury powietrza  $T_{inf}(H)$  w Europie wiosną w latach 1900-2018

**Fig. 47.** Hypsometric profile of the lowest average air temperature  $T_{inf}(H)$  in Europe in Spring in the 1900-2018 years.



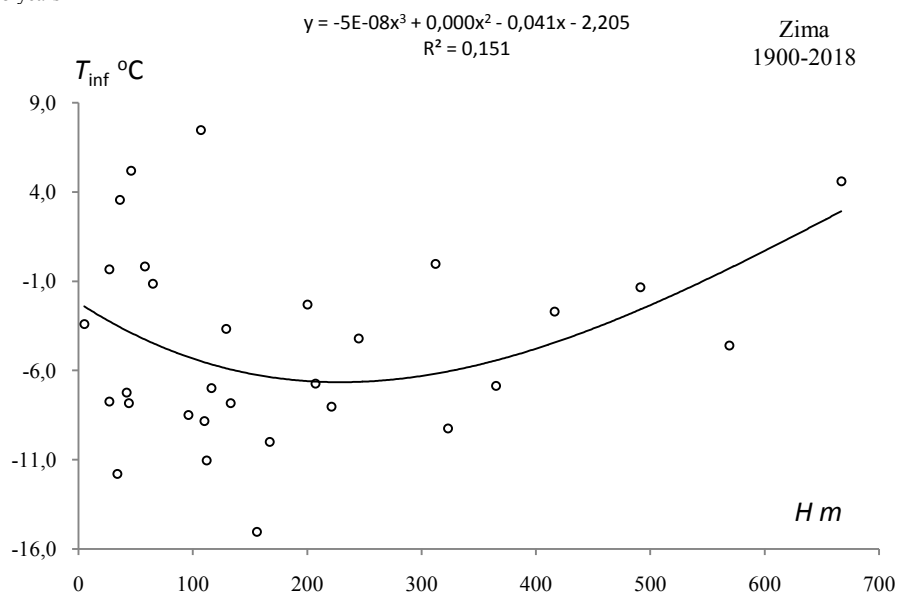
**Rys. 48.** Profil hipsometryczny najniższej średniej temperatury powietrza  $T_{inf}(H)$  w Europie w lecie w latach 1900-2018

**Fig. 48** Hypsometric profile of the lowest average air temperature  $T_{inf}(H)$  in Europe in Summer in the 1900-2018 years



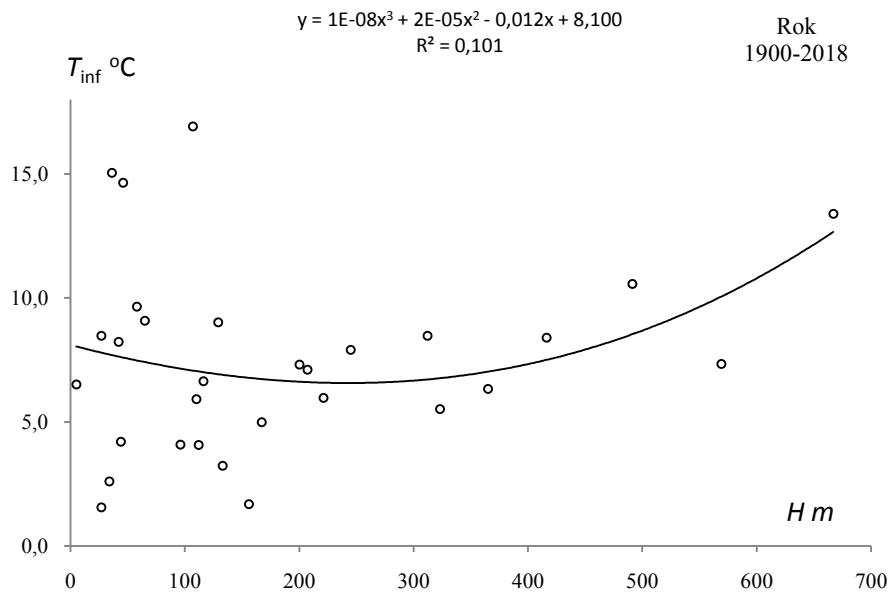
**Rys. 49.** Profil hipsometryczny najniższej średniej temperatury powietrza  $T_{inf}(H)$  w Europie jesienią w latach 1900-2018

**Fig. 49.** Hypsometric profile of the lowest average air temperature  $T_{inf}(H)$  in Europe in Autumn in the 1900-2018 years



**Rys. 50.** Profil hipsometryczny najniższej średniej temperatury powietrza  $T_{inf}(H)$  w Europie w zimie w latach 1900-2018

**Fig. 50.** Hypsometric profile of the lowest average air temperature  $T_{inf}(H)$  in Europe in Winter in the 1900-2018 years



**Rys. 51.** Profil hipsometryczny najniższej średniej temperatury powietrza  $T_{inf}(H)$  w Europie w roku w latach 1900-2018

**Fig. 51.** Hypsometric profile of the lowest average air temperature  $T_{inf}(H)$  in Europe in Year in the 1900-2018 years

## XI. PROFILE NAJWYŻSZEJ ŚREDNIEJ TEMPERATURY POWIETRZA W EUROPIE W LATACH 1900-2018 (RÓWNOLEŻNIKOWE, POŁUDNIKOWE, HIPSOMETRYCZNE)

Największe wartości średniej temperatury powietrza (superior,  $T_{sup}$ ) w 30 miastach Europy w poszczególnych miesiącach, porach roku i roku podano w tab. 1a-1b.

**Table 1a.** Największe wartości średniej temperatury powietrza ( $T_{sup}$ ) w Europie w latach 1900-2018

**Table 1a.** The highest values of average air temperature in ( $T_{sup}$ ) Europe in the 1900-2018 years

		$\varphi^\circ$	$\lambda^\circ$	H m	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
1	Akureyri	65,68	-18,08	27	3,2	5,3	5,7	6,8	10,5	13,6	14,6	13,7	12,4
2	Trondheim	63,40	10,50	133	3,2	4,6	4	7,9	13,2	16,4	19,5	18,2	14,3
3	Oslo	59,95	10,72	96	1,4	2,2	6,2	9,9	16,3	19,0	22,7	20,9	15,4
4	Sztokholm	59,57	18,10	44	3,1	3,8	4,8	9,2	16	18,1	22,4	21,3	16,1
5	Tallinn	59,38	24,58	34	1,8	2,5	3,8	7,3	13,9	17,5	21,5	19,6	14,9
6	Kopenhaga	55,62	12,65	5	5,0	6,1	7,0	10,4	15,7	18,9	21,5	21,6	17,2
7	Moskwa	55,83	37,62	156	-1,6	0,3	4,4	11,1	17,5	21,4	26,2	21,8	15
8	Londyn	51,50	-0,09	27	7,5	8	9,4	12,8	14,4	18	20,9	19,9	17,3
9	Greenwich	51,50	0,00	312	8,1	7,9	9,9	11,8	14,5	18,3	19,8	19,7	17,6
10	Berlin	52,47	13,30	58	5,4	6,2	8,4	14	18	21,6	24,3	22,6	18,6
11	Warszawa	52,22	21,03	110	3,7	5,1	7,235	13,8	18,3	20,5	23,5	23	16,8
12	Wilno	54,63	25,10	112	1,1	3,6	5,7	11,4	19,4	19,6	22,1	20,9	15,2
13	Praga	50,10	14,25	365	5	4,5	8,7	13,2	17,7	20,9	22,1	22	19,33
14	Wrocław	51,13	16,98	116	5,2	6,0	8,1	13,5	17,8	20,1	23,7	23,2	17,7
15	Kraków	50,07	19,95	221	3,5	13,2	7,1	13,8	17,4	19,3	21,7	21,8	17,3
16	Kijów	50,40	30,57	167	2,3	3,7	7	13,3	19,4	22,6	25,3	25,1	18,4
17	Paryż	48,97	2,45	65	8,4	9,1	11,2	16,3	17,9	21,8	24,9	24,4	20
18	Wiedeń	48,25	16,37	200	6,3	6,9	10,1	16,3	19,1	22,6	24,5	24,4	19,5
19	Innsbruck	48,40	17,15	207	2,5	5,6	9,5	13,66	17,06	21,95	22,17	22,43	18,1
20	Lwów	49,82	23,95	323	2,4	3,5	6,8	13,7	18,7	20,5	23,1	21,7	17,7
21	Bazylea	47,60	7,60	245	6,4	8,3	10,3	14,5	17,0	23,6	23,8	24,1	18,5
22	Zurich	47,38	8,57	569	4,8	6,7	9,1	13,9	16	22,6	22,5	22,7	17,7
23	Budapeszt	47,52	19,03	129	6,2	7,1	10,4	16,5	20,6	23,7	24,9	26,6	21,0
24	Genewa	46,25	6,13	416	6	6,9	10,1	14,3	17	24	24,2	23,9	18,6
25	Odessa	46,43	30,77	42	5,12	4,71	8,2	13,32	19,58	23,2	26,6	26,24	20,7
26	Marsylia	43,45	5,23	36	10,7	12,1	13,3	16,7	20,3	26,1	27,9	28,2	23,1
27	Rzym	41,80	12,00	46	10,9	11,6	13,4	16,7	21,1	26,1	27,6	27,9	24,3
28	Madryt	40,38	-3,79	667	9,3	10,7	14,7	17,3	21,3	26,2	29,4	28,3	24,4
29	Tbilisi	41,68	44,95	491	6,4	7,4	11,8	16,7	20,3	24,6	27,7	29,1	23,4
30	Ateny	37,97	23,72	107	13,5	14,3	16,4	19,35	24,1	28,6	31,2	30,6	28,3

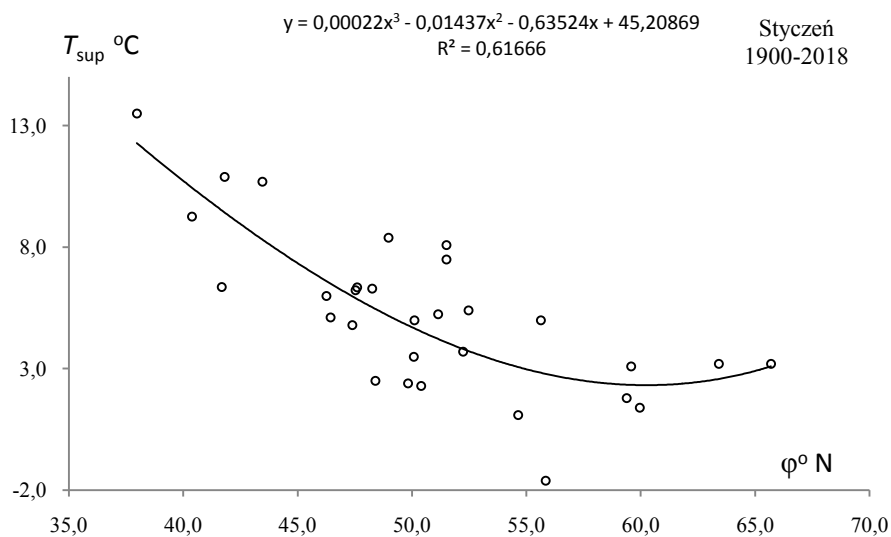
**Tabels 1b.** Najmniejsze wartości średniej temperatury powietrza ( $T_{sup}$ ) w Europie w latach 1900-2018

**Table 1b.** The smallest values of average air temperature ( $T_{sup}$ ) in Europe in the 1900-2018 years

		$\varphi^{\circ}$	$\lambda^{\circ}$	H m	X	XI	XII	III-V	VI-VIII	IX-XI	XII-II	I-XII
1	Akureyri	65,68	-18,08	27	8,4	4,8	3,7	5,90	13,37	7,33	2,23	6,11
2	Trondheim	63,40	10,50	133	9,7	5,5	4,5	6,80	16,53	8,60	2,13	7,78
3	Oslo	59,95	10,72	96	9,7	5,9	2,6	8,43	19,12	9,42	0,93	8,59
4	Sztokholm	59,57	18,10	44	11	7	4,9	8,10	19,63	10,10	2,27	8,81
5	Tallinn	59,38	24,58	34	9,6	5,3	4,4	6,67	17,85	9,30	1,27	7,51
6	Kopenhaga	55,62	12,65	5	12,7	10,5	6,7	10,23	19,80	12,43	4,67	10,93
7	Moskwa	55,83	37,62	156	8,9	4,03	1,2	8,93	22,20	8,22	-2,93	7,41
8	Londyn	51,50	-0,09	27	13,8	10,6	11	11,00	18,53	13,20	7,33	11,73
9	Greenwich	51,50	0,00	312	13,5	12,6	10,1	10,87	18,30	12,64	6,53	11,55
10	Berlin	52,47	13,30	58	13,3	8,2	7,4	11,80	21,30	12,97	4,83	11,67
11	Warszawa	52,22	21,03	110	12,6	7,6	4,7	10,97	20,77	10,90	2,70	10,44
12	Wilno	54,63	25,10	112	11,6	5,7	3,2	9,73	19,82	9,53	0,47	8,45
13	Praga	50,10	14,25	365	12,7	7,6	6,3	11,50	20,42	13,25	3,7	11,23
14	Wroclaw	51,13	16,98	116	14,0	8,3	6,1	11,47	20,87	11,84	4,37	11,14
15	Kraków	50,07	19,95	221	13,0	9,4	4,0	11,43	19,97	10,90	2,37	10,03
16	Kijów	50,40	30,57	167	12,3	8,4	2,7	11,67	24,00	10,77	0,93	10,73
17	Paryż	48,97	2,45	65	16,1	11,4	9,7	14,77	22,60	15,17	7,87	13,91
18	Wiedeń	48,25	16,37	200	13,8	9,2	5,3	13,13	23,00	13,27	7,57	12,92
19	Innsbruck	48,40	17,15	207	12,93	8,78	8,13	12,00	21,61	11,96	3,98	11,14
20	Lwów	49,82	23,95	323	12,7	8,8	2,7	11,80	19,60	11,27	1,30	9,93
21	Bazylea	47,60	7,60	245	14,7	8,9	5,9	12,55	23,08	13,56	5,40	12,36
22	Zurich	47,38	8,57	569	13,3	7,8	4,9	11,47	21,67	12,20	3,93	11,15
23	Budapeszt	47,52	19,03	129	15,6	10,4	5,1	14,56	23,77	13,89	5,31	13,27
24	Genewa	46,25	6,13	416	14,1	8,8	6,2	12,23	23,43	13,10	4,47	12,25
25	Odessa	46,43	30,77	42	16,6	12,15	7,04	11,96	24,14	14,93	4,47	12,50
26	Marsylia	43,45	5,23	36	19,2	14,4	11,8	18,27	26,93	18,27	10,23	19,11
27	Rzym	41,80	12,00	46	19,8	15,9	11,5	15,70	26,90	19,33	10,60	17,01
28	Madryt	40,38	-3,79	667	19,0	13,3	9,7	15,83	26,43	20,89	9,07	16,59
29	Tbilisi	41,68	44,95	491	17,6	11,4	7,0	14,78	26,19	16,73	6,50	16,20
30	Ateny	37,97	23,72	107	24,1	18,4	14,3	19,13	30,10	22,07	12,93	19,78

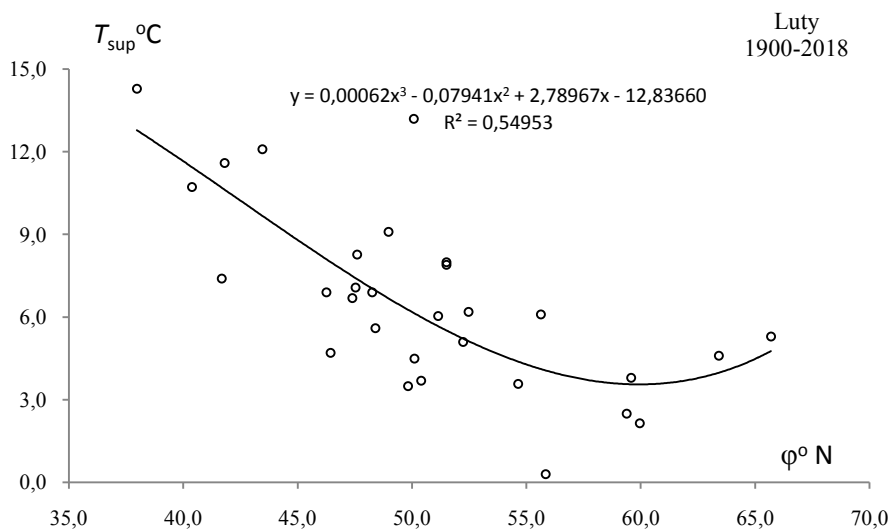


### 11.1. Profil równoleżnikowy najwyższej średniej temperatury powietrza $T_{sup}(\varphi)$ w Europie



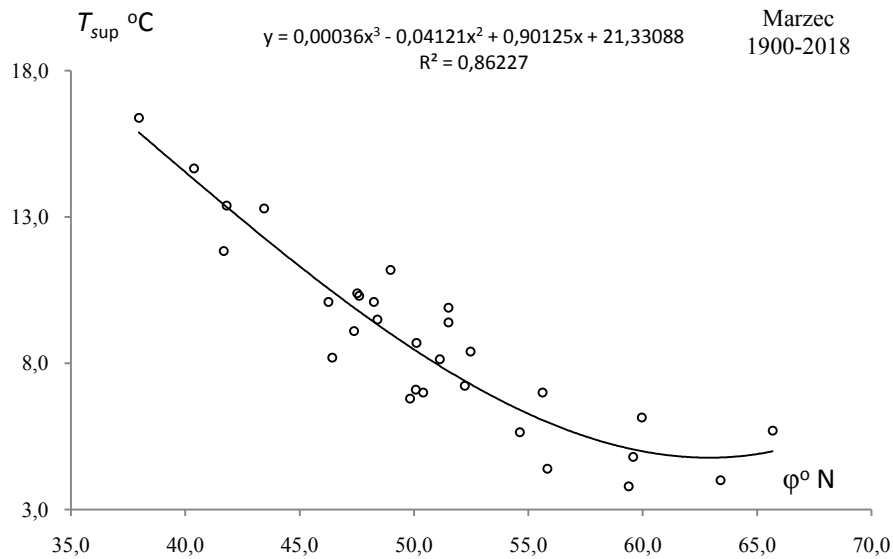
**Rys. 1.** Profil równoleżnikowy najwyższej średniej temperatury powietrza  $T_{sup}(\varphi)$  w Europie w styczniu w latach 1900-2018

**Fig. 1.** Latitudinal profiles of the highest average air temperature  $T_{sup}(\varphi)$  in Europe in January in the 1900-2018 years.



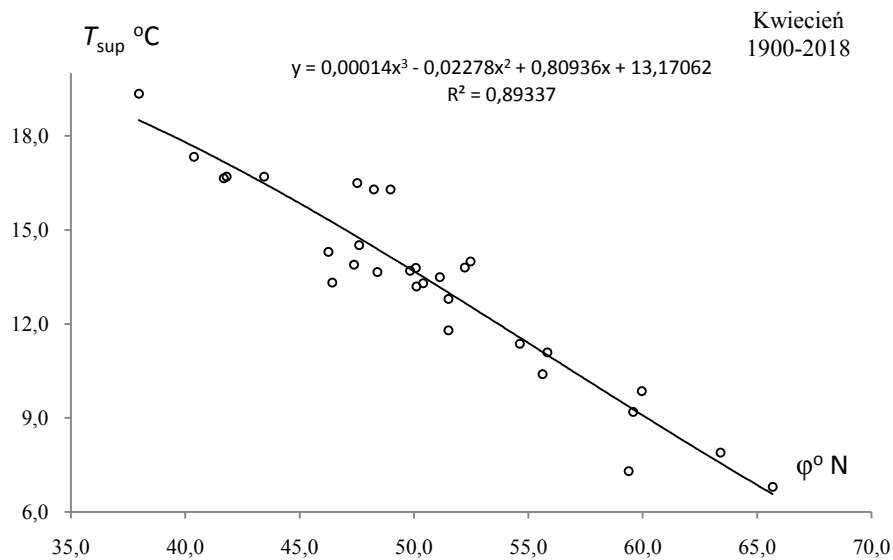
**Rys. 2.** Profil równoleżnikowy najwyższej średniej temperatury powietrza  $T_{sup}(\varphi)$  w Europie w lutym w latach 1900-2018

**Fig. 2.** Latitudinal profile of the highest average air temperature  $T_{sup}(\varphi)$  in Europe in February in the 1900-2018 years



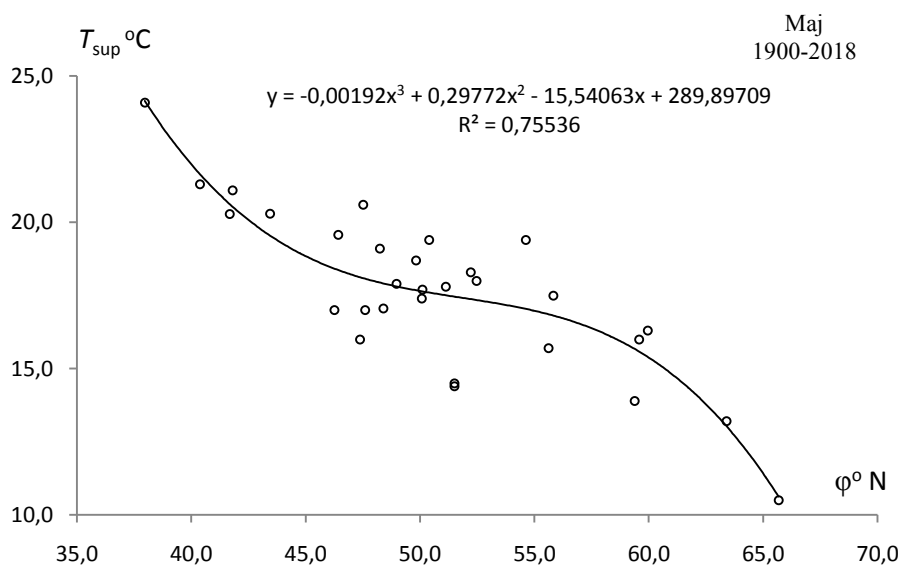
**Rys. 3.** Profil równoleżnikowy najwyższej średniej temperatury powietrza  $T_{sup}(\varphi)$  w Europie w marcu w latach 1900-2018

**Fig. 3** Latitudinal profile of the highest average air temperature  $T_{sup}(\varphi)$  in Europe in March in the 1900-2018 years



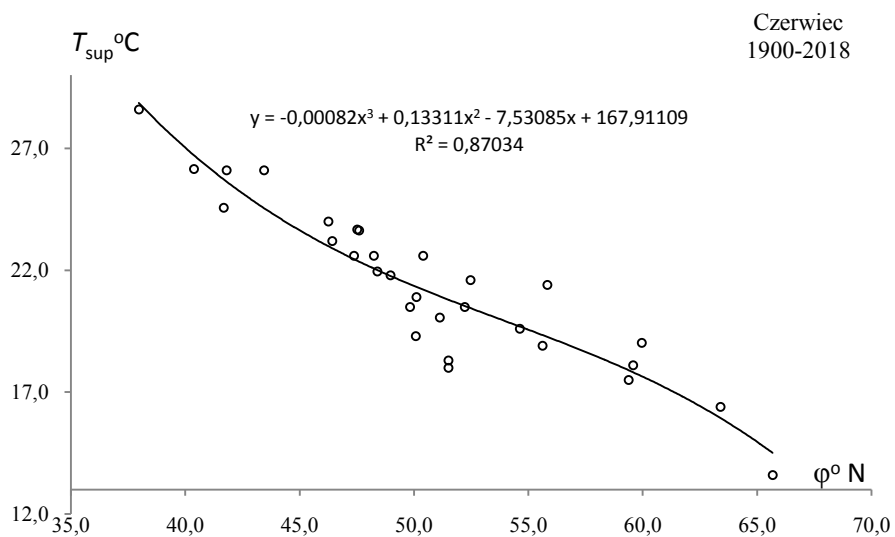
**Rys. 4.** Profil równoleżnikowy najwyższej średniej temperatury powietrza  $T_{sup}(\varphi)$  w Europie w kwietniu w latach 1900-2018

**Fig. 4.** Latitudinal profile of the highest average air temperature  $T_{sup}(\varphi)$  in Europe in April in the 1900-2018 years



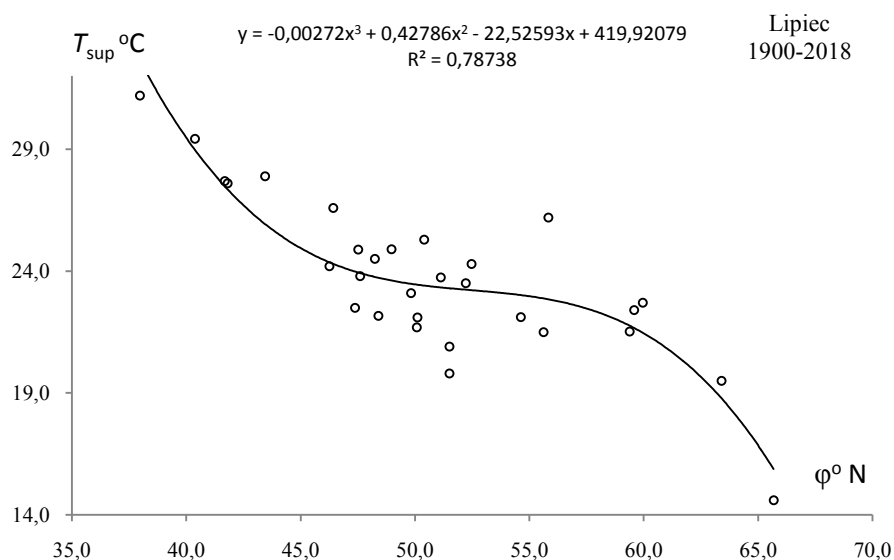
**Rys. 5.** Profil równoleżnikowy najwyższej średniej temperatury powietrza  $T_{\text{sup}}(\varphi)$  w Europie w maju w latach 1900-2018

**Fig. 5.** Latitudinal profile of the highest average air temperature  $T_{\text{sup}}(\varphi)$  in Europe in May in the 1900-2018 years



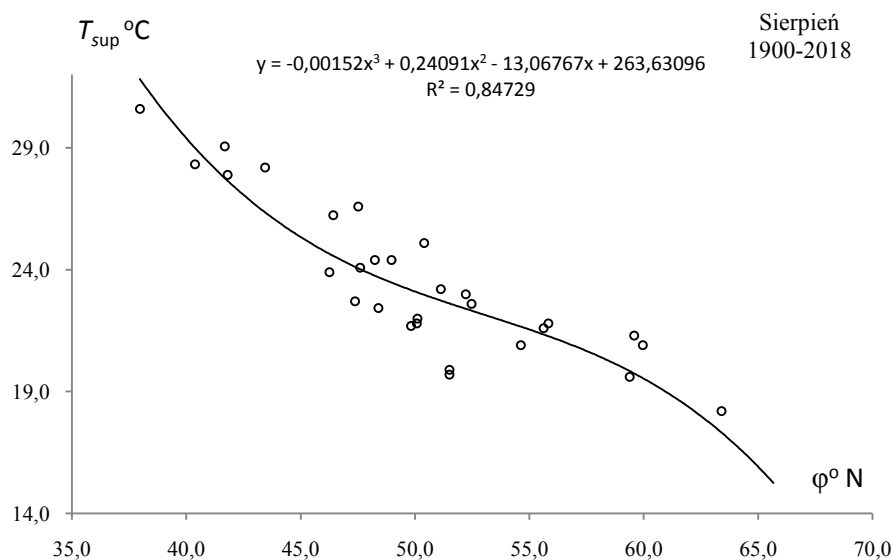
**Rys. 6.** Profil równoleżnikowy najwyższej średniej temperatury powietrza  $T_{\text{sup}}(\varphi)$  w Europie w czerwcu w latach 1900-2018

**Fig. 6.** Latitudinal profile of the highest average air temperature  $T_{\text{sup}}(\varphi)$  in Europe in June in the 1900-2018 years.



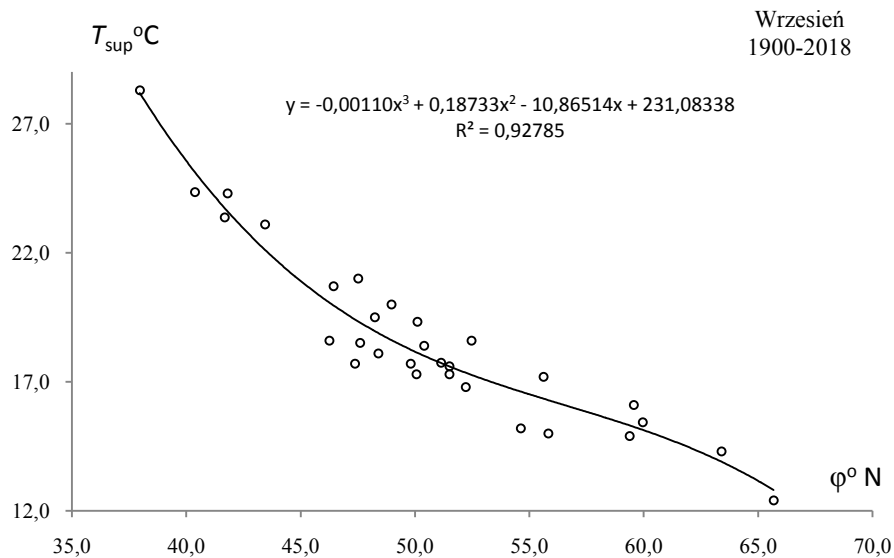
**Rys. 7.** Profil równoleżnikowy najwyższej średniej temperatury powietrza  $T_{\text{sup}}(\varphi)$  w Europie w lipcu w latach 1900-2018

**Fig. 7.** Latitudinal profile of the highest average air temperature  $T_{\text{sup}}(\varphi)$  in Europe in July in the 1900-2018 years



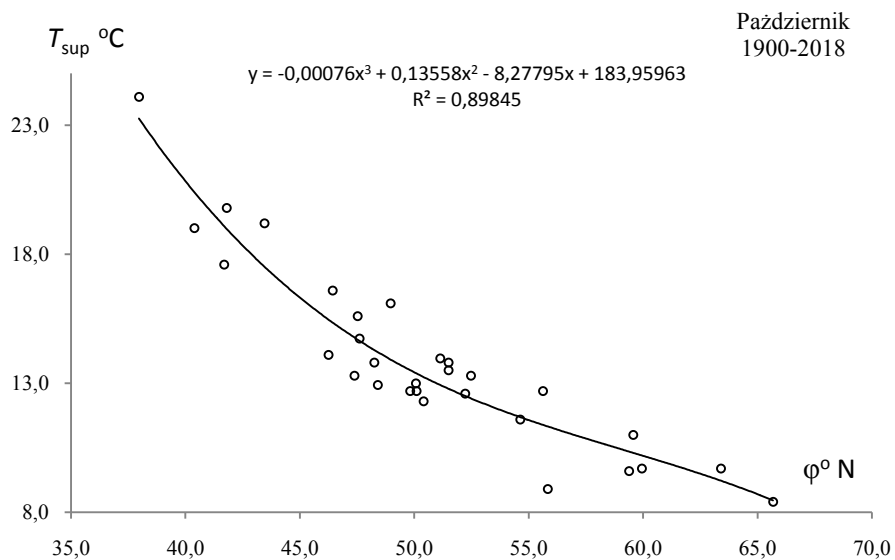
**Rys. 8.** Profil równoleżnikowy najwyższej średniej temperatury powietrza  $T_{\text{sup}}(\varphi)$  w Europie w sierpniu w latach 1900-2018

**Fig. 8.** Latitudinal profile of the highest average air temperature  $T_{\text{sup}}(\varphi)$  in Europe in August in the 1900-2018 years



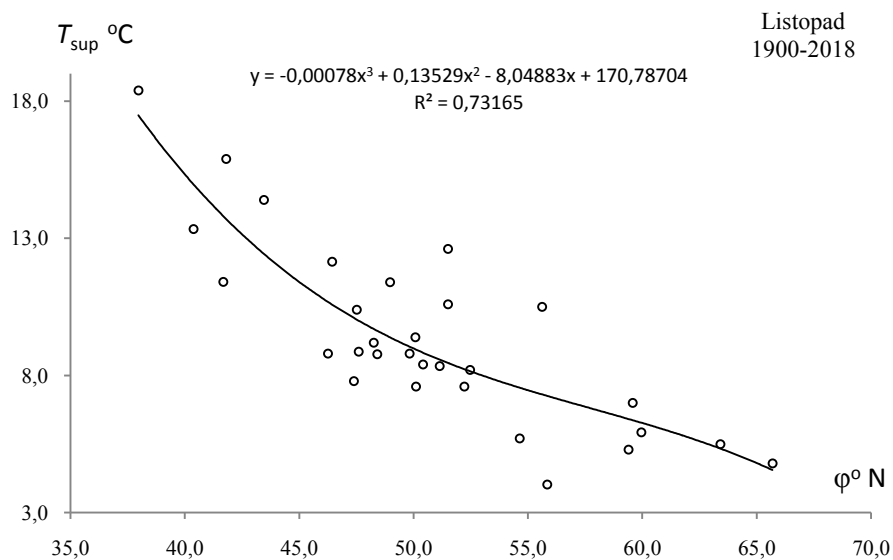
**Rys. 9.** Profil równoleżnikowy najwyższej średniej temperatury powietrza  $T_{sup}(\varphi)$  w Europie we wrześniu w latach 1900-2018

**Fig. 9.** Latitudinal profile of the highest average air temperature  $T_{sup}(\varphi)$  in Europe in September in the 1900-2018 years



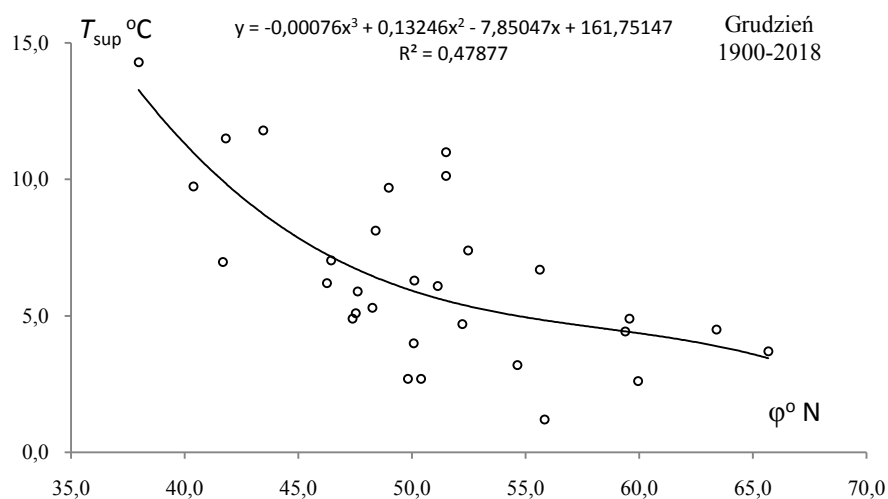
**Rys. 10.** Profil równoleżnikowy najwyższej średniej temperatury powietrza  $T_{supr}(\varphi)$  w Europie w październiku w latach 1900-2018

**Fig. 10.** Latitudinal profile of the highest average air temperature  $T_{supr}(\varphi)$  in Europe in October in the 1900-2018 years



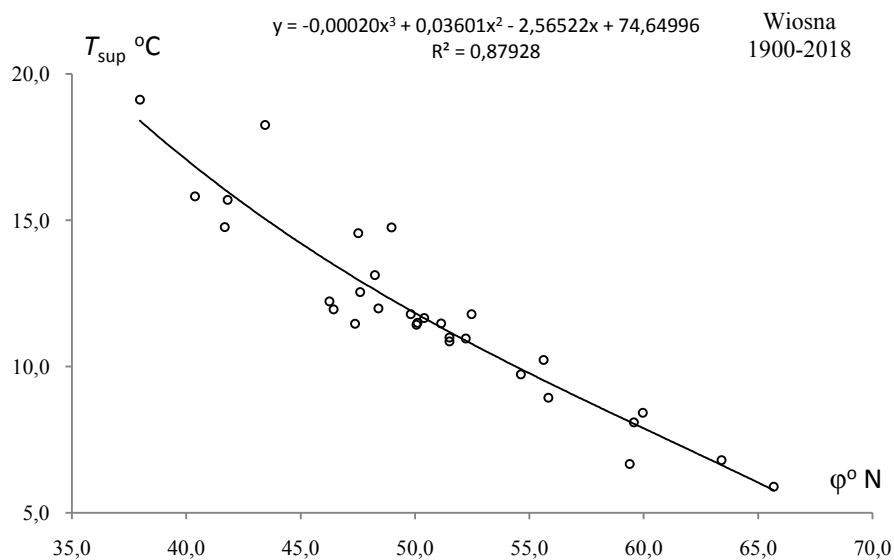
**Rys. 11.** Profil równoleżnikowy najwyższej średniej temperatury powietrza  $T_{\text{sup}}$  ( $\varphi$ ) w Europie w listopadzie lat 1900-2018

**Fig. 11.** Latitudinal profile of the highest average air temperature  $T_{\text{sup}}$  ( $\varphi$ ) in Europe in November in the 1900-2018 years.



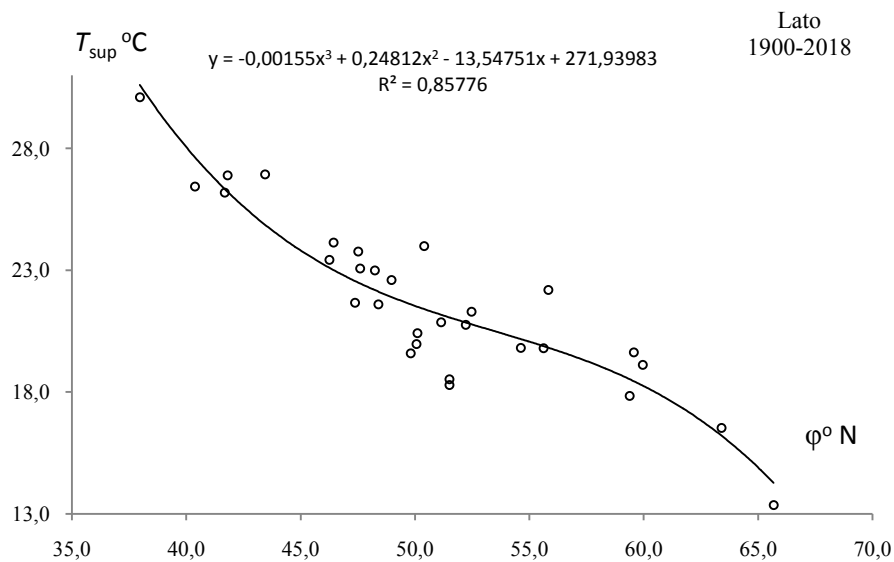
**Rys. 12.** Profil równoleżnikowy najwyższej średniej temperatury powietrza  $T_{\text{sup}}$  ( $\varphi$ ) w Europie w grudniu w latach 1900-2018

**Fig. 12.** Latitudinal profile of the highest average air temperature  $T_{\text{sup}}$  ( $\varphi$ ) in Europe in December in the 1900-2018 years



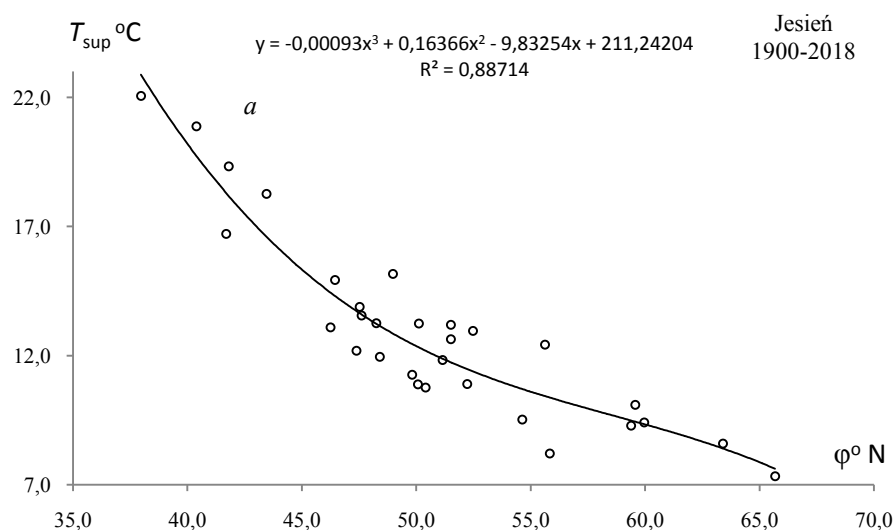
**Rys. 13.** Profil równoleżnikowy najwyższej średniej temperatury powietrza  $T_{\text{sup}}$  ( $\varphi$ ) w Europie wiosną w latach 1900-2018

**Fig. 13.** Latitudinal profile of the highest average air temperature  $T_{\text{sup}}$  ( $\varphi$ ) in Europe in Spring in the 1900-2018 years.



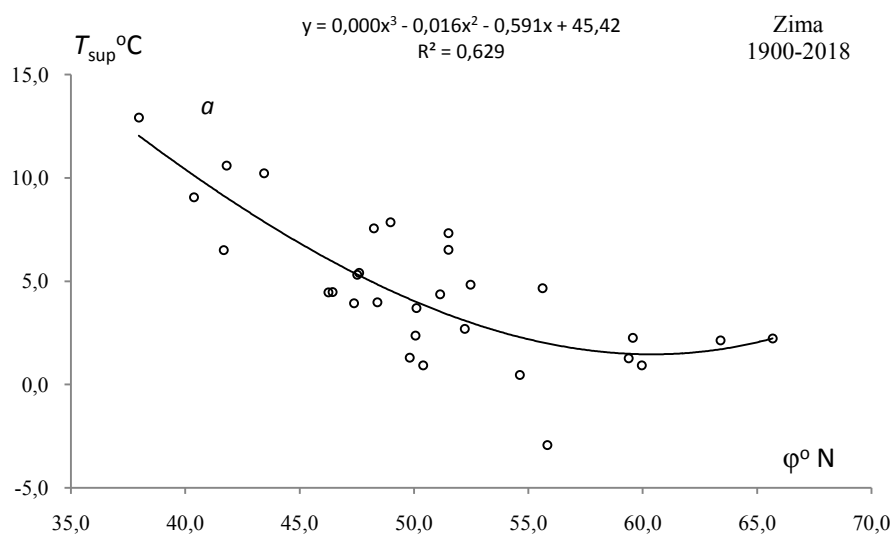
**Rys. 14.** Profil równoleżnikowy najwyższej średniej temperatury powietrza  $T_{\text{sup}}$  ( $\varphi$ ) w Europie w lecie w latach 1900-2018

**Fig. 14** Latitudinal profile of the highest average air temperature  $T_{\text{sup}}$  ( $\varphi$ ) in Europe in Summer in the 1900-2018 years



**Rys. 15.** Profil równoleżnikowy najwyższej średniej temperatury powietrza  $T_{\text{sup}}(\varphi)$  w Europie jesienią w latach 1900-2018

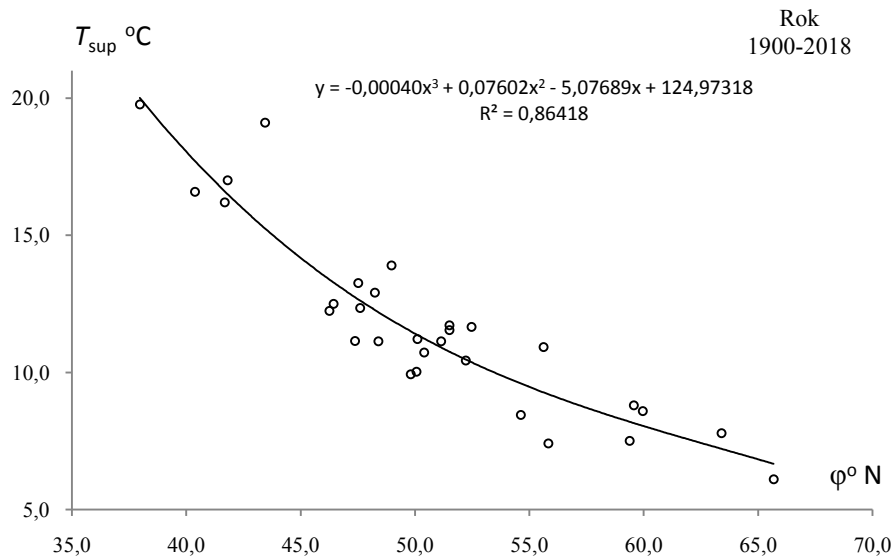
**Fig. 15.** Latitudinal profile of the highest average air temperature  $T_{\text{sup}}(\varphi)$  in Europe in Autumn in the 1900-2018 years



**Rys. 16.** Profil równoleżnikowy najwyższej średniej temperatury powietrza  $T_{\text{sup}}(\varphi)$  w Europie w zimie w latach 1900-2018

**Fig. 16.** Latitudinal profile of the highest average air temperature  $T_{\text{sup}}(\varphi)$  in Europe in winter in the 1900-2018 years

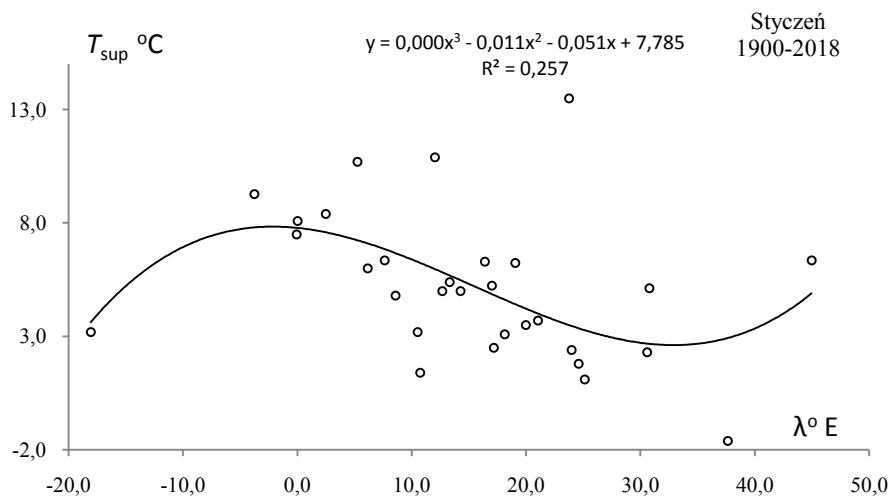




**Rys. 17.** Profil równoleżnikowy najwyższej średniej temperatury powietrza  $T_{sup}(\varphi)$  w Europie w roku w latach 1900-2018

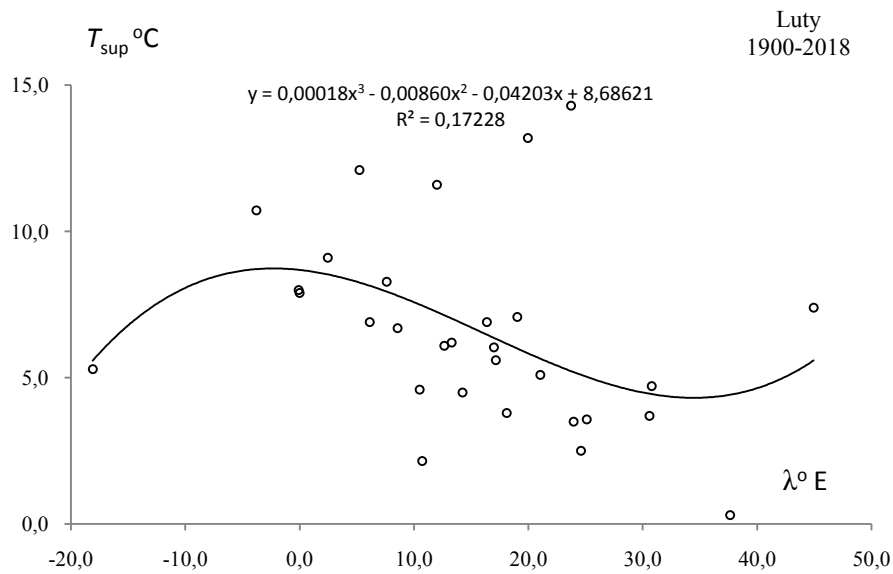
**Fig. 17.** Latitudinal profile of the highest average air temperature  $T_{sup}(\varphi)$  in Europe in Year in the 1900-2018 years

### 11.2. Profil południkowy najwyższej średniej temperatury powietrza $T_{sup}(\lambda)$ w Europie



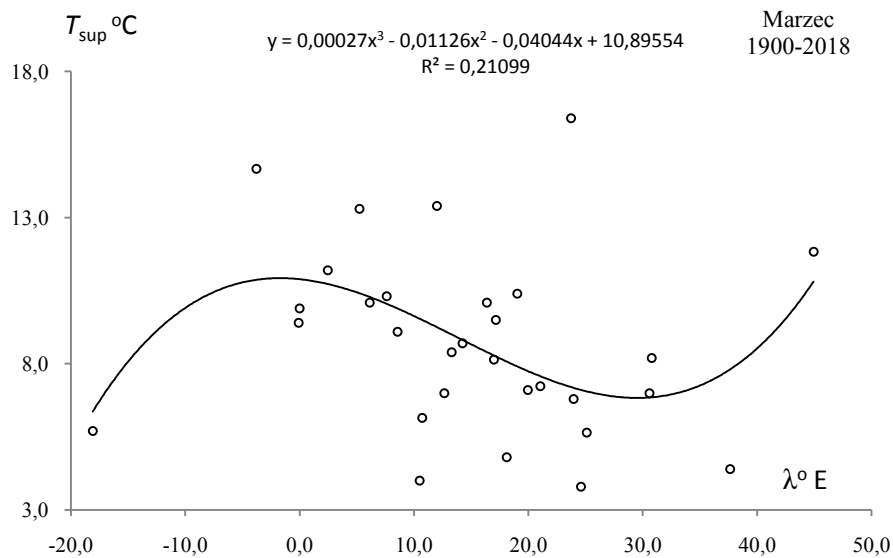
**Rys. 18.** Profil południkowy najwyższej średniej temperatury powietrza  $T_{sup}(\lambda)$  w Europie w styczniu w latach 1900-2018

**Fig. 18.** Meridian profile of the highest average air temperature  $T_{sup}(\lambda)$  in Europe in January in the 1900-2018 years.



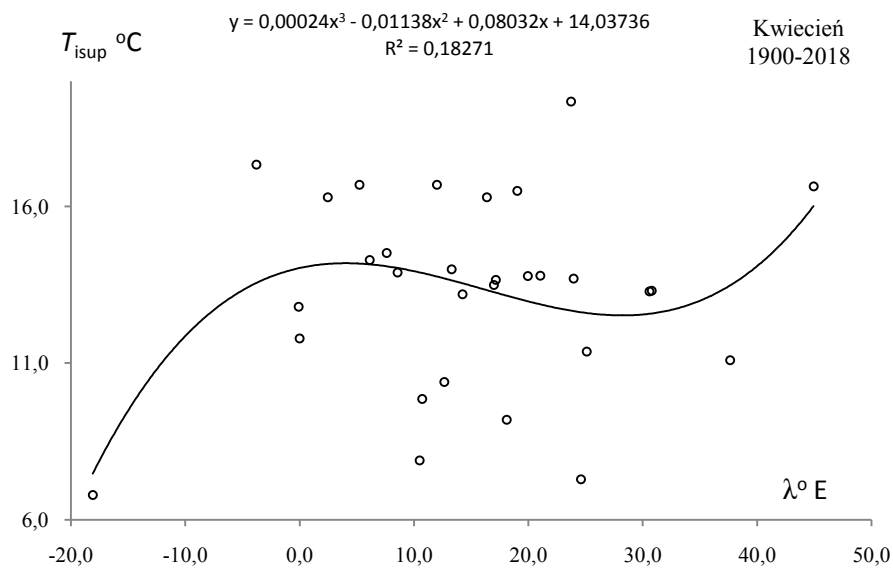
**Rys. 19.** Profil południkowy najwyższej średniej temperatury powietrza  $T_{\text{sup}}(\lambda)$  w Europie w lutym w latach 1900-2018

**Fig. 19.** Meridian profile of the highest average air temperature  $T_{\text{sup}}(\lambda)$  in Europe in February in the 1900-2018 years



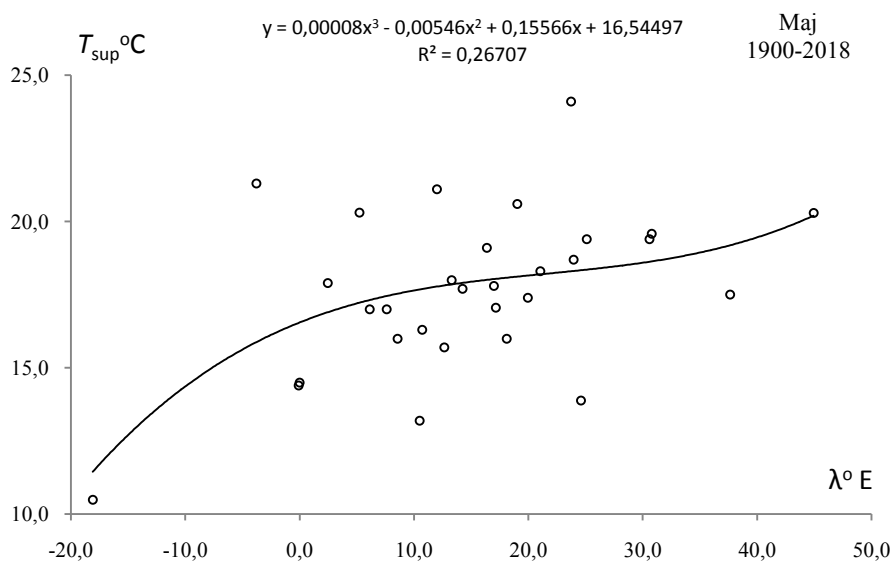
**Rys. 20.** Profil południkowy najwyższej średniej temperatury powietrza  $T_{\text{sup}}(\lambda)$  w Europie w marcu w latach 1900-2018

**Fig. 20.** Meridian profile of the highest average air temperature  $T_{\text{sup}}(\lambda)$  in Europe in March in the 1900-2018 years



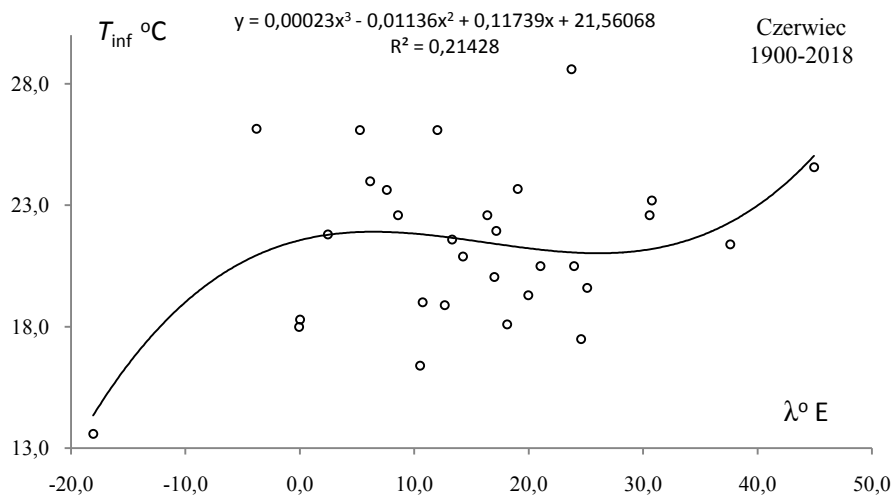
**Rys. 21.** Profil południkowy najwyższej średniej temperatury powietrza  $T_{\text{sup}}(\lambda)$  w Europie w kwietniu w latach 1900-2018

**Fig. 21.** Meridian profile of the highest average air temperature  $T_{\text{sup}}(\lambda)$  in Europe in April in the 1900-2018 years



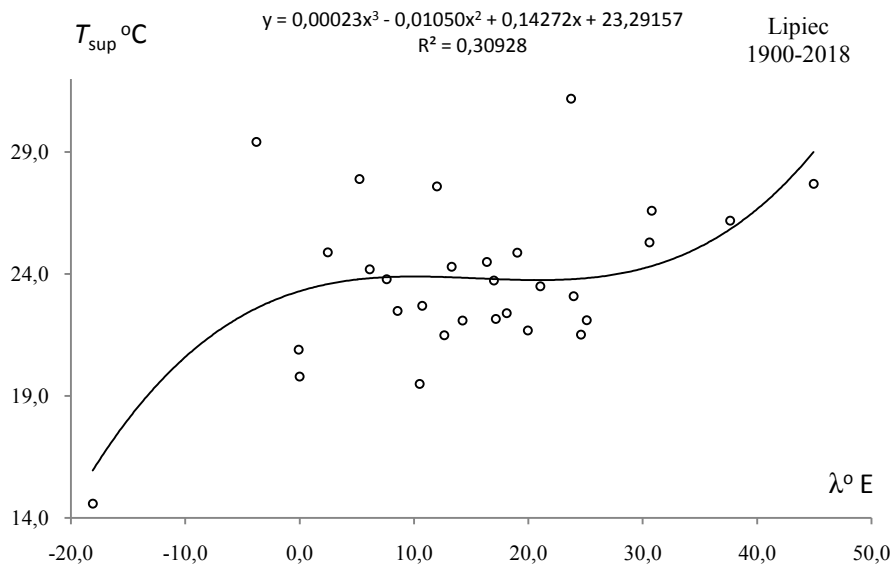
**Rys. 22.** Profil południkowy najwyższej średniej temperatury powietrza  $T_{\text{sup}}(\lambda)$  w Europie w maju w latach 1900-2018

**Fig. 22.** Meridian profile of the highest average air temperature  $T_{\text{sup}}(\lambda)$  in Europe in May in the 1900-2018 years



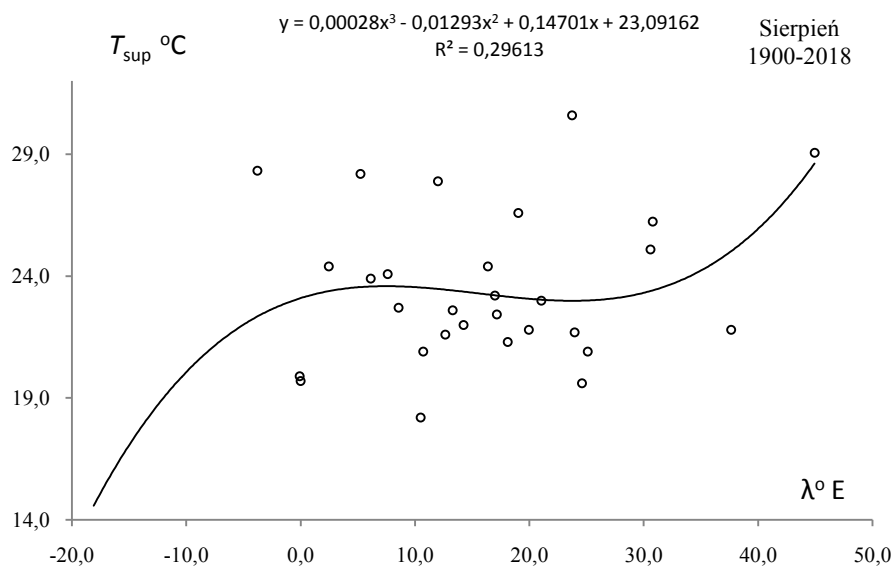
**Rys. 23.** Profil południkowy najwyższej średniej temperatury powietrza  $T_{sup}(\lambda)$  w Europie w czerwcu w latach 1900-2018

**Fig. 23.** Meridian profile of the highest average air temperature  $T_{sup}(\lambda)$  in Europe in June in the 1900-2018 years.



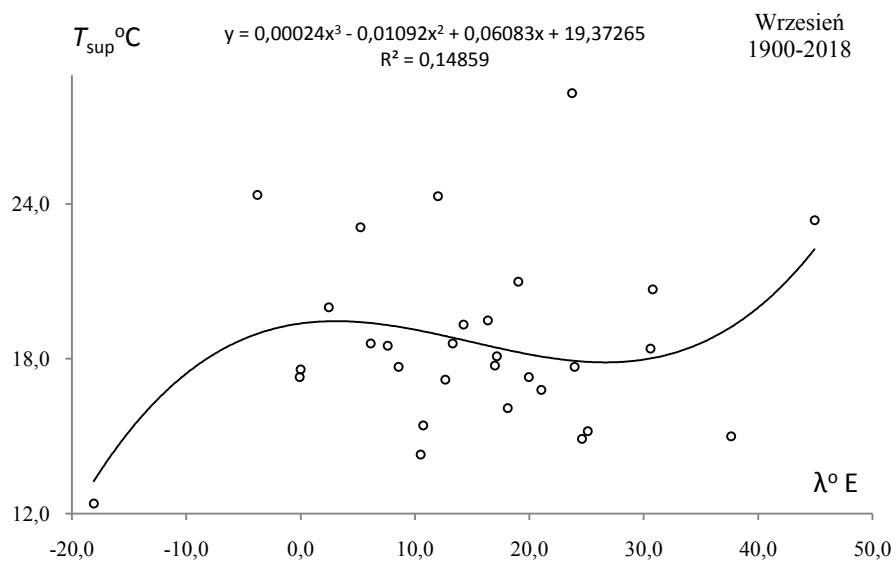
**Rys. 24.** Profil południkowy najwyższej średniej temperatury powietrza  $T_{sup}(\lambda)$  w Europie w lipcu w latach 1900-2018

**Fig. 24.** Meridian profile of the highest average air temperature  $T_{sup}(\lambda)$  in Europe in July in the 1900-2018 years



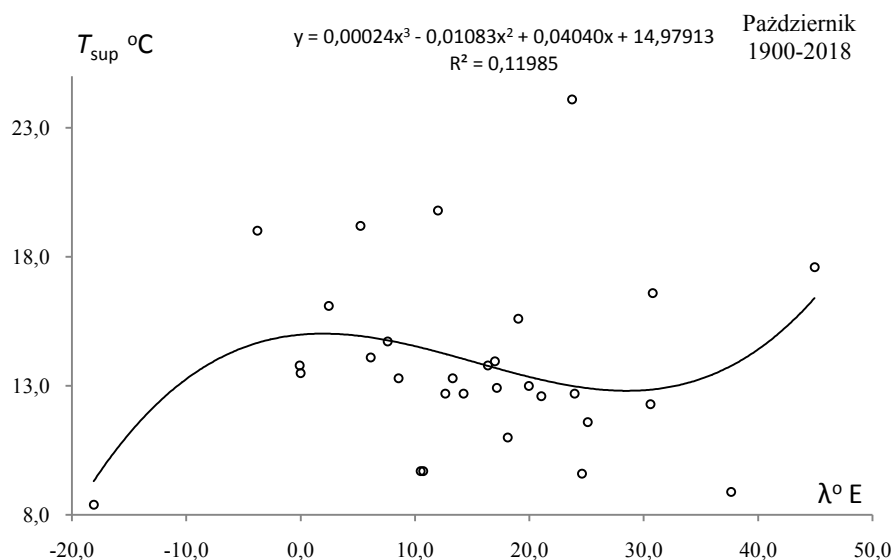
**Rys. 25.** Profil południkowy najwyższej średniej temperatury powietrza  $T_{\text{sup}}(\lambda)$  w Europie w sierpniu w latach 1900-2018

**Fig. 25.** Meridian profile of the highest average air temperature  $T_{\text{sup}}(\lambda)$  in Europe in August in the 1900-2018 years



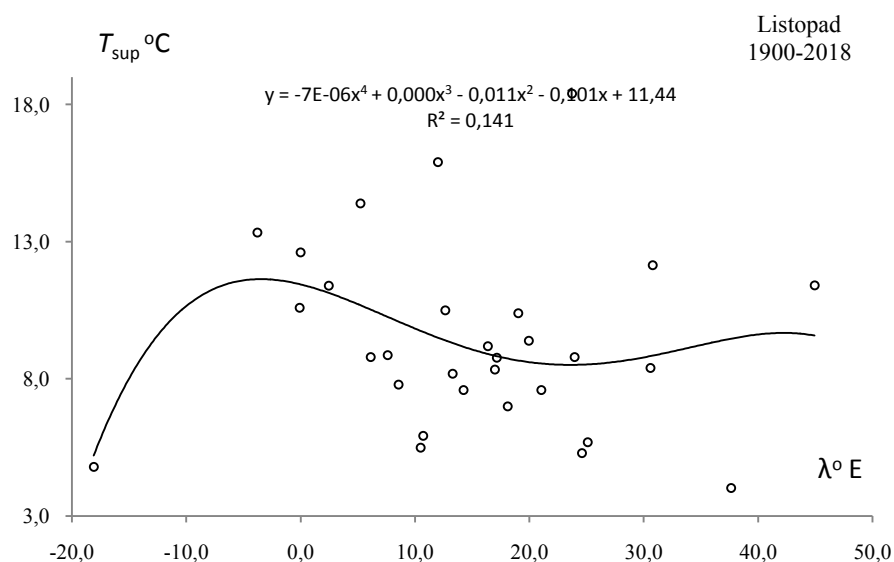
**Rys. 26.** Profil południkowy najwyższej średniej temperatury powietrza  $T_{\text{sup}}(\lambda)$  w Europie we wrześniu w latach 1900-2018

**Fig. 26.** Meridian profile of the highest average air temperature  $T_{\text{sup}}(\lambda)$  in Europe in September in the 1900-2018 years



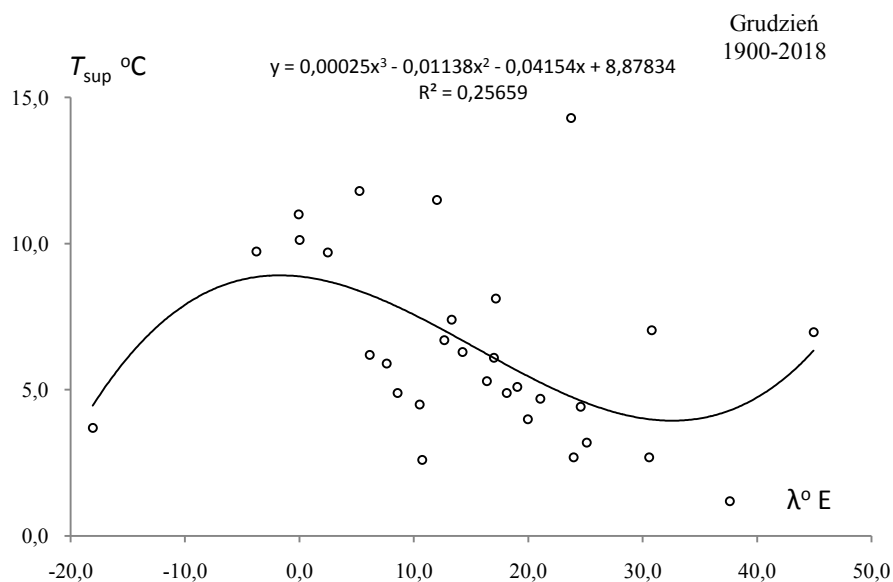
**Rys. 27.** Profil południkowy najwyższej średniej temperatury powietrza  $T_{\text{sup}}(\lambda)$  w Europie w październiku w latach 1900-2018

**Fig. 27** Meridian profile of the highest average air temperature  $T_{\text{sup}}(\lambda)$  in Europe in October in the 1900-2018 years



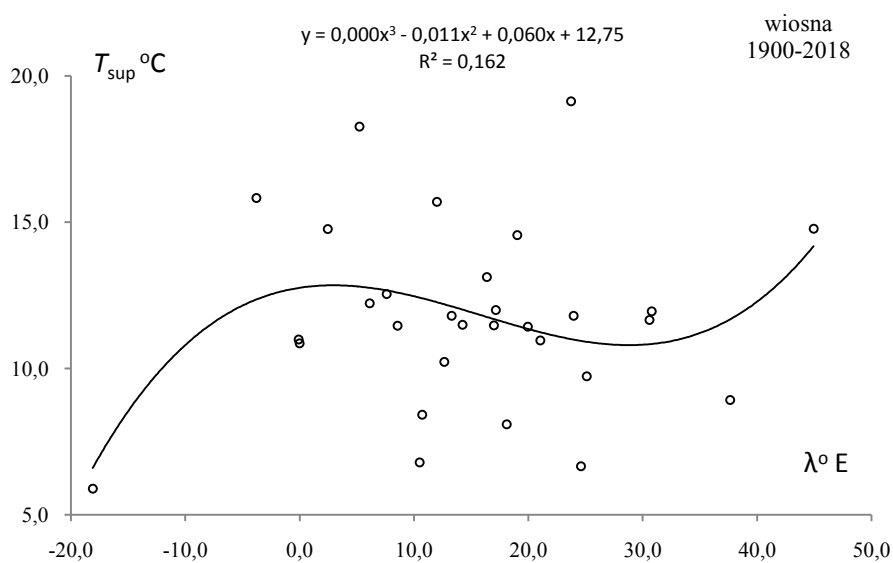
**Rys. 28.** Profil południkowy najwyższej średniej temperatury powietrza  $T_{\text{sup}}(\lambda)$  w Europie w listopadzie w latach 1900-2018

**Fig. 28.** Meridian profile of the highest average air temperature  $T_{\text{sup}}(\lambda)$  in Europe in November in the 1900-2018 years.



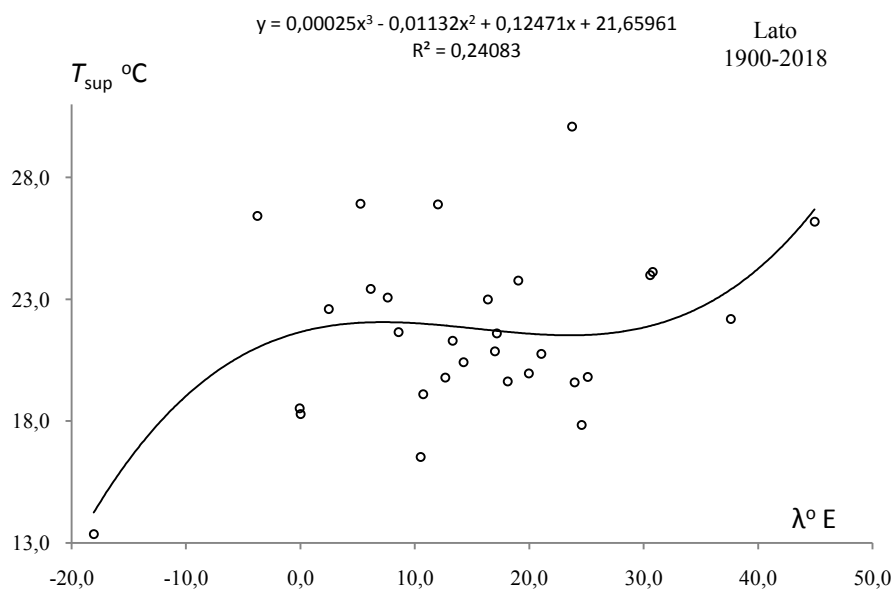
**Rys. 29.** Profil południkowy najwyższej średniej temperatury powietrza  $T_{\text{sup}} (\lambda)$  w Europie w grudniu w latach 1900-2018

**Fig. 29.** Meridian profile of the highest average air temperature  $T_{\text{sup}} (\lambda)$  in Europe in December in the 1900-2018 year



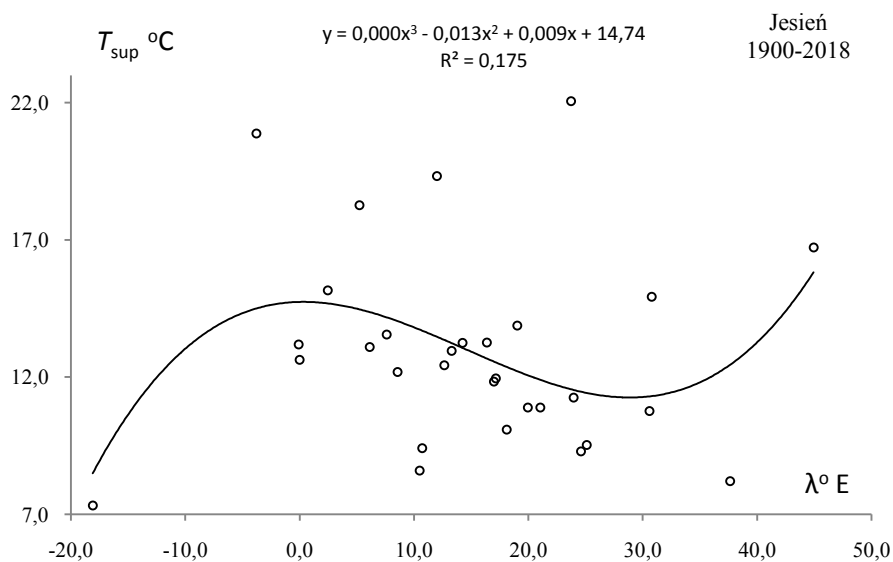
**Rys. 30.** Profil południkowy najwyższej średniej temperatury powietrza  $T_{\text{sup}} (\lambda)$  w Europie wiosną w latach 1900-2018

**Fig. 30.** Meridian profile of the highest average air temperature  $T_{\text{sup}} (\lambda)$  in Europe in Spring in the 1900-2018 years.



**Rys. 31.** Profil południkowy najwyższej średniej temperatury powietrza  $T_{\text{sup}}(\lambda)$  w Europie w lecie w latach 1900-2018

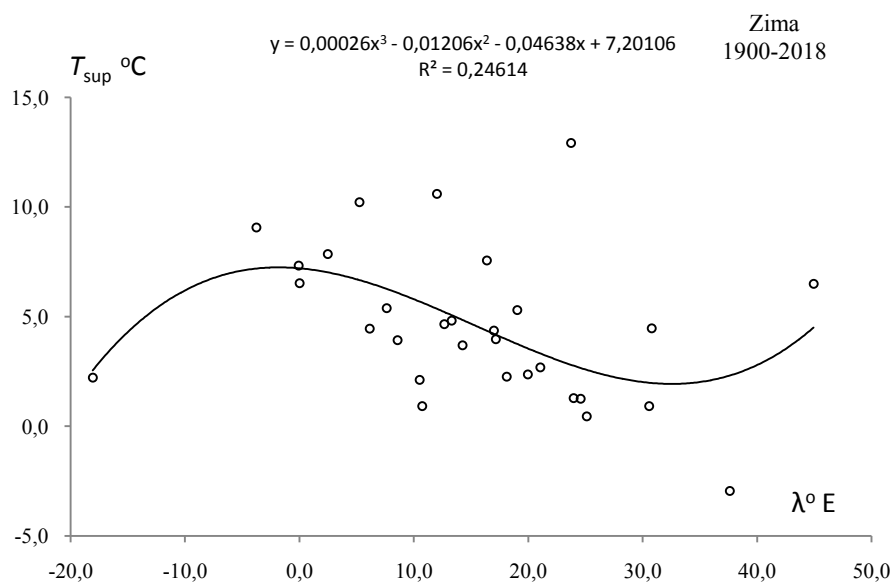
**Fig. 31.** Meridian profile of the highest average air temperature  $T_{\text{sup}}(\lambda)$  in Europe in Summer in the 1900-2018 years.



**Rys. 32.** Profil południkowy najwyższej średniej temperatury powietrza  $T_{\text{sup}}(\lambda)$  w Europie jesienią w latach 1900-2018

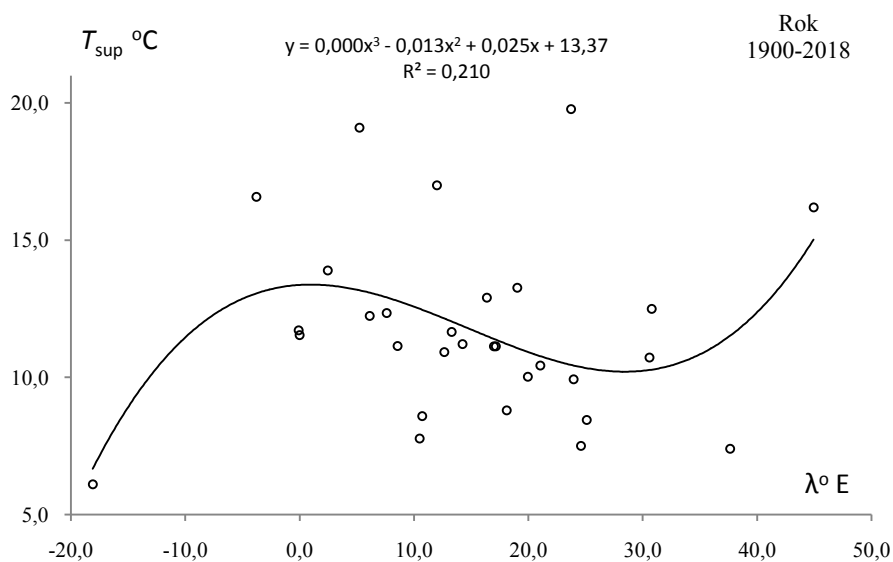
**Fig. 32.** Meridian profile of the highest average air temperature  $T_{\text{sup}}(\lambda)$  in Europe in Autumn in the 1900-2018 years





**Rys. 33.** Profil południkowy najwyższej średniej temperatury powietrza  $T_{\text{sup}}(\lambda)$  w Europie w zimie w latach 1900-2018

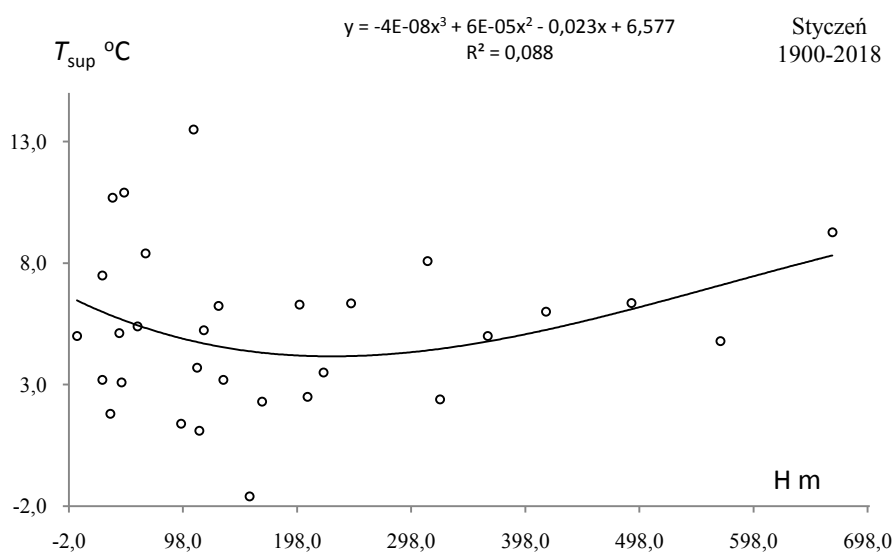
**Fig. 33.** Meridian profile of the highest average air temperature  $T_{\text{sup}}(\lambda)$  in Europe in Winter in the 1900-2018 years.



**Rys. 34.** Profil południkowy najwyższej średniej temperatury powietrza  $T_{\text{sup}}(\lambda)$  w Europie w roku w latach 1900-2018

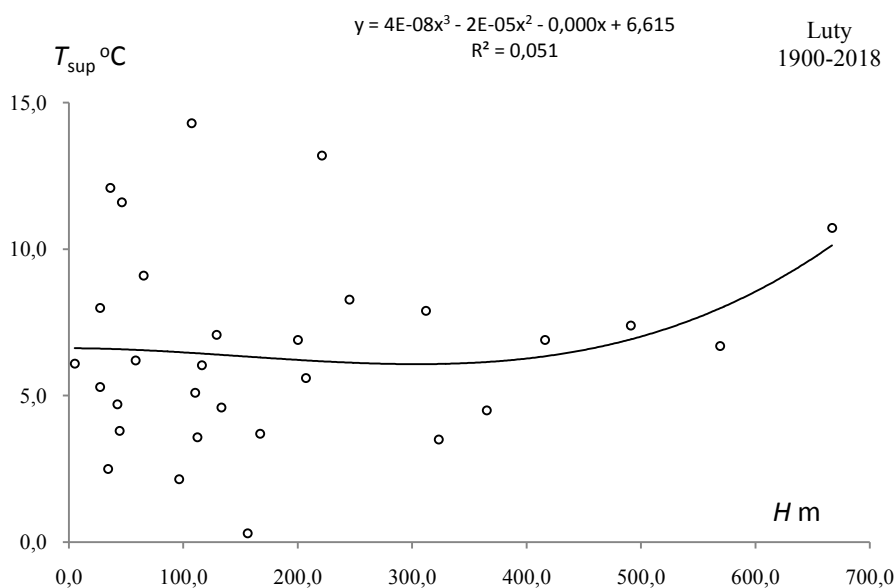
**Fig. 34.** Meridian profile of the highest average air temperature  $T_{\text{sup}}(\lambda)$  in Europe in Year in the 1900-2018 years

### 11.3. Profil hipsometryczny najwyższej średniej temperatury powietrza $T_{\text{sup}}(H)$ w Europie



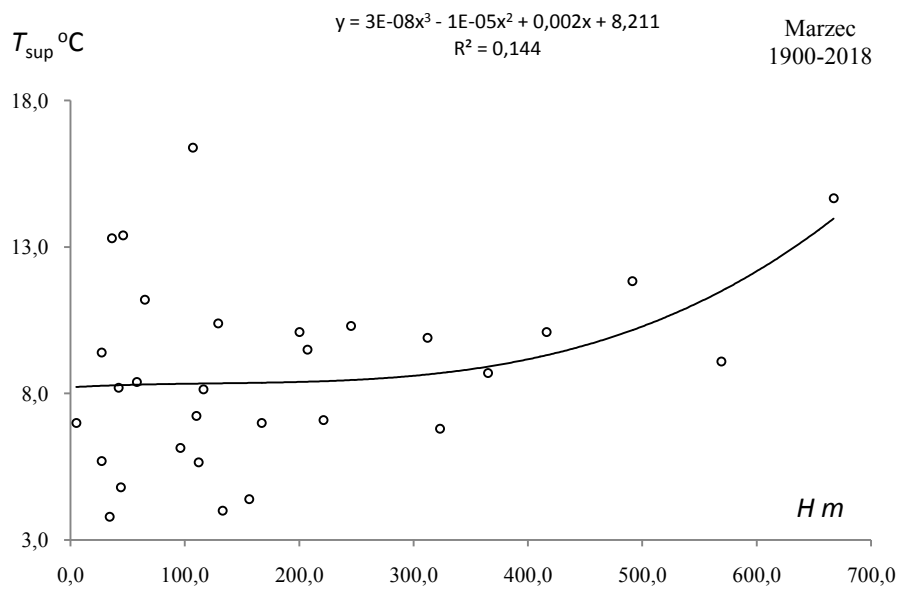
**Rys. 35.** Profil hipsometryczny najwyższej średniej temperatury powietrza  $T_{\text{sup}}(H)$  w Europie w styczniu w latach 1900-2018

**Fig. 35.** Hypsometric profile of the highest average air temperature  $T_{\text{sup}}(H)$  in Europe in January in the 1900-2018 years.



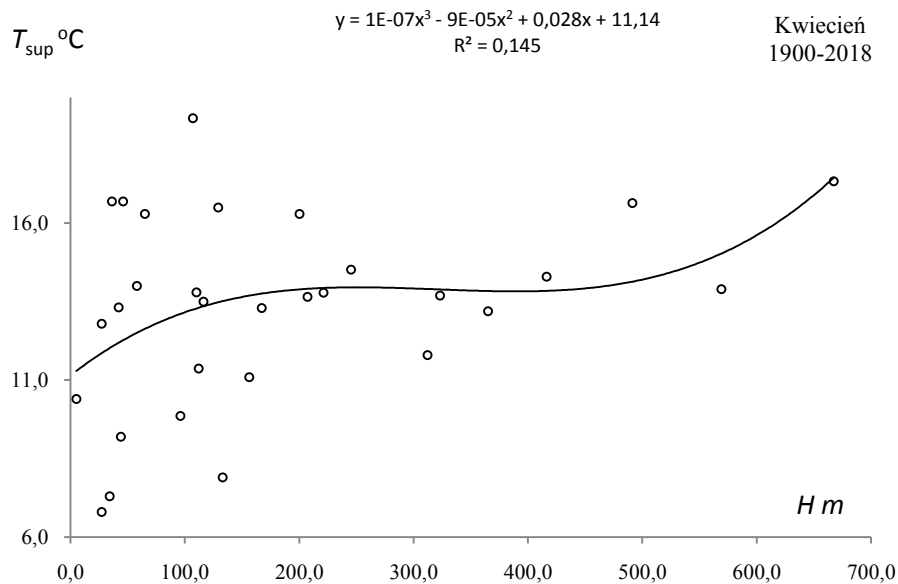
**Rys. 36.** Profil hipsometryczny najwyższej średniej temperatury powietrza  $T_{\text{sup}}(H)$  w Europie w lutym w latach 1900-2018

**Fig. 36.** Hypsometric profile of the highest average air temperature  $T_{\text{sup}}(H)$  in Europe in February in the 1900-2018 years



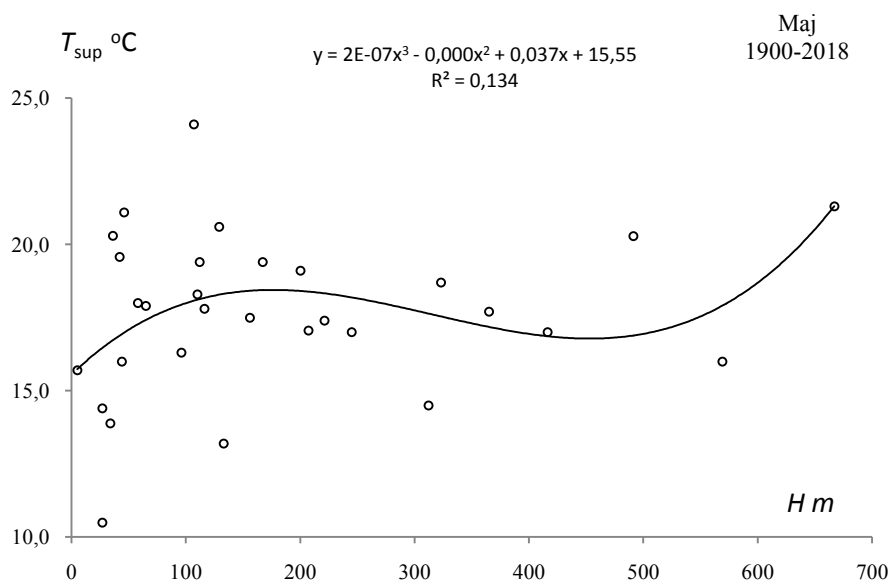
**Rys. 37.** Profil hipsometryczny najwyższej średniej temperatury powietrza  $T_{sup}(H)$  w Europie w marcu w latach 1900-2018

**Fig. 37.** Hypsometric profile of the highest average air temperature  $T_{sup}(H)$  in Europe in March in the 1900-2018 years



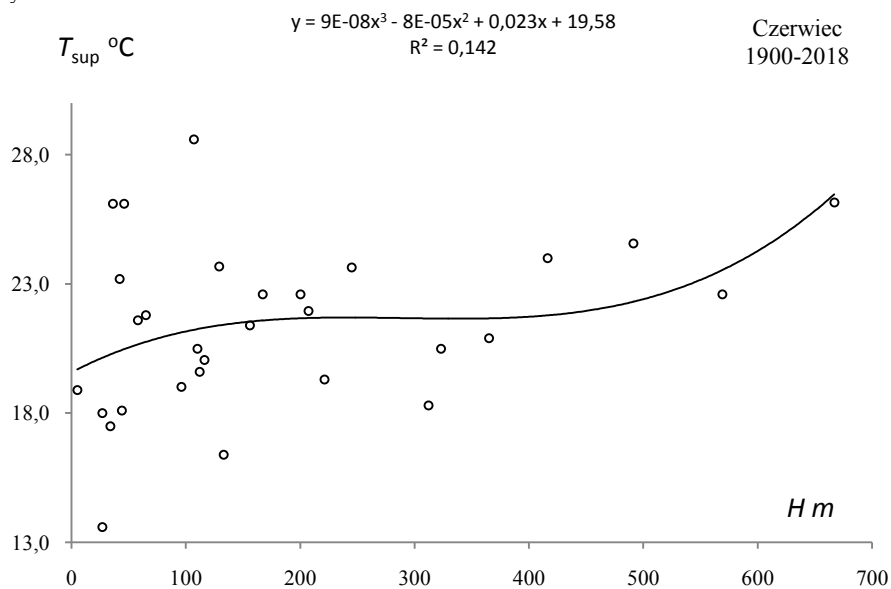
**Rys. 38.** Profil hipsometryczny najwyższej średniej temperatury powietrza  $T_{sup}(H)$  w Europie w kwietniu w latach 1900-2018

**Fig. 38.** Hypsometric profile of the highest average air temperature  $T_{sup}(H)$  in Europe in April in the 1900-2018 years



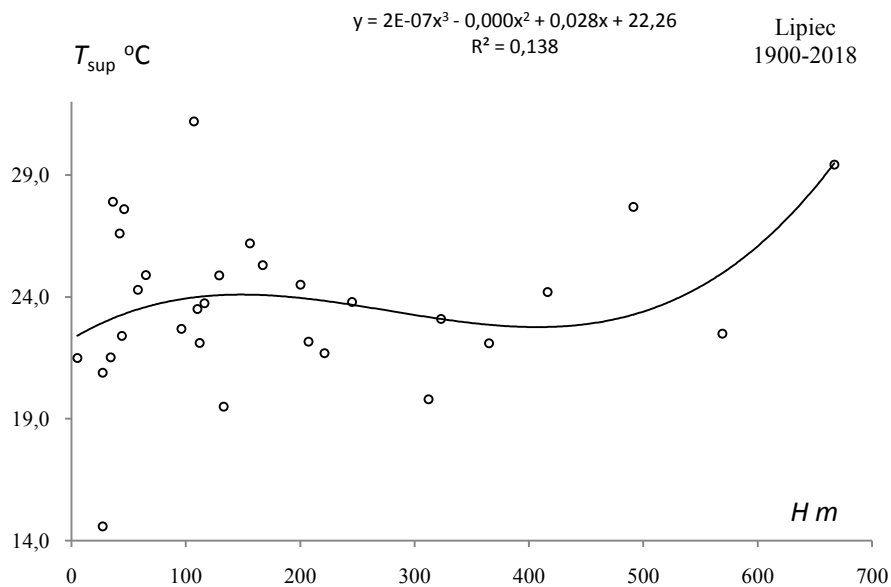
**Rys. 39.** Profil hipsometryczny najwyższej średniej temperatury powietrza  $T_{\text{sup}}(H)$  w Europie w maju w latach 1900-2018

**Fig. 39.** Hypsometric profile of the highest average air temperature  $T_{\text{sup}}(H)$  in Europe in May in the 1900-2018 years



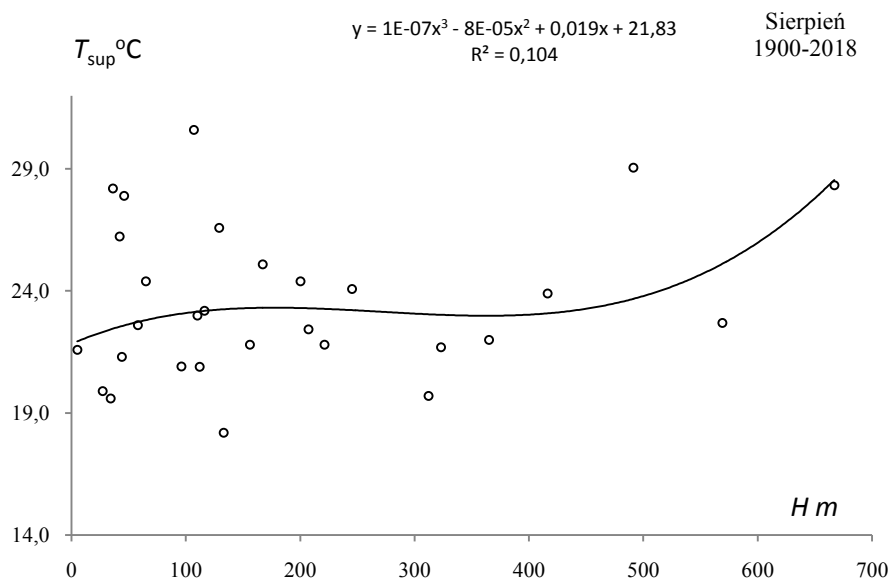
**Rys. 40.** Profil hipsometryczny najwyższej średniej temperatury powietrza  $T_{\text{sup}}(H)$  w Europie w czerwcu w latach 1900-2018

**Fig. 40.** Hypsometric profile of the highest average air temperature  $T_{\text{sup}}(H)$  in Europe in June in the 1900-2018 years.



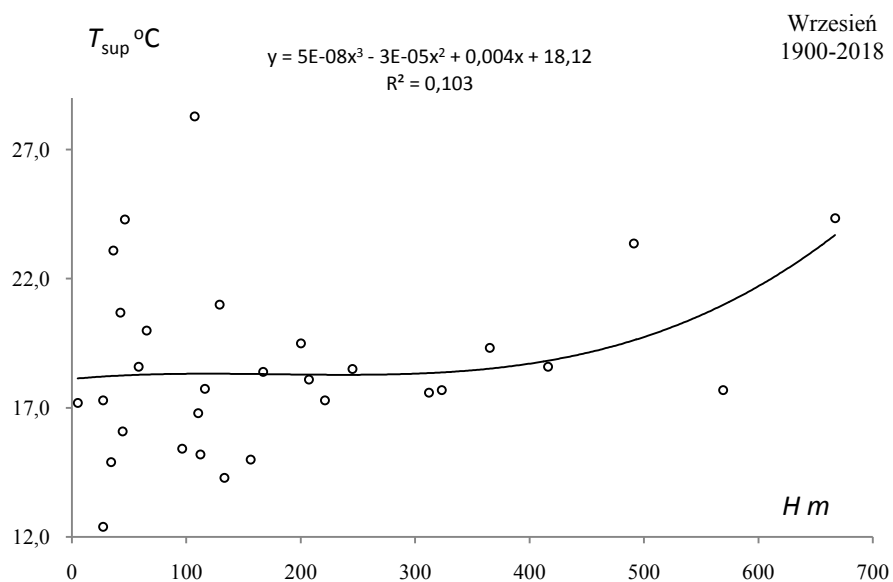
**Rys. 41.** Profil hipsometryczny najwyższej średniej temperatury powietrza  $T_{\text{sup}}(H)$  w Europie w lipcu w latach 1900-2018

**Fig. 41.** Hypsometric profile of the highest average air temperature  $T_{\text{sup}}(H)$  in Europe in July in the 1900-2018 years



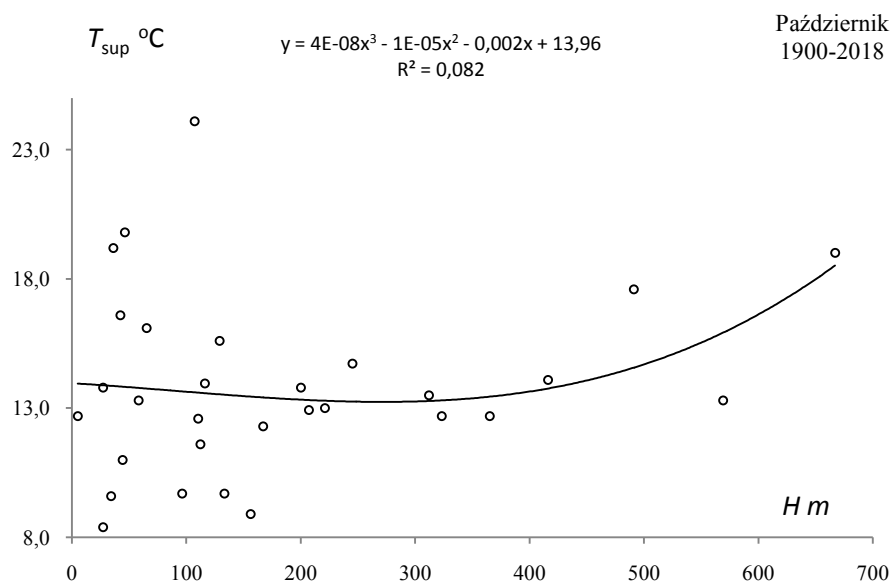
**Rys. 42.** Profil hipsometryczny najwyższej średniej temperatury powietrza  $T_{\text{sup}}(H)$  w Europie w sierpniu w latach 1900-2018

**Fig. 42.** Hypsometric profile of the highest average air temperature  $T_{\text{sup}}(H)$  in Europe in August in the 1900-2018 years



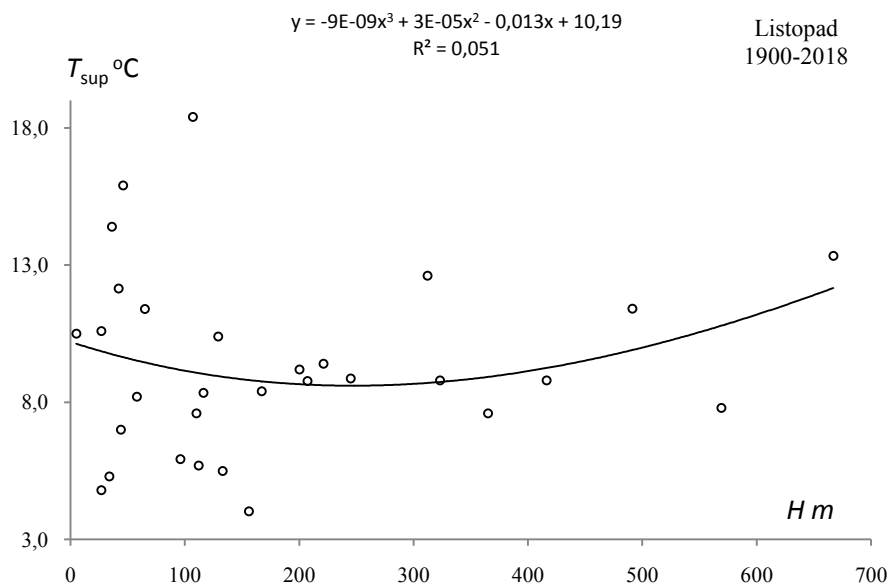
**Rys. 43.** Profil hipsometryczny najwyższej średniej temperatury powietrza  $T_{\text{sup}}(H)$  w Europie we wrześniu w latach 1900-2018

**Fig. 43.** Hypsometric profile of the highest average air temperature  $T_{\text{sup}}(H)$  in Europe in September in the 1900-2018 years



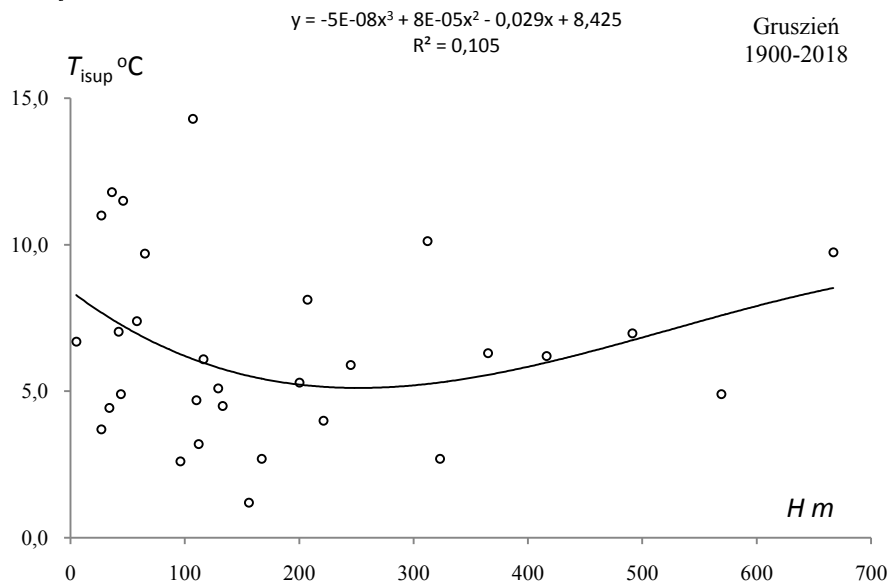
**Rys. 44.** Profil hipsometryczny najwyższej średniej temperatury powietrza  $T_{\text{sup}}(H)$  w Europie w październiku w latach 1900-2018

**Fig. 44.** Hypsometric profile of the highest average air temperature  $T_{\text{sup}}(H)$  in Europe in October in the 1900-2018 years



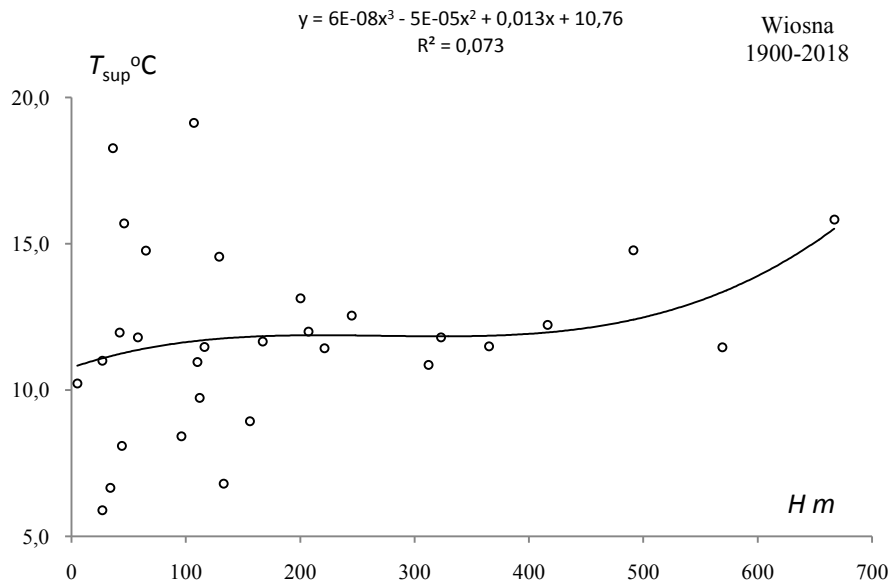
**Rys. 45.** Profil hipsometryczny najwyższej średniej temperatury powietrza  $T_{sup}(H)$  w Europie w listopadzie w latach 1900-2018

**Fig. 45.** Hypsometric profile of the highest average air temperature  $T_{sup}(H)$  in Europe in November in the 1900-2018 years.



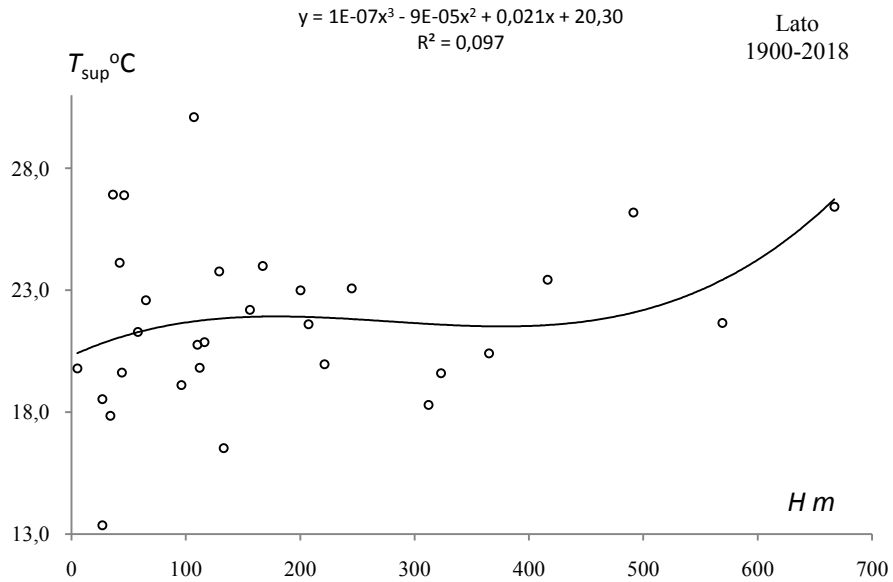
**Rys. 46.** Profil hipsometryczny najwyższej średniej temperatury powietrza  $T_{sup}(H)$  w Europie w grudniu w latach 1900-2018

**Fig. 46.** Hypsometric profile of the highest average air temperature  $T_{sup}(H)$  in Europe in December in the 1900-2018 years



**Rys. 47.** Profil hipsometryczny najwyższej średniej temperatury powietrza  $T_{sup}(H)$  w Europie wiosną w latach 1900-2018

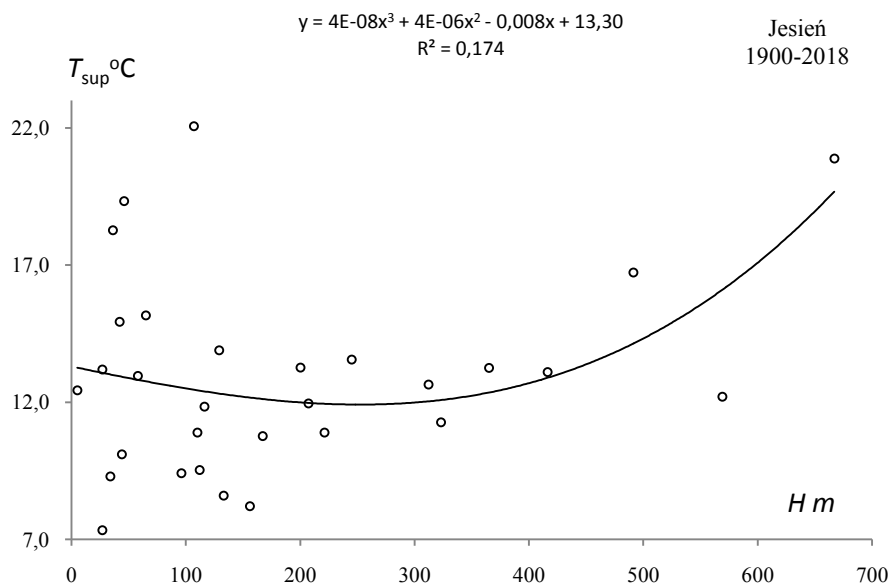
**Fig. 47.** Hypsometric profile of the highest average air temperature  $T_{sup}(H)$  in Europe in Spring in the 1900-2018 years.



**Rys. 48.** Profil hipsometryczny najwyższej średniej temperatury powietrza  $T_{sup}(H)$  w Europie w lecie w latach 1900-2018

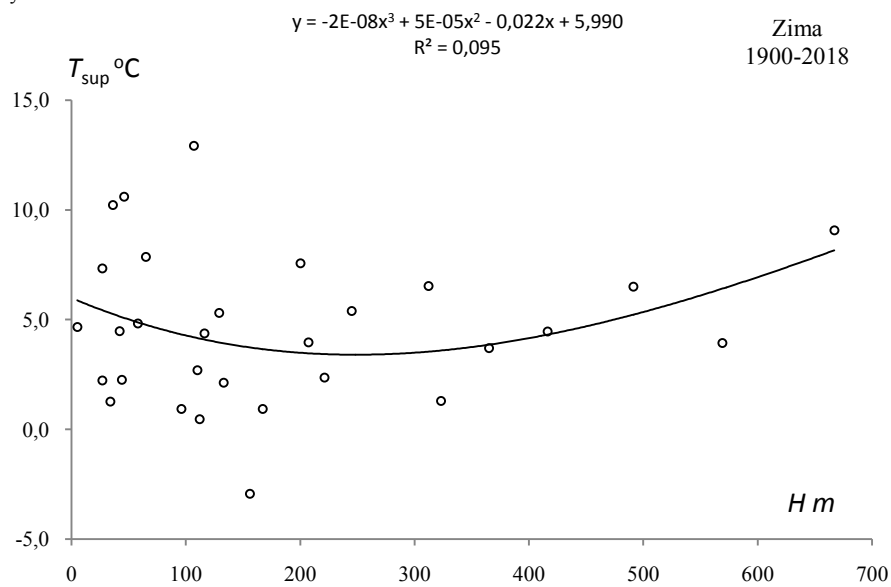
**Fig. 48** Hypsometric profile of the highest average air temperature  $T_{sup}(H)$  in Europe in Summer in the 1900-2018 years





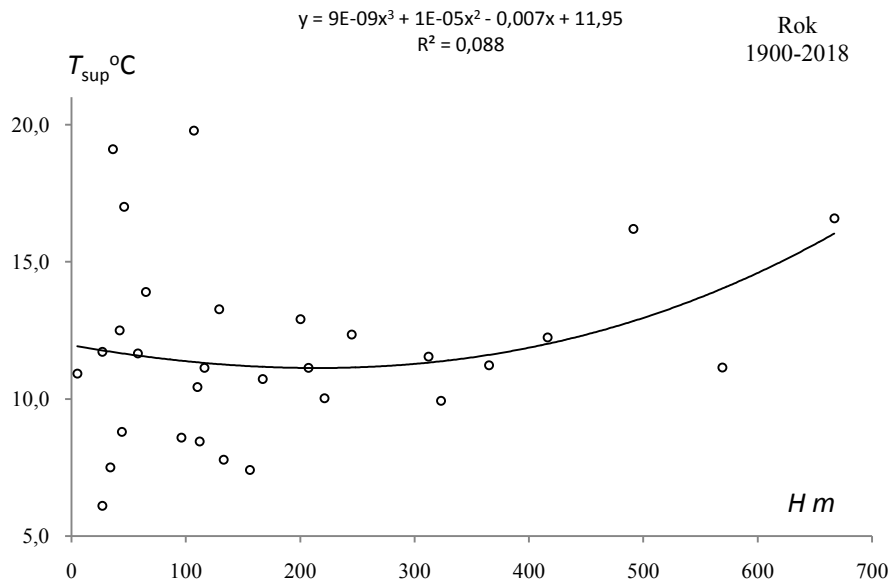
**Rys. 49.** Profil hipsometryczny najwyższej średniej temperatury powietrza  $T_{sup}(H)$  w Europie jesienią w latach 1900-2018

**Fig. 49.** Hypsometric profile of the highest average air temperature  $T_{sup}(H)$  in Europe in Autumn in the 1900-2018 years



**Rys. 50.** Profil hipsometryczny najwyższej średniej temperatury powietrza  $T_{sup}(H)$  w Europie w zimie w latach 1900-2018

**Fig. 50.** Hypsometric profile of the highest average air temperature  $T_{sup}(H)$  in Europe in Winter in the 1900-2018 years



**Rys. 51.** Profil hipsometryczny najwyższej średniej temperatury powietrza  $T_{sup}(H)$  w Europie w roku w latach 1900-2018  
**Fig. 51.** Hypsometric profile of the highest average air temperature  $T_{sup}(H)$  in Europe in Year in the 1900-2018 years

## XII, ANOMALIE TEMPERATURY POWIETRZA W EUROPIE W LATACH 2019-2020 (PARYŻ, MOSKWA, SZTOKHOLM, MADRYT)

Anomalie temperatury powietrza w Europie w latach 2019-2020 zbadano w czterech miastach – w Paryżu, Moskwie, Sztokholmie i Madrycie. Ich współrzędne geograficzne szerokość ( $\varphi$ ) i długość ( $\lambda$ ) oraz wysokość nad poziomem morza ( $H$ ) podano w tab. 1.

Tabela 1, Rozmieszczenie stacji meteorologicznych w Europie  
Table 1, Location of meteorological stations in Europe

	$\varphi$	$\lambda$	$H$ m
Paryż	48°58'N	2°27'E	65
Moskwa	55°50'N	37°37'E	156
Sztokholm	59°34'N	18°06'E	44
Madryt	40,378°N	3,789° W	667

O anomaliach termicznych (największych ochłodzeniach i ociepleniach klimatu) informują ekstrema– minima ( $t_{\text{inf}}, T_{\text{inf}}$ ) i maksima ( $t_{\text{sup}}, T_{\text{sup}}$ ) temperatury powietrza, Za wyjątkowe pod względem termicznym uznano te miesiące, pory roku, lata, w których średnia temperatura ( $T$ ) różni się od średniej wieloletniej ( $T_{\text{sr}}$ ) co najmniej o 2 odchylenia standardowe ( $\sigma$ ):  $T_{\text{inf}} \leq T_{\text{sr}} - 2\sigma$ ,  $T_{\text{sup}} \geq T_{\text{sr}} + 2\sigma$

### 12.1. Anomalie przebiegu rocznego temperatury powietrza w Europie w latach 2019-2020

#### PARYŻ

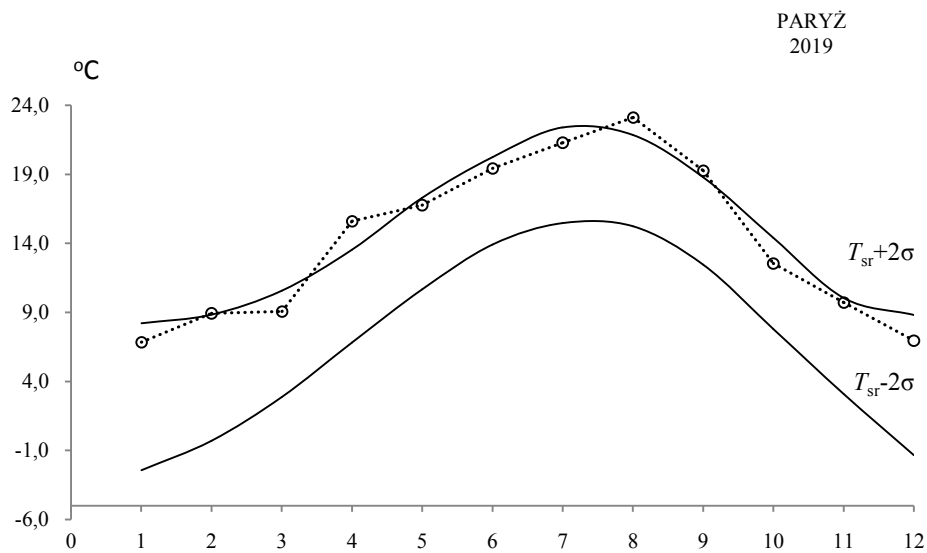
**Tabela 2,** Średnie arytmetyczne ( $T_{\text{sr}}$ ) i odchylenia standardowe ( $\sigma$ ) temperatury powietrza w Paryżu w latach 1757-2018

**Table 2,** Arithmetic means ( $T_{\text{sr}}$ ) and standard deviations ( $\sigma$ ) of the air temperature in Paris in years 1757-2018

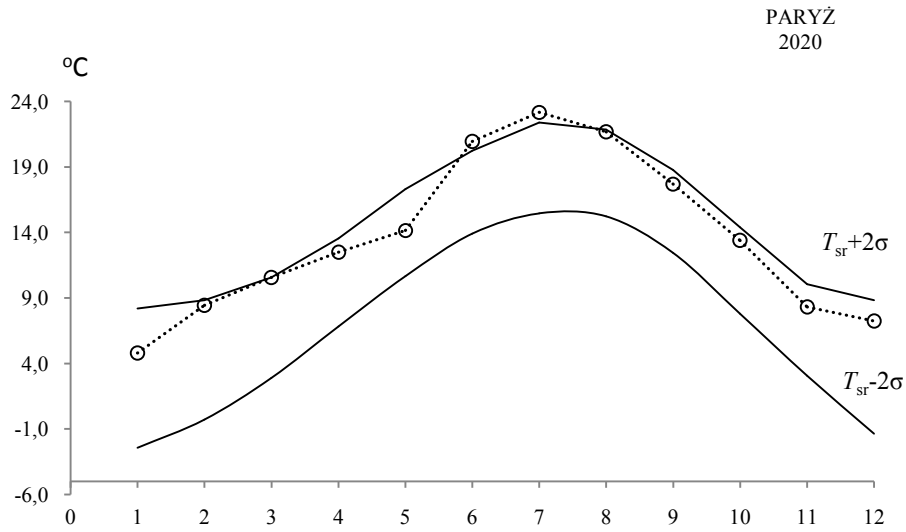
Paryż	$T_{\text{sr}}$ °C	$\sigma$	$T_{\text{sr}} - 2\sigma$	$T_{\text{sr}} + 2\sigma$
I	2,883	2,65985	-2,43687	8,20252
II	4,267	2,27961	-0,29205	8,8264
III	6,728	1,92299	2,88188	10,57384
IV	10,184	1,6782	6,82795	13,54075
V	13,985	1,65873	10,66728	17,30218
VI	17,083	1,586	13,91083	20,25482
VII	18,931	1,7328	15,46494	22,39612
VIII	18,537	1,65552	15,22637	21,84844
IX	15,616	1,58431	12,4474	18,78466
X	11,096	1,64992	7,79596	14,39564
XI	6,561	1,74426	3,07254	10,04959
XII	3,733	2,54458	-1,35633	8,82198
III-V	10,299	1,21533	7,86833	12,72964
VI-VIII	18,184	1,30575	15,57209	20,79508
IX-XI	11,091	1,20327	8,68442	13,49751
XII-II	3,628	1,68488	0,25795	6,99748
I=XII	10,8	0,97918	8,84192	12,75865

**Tabela 3,** Średnie wartości temperatury powietrza w Paryżu w latach 2019-2020  
**Table 3.** Average values of air temperature in Paris in 2018-2020

Paryż	2019	2020
I	4,79	6,85
II	8,43	8,92
III	10,56	9,07
IV	12,50	15,61
V	14,17	16,76
VI	20,95	19,43
VII	23,18	21,28
VIII	21,68	23,13
IX	17,71	19,28
X	13,39	12,55
XI	8,31	9,72
XII	7,24	6,96
III-V	12,41	13,81
VI-VIII	21,94	21,28
IX-XI	13,14	13,85
XII-II	6,86	7,67
I-XII	13,59	14,15



Rys . 1. Anomalie temperatury powietrza w Paryżu w roku 2019  
 Fig. 1. Air temperature anomalies in Paris in 2019



Rys . 2. Anomalie temperatury powietrza w Paryżu w roku 2020  
Fig. 2. Air temperature anomalies in Paris in 2020

### MOSKWA

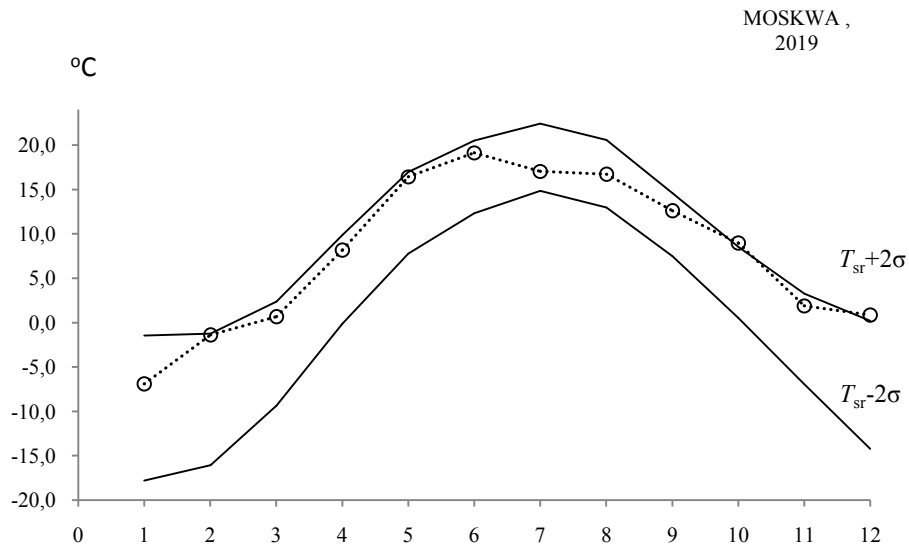
**Tabela 4.** Średnie arytmetyczne ( $T_{sr}$ ) i odchylenia standardowe ( $\sigma$ ) temperatury powietrza w Moskwie w latach 1821-2018  
**Table 4.** Arithmetic means ( $T_{sr}$ ) and standard deviations ( $\sigma$ ) of the air temperature in Moscow in years 1821-2018

Moskwa	$T_{sr}$ o C	$\sigma$	$T_{sr}-2\sigma$	$T_{sr}+2\sigma$
I	-9,631	4,086434	-17,80427	-1,45853
II	-8,649	3,703274	-16,0555	-1,2424
III	-3,508	2,932051	-9,37182	2,35638
IV	4,878	2,495463	-0,11327	9,86859
V	12,362	2,304267	7,75304	16,97011
VI	16,41	2,041157	12,32809	20,49272
VII	18,62	1,886606	14,84655	22,39298
VIII	16,776	1,903904	12,96839	20,58401
IX	11,036	1,772134	7,49187	14,58041
X	4,524	2,008305	0,50754	8,54076
XI	-1,836	2,550928	-6,93765	3,26607
XII	-7,013	3,610759	-14,23468	0,20836
III-V	4,577	1,882228	0,81272	8,34163
VI-VIII	17,269	1,46962	14,32955	20,20803
IX-XI	4,575	1,49105	1,59273	7,55693
XII-II	-8,439	2,806589	-14,05176	-2,8254
I=XII	4,497	1,230829	2,03575	6,95907

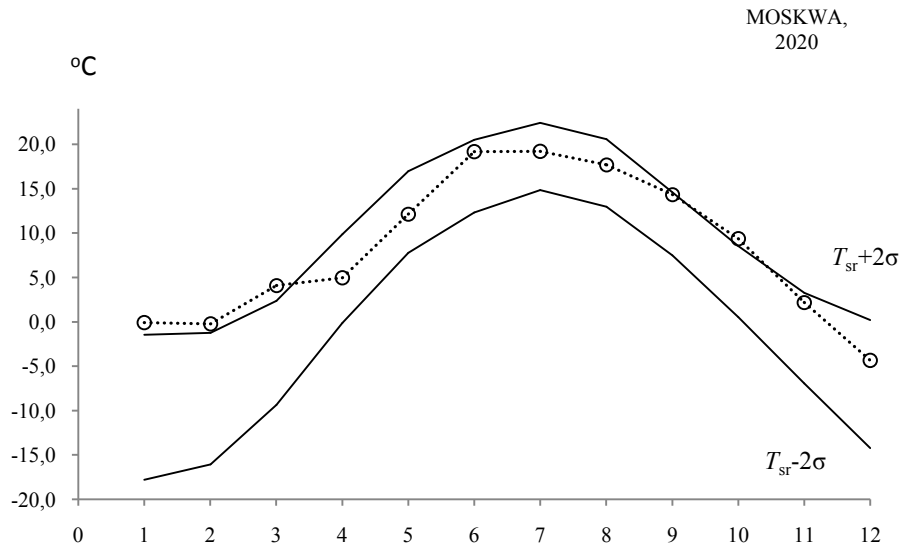
**Tabela 5,** Średnie wartości temperatury powietrza w Moskwie w latach 2019-2020

**Table 5.** Average values of air temperature in Moscow in 2018-2020

Moskwa	2019	2020
I	-6,90	-0,10
II	-1,40	-0,25
III	0,65	4,10
IV	8,15	4,95
V	16,44	12,15
VI	19,14	19,15
VII	17,05	19,20
VIII	16,70	17,70
IX	12,60	14,35
X	8,95	9,35
XI	1,90	2,20
XII	0,85	-4,35
III-V	8,41	7,07
VI-VIII	17,63	18,68
IX-XI	7,82	8,63
XII-II	-4,68	0,17
I=XII	7,29	8,64



Rys. 3. Anomalie temperatury powietrza w Moskwie w roku 2019  
Fig. 3. Air temperature anomalies in Moscow in 2019



Rys . 4. Anomalie temperatury powietrza w Moskwie w roku 2020  
Fig. 4. Air temperature anomalies in Moscow in 2020

## SZTOKHOLM

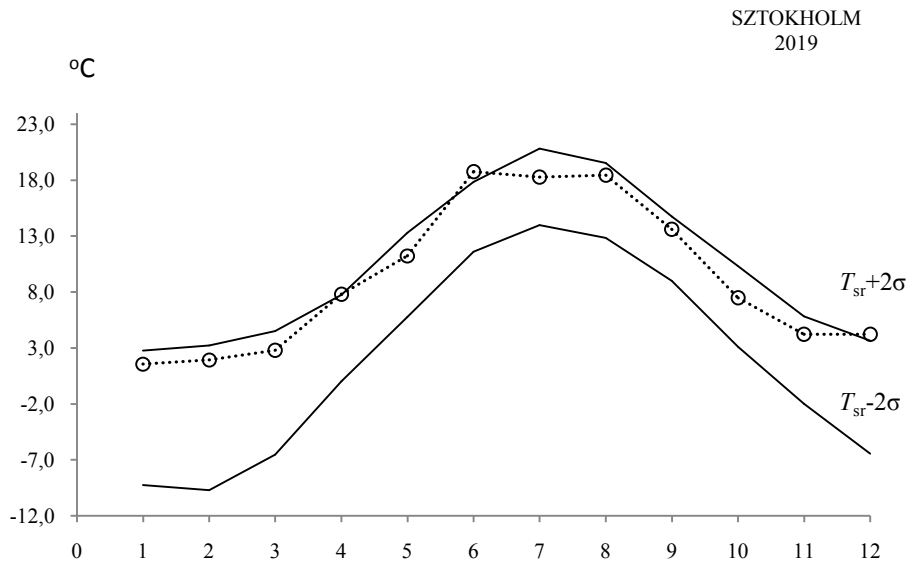
**Tabela 6.** Średnie arytmetyczne ( $T_{sr}$ ) i odchylenia standardowe ( $\sigma$ ) temperatury powietrza w Sztokholmie w latach 1756-2018

**Table 6.** Arithmetic means ( $T_{sr}$ ) and standard deviations ( $\sigma$ ) of the air temperature in Stockholm in years 1756-2018

	$T_{sr}$ °C	$\sigma$	$T_{sr}-2\sigma$	$T_{sr}+2\sigma$
I	-3,255	3,007842	-9,27082	2,760551
II	-3,247	3,234378	-9,71590	3,221607
III	-1,023	2,758580	-6,54035	4,493967
IV	3,867	1,933163	0,00059	7,733246
V	9,525	1,878900	5,76768	13,28327
VI	14,730	1,560063	11,60953	17,84978
VII	17,401	1,713278	13,97458	20,8277
VIII	16,182	1,674712	12,83270	19,53155
IX	11,872	1,439222	8,99380	14,75069
X	6,722	1,803474	3,11511	10,329
XI	1,915	1,953618	-1,99241	5,822065
XII	-1,410	2,523000	-6,45589	3,636114
III-V	4,123	1,692519	0,73803	7,508106
VI-VIII	16,104	1,268609	13,56709	18,64153
IX-XI	6,836	1,193713	4,44895	9,223801
XII-II	-2,645	2,257950	-7,16043	1,871371
I=XII	6,107	1,127723	3,85114	8,362036

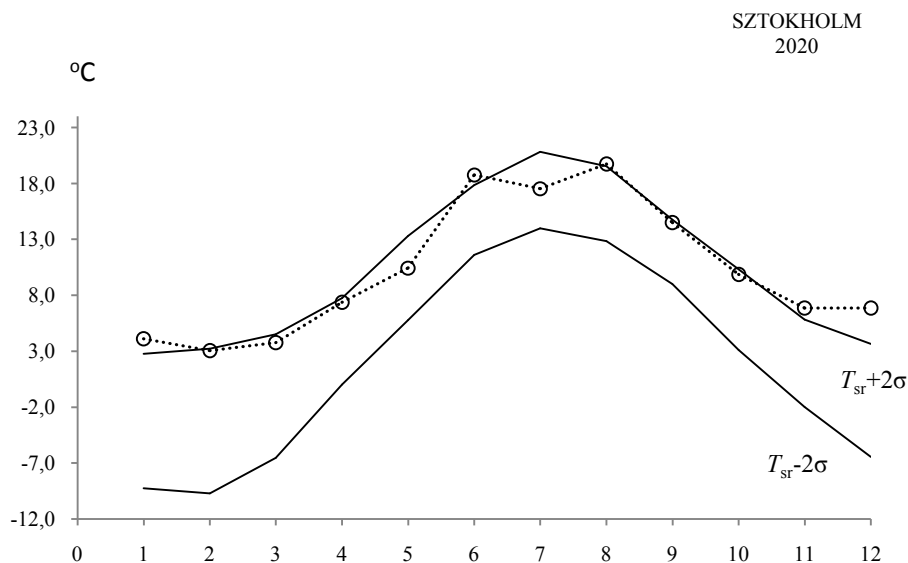
**Tabela 7, Średnie wartości temperatury powietrza w Sztokholmie w latach 2019-2020**  
**Table 7. Average values of air temperature in Stockholm in 2018-2020**

	2019	2020
I	1,57	4,11
II	1,94	3,04
III	2,79	3,75
IV	7,8	7,36
V	11,24	10,44
VI	18,75	18,77
VII	18,26	17,54
VIII	18,44	19,72
IX	13,6	14,49
X	7,47	9,86
XI	4,21	6,85
XII	18,48	18,68
III-V	0,38	3,39
VI-VIII	7,28	7,18
IX-XI	18,48	18,68
XII-II	3,01	9,99
I=XII	8,43	10,4



Rys. 5. Anomalie temperatury powietrza w Sztokholmie w roku 2019  
 Fig. 5. Air temperature anomalies in Stockholm in 2019





Rys . 6. Anomalie temperatury powietrza w Sztokholmie w roku 2020  
Fig. 6. Air temperature anomalies in Stockholm in 2020

### MADRYT

**Tabela 8,** Średnie arytmetyczne ( $T_{sr}$ ) i odchylenia standardowe ( $\sigma$ ) temperatury powietrza w Madrycie w latach 1880-2018

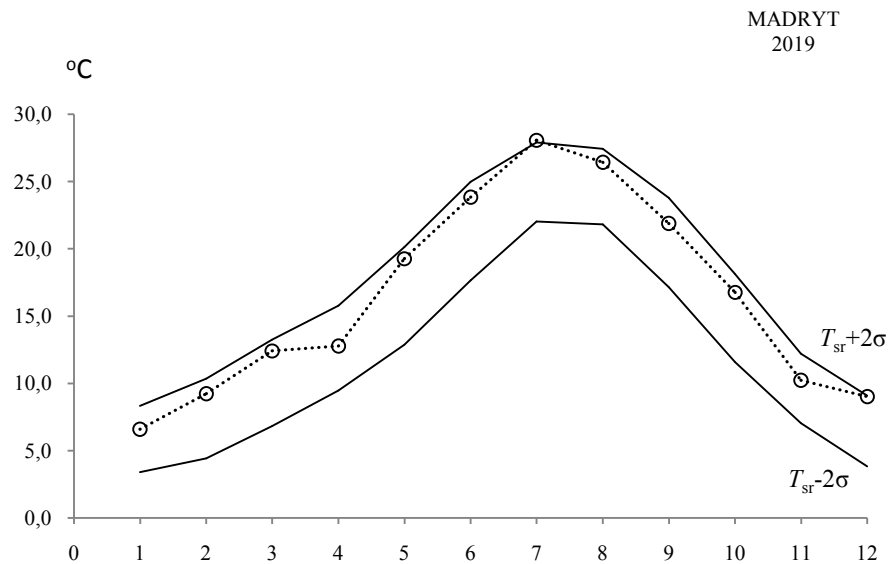
**Table 8,** Arithmetic means ( $T_{sr}$ ) and standard deviations ( $\sigma$ ) of the air temperature in Madrid in years 1880-2018

Madryt	$T_{sr}$ °C	$\sigma$	$T_{sr}-2\sigma$	$T_{sr}+2\sigma$
I	5,863	1,231206	3,40087	8,32569
II	7,384	1,48156	4,4212	10,34744
III	10,033	1,609919	6,81288	13,25256
IV	12,604	1,577581	9,44839	15,75871
V	16,481	1,815619	12,84964	20,11212
VI	21,313	1,833648	17,64526	24,97986
VII	24,961	1,47324	22,01456	27,90752
VIII	24,618	1,406712	21,80426	27,4311
IX	20,46	1,656831	17,14642	23,77374
X	14,847	1,638088	11,5711	18,12346
XI	9,603	1,290616	7,02189	12,18435
XII	6,454	1,311964	3,83051	9,07836
III-V	13,04	1,164133	10,71141	15,36795
VI-VIII	23,63	1,214418	21,20159	26,05926
IX-XI	17,654	1,318194	15,01729	20,29007
XII-II	6,779	0,945673	4,88812	8,67081
I=XII	14,559	0,761179	13,0368	16,08152

**Tabela 9.** Średnie wartości temperatury powietrza w Madrycie w latach 2019-2020

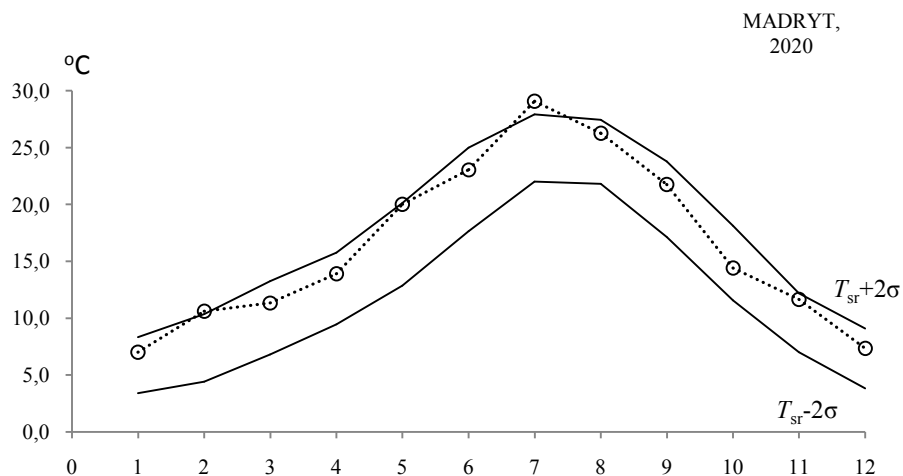
**Table 9.** Average values of air temperature in Madrid in 2018-2020

Magryt	2019	2020
I	6,6	7,0
II	9,2	10,6
III	12,4	11,4
IV	12,8	13,9
V	19,3	20,0
VI	23,8	23,1
VII	28,1	29,1
VIII	26,4	26,3
IX	21,9	21,8
X	16,8	14,4
XI	10,2	11,7
XII	9,0	7,4
III-V	14,8	15,1
VI-VIII	26,1	26,1
IX-XI	16,3	15,9
XII-II	7,9	8,9
I=XII	16,3	16,5



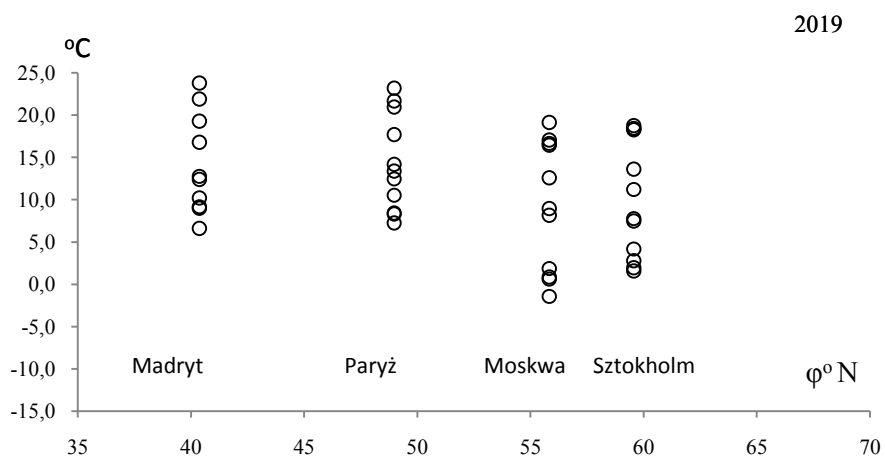
Rys . 7. Anomalie temperatury powietrza w Madrycie w roku 2019

Fig. 7. Air temperature anomalies in Madrid in 2019



Rys. 8. Anomalie temperatury powietrza w Madrycie w roku 2020  
 Fig. 8 Air temperature anomalies in Madrid in 2020

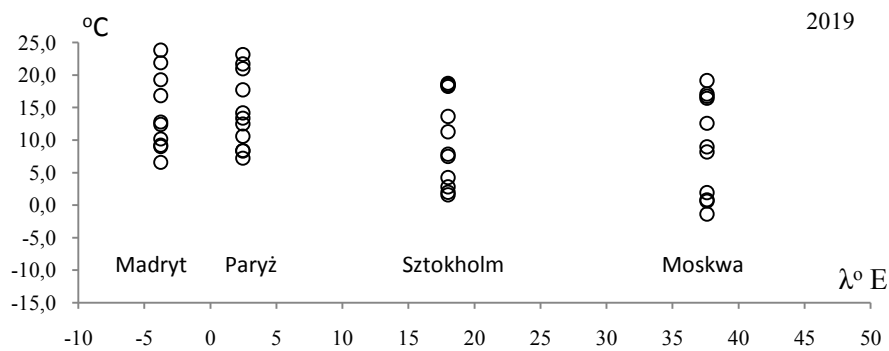
### 12.2. Profile równoleżnikowe i południkowe temperatury powietrza w Europie w latach 2019-2020



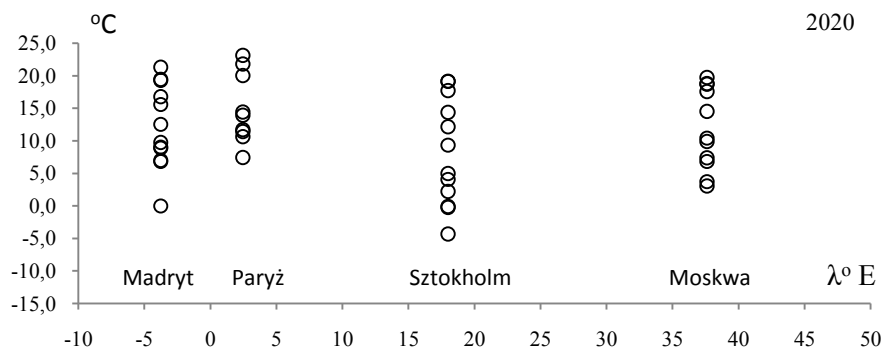
Rys. 9. Profil równoleżnikowy średniej temperatury powietrza w roku 2019 ( w miesiącach I, ... , XII)  
 Fig. 9. Latitudinal profile of the average air temperature in 2019 (in months I, ... , XII)



Rys. 10. Profil równoleżnikowy średniej temperatury powietrza w roku 2020 ( w miesiącach I, ... , XII)  
Fig.. 10. Latitudinal profile of the average air temperature in 2020 (in months I, ... , XII)



Rys. 11. Profil południkowy średniej temperatury powietrza w roku 2019 ( w miesiącach I, ... , XII)  
Fig.. 11. Meridian profile of the average air temperature in 2019 (in months I, ... , XII)



Rys. 12. Profil południkowy średniej temperatury powietrza w roku 2020 ( w miesiącach I, ... , XII)  
Fig.. 12. Meridian profile of the average air temperature in 2020 (in months I, ... , XII)

### XIII. ZAKOŃCZENIE

*Atlas współzależności parametrów meteorologicznych i geograficznych w Polsce t. XLIII. Anomalie klimatu Ziemi w ostatnich tysiącleciach (-110 00 BP- 2020 AD)* dotyczy głównie ochłodzeń i ociepleń klimatu Ziemi.

Szczególne znaczenie mają wahania sum promieniowania w miesiącach III-IX na równoleżniku  $\varphi = 65^\circ \text{N}$ , od -1 000 000 lat temu z prognozą do 1 000 000 AD spowodowane zmianami eliptycznej orbity Ziemi.

Sumy promieniowania słonecznego na równoleżniku  $\varphi = 65^\circ \text{N}$  w okresie marzec-wrzesień obliczono, posługując się teorią M. Milankoviča (1930).

Przyjęto zakres zmian i długości cykli:

- 100 000 lat – mimośrodowi orbity eliptycznej Ziemi w przedziale  $0 \leq e \leq 0,066$  (wydłużając cykl 92 000 lat M. Milankoviča 1930),
- 40 000 lat – nachylenia osi Ziemi do płaszczyzny ekliptyki  $21^\circ 58' \leq \varepsilon \leq 24^\circ 36'$
- 21 000 lat – długości ekliptycznej peryhelium względem punktu równonocy wiosennej ( $\Omega$ )

W badaniach osadów głębokomorskich J. D. Hays i inni (1976) ustalili cykliczne zmiany izotopu tlenu  $^{18}\text{O}$  zawartego w węglanach wapnia (100 000 lat, 42 000 lat, 23 000 lat)

Oto daty czterech ostatnich zlodowaceń Ziemi:

C. D. Schönwiese (1983)	Izotop $^{18}\text{O}$	Promieniowanie	Nazwa
400-350	650-630	610-550	Günz
320-270	480-430	475-400	Mindel
200-125	180-140	230-190	Riss
70-11	80-11	120-70	Würm

Zlodowacenia Ziemi, które wystąpiły w ciągu ostatniego miliona lat dobrze wyjaśnia teoria M. Milankoviča (1930). Zlodowacenia Ziemi były efektem nakładania się trzech długich cykli: 92 000 lat – mimośrodu (ekscentryczności,  $e$ ) o amplitudzie 0-0,068, 40 000 lat – nachylenia płaszczyzny równika do ekliptyki ( $\varepsilon$ ) o amplitudzie  $21^\circ 58' - 24^\circ 36'$ , 21 000 lat – długości ekliptycznej linii absydów (peryhelium - aphelium) względem punktu barana (równonocy wiosennej). Ruch precesyjny punktów równonocnych po ekliptyce wynosi  $50,27''$ . Tak więc punkt barana obiega ekliptykę w czasie około 26 000 lat. Na danej półkuli najkrótsza odległość Ziemi od Słońca przypada na tę samą porę roku nie co 26 000 lat, lecz po upływie 20 900 lat.

Celem rozdz. III. *Zależność cyklu rocznego temperatury powietrza w Warszawie od aktywności Słońca obserwowanej z Ziemi* jest określenie wpływu liczby plam na obracającym się Słońcu na zmiany roczne temperatury powietrza (Warszawa 1951-2010).

Szczególną rolę odgrywa cykl roczny aktywności Słońca, spowodowany ruchem obrotowym Słońca wokół jego osi, nachylonej pod kątem  $82^\circ 45'$  do płaszczyzny ekliptyki (o nachyleniu równika  $7^\circ 15'$ ) i ruchem obiegowym Ziemi dookoła Słońca.

- Ruch obrotowy Słońca 25,04 dni na równiku i 31 dni w pobliżu biegunów
- Obieg Ziemi po orbicie eliptycznej 365,25 dni

Przyczyną cyklu rocznego aktywności Słońca (liczby plam na Słońcu) są więc zarówno zmiany aktywności Słońca spowodowane procesami fizycznymi zachodzącymi na jego powierzchni (cyklami 11- i 22-letnim), jak też wynikające z przesuwałającej się coraz innej części powierzchni obracającego się Słońca (25,04 dni na równiku i 31 dni w pobliżu biegunów) – tarczy widocznej z Ziemi poruszającej się po orbicie eliptycznej w ciągu 365,25 dni w kolejnych dniach roku.

Na uwagę zasługują synchroniczne wahania i tendencje rosnące średniej dobowej temperatury powietrza ( $T$ ) w Warszawie – w cyklu 147,9 dni i średnich dobowych liczb Wolfa ( $W$ ) – w cyklu 133,2 dni.

Niektóre wyniki badań są opublikowane:

- Boryczka J. Stopa-Boryczka M., Kossowska-Cezak U., Wawer J., 2017, *The dependency between annual air temperature and solar activity. A case study of Warsaw in 1951-2010.*, Miscellanea Geographica, Vol. 21, No 3, pp 132-138, Wyd. WGRS UW

W rozdz. IV. *Zmiany klimatu Ziemi według izotopu tlenu  $\delta^{18}\text{O}$  w rdzeniach lodowych Wyspy Devon i Grenlandii oraz osadów w Jez. Wikaryjskim i Jez. Gościąż* omówiono ochłodzenia i ocieplenia klimatu Ziemi (od -110 980 BP) według zawartości izotopu tlenu  $\delta^{18}\text{O}$  w rdzeniu lodowym z wyspy Devon (Arktyka Kanadyjska). Ostatnie głębokie minimum ( $t_{\min} = -22\ 000$  lat temu) sum promieniowania słonecznego (w miesiącach marzec-wrzesień) spowodowało ostatnie zlodowacenie Ziemi.

Dużą wartość poznawczą w badaniach ochłodzeń i ociepleń klimatu Europy (od -12 750 BP) ma zawartości substancji organicznych (%), węglanów wapnia -  $\text{CaCO}_3$  i tlenku żelaza  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  w osadach Jez. Gościąż (k/Płocka). Zliczając roczne przyrosty osadów laminowanych w Jez. Gościąż określono czas z dokładnością do jednego roku. W rdzeniu osadów tego jeziora, o długości 16 m zliczono 12300 warstewek rocznych sedymentacji, sięgając więc 12 300 lat wstecz

Wzięto pod uwagę średnie wartości temperatury powietrza ( $T_{sr}$ ), odchylenia standardowe ( $\sigma$ ) oraz progi dolny  $T_{sr}-2\sigma$  i górny  $T_{sr}+2\sigma$  w 30 miastach w Europie w ostatnich stuleciach XVI-XXI i w latach 1900-2018.

Anomalie temperatury powietrza w Europie określono wyodrębniając 5 stref ograniczonych równoleżnikami:

1. Strefa I ( $\varphi > 60^\circ \text{N}$ ) – Akureyri, Trondheim
2. Strefa II ( $55^\circ \leq \varphi \leq 60^\circ \text{N}$ ) – Oslo, Sztokholm, Tallinn, Kopenhaga, Moskwa
3. Strefa III ( $50^\circ \leq \varphi \leq 55^\circ \text{N}$ ) – Londyn, Greenwich, Berlin, Warszawa, Praga, Wilno, Wrocław, Kraków, Kijów
4. Strefa IV ( $45^\circ \leq \varphi \leq 50^\circ \text{N}$ ) – Paryż, Wiedeń, Innsbruck, Lwów, Bazylea, Zurych, Budapeszt, Genewa, Odessa
5. Strefa V ( $\varphi \leq 45^\circ \text{N}$ ) – Marsylia, Rzym, Madryt, Tbilisi, Ateny

O największych ochłodzeniach i ociepleniach klimatu informują daty ekstremów – minimów  $t_{\inf}$ ,  $T_{\inf}$  i maksimów  $t_{\sup}$ ,  $T_{\sup}$ , np.:  $T_{\inf} \leq T_{sr}-2\sigma$  i  $T_{\sup} \geq T_{sr}+2\sigma$ .

W rozdziałach VI, VII, VIII pola średniej temperatury powietrza  $T_{sr}$ , odchylenia standardowego  $\sigma$ , progu dolnego  $T_{sr}-2\sigma$  i progu górnego  $T_{sr}+2\sigma$  temperatury powietrza w Europie w miesiącach I, II, ... XII i porach roku (wiosna, lato, jesień, zima) oraz roku w tym samym przedziale czasu – w latach 1900-2018 opisano wielomianami regresji 3-stopnia względem szerokości geograficznej ( $\varphi$ ) – profil równoleżnikowy, długości geograficznej ( $\lambda$ ) – profil południkowy i wysokości nad poziomem morza ( $H$ ) – profil hipsometryczny.

W rozdz. IX. *Profile trendu temperatury powietrza (oc/100 lat) w Europie w latach 1900-2018 (równoleżnikowe, południkowe, hipsometryczne)*

przedstawiono profile współczynników (a) prostych regresji  $y = ax + b$ .

W rozdz. XII. *Anomalie temperatury powietrza w Europie w latach 2019-2020 (Paryż, Moskwa, Sztokholm, Madryt)*

zamieszczono wykresy profili równoleżnikowych, południkowych i hipsometrycznych temperatury powietrza w Europie w latach 2019-2020.

#### XIV. LITERATURA

- Alley R.B., 2000, The Younger Dryas cold interval as viewed from central Greenland. *Quat. Sci. Rev.*, 19, 213-226.
- Bond G., Showers W., Cheseby M., Lotti r., Almasi P., Demenoca L P., Priore P., Cullen H., Hajdas I., Bonani G., 1997 – *A pervasive millennial-scale cycle in North Atlantic Holocene and glacial climates*. *Sci.*, 278 (5341), 1257-1266
- Boryczka J., 1984, *Model deterministyczno-stochastyczny wielookresowych zmian klimatu* [Deterministic and stochastic model of multi-periodic climate changes], Wyd. UW, Warszawa
- Boryczka J., 1993, *Naturalne i antropogeniczne zmiany klimatu Ziemi w XVII-XXI wieku*, Wyd. UW, Warszawa, ss. 400
- Boryczka J., 1998, *Zmiany klimatu Ziemi*, Wyd. Akademickie Dialog, Warszawa, ss. 165
- Boryczka J., Stopa-Boryczka M., Baranowski D., Kirchenstein M., Błażek E., Skrzypczuk J., 2003, *Atlas współzależności parametrów meteorologicznych i geograficznych w Polsce*, t. XVII. *Mroźne zimy i upalne lata w Polsce* (red. M. Stopa-Boryczka, J. Boryczka), Wyd. UW, ss. 297
- Boryczka J., Stopa-Boryczka M., Pietras K., Bijak S., J., Błażek E., Skrzypczuk J., 2005, *Atlas współzależności parametrów meteorologicznych i geograficznych w Polsce*, t. XIX. *Cechy termiczne klimatu Europy* (red. M. Stopa-Boryczka, J. Boryczka), Wyd. UW, ss.184.
- Boryczka J., Stopa-Boryczka M., Wawer J., Grabowska K., Dobrowolska M., Osowiec M., Błażek E., Skrzypczuk J., 2010, *Atlas współzależności parametrów meteorologicznych i geograficznych w Polsce*, t. XXV, *Zmiany klimatu Warszawy i innych miast Europy w XVII-XXI wieku*, Wyd. UW, ss. 417.
- Boryczka J., Stopa-Boryczka M., Unton-Pyziółek A., Gieszc P., 2010, *Ochłodzenia i ocieplenia klimatu Północnej Półkuli Ziemi (na podstawie wahań izotopu tlenu  $\delta^{18}O$  i danych dendrologicznych)*, [W:] *Atlas współzależności parametrów meteorologicznych i geograficznych w Polsce*, t. XXV, s. 88-98.
- Boryczka J., Stopa-Boryczka M., Unton-Pyziółek A., Gieszc P., 2010, *Cooling and Warming of Climate of the Earth's Northern Hemisphere (on the basis of fluctuations of the oxygen isotope  $\delta^{18}O$  and dendrological data)*, *Miscellanea Geographica*, vol. 14, s. 47-58.
- Boryczka J., Stopa-Boryczka, Unton-Pyziółek A., Gieszc P., 2011, *Zmiany klimatu Półkuli Północnej (na podstawie wahań promieniowania słonecznego i izotopu tlenu  $\delta^{18}O$ )*. *Prace i Studia Geogr.*, t. 47, Wyd. WGRS UW, s. 25-32.
- Boryczka J., Stopa-Boryczka M., Kossowska-Cezak U., Wawer J., 2012, *Verification forecasts concerning of periodic changes in the climate of Warsaw in the period*, [w:] *Atlas współzależności parametrów meteorologicznych i geograficznych w Polsce*, t. XXVIII pt. *Stan zanieczyszczenia atmosfery w Warszawie i innych miastach Polski*, Wyd. UW, s.431-451.
- Boryczka J., Stopa-Boryczka M., Kossowska-Cezak U., Wawer J., 2012, *Verification of forecasts of periodic changes in the climate of Warsaw in the period 1779-2010*, *Miscellanea Geographica*, vol.16, 16-22.
- Boryczka J., Stopa-Boryczka M. Kossowska-Cezak U., Wawer J., 2012 c, *Weryfikacja prognoz okresowych zmian temperatury powietrza w Warszawie w latach 1779-2010*, *Prz. Geof.*, 57, 3-4, 343-362
- Boryczka J., Stopa-Boryczka M., Kossowska-Cezak U., Wawer J., 2013, *Weryfikacja prognoz okresowych zmian opadów atmosferycznych w Polsce w latach 1813-2010*, [w:] *Atlas współzależności parametrów meteorologicznych i geograficznych w Polsce*, t. XXIX, *Ocena klimatu na potrzeby lotnictwa w Warszawie i innych miastach Polski*, s. 382-402.
- Boryczka J., Stopa-Boryczka M., 2014, *Atlas współzależności parametrów meteorologicznych i geograficznych w Polsce*, t. XXXI-XXXII, *Modele empiryczne przestrzennych i czasowych zmian klimatu Europy z wyodrębnieniem Polski (ważniejsze wyniki badań)*, (red.: K. Błażejczyk, M. Stopa-Boryczka, J. Boryczka, J. Wawer, W. Żakowski), Wyd. WGRS UW, ss. 422.
- Boryczka J., Stopa-Boryczka M., 2015, *Atlas współzależności parametrów meteorologicznych i geograficznych w Polsce*, t. XXXIII. *Zmiany wiekowe klimatu Europy z uwzględnieniem prognoz w XXI wieku i ich weryfikacja* (red.: K. Błażejczyk, M. Stopa-Boryczka, J. Boryczka, J. Wawer, W. Żakowski), Wyd. UW, Warszawa, ss. 444.
- Boryczka J. Stopa-Boryczka M., Kossowska-Cezak U., Wawer J, 2015, *Weryfikacja prognoz okresowych zmian temperatury powietrza w Europie w XX-XXI wieku*, *Prz. Geof.* LX 2015, 3-4, 133-161.
- Boryczka J. Stopa-Boryczka M., Kossowska-Cezak U., Wawer J, 2015, *Zależność przebiegu rocznego temperatury powietrza od aktywności Słońca (na przykładzie Warszawy (1951-2010))*, [w:] *Atlas współzależności parametrów meteorologicznych i geograficznych w Polsce*, t. XXXIII, *Zmiany wiekowe klimatu Europy z uwzględnieniem prognoz w XXI wieku i ich weryfikacja*, Wyd. WGRS UW, s. 363-375.

- Boryczka J., Stopa-Boryczka M., 2017, *Atlas współzależności parametrów meteorologicznych i geograficznych w Polsce* t. XXXVI. *Postęp badań zmian klimatu Ziemi w ostatnim tysiącleciu (XI-XXI)*, Wyd. UW, Warszawa, ss. 407.
- Boryczka J., Stopa-Boryczka M., Kossowska-Cezak U., Wawer J., 2017, *The dependency between annual air temperature and solar activity. A case study of Warsaw in 1951-2010.*, *Miscellanea Geographica*, Vol. 21, No 3, pp 132-138, ISSN 2084-61-18, DOI 10 1515, Wyd. WGRS UW .
- Boryczka J., Stopa-Boryczka M., 2018, *Atlas współzależności parametrów meteorologicznych i geograficznych w Polsce* t. XL. *Anomalie klimatu w Europie w ostatnim tysiącleciu (X-XXI)*, Wyd. UW, Warszawa, ss. 510..
- Boryczka J., Stopa-Boryczka M., 2020, *Atlas współzależności parametrów meteorologicznych i geograficznych w Polsce*, t. XLI. *Anomalie temperatury powietrza w Europie w ostatnich stuleciach (XVIII-XXI)* (red. M. Stopa-Boryczka, J. Boryczka, J. Wawer, W. Żakowski), Wyd. UW, Warszawa, ss. 606
- Boryczka J., 2019, *Zmiany klimatu Ziemi* (wydanie trzecie uaktualnione), Wyd. WGRS UW, Warszawa, ss. 346
- Briffa K., Cook E., 1990, *Methods of response function analysis* [w:] Cook E., Kairiukstis L. (red.) *Methods of dendrochronology: applications in the environmental sciences*, IIASA, Kluwer Academic Publishers, Boston.
- Douglass A.E , 1941, Age of Forestdale Ruins Excavated in 1939, *Tree-Ring Bulletin* Vol. 8, No. 2 (Laboratory of Tree-Ring Research, University of Arizona, 1937)
- Douglass A.E , 1944, Tree-Ring Dates from the Forestdale Valley, East-Central Arizona, *Tree-Ring Bulletin* Vol.7, No. 2
- Fritts H.C., 1976, *Tree Rings and Climate*, Academic Press, London.
- Girguś R., Strupczewski W., 1965, *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
- Hays J. D., Imbrie J., Shackleton N. J., 1976, *Variation in the Earth's orbit: Pacemaker of the ice ages*, *Science*, 194, nr 4270.
- Intergovernmental Panel on Climate Change* , IPCC, 1990, *Scientific Assessment of Climate Change – Report of Working Group I*, Cambridge University Press, 365 pp
- IPCC, 1995, *Climate change 1995. The Scientific of Climate Change*, Cambridge University Press, 572 pp
- IPCC, 2001. *Climate change 2001. The Scientific Basis*, Cambridge University Press, 944 pp
- IPCC, 2007, *Climate change 2007. The physical science basis* [w:] Solomon S., Qin D., Manning M., Chen Z., Marquis M., Averyt K. B., Tignor M., *Intergovernmental Panel on Climate Change*, IPCC (2012)
- Miller H. L. (ed.) *Contribution of working group I to the fourth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Cambridge University Press, Cambridge
- 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
- Klein Tang A. M. G., Wijgard J. B. et al., 2002, *Daily data set of 20th century surface air temperature and precipitation series for European Climate Assessment (ECA)*, *Int. J. Climatology*, 22, 1441-1453
- Kondratiev K.J., Nikolski G. A, 1970, *Solar radiation and solar activity*, *Quart. J. Royal. Meteor. Soc.*, no 96
- Kossowska-Cezak U., 1995, *Lato w Polsce na tle sezonów letnich ostatnich 120 lat*, *Materiały konferencji „Klimat i bioklimat miast”*, Wyd. U. Ł.
- Kossowska-Cezak U., 2005, *Współczesne ocieplenie a codzienne wartości temperatury średniej dobowej w Warszawie* [w:] *Ekstremalne zjawiska hydrologiczne i meteorologiczne* (red. E Bogdanowicz, U. Kossowska-Cezak, J. Szkutnicki) PTGeof, IMGW, Warszawa
- Kossowska-Cezak, U., Twardosz R., 2013, *Niezwykłe chłodne sezony letnie w Europie Środkowej i Wschodniej (1951-2010)*. *Prz. Geof.*, t. 58, nr 1-2, s. 25-39.
- Kossowska-Cezak U., Twardosz R., 2017, *Anomalie termiczne w Europie (1951-2010)*. IGiGP UJ, Kraków, ss.183.
- Kossowska-Cezak U., Twardosz R., 2019, *Wielkoobszarowe anomalie termiczne w Europie (1951-2018)*. IGiGP UJ, Kraków, ss.80.



- Kożuchowski K., Boryczka J., 1997, Cykliczne wahania i trendy czasowe zmian poziomu morza w Świnoujściu (1811-1990), *Przegl. Geof.* t. 42, z.1
- Lamb H. H., 1974, *Volcanic dust in the atmosphere with a chronology and assessment of meteorological*, *Phil. Transactions Roy. Soc., ser.A*, 226
- 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
- Manley G., 1974, *Central England temperatures: monthly means 1659 to 1973*, *Quart. J. Roy. Meteor. Soc.*, no 100
- Marks L. 2016, *Zmiany klimatu w holocenie*, *Przegląd Geologiczny*, vol. 64, nr 1.
- Marsz AA. (ed.), 1999, *Wpływ stanu termicznego powierzchni oceanu na modyfikacje cyrkulacji atmosferycznej w wymiarze klimatologicznym* [Impact of the thermal condition of the ocean's surface on the modification of atmospheric condition in the climatological dimension], *conference proceedings*, Gdynia 6 May 1999.
- Milankovich, 1930. *Mathematische Klimalehre und astronomische Theorie der Klimaschwankungen*
- Milanković M., 1938, *Matematiczeskaja klimatologija i astronomiceskaja teorija kolebanij klimata*, ONTU, Moskwa
- Miler A. T., 2013, *Kompleksowa metodyka oceny stosunków wodnych w lasach*. Poznań, ss. 135, <https://www.researchgate.net/.../288835868>
- Miler A. T., Kamiński B., Czerniak A., Grajewski S., Okoński B., Krysztofiak A., Sobalak M., National Climatic Data Center, <http://www.ncdc.noaa.gov/cgi-bin/paleo/webmapper.cgi>
- Niedźwiedz T., 1994, *Charakterystyka synoptyczna klimatu* [w:] *Atlas Rzeczypospolitej Polskiej*, Polska Akademia Nauk, Instytut Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania, Warszawa
- Paszyński J., Niedźwiedz T., 1991, *Klimat*, [w:] Starkel L. (red.), *Geografia Polski. Środowisko przyrodnicze*, PWN Warszawa.
- Petit J.R., Jouzel J., Raynaud D. i in., 1999, *Climate and atmospheric history of the past 420 000 years from the Vostok ice core*, Antarctica, *Nature* 399, p. 429
- Przybylak R., Wójcik G., Marciniak K., Chorążyczewski W., Nowosad W., Oliński P., Syta K. 2004, *Zmienność warunków termiczno-opadowych w Polsce w okresie 1501-1840 w świetle danych historycznych*, *Przegląd Geograficzny*, PAN IGPZ, Warszawa, t. 76, z.1.
- Przysiecka K., 2007, *Opracowanie strategii ochrony obszarów mokradłowych na terenie leśnych kompleksów promocyjnych na przykładzie LKP Lasy Rychalskie*, Poznań, ss. 150, <https://docplayer.pl/14657669-Sprawozdanie-koncowe.html>
- Rakipowa L. R., 1960, *O wozdziejstwie solnicznej aktywnosci na obszaru cirkulacji atmosfery*, *Astronom. zbornik*, III i IV
- Reznikov A. P., 1982, *Priedskazanije jestiestwiennych processow obuczajuszcziesja sistiemoj*, Nowosybirsk
- Rogers J. C., 1984, *A comparison of the mean winter pressure distribution in the extremes of the North Atlantic Oscillation and Southern Oscillation* [w:] H. Van Loon (red.), *Studies in Climate*, NCAR Technical Note, February 1984, Boulder, Colorado, s. 208-241
- Rojecki A., 1956, *O najdawniejszych obserwacjach meteorologicznych na ziemiach Polski*, „Przegląd Geofizyczny”, R. I, z. 3-4
- Rojecki A., 1968, *O obserwacjach meteorologicznych w Warszawie w wieku XVII-XIX*, „Przegląd Geofizyczny”, t. XIII, z. 1
- Stopa-Boryczka M. (ed.), 2003, *Studies on the Climate of Warsaw*, Warsaw University, Faculty of Geography and Regional Studies
- Stopa-Boryczka M., Boryczka J., Bijak Sz., Cebulski R., Błażek E., Skrzypczuk J., 2007, *Atlas współzależności parametrów meteorologicznych i geograficznych w Polsce*, t. XX-XXI, *Cykliczne zmiany klimatu Europy w ostatnim tysiącleciu według danych dendrologicznych*, red. M. Stopa-Boryczka, Wyd. UW, Warszawa, ss. 266.
- Stopa-Boryczka M., Boryczka J., 2009, *Wpływ czynników geograficznych na klimat Europy*, *Prace i Studia Geograficzne*, T. 41, ss. 191-208

- Stopa-Boryczka M., Boryczka J., 2016, *Atlas współzależności parametrów meteorologicznych i geograficznych w Polsce*, t. XXXIV, *Klimat Europy – Przeszłość, teraźniejszość, przyszłość (w kolejnych 33 tomach Atlasu I, 1974 – XXXIII, 2015)* (red.: K. Błażejczyk, M. Stopa-Boryczka, J. Boryczka, J. Wawer, W. Żakowski), Wyd. WGSR UW, ss. 462.
- Stopa-Boryczka M., Boryczka J., 2016, *Atlas współzależności parametrów meteorologicznych geograficznych w Polsce*, t. XXXV. *Badania klimatu Europy w różnych skalach przestrzennych (w publikacjach Zakładu Klimatologii UW, 1951-2016)* (red. M. Stopa-Boryczka, J. Boryczka, J. Wawer, W. Żakowski), Wyd. UW, Warszawa, ss. 415.
- Stopa-Boryczka M., Boryczka J., 2017, *Atlas współzależności parametrów meteorologicznych i geograficznych w Polsce*, t. XXXVII *Postęp badań zmian klimatu Polski i ich znaczenie dla życia i gospodarczej działalności człowieka, 100 lat geografii w Uniwersytecie Warszawskim* (red. M. Stopa-Boryczka, J. Boryczka, J. Wawer, W. Żakowski), Wyd. UW, Warszawa, ss. 407.
- Stopa-Boryczka M., Boryczka J., 2018, *Atlas współzależności parametrów meteorologicznych i geograficznych w Polsce t. XXXVIII-XXXIX. Postęp badań zmian klimatu Warszawy w ostatnich stuleciach (XVIII-XXI)* (red.: M. Stopa-Boryczka, J. Boryczka, J. Wawer, W. Żakowski), Wyd. UW, Warszawa, ss. 428
- Stopa-Boryczka M., Boryczka J., 2020, *Atlas współzależności parametrów meteorologicznych geograficznych w Polsce*, t. XLII. *Anomalie temperatury powietrza w Europie w tysiącleciu 1500-2500* (red. M. Stopa-Boryczka, J. Boryczka, J. Wawer, W. Żakowski), Wyd. UW, Warszawa, ss. 406
- Trepińska J., 1973, *Zmiany w przebiegu temperatury powietrza w Krakowie w XIX i XX wieku*, Przegł. Geofiz., z. 1-2
- Trepińska J., 1988, *Wieloletni przebieg ciśnienia i temperatury powietrza w Krakowie na tle ich zmienności w Europie*, Rozprawy Habilitacyjne UJ, 140, Kraków
- Trepińska J., 2001, *Fluktuacje termiczne w Europie od małej epoki lodowej do końca XX wieku*, Prace i Studia Geograficzne, t. 29, Warszawa, s. 73-77
- Twardosz R., 2009, *Fale niezwyklej upałów w Europie na początku XXI wieku. Extraordinary heat waves in the beginning of the 21 st century in Europe*, Przegł. Geof., r. LIV, z. 3-4, Wyd. Nauk. PWN, Warszawa
- Twardosz R., Kossowska-Cezak U., 2013, *Niezwykłe anomalie termiczne w strefie klimatu podbiegunowego obszaru Atlantycko-Europejskiego*, Problemy Klimatologii Polarnej nr 23, s. 93-105.
- Walanus A. Nalepka D. 2005, *Wiek rzeczywisty granic chronozon wyznaczonych w latach radiowęglowych*. Bot. Guidebooks, 28:313–321.
- Woś A., 2010, *Klimat Polski w drugiej połowie XX wieku*, Wyd. Nauk. UAM, ss. 489, Poznań
- Zieliński R., 1972, *Tablice Statystyczne*, PWN, Warszawa, ss. 392
- Zielski A., Krapiec M., 2004, *Dendrochronologia*, Warszawa.