

Andrzej Doroszewski

*Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa – Państwowy Instytut Badawczy
w Puławach*

WARUNKI TERMICZNE I OPADOWE W PUŁAWACH W LATACH Z EKSTREMALNYMI SUSZAMI ROLNICZYMI W OKRESIE 2006–2022*

Słowa kluczowe: opad atmosferyczny, temperatura powietrza, ekstremalne susze

Wstęp

Do głównych elementów meteorologicznych decydujących o suszy należą zarówno temperatura powietrza, jak i opad atmosferyczny. Temperatura powietrza jest jednym z głównych czynników kształtujących wielkość suszy, w tym też istotną rolę odgrywa występowanie jej wartości ekstremalnych.

Rośliny charakteryzują się dużą wrażliwością na niedobory opadów atmosferycznych, zwłaszcza w okresach krytycznych, występujących zazwyczaj w czasie intensywnego wzrostu ich masy. Niedobory te powstają w okresie, w którym zapotrzebowanie na wodę dla roślin nie jest w pełni pokrywane przez opady atmosferyczne oraz przez zasoby wody łatwo dostępnej w glebie. Ekstremalny deficyt wody (niski opad lub jego brak) powoduje całkowitą utratę plonu, notowany jest zwłaszcza w warunkach wystąpienia wysokiej temperatury powietrza.

Suszę rolniczą w okresie 2006–2022 notowano w latach: 2010, 2011, 2013, 2015, 2017, 2018, 2019, 2020, 2021 oraz 2022 (8). W każdym z tych lat susza w Polsce wystąpiła przynajmniej w 10 uprawach. Największą liczbę gmin z suszą, największy obszar gruntów ornych z jej wystąpieniem oraz najniższe wartości klimatycznego bilansu wodnego, a więc ekstremalne charakterystyki jej występowania odnotowano w latach: 2006, 2015, 2018 oraz 2019 (9).

*Opracowanie wykonano w ramach zadania 2.2. pt. „Kształtowanie retencji gleb jako elementu przeciwdziałania suszy rolniczej i racjonalnej gospodarki wodnej z dotacji budżetowej przeznaczonej na realizację zadań MRiRW w 2023 r.

Celem pracy jest analiza warunków termicznych i opadowych występujących zwłaszcza w latach, w których notowano ekstremalne susze rolnicze w okresie 2006–2022.

Metody wyznaczania suszy

Suszę meteorologiczną wyznaczano za pomocą klimatycznego bilansu wodnego (KBW), to jest różnicy pomiędzy opadem atmosferycznym a ewapotranspiracją potencjalną (ETP):

$$\text{KBW} = P - \text{ETP}$$

gdzie:

P – opad atmosferyczny (mm);

ETP – ewapotranspiracja (mm).

Wartość ETP jest obliczana na podstawie wzoru Doroszewskiego i in. (6):

$$\text{ETP} = 161 + 19,57 d - 152,7 \ln d + 0,0004034 h^2 + 0,00186 (t + 5)^3 + 0,004192 (100 - f)^2 + 0,0003681 v (100 - f)^{2,5}$$

gdzie:

d – długość dnia (h);

h – uśłonecznienie (h);

t – średnia temperatura powietrza ($^{\circ}\text{C}$);

f – wilgotność względna, godz. 13.00 (%);

v – średnia prędkość wiatru ($\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$).

Dane meteorologiczne użyte do obliczeń rozpatrywanych charakterystyk pochodzą ze stacji meteorologicznej Instytutu Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa – Państwowego Instytutu Badawczego w Puławach dla okresu 1871–2022.

Omówienie wyników

Wystąpienie ekstremalnej temperatury powietrza bardzo często jest powodem wystąpienia ekstremalnej suszy, o czym świadczą m.in. dane zawarte w tabeli 1. Absolutne maksymalne miesięczne temperatury powietrza w Puławach dla okresu 1871–2022 notowano w 2006, 2015 oraz 2019 r., a dla kwietnia i maja maksymalne miesięczne wartości wystąpiły w 2018 r. Należy zaznaczyć, że notowano także występowanie rekordowych wartości rocznej temperatury powietrza, które wystąpiły w 2015, 2018 oraz 2019 r. W latach z absolutnymi ekstremalnymi wartościami miesięczna temperatura powietrza była wyższa od wartości średnich wieloletnich od 3,9 do 5,8 $^{\circ}\text{C}$. Najcieplejsze miesiące kwietnia i maja również były wyższe od

wartości średnich wieloletnich odpowiednio o 5,9 i 4,2°C. Natomiast ekstremalne susze w Polsce odnotowano w 2006, 2015, 2018 oraz 2019 r. (9). W tych latach w Puławach rejestrowano też występowanie ekstremalnych niskich wartości KBW, które wynosiły od –200 do –265 mm. Przedstawiona zgodność występowania ekstremalnych wartości temperatury oraz ekstremalnych lat z suszą jest pełna (tab. 1).

Tabela 1

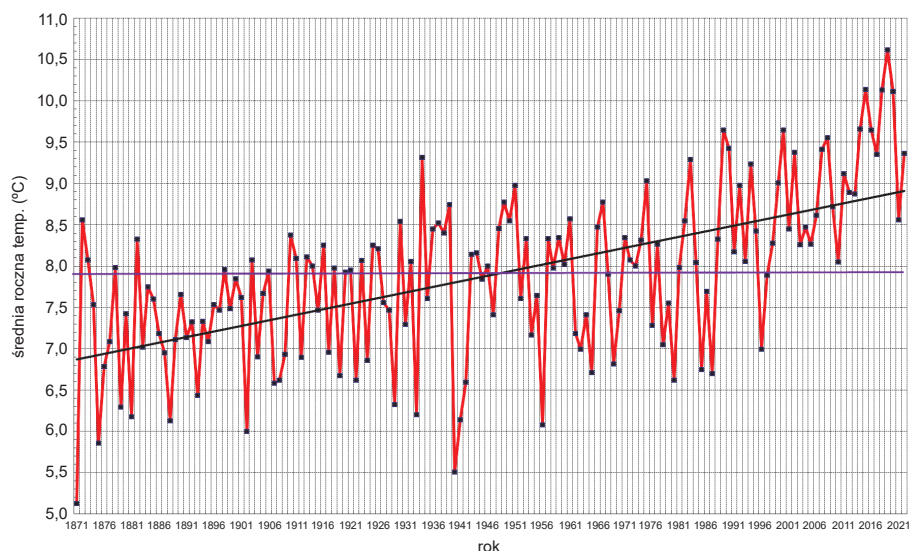
Ekstremalne wartości temperatury powietrza w Puławach w okresie 1871–2022
oraz wartości KBW w latach występowania ekstremów klimatycznych

Ekstremalne temperatury	Miesiąc	Rok	Średnia temperatura miesiąca, roku (°C)	Odchylenie temperatury od średniej wieloletniej (°C)	Okres sześciodekadowy KBW	KBW (mm)
Absolutne miesięczne rekordy	lipiec	2006	22,5	+3,9	1 VI–31 VII	–265
	sierpień	2015	22,6	+5,0	1 VII–31 VIII	–250
	czerwiec	2019	22,7	+5,8	1 VI–31 VII	–220
Rekordowe miesiące	kwiecień	2018	13,9	+5,9	21 IV–20 VI	–200
	maj	2018	17,8	+4,2		
Rekordowe lata		2015	10,1	+2,3		–265
		2018	10,1	+2,3		–250
		2019	10,6	+2,8		–220

Źródło: opracowanie własne

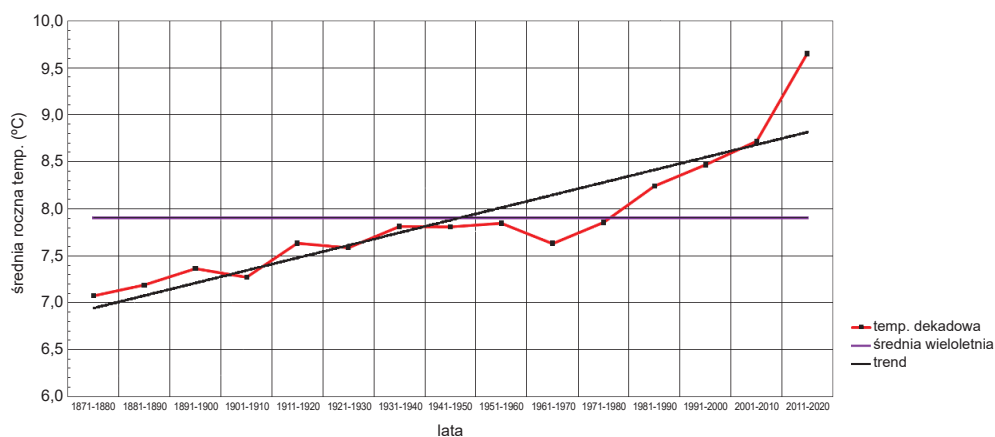
Przykładem zachodzących zmian klimatycznych są poniżej zamieszczone wykresy rocznej oraz sezonowej temperatury powietrza dla okresu 152 lat dla Puław, które wskazują na znaczne ocieplenie, zwłaszcza występujące w ostatnich latach (rys. 1–10).

Roczny trend temperatury powietrza w Puławach wynosi 1,35°C na 100 lat. W ciągu ostatnich 25 lat (od 1997 r.) roczna temperatura każdego roku jest wyższa od wartości średniej wieloletniej. Tylko w tym okresie notowano roczną temperaturę wyższą od 9,5°C (rys. 1). Szczególny wzrost temperatury powietrza widoczny jest od okresu 1981–1990 do lat 2011–2020 (rys. 2).



Rys. 1. Średnia roczna temperatura powietrza w Puławach w latach 1871–2022

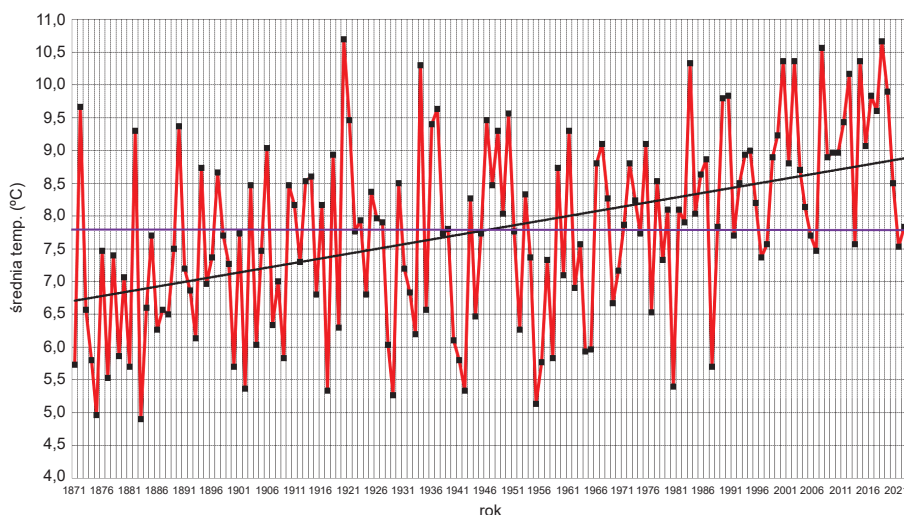
Źródło: opracowanie własne



Rys. 2. Średnia roczna temperatura powietrza w Puławach w okresach dziesięcioletnich w latach 1871–2022

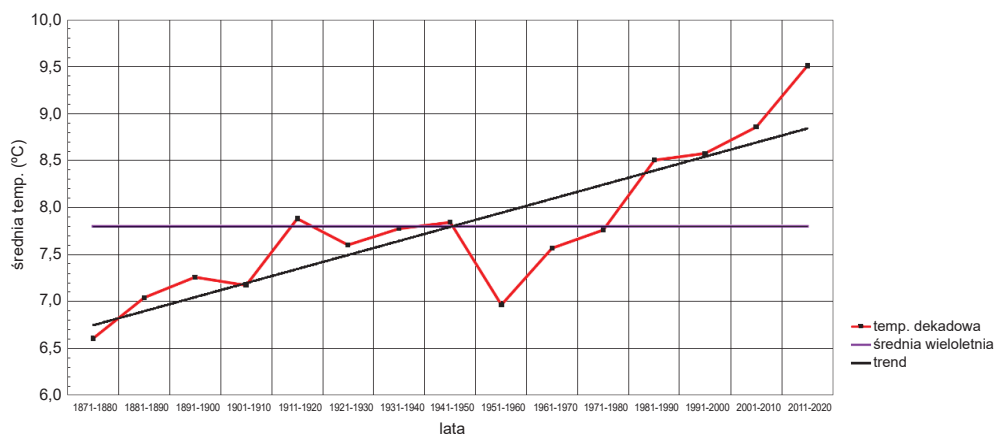
Źródło: opracowanie własne

Wiosną trend temperatury powietrza w Puławach wynosi $1,44^{\circ}\text{C}$ na 100 lat. Tylko w ostatnich 25 latach (1997–2022) w każdym roku notowano temperaturę wiosny wynoszącą $7,5^{\circ}\text{C}$ lub wyższą (rys. 3). Szczególny wzrost temperatury powietrza wiosną widoczny jest w ostatnich czterdziestu latach 1981–2020 (rys. 4).



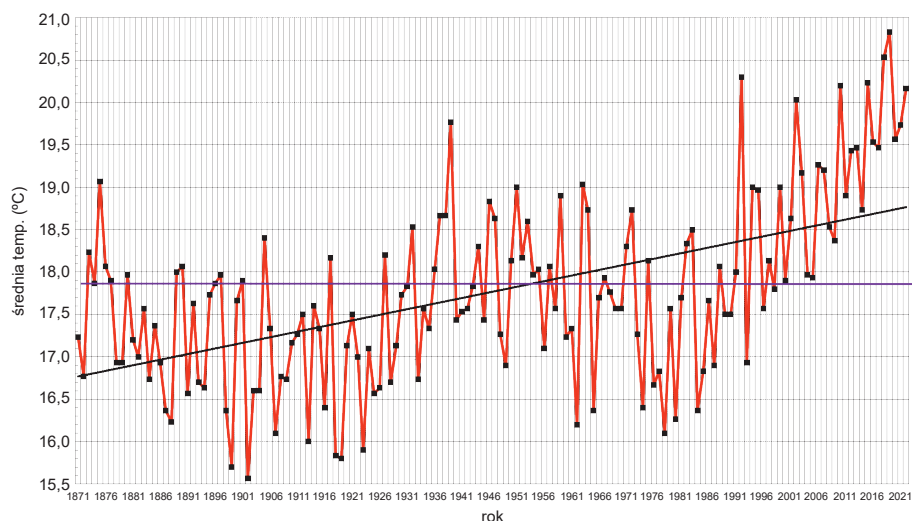
Rys. 3. Średnia temperatura powietrza wiosny (marzec–maj) w Puławach w latach 1871–2022

Źródło: opracowanie własne



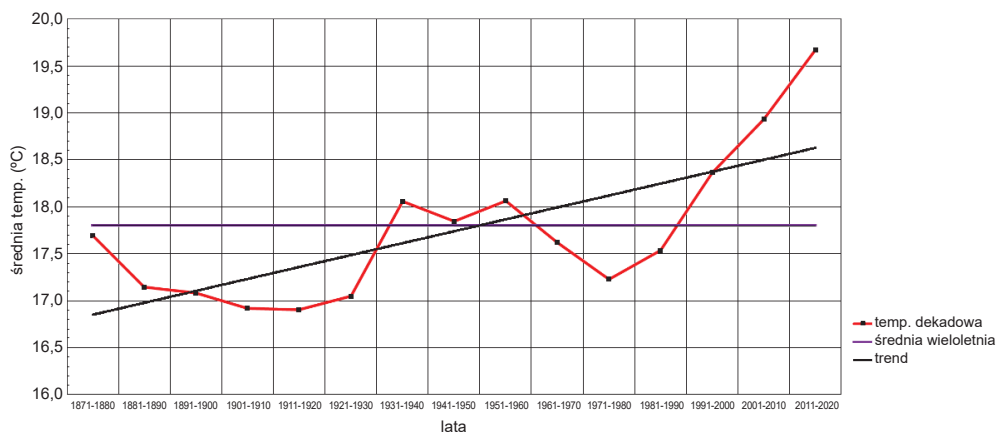
Rys. 4. Średnia temperatura powietrza wiosny (marzec–maj) w Puławach w okresach dziesięcioletnich w latach 1871–2022

Trend temperatury powietrza dla lata w Puławach wynosi $1,32^{\circ}\text{C}$ na 100 lat. W każdym roku obecnego wieku temperatura ta była wyższa od średniej wieloletniej ($7,8^{\circ}\text{C}$) (rys. 5). Wzrost temperatury powietrza jest szczególnie widoczny od okresu 1981–1990 do lat 2011–2020 (rys. 6).



Rys. 5. Średnia temperatura powietrza lata (czerwiec–sierpień) w Puławach w latach 1871–2022

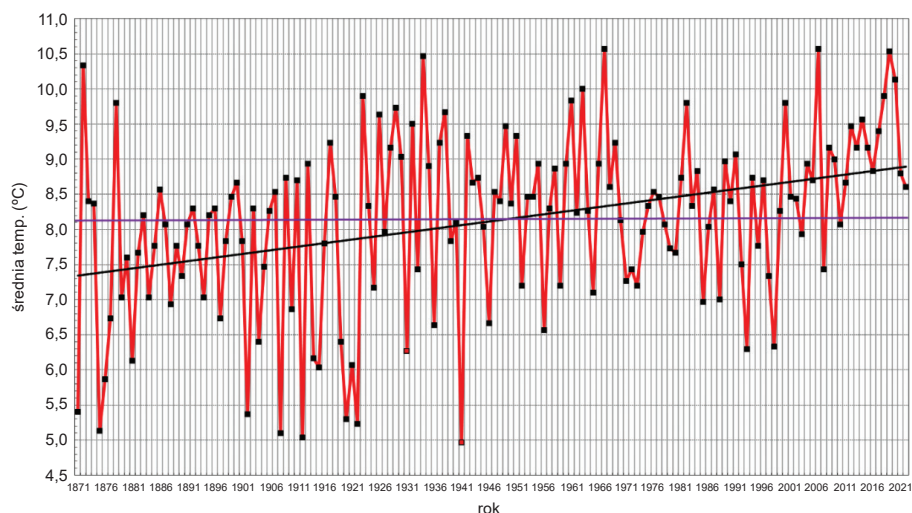
Źródło: opracowanie własne



Rys. 6. Średnia temperatura powietrza lata (czerwiec–sierpień) w Puławach w okresach dziesięcioletnich w latach 1871–2022

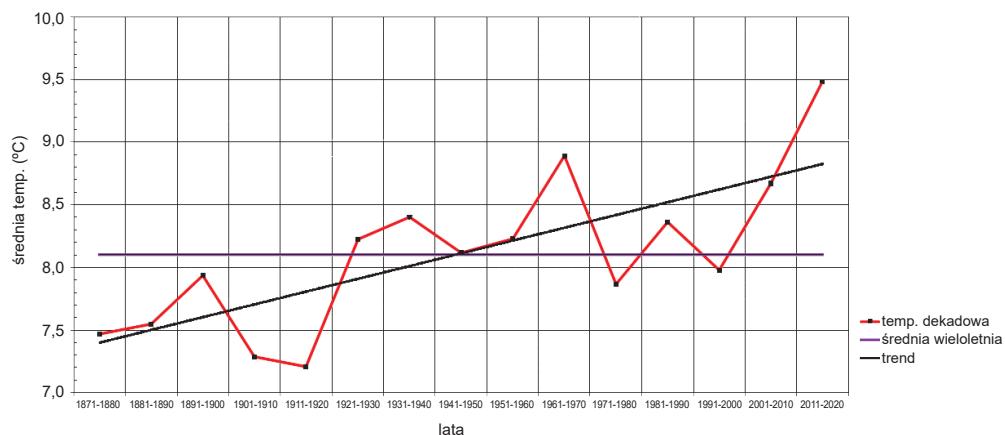
Źródło: opracowanie własne

Trend temperatury jesieni w Puławach wynosi $1,03^{\circ}\text{C}$ na 100 lat. Szczególnie ciepłą jesień notowano w ostatnich 12 latach (2011–2022), średnia dla tego okresu wynosiła $9,3^{\circ}\text{C}$ (rys. 7). Wzrost temperatury powietrza w okresie jesiennym widoczny jest zwłaszcza po 2000 r. (rys. 8).



Rys. 7. Średnia temperatura powietrza jesieni (wrzesień–listopad) w Puławach w latach 1871–2022

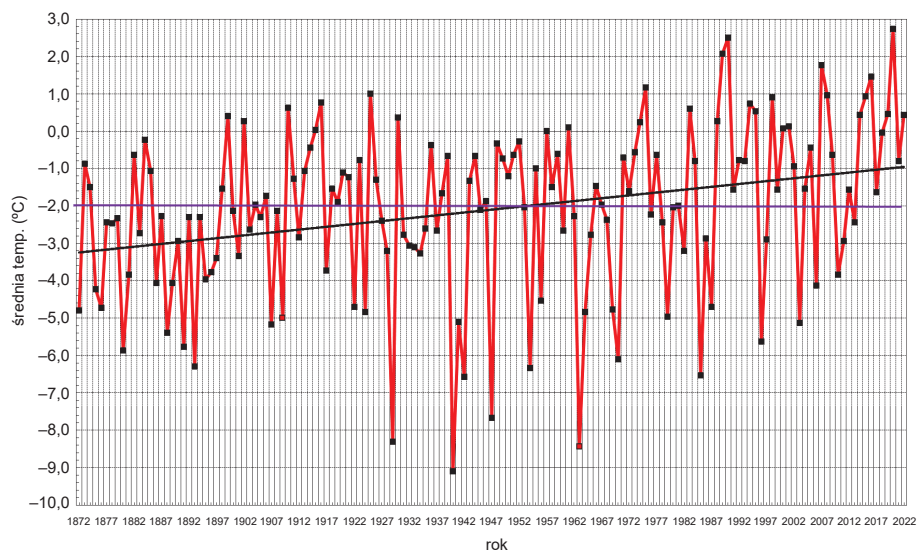
Źródło: opracowanie własne



Rys. 8. Średnia temperatura powietrza jesieni (wrzesień–listopad) w Puławach o okresach dziesięcioletnich w latach 1871–2022

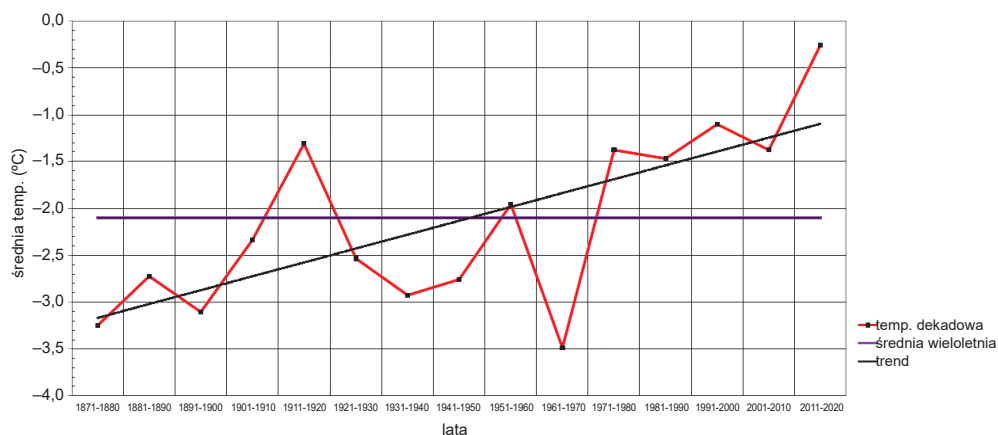
Źródło: opracowanie własne

Trend temperatury powietrza w zimie w Puławach wynosi $1,53^{\circ}\text{C}$ na 100 lat. W ostatnich 9 latach (2014–2022) temperatura powietrza każdej zimy była wyższa od średniej wieloletniej ($-2,1^{\circ}\text{C}$) (rys. 9). Szczególny wzrost temperatury powietrza w zimie widoczny jest po 2000 r. (rys. 10).



Rys. 9. Średnia temperatura powietrza zimy (grudzień–luty) w Puławach w latach 1871–2022

Źródło: opracowanie własne



Rys. 10. Średnia temperatura powietrza zimy (grudzień–luty) w Puławach w okresach dziesięcioletnich w latach 1871–2022

Źródło: opracowanie własne

Analiza współczynników trendu liniowego w Puławach dla okresu 152-letniego (1871–2022) wykazała, że miesiącem o najwyższym przyroście temperatury powietrza był grudzień ($1,7^{\circ}\text{C}$). W badaniach Matuszko i Piotrowicz (20) dla okresu 133-let-

niego (1884–2016) najwyższy przyrost temperatury w Krakowie notowano w styczniu, a w Koszalinie w okresie 45 lat (1951–1995) w lutym (13). A więc w różnych rejonach kraju najwyższy przyrost wartości temperatury powietrza notowano w miesiącach zimowych (grudzień–styczeń–luty).

Natomiast duży wzrost temperatury odnotowano w sierpniu zarówno w Puławach ($1,6^{\circ}\text{C}$), jak i w Krakowie (20).

Najmniejszy wzrost temperatury powietrza zaznaczył się we wrześniu i październiku w Puławach (odpowiednio: $0,5$ i $1,0^{\circ}\text{C}$), jak również w Krakowie (20), a w Koszalinie – w listopadzie (13). A zatem w różnych rejonach kraju najniższy przyrost wartości temperatury powietrza notowano w jesiennych miesiącach (wrzesień–październik–listopad).

Porą roku o najwyższym przyroście temperatury w Puławach i Koszalinie (13) była wiosna i zima, a w Krakowie – zima i lato (20). Z powyższego zestawienia danych wynika, że w badanych miejscowościach najwyższy przyrost wartości temperatury powietrza notowano zwłaszcza w zimie.

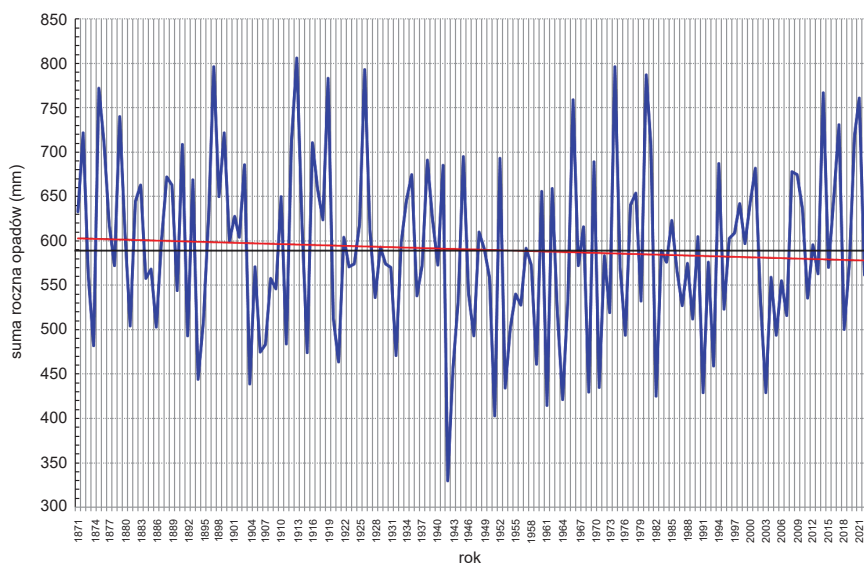
Jesień jest porą roku o najniższym przyroście temperatury w Puławach, Koszalinie (13) oraz w Krakowie (20).

Trend roczny temperatury powietrza wynosił w Puławach $1,4^{\circ}\text{C}$ na 100 lat, $1,7^{\circ}\text{C}$ w Krakowie (20) oraz $1,6^{\circ}\text{C}$ w Koszalinie (13).

W piątym raporcie IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) (11) przedstawiono wielkość trendu liniowego temperatury powietrza na Ziemi dla okresu 133-letniego (1880–2012) jako $0,85 \pm 0,2^{\circ}\text{C}$, w Puławach dla okresu 152-letniego, dłuższego o 19 lat niż IPCC (11), trend wynosił $1,35^{\circ}\text{C}$. W Puławach trend wzrostu temperatury był wyższy o $0,3^{\circ}\text{C}$ niż podany przez IPCC (11). Jest to wynikiem ostatniego 10-letniego okresu (2013–2022) o najwyższej temperaturze w historii pomiarów w tej miejscowości. Wieloletni przebieg temperatury powietrza w Puławach potwierdza zatem wyniki przedstawiane dla innych miejsc na świecie (2, 3, 11, 13, 14, 19, 20, 21, 22, 30) i świadczy, że jest typową miejscowością prezentującą wzrost ocieplenia klimatu na kuli ziemskiej.

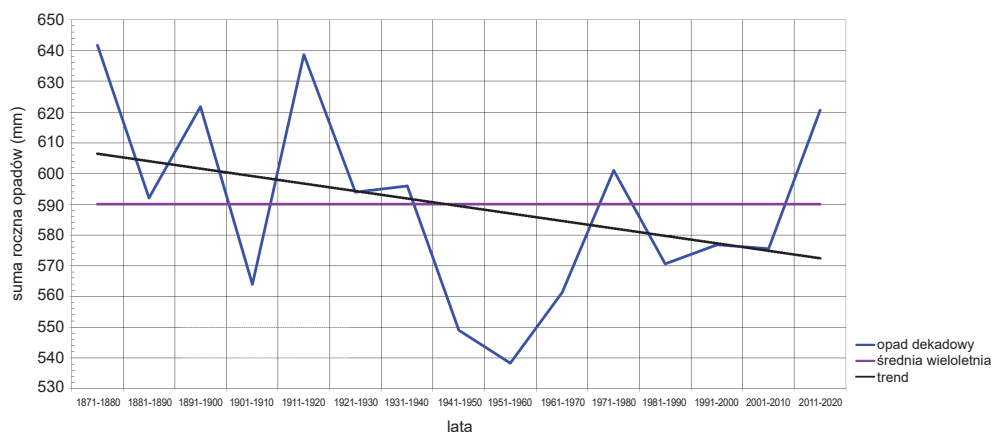
Na rysunkach 11–20 zamieszczono wykresy z przebiegiem wielkości opadów atmosferycznych dla Puław dla okresu 1871–2022.

Trend rocznej sumy opadów atmosferycznych w Puławach wynosi $-16,7$ mm na 100 lat (rys. 11) Na rysunku 12 również widoczne są duże zmiany pomiędzy poszczególnymi okresami dziesięcioletnimi, od 540 mm w okresie 1951–1960 do ok. 640 mm w okresach 1871–1880 oraz 1911–1920.



Rys. 11. Suma roczna opadów atmosferycznych w Puławach w latach 1871–2022

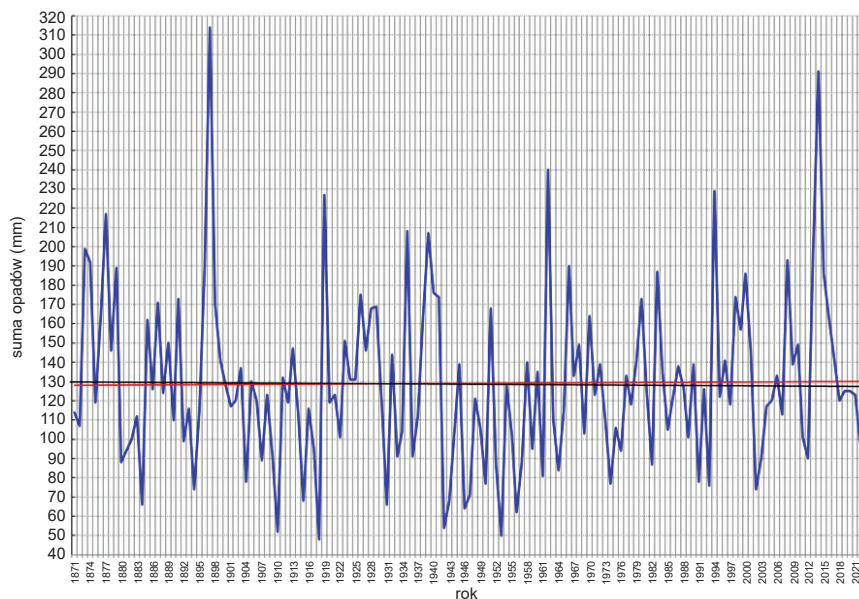
Źródło: opracowanie własne



Rys. 12. Suma roczna opadów atmosferycznych w Puławach w okresach dziesięcioletnich w latach 1871–2022

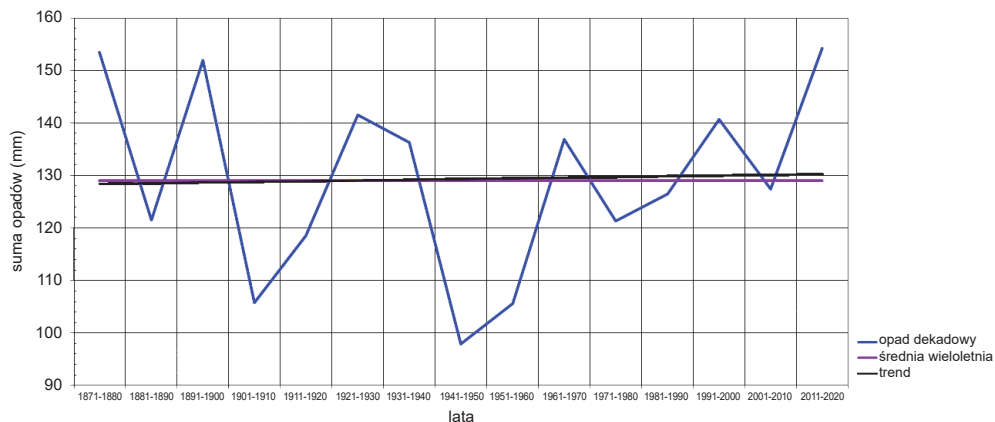
Źródło: opracowanie własne

Wiosną trend sumy opadów w Puławach wynosi 1,33 mm na 100 lat (rys. 13). Podobnie na wykresie przedstawiającym dane dziesięcioletnie trend wzrostowy dotyczący sumy opadów jest niewielki (rys. 14).



Rys. 13. Sumy opadów atmosferycznych wiosny (marzec-maj) w Puławach w latach 1871–2022

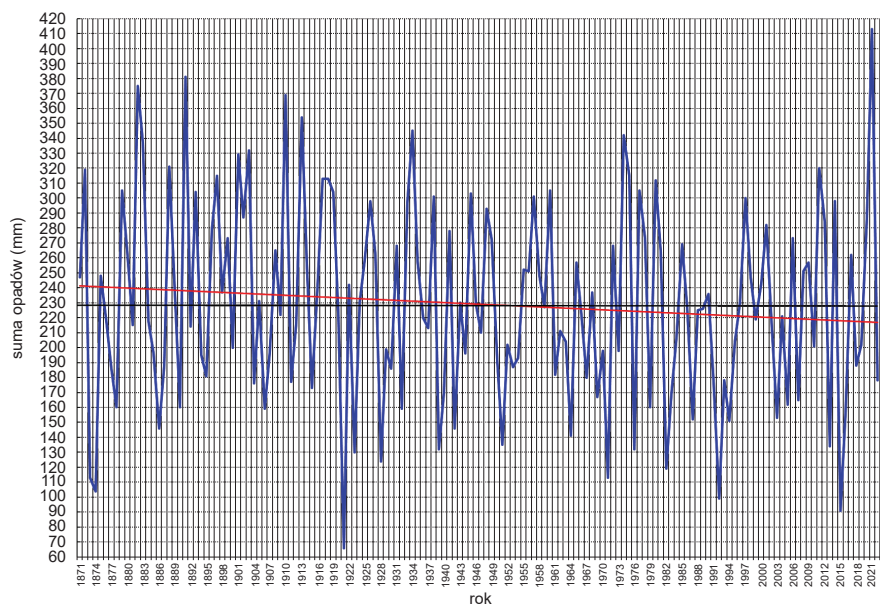
Źródło: opracowanie własne



Rys. 14. Sumy opadów atmosferycznych wiosny (marzec-maj) w Puławach w okresach dziesięcioletnich w latach 1871–2022

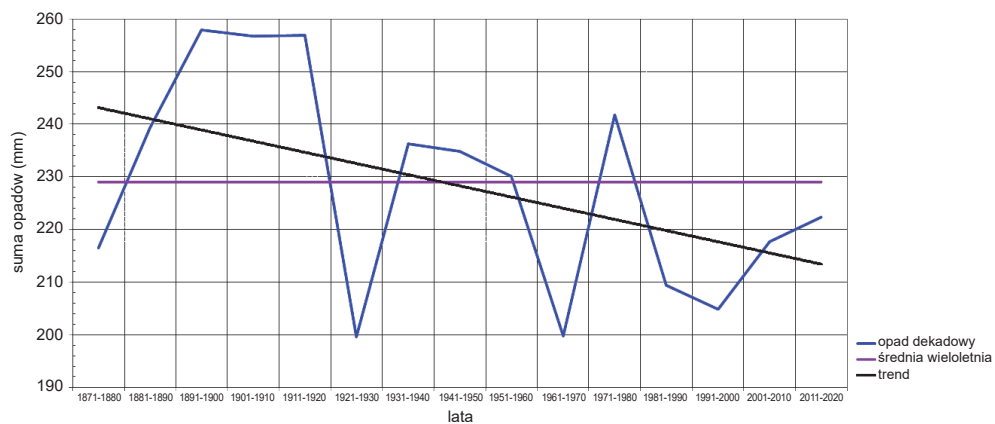
Źródło: opracowanie własne

Trend sumy opadów lata w Puławach wynosi $-16,25$ mm na 100 lat (rys. 15). Podobne relacje przedstawia wykres z danymi dla okresów dziesięcioletnich, przy czym należy zwrócić uwagę na małe opady występujące w ostatnich latach 1981–2020 (rys. 16).



Rys. 15. Sumy opadów atmosferycznych lata (czerwiec–sierpień) w Puławach w latach 1871–2022

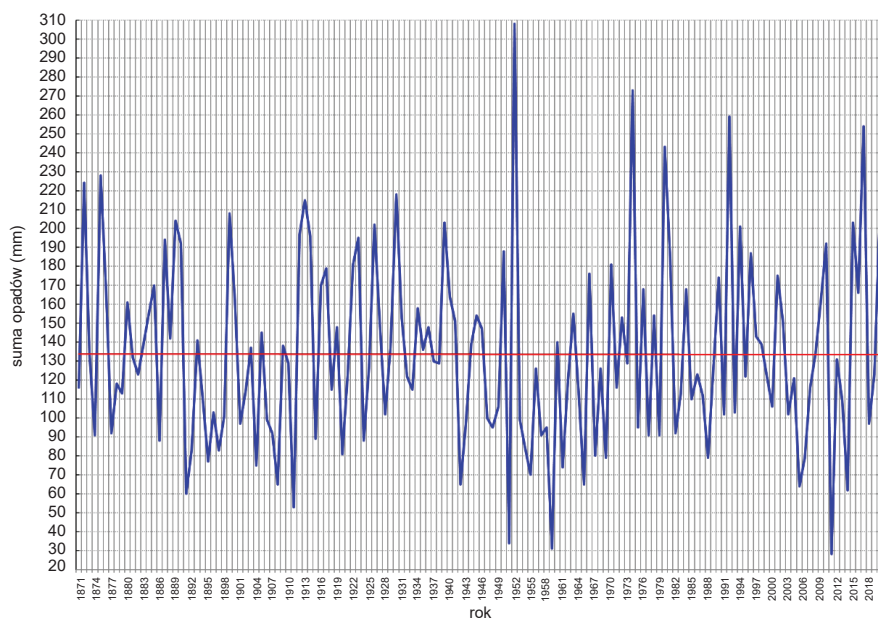
Źródło: opracowanie własne



Rys. 16. Sumy opadów atmosferycznych lata (czerwiec–sierpień) w okresach dziesięcioletnich w Puławach w latach 1871–2022

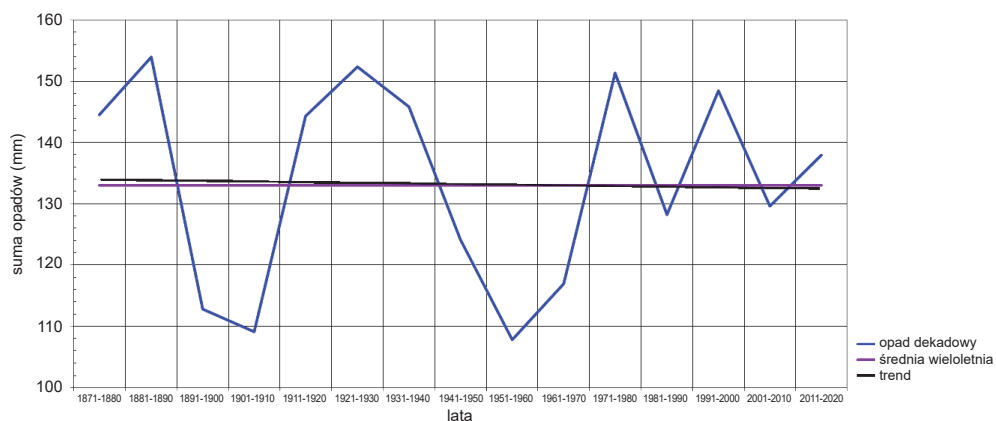
Źródło: opracowanie własne

Jesienią trend sumy opadów w Puławach wynosi $-0,08$ mm na 100 lat (rys. 17, 18).



Rys. 17. Sumy opadów atmosferycznych jesieni (wrzesień–listopad) w Puławach w latach 1871–2022

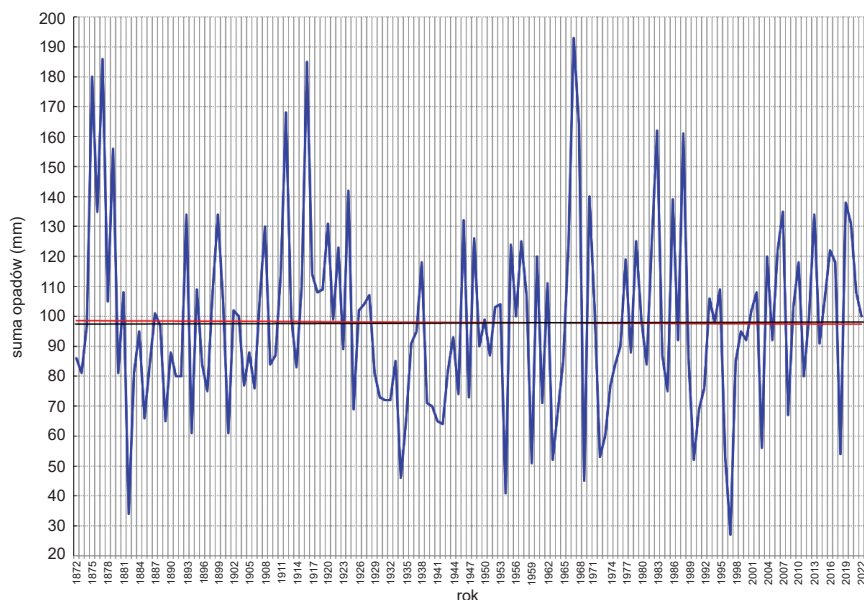
Źródło: opracowanie własne



Rys. 18. Sumy opadów atmosferycznych jesieni (wrzesień–listopad) w okresach dziesięcioletnich w Puławach w latach 1871–2022

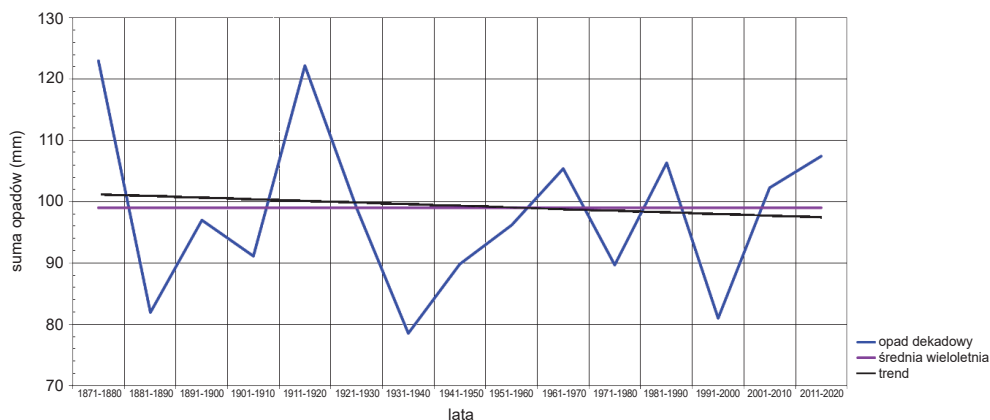
Źródło: opracowanie własne

Trend sumy opadów zimy w Puławach wynosi $-0,86$ mm na 100 lat (rys. 19, 20).



Rys. 19. Sumy opadów atmosferycznych zimy (grudzień–luty) w Puławach w latach 1871–2022

Źródło: opracowanie własne



Rys. 20. Sumy opadów atmosferycznych zimy (grudzień–luty) w Puławach w okresach dziesięcioletnich w latach 1871–2022

Źródło: opracowanie własne

Na podstawie wykresów zamieszczonych na rysunkach 11–20 można stwierdzić, że w Puławach dla okresu 152-letniego jedynie dla opadów rocznych oraz letnich notowano minusowy trend, wynoszący odpowiednio: 16,7 oraz 16,2 mm. Dla pozo-

stałych pór roku wartości trendu były bardzo małe i trudno jest stwierdzić o tendencjach zmian w wielkościach opadów atmosferycznych. Podobne wyniki uzyskały Czarnecka i Nidzgorska-Lencewicz (4), które stwierdziły, że opady w Polsce w okresie 1951–2010 nie wykazywały statystycznie istotnego trendu liniowego, nawet na poziomie $\alpha = 0,10$ oraz że zaznacza się niewielka tendencja do zwiększania opadów wiosną i jesienią, a zmniejszania latem. Natomiast Marosz i in. (19) stwierdzili na wiosnę obniżenie tych wielkości.

Badania przeprowadzone przez Szwed (25) również wykazały, że w całej Polsce w latach 1951–2013 następowało zmniejszenie udziału opadów letnich, a w latach 1961–2008 w środkowej części kraju (19). Podobnie jak w Puławach obniżenie wielkości opadów rocznych stwierdzono na dużej powierzchni kraju (19). Natomiast w okresie wegetacyjnym opady atmosferyczne nie ulegały znaczącej zmianie w latach 1966–2015 (26). Jednakże Żmudzka (34) stwierdziła, że w zależności od obserwowanego okresu roczne sumy opadów wykazują nieistotną statystycznie tendencję rosnącą, natomiast Mager i in. (18), że ta tendencja jest malejąca.

W literaturze wieloletnie wahania opadów atmosferycznych dla całej Polski przedstawiano wielokrotnie (4, 5, 12, 15, 16, 17, 18, 25, 28, 29, 31, 32, 33, 34), a także dla poszczególnych regionów kraju (1, 7, 10, 12, 23, 24, 27). Zagadnienia te nadal są przedmiotem wielu podejmowanych badań.

Podsumowanie

1. W latach z ekstremalnymi wartościami temperatury powietrza notowano ekstremalne susze.
2. W Puławach od dziesięcioletniego okresu 1981–1990 notowany jest stały wzrost temperatury powietrza. Szczególnie duży występował w okresie 2011–2020.
3. Największy wzrost temperatury powietrza w latach 1871–2022 notowano w zimie oraz na wiosnę, niższy w lecie, a najniższy jesienią.
4. Ujemny trend notowano w sumach opadów rocznych oraz letnich. W pozostałych porach roku nie stwierdzono zmian wielkości opadu atmosferycznego.

Literatura

1. Banaszkiewicz B., Grabowska K., Szwejkowski Z.: Characterisation of variability of atmospheric precipitation at selected stations of the Mazury Lake. *Acta Agrophysica*, 2008, **12(1)**: 19-27.
2. Beniston M., Stephenson D.B.: Extreme climatic events and their evolution under changing climatic conditions. *Global and Planetary Change*, 2004, **44(1-4)**: 1-9, DOI: 10.1016/j.gloplacha.2004.06.001.
3. Brohan P., Kennedy J.J., Harris I., Tett S.F.B., Jones P.D.: Uncertainty estimates in regional and global observed temperature changes: a new data set from 1850. *Journal of Geophysical Research*, 2006, **111**, D12106, DOI: 10.1029/2005JD006548.

4. Czarnecka M., Nidzgorska-Lencewicz J.: Wieloletnia zmienność sezonowych opadów w Polsce. ITP Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie, 2012, (IV-VI), **12(2)(38)**: 45-60.
5. Degirmençi J., Kożuchowski K., Żmudzka E.: Changes of air temperature and precipitation in Poland in the period 1951–2000 and their relationship to atmospheric circulation. *International Journal of Climatology*, 2004, **24(3)**: 291-310. DOI: 10.1002/joc.1010
6. Doroszewski A., Jadczyński J., Kozyra J., Pudełko R., Stuczyński T., Mizak K., Łopatka A., Koza P., Górski T., Wróblewska E.: Podstawy Systemu Monitoringu Suszy Rolniczej. Woda Środ. Obsz. Wiej. 2012, (IV-VI), t. 12, **2(38)**: 77-91.
7. Farat R.: Zmienność opadów atmosferycznych w Polsce Północno-Zachodniej. W: *Klimat Polski na tle klimatu Europy*, E. Bednorz (red.). Warunki termiczne i opadowe, Bogucki Wydawnictwo Naukowe, Poznań 2010, s. 117-130.
8. <http://www.susza.iung.pulawy.pl>
9. <http://www.susza.iung.pulawy.pl/KBW/>
10. Ilnicki P., Farat R., Górecki K., Lewandowski P.: Mit stepowienia Wielkopolski w świetle wieloletnich badań obiegu wody. Wydawnictwo Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu, 2012, Poznań, ss. 398.
11. IPCC: Summary for Policymakers. W: *Climate Change 2013: The Physical Science Basis, Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, T.F. Stocker, D. Qin, G.J. Plattner, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex, P.M. Midgley (red.), Cambridge University Press, Cambridge, UK, NY, USA, 2013, ss. 1535.
12. Kirschenstein M., Baranowski D.: Sumy opadów atmosferycznych w Polsce w latach 1951–1995. *Badania Fizjograficzne nad Polską Zachodnią. Ser. A. Geografia Fizyczna*, 2005, **56**: 55-72.
13. Kirschenstein M., Baranowski D.: Wahania roczne i tendencje zmian temperatury powietrza w Koszalinie. *Słupskie Prace Geograficzne*, 2009, **6**: 167-178.
14. Klein Tank A.M.G., Können G.P.: Trends in indices of daily temperature and precipitation extremes in Europe, 1946-1999, *Journal of Climate*, 2003, **16(22)**: 3665-3680, DOI: 10.1175/1520-0442(2003)016<3665:TIODT>2.0.CO;2
15. Kożuchowski K.: Zmienność opadów atmosferycznych w Polsce w stuleciu 1881–1980. *Acta Geographica Lodziensis*, 1984, **48**: 1-158.
16. Kożuchowski K.: Współczesne zmiany klimatyczne w Polsce na tle zmian globalnych. *Przegląd Geograficzny*, 1996, **68(1-2)**: 79-98.
17. Kożuchowski K.: Zmienność opadów atmosferycznych w Polsce w XX i XXI wieku. W: *Skala, uwarunkowania i perspektywy współczesnych zmian klimatycznych w Polsce*, K. Kożuchowski (red.). Wydawnictwo Biblioteka, Łódź 2004, ss. 47-58.
18. Mager P., Kasprówicz T., Farat R.: Change o air temperature and precipitation in Poland in 1966–2006. In: *Climate change and agriculture in Poland – impacts, mitigation and adaptation measures*, J. Leśny (ed.). *Acta Agrophysica, Rozprawy i Monografie*, 2009, **169(1)**: 19-38.
19. Marosz M., Wójcik R., Biernacik D., Jakusik E., Pilarski M., Owczarek M., Miętus M.: Zmienność klimatu Polski od połowy XX wieku. *Rezultaty projektu KLIMAT. Prace i Studia Geograficzne*, 2011, **47**: 51-66.
20. Matuszko D., Piotrowicz K.: Związek usłonecznienia i temperatury powietrza na podstawie wieloletniej serii klimatologicznej w Krakowie (1884–2016). *Przegląd Geofizyczny*, 2018, **LXIII(1-2)**: 15-29.
21. Michalska B.: Tendencje zmian temperatury powietrza w Polsce. *Prace i Studia Geograficzne*, 2011, **47**: 67-75.
22. Moberg A., Jones P.D.: Trends in indices for extremes in daily temperature and precipitation in Central and Western Europe analyzed 1901-1999, *International Journal of Climatology*, 2005, **25(9)**: 1149-1171, DOI: 10.1002/joc.1163

23. O t o p I.: Precipitation variability in the middle Odra River basin in the years 1951–2005. In: Climate change research. J. Leśny (ed.). Acta Agrophysica. Rozprawy i Monografie, 2010, **183(4)**: 50-57.
24. S z y g a-P l u t a K.: Zmienność czasowa i przestrzenna opadów atmosferycznych w Wielkopolsce w latach 1981–2014. Przegląd Geograficzny, 2018, **90(3)**: 495-516 <https://doi.org/10.7163/PrzG.2018.3.5>
25. S z w e d M.: Variability of precipitation in Poland under climate change, Theoretical and Applied Climatology, 2019, **135**: 1003-1015, doi.org/10.1007/s00704-018-2408-6.
26. T o m c z y k A.M., S z y g a-P l u t a K.: Variability of thermal and precipitation conditions in the growing season in Poland in the years 1966–2015. Theoretical and Applied Climatology, 2019, **135**: 1517-1530, doi.org/10.1007/s00704-018-2450-4
27. T w a r d o s z R.: Wieloletnia zmienność sum dobowych opadów w Krakowie w powiązaniu z sytuacjami synoptycznymi, Prace Geograficzne, 2000, **105**: 19-71.
28. W i b i g J.: The variability of daily precipitation totals in Poland (1951–2000). Geographia Polonica, 2009, **82(1)**: 21-32.
29. W o ś A.: Klimat Polski w drugiej połowie XX wieku, Wydawnictwo Naukowe UAM, Poznań, 2010, ss. 489.
30. W ó j c i k R., M i ę t u s M.: Niektóre cechy wieloletniej zmienności temperatury powietrza w Polsce (1951–2010). Przegląd Geograficzny, 2014, **86(3)**: 339-364, doi.org/10.7163/PrzG.2014.3.3
31. Z a w o r a T., Z i e r n i c k a A.: Precipitation variability in time in Poland in the light of multi-annual mean values (1891–2000). Studia Geograficzne Nr 75, Acta Universitatis Wratislaviensis, 2003, **2542**: 123-128.
32. Z i e r n i c k a-W o j t a s z e k A.: Zmienność opadów atmosferycznych na obszarze Polski w latach 1971–2000. W: Klimatyczne aspekty środowiska geograficznego, J. Trepińska, Z. Olecki (red.). Kraków, Instytut Geografii i Gospodarki Przestrzennej UJ, 2006, ss. 139-148.
33. Ż m u d z k a E.: O zmienności opadów atmosferycznych na obszarze Polski nizinnej w drugiej połowie XX wieku. Wiadomości IMGW, 2002, **25(46)(4)**: 23-38.
34. Ż m u d z k a E.: Współczesne zmiany klimatu Polski. Acta Agrophysica. 2009, **13(2)**: 555-568.

Adres do korespondencji:

dr hab. Andrzej Doroszewski, prof. IUNG-PIB
Zakład Agrometeorologii i Zastosowań Informatyki
IUNG-PIB
ul. Czartoryskich 8,
24-100 Puławy
tel. 81 4786 750
email: ador@iung.pulawy.pl

AUTOR
Andrzej Doroszewski

ORCID
0000-0002-1429-4412