

Andrzej A. MARSZ , Anna STYSZYŃSKA 

POLSKIE TOWARZYSTWO GEOFIZYCZNE, ODDZIAŁ BAŁTYCKI

DŁUGOOKRESOWA ZMIENNOŚĆ STOPNIA SUCHOŚCI KLIMATU W POZNANIU WEDŁUG WSKAŹNIKA DE MARTONNE'A (1850-2024)

LONG-TERM VARIATION OF THE „DEGREE OF CLIMATE ARIDITY”
IN POZNAŃ ACCORDING TO THE DE MARTONNE INDEX (1850-2024)

Wielkopolska od dawna uważana jest za obszar, na którym występują niedobory wody, a klimat tego regionu uznawany jest jako „posuszny”, czyli sprzyjający częstszemu występowaniu różnej długości okresów susz (np. Schmuck 1959; Bąk 2003; Kożuchowski 2013). Szereg zmian zachodzących we florze i faunie Wielkopolski sugerował pogłębianie się deficytu wody i stopniowe „wysychanie” tego obszaru. Taka opinia utrwaliła się zwłaszcza po publikacji pracy zbiorowej pod redakcją Wodiczki (1947) „Stepowienie Wielkopolski”. Opinia ta została podzielona w szeregu późniejszych prac (np. Lambor 1954, 1956; Czarnowski 1956; Narkiewicz-Jodko 1959; Schmuck 1959; Czubiński 1964; Żurawski 1972; Banaszak 2003; Wojtkowiak 2020).

Z tezą Wodiczki (1947) polemizowano wielokrotnie (np. Ilnicki i in. 2012a, 2012b; Kasprzak 2014). Tym niemniej, szereg zmian w stanie flory i fauny Wielkopolski jest interpretowane jako przejaw postępującego niedoboru wody w środowisku (np. Banaszak 2003). Również pogłębiający się deficyt zasobów wodnych tego regionu, przejawiający się m.in. w zwiększaniu częstości susz hydrologicznych na obszarze Wielkopolski (Kowalczak i in. 1997) i pogłębianiu się niżówek w zlewni Warty (Marsz i in. 2022; Wrzesiński i in. 2022), skłania do powrotu do tej problematyki.

Obserwacje meteorologiczne w Poznaniu rozpoczęto w 1848 r. (Smosarski 1925) i od tej daty istnieje pełna, nieprzerwana seria obserwacyjna średnich miesięcznych wartości temperatury powietrza i miesięcznych sum opadów atmosferycznych. Pozwala to na scharakteryzowanie zmienności przebiegu stopnia suchości klimatu opisanego za pomocą wskaźnika de Martonne'a (WMO 2016) dla długiego, ponad 170-letniego okresu. Celem tej pracy jest przedstawienie długookresowych zmian stopnia suchości klimatu w Poznaniu. Pozwala to częściowo odnieść się do kwestii „postępującego stepowienia Wielkopolski” oraz zasadności samego używania terminu „stepowienie” w odniesieniu do Wielkopolski.

Materiały źródłowe, metody badań

W pracy wykorzystano szeregi czasowe miesięcznej i rocznej temperatury powietrza oraz miesięcznych i rocznych sum opadów atmosferycznych z lat 1849-2024 w Poznaniu. Serie pomiarowe do 2000 r. udostępnił J. Tamulewicz. Są to te same serie, w których temperatura została analizowana w pracy Tamulewicza i Wosia (1994). Dane te pochodziły pierwotnie z archiwów IMGW (PIHM) w Poznaniu. Stanowią one połączenie danych pruskich opracowanych przez Smosarskiego (1925; jego tab. 3 i tab. 14) z późniejszymi obserwacjami na stacji Poznań-Ławica w okresie przedwojennym, wojennym i powojennym¹. Dane po 2000 r. zostały uzupełnione szeregami ze stacji Poznań-Ławica (dane IMGW-PIB). Z wartości rocznych temperatury powietrza i rocznych sum opadów w Poznaniu obliczono wskaźnik suchości klimatu według de Martonne'a dla okresu 1850-2024 (175 lat).

Szeregi temperatury powietrza do 1920 r., z poprawkami Smosarskiego (1925), są uważane za homogeniczne (Smosarski 1938; Kowalski 1992). Innego zdania są Kolendowicz i in. (2019), którzy przeprowadzili homogenizację poznańskiej serii temperatury w części od 1848 do 1920 r., obniżając wartości roczne temperatury tego okresu przeciętnie o 0,6-0,7°C.

Dodatkowo, wykorzystano szeregi wilgotności względnej ze stacji Poznań-Ławica oraz szeregi temperatury powietrza i sum opadów z kilku stacji Wielkopolski (Koło, Kalisz, Leszno, Słubice, Wielichowo, Wieluń). Te ostatnie materiały obejmują lata 1951-2020. Jako dane dla pomocniczych analiz wykorzystano szeregi wartości miesięcznych i rocznych przepływów Warty na profilu hydrometrycznym w Poznaniu z lat 1850-2020. Wszystkie te materiały stanowią przetworzone lub nieprzetworzone dane IMGW-PIB.

Wartości miesięczne temperatury powietrza i wilgotności względnej z okresu 1951-2020 posłużyły do obliczenia metodą Ivanova (1958) wartości miesięcznych i rocznych sum parowania potencjalnego (E_v , mm słupa wody) na stacji Poznań-Ławica. Z różnicy między rocznymi sumami opadów (P_{RK} , mm) i rocznymi sumami parowania (E_v , mm) obliczono klimatyczny bilans wodny (KBW , mm słupa wody).

Do analiz zachowania się wskaźnika suchości klimatu de Martonne'a i jego związków z innymi elementami hydroklimatycznymi wykorzystano powszechnie znane metody analizy statystycznej – głównie analizę korelacji i regresji. Istotność statystyczną związków testowano testem t-Studenta. Za granicę związków istotnych statystycznie przyjmowano wartość $p = 0,05$, a wysokiej istotności statystycznej $p = 0,001$.

¹ Kilka wartości miesięcznej temperatury powietrza w roku 1939 i 1945 (braki wojenne) zostały odtworzone przez pracowników PIHM w Poznaniu.

Wskaźnik suchości klimatu de Martonne'a i jego właściwości

Wskaźnik suchości klimatu de Martonne'a (dalej oznaczenie *DMI* – De Martonne Index) stanowi jeden z przykładów często wykorzystywanego w badaniach tak zwanego dzielnika opadowego (Okołowicz 1969). W okresie przedwojennym i pierwszych latach po II wojnie światowej tego rodzaju wskaźniki stosowano powszechnie. Prostota *DMI*, a nawet pewien jego „prymitywizm” spowodowały, że od lat 60. XX wieku praktycznie zaprzestano go stosować, przechodząc do formuł coraz bardziej skomplikowanych fizycznie i rachunkowo. Obliczanie wskaźnika suchości klimatu de Martonne'a (1926a, 1926b, 1926c) wymaga znajomości tylko dwu argumentów – rocznych sum opadów (P_{RK}) i średniej rocznej temperatury powietrza (T_{RK}). Wskaźnik *DMI* ma niezmiernie prostą postać:

$$DMI = P_{RK} / (T_{RK} + 10) \quad (1)$$

Stanowi on umowną, niemianowaną miarę stopnia suchości klimatu. Jak pisze de Martonne (1926a, 1926b), wskaźnik został pierwotnie opracowany dla potrzeb rolnictwa we Francji (kwestia potrzeby i intensywności nawadniania upraw), a następnie również we francuskich koloniach w Afryce Północnej i dla całego świata (de Martonne 1926c, 1927; de Martonne, Aufrère 1928; de Martonne 1935, 1942). Wartość *DMI* określa stosunek rocznych sum opadu do parowania, będącego tu niejawną funkcją temperatury powietrza. Pozwala on na „przypisanie” klimatu danej miejscowości (rejonu) do określonej kategorii jego suchości.

Granice wydzielonych kategorii suchości klimatu ulegały wielokrotnym zmianom wraz z obejmowaniem przez de Martonne'a badaniami coraz rozleglejszych obszarów, stąd można zauważyć w kolejnych jego pracach (de Martonne 1925, 1926a, 1926b) pewne niekonsekwentne rozbieżności w nazwach i gradacji *DMI*, przyjmowane jako granice poszczególnych klas suchości klimatu. Dalsze zmiany w granicach dzielących różne kategorie stopnia suchości klimatu, polegające na ich zmianach i „uszczegółowieniu”, wprowadzili późniejsi badacze (np. Pellicone i in. 2019). W tabeli 1 podane są granice kategorii suchości klimatu według de Martonne'a (1925, za Baltas 2007) oraz Pellicone i in. (2019).

Wobec przedstawionych rozbieżności terminologicznych i dla zachowania rozdzielczości wartości w poszczególnych wydzieleniach klas klimatu, dalej przyjmuje się za modyfikacją Pellicone i in. (2019) następujące kategorie suchości klimatu: suchy (arid, A: $DMI < 15,0$), półsuchy (semi-arid, SA: $15,0 \leq DMI < 25,0$), umiarkowanie suchy (moderately-arid, MA: $25,0 \leq DMI < 30,0$), lekko (łagodnie) suchy (slightly-arid, SLA: $30,0 \leq DMI < 35,0$), umiarkowanie wilgotny (moderately-humid, MH: $35,0 \leq DMI < 40,0$), wilgotny (humid, H: $40,0 \leq DMI < 50,0$) i bardzo wilgotny (very humid VH: $DMI \geq 55,0$).

Tabela 1. Wartości graniczne *DMI* poszczególnych kategorii klimatu według de Martonne’a (1925, za Baltas 2007) i Pellicone i in. (2019).

Table 1. *DMI* limit values of individual climate categories according to de Martonne (1925, after Baltas 2007) and Pellicone et al. (2019).

de Martonne (1925)			Pellicone i in. (2019)/ Pellicone et al. (2019)	
DMI	Typ klimatu/ Climate type	Opis/Description	DMI	Typ klimatu/ Climate type
$DMI < 10$	Suchy/Arid or dry	Wymaga ciągłego nawadniania/ Needs continuous irrigation		
$10 \leq DMI \leq 20$	Półsuchy/ Semi-dry or semi-arid	Wymaga nawadniania/ Needs irrigation		
$20 \leq DMI < 24$	Śródziemnomorski/ Mediterranean	Wymaga dodatkowego nawadniania/ Needs supplementary irrigation	15-24	Półsuchy/ Semi-arid
$24 \leq DMI < 28$	Półwilgotny/ Semi-humid	Wymaga dodatkowego nawadniania/ Needs supplementary irrigation	24-30	Umiarkowanie suchy albo “śródziemnomorski”/ Moderately-arid or Mediterranean;
$28 \leq DMI < 35$	Wilgotny/Humid	Wymaga okazjonalnego podlewania/ Needs occasional irrigation	30-35	Łagodnie suchy (“posuszny”)/ Slightly-arid
$35 \leq DMI \leq 55$	Bardzo wilgotny/ Very humid	Wymaga rzadkiego podlewania/ Needs infrequent irrigation	35-40	Umiarkowanie wilgotny/ Moderately-humid
			40-50	Wilgotny/Humid
$DMI > 55$	Ekstremalnie wilgotny/ Extremely humid	Samowystarczalny pod względem wody/Water self-sufficient	55-60	Bardzo wilgotny/ Very-humid

W latach 1850-2024 przebiegi rocznych sum opadów w Poznaniu i rocznej temperatury powietrza są od siebie niezależne (współczynnik korelacji $r = 0,03$; $p = 0,654$). W równaniu regresji wielokrotnej wskaźnika suchości klimatu (*DMI*: równanie [1]) w Poznaniu, zmienność rocznych sum opadów (P_{RK}) objaśnia 92,8%, a zmienność temperatury rocznej (T_{RK}) 7,0% wariancji. Ta silna asymetria wpływu argumentów na ostateczną wartość *DMI* stanowi odbicie bardzo dużej zmienności wartości rocznych sum opadów (setki mm; od 275 mm w 1982 r. do 794 mm w 1939 r.) i stosunkowo małej zmienności wartości temperatury rocznej (pojedyncze stopnie; od 6,1°C w 1855 i 1940 r. do 11,7°C w 2024 r.) w Poznaniu.

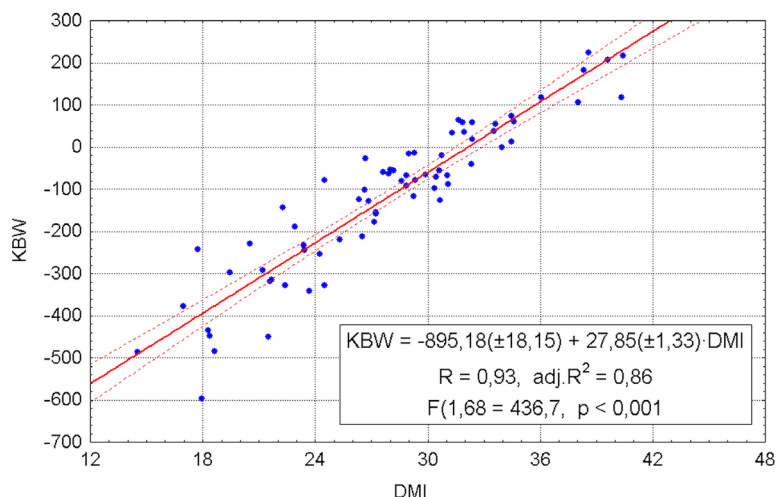
Dla wyjaśnienia jakie są realne właściwości *DMI*, przeprowadzono porównania, badając stopień skorelowania zmienności tego wskaźnika z różnymi zmiennymi natury hydroklimatycznej. Próby te przeprowadzono na szeregu 171-letnim (1850-2020) i szeregach 70-letnich, z okresu 1951-2020, dla których były dostępne szeregi czasowe danych.

W latach 1850-2020, czyli w 171-letnim okresie, zmienność *DMI* wykazuje wysoce istotną korelację dodatnią z rocznym przepływem Warty obliczanym w tym samym roku kalendarzowym ($r = 0,48$, $p < 0,001$) i znacznie słabszą ($r = 0,33$, $p = 0,001$) z przepływem Warty w roku hydrologicznym (datowanym na rok stycznia). Między zmiennością *DMI* i przepływem Warty występują również relatywnie silne związki asynchroniczne – zmienność wskaźnika *DMI* obliczanego w roku kalendarzowym (styczeń – grudzień) z roku poprzedzającego, wykazuje skorelowanie z przepływami Warty w roku hydrologicznym (listopad poprzedniego roku – październik; opóźnienie początku szeregu przepływów o 10 miesięcy względem szeregu *DMI*). Współczynnik korelacji między tymi asynchronicznymi przebiegami (1850-2019 i 1851-2020) jest równy 0,52; $p < 0,001$, a więc nieco silniejszy niż związek synchroniczny.

Uwzględnienie wartości *DMI* z roku poprzedzającego i roku bieżącego w równaniu regresji wielokrotnej objaśnia ~37% wariancji średnich rocznych przepływów Warty w Poznaniu w 170-leciu 1851-2020 ($R = 0,62$). W równaniu tym zmienność *DMI* z roku poprzedzającego objaśnia 26,5%, a zmienność *DMI* z tego samego roku co przepływ Warty 9,5% wariancji odpływu. Ujawnia się tutaj inercja odpływu Warty względem przebiegu sum opadów i temperatury powietrza (Marsz i Styszyńska 2021), będąca efektem wpływu zasilania podziemnego na przepływ rzeczny.

Ten etap analizy wskazuje, że zmienność *DMI* istotnie i stabilnie w funkcji czasu oddziałuje na zmienność czynników wpływających na przepływ rzeczny w długim, 170-letnim okresie. Wraz ze spadkiem wartości wskaźnika suchości klimatu (*DMI*), co wskazuje na zwiększanie się niedoborów wody (spadek sum opadów i/lub wzrost parowania), przepływy – a więc i odpływ roczny Warty – maleją.

Z rocznymi sumami parowania potencjalnego (E_v) w Poznaniu *DMI* wykazuje związek ujemny ($r = -0,60$; $p < 0,001$; 1951-2020), wskazujący że wraz ze spadkiem wartości indeksu silnie rośnie parowanie. Z *DMI* w Poznaniu nadspodziewanie silnie ($r = 0,93$, $p < 0,001$) powiązany jest klimatyczny bilans wodny (*KBW*; rys. 1). Zmienność *DMI* w latach 1951-2020 objaśnia 86% wariancji *KBW* w Poznaniu. Z równania zależności $KBW = f(DMI)$ wynika (rys. 1, ramka), że przy wartości *DMI* równej 32,14, wartość *KBW* staje się równa zero. Zwiększenie wartości *DMI* powyżej podanej wartości powoduje, że *KBW* staje się dodatni, a spadek *DMI* poniżej wartości 32 wskazuje, że *KBW* przechodzi do wartości ujemnych. Im większy spadek *DMI* poniżej tej wartości, tym większy deficyt wody i tym większa suchość klimatu. Wartość *DMI* równa 32 znajduje się



Rys. 1. Związek między wartościami wskaźnika suchości klimatu de Martonne'a (*DMI*) i klimatycznym bilansem wodnym (*KBW*; mm rok⁻¹) w Poznaniu (1951-2020).

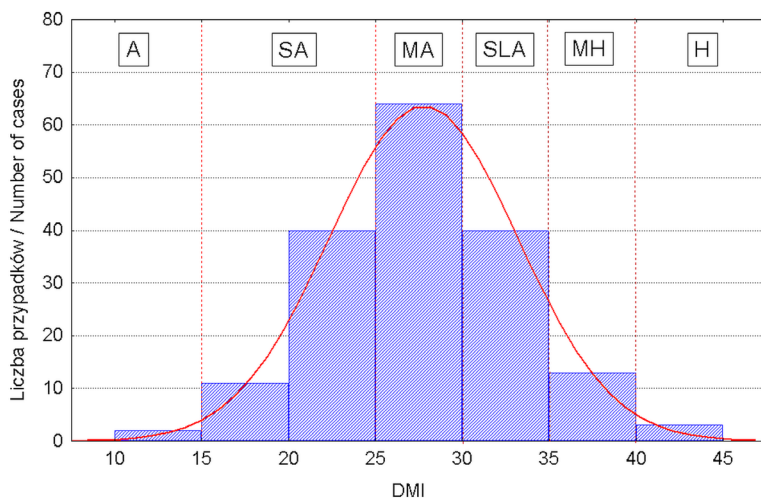
Fig. 1. Relationship between the de Martonne climate aridity index (*DMI*) values and the climatic water balance (*KBW*; mm year⁻¹) in Poznań (1951-2020).

w środkowej części przedziału kategorii klimatu „łagodnie (lekko) suchego” według Pellicone i in. (2019) i w przedziale „klimatu wilgotnego” (humid) według klasyfikacji de Martonne'a (1925).

Przedstawione zależności świadczą, że mimo bardzo prostej postaci, *DMI* dość dobrze oddaje zmienność takiej cechy klimatu jaką jest jego suchość albo inaczej – deficyt wody w środowisku opisany przez zmienność rocznego *KBW*. Może on służyć do opisu zmian o rozdzielczości rocznej i raczej nie nadaje się do opisu krótkookresowych epizodów niedoboru wody, takich jak poszczególne okresy susz. Przypuszczalnie właśnie ta właściwość wskaźnika suchości klimatu de Martonne'a stanowi, że *DMI* jest często wykorzystywany z powodzeniem w gospodarce leśnej (np. Miler 2016; Czyżyk 2017; Mielczarska, Szymanowski 2021), gdzie cykl „uprawy lasu” jest cyklem wieloletnim, natomiast nie cieszy się uznaniem u agrometeorologów, dla których istotny jest sezonowy cykl przebiegu wegetacji, niezakłócany brakiem wody.

Przebieg stopnia suchości klimatu w Poznaniu

Obliczone wartości wskaźnika suchości klimatu de Martonne'a w Poznaniu pozwalają na stwierdzenie, że średnia jego wartość w 175-leciu 1850-2024 jest równa 27,80(±0,41),



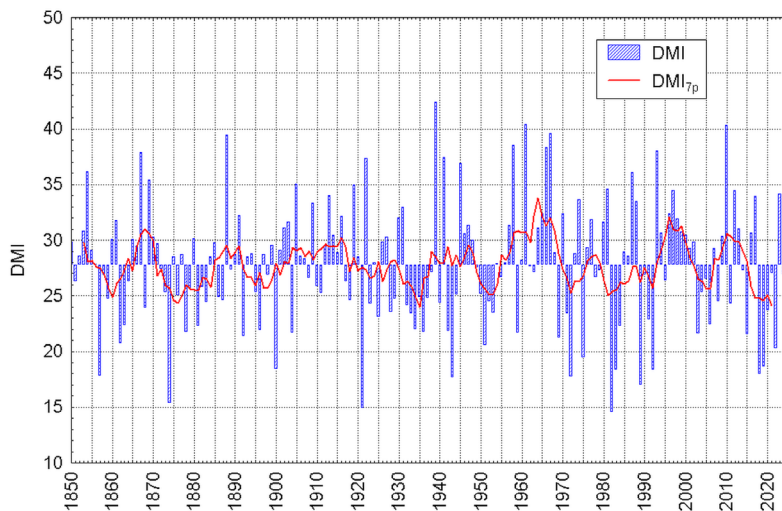
Rys. 2. Rozkład przypadków (co pięć jednostek) występowania w Poznaniu w latach 1850-2024 określonych kategorii stopnia suchości klimatu (*DMI*). Oznaczenia literowe *DMI* według klasyfikacji Pellicone i in. (2019): A – suchy, SA – półsuchy, MA – umiarkowanie suchy, SLA – lekko (łagodnie) suchy, MH – umiarkowanie wilgotny, H – wilgotny, czerwona linia – oczekiwanie normalne.

Fig. 2. Distribution of cases (every 5 units) of occurrence of specific climate aridity categories (*DMI*) in Poznań in the years 1850-2024. *DMI* letter symbols according to the Pellicone et al. (2019) classification: A – arid, SA – semi-arid, MA – moderately arid, SLA – slightly-arid, MH – moderately-humid, H – humid, red line – expected normal.

przy odchyleniu standardowym (σ) równym 5,42. Pozwala to jednoznacznie określić przeciętny w tym okresie klimat Poznania pod względem uwilgotnienia jako umiarkowanie suchy (moderately-arid, śródziemnomorski pod względem uwilgotnienia) według Pellicone i in. (2019) i „półwilgotny” (semi-humid) według gradacji de Martonne’a (1925, 1926a, 1942). Średnia wieloletnia wartość *DMI* w Poznaniu jest mniejsza od 32, przy której KBW staje się zerowy. Oznacza to, że w długookresowym klimatycznym bilansie wodnym w Poznaniu zaznacza się systematyczny niedobór wody.

Zakres zmienności *DMI* w rozpatrywanym okresie jest znaczny – minimalna wartość wskaźnika jest równa 14,51 (rok 1982; klimat półsuchy), maksymalna to 42,42 (1939; klimat wilgotny). Rozkład przypadków występowania kategorii stopnia suchości klimatu w przedziałach co pięć jednostek (rys. 2) jest w badanym 175-leciu niemal idealnie normalny.

W rozkładzie przypadków dominuje klasa o wartościach *DMI* w przedziale 25,1-30,0 (MA), czyli przeważają lata umiarkowanie suche (65 lat). Liczba przypadków kategorii subdominujących jest taka sama, tj. liczy po 40 lat. Są to przedziały 20,1-25,0 (SA; klimat



Rys. 3. Przebieg wartości wskaźnika suchości klimatu de Martonne'a (DMI) w Poznaniu w latach 1850-2024. Średnia wieloletnia wartość $DMI = 27,80$. Gruba czerwona linia – przebieg DMI wyrównany 7-punktową średnią kroczącą (DMI_{7p}).

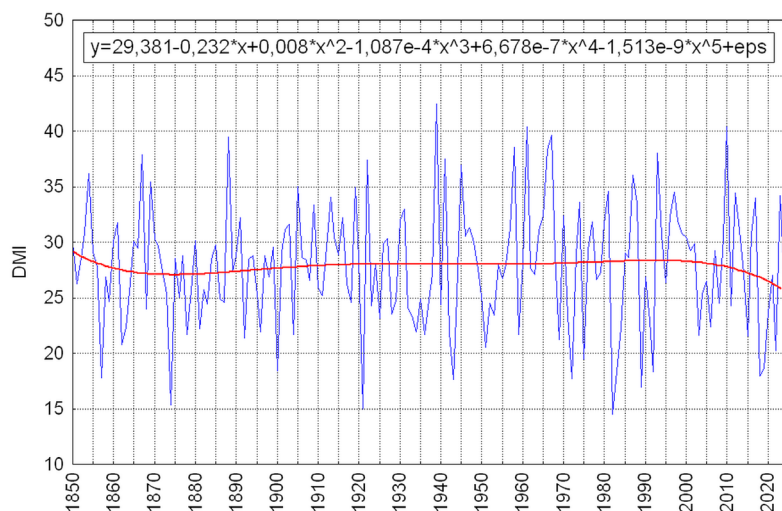
Fig. 3. Course of the de Martonne climate aridity index (DMI) in Poznań in the years 1850-2024. Long-term mean value of $DMI = 27,80$. Bold solid red line – the course of DMI smoothed by a 7th-point moving average (DMI_{7p}).

pólsuchy w łagodniejszej postaci) oraz przedział 30,1-35,0 (SLA; klimat lekko suchy). Te trzy przedziały stopnia suchości, o ujemnym klimatycznym bilansie wodnym, stanowią ~83% wszystkich przypadków, czyli występują w Poznaniu przez taki sam odsetek czasu obserwacji.

Lata, w których wartości DMI były większe od 35,0, czyli występowały tam kategorie klimatu umiarkowanie wilgotnego (DMI 35,1-40,0; 13 przypadków) i klimatu wilgotnego ($DMI > 40,0$; 2 przypadki), stanowią łącznie ~8,7% czasu rozpatrywanego okresu. Znaczna suchość klimatu stanowi zatem naturalną cechę warunków panujących w Poznaniu.

Przebieg wskaźnika suchości, przedstawionego jako odchylenia jego wartości od średniej wieloletniej (27,80; rys. 3), pozwala na łatwą ocenę w poszczególnych latach rozmiarów różnic uwilgotnienia – obniżonych (bardziej sucho niż przeciętnie) i podwyższonych (bardziej wilgotnie niż przeciętnie).

Niezmiernie istotną cechą długookresowego (1850-2024) przebiegu DMI w Poznaniu jest to, że nie występuje w nim trend liniowy. Oszacowanie trendu z podwójną precyzją daje wartość 0,00112($\pm 0,00813$) jednostek DMI rok⁻¹. Pozwala to przyjąć, że zerowa wartość trendu jest realnością, a nie wynikiem zaokrąglenia lub przyrównania go do zera ze względu na nieistotność oszacowania jego wartości. Analiza spektralna tego dość dłu-



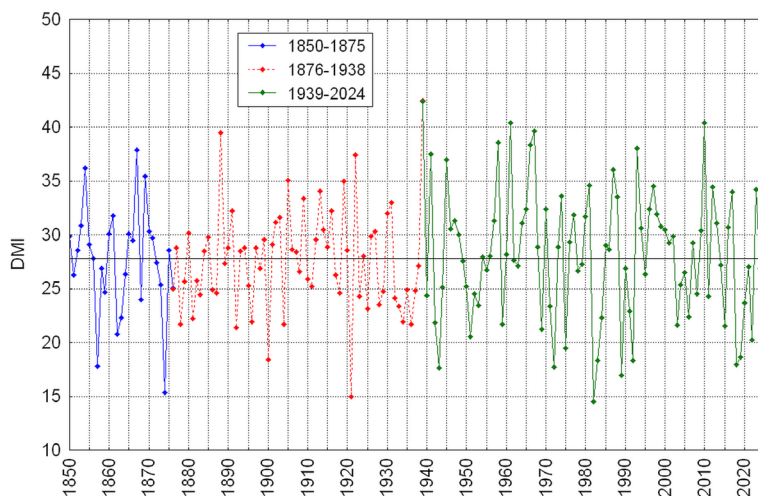
Rys. 4. Dopasowanie wielomianu 5. stopnia do przebiegu wartości empirycznych DMI w Poznaniu w latach 1850-2024. x – wartość DMI w roku o numerze k , wartość wielomianu w roku o tym samym numerze (k).

Fig. 4. Fitting with a 5th-degree polynomial to empirical DMI course in Poznań in the years 1850-2024. x – DMI value in year number k , polynomial value in year with the same number (k).

giego szeregu nie wykrywa w jego przebiegu żadnej statystycznie istotnej okresowości. Przebieg DMI wyrównany 7-punktową średnią kroczącą (rys. 3), która tłumi wahania międzyroczne krótsze od 5-6 lat, ujawnia tylko nieregularne, różnokierunkowe wahania wokół średniej, bez żadnych wyraźnych długookresowych tendencji. Przegląd zarówno rzeczywistego przebiegu wartości DMI w Poznaniu, jak i wyrównanego średnią kroczącą wykazuje, że występują w nim 3-7-letnie serie następujących po sobie lat bardziej suchych od przeciętnej i bardziej wilgotnych.

Próba scharakteryzowania długookresowej zmienności przebiegu DMI w Poznaniu za pomocą dopasowania wielomianu 5. stopnia do przebiegu empirycznego, tak jak czynił to odnośnie przebiegu temperatury i opadów w Poznaniu Kowalski (1992), wykazuje występowanie bardzo słabego spadku DMI od 1850 do ~1875 r. (wzrost suchości), po którym następuje długotrwały, bardzo słaby, nieznacznie wyższy od zera niemal liniowy wzrost, trwający do pierwszych lat 90. XX wieku. Od tego momentu rozpoczyna się ponowny, coraz szybszy spadek wartości DMI, wskazujący na postępujący wzrost suchości klimatu.

Opisany wielomianem 5-stopnia przebieg DMI w Poznaniu objaśnia znikomy odsetek wariancji DMI (statystycznie nieistotny) i może być traktowany jedynie jako bardzo



Rys. 5. Zróżnicowanie amplitudy międzyrocznej w przebiegu *DMI* w Poznaniu w latach 1850-2024. Linia pozioma – wartość średniej wieloletniej *DMI* (27,80).

Fig. 5. Interannual amplitude variation in the *DMI* course in Poznań in the years 1850-2024. Horizontal line – long-term mean value of *DMI* (27,80).

zgeneralizowany obraz ujawniający długookresowe tendencje zmian stopnia suchości klimatu w Poznaniu (rys. 4). Zakres zmian rocznych wartości *DMI* w tym dopasowaniu jest minimalny – zmniejsza się wraz z upływem czasu od $\sim 29,6$ do $\sim 24,8$. Zmiany te mieszczą się w granicach jednej kategorii suchości klimatu – w przedziale klimatu umiarkowanie suchego według Pellicone i in. (2019) albo w przedziale klimatu półwilgotnego według gradacji de Martonne'a (1926b; 1926c; 1942).

Segmentacja przebiegu długookresowego wykazuje, że w poszczególnych odcinkach czasowych znajduje się okresy, w których wartości trendu liniowego *DMI*, dodatnie bądź ujemne, stają się statycznie istotne. Najdłuższy taki okres przypada na lata 1993-2022, w którym występuje statystycznie istotny ($p = 0,013$) ujemny trend *DMI* równy $-0,28(\pm 0,11)$ jednostek na rok. Okres ten z dobrym przybliżeniem pokrywa się z ujawniającym się w dopasowaniu wielomianowym okresem wzrostu stopnia suchości od początku lat 90. XX wieku. Istotne trendy, wykryte w innych, różnej długości okresach, są niestabilne – wystarczy przesunięcie w czasie o 1-3 lata początku lub końca takiego okresu, a oszacowane wartości trendu stają się nieistotne. Na przykład w przedłużonym o dwa lata okresie 1993-2024 występuje wyraźnie słabszy trend ujemny $-0,21(\pm 0,10)$ jednostek na rok, zbliżający się do granicy istotności statystycznej ($p = 0,046$).

Analizując zróżnicowanie amplitudy międzyrocznych zmian *DMI*, można zauważyć, że w całym przebiegu wyróżniają się trzy okresy: 1850-1875, 1876-1938 i 1939-2024,

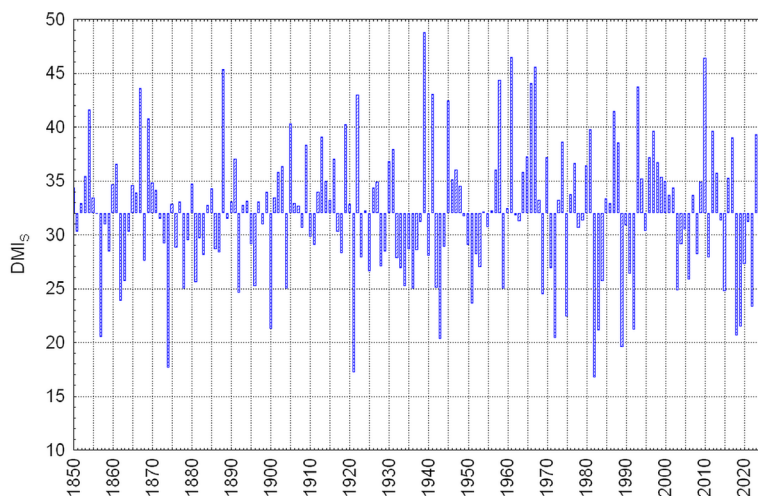
różne pod względem zakresu zmienności (rys. 5). Okres lat 1876-1938 charakteryzuje się zmniejszoną amplitudą zmienności międzyrocznej *DMI* w stosunku do okresu poprzedzającego i następnego. Różnice między średnimi *DMI* w wyróżnionych trzech okresach są jednak statystycznie nieistotne.

Dyskusja wyników

Wyniki analizy przebiegu zmienności wskaźnika suchości klimatu de Martonne'a w Poznaniu pozwalają na sformułowanie kilku wniosków, ale i zmuszają do poważnej refleksji. Można uważać, jak już wcześniej wzmiankowano, że pod względem uwilgotnienia klimat Poznania mieści się w kategorii klimatu umiarkowanie suchego, o przeciętnie ujemnych wartościach klimatycznego bilansu wodnego. Analiza przebiegu zmienności *DMI* w Poznaniu wykazuje, że w ciągu rozpatrywanych 175 lat ta cecha klimatu, jaką jest niskie uwilgotnienie albo znaczny stopień jego suchości, nawet uwzględniając pewien wzrost suchości w ciągu ostatnich około 30 lat (rys. 4), zachowuje się nad wyraz stabilnie.

Średni wieloletni *DMI* w Poznaniu w latach 1850-2024 jest równy $27,80(\pm 0,41)$, co oznacza, że średnia wieloletnia wartość *KBW* obliczona z wartości *DMI* (równanie w ramce na rys. 1) powinna być równa ~ -122 mm. Średnia roczna wartość *KBW* na stacji Poznań, obliczona jako różnica między zmierzoną roczną sumą opadów w Poznaniu i roczną sumą parowania uzyskaną metodą Ivanova dla okresu 1951-2020, jest równa $-115,5$ mm, a odchylenie standardowe jest znacznie większe od tej średniej ($\sigma = 188,8$). Tak więc wartości *KBW* obliczone z wartości *DMI* i danych pomiarowych są bardzo bliskie sobie. Jeśli uwzględnić wartości standardowych błędów estymacji, nie można odrzucić hipotezy, że są one sobie równe. Porównanie parowania obliczonego metodą Ivanova na stacji Wrocław-Strachowice z parowaniem potencjalnym zmierzonym na stacji Wrocław-Swojec (Bryś i in. 2022) wykazało, że metoda Ivanova pozwala na oszacowanie rozmiarów rocznego parowania potencjalnego z dobrą (11-12%) dokładnością. Tym niemniej, rysująca się kwestia „trwale” ujemnego bilansu wodnego w Poznaniu wymaga rozważnej dyskusji.

Uzyskane wyniki wskazują, że przeciętny roczny deficyt wody oszacowany według *DMI* wynosi w Poznaniu około 120 mm w roku, co stanowi około 20% rocznej sumy opadów. Nawet mając na względzie brak trendu wieloletniego w przebiegu *DMI*, stale (klimatycznie) występujący niedobór opadów względem parowania rzędu 120 mm w roku, a więc niemal dwukrotnie przekraczający standardowy błąd estymacji *KBW*, powinien doprowadzić do stopniowej kumulacji niedoborów wody – i w rezultacie – do

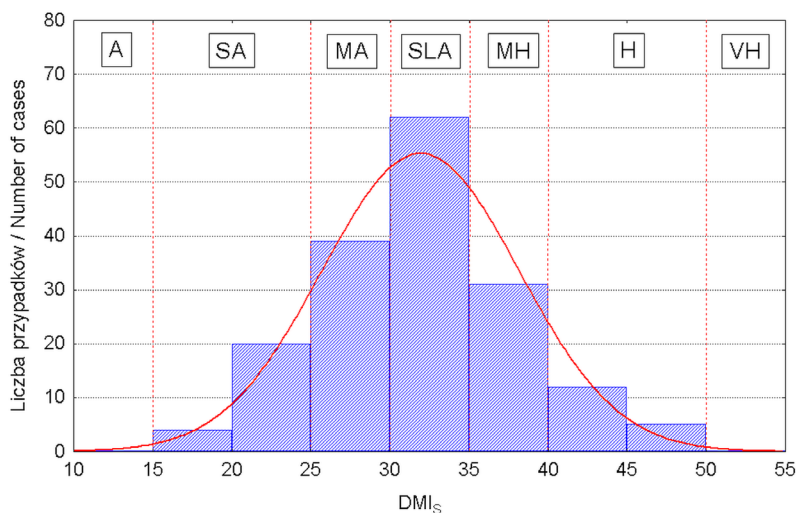


Rys. 6. Przebieg skorygowanych wartości wskaźnika suchości klimatu de Martonne'a (DMI_s) w Poznaniu w latach 1850-2024. Średnia wieloletnia $DMI_s = 31,97$.

Fig. 6. Course of the corrected values of the de Martonne climate aridity index (DMI_s) in Poznań in the years 1850-2024. Long-term mean value of $DMI_s = 31.97$.

„wysychania” Wielkopolski. Ten całkowicie logiczny wniosek nie znajduje potwierdzenia w zwykłej obserwacji „wielkopolskiej rzeczywistości”. Las na obszarze Wielkopolski odnawia się samoistnie, co było doskonale widoczne w latach 90. XX wieku na wieloletnio ugorowanych gruntach ornych po byłych Państwowych Gospodarstwach Rolnych.

Klimatyczny Bilans Wodny oblicza się jako $P - Ev$. Wartość P (rocznych sum opadów) obarczona jest błędem systematycznym (np. Chomicz 1976; Gutry-Korycka 1985; Kędziora 1999, 2008). Błąd ten ma znak ujemny – zmierzona suma opadów jest mniejsza od rzeczywistej sumy opadów. Błąd może być szacowany jako wartość odsetka niedoboru opadu zmierzonego względem sumy opadu rzeczywistego (wyrażony w %). Wartość ta może być traktowana jako stała lub jako zmieniająca się w funkcji różnych czynników (np. wysokości nad poziom morza, rozmiaru sumy opadów, pory roku, etc.; np. Korolec, Ziaja 1984; Danielak, Lenart 1991). Na obszarze Wielkopolski, mało zróżnicowanym hipsometrycznie, Kędziora (2008) szacuje, że roczny opad rzeczywisty jest większy o ~15% od zmierzonej sumy opadów rocznych. Podobnie dzieje się z rozmiarem parowania. Ze względu choćby na infiltrację i okresową niedostępność wody dla procesów parowania, realne roczne parowanie terenowe (Ev_T , mm) jest mniejsze od mierzonego parowania potencjalnego. Z opracowania Kędziory (2008) można oszacować, że dla powierzchni „nie wodnych” w środkowej Wielkopolsce jest ono średnio mniejsze o nie mniej niż 15% od wyliczonego metodą Ivanova parowania potencjalnego (Ev : 636 mm, Ev_T : ~530 mm).

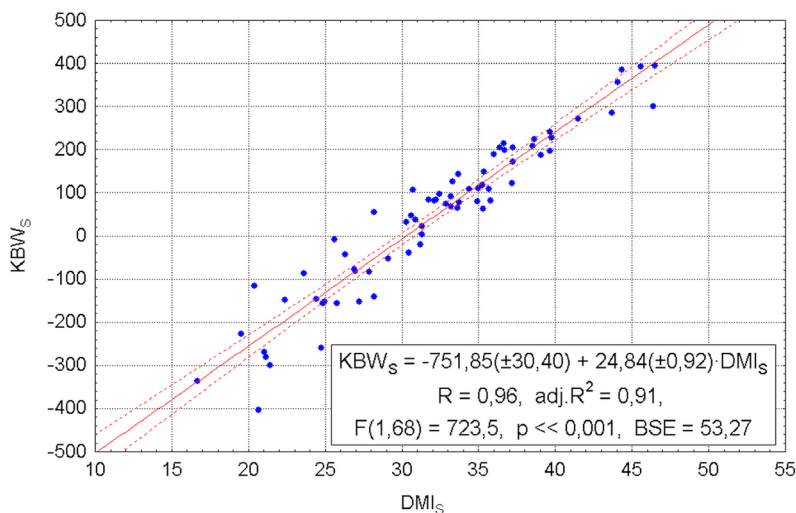


Rys. 7. Rozkład przypadków (co pięć jednostek) występowania w Poznaniu w latach 1850-2024 określonych kategorii skorygowanego stopnia suchości klimatu (DMI_s). Oznaczenia literowe DMI według klasyfikacji Pellicone i in. (2019): A – suchy, SA – półsuchy, MA – umiarkowanie suchy, SLA – lekko (łagodnie) suchy, MH – umiarkowanie wilgotny, H – wilgotny, czerwona linia – oczekiwanie normalne.

Fig. 7. Distribution of cases (every 5 units) of occurrence of specific climate aridity corrected categories (DMI_s) in Poznań in the years 1850-2024. DMI letter symbols according to the Pellicone et al. (2019) classification: A – arid, SA – semi-arid, MA – moderately arid, SLA – slightly-arid, MH – moderately-humid, H – humid, red line – expected normal.

Jokiel (2007) szacuje rozmiar rocznego parowania terenowego dla obszarów otoczenia Łodzi na niemal taką samą wartość jak Kędziora – 622 mm – zwracając przy tym uwagę na relatywnie niewielkie zróżnicowanie przestrzenne wartości Ev_T .

Można zatem w przybliżeniu oszacować wartości DMI dla Poznania, stosując skorygowaną sumę opadu, jak i KBW , przyjmując skorygowaną sumę opadu (+15%) oraz korygując wartości Ev obliczone metodą Ivanova (–15%), a następnie zbadać, jak kształtują się związki między tak obliczonymi DMI i KBW . Obie wartości będą oznaczane z dolnym indeksem S (skorygowane). Wprowadzona takiego rodzaju korekta danych jest nieliniowa – w wartościach bezwzględnych zwiększa ona bardziej sumy opadów w latach o dużych sumach niż w latach o niewielkim opadzie rocznym. To samo dzieje się ze „skorygowanymi” wartościami Ev – w latach o bardzo wysokich wartościach parowania oszacowanych metodą Ivanova wartości Ev zostaną silniej zmniejszone niż w latach, w których wartości Ev były mniejsze. To ostatnie może zbliżać przeprowadzoną „korektę” parowania terenowego (Ev_T) do rzeczywistości, gdyż w latach o bardzo dużym parowaniu zaznaczają się większe niedobory wody możliwej do odparowania.



Rys. 8. Związek między skorygowanymi wartościami wskaźnika suchości klimatu de Martonne'a (DMI_s) i skorygowanym klimatycznym bilansem wodnym (KBW_s ; mm rok⁻¹) w Poznaniu (1951-2020).

Fig. 8. Relationship between corrected de Martonne's climate aridity index (DMI_s) values and corrected climatic water balance (KBW_s ; mm year⁻¹) in Poznań (1951-2020).

Obliczona „skorygowana” średnia wieloletnia (1850-2024) wartość DMI w Poznaniu jest równa $31,97(\pm 0,47)$, a jej odchylenie standardowe (σ) równe $6,23^2$. Obliczona „kontrolna” wartość DMI_s dla okresu 1951-2020 jest równa $32,19(\pm 0,0830)$, a jej $\sigma = 6,94$. Oznacza to, że klimat Poznania pod względem jego stopnia suchości według de Martonne'a faktycznie mieści się w kategorii klimatu lekko (łagodnie) suchego.

Przebieg „skorygowanych” wartości DMI w Poznaniu przedstawiono na rysunku 6. W przebiegu DMI_s nie występuje trend ($+0,00129(\pm 0,00935)$; $p = 0,891$), a rozkład wartości DMI_s w poszczególnych kategoriach suchości klimatu (rys. 7) zmienił się istotnie w stosunku do rozkładu DMI przedstawionego na rysunku 2. Najważniejszymi cechami zmiany rozkładu jest przesunięcie maksimum frekwencji wartości DMI_s z przedziału 25-30 (klimat umiarkowanie suchy) do przedziału 30-35 (klimat lekko (łagodnie) suchy) oraz pojawienie się słabej asymetrii w rozkładzie przypadków (skośność 0,089, kurtoza 0,052).

Związki DMI_s ze skorygowanym klimatycznym bilansem wodnym (KBW_s) są nieznacznie silniejsze ($r = 0,96$) niż związki nieskorygowanego DMI z „surowym” (nieskory-

² Średnia wieloletnia skorygowana suma opadów rocznych (1850-2024) w Poznaniu jest równa $588(\pm 8,5)$ mm, w rozkładzie zdecydowanie dominują lata o sumach opadów skorygowanych 500-600 i 600-700 mm (łącznie ~64%).

gowanym) KBW (rys. 8). Zmienność DMI_s objaśnia 91% wariancji KBW_s w 50-leciu 1951-2020. Z równania na rysunku 8 (w ramce) wynika, że wartości $DMI_s = \sim 30,27$ odpowiada wartość $KBW_s = 0,0$ ($P = Ev$).

Uwzględniając dokładność obliczeń, można wartość DMI_s zaokrąglić do 30,0. Oznacza to, że w tych latach, w których DMI_s jest większy od 30, roczny bilans wodny w Poznaniu staje się dodatni, a kategoria stopnia suchości klimatu, określona mianem „klimat lekko (łagodnie) suchy” (slightly-arid, SLA: $30,0 \leq DMI < 35,00$), charakteryzuje się już dodatnim, choć niezbyt dużym klimatycznym bilansem wodnym.

W takiej sytuacji, na podstawie rozkładu przypadków wartości DMI_s , można stwierdzić, że w badanym 175-leciu wystąpiły w Poznaniu łącznie 63 przypadki (lata; 36%) o ujemnym bilansie wodnym ($DMI_s < 30$) i 111 przypadków (lat) o dodatnim klimatycznym bilansie wodnym. Średnia wieloletnia (1850-2024) wartość DMI_s jest równa około 32. Daje to przeciętną w 175-leciu wartość skorygowanego KBW równą $\sim +43$ mm. Jest to wartość mniejsza od granicy dokładności obliczeń ($BSE \sim 53$ mm).

Wnioski

Prosty w obliczeniach i mało wymagający pod względem zbioru danych wyjściowych, wskaźnik suchości klimatu de Martonne’a pozwala na łatwą charakterystykę warunków hydroklimatycznych. Z wartości DMI można, w równie prosty sposób, uzyskać orientacyjną, ale wiarygodną, informację o rozmiarze klimatycznego bilansu wodnego w danym roku kalendarzowym. Warunkiem uzyskania wyników zbliżonych do rzeczywistości jest posługiwanie się przy obliczaniu DMI skorygowaną sumą opadów rocznych. Sprawdzenie, czy przedstawione zależności (w ramach rys. 1 i rys. 8) są słuszne również dla innych niż Poznań stacji, pozwoliłoby na wyjaśnienie, czy przedstawioną metodę szacowania KBW z wartości DMI można stosować szerzej.

Oszacowana średnia wieloletnia wartość rocznego klimatycznego bilansu wodnego (KBW_s) w Poznaniu, równa około +43 mm, oraz brak trendu w szeregu DMI wyjaśniają, że immanentną cechą hydroklimatu tego miasta jest balansowanie wokół zerowej granicy KBW . Każde obniżenie się rocznych sum opadów poniżej średniej wieloletniej lub/i istotny wzrost temperatury rocznej spowoduje obniżenie się wartości DMI poniżej 30, co sygnalizuje przejście KBW w Poznaniu do wartości ujemnej. Szczególnie duży spadek wartości DMI i KBW nastąpi w latach, w których jednocześnie dojdzie do wzrostu temperatury i spadku sum opadów rocznych.

Zmienność rocznej temperatury powietrza i rocznych sum opadów na stacjach Wielkopolski wykazuje w latach 1951-2020 wysoce istotne skorelowanie ze zmienno-

ścią tych elementów meteorologicznych w Poznaniu. Korelacje temperatury rocznej w Poznaniu ze stacjami położonymi na południe od Pradoliny Noteci-Warty (Koło, Kalisz, Leszno, Słubice, Wielichowo, Wieluń) w tym okresie są równe 0,97-0,98 ($p < 0,001$). Korelacje z rocznymi sumami opadów są słabsze ($\sim 0,6-0,7$), ale pozostają wysoce istotne. Oznacza to, że wartości *DMI* i cechy ich zmienności opisane w Poznaniu można uważać za typowe dla obszaru Wielkopolski.

W tym aspekcie, wnioski jakie wynikają z badań Ilnickiego i in. (2012a, 2012b), że na obszarze Wielkopolski „stepowienie” nie postępuje, wydają się być uzasadnione. W długookresowym przebiegu wskaźnika suchości nie występuje trend, który wskazywałby na postępujące „osuszanie” klimatu. W opisanych warunkach ewentualne przejście krajobrazu Wielkopolski ze strefy klimatyczno-roślinnej lasów mieszanych klimatu umiarkowanego do strefy klimatyczno-roślinnej lasostepu lub stepu strefy umiarkowanej nie jest możliwe. W związku z tym, używanie opisowego terminu „stepowienie” dla charakterystyki warunków klimatycznych Wielkopolski nie ma uzasadnienia.

Kształtowanie się stepu czy lasostepu jako strefy krajobrazowej ma szersze, fizyczno-geograficzne i ekologiczne, przyczyny niż tylko klimatyczne. Wobec możliwości zakorzeniania się kielkujących wiosną nasion drzew oraz wykorzystywania zasobów wilgoci gruntowej przez drzewa w okresach niedoboru wody opadowej, zbiorowiska leśne, wszędzie tam, gdzie pozwoli na to gospodarka człowieka, pozostaną trwałym elementem krajobrazu Wielkopolski.

L i t e r a t u r a

- Baltas E., 2007, Spatial distribution of climatic indices in northern Greece, *Meteorological Applications*, 14, 69-78, DOI: 10.1002/met.7.
- Banaszak J. (red.), 2003, Stepowienie Wielkopolski – pół wieku później, Wydawnictwo Akademii Bydgoskiej im. Kazimierza Wielkiego, Bydgoszcz, 266 s.
- Bąk B., 2003, Warunki klimatyczne Wielkopolski i Kujaw, *Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie*, 3 (9), 11-38.
- Bryś K., Bryś T., Marsz A.A., Styszyńska A., 2022, Zmierzone parowanie potencjalne we Wrocławiu a parowanie obliczone metodą Iwanowa (1951-2020), *Annales UMCS. Sec. B.*, 77, 131-148, DOI: 10.17951/b.2022.77.131-148.
- Chomicz K., 1976, Opady rzeczywiste w Polsce, *Przegląd Geofizyczny*, 21 (1), 19-25.
- Czarnowski M., 1956, O możliwości odwrócenia procesu stepowienia Wielkopolski przy pomocy pasów przeciwwietrznych, *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych*, 7, 79-82.
- Czubiński Z., 1964, Stepowienie Wielkopolski w świetle faktów botanicznych, *Zeszyty Naukowe UAM, Geografia*, 52 (5), 19-22.

- Czyżyk K., 2017, Przestrzenne zróżnicowanie cech naturalnego odnowienia sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris* L.) w rębni zupełnej, *Acta Scientiarum Polonorum Formatio Circumiectus*, 16 (2), 59-70.
DOI: 10.15576/ASP.FC/2017.16.2.59.
- Danielak D., Lenart W., 1991, Ocena składowych bilansu wodnego w Mazowieckim Obserwatorium Geograficznym Uniwersytetu Warszawskiego w Murzynowie k. Płocka, *Prace i Studia Geograficzne*, 12, 225-237.
- de Martonne E., 1925, *Traité de géographie physique: Notions Générales – Climat, Hydrographie*, Librairie Armand Colin, Paris, tom 1, 496 s.
- de Martonne E., 1926a, Aréisme et Indice d'aridité, *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, Paris, 182, 1395-1398.
- de Martonne E., 1926b, L'indice d'aridité, *Bulletin de l'Association de géographes français*, N°9, 3e année, mai 1926, 3-5.
- de Martonne E., 1926c, Une nouvelle fonction climatologique: l'Indice d'Aridité, *La Météorologie*, LXVIII, 19 (Nouvelle Serie, Octobre 1926), 449-458.
- de Martonne E., 1927, Regions of Interior-Basin Drainage, *Geographical Review*, 17, 3 (Jul., 1927), 397-414.
- de Martonne E., 1935, Problème des régions arides sud-américaines, *Annales de Géographie*, 44 (247), 1-27.
- de Martonne E., 1942, Nouvelle carte mondiale de l'indice d'aridité, *Annales de Géographie, Société de géographie*, 51, 288 (Octobre-Décembre), 241-250.
- de Martonne E., Aufrère L., 1928, L'extension des régions privées d'écoulement vers l'océan, *Annales de Géographie*, 37, 205, 1-24.
- Gutry-Korycka M., 1985, Struktura naturalnego bilansu wodnego Polski (1931-1960), *Prace i Studia Geograficzne*, 7, 91-134.
- Ilnicki P., Farat R., Górecki K., Lewandowski P., 2012a, Mit stepowienia Wielkopolski w świetle wieloletnich badań obiegu wody, *Wyd. Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu*, Poznań, 398 s.
- Ilnicki P., Farat R., Górecki K., Lewandowski P., 2012b, Wielkopolska nie stepowieje, *Wiadomości Melioracyjne i Łąkarskie*, 55 (4), 152-158.
- Ivanov N.N., 1958, Atmosfernoje uwlażnenije tropičeskikh i sopredelnykh stran zemnogo šara, *Izvestiya Vsesoyuznogo Geografičeskogo Obščestva*, 90 (5), 410-425.
- Jokiel P., 2007, Zmiany, zmienność i ekstremalne sumy parowania terenowego i ewapotranspiracji potencjalnej w Łodzi w drugiej połowie XX wieku, *Acta Universitatis Lodziensis, Folia GeographicaPhysica*, 8, 63-86.
- Kasprzak K., 2014, Wielkopolski mit, [w:] *Zaopatrzenie w wodę, jakość i ochrona wód*, Politechnika Poznańska, Poznań, 59-65.
- Kędziora A., 1999, *Podstawy agrometeorologii*, Państwowe Wydawnictwo Rolnicze i Leśne, Warszawa, 364 s.

- Kędziora A., 2008, Bilans wodny krajobrazu konińskich kopalni odkrywkowych w zmieniających się warunkach klimatycznych, *Roczniki Gleboznawcze*, 59 (2), 104-118.
- Kolendowicz L., Czernecki B., Pórolniczak M., Taszarek M., Tomczyk A.M., Szyga-Pluta K., 2019, Homogenization of air Temperature and its long-term trends in Poznań (Poland) for the period 1848-2016, *Theoretical and Applied Climatology*, 136, 1337-1370, DOI: 10.1007/s00704-018-2560-z.
- Kowalczak P., Farat R., Kępińska-Kasprzak M., Kuźnicka M., Magier P., 1997, Hierarchia potrzeb obszarowych małej retencji, *Materiały Badawcze IMGW, Seria Gospodarka Wodna i Ochrona Wód*, 19, 1-91.
- Kowalski K., 1992, Tendencje sekularnych zmian klimatu w Poznaniu, *Badania Fizjograficzne nad Polską Zachodnią*, 45, Ser. A – Geografia fizyczna, 115-130.
- Korolec M., Ziaja M., 1984, Wpływ korekty opadów na wielkość błędu zamknięcia szczegółowych bilansów wodnych, *Zeszyty Problemowe Postępu Nauk Rolniczych*, 288, 229-235.
- Kożuchowski K.M., 2013, Ocena higroklimatycznych warunków wegetacji w Polsce, *Monitoring Środowiska Przyrodniczego*, 14, 103-111.
- Lambor J., 1954, Stepowanie środkowych obszarów Polski, *Prace PIHM*, 34, 1-48.
- Lambor J., 1956, Potencjalne możliwości stepowania w Polsce, *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych*, 7, 51-64.
- Marsz A.A., Styszyńska A., 2021, Inercja rocznego odpływu całkowitego rzek Polski względem międzyrocznej zmienności przebiegu elementów klimatycznych, *Badania Fizjograficzne*, R. XII, Seria A – Geografia Fizyczna (A71-72), 159-179, DOI: 10.14746/bfg.2021.12.9.
- Marsz A.A., Styszyńska A., Sobkowiak L., Wrzesiński D., 2022, Causes and course of climate change and its hydrological consequences in the Greater Poland region in 1951-2020, *Quaestiones Geographicae*, 41 (3), 183-206, DOI: 10.2478/quageo-2022-0033.
- Mielczarska K., Szymanowski M., 2021, Kondycja drzewostanów w Polsce – uwarunkowania i metody badań, *Prace i Studia Geograficzne*, 66 (2), 83-118, DOI: 10.48128/pisg/2021-66.2-06.
- Miler A.T., 2016, Próba oceny czynników hydrometeorologicznych wpływających na wielkość wydzielającego się posuszu na obszarze lasu łęgowego Uroczyska Warta, *Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich*, II (2), 491-500.
- Narkiewicz-Jodko J., 1959, O przyczynach stepowania Wielkopolski i roli zadrzewień śródpolnych w krajobrazie rolniczym, *Ekologia Polska*, Seria B, 5 (4), 307-312.
- Okolowicz W., 1969, *Klimatologia ogólna*, PWN, Warszawa, 395 s.
- Pellicone G., Caloiero T., Guagliardi I., 2019, The De Martonne aridity index in Calabria (Southern Italy), *Journal of Maps*, 15 (2), 788-796.
- Smosarski W., 1925, Temperatura i opady w Wielkopolsce, *PTPN, Prace Komisji Matematyczno-Przyrodniczej*, Ser. A, 21, 75-176.
- Smosarski W., 1938, Długotrwałe wahania klimatyczne w Poznaniu, *Roczniki Nauk Rolniczych i Leśnych*, Poznań, 44, 323-330.

- Schmuck A., 1959, Zarys klimatologii Polski, PWN, Warszawa, 160 s.
- Tamulewicz J., Woś A., 1994, Zmiany cech stosunków termicznych powietrza w Poznaniu w przekroju wieloletnim (1848-1990), *Badania Fizjograficzne nad Polską Zachodnią*, 45, Ser. A - Geografia Fizyczna, 93-103.
- WMO – World Meteorological Organization and Global Water Partnership, 2016, *Handbook of Drought Indicators and Indices* (M. Svoboda and B.A. Fuchs). Integrated Drought Management Programme, Integrated Drought Management Tools and Guidelines Series 2. Geneva, 52 s.
- Wodiczko A., 1947, Stepowienie Wielkopolski, Cz.1, PTPN, Prace Komisji Matematyczno-Przyrodniczej, Poznań, Ser. B, 10 (4), 1-96 (139-234).
- Wojtkowiak R., 2020, Zaczniemy wreszcie walczyć ze stepowieniem Wielkopolski, *Technologia Wody*, 5 (73), 44-46.
- Wrzesiński D., Marsz A., Sobkowiak L., Styszyńska A., 2022, Response of Low Flows of Polish Rivers to Climate Change in 1987-1989, *Water*, 14; 2780, DOI: 10.3390/w14182780.
- Żurawski M., 1972, Procesy stepowienia w Wielkopolsce na tle wybranych elementów środowiska geograficznego, [w:] *Studia z geografii fizycznej*, S. Kozarski (red.), PTPN, Prace Komisji Geograficzno-Geologicznej, Poznań, 13 (1), 253-263.

S t r e s z c z e n i e

W pracy przedstawiono przebieg wskaźnika suchości klimatu de Martonne'a (*DMI*) w Poznaniu w latach 1850-2024. Stwierdzono brak istotnego trendu w przebiegu *DMI* w ciągu badanego wielolecia. Przebieg *DMI* wykazuje wysoce istotny związek z przebiegiem klimatycznego bilansu wodnego (*KBW*) w Poznaniu obliczonego metodą Ivanova. Przeciętnej wieloletniej wartości *DMI* odpowiada ujemna wartość -122 mm rocznego *KBW*. Ponieważ w Poznaniu nie zauważa się postępującego niedoboru wody, obliczono skorygowane wartości *DMI* oraz *KBW*. Skorygowana roczna wartość *KBW* w Poznaniu jest równa +43 mm, a wartość *DMI* - 31,93 (klimat lekko (łagodnie) suchy). Wyjaśnia to, że w roku, w którym suma opadów rocznych jest mniejsza od średniej wieloletniej lub/ oraz temperatura roczna jest wyższa od średniej, wystąpi w Poznaniu (i w Wielkopolsce) ujemny *KBW*.

Słowa kluczowe: Poznań, wskaźnik suchości klimatu de Martonne'a, klimatyczny bilans wodny, skorygowany klimatyczny bilans wodny

S u m m a r y

The paper presents the course of the de Martonne aridity index (*DMI*) in Poznań in the years 1850-2024. No significant trend in the course of the *DMI* was found during the studied multi-year period. The course of the *DMI* shows a highly significant relationship with the course of the climatic water

balance (*KBW*) in Poznań calculated using the Ivanov method. The average multi-year *DMI* value corresponds to a negative value of -122 mm of annual *KBW*. Since no progressive water shortage is observed in Poznań, corrected *DMI* and *KBW* values were calculated. The corrected annual *KBW* value in Poznań is equal to +43 mm, and the *DMI* value is 31.93 (slightly-arid climate). This explains that in a year in which the sum of annual precipitation is lower than the multi-year average and/or the annual temperature is higher than the average, a negative *KBW* will occur in Poznań (and in Greater Poland region).

Key words: Poznań, de Martonne aridity index, climatic water balance, corrected climatic water balance.