

WPŁYW WSKAŹNIKÓW CYRKULACYJNYCH PÓŁKULI PÓŁNOCNEJ NA TEMPERATURĘ I OPADY W POLSCE PÓŁNOCNO-WSCHODNIEJ

Zbigniew Szwejkowski, Ewa Dragańska, Barbara Banaszkiewicz

Katedra Meteorologii i Klimatologii, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski
ul. Prawocheńskiego 21, 10-720 Olsztyn
e-mail: szwzbig@uwm.edu.pl

Streszczenie. Celem prezentowanego opracowania było określenie roli North Atlantic Oscillation (NAO) w kształtowaniu opadów i wartości temperatur w Polsce północno-wschodniej w porównaniu z innymi wskaźnikami cyrkulacyjnymi takimi jak: East Atlantic Pattern (EA), East Atlantic Jet Pattern (EA-JET), West Pacific Pattern (WP), East Pacific Pattern (EP), North Pacific Pattern (NP), Pacific/North American Pattern (PNA), East Atlantic/West Russia Pattern (EA/WR), Scandinavia Pattern (SCA), Tropical/Northern Hemisphere Pattern (TNH), Polar/Eurasia Pattern (POL). Do określenia zależności pomiędzy sumami opadów i wartościami wskaźników cyrkulacyjnych wykorzystano metodę współczynników korelacji. Okresy analityczne obejmowały ciągi obserwacyjne, minimum 25 letnie, wybrane z przedziału czasowego lat 1951-2000. Uzyskane wyniki w dużej mierze potwierdzają poczynione dotąd obserwacje w innych miejscach Polski w stosunku do wskaźnika NAO, natomiast korelacje elementów meteorologicznych z pozostałymi liczbowymi wyznacznikami cyrkulacji atmosfery dały w wielu wypadkach zaskakujące rezultaty, wymagające jednak dalszego potwierdzenia.

Słowa kluczowe: indeksy cyrkulacyjne, NAO, temperatura, opady, okres wegetacyjny

WSTĘP

Do najbardziej znanych wzorców liczbowych cyrkulacji należy niewątpliwie indeks NAO (North Atlantic Oscillation). Jego zaletą jest to, że stanowi podstawę do rozważań nad oddziaływaniami telekonekcyjnymi, jednymi z najsilniejszych na całym globie. Opracowania dotyczące relacji pomiędzy wartościami wskaźników cyrkulacji, a warunkami klimatycznymi w różnych skalach przestrzennych są bardzo liczne i opierają się na parametrach opracowanych przez Hurrella, i in. [1,2,6]. Poza literaturą zagraniczną, również w piśmiennictwie polskim panuje duże zainteresowanie tematem [3,4,7]. Jak dotąd, uwaga autorów została skupiona

na wskaźniku NAO, przy rozróżnieniu algorytmów, według których został obliczony. Jest to zrozumiałe, gdyż kraj nasz leży w pasie strefowego przemieszczania zachodniego w średnich szerokościach geograficznych. W mniejszym stopniu zwraca się uwagę na inne wskaźniki, których właściwości telekoneksyjne są słabsze, jednak trudno jednoznacznie stwierdzić, że nie istnieją.

W obliczu powyższego podjęto próbę oszacowania możliwych telekoneksji na obszarze Polski północno-wschodniej przy wykorzystaniu indeksu NAO oraz innych wskaźników znanych w literaturze przedmiotu.

MATERIAŁY I METODA

Do analizy wzięto wartości podstawowych elementów meteorologicznych (temperatura średnia miesięczna, temperatury ekstremalne, opady atmosferyczne, wilgotność powietrza, prędkość wiatru) oraz wyliczonych na ich podstawie wskaźników (długość i początek okresu wegetacyjnego, liczba dni z przymrozkami wiosennymi), za okres 1951-2000, zmierzony w 16 stacjach IMGW zlokalizowanych na obszarze od 53° do 54°30' szerokości geograficznej północnej i między 19 a 24 długości geograficznej (Polska północno-wschodnia). Dokonano obliczeń korelacji liniowej między nimi a indeksem NAO. W przypadku temperatury i opadów postanowiono sprawdzić tego typu zależności dodatkowo z innymi wskaźnikami oscylacji dostępnymi na stronach internetowych National Weather Center [5] tj. z: East Atlantic Pattern (EA), East Atlantic Jet Pattern (EA-JET), West Pacific Pattern (WP), East Pacific Pattern (EP), North Pacific Pattern (NP), Pacific/North American Pattern (PNA), East Atlantic/West Russia Pattern (EA/WR), Scandinavia Pattern (SCA), Tropical/Northern Hemisphere Pattern (TNH), Polar/ Eurasia Pattern (POL), Pacific Transition Pattern (PT).

WYNIKI

W tabeli 1 zamieszczono zestawienie współczynników korelacji dla tych przypadków wskaźników cyrkulacyjnych, dla których istotne związki z temperaturą średnią miesięczną wystąpiły w 50% i więcej liczby punktów pomiarowych. Uzyskane wyniki analizy korelacji zasadniczo potwierdzają istnienie bardzo ścisłych zależności pomiędzy temperaturą powietrza a indeksem NAO, w układzie miesiąc do miesiąca. Szczególnie jednoznacznie objawiło się to w okresie zimowym: grudzień-marzec. Następnie dość wyraziste związki indeksu NAO z temperaturami powietrza wystąpiły od lipca do września, na co nie ma jednak potwierdzeń w literaturze przedmiotu [3]. Maksymalne wartości współczynnika korelacji dochodziły do 0,45, co po transformacji na współczynnik R^2 , pozwala

Tabela 1. Korelacje pomiędzy wybranymi wskaźnikami cyrkulacji atmosfery a średnią dobową temperaturą powietrza w poszczególnych miesiącach okresu 1951-2000

Table 1. Correlation between atmospheric circulation indexes and mean daily temperature in months of period 1951-2000

Indeksy Indexes		Miesiące – Months											
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
NAO	P*	75,0	81,3	87,5				93,8	87,5	81,3		62,5	100
	C _{max} /*	0,58	0,38	0,60				0,45	0,45	0,38		0,29	0,57
EA	P	81,3	87,5			x	x	x		75,0			
	C _{max}	0,45	0,47			x	x	x		0,65			
EA-JET	P	x	x	x	62,5	68,8	75,0			x	x	x	x
	C _{max}	x	x	x	0,32	-0,75	-0,45			x	x	x	x
WP	P		62,5				68,8					68,8	
	C _{max}		0,32				-0,28					-0,28	
EP	P								x	x			
	C _{max}								x	x			
NP	P	x	x				81,3		x	x	x	x	x
	C _{max}	x	x				0,35		x	x	x	x	x
PNA	P			68,8			x	x					
	C _{max}			0,37			x	x					
EA/WR	P		75,0				x	x	x	68,8			
	C _{max}		-0,32				x	x	x	-0,32			
SCA	P				56,3	62,5	x	x		62,5			
	C _{max}				0,31	0,36	x	x		0,27			
TNH	P		x	x	x	x	x	x	x	x	x		50,0
	C _{max}		x	x	x	x	x	x	x	x	x		0,27
POL	P	81,3	75,0	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
	C _{max}	0,41	0,31	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
PT	P	x	x	x	x	56,3	62,5			x	x	x	x
	C _{max}					0,34	0,32						

P – procent punktów pomiarowych, w których uzyskano istotne wskaźniki korelacji – number of significant causes of correlation in per cents.

C_{max} – maksymalna wartość współczynnika korelacji na obszarze analizy – maximal value of correlation coefficients on the area of analyze.

wnioskować, iż zmienność temperatur miesięcznych w regionie, w latach 1951-2000 w około 15-20% była wynikiem cyrkulacji powietrza na półkuli północnej opisanej indeksem NAO. Interesująco wypadła, rzadko uwzględniana przez badaczy, analiza korelacji temperatury ze wskaźnikami EA i EA/JET. Z jednej strony bowiem po części indeks EA koreluje podobnie jak NAO w okresie zimowym, z drugiej strony EA/JET w przeważającej liczbie punktów z których wykorzystano dane pomiarowe uzupełnia NAO w miesiącach wiosennych od kwietnia do czerwca. Podobną informację jak indeks EA wnosi indeks POL – istotność związków z temperaturą miesięcy zimowych, dla których jest obliczany. Z kolei cyrkulacja opisywana wskaźnikiem SCA, w przynajmniej połowie przypadków wykazuje związek z temperaturą miesięcy kwiecień-maj. Inne wskaźniki zawarte w zestawieniu, aczkolwiek w pewnych przypadkach również skorelowane z temperaturą miesięczną, nie mogą być brane pod uwagę w analizach problemu.

Oceniając sytuację w zakresie miesięcznych sum opadowych w odniesieniu do indeksów NAO (tab. 2), należy stwierdzić, iż udowodnione związki tego typu nie tworzą dłuższych ciągów czasowych oraz mniejszy jest w każdym przypadku odsetek punktów pomiarowych, których dane istotnie korelują z tym wskaźnikiem cyrkulacyjnym. Charakterystyczne okazały się jednak dość wysokie ujemne korelacje z sumami opadów letnich, co może mieć pośredni związek z oddziaływaniem omawianej cyrkulacji na temperatury sprzyjające bądź nie opadom konwekcyjnym. Zbliżone wyniki uzyskała Styszyńska [7] analizując dane z obszaru Polski. Rozpatrując pozostałe analizowane wskaźniki cyrkulacji należy podkreślić, że opady okazały się przy tym dobrze skorelowane ze wskaźnikiem SCA, zwłaszcza z tego powodu, że wystąpił jednolity ciąg istotnych ujemnych współczynników w przeciągu czterech pierwszych miesięcy roku. Z tego powodu indeks SCA zasługuje na dalsze analizy przydatności w badaniach nad przyczynami cyrkulacyjnymi opadów. Cztery miesiące, gdy w przeważającej liczbie stacji stwierdzono korelację między opadami a indeksem EA, rozłożone były pojedynczo w różnych okresach roku.

W tabeli 3 zebrano wartości współczynników korelacji innych elementów meteorologicznych oraz wartości pochodnych, w tym przypadku, jedynie z indeksami NAO. W grupie temperatur ekstremalnych uzyskany wynik okazał się jednoznaczny dla wartości maksimum. Jedynie dla dwóch miesięcy wiosennych (kwiecień - maj) nie uzyskano istotnych korelacji w przeważającej liczbie punktów pomiarowych. Korelacja dotycząca temperatur minimalnych okazała się istotna tylko dla miesięcy zimowych, za to w skali obejmującej od 87 do 100% stacji. Jak wykazała analiza trudno jest prognozować pojawianie się przymrozków z indeksem cyrkulacyjnym co może być wynikiem tego, iż w regionie przeważają te, które mają charakter wybitnie lokalny. Ujemne wskaźniki związków liczbowych indeksu NAO i wilgotności powietrza pojawiły się w miesiącach letnich, co było wynikiem

Tabela 2. Korelacje pomiędzy wybranymi wskaźnikami cyrkulacji atmosfery a sumą opadów w poszczególnych miesiącach okresu 1951-2000
Table 2. Correlation between atmospheric circulation indexes and sum of precipitations in months of period 1951-2000

Indeksy Indexes		Miesiące – Months											
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
NAO	P*	6,25						75,0	56,3		50,0		56,3
	C _{max} /*	0,31						-0,66	-0,68		-0,33		0,28
EA	P		50,0		56,3	x	x	x		56,3		62,5	
	C _{max}		0,36		0,30	x	x	x		-0,45		-0,37	
EA-JET	P	x	x	x	50,0					x	x	x	x
	C _{max}	x	x	x	0,32					x	x	x	x
WP	P		56,3							50,0			
	C _{max}		0,29							0,43			
EP	P								x	x	75,0		50,0
	C _{max}								x	x	0,33		0,29
NP	P	x	x			56,3			x	x	x	x	x
	C _{max}	x	x			-0,28			x	x	x	x	x
PNA	P			50,0			x	x				62,5	
	C _{max}			0,33			x	x				-0,34	
EA/WR	P				75,0		x	x	x			62,5	
	C _{max}				-0,40		x	x	x			-0,35	
SCA	P	68,8	50,0	68,8	56,3		x	x		50,0		50,0	
	C _{max}	-0,60	-0,28	-0,67	0,29		x	x		0,35		-0,32	
TNH	P		x	x	x	x	x	x	x	x	x	66,3	
	C _{max}		x	x	x	x	x	x	x	x	x	-0,36	
POL	P		50,0	x	x	x	x	x	x	x	x	x	68,8
	C _{max}		-0,42	x	x	x	x	x	x	x	x	x	-0,32
PT	P	x	x	x	x					x	x	x	x
	C _{max}	x	x	x	x					x	x	x	x

P, C_{max} – jak w tabeli 1 – as in table 1.

Tabela 3. Korelacje pomiędzy wskaźnikiem cyrkulacji atmosfery NAO a innymi elementami meteorologicznymi okresu 1951-2000
Table 3. Correlation between atmospheric circulation index NAO and some meteorological elements in the period 1951-2000

Wyszczególnienie		Miesiące – Months											
Specification		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
t _{max}	P*	100,0	87,5	100,0			100,0	100,0	81,3	88,6	50,0	50,0	100,0
	C _{max} /*	0,58	0,39	0,61			0,31	0,63	0,50	0,45	0,28	0,32	0,53
t _{min}	P	87,5	100,0	93,4				50,0					93,4
	C _{max}	0,58	0,38	0,58				0,37					0,58
t _{grunt}	P	87,5	100,0	93,4								50,0	100,0
	C _{max}	0,62	0,44	0,52								0,31	0,58
f	P	50,0		50,0			56,3	100,0	75,0				
	C _{max}	0,35		-0,29			-0,28	-0,58	-0,44				
T _{grunt} <0°C/****	P			56,3									
	C _{max}			0,38									
V	P	50,0		68,8	56,3		50,0	56,3	56,3	50,0			50,0
	C _{max}	0,44		0,40	-0,31		-0,49	-0,30	-0,40	-0,28			0,34
Weg.*****	P	68,8									50,0		
	C _{max}	0,34									0,39		
PW*****	P	75,0	50,0	50,0					68,8	56,3			
	C _{max}	-0,35	-0,41	-0,31					-0,32	0,31			

P, C_{max} – jak w tabeli 1 – as in table 1.

*** – liczba dni z przymrozkami wiosennymi – number of frosty days in the Spring.

**** – liczba dni okresu wegetacyjnego – number of days of vegetation period.

***** – początek okresu wegetacyjnego - date of beginning of vegetation period.

relacji, która łączy temperaturę z wilgotnością względną. Prędkość wiatru jest z całą pewnością pochodną warunków barycznych, a tym samym cyrkulacji. Dokonana analiza pozwala stwierdzić, iż tak jest w istocie i że to strefowa cyrkulacja opisana indeksem NAO może stanowić podstawę do rozważań nad prędkością średnią wiatru w regionie.

Niewiele można natomiast powiedzieć na podstawie indeksu NAO o długości okresu wegetacyjnego, więcej natomiast o jego początku. Dotyczy to głównie wartości indeksu z trzech pierwszych miesięcy roku. Jest to zrozumiałe jako, że wartość ta była ustalana na podstawie przebiegu temperatury [4].

WNIOSKI

Pomimo, iż część uzyskanych wyników nie może stanowić podstawy do formułowania jednoznacznych opinii, to na podstawie danych zebranych z 16 punktów pomiarowych z regionu Polski północno-wschodniej (lata 1951-2000) można sformułować następujące wnioski:

1. Najbardziej logiczną i przekonującą istotność korelacji pomiędzy średnimi temperaturami miesiący stwierdzono przede wszystkim z indeksem cyrkulacyjnym NAO, a także z indeksami: EA, EA/JET oraz SCA, w określonych okresach roku.

2. Mniej istotne zależności wykazywały związki indeksów z miesięcznymi sumami opadów, chociaż zaznaczyła się podobna hierarchia ważności indeksów, co oznacza, iż nie można wykluczać z rozważań tych, których do tej pory prawie nie wykorzystywano w analizach problemu.

3. Dobre podstawy do rozważań na temat zależności od cyrkulacji dotyczą także temperatury maksymalnej, wilgotności powietrza, prędkości wiatru oraz początku wegetacji.

PIŚMIENNICTWO

1. **Hurrell J. W.:** Decadal trends in the North Atlantic Oscillation: Regional temperatures and precipitation. *Science*, vol. 269, 676-679, 1995.
2. **Jones P. D., Jonsson T., Wheeler D.:** Extension to the North Atlantic Oscillation using early instrumental pressure observations from Gibraltar and South-West Iceland. *Int. J. Climatol.*, 17, 1433-1450, 1997.
3. **Marsz A., Styszyńska A.:** North Atlantic Oscillation and air temperature on the area of Poland (in Polish). *WSM*, Gdynia, 101, 2001.
4. **Marsz A. A., Żmudzka E.:** North Atlantic Oscillation and vegetation period on area of Poland (in Polish). *Przegląd Geofizyczny*, t. 44, z. 4, 199-210, 1999.
5. NWC. Climate Prediction Center's Web Site. Table Archive of Indices Dating Back to 1950. <http://www.cpc.ncep.noaa.gov/data/teledoc/nao.html>

6. **Rogers J. C.:** A comparison of the mean winter pressure distribution in the extremes of the North Atlantic Oscillation and Southern Oscillation. *Studies in Climate*. Ed. H. van Loon. NCAR Technical Note 227, Atmospheric Analysis and Prediction Division. Boulder, Co, 208-241, 1984.
7. **Styszyńska A.:** North Atlantic Oscillation and precipitation in Poland (in Polish). Conference Proceedings. "Advances in research on climate changes and its importance for human life and activity", Warszawa, 48-51, 2001.

INFLUENCE OF THE NORTHERN HEMISPHERIC CIRCULATION
PATTERNS ON TEMPERATURES AND PRECIPITATION
IN NORTHEASTERN POLAND

Zbigniew Szwejkowski, Ewa Dragańska, Barbara Banaszkiewicz

Department of Meteorology and Climatology, Warmia and Mazury University
ul. Prawocheńskiego 21, 10-720 Olsztyn
e-mail: szwzbig@uwm.edu.pl

Abstract. The purpose of this study is to examine the relative impact of North Atlantic Oscillation (NAO) on temperatures and precipitation in northeastern Poland and compare it with the influence of other circulation patterns such as: East Atlantic Pattern (EA), East Atlantic Jet Pattern (EA-JET), West Pacific Pattern (WP), East Pacific Pattern (EP), North Pacific Pattern (NP), Pacific/North American Pattern (PNA), East Atlantic/West Russia Pattern (EA/WR), Scandinavia Pattern (SCA), Tropical/Northern Hemisphere Pattern (TNH), Polar/Eurasia Pattern (POL). To examine the influence of different circulation patterns on weather condition we computed correlation coefficients between temperatures, precipitation totals and the indicator values of aforementioned circulation patterns. Our measurement period covers years 1951 through 2000, with minimum 25 year continuous data intervals. Our results are generally consistent with existing studies which cover other regions of Poland but only with respect to NAO influences. Analysis of the impact of atmospheric circulation patterns other than NAO revealed unexpected results. At this point the exact nature and interpretation of those results requires further research.

Key words: circulation indexes, NAO, temperature, precipitation, vegetation period