

## Anomalie temperatury powietrza w Lasach Doświadczalnych SGGW w Rogowie w latach 1924–2015\*

Air temperature anomalies in experimental forests in Rogów in 1924–2015

Longina Chojnacka-Oźga, Wojciech Oźga\*\*

Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, Wydział Leśny, Katedra Hodowli Lasu,  
ul. Nowoursynowska 159, 02-776 Warszawa, Polska

\*\*Tel. +48 22 5938107, e-mail: wojciech\_ozga@sggw.pl

**Abstract.** Meteorological measurements, that aim to monitor weather and climate conditions to aid research in changing forest ecosystems, have been conducted in Warsaw University of Life Sciences' experimental forests in Rogów since 1924. Based on the long-term air temperature measurements, it can be demonstrated that in the years 1924–2015 anomalously cold months have occurred less often (ca. 3,2%) than anomalously warm months (ca. 4,5%). During the last 20 years, only one anomalously cold month was recorded (December 2010), whereas anomalously warm months occurred frequently (May 2002, July 1999, 2002, 2006, 2010, 2012, 2014, August 2002, 2015, September 1999, 2006, October 2000, 2001). We hypothesised that the more frequent anomalously warm months would constitute a trend in increasing air temperature for particular months between 1924–2015, but surprisingly a statistically significant trend was observed for all winter (XII–II) and spring months (III–IV) as well as the end of summer (VIII).

**Keywords:** anomalously warm months, anomalously cold months, air temperature trend

\*Tezy zawarte w niniejszym artykule zostały zaprezentowane na III Ogólnopolskiej Konferencji pt. „Klimatyczne uwarunkowania życia lasu”, zorganizowanej przez SGGW, Wydział Leśny, w CEPL w Rogowie w dniach 1–3 czerwca 2017.

### 1. Wstęp

Wzrost temperatury powietrza jest jednym z podstawowych przejawów współczesnych zmian klimatu. Globalne ocieplenie nasiliło się szczególnie w 2. połowie XX wieku i na początku wieku XXI, wzrost temperatury w latach 1981–2005 był 2,4 razy większy niż w latach 1906–2005 (Kundzewicz 2011). W poszczególnych miesiącach i lokalizacjach zmiany warunków termicznych mogą układać się jednak znacznie poniżej lub powyżej ogólnej tendencji (Kundzewicz 2011). Wzrostowi temperatury towarzyszy zwiększenie częstości zjawisk ekstremalnych. Jednym z przejawów zmian klimatu jest częstsze występowanie okresów z niezwykle wysoką temperaturą powietrza – fale ciepła i spadek częstości okresów z niską temperaturą – fale chłodu (Marosz et al. 2011; Kossowska-Cezak, Twardosz 2017). Podobne prawidłowości zauważono również w przypadku częstości występowania dni upalnych i bardzo

mroźnych (Kundzewicz 2016). Reakcja ekosystemów leśnych na zmiany klimatu zachodzi z opóźnieniem z uwagi na długowieczność drzewostanów (Zajączkowski et al. 2013). Zmiany klimatu mogą doprowadzić do zmniejszenia stabilności lasów, ograniczenia dostępności zasobów środowiska i usług ekosystemowych oraz funkcji produkcyjnych i ochronnych lasów (MŚ 2013). Zmianie będzie ulegać skład gatunkowy drzewostanów, tj. na mniej wilgotnych stanowiskach można spodziewać się ustępowania gatunków o większych wymaganiach wilgotnościowych, np. olchy, jesionu, świerka (Brzeziecki et al. 2012). Niezależnie od przyjętych modeli zmian klimatu w drzewostanach bardziej zróżnicowanych pod względem składu wyjściowego najprawdopodobniej nastąpi początkowy spadek biomasy, a następnie jej przyrost, prowadzący do odbudowy wcześniejszego stanu (Dale et al. 2010). Oprócz zmiany cech produkcyjnych drzewostanów zmieniać się będą również poszczególne funkcje pozaprodukcyjne, których wartość może

Wpłynęło: 17.11.2017 r., recenzowano: 21.12.2017 r., zaakceptowano: 5.02.2018 r.

być większa niż wartość lasu związana z obrotem drewnem (Kędzióra et al. 2014).

W świetle zmian zachodzących w ekosystemach leśnych (Dale et al. 2010; Brzeziecki et al. 2012; Zajączkowski et al. 2013) ważnym zagadnieniem badawczym jest monitorowanie czynników mogących wpływać na obserwowaną dynamikę lasu. Jednym z podstawowych czynników abiotycznych są warunki termiczno-wilgotnościowe siedlisk leśnych. W ramach badań klimatu obszarów w rejonie Łodzi – Lasów Doświadczalnych SGGW w Rogowie – stwierdzono wpływ warunków termicznych i opadowych na przyrost radialny niektórych gatunków drzew leśnych (Chojnacka-Ożga, Ożga 2012; Bijak 2013). Analizując długookresowy przebieg opadów atmosferycznych, nie stwierdzono istotnych statystycznie zmian (Chojnacka-Ożga, Ożga 2015). Brak wyraźnych tendencji w przebiegu opadów przy jednocześnie wyraźnie zaznaczających się dodatnich trendach temperatury powietrza (Kozuchowski, Żmudzka 2003; Żmudzka 2009; Kosowska-Cezak 2010) może prowadzić do poważnych zmian w ekosystemach leśnych.

Celem pracy jest określenie anomalnych średnich miesięcznych wartości temperatury powietrza w Lasach Doświadczalnych SGGW w Rogowie oraz ich zmian w latach 1924–2015. Celem aplikacyjnym jest określenie kierunku zmian temperatury powietrza w badanym wieloleciu i ich wielkości. W pracy sformułowano następujące hipotezy badawcze:

- liczba miesięcy anomalnie ciepłych wzrasta, natomiast anomalnie zimnych – zmniejsza się,
- anomalie termiczne występują w miesiącach o najsilniejszych tendencjach zmian temperatury powietrza.

## 2. Teren i metodyka badań

W 1923 roku utworzono w Lasach Doświadczalnych SGGW w Rogowie stację meteorologiczną (51°40'N, 19°55'E, h=194 m n.p.m.). W roku 1923 wykonywano jedynie pomiary opadów atmosferycznych, natomiast w 1924 roku stopniowo wprowadzano pomiary i obserwacje pozostałych elementów meteorologicznych. Po II wojnie światowej (do 1993 r.) pomiary prowadzono również na leśnej (podokapowej) stacji meteorologicznej. W ciągu całego okresu pomiarowo-obserwacyjnego na stacji obowiązywały trzy klimatologiczne terminy pomiarowe. Materiał badawczy stanowiły średnie miesięczne wartości temperatury powietrza obliczone i zestawione w dziennikach klimatologicznych i miesięcznych wykazach spostrzeżeń meteorologicznych.

Wyznaczono w przebiegu wieloletnim miesiące anomalnie ciepłe lub anomalnie chłodne, przyjmując jako kryterium, zgodnie z klasyfikacją Lorenc (1994), odchylenie od średniej o  $\pm 2SD$  (odchylenia standardowe). Kierunek i istotność tendencji zmian temperatury powietrza obliczono, wyznaczając równania trendu liniowego (istotność trendu określono przy pomocy statystyki F) oraz testu Manna-Kendalla.

## 3. Wyniki badań

Średnia roczna temperatura powietrza z lat 1924–2015 wynosiła 7,5°C i zmieniała się od 5,3°C (1940) do 9,6°C (2015). Charakteryzowała się ona istotnym statystycznie trendem wzrostowym wynoszącym 0,13°C/dekadę.

W miesiącach zimowych (XII–II) dodatnia anomalia termiczna wystąpiła jedynie w grudniu 2015 roku. Anomalie ujemne występowały częściej: w grudniu 1927, 1933, 1969, 2010, w styczniu 1940, 1942, 1963 i 1987 oraz w lutym 1929, 1940, 1947, 1956, 1985 i 1986 (ryc. 1). Na szczególną uwagę zasługuje luty 1929 roku, kiedy to 3-krotnie temperatura minimalna spadła poniżej -30,0°C, a w dniu 9.02.1929 amplituda dobową wyniosła 23,0°C.

Temperatura powietrza w miesiącach zimowych w latach 1924–2015 charakteryzowała się istotnym statystycznie trendem dodatnim (ryc. 1).

W miesiącach wiosennych (III–V), w marcu anomalia wystąpiła jedynie raz (ujemna w 1942 r.), w pozostałych miesiącach anomalie występowały częściej (ujemne w kwietniu 1929 i 1955 oraz w maju 1965 i 1980, natomiast dodatnie w kwietniu 2000, oraz w maju 1931, 1937, 2002).

Temperatura powietrza w marcu i kwietniu w analizowanym wieloleciu charakteryzowała się istotnym statystycznie trendem dodatnim, natomiast w maju nieistotną tendencją wzrostową (ryc. 2).

Latem (VI–VIII) nie wystąpiły anomalie ujemne, natomiast anomalie dodatnie stwierdzono 4-krotnie w czerwcu (1940, 1954, 1964, 1979), 9 razy w lipcu (1932, 1959, 1994, 1999, 2006, 2002, 2010, 2012, 2014) i 7 razy w sierpniu (1938, 1939, 1942, 1951, 1992, 2002, 2015).

W miesiącach letnich badanego wielolecia jedynie w sierpniu można stwierdzić istotny statystycznie trend dodatni temperatury powietrza (ryc. 3).

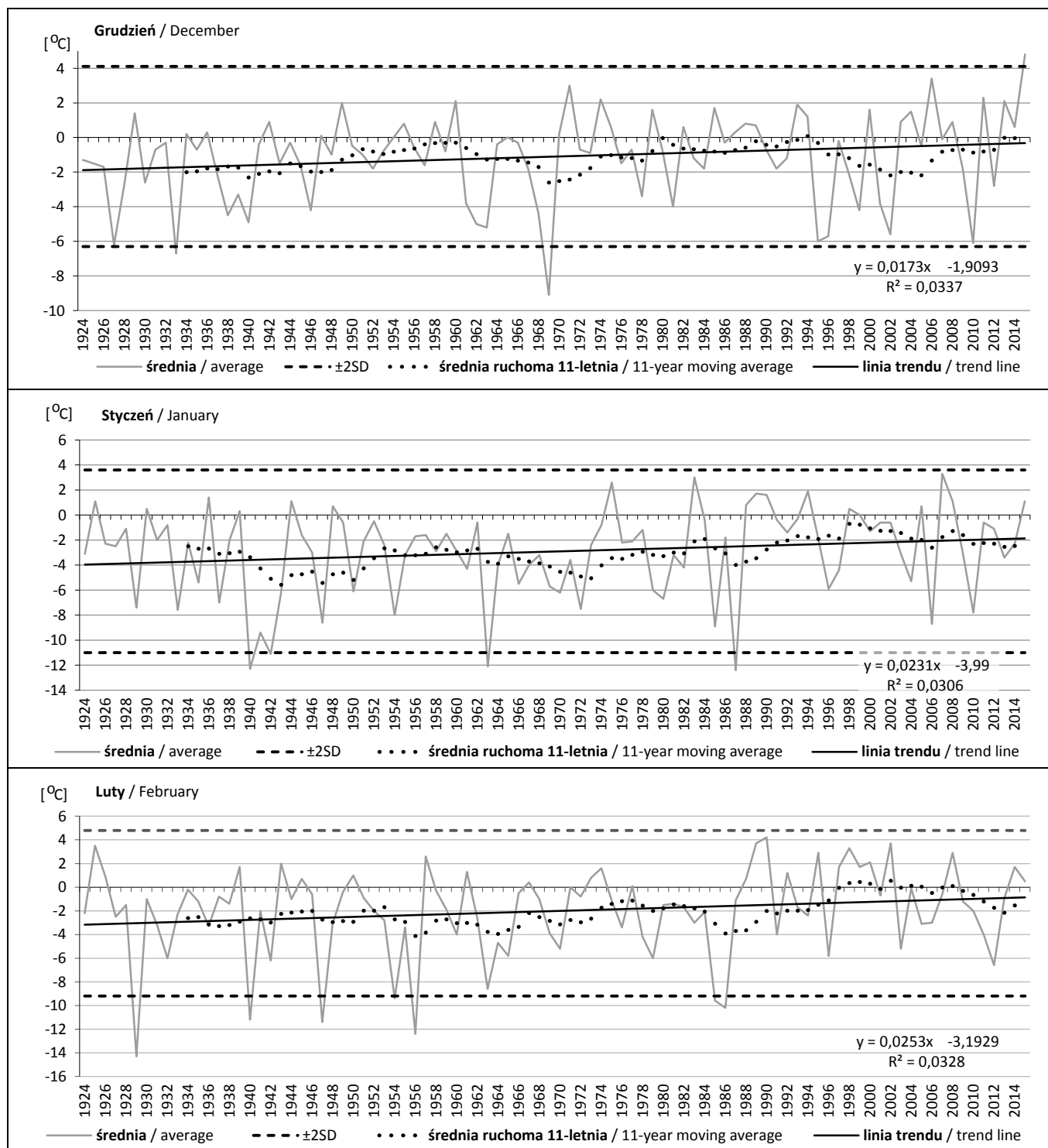
Jesienią (IX–XI) w kolejnych miesiącach anomalie dodatnie występowały coraz rzadziej, a ujemne częściej (ryc. 4). We wrześniu wystąpiły tylko anomalie dodatnie (1931, 1942, 1947, 1967, 1999, 2006), w październiku dodatnie (1967, 2000, 2001) i ujemne (1936, 1946), a w listopadzie anomalii dodatnich (1926, 1946) było mniej niż ujemnych (1941, 1956, 1965, 1993, 1998).

W latach 1924–2015 temperatura powietrza w miesiącach jesiennych cechowała się nieistotnymi statystycznie tendencjami: spadkową we wrześniu, natomiast wzrostowymi w październiku i listopadzie (ryc. 4).

W poszczególnych dekadach analizowanego okresu liczba miesięcy o anomalnie niskiej lub wysokiej średniej temperaturze ulegała zmianom (tab. 1).

Najmniej miesięcy anomalnych wystąpiło w latach 1966–1985. Liczba miesięcy o anomalnie niskiej temperaturze powietrza w analizowanym wieloleciu zmniejszała się. Na przełomie XX i XXI wieku zaznaczyło się znacznie częstsze występowanie miesięcy anomalnie ciepłych (tab. 1).

Miesiące anomalnie chłodne występowały głównie zimą, natomiast anomalnie ciepłe – latem. Anomalne wartości średniej miesięcznej temperatury powietrza częściej występowały jesienią niż wiosną (tab. 2).



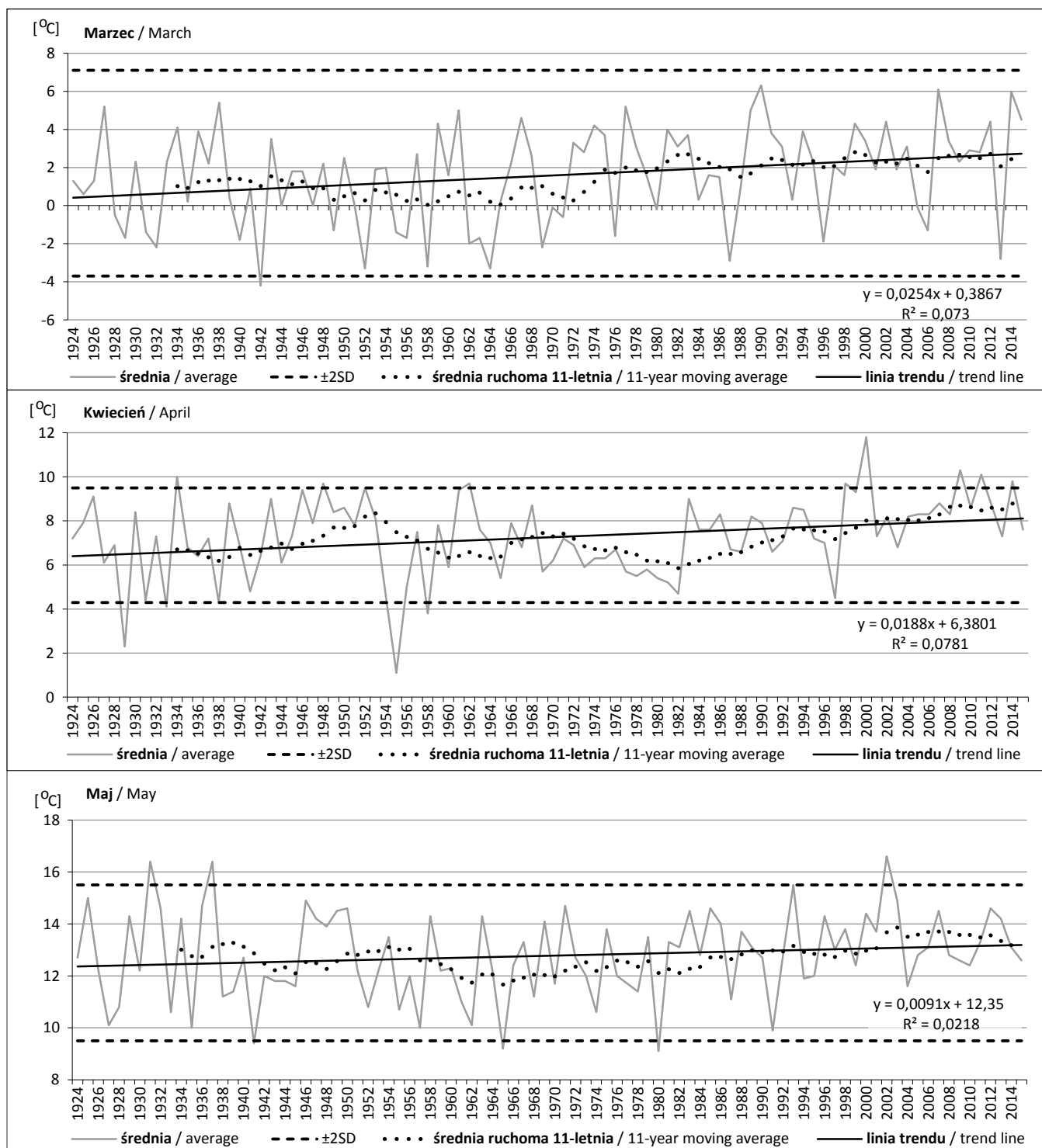
Rycina 1. Średnia temperatura powietrza w Lasach Doświadczalnych w Rogowie w miesiącach zimowych w latach 1924–2015

Figure 1. Mean air temperature in Warsaw University of Life Sciences Experimental Forests in Rogów in winter months in 1924–2015

#### 4. Dyskusja

Trend wzrostowy średniej rocznej temperatury powietrza w Rogowie ( $0,13^{\circ}\text{C}/\text{dekadę}$ ) jest nieco wyższy niż obliczony przez Ilnickiego i in. (2015) trend dla Łodzi. Natomiast trendy średnich miesięcznych wartości temperatury powietrza

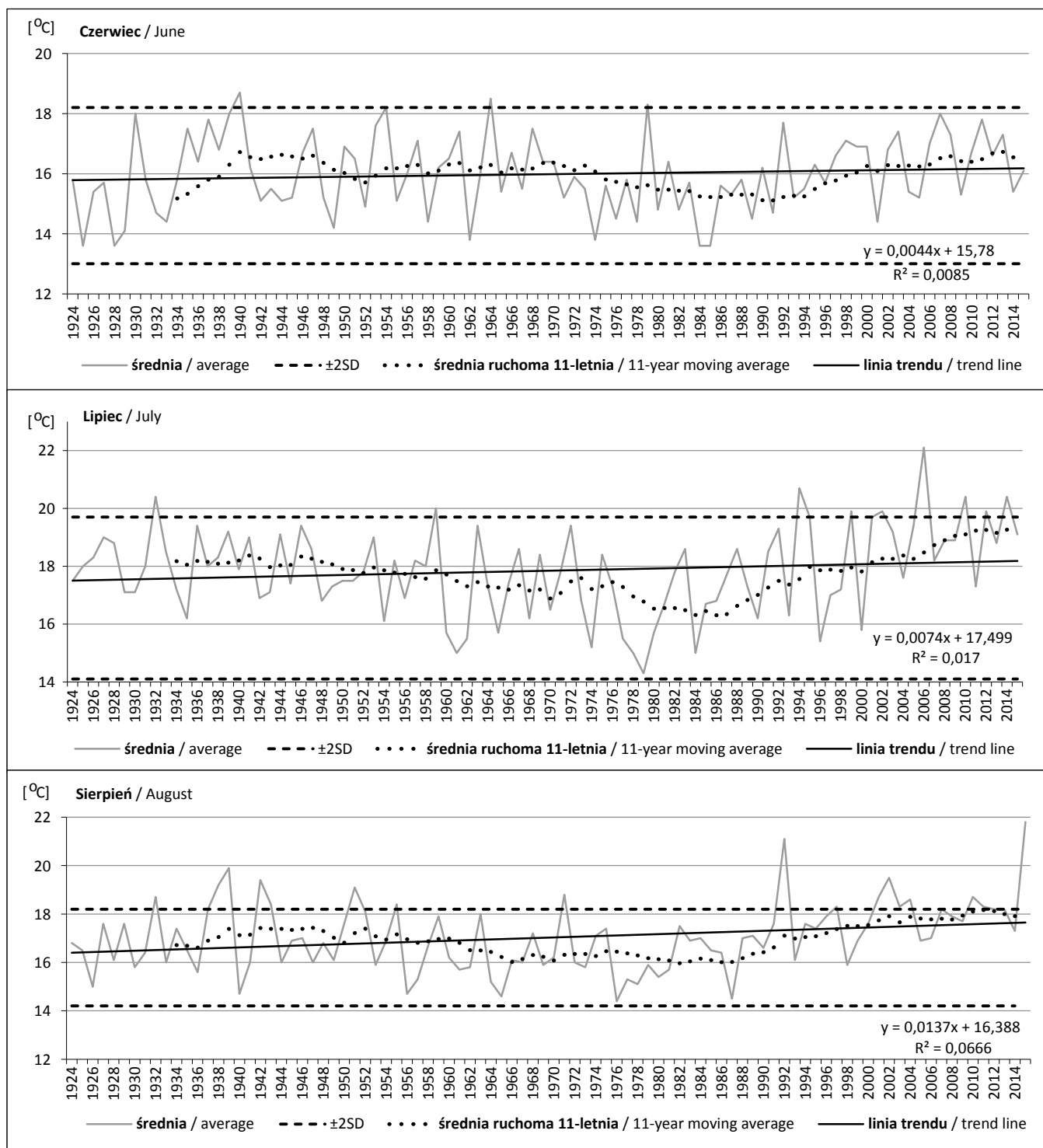
w Rogowie (stacja położona w terenie niezurbanizowanym) są na ogół mniejsze niż analogiczne wartości obliczone dla krótszego okresu pomiarowego w Warszawie (Majewski et al. 2012). Potwierdzono prawidłowości wskazywane przez Marosza i in. (2011) dotyczące stosunkowo słabych tendencji zmian temperatury powietrza w miesiącach jesiennych. Istot-



**Rycina 2. Średnia temperatury powietrza w Lasach Doświadczalnych w Rogowie w miesiącach wiosennych w latach 1924–2015**  
 Figure 2. Mean air temperature in Warsaw University of Life Sciences Experimental Forests in Rogów in spring months in 1924–2015

ne statystycznie trendy uzyskane z lat 1904–2006 w kwietniu, maju, czerwcu, sierpniu, październiku i listopadzie w Łodzi (Podstawczyńska 2010) potwierdziły się w Rogowie jedynie w przypadku kwietnia i sierpnia. W pozostałych miesiącach była to jedynie tendencja o podobnym kierunku jak w Łodzi.

Na podstawie jednakowego okresu badawczego można stwierdzić, że miesiące charakteryzujące się anomalnymi wartościami temperatury powietrza występowały również na innych stacjach meteorologicznych w Polsce (Uscka-Kowalkowska, Kejna 2009; Filipiuk 2011; Lorenc 2016). Jednak

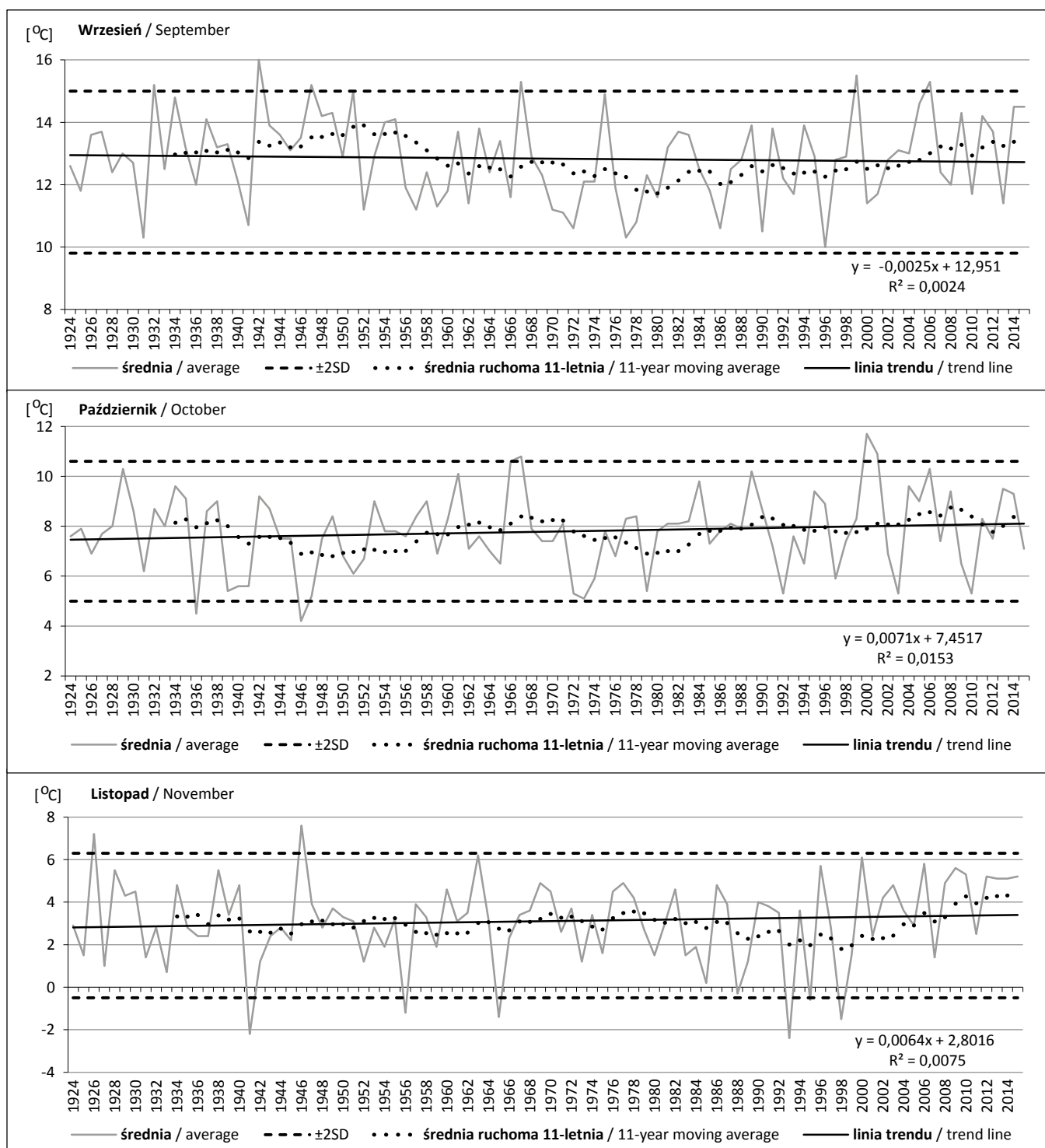


**Rycina 3. Średnia temperatura powietrza w Lasach Doświadczalnych w Rogowie w miesiącach letnich w latach 1924–2015**

Figure 3. Mean air temperature in Warsaw University of Life Sciences Experimental Forests in Rogów in summer months in 1924–2015

w Rogowie nie stwierdzono anomalnie wysokich wartości temperatury powietrza w kwietniu 2009 r. oraz 2011 r., które wystąpiły w Warszawie. Anomalnie ciepły lipiec 2010 r. odnotowano w Rogowie i Warszawie, natomiast nie odnotowano w Lublinie. Podobnie, anomalnie ciepłego sierpnia 2002 r.

nie stwierdzono w Lublinie, wystąpił natomiast w Rogowie, Warszawie i Koniczynie k. Torunia. Rozbieżności te mogą znaleźć potwierdzenie w rozkładzie przestrzennym anomalii termicznych prezentowanym przez Kossowską-Cezak i Twardosza (2017).



Rycina 4. Średnia temperatura powietrza w Lasach Doświadczalnych w Rogowie w miesiącach jesiennych w latach 1924–2015

Figure 4. Mean air temperature in Warsaw University of Life Sciences Experimental Forests in Rogów in autumn months in 1924–2015

Wykazany w ostatnich latach wzrost anomalnie ciepłych miesięcy w okresie wegetacyjnym wpływa na zmianę reżimu wodnego siedlisk leśnych i tym samym na stopniowe zmiany strukturalne drzewostanów (Zajączkowski et al. 2013). Jednocześnie występowanie miesięcy o anomalnych wartościach temperatury powietrza jest w wielu przypad-

kach zbieżne z okresami decydującymi o przyrostach rocznych poszczególnych gatunków drzew (Chojnacka-Ożga, Ożga 2012; Bijak 2013). Tym samym częstość występowania miesięcy z anomalnymi średnimi wartościami temperatury powietrza może, jako jeden z przejawów zmian klimatu, wpływać na funkcjonowanie ekosystemów leśnych.

**Tabela 1. Liczba (n) i odsetek (%) miesięcy z anomalnie niską (AC) i anomalnie wysoką (AW) średnią temperaturą powietrza w Rogowie w latach 1926–2015**

Table 1. Number (n) and percentage (%) of months with anomalously low (AC) and anomalously high (AW) average air temperature in Rogów in 1926–2015

		1926-35	1936-45	1946-55	1956-65	1966-75	1976-85	1986-95	1996-05	2006-15
AC	n	4	6	3	5	1	2	3	1	1
	%	3,3	5,0	2,5	4,2	0,8	1,7	2,5	0,8	0,8
AW	N	4	5	4	2	2	1	2	8	7
	%	3,3	4,2	3,3	1,7	1,7	0,8	1,7	6,7	5,8

**Tabela 2. Liczba miesięcy anomalnie zimnych (AC) i anomalnie ciepłych (AW) w Rogowie w latach 1924–2015**

Table 2. Number of months anomaly cold (AC) and anomaly warm (AW) in Rogów in 1924–2015

Pora roku Season	Zima / Winter			Wiosna / Spring			Lato / Summer			Jesień / Autumn		
Miesiąc Months	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI
AC	4	4	6	1	2	2	0	0	0	0	2	5
	14 (53,8%)			5 (19,2%)			0			7 (26,9%)		
AW	1	0	0	0	1	3	4	9	7	6	3	2
	1 (2,8%)			4 (11,1%)			20 (55,5%)			11 (30,6%)		

## 5. Wnioski

Miesiące anomalnie chłodne w Lasach Doświadczalnych w Rogowie wystąpiły w latach 1924–2015 rzadziej (ok. 3,2%) niż anomalnie ciepłe (ok. 4,5%).

W latach 1924–1955 liczba miesięcy anomalnie ciepłych i chłodnych była podobna i stopniowo malała. Od lat 90. XX wieku liczba miesięcy anomalnie ciepłych znacznie wzrosła.

Miesiące anomalnie chłodne w ostatnim 20-leciu występowały rzadko (jedynie grudzień 2010), natomiast anomalnie ciepłe zdarzały się w tym okresie znacznie częściej (maj 2002; lipiec 1999, 2002, 2006, 2010, 2012, 2014; sierpień 2002, 2015; wrzesień 1999, 2006; październik 2000, 2001; grudzień 2015).

W poszczególnych miesiącach okresu 1924–2015 (z wyjątkiem września) stwierdzono temperaturę powietrza o rosnącym trendzie lub rosnącej tendencji. Istotny statystycznie trend temperatury powietrza wystąpił w miesiącach zimowych (XII–II), wiosennych (III–IV) oraz w końcu lata (VIII).

Na podstawie przeprowadzonych analiz nie można potwierdzić częstszego występowania anomalii termicznych w miesiącach o najsilniejszych trendach zmian temperatury powietrza.

## Konflikt interesów

Autorzy deklarują brak potencjalnych konfliktów.

## Źródło finansowania badań

Badania własne Wydziału Leśnego SGGW w Warszawie.

## Literatura

- Bijak S. 2013. Sygnał klimatyczny w przyroście radialnym wybranych iglastych gatunków drzew w Leśnym Zakładzie Doświadczalnym Rogów. *Leśne Prace Badawcze* 74(2): 101–110. DOI 10.2478/frp-2013-0010.
- Brzeziecki B., Keczyński A., Zajączkowski J., Drozdowski S., Gawron L., Buraczyk W., Bielak K., Szeligowski H., Dzwonkowski M. 2012. Zagrożone gatunki drzew Białowieskiego Parku Narodowego (Rezerwat Ścisły). *Sylwan* 156(4): 252–261.
- Chojnacka-Ożga L., Ożga W. 2012. Wpływ warunków termiczno-pluwialnych na przyrost radialny buka zwyczajnego (*Fagus sylvatica* L.) rosnącego na terenie LZD w Rogowie. *Studia i Materiały Centrum Edukacji Przyrodniczo-Leśnej w Rogowie* 1(30): 136–144.
- Chojnacka-Ożga L., Ożga W. 2015. Zmiany opadów atmosferycznych w Lasach Doświadczalnych SGGW w Rogowie w latach 1923–2014, w: *Klimat a społeczeństwo* (red. H. Lorenc, Z. Ustrnul). Monografie IMGW-PIB: 71–82. ISBN 978-83-64979-12-5.
- Dale V.H., Sharp M.L., Lannom K.O., Hodges D. 2010. Modeling transient response of forests to climate change. *Science of the Total Environment* 408: 1888–1901. DOI 10.1016/j.scitotenv.2009.11.050.
- Filipiuk E. 2011. Klasyfikacja termiczna miesięcy, sezonów i lat w Lublinie w latach 1951–2010. *Prace i Studia Geograficzne* 47: 129–138.

- Ilnicki P., Farat R., Górecki K., Lewandowski P. 2015. Long-term air temperature and precipitation variability in the Warta River catchment area. *Journal of Water and Land Development* 27: 3–13. DOI 10.1515/jwld-2015-0019.
- Kędziora A., Kępińska-Kasprzak M., Kowalczak P., Kundzewicz Z., Miler A., Pierzgałski E., Tokarczyk T. 2014. Zagrożenia związane z niedoborem wody. *Nauka* 1: 149–172.
- Kossowska-Cezak U. 2010. Zmiany warunków termicznych i opadowych w Warszawie określone na podstawie powojennej serii obserwacyjnej z Okęcia (1947–2009), w: Atlas współzależności parametrów meteorologicznych i geograficznych w Polsce 25, Wydawnictwo Uniwersytetu Warszawskiego, 363–386. ISBN 978-83-89502-29-2.
- Kossowska-Cezak U., Twardosz R. 2017. Anomalie termiczne w Europie (1951–2010). Wyd. IGI GP UJ Kraków. ISBN 978-83-64089-34-3.
- Kożuchowski K., Żmudzka E. 2003. 100-year series of areally averaged temperatures and precipitation totals in Poland. *Acta Univ. Wratislaviensis* 2542, *Studia Geograficzne* 75: 116–122.
- Kundzewicz Z. 2011. Zmiany klimatu, ich przyczyny i skutki – obserwacje i projekcje. *Landform Analysis* 15: 39–49.
- Kundzewicz Z. 2016. Ekstremalne stany pogody, a zmiany klimatyczne – stan i perspektywy; Ocena zagrożeń abiotycznych i możliwości ich ograniczenia w związku ze zmianami klimatycznymi; stan i perspektywy (szkody klimatyczne): huragany, śniegołomy, powódzie, susze, niskie i wysokie temperatury. [http://www.npl.ibles.pl/sites/default/files/referat/ekstremalne-stany-pogody-a-zmiany-klimatyczne\\_0.pdf](http://www.npl.ibles.pl/sites/default/files/referat/ekstremalne-stany-pogody-a-zmiany-klimatyczne_0.pdf) [30.12.2017].
- Lorenc H. 1994. Ocena zmienności temperatury powietrza i opadów atmosferycznych w okresie 1901–1993 na podstawie obserwacji z wybranych stacji meteorologicznych w Polsce. *Wiadomości IMGW* 38: 43–59.
- Lorenc H. 2016. Wpływ ekstremalnych zjawisk meteorologicznych na stan lasów w Polsce, w: Gil W. (red.) Zagrożenia lasu oraz jego funkcji — przyczyny, konsekwencje i szanse dla gospodarki leśnej. VIII Sesja Zimowej Szkoły Leśnej. Instytut Badawczy Leśnictwa, Sękocin Stary, 45–68.
- Majewski G., Odorowska M., Rozbicka K. 2012. Analiza warunków termicznych na stacji Ursynów SGGW w Warszawie w latach 1970–2009. *Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie* 2(38): 171–184.
- Marosz M., Wójcik R., Biernacik D., Jakusik E., Pilarski M., Owczarek M., Miętus M. 2011. Zmienność klimatu Polski od połowy XX wieku. Rezultaty projektu Klimat. *Prace i Studia Geograficzne* 47: 51–66.
- MŚ. 2013. Strategiczny plan adaptacji dla sektorów i obszarów wrażliwych na zmiany klimatu do roku 2020. Ministerstwo Środowiska, Warszawa.
- Podstawczyńska A. 2010. Temperatura powietrza i opady atmosferyczne w regionie łódzkim w ostatnim stuleciu, w: Torfowisko Żabieniec: warunki naturalne, rozwój i zapis zmian paleoekologicznych w jego osadach (red. J. Twardy, S. Żurek, J. Forysiak). Bogucki Wydawnictwo Naukowe, Poznań, 63–73. ISBN 9788362662456.
- Uscka-Kowalkowska J., Kejna M. 2009. Zmienność warunków termiczno-opadowych w Koniczynie (Pojezierze Chełmińskie) w latach 1994–2007. *Acta Agrophysica* 14(1): 203–209.
- Zajączkowski J., Brzeziecki B., Perzanowski K., Kozak I. 2013. Wpływ potencjalnych zmian klimatycznych na zdolność konkurencyjną głównych gatunków drzew w Polsce. *Sylwan* 157(4): 253–261.
- Żmudzka E. 2009. Współczesne zmiany klimatu Polski. *Acta Agrophysica* 13(2): 555–568.

## Wkład autorów

L.Ch-O – koncepcja, przegląd literatury, pisanie i korekta;  
W.O. – opracowanie danych źródłowych i metodyka, pisanie i korekta