



Wieloletnie tendencje warunków klimatycznych w Szymbarku na podstawie wybranych wskaźników

Long-term climatic trends in Szymbark (Poland), based on selected indicators

Witold Bochenek • Małgorzata Kijowska-Strugała • Krzysztof Kiszka

Instytut Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania im. Stanisława Leszczyckiego PAN

Stacja Badawcza w Szymbarku

38-311 Szymbark 430

Witold.Bochenek@zg.pan.krakow.pl • mkijowska@zg.pan.krakow.pl • kiskak@zg.pan.krakow.pl

Zarys treści. Analiza wieloletnich zmian warunków klimatycznych została przeprowadzona na podstawie danych Stacji Badawczej IGiPZ PAN w Szymbarku (Karpaty Zachodnie) z okresu 1971–2015 z wykorzystaniem wybranych wskaźników klimatycznych. Badania wykazały intensyfikację cech klimatu kontynentalnego. Odnotowano trend wzrostowy średniej rocznej temperatury powietrza (0,4°C/10 lat) przy jednoczesnym wzroście sumy opadów atmosferycznych (16 mm/10 lat). Skutkiem obserwowanych tendencji wieloletnich jest coraz częstsze występowanie miesięcy ciepłych i wilgotnych, szczególnie w okresie letnim i zmniejszenie się liczby miesięcy chłodnych i suchych. Na wielkość i tendencje wskaźników klimatycznych w większym stopniu wywiera wpływ wzrost temperatury powietrza niż wzrost sum opadów.

Słowa kluczowe: temperatura powietrza, opady atmosferyczne, wskaźniki klimatyczne, Szymbark, Karpaty Zachodnie.

Wstęp

Warunki klimatyczne są jedną z najważniejszych determinant wpływających na funkcjonowanie środowiska przyrodniczego, w tym możliwości rozwoju różnych form gospodarowania ziemią (Theurillat i Guisan, 2001; De Salamanca i inni, 2016; Ma i inni, 2016). Podstawową cechą klimatu jest jego nieustanna zmienność, która wynika z oddziaływania sprzężonych ze sobą licznych czynników zewnętrznych (Mayewski i inni, 2004; Barnett i inni, 2005; Niedźwiedz i inni, 2009). Istotne znaczenie ma również insolacja. Odmienna zdolność oceanów oraz kontynentów do gromadzenia i przekazywania ciepła do atmosfery przyczynia się do powstawania mas powietrza o zróżnicowanych właściwościach (Niedźwiedz i inni, 2009; Kotas i Twardosz, 2012; Wójcik i Miętus, 2012).

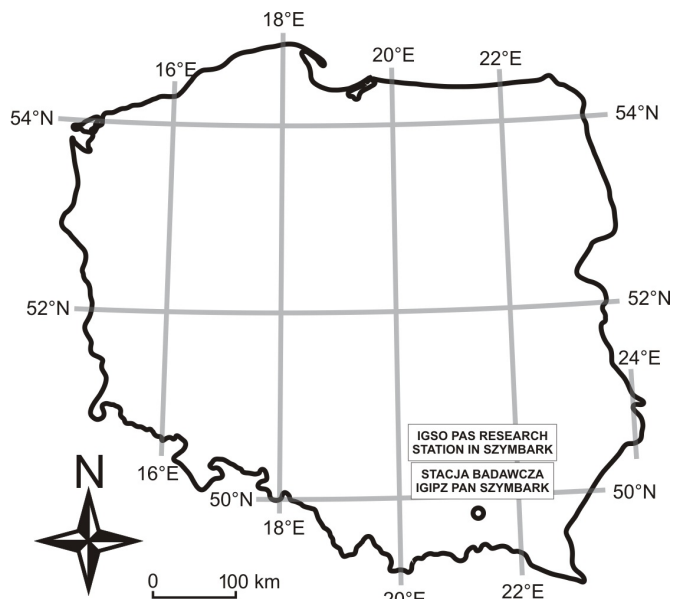
Obserwowane zmiany w systemie klimatycznym w skali globalnej są szczególnie widoczne w przebiegu temperatury powietrza, która od 40 lat, choć niere-

gularnie w czasie i przestrzeni, rośnie (Kundzewicz, 2011; Blunden i Arndt, 2016). Pomimo, że tendencje zmian opadów atmosferycznych nie są już tak jednoznaczne, globalne ocieplenie powoduje zmiany zasobów wodnych (Kundzewicz, 2008). Powyższe zmiany skłaniają do głębszej analizy zmienności warunków klimatycznych w skali lokalnej, zwłaszcza w obszarach górskich, które są szczególnie wrażliwe i podatne na zmiany klimatu (Hess i inni, 1977; Obrębska-Starkłowa i inni, 1994; Kijowska, 2010; Bochenek, 2016).

Celem niniejszego opracowania jest przedstawienie wieloletniej (1971–2015) zmienności warunków klimatycznych w pogórsko-beskidzkim obszarze Karpat Zachodnich (południowo-wschodnia Polska) w oparciu o wybrane wskaźniki, obliczone na podstawie średnich rocznych i miesięcznych wartości temperatury powietrza oraz sum opadów atmosferycznych. Wskaźniki klimatyczne są pomocne przy interpretacji zjawisk i procesów występujących w geoekosystemach, a także pozwalają na porównywanie zmian pojedynczych elementów klimatu lub ich grup (Blunden i Arndt, 2016).

Obszar badań

Ocenę warunków klimatycznych przeprowadzono na podstawie danych ze Stacji Badawczej Instytutu Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania Polskiej Akademii Nauk (IGiPZ PAN) w Szymbarku, położonej w zlewni Bystrzanki, na granicy Beskidu Niskiego i Pogórza Ciężkowickiego w Karpatach Zachodnich (Starkel, 1972) (ryc. 1). Obszar ten charakteryzuje rzeźba niskich i średnich grzbietów beskidzkich oraz pogórskich (Kotarba, 1970; Starkel, 1972) o deniwelacjach od 300–750 m n.p.m. (Gil, 1994). Podstawową prawidłowością charakteryzującą okolice Szymbarku jest piętrowość zjawisk klimatycznych (Obrębska-Starkłowa, 1973). Według charakterystyki klimatycznej M. Hessa (1965) występują tu piętra klimatyczne: umiarkowanie chłodne ($4,0^{\circ}\text{C} < T_r \leq 6,0^{\circ}\text{C}$, gdzie T_r – średnia roczna temperatura powietrza) i umiarkowanie ciepłe ($6,0^{\circ}\text{C} < T_r \leq 8,0^{\circ}\text{C}$), między którymi granica przebiega na wysokości 570 m n.p.m. W podziale Polski na regiony klimatyczne E. Romera (1949), obszar ten jest położony w strefie granicznej między typem klimatu „zaczysy śródgórskich” i „klimatu górskiego”, według regionalizacji W. Okołowicza i D. Martyn (1979) obszar zaliczono do regionu „karpackiego”, zaś według A. Wosia (2010) obszar zlewni jest położony w regionie „górkim”. Szymbark położony jest w piętrze klimatu umiarkowanie ciepłego, a jedynie wierzchołki grzbietów górskich znajdują się w piętrze umiarkowanie chłodnym (Hess, 1965; Obrębska-Starkłowa, 1973; Hess i inni, 1977). Izoterma 6°C , przyjmowana za granicę pomiędzy piętrami, przebiega na wysokości około 600 m n.p.m.



Ryc. 1. Położenie Stacji Badawczej IGIPIZ PAN w Szymbarku

Location of the IGSO PAS Research Station in Szymbark

Opracowanie własne / Authors' own elaboration.

Metodyka

W opracowaniu wykorzystano dane meteorologiczne ze Stacji Badawczej IGIPIZ PAN w Szymbarku ($\phi=49^{\circ}38'04''$ N, $\lambda=21^{\circ}07'08''$ E, $h=325$ m n.p.m.) za lata 1971–2015. Należy zaznaczyć, że wyniki punktowych pomiarów uzyskują wartość wówczas, gdy znana jest ich relacja do pomiarów w sąsiednich stacjach. W opracowaniu W. Bochenka (2007) przeprowadzono szczegółową analizę sum opadów ze Stacji IGIPIZ PAN względem 26 posterunków opadowych, położonych w odległości do 40 km względem omawianego punktu opadowego, z której wynika, że na 19 posterunkach opadowych odchylenia średnich rocznych sum opadów względem omawianego posterunku nie przekroczyły 10%. Zatem analizowane dane opadowe ze Stacji IGIPIZ PAN w Szymbarku mogą stanowić podstawę analizy warunków pluwialnych dla szerszego obszaru.

Do analizy wykorzystano średnią dobową temperaturę powietrza i dobową sumę opadów atmosferycznych. Temperaturę powietrza, w całym okresie badawczym, odczytywano z termometru rtęciowego zlokalizowanego w klatce meteorologicznej na wysokości 2 m n.p.g., a wysokość opadów atmosferycznych mierzona była przy użyciu deszczomierza Hellmanna (1 m n.p.g). W celu kompleksowej analizy zmian klimatycznych w Szymbarku w pracy zastosowano następujące wskaźniki:

1. oceanizmu termicznego (O_c) A. Marsza, (1995), obliczany wg formuły:

$$O_c = \frac{0,7317 \cdot \varphi + 1,767}{A}$$

gdzie: φ – szerokość geograficzna w stopniach,

A – roczna amplituda temperatury powietrza rozumiana jako różnica między średnią temperaturą miesiąca najcieplejszego i najchłodniejszego.

Wskaźnik ten informuje zarówno o stopniu kontynentalizmu jak i oceanizmu klimatu. Wskazuje m.in. jaka jest przybliżona roczna frekwencja mas powietrza morskiego i kontynentalnego na danej stacji (Marsz, 1995). Zgodnie z wskaźnikiem O_c można wyróżnić 5 kategorii: 1 – ultraoceaniczny ($O_c > 3,99$), 2 – oceaniczny ($3,00 \leq O_c < 3,99$), 3 – suboceaniczny ($2,00 \leq O_c < 2,99$), 4 – kontynentalny ($1,00 \leq O_c < 1,99$), 5 – ultrakontynentalny ($O_c < 1,00$);

2. kontynentalizmu (KG) W. Gorczyńskiego (1922), obliczony wg formuły:

$$KG = 1,78(A / \sin \varphi) - 20,4$$

W. Gorczyński (1922) proponuje trzy kategorie wskaźnika kontynentalizmu: 1 – oceaniczny (0–33), 2 – kontynentalny (34–66) oraz 3 – ekstremalnie kontynentalny (67–100). Wskaźnik ten przybiera wartość 100 dla skrajnie kontynentalnego przebiegu temperatury w Wierchojańsku i wartość 0 dla oceanu;

3. deszczowy (LAN) R. Langa (1915), obliczany wg formuły:

$$LAN = \frac{Pr}{T}$$

gdzie: Pr – roczna suma opadów atmosferycznych

T – średnia roczna temperatura powietrza;

4. pluwiotermiczny (R) J.P. Rychlińskiego (1923), obliczany wg formuły:

$$R = 4 \cdot \left[\frac{A - 12 \cdot \sin \varphi}{\sin \varphi} \right] \cdot \frac{l}{L}$$

gdzie: A – roczna amplituda temperatury powietrza,

l – odchylenie przeciętne rocznych sum opadu,

L – średnia roczna suma opadów obliczona dla wielolecia.

Na podstawie wskaźnika można wskazać, że im wyższa amplituda temperatury powietrza tym klimat bardziej kontynentalny;

5. suchości klimatu (A) D.A. Peda (1977) obliczany wg formuły:

$$A = \sum_{i=1}^n \left[\frac{T \cdot \bar{T}}{\sigma_T} - \frac{Pr \cdot \bar{Pr}}{\sigma_P} \right]$$

gdzie: σ – odchylenie standardowe od średnich wieloletnich temperatury powietrza (\bar{T}) i sum opadów (\bar{Pr}).

Wskaźnik ten przyjmuje wartości dodatnie dla okresów suchych, co jest wynikiem dodatnich odchyłeń temperatury powietrza i ujemnych odchyłeń sum miesięcznych opadów, natomiast wartości ujemne dla okresów wilgotnych, co z kolei jest wynikiem ujemnego odchylenia średniej miesięcznej temperatury powietrza i dodatniego odchylenia sum opadów. Według E. Kolevej i V. Alexandrova (2008) wartości wskaźnika A o wartościach: 1–2 wskazują na występowanie oznak suszy, 2–3 oznaczają umiarkowaną suszę, > 3 silną suszę;

6. klasyfikacja miesięcy uwzględniająca odchylenie średniej temperatury powietrza względem średniej obliczonej w wieloleciu (Lorenc, 1998) (tab. 1);

7. klasyfikacja miesięcy uwzględniająca procentowy udział miesięcznej sumy opadów względem średniej sumy obliczonej w wieloleciu (Tomaszewska, 1994) (tab.1).

Tabela 1. Kryteria klasyfikacji wartości miesięcznych: temperatury powietrza i sum opadów atmosferycznych

Criteria used in the classification of monthly temperature and precipitation

Temperatura powietrza/Temperature (°C)		Opad/Precipitation (mm)	
Przedział/Interval	Zakres/Range	Przedział/Interval	Zakres/Range
1. ekstremalnie chłodny <i>extremely cold</i>	$T_{sr.m.} < -2,5*\sigma$	1. skrajnie suchy <i>extremely dry</i>	$P_m < 25\%$,
2. anomalnie chłodny <i>anomalously cold</i>	$-2,5*\sigma \leq T_{sr.m.} < -2,0*\sigma$	2. bardzo suchy <i>very dry</i>	$25\% \leq P_m < 50\%$
3. bardzo chłodny <i>very cold</i>	$-2,0*\sigma \leq T_{sr.m.} < -1,5*\sigma$	3. suchy <i>dry</i>	$50\% \leq P_m < 75\%$
4. chłodny <i>cold</i>	$-1,5*\sigma \leq T_{sr.m.} < -1,0*\sigma$	4. normalny <i>normal</i>	$75\% \leq P_m < 125\%$
5. lekko chłodny <i>slightly cold</i>	$1,0*\sigma \leq T_{sr.m.} < -0,5*\sigma$	5. wilgotny <i>wet</i>	$125\% \leq P_m < 150\%$
6. normalny <i>normal</i>	$-0,5*\sigma \leq T_{sr.m.} < 0,5*\sigma$	6. bardzo wilgotny <i>very wet</i>	$150\% \leq P_m < 200\%$
7. lekko ciepły <i>slightly warm</i>	$0,5*\sigma \leq T_{sr.m.} < 1,0*\sigma$	7. skrajnie wilgotny <i>extremely wet</i>	$P_m \geq 200\%$
8. ciepły <i>warm</i>	$1,0*\sigma \leq T_{sr.m.} < 1,5*\sigma$		
9. bardzo ciepły <i>very warm</i>	$1,5*\sigma \leq T_{sr.m.} < 2,0*\sigma$		
10. anomalnie ciepły <i>anomalously warm</i>	$2,0*\sigma \leq T_{sr.m.} < 2,5*\sigma$		
11. ekstremalnie ciepły <i>extremely warm</i>	$T_{sr.m.} \geq 2,5*\sigma$		

gdzie: σ – odchylenie standardowe średniej miesięcznej temperatury, $T_{sr.m.}$ – średnia miesięczna temperatura, P_m – miesięczna suma opadu

σ – standard deviation of mean monthly temperatures, $T_{sr.m.}$ – mean monthly temperature,

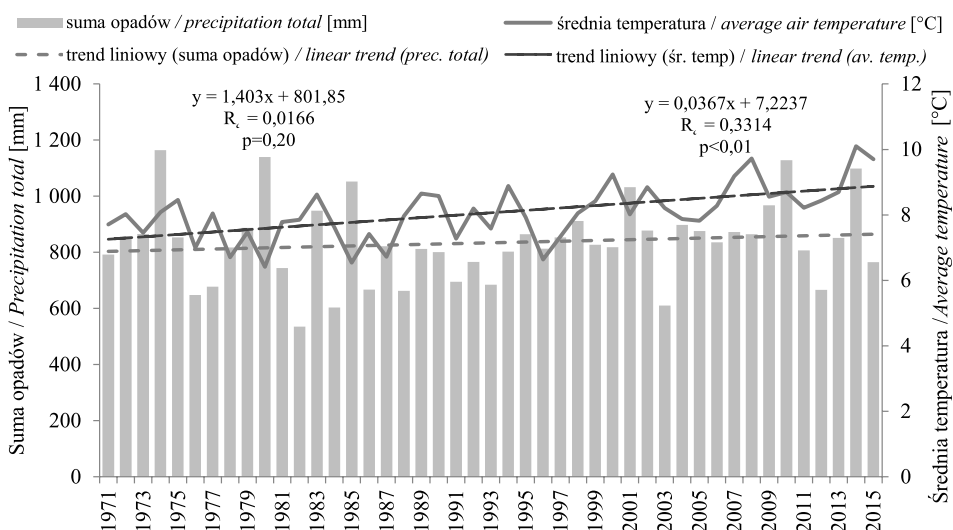
P_m – monthly precipitation

Źródło/Source: Lorenc (1998), Tomaszewska (1994).

Wyniki badań

Wskaźniki termiczne

Średnia roczna temperatura w okresie 45 lat (1971–2015) wyniosła 8,1°C, wykazując zróżnicowanie średnich rocznych wartości w zakresie od 6,3°C (1980 r.) do 9,9°C (2014 r.) (ryc. 2). W omawianym wieloleciu stwierdzono tendencję wzrostu średniej rocznej temperatury wynoszącą blisko 0,4°/10 lat ($p < 0,01$), który świadczy o intensyfikacji cech kontynentalnych klimatu w południowo-wschodniej Polsce. Potwierdza to przebieg i tendencje dwóch wskaźników klimatycznych: oceanizmu A. Marsza (*Oc*) (1995) i kontynentalizmu W. Gorczyńskiego (*KG*) (1922) (ryc. 3).

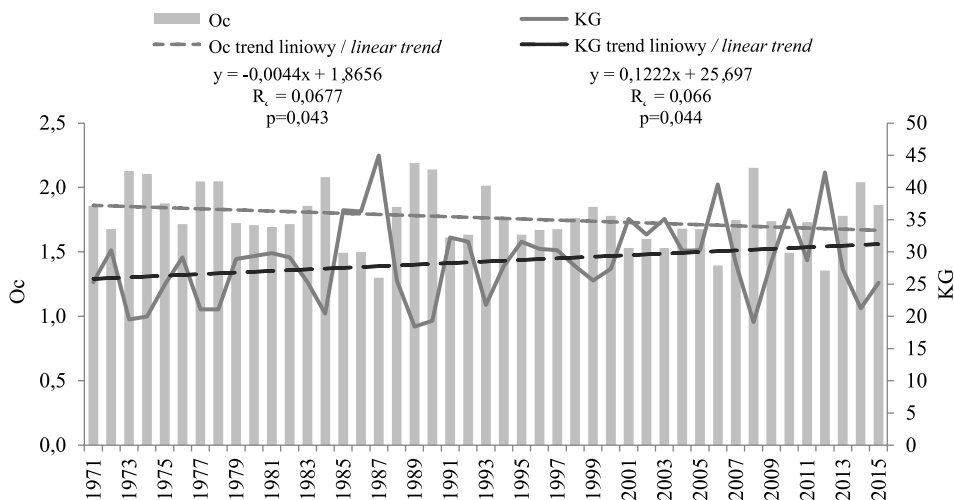


Ryc. 2. Przebieg średniej rocznej temperatury powietrza i sum opadów oraz trendy ich zmian w wieloleciu 1971–2015

Mean annual temperature and precipitation with trends in 1971–2015

Opracowanie własne / *Authors' own elaboration.*

Średnia wartość wskaźnika *Oc* w omawianym wieloleciu wyniosła 1,76. Wskaźnik *Oc* obliczony dla 35 lat znalazł się w przedziale 1,00–1,99 (ryc. 3), co świadczy o klimacie kontynentalnym, w którym w chłodnej porze roku dominują masy powietrza kontynentalnego (>50%), a masy powietrza morskiego starego są bardzo silnie przetransformowane. Jedynie w 10 latach z analizowanego wielolecia odnotowano wartości wskaźnika *Oc* w przedziale 2,00–2,99 świadczące o warunkach typowych dla klimatu suboceanicznego, w którym w ciągu roku przeważają masy powietrza morskiego i morskiego starego, a masy powietrza kontynentalnego występują głównie latem, przy czym udział mas powietrza kontynentalnego nie przekracza 50%. Wskaźnik *Oc* wykazał trend spadkowy ($-0,04/10$ lat).



Ryc. 3. Roczne wartości i tendencje wskaźników: oceanizmu termicznego Marsza (Oc) i kontynentalizmu termicznego Gorczyńskiego (KG) w latach 1971–2015
Annual values and trends of indicators: the Marsz oceanity index (Oc) and the Gorczyński contintality index (KG), in 1971–2015
 Opracowanie własne / Authors' own elaboration.

Jedynym zmiennym elementem uwzględnionym we wzorze służącym do obliczenia KG jest roczna amplituda temperatury, rozumiana jako różnica między temperaturą w najcieplejszym i najchłodniejszym miesiącu roku. Średnia roczna amplituda obliczona w okresie wieloletnim wyniosła 21,9°C, wykazując zmienność wartości rocznych w zakresie od 17,4°C (1989) do 29,3°C (1987). Średnia roczna wartość KG wyniosła 28,5, a zakres zmian w wyżej wymienionych latach zawierał się w przedziale od 18,4 do 45,0 (ryc. 3). Dla 37 lat omawianego okresu wartości wskaźnik KG zaliczono do przedziału odpowiadającego klimatowi oceanicznemu, a dla pozostałych lat – klimatowi kontynentalnemu. Wskaźnik ten w kolejnych latach wykazywał tendencję wzrostową 1,22/10 lat ($p < 0,05$), odwrotnie niż w przypadku Oc.

Klasyfikacja termiczna miesięcy (tab. 2) wskazuje na występowanie w omawianym wieloleciu zmian, przejawiających się wzrostem liczby miesięcy „ciepłych” (przedziały powyżej „normalny”) po 2000 r. i względnie dużą liczebnością miesięcy „chłodnych” (przedziały poniżej „normalny”) w okresie wcześniejszym, szczególnie w latach 1971–1987.

Tabela 2. Klasyfikacja termiczna miesięcy wg kryteriów H. Lorenc (1998)
Monthly thermal classification after H. Lorenc (1998)

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
2015												
2014												
2013												
2012												
2011												
2010												
2009												
2008												
2007												
2006												
2005												
2004												
2003												
2002												
2001												
2000												
1999												
1998												
1997												
1996												
1995												
1994												
1993												
1992												
1991												
1990												
1989												
1988												
1987												
1986												
1985												
1984												
1983												
1982												
1981												
1980												
1979												
1978												
1977												
1976												
1975												
1974												
1973												
1972												
1971												

Objaśnienia/Explanations:

- ekstremalnie ciepły / extremely warm
- anomalnie ciepły / anomalously warm
- bardzo ciepły / very warm
- ciepły / warm
- lekko ciepły / slightly warm
- normalny / normal
- lekko chłodny / slightly cold
- chłodny / cold
- bardzo chłodny / very cold
- anomalnie chłodny / anomalously cold
- ekstremalnie chłodny / extremely cold

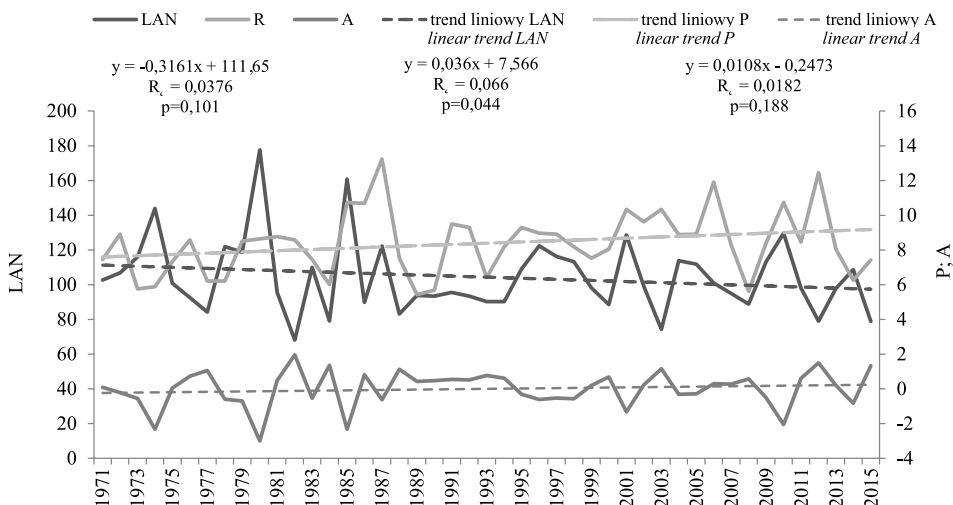
Opracowanie własne na podstawie Lorenc (1998)
 Authors' own elaboration after Lorenc (1998).

Wskaźniki opadowe

Średnia roczna suma opadów obliczona dla okresu 45 lat wyniosła 834 mm z maksymalną wysokością opadu w 1974 r. (1164 mm) i minimalną w 1982 r. (535 mm), (ryc. 2). Odnotowano wzrost rocznej sumy opadów, średnio o 14 mm/10 lat ($p > 0,05$).

W celu zbadania trendu wskaźników świadczących o wilgotności lub suchości klimatu wykorzystano wskaźnik deszczowy LAN (Lang, 1915), wskaźnik pluwiotermiczny R (Rychliński, 1923) oraz wskaźnik suchości A (Ped, 1977) (ryc. 4). Pierwszy z omawianych wskaźników (LAN) osiągnął średnią wartość 104,4, charakterystyczną dla klimatu wilgotnego i przyjął tendencję spadkową w okresie wieloletnim za sprawą wzrostu średniej rocznej temperatury powietrza. Wskaźnik pluwiotermiczny R , którego średnia wartość w wieloleciu wyniosła 8,4, wykazywał trend wzrostowy, na który wywarł wpływ wzrost rocznych amplitud temperatury.

Wskaźnik suchości klimatu A wykazywał duże wahania z roku na rok (ryc. 4). Najniższe jego wartości wystąpiły w latach 1974, 1980, 1985 i 2010, w których roczna suma opadów przekroczyła 1000 mm, natomiast najwyższe – w latach 1982, 1984, 2012 i 2015, przy czym w latach 1982 i 1984 na jego wysoką wartość wpłynęły niskie roczne sumy opadów (ok. 600 mm), w 2015 r. – wysoka średnia roczna temperatura powietrza, zaś w 2012 r. – obydwa czynniki: wysoka temperatura powietrza i niska suma opadów. Według A. Podstawczyńskiej (2010) okres bardzo suchy wyznacza wartość wskaźnika A powyżej 2, natomiast bardzo wilgotny – poniżej -2.



Ryc. 4. Przebieg i trendy rocznych wskaźników klimatycznych: deszczowego LAN, suchości A i pluwiotermicznego P

Courses and trends of the climatic indicators: the rain index LAN, dry index A and pluviotermic index P

Opracowanie własne / Authors' own elaboration.

Na podstawie powyższej analizy stwierdzono, że na trendy wskaźników opadowych w większym stopniu wpływa temperatura powietrza niż suma opadów.

Kryteria zaproponowane przez T. Tomaszewską (1994) posłużyły do przeprowadzenia klasyfikacji miesięcy pod względem wysokości opadów atmosferycznych (tab. 3). Zestawienie to nie pozwala jednak na wyróżnienie w jednoznaczny sposób grup miesięcy z występowaniem lub brakiem intensywnych opadów. Pogrupowano klasy przez sumowanie liczby miesięcy „suchych” (klasy: suchy, bardzo suchy, skrajnie suchy) i „wilgotnych” (klasy: wilgotny, bardzo wilgotny i skrajnie wilgotny) w poszczególnych latach. W większości lat uwzględnionych w opracowaniu, liczba miesięcy „suchych” przewyższała liczbę miesięcy „wilgotnych” (27 lat). Szczególnie dużą liczbę miesięcy „suchych” (7 lub 8) stwierdzono w 1973, 1976, 1982 i 1984 r. Maksymalna liczba miesięcy „wilgotnych” (6) wystąpiła w 1980, 1983, 1995, 1998, 2001, 2007 i 2010 r. Analiza liczby miesięcy suchych i wilgotnych w wieloleciu nie wykazała trendów istotnych statystycznie ($p > 0,05$).

Tabela 3. Klasyfikacja opadów miesięcznych wg kryteriów T. Tomaszewskiej (1994)
Classification of monthly precipitation after T. Tomaszewska (1994)

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
2015	blue	yellow	green	yellow	green	orange	green	orange	blue	green	green	orange
2014	green	green	blue	green	blue	orange	blue	orange	blue	orange	orange	orange
2013	dark blue	light blue	blue	yellow	light blue	orange	orange	light blue	orange	dark blue	yellow	yellow
2012	light blue	green	green	yellow	green	green	dark blue	green	red	green	red	yellow
2011	yellow	yellow	red	green	yellow	green	dark blue	green	red	green	red	yellow
2010	light blue	light blue	light blue	dark blue	blue	blue	green	blue	orange	dark blue	blue	light blue
2009	light blue	dark blue	red	green	blue	yellow	green	orange	dark blue	blue	green	green
2008	green	yellow	green	yellow	orange	dark blue	green	blue	light blue	yellow	light blue	light blue
2007	blue	light blue	orange	orange	green	green	dark blue	light blue	blue	blue	yellow	yellow
2006	orange	yellow	blue	green	blue	red	orange	orange	blue	blue	yellow	yellow
2005	dark blue	light blue	yellow	green	green	green	blue	green	orange	orange	blue	blue
2004	yellow	dark blue	green	green	yellow	green	dark blue	orange	blue	blue	red	red
2003	green	green	green	light blue	yellow	orange	red	green	orange	orange	green	green
2002	yellow	green	green	green	green	green	light blue	green	blue	yellow	yellow	yellow
2001	light blue	yellow	blue	orange	light blue	dark blue	green	light blue	orange	green	green	green
2000	green	blue	dark blue	light blue	green	orange	blue	orange	yellow	red	orange	yellow
1999	yellow	dark blue	yellow	blue	yellow	green	green	green	blue	blue	green	green
1998	blue	blue	green	light blue	green	green	yellow	green	blue	yellow	yellow	yellow
1997	orange	green	yellow	light blue	green	yellow	blue	green	green	green	green	blue
1996	green	yellow	green	orange	light blue	orange	blue	green	blue	yellow	yellow	yellow
1995	yellow	light blue	light blue	green	blue	red	light blue	blue	red	light blue	green	green
1994	orange	blue	blue	blue	green	green	red	green	blue	blue	green	green
1993	green	light blue	yellow	green	green	green	green	orange	orange	orange	yellow	yellow
1992	light blue	light blue	light blue	green	green	green	orange	orange	blue	blue	green	green
1991	orange	blue	orange	green	green	green	green	light blue	orange	yellow	yellow	yellow
1990	green	green	blue	green	green	green	green	green	orange	orange	orange	orange
1989	orange	yellow	green	blue	green	green	green	green	orange	orange	light blue	light blue
1988	orange	green	green	orange	yellow	green	green	green	orange	orange	light blue	light blue
1987	blue	orange	light blue	yellow	blue	orange	green	light blue	yellow	orange	dark blue	dark blue
1986	blue	orange	orange	orange	green	green	green	red	yellow	orange	light blue	light blue
1985	yellow	blue	orange	light blue	blue	green	dark blue	green	blue	blue	blue	blue
1984	orange	yellow	orange	green	green	green	orange	light blue	green	orange	orange	yellow
1983	light blue	yellow	dark blue	light blue	blue	green	blue	yellow	yellow	yellow	orange	orange
1982	green	yellow	red	orange	orange	orange	orange	yellow	orange	orange	dark blue	dark blue
1981	yellow	green	orange	yellow	green	green	green	green	blue	blue	green	green
1980	orange	orange	blue	orange	blue	dark blue	green	light blue	dark blue	blue	green	green
1979	orange	yellow	light blue	yellow	green	green	yellow	blue	blue	blue	blue	blue
1978	orange	yellow	blue	blue	blue	orange	blue	blue	yellow	yellow	yellow	yellow
1977	dark blue	red	blue	orange	red	green	green	green	red	light blue	yellow	yellow
1976	dark blue	red	blue	green	green	orange	orange	light blue	yellow	green	green	green
1975	yellow	orange	blue	green	green	light blue	green	orange	blue	orange	green	green
1974	blue	yellow	red	green	light blue	blue	green	light blue	dark blue	light blue	blue	blue
1973	yellow	blue	orange	yellow	green	dark blue	orange	green	orange	green	green	orange
1972	orange	blue	orange	blue	green	light blue	dark blue	green	yellow	yellow	green	red
1971	red	blue	orange	green	green	light blue	yellow	green	orange	orange	green	blue

Objaśnienia/Explanations:

skrajnie suchy / extremely dry	<25,0%
bardzo suchy / very dry	25,0–49,9%
suchy / dry	50,0–74,9%
normalny / normal	75,0–125,0%
wilgotny / wet	125,1–150,0%
bardzo wilgotny / very wet	150,1–200,0%
skrajnie wilgotny / extremely wet	>200,0%

Opracowanie własne na podstawie klasyfikacji Tomaszewskiej (1994)
 Authors' own elaboration after Tomaszewska (1994).

Dyskusja

Wartości wskaźników termicznych obliczone dla Stacji IGiPZ PAN w Szymbarku (1971–2015) są zbliżone do wartości notowanych w innych obszarach górskich w Europie. Jak podaje K. Mikolaskova (2009), północna i zachodnia Europa charakteryzuje się klimatem oceanicznym. Autorka zwraca jednak uwagę, że wpływ mas powietrza znad Oceanu Arktycznego przenikających w głąb lądu jest znacznie mniejszy niż w przypadku mas znad Oceanu Atlantyckiego. Wykreślona na podstawie wskaźnika kontynentalizmu (Gorczyński, 1922) mapa izolinii dla Europy wskazuje, że na wschodzie wskaźnik ten jest bardziej równomierny i przyjmuje przebieg południkowy (Mikolaskova, 2009). Granica pomiędzy klimatem oceanicznym i kontynentalnym jest przesunięta w kierunku wschodnim, co sprawia, że klimat większej części Europy sklasyfikowany jest jako oceaniczny. Prowadzone badania na obszarze Słowacji potwierdzają wzrost wskaźnika kontynentalizmu z zachodu na wschód (Vilček i inni, 2016). Według badań D. Ciaranek (2014) wskaźnik kontynentalizmu w Europie Centralnej wykazuje również zmienność czasową. Nie bez znaczenia jest również wysokość bezwzględna lokalizacji obszaru. Wraz ze wzrostem wysokości nad poziomem morza maleje wskaźnik kontynentalizmu (Vilček i inni, 2016). Według C. Andrade i J. Corte-Real (2016) w obszarach górskich na Półwyspie Iberyjskim i w Pirenejach w Hiszpanii wartości wskaźnika *Oc* dla ponad 110 lat obserwacji wskazują na klimat suboceaniczny. Obliczony dla Pogórza Wielickiego wskaźnik *KG* (Limanówka, 2008) wskazuje na klimat kontynentalny.

Na podstawie wskaźników opadowych obliczonych dla Stacji IGiPZ PAN w Szymbarku stwierdzono nasilenie się kontynentalnych cech klimatu, przejawiające się niewielkim wzrostem wskaźnika pluwiotermicznego (*R*) oraz nieznacznym zmniejszaniem się wskaźnika suchości (*A*). Spadek wskaźnika deszczowego (*LAN*) związany jest z większym wpływem wzrostu temperatury na trend wskaźnika *A*. Wypych (2010) wskazała, że wartość wskaźnika pluwiotermicznego (*R*) w Europie wzrasta z zachodu na wschód, co ma potwierdzenie w trendzie rocznej sumy opadów. Według K. Kożuchowskiego i J. Wibig (1988) na obszarze Polski w XX w. (do lat 70.) obserwowano malejącą tendencję opadów okresu chłodnego, czyli wzrost kontynentalizmu pluwiального. W kolejnych latach notowano tendencję wzrostową oceanicznego reżimu opadowego za sprawą intensyfikacji cyrkulacji strefowej w okresie zimowym.

W celu uzyskania syntetycznego obrazu warunków termiczno-opadowych poszczególnych miesięcy w wieloleciu 1971–2015 w Szymbarku dokonano grupowania klas temperatury i opadu (patrz tab. 1), oznaczając literowo grupy klas temperatury: A – klasy 1–4, B – klasy 5–7 i C – klasy 8–11, oraz liczbowo grupy klas opadów: 1 – klasy 1–2, 2 – klasy 3–5 i 3 – klasy 6–7. Stworzono 9 klas termiczno-opadowych: A1, A2, A3, B1, B2, B3, C1, C2 i C3 (tab. 4). Na podstawie przeprowadzonej klasyfikacji temperatury powietrza i sum opadów w miesiącach omawianego okresu stwierdza się wzrostowe tendencje liczby miesięcy ciepłych i wilgotnych przy zmniejszaniu się częstości miesięcy chłodnych i suchych.

Tabela 4. Klasyfikacja termiczno-opadowa miesięcy w wieloleciu 1971–2015
Thermal and precipitation classification of months in 1971–2015

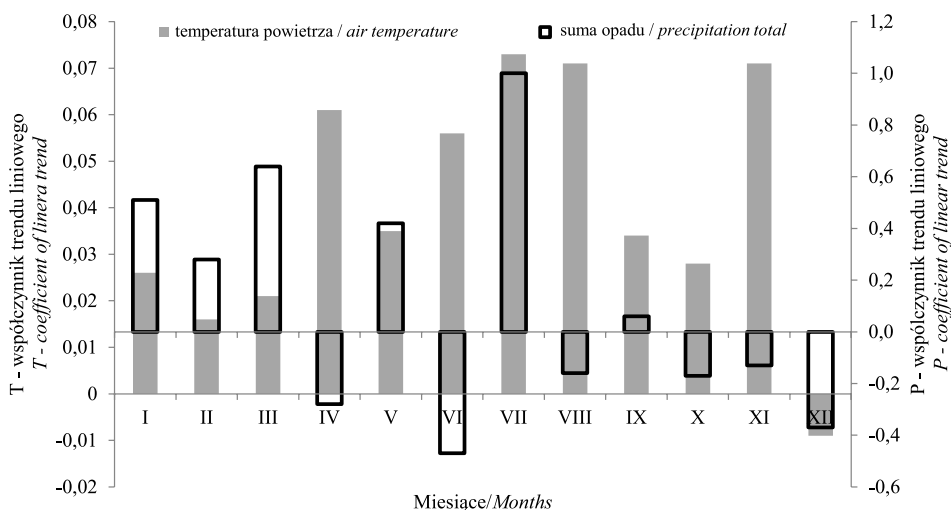
	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015											
I	B1 B1	B2 B3	B2 B3	B2 B3	B2 B3	B2 B3	B2 B1	B2 B1	B2 B1	B2 A1	B2 B1	B2 B2	B2 C2	B2 A2	B2 A3	B2 A3	B2 A3	B2 A3	B2 C1	B2 B1	B2 B1	B2 B1	B2 B2	B2 B2	B2 B2	B2 B2	B2 B2	B2 B2	B2 B3	B2 B3	B2 B3	B2 B2	B2 B2	B2 B2	B2 B2	B2 B2	B2 B2	B2 B2	B2 B2	B2 B2	B2 B2	B2 B2	B2 B2	B2 B2	B2 B2	B2 B2	B2 B2	B2 B2	B2 B2	B2 B2	B2 B2					
II	B3 B2	B3 C2	B2 B1	B2 A2	B2 A1	B2 A1	B2 A1	B2 A1	B2 A1	B2 A2	B2 A2	B2 B2	B2 B2	B2 B2	B2 B2	B2 B2	B2 B2	B2 B2	B2 B2	B2 B2	B2 B2	B2 B2	B2 B2	B2 B2	B2 B2	B2 B2	B2 B2	B2 B2	B2 B2	B2 B2	B2 B2	B2 B2	B2 B2	B2 B2	B2 B2	B2 B2	B2 B2	B2 B2	B2 B2	B2 B2	B2 B2	B2 B2	B2 B2	B2 B2	B2 B2	B2 B2	B2 B2	B2 B2	B2 B2	B2 B2	B2 B2	B2 B2	B2 B2			
III	A2 B1	B1 B1	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2				
IV	B2 B3	B2 B2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2				
V	B2 B2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2			
VI	A2 B2	A3 A3	B2 A1	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2				
VII	B2 B2	A2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2		
VIII	B2 B3	A1 B2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2		
IX	A2 A2	B2 B2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	
X	B1 A2	B1 A3	B2 B1	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	B2 A2	
XI	B2 B2	A2 B2	B2 B1	B2 B2	B2 B2	B2 B2	B2 B2	B2 B2	B2 B2	B2 B2	B2 B2	B2 B2	B2 B2	B2 B2	B2 B2	B2 B2	B2 B2	B2 B2	B2 B2	B2 B2	B2 B2	B2 B2	B2 B2	B2 B2	B2 B2	B2 B2	B2 B2	B2 B2	B2 B2	B2 B2	B2 B2	B2 B2	B2 B2	B2 B2	B2 B2	B2 B2	B2 B2	B2 B2	B2 B2	B2 B2	B2 B2	B2 B2	B2 B2	B2 B2	B2 B2	B2 B2	B2 B2	B2 B2	B2 B2	B2 B2	B2 B2	B2 B2	B2 B2	B2 B2	B2 B2	B2 B2
XII	C2 B3	B1 B1	B3 B2	B2 B2	B2 B2	B2 B2	B2 B2	B2 B2	B2 B2	B2 B2	B2 B2	B2 B2	B2 B2	B2 B2	B2 B2	B2 B2	B2 B2	B2 B2	B2 B2	B2 B2	B2 B2	B2 B2	B2 B2	B2 B2	B2 B2	B2 B2	B2 B2	B2 B2	B2 B2	B2 B2	B2 B2	B2 B2	B2 B2	B2 B2	B2 B2	B2 B2	B2 B2	B2 B2	B2 B2	B2 B2	B2 B2	B2 B2	B2 B2	B2 B2	B2 B2	B2 B2	B2 B2	B2 B2	B2 B2	B2 B2	B2 B2	B2 B2	B2 B2	B2 B2	B2 B2	B2 B2

Objaśnienia/Explanations:

- A1** chłodny suchy
cool dry
- A2** chłodny umiarkowany
cool moderate
- A3** chłodny wilgotny
cool humid
- B1** umiarkowany suchy
moderate dry
- B2** umiarkowany umiarkowany
moderate moderate
- B3** umiarkowany wilgotny
moderate humid
- C1** ciepły suchy
warm dry
- C2** ciepły umiarkowany
warm moderate
- C3** ciepły wilgotny
warm humid

Opracowanie własne na podstawie Tomaszewskiej (1994) i Lorenc (1998)
 Authors' own elaboration after Tomaszewska (1994) and Lorenc (1998).

Trendy średnich rocznych temperatur powietrza i sum opadów nie pokazują ich zróżnicowania w poszczególnych miesiącach. Stwierdzono dodatni trend średniej miesięcznej temperatury powietrza dla 11 miesięcy w roku. Jedynie średnia temperatura w grudniu wykazała trend spadkowy (ryc. 5). Najwyższe współczynniki trendu średniej temperatury dotyczyły najcieplejszych miesięcy roku – lipca i sierpnia (odpowiednio: 0,073°C/rok i 0,071°C/rok) oraz listopada (0,071°C/rok) i kwietnia (0,061°C/rok). W odróżnieniu od średniej temperatury powietrza, dla miesięcznych sum opadów stwierdzono różnokierunkowe tendencje w okresie omawianego wielolecia. Najwyższy dodatni współczynnik trendu wystąpił w lipcu (1,00 mm/rok), natomiast najniższy, świadczący o największym regresie opadów – w czerwcu (-0,47 mm/rok) (ryc. 5).



Ryc. 5. Współczynniki trendu średniej miesięcznej temperatury powietrza i sum opadów atmosferycznych w wieloleciu 1971–2015

Trend coefficient of monthly average temperature and precipitation in 1971–2015

Opracowanie własne / Authors' own elaboration.

Podsumowanie

Wskaźniki klimatyczne umożliwiają kompleksową ocenę warunków termiczno-opadowych w skali przestrzennej i czasowej. Punktowe dane ze Stacji Badawczej IGiPZ PAN w Szymbarku pozwoliły określić zmiany klimatyczne w okresie 45 lat. Mimo iż badana seria pomiarowa jest względnie krótka, obserwowane są wyraźnie rysujące się tendencje zmian klimatycznych, ocenianych na bazie wskaźników klimatycznych obliczanych na podstawie temperatury powietrza lub/i sum opadów atmosferycznych. Wzrost kontynentalnych cech klimatu jest szczególnie wyraźny w cieplej porze roku oraz w listopadzie, kiedy występu-

ją wysokie współczynniki trendu średniej miesięcznej temperatury powietrza. Sumy opadów atmosferycznych, które na podstawie wartości rocznych wykazują tendencję wzrostową, w ujęciu miesięcznym wykazują różny kierunek zmian. Wysoki przyrost opadów obserwowany jest w marcu, maju i lipcu, natomiast ich regres w kwietniu, czerwcu i grudniu. Skutkiem obserwowanych tendencji wieloletnich jest coraz częstsze występowanie miesięcy ciepłych i wilgotnych, szczególnie w okresie letnim. Wskaźniki klimatyczne, wykorzystane w niniejszym opracowaniu informują, iż mimo wzrostowej tendencji sum opadów, wzrost temperatury powietrza redukuje ich wpływ na kształtowanie warunków pluwiotermicznych.

Piśmiennictwo

- Andrade C., Corte-Real J., 2016, *Assessment of the spatial distribution of continental-oceanic climate indices in the Iberian Peninsula*, International Journal of Climatology, 37, 1, s. 36–45.
- Barnett T., Zwiers F., Hengerl G., Allen M., Crowley T., Gillett N., Hasselmann K., Jones P., Santer B., Schnur R., Scott P., Taylor K., Tett S., 2005, *Detecting and Attributing External Influences on the Climate System: A Review of Recent Advances*, Journal of Climate, 18, s. 1291–1314.
- Blunden J., Arndt D.S., 2016, *State of the Climate in 2015*, Bulletin of the American Meteorological Society, 97, 8, s. 1–275.
- Bochenek W., 2007, *Możliwości ekstrapolacji wyników punktowych pomiarów wysokości opadów atmosferycznych na przykładzie posterunku opadowego „IG PAN” w Szymbarku w różnych skalach czasowych*, [w:] A. Kostrzewski, A. Andrzejewska (red.), *Program Zintegrowanego Monitoringu Środowiska Przyrodniczego a zadania ochrony obszarów Natura 2000*, Biblioteka Monitoringu Środowiska, s. 101–114.
- Bochenek W., 2016, *Termiczne pory roku w Szymbarku (1971–2015)*, Prace Geograficzne UJ, 147, s. 67–80.
- Ciaranek D., 2014, *Variability of the thermal continentality index in Central Europe*, Aerul și Apa: Componente ale Mediului, s. 307–313.
- De Salamanca D.A., Martín-Aranda R.M., Díaz-Sierra R., 2016, *Consideration of climate change on environmental impact assessment in Spain*, Environmental Impact Assessment Review, 57, s. 31–39.
- Gil E., 1994, *Monitoring obiegu wody i spłukiwania na stokach*, [w:] E. Gil (red.), *Zintegrowany monitoring środowiska przyrodniczego*, Stacja Bazowa Szymbark (Karpaty fliszowe), Biblioteka Monitoringu Środowiska, Warszawa, s. 66–87.
- Gorczyński, W., 1922, *The calculation of the degree of continentality*, Monthly Weather Review, 50, s. 370.
- Hess M., 1965, *Piętra klimatyczne w Polskich Karpatach Zachodnich*, Zeszyty Naukowe UJ, Prace Geograficzne, 11, Kraków.

- Hess M., Niedźwiedz T., Obrębska-Starkłowa B., 1977, *Stosunki termiczne Beskidu Niskiego (metoda charakterystyki reżimu termicznego gór)*, Prace Geograficzne IGIPZ PAN, 123, Wrocław-Warszawa-Kraków-Gdańsk.
- Kijowska M., 2010, *Charakterystyka okresu wegetacyjnego w Szymbarku w latach 1968–2009*, Rocznik Świętokrzyski. Seria B. Nauki Przyrodnicze, Kieleckie Towarzystwo Naukowe, 31, s. 29–43.
- Koleva E., Alexandrov V., 2008, *Drought in the Bulgarian low regions during the 20th century*, Theoretical and Applied Climatology, 92, s. 113–120.
- Kotarba A., 1970, *Charakterystyka rzeźby okolic Szymbarku*, [w:] L. Starkel (red.), *Badania fizycznogeograficzne otoczenia Stacji Naukowo-Badawczej Instytutu Geografii PAN w Szymbarku*, Dokumentacja Geograficzna, 3, s. 7–24.
- Kotas P., Twardosz R., 2012, *Zmienność wieloletnia długotrwałości występowania mas powietrznych w Polsce Południowej*, [w:] Z. Bielec-Bąkowska, E. Łupikasza, A. Widawski (red.), *Rola cyrkulacji atmosfery w kształtowaniu klimatu*, Prace Wydziału Nauk o Ziemi Uniwersytetu Śląskiego, 74, Sosnowiec, s. 361–372.
- Kożuchowski K., Wibig J., 1988, *Kontynentalizm pluwialny w Polsce: zróżnicowanie geograficzne i zmiany wieloletnie*, Acta Geographica Lodzienia, 55, s. 41–54.
- Kundzewicz Z.W., 2008, *Konsekwencje globalnych zmian klimatu*, Nauka, 1, s. 103–118.
- Kundzewicz Z.W., 2011, *Zmiany klimatu, ich przyczyny i skutki: obserwacje i projekcje*, Landform Analysis, 15, s. 39–49.
- Lang R., 1915, *Versuch einer exakten Klassifikation der Böden in klimatischer und geologischer Hinsicht*, Internationale Mitteilungen für Bodenkunde, 5, s. 312–346.
- Limanówka D., 2008, *Zmienność klimatu Pogórza Wielickiego w latach 1978–2003 (na przykładzie stacji Dobczyce)*, Prace Geograficzne, 119, s. 9–28.
- Lorenc H., 1998, *Ocena stopnia realizacji programu „obserwacje meteorologiczne i badania klimatyczne w systemie Zintegrowanego Monitoringu Środowiska Przyrodniczego” oraz synteza uzyskanych wyników badań za okres 1994–1997*, [w:] A. Kostrzewski (red.), *Zintegrowany Monitoring Środowiska Przyrodniczego, Funkcjonowanie i tendencje rozwoju geosystemów Polski*, Materiały z IX Sympozjum ZMŚP, Storkowo, 2–4 września 1998, Biblioteka. Monitoringu Środowiska, Warszawa, s. 113–118.
- Ma J., Hung H., Macdonald R.W., 2016, *The influence of global climate change on the environmental fate of persistent organic pollutants: A review with emphasis on the Northern Hemisphere and the Arctic as a receptor*, Global and Planetary Change, 146, s. 89–108.
- Marsz A., 1995, *Wskaźnik oceanizmu jako miara klimatycznego współoddziaływania w systemie ocean – atmosfera – kontynenty*, WSM, Gdynia.
- Mayewski P.A., Rohling E.E., Stager J.C., Karlén W., Maasch K.A., Meeker L.D., Lee-Thorp J., 2004, *Holocene climate variability*, Quaternary Research, 62, 3, s. 243–255.
- Mikolaskova K., 2009, *A regression evaluation of thermal continentality*, Geografie, 114, 4, s. 350–362.
- Niedźwiedz T., Twardosz R., Walanus A., 2009, *Long-term variability of precipitation series in east central Europe in relation to circulation patterns*, Theoretical and Applied Climatology, 98, s. 337–350.

- Obrębska-Starkłowa B., 1973, *Stosunki mezo- i mikroklimatyczne Szymbarku*, Dokumentacja Geograficzna, 5, Instytut Geografii PAN, Warszawa.
- Obrębska-Starkłowa B., Bednarz Z., Niedźwiedź T., Trepińska J., 1994, *Klimat Karpat w okresie globalnego ocieplenia i prognozowane zmiany gospodarcze*, Problemy Zagospodarowania Ziemi Górskich, 37, s. 13–38.
- Okołowicz W., Martyn D., 1979, *Rejony klimatyczne Polski*, [w:] Atlas geograficzny, PZWK, Warszawa.
- Ped D.A., 1977, *The analysis of two summer seasons with different weather conditions*, Trudy GNIe, 171, s. 3–19.
- Podstawczyńska A., 2010, *Temperatura powietrza i opady atmosferyczne w regionie łódzkim w ostatnim stuleciu*, [w:] J. Twardy, S. Żurek., J. Forysiak (red.), *Torfowisko Żabieniec: warunki naturalne, rozwój i zapis zmian paleoekologicznych w jego osadach*, Bogucki Wydawnictwo Naukowe, Poznań, s. 63–73.
- Romer E., 1949, *Regiony klimatyczne Polski*, Wrocławskie Towarzystwo Naukowe B, 16.
- Rychliński J.P., 1923, *Wahania opadów w Polsce*, Wiadomości Meteorologiczne, 2.
- Starkel L., 1972, *Charakterystyka rzeźby Polskich Karpat*, Problemy Zagospodarowania Ziemi Górskich, 10, s. 75–150.
- Theurillat J.P., Guisan A., 2001, *Potential impact of climate change on vegetation in the European Alps: A review*, *Climatic Change*, 50, s. 77–109.
- Tomaszewska T., 1994, *Susze atmosferyczne na przestrzeni ostatniego czterdziestolecia*, Mater. Konf. XXV Zjazd Agrometeorologów, Olsztyn–Mierki, 27–29.09.1994, Wydawnictwo ART, Olsztyn, s. 169–178.
- Vilček J., Škvarenina J., Vido J., Nalevanková P., Kandrík R., Škvareninová J., 2016, *Minimal change of thermal continentality in Slovakia within the period 1961–2013*, *Earth System Dynamics*, 7, s. 735–744.
- Wójcik R., Miętus M., 2012, *Rola cyrkulacji atmosferycznej w kształtowaniu długookresowych zmian temperatury powietrza w Polsce*, [w:] Z. Bielec-Bąkowska, E. Łupikasa, A. Widawski (red.), *Rola cyrkulacji atmosfery w kształtowaniu klimatu*, Prace Wydziału Nauk o Ziemi Uniwersytetu Śląskiego, Sosnowiec, 74, s. 385–398.
- Woś A., 2010, *Klimat Polski w drugiej połowie XX wieku*, Wydawnictwo Naukowe UAM, Poznań.
- Wypych A., 2010, *Twentieth century variability of surface humidity as the climate change indicator in Kraków (Southern Poland)*, *Theoretical and Applied Climatology*, 101, 3-4, s. 475–482.

Summary

The aim of this study has been to analyse long-term (1971–2015) changes in climatic conditions in the foothills and Beskid region of the Western Carpathian Mountains (South-Eastern Poland), on the basis of selected geoindicators calculated by reference to average annual and monthly air temperatures and precipitation.

Climatic conditions were analysed for the Szymbark Research Station of the Institute of Geography and Spatial Organization of the Polish Academy of Sciences (IGSO PAS). Average daily air temperature and daily amounts of precipitation were referred to.

The average annual temperature over the 45 years (1971–2015) was 8.1°C. The annual temperature ranged from 6.3°C (1980) to 9.9°C (2014). In the multi-year period analysed, there was an increase in the average annual temperature of about 0.4°C/10 years, which testifies to an intensification of continental climatic characteristics, confirming the course of and trends of two geoindicators of climate, i.e. oceanism after Marsz (*Oc*) and continentalism after Gorczyński (*KG*). This increased average annual temperature has the effect of shifting the onset of the thermal pre-winter period (5-0° C) to the end of the year, while also increasing the length of the growing season, by an average of 5 days/10 years. The multi-year period analysed has also witnessed a decrease in the number of cold months.

The average annual precipitation was 834 mm (1971–2015). This contrasts with the maximum amount (of 1164 mm) noted in 1974, as well as the minimum (of 535 mm) recorded in 1982. Overall, annual rainfall increased, by 16.2 mm/10 years. However, the rainfall geoindicator (*LAN*) showed a downward trend due to the increased the average annual air temperature. Equally, the pluviometric geoindicator *P* showed an increased trend influenced by ever-greater annual amplitude of temperature.

Based on the classifications of monthly temperature and precipitation, it was find an increased trend of warm and wet months, as associated with a reduced incidence of cold and dry months. The values of indicators calculated for the Szymbark Research Station in 1971–2015 are similar to those recorded in other mountainous areas in Europe.

