

Zakład Klimatologii
Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu

Zsuzsanna VIZI, Rajmund PRZYBYŁAK

*Reanaliza NCEP/NCAR i możliwości jej wykorzystania
do badań rozkładu przestrzennego temperatury powietrza
w Arktyce i Subarktyce Amerykańskiej*

NCEP/NCAR reanalysis and its usefulness in the study of the spatial distribution
of air temperature in the American Arctic and Subarctic

WSTĘP

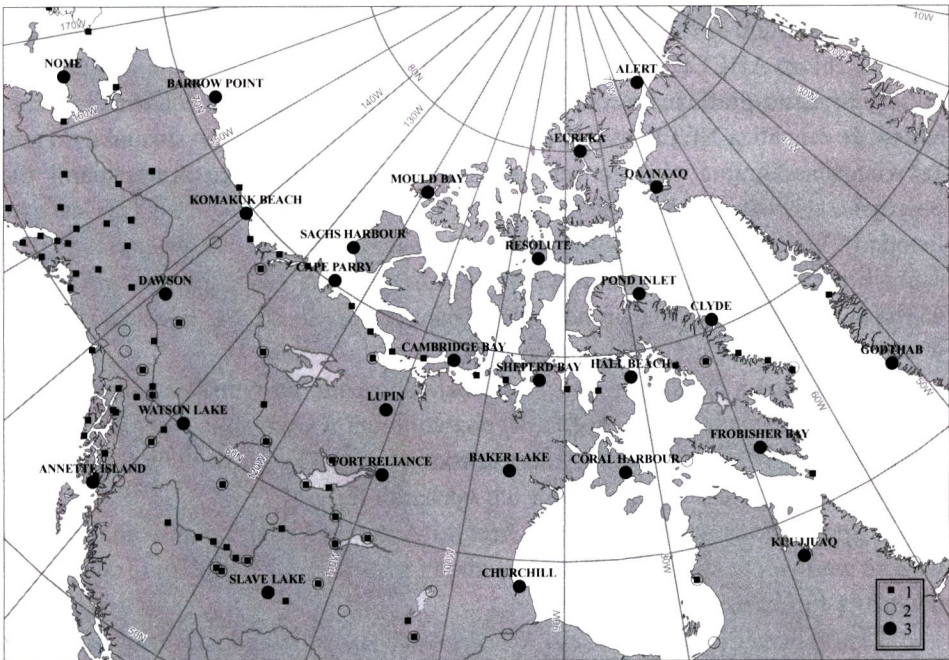
Dane gridowe ($2,5 \times 2,5^\circ$) z reanalizy NCEP/NCAR (Kalnay i in. 1996, Kistler i in. 2001) o różnej rozdzielczości czasowej (terminowe, dobowe i miesięczne) są obecnie coraz powszechniej wykorzystywane w klimatologii, szczególnie w przypadkach, kiedy dane ze stacji meteorologicznych nie są dostępne. Dla obszarów polarnych mogą być one bardzo przydatne, gdyż sieć stacji jest tu bardzo rzadka, co powoduje, iż odległości pomiędzy sąsiednimi punktami pomiarowymi sięgają setek kilometrów. Przed wykorzystaniem tych danych do różnych badań należy jednak sprawdzić ich poprawność i wiarygodność. Najlepiej to zrobić poprzez ich porównanie z istniejącymi obserwacjami dla stacji meteorologicznych.

Vizi i Przybylak (2006) zbadali, które bazy danych (reanaliza NCEP/NCAR, dane gridowe $0,5 \times 0,5$ i 5×5 stopni, Global Historical Climatology Network /GHCN/ i Adjusted Historical Canadian Climate Database /AHCCD/) i metody interpolacji przestrzennej (np. metody krigingu, liniowa regresja przestrzenna, metoda ważonych odwrotnych odległości) są najwiarygodniejsze do przedstawienia współczesnych warunków klimatycznych na badanym obszarze. Stwierdzili, że wpływ wyboru metody interpolacji na rozkład przestrzenny temperatury powietrza w Arktyce i Subarktyce Amerykańskiej jest niewielki. Okazało się natomiast, że spośród wszystkich analizowanych baz danych najgorsze wyniki (najczęściej znacznie zaniżone wartości temperatury) uzyskano dla danych wziętych z reanalizy NCEP/NCAR dlatego też temat ten zdecydowano się przedstawić bardziej szczegółowo w niniejszym opracowaniu.

OBSZAR, DANE I METODY

Dla obszaru Arktyki Amerykańskiej (zachodnie wybrzeże Grenlandii, Arktyka Kanadyjska i Alaska) oraz także Subarktyki (wykorzystano dane ze stacji na północ od szerokości geografycznej 55°N) porównano wartości średnich wieloletnich miesięcznych temperatur powietrza z okresu 1961–1990, pobrane z reanalizy (Kalnay i in. 1996, Kistler i in. 2001) oraz z 28 stacji meteorologicznych wziętych z baz danych Adjusted Historical Canadian Climate Database (Vincent i Gullett 1999, uaktualnione) i Global Historical Climatology Network (National Climatic Data Center). Stacje te wybrano w taki sposób, aby ich rozmieszczenie na badanym obszarze było w miarę równomierne (ryc. 1). W ich wyborze preferowano zhomogenizowane serie danych, jeśli tylko były dostępne. Do analizy wzięto wartości temperatury powietrza z reanaliz, interpolowane do punktów położenia geograficznego wykorzystanych stacji meteorologicznych. Przebiegi roczne różnic między wartościami temperatury powietrza z reanalizy i ze stacji zostały m. in. umieszczone na mapie.

Znacznie bogatszą sieć stacji meteorologicznych wykorzystano do wykreślenia rozkładów przestrzennych temperatury powietrza na badanym obszarze (ryc. 1).



Ryc. 1. Położenie stacji meteorologicznych w Ameryce i Subarktyce Amerykańskiej, z których dane wykorzystano w niniejszym artykule. Objaśnienia: 1 – baza danych GHCN, 2 – baza danych AHCCD, 3 – stacje ze zbiorów AHCCD i GHCN, wzięte do porównań z danymi uzyskanymi z reanalizy NCEP/NCAR

Location of meteorological stations in the American Arctic and Subarctic from which data have been used. Key: 1 – GHCN dataset, 2 – AHCCD dataset, 3 – stations from AHCCD or GHCN datasets taken for comparison with data from NCEP/NCAR reanalysis

W opracowaniu zastosowano powszechnie wykorzystywane w klimatologii metody statystyczne (w tym interpolacyjne).

W Y N I K I

Wizualne porównanie rozkładów przestrzennych średniej temperatury powietrza (1961–1990) stycznia i lipca, wykreślonych przy wykorzystaniu jej wartości z różnych baz danych (ryc. 2, zobacz także: Vizi i Przybylak 2006) uwidacznia znaczną odmienną tych rozkładów dla danych z reanalizy NCEP/NCAR. Przede wszystkim zauważa się większy „chaos” (nieporządek) w rozkładzie (sztuczne oczka, kanciastość izoterm, nieuzasadnione duże gradienty, np. na M. Baffina w styczniu czy w lipcu u wybrzeży kontynentu). Warto nadmienić, że rozkłady przestrzenne w pełni można porównywać tylko dla obszarów, gdzie istnieją stacje (czyli bez wnętrza Grenlandii i obszarów morskich oblewających Arktykę od północy).

Aby szczegółowo ocenić przydatność danych termicznych z reanalizy NCEP/NCAR, obliczono różnice między ich średnimi miesięcznymi, sezonowymi i rocznymi wieloletnimi (1961–1990) wartościami i odpowiednimi danymi wziętymi ze stacji ze zbioru AHCCD (tab. 1, ryc. 3). Analiza danych zawartych w tej dokumentacji tabelaryczno-graficznej wskazuje na wyraźną przewagę ujemnych różnic. Oznacza to, że reanaliza NCEP/NCAR dostarcza zaniżonych danych w stosunku do rzeczywistości. Skrajne różnice między średnimi miesięcznymi wartościami dla pojedynczych stacji wahają się od $9,4^{\circ}\text{C}$ (Dawson, styczeń) do $-11,6^{\circ}\text{C}$ (Qaanaaq, listopad). W przypadku danych sezonowych analogiczne wartości wystąpiły w tych samych miejscach odpowiednio zimą ($7,7^{\circ}\text{C}$) i jesienią ($-8,7^{\circ}\text{C}$). Średnie roczne wartości natomiast wahają się od $0,9^{\circ}\text{C}$ (Baker Lake) do $-6,5^{\circ}\text{C}$ (Qaanaaq). Tylko w czterech stacjach były one dodatnie.

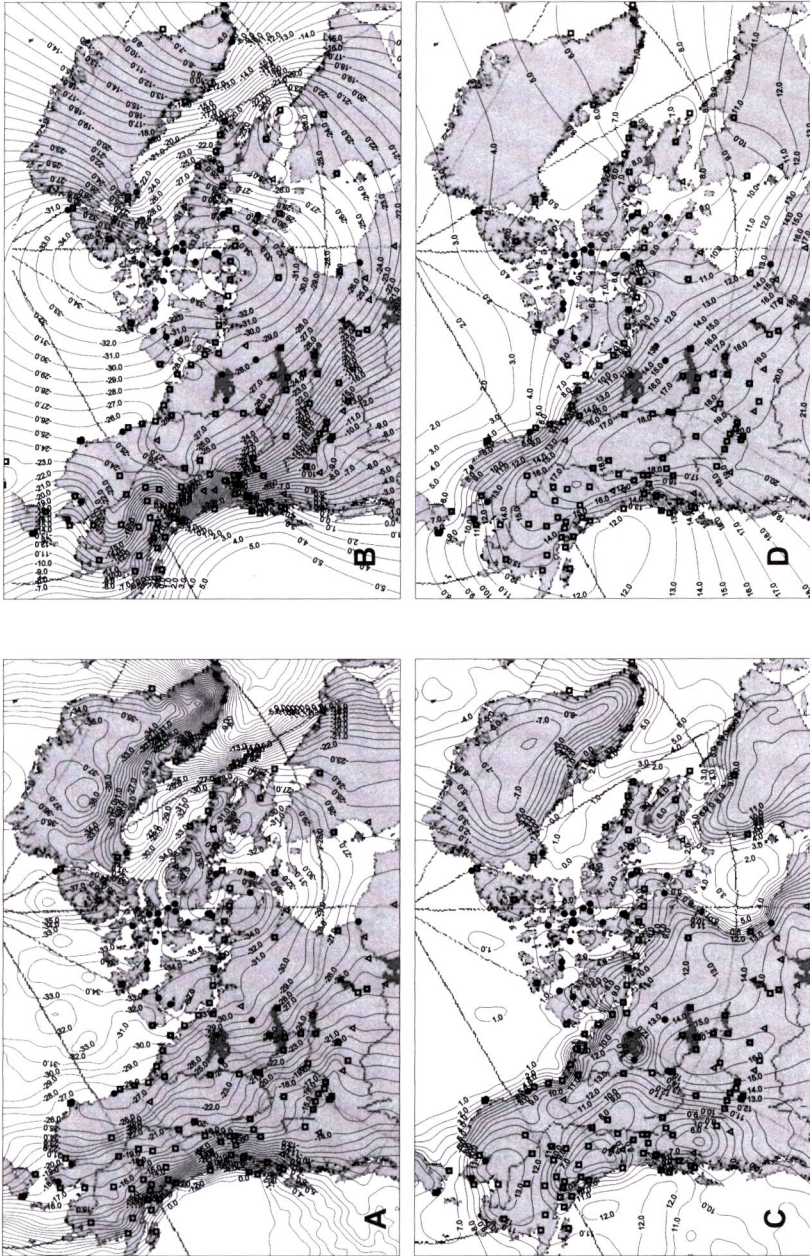
Szczegółowa analiza przebiegów rocznych różnic termicznych między badanymi bazami danych (tab. 1, ryc. 3, 4) pozwoliła na wyróżnienie 5 regionów (trzy znajdują się w obrębie Arktyki Amerykańskiej, a dwa leżą głównie w Subarktyce) charakteryzujących się odmiennymi ich cechami. Są to:

1) południowo-centralna część Arktyki Amerykańskiej, gdzie reanalizy dają wyższe wartości temperatury powietrza zimą i wiosną, a niższe latem i jesienią, niż wykazują to obserwacje,

2) północna i zachodnia część Arktyki Amerykańskiej, gdzie wartości z reanalizy tylko wiosną są wyższe od zmierzonych,

3) centralna i południowa część wschodniej Arktyki Amerykańskiej, gdzie temperatury powietrza wzięte z reanalizy są w ciągu całego roku niższe od ich wartości zanotowanych na stacjach,

4) południowa Alaska i południowy Jukon, gdzie reanalizy dają znacznie obniżone wartości temperatury powietrza, z wyjątkiem miesięcy zimowych i listopada,



Ryc. 2. Rozkład przestrzenny średnich wartości temperatury powietrza (1961–1990) w styczniu (A, B) i lipcu (C, D) w Ameryce i Subarktyce Amerykańskiej, wykreślony na podstawie danych wziętych z reanalizy NCEP/NCAR (A, C) i z bazy danych AHCCD (B, D)

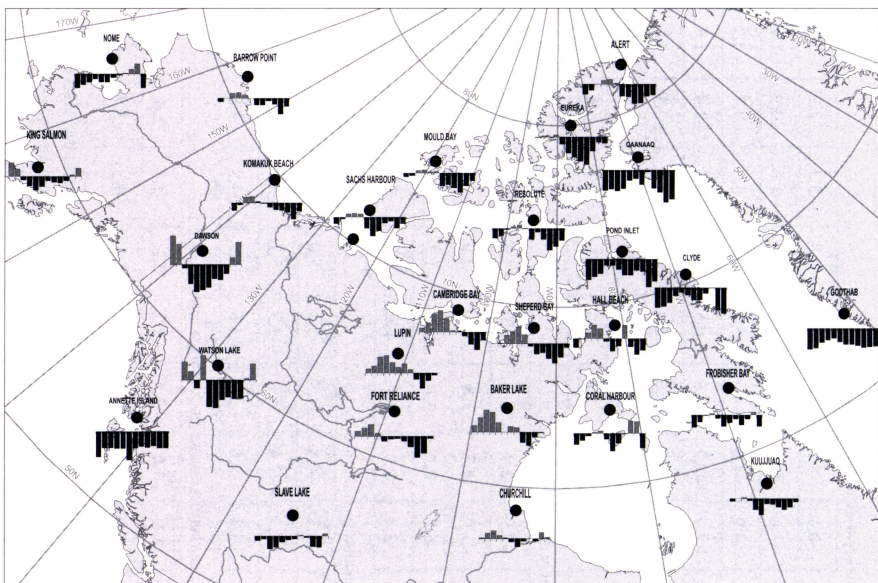
Spatial distribution of air temperature mean values (1961–1990) for January (A, B) and July (C, D) in the American Arctic and Subarctic based on data taken from NCEP/NCAR reanalysis (A, C) and from AHCCD dataset (B, D)

Tab. 1. Przebieg roczny różnic między średnimi miesięcznymi wartościami temperatury powietrza (1961–1990) w Ameryce i Subarktyce Amerykańskiej, obliczonymi na podstawie danych z reanalizy NCEP/NCAR i z bazy danych AHCCD z podziałem na regiony Annual course of differences between mean monthly air temperature values (1961–1990) in the American Arctic and Subarctic computed based on data taken from NCEP/NCAR reanalysis and from AHCCD dataset. Stations were grouped into regions

Stacje	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XII–II	III–V	VI–VIII	IX–XI	I–XII
a) Południowo-centralna część Arktyki Amerykańskiej																	
Baker Lake	1,4	3,1	4,7	4,3	2,0	-0,1	1,3	0,9	-2,3	-2,9	-1,1	-0,2	1,4	3,7	0,7	-2,1	0,9
Cambridge Bay	1,0	2,4	4,6	5,4	3,3	0,4	0,2	-1,0	-2,9	-4,2	-2,0	0,1	1,2	4,4	-0,1	-3,0	0,6
Churchill	0,2	1,2	1,6	0,7	0,2	-0,6	-1,6	-0,5	0,1	-0,4	1,4	0,3	0,6	0,8	-0,9	0,4	0,2
Lupin	0,9	1,6	3,6	4,0	2,3	1,3	2,0	0,7	-1,5	-3,6	-1,9	-0,5	0,7	3,3	1,3	-2,3	0,7
Sheperd Bay	0,1	1,6	2,6	3,7	1,8	-0,9	-2,8	-2,5	-3,9	-5,2	-3,7	-1,3	0,1	2,7	-2,1	-4,3	-0,9
Średnia	0,7	2,0	3,4	3,6	1,9	0,0	-0,2	-0,5	-2,1	-3,3	-1,5	-0,3	0,8	3,0	-0,2	-2,3	0,3
b) Północna i zachodnia część Arktyki Amerykańskiej																	
Alert	-2,4	-1,4	-0,1	0,9	1,0	0,1	-2,9	-3,1	-4,7	-4,4	-2,9	-2,6	-2,1	0,6	-2,0	-4,0	-1,9
Barrow Point	-0,8	-0,1	1,1	1,3	0,8	-0,1	-1,7	-1,7	-0,7	-1,4	-3,7	-1,9	-0,9	1,1	-1,2	-1,9	-0,7
Cape Parry	-2,8	-0,8	0,7	1,8	1,0	-0,8	-3,0	-3,2	-2,4	-2,8	-5,4	-3,6	-2,4	1,2	-2,3	-3,5	-1,8
Hall Beach	-2,2	-0,1	1,3	3,2	2,3	-0,7	-3,0	-1,9	3,2	-2,0	-3,9	-2,9	-1,7	2,3	-1,9	-0,9	-0,6
Eureka	-0,2	0,3	0,0	0,7	-2,3	-5,2	-6,5	-7,8	-8,8	-4,5	-1,6	-2,0	-0,6	-0,5	-6,5	-5,0	-3,2
Komakuk Beach	-2,2	-0,6	1,5	1,6	0,2	-0,3	-1,2	-1,9	-2,2	-2,7	-4,6	-2,3	-1,7	1,1	-1,1	-3,2	-1,2
Mould Bay	-0,9	-0,6	0,7	0,8	0,4	0,3	-3,2	-2,9	-3,8	-4,9	-3,3	-1,9	-1,1	0,6	-1,9	-4,0	-1,6
Resolute	-2,5	-1,9	-0,3	0,6	1,0	-0,1	-2,9	-1,0	-2,9	-5,9	-4,8	-3,3	-2,6	0,4	-1,3	-4,5	-2,0
Sachs Harbour	-1,7	-0,5	0,7	0,9	0,7	-2,9	-4,8	-3,5	-1,5	-1,1	-2,9	-1,7	-1,3	0,8	-3,7	-1,8	-1,5
Średnia	-1,7	-0,6	0,6	1,3	0,6	-1,1	-3,2	-3,0	-2,6	-3,3	-3,7	-2,5	-1,6	0,8	-2,4	-3,2	-1,6

c) Centralna i południowa część wschodniej Arktyki Amerykańskiej																	
Clyde	-6,1	-5,6	-4,6	-2,3	-1,5	-2,3	-3,8	-3,8	-1,7	-0,1	-6,9	-8,0	-6,6	-2,8	-3,3	-2,9	-3,9
Frobisher Bay	-2,9	-1,7	-0,3	0,3	-0,9	-2,6	-1,9	-1,0	-2,3	-1,1	0,6	-2,7	-2,4	-0,3	-1,8	-0,9	-1,4
Godthab	-5,5	-5,2	-3,7	-3,0	-2,6	-3,5	4,1	4,1	4,5	4,9	4,8	4,7	5,1	3,1	3,9	4,7	4,2
Kuujuuaq	-0,7	<i>0,0</i>	0,2	-0,5	-2,9	4,1	-1,3	-1,5	-2,1	-2,9	-2,2	-0,9	-0,5	-1,1	-2,3	-2,4	-1,6
Pond Inlet	-6,5	-5,6	-4,6	-1,9	-1,9	-3,3	-5,1	-5,1	-3,5	-3,9	-8,9	-7,0	-6,4	-2,8	-4,5	-5,4	4,8
Qaanaaq	-7,3	-6,8	-7,5	-6,7	-3,7	-3,1	-5,2	-0,7	-6,5	-8,0	-11,6	-10,5	-8,2	-6,0	-3,0	-8,7	-6,5
Średnia	-4,8	-4,2	-3,4	-2,4	-2,3	-3,1	-3,6	-2,7	-3,4	-3,5	-5,6	-5,6	-4,9	-2,7	-3,1	-4,2	-3,7
d) Południowa Alaska i południowy Jukon																	
Dawson	9,4	6,5	-1,1	-6,2	-8,8	-8,2	-7,3	-4,5	-4,8	-2,9	2,4	7,3	7,7	-5,4	-6,7	-1,8	-1,5
King Salmon	3,1	1,6	-0,8	-2,1	-3,2	-2,4	-1,0	-1,4	-1,5	-1,0	0,2	1,8	2,2	-2,0	-1,6	-0,8	-0,6
Watson Lake	5,6	2,7	-2,5	7,6	-8,3	-8,7	-6,2	-5,3	-5,8	-5,7	0,5	5,0	4,4	-1,1	-6,7	-3,7	-1,8
Średnia	6,0	3,6	-1,5	-0,2	-6,8	-6,4	-4,8	-3,7	-4,0	-3,2	1,0	4,7	4,8	-2,8	-5,0	-2,1	-1,3
e) Centralna część zachodniej Kanady																	
Annette Island	-7,6	-4,9	-4,9	-5,1	-5,0	-8,5	-4,9	-4,4	-4,7	-4,3	-4,8	-4,9	-5,8	-5,0	-5,9	-4,6	-5,3
Slave Lake	-1,0	-0,7	-2,8	-2,4	-1,3	-0,8	-0,6	0,1	-0,3	-2,3	-2,4	0,5	-3,9	-5,7	-3,9	-5,2	4,7
Średnia	-4,3	-2,8	-3,9	-3,8	-3,2	-4,7	-2,8	-2,2	-2,5	-3,3	-3,6	-2,2	-4,8	-5,3	-4,9	-4,9	-5,0
f) Stacje o indywidualnym, odmiennym rozkładzie różnic; nie zaklasyfikowane do żadnego regionu																	
Coral Harbour	-2,7	-1,8	-0,7	0,3	0,7	-1,5	-4,4	-2,4	-0,2	3,2	3,0	-3,6	-2,7	0,1	-2,8	2,0	-0,8
Fort Reliance	1,1	1,9	2,7	0,6	-1,2	-0,7	-0,5	-1,2	-2,5	-5,0	-3,9	-0,5	0,8	0,7	-0,8	-3,8	-0,8
Nome	-3,6	-2,9	-2,1	-1,3	-2,2	-2,2	-1,1	-0,3	0,1	1,2	2,6	-3,7	-3,4	-1,9	-1,2	1,3	-1,3

Dodatnie wartości różnic zostały pogrubione – positive values of differences are written in bold.



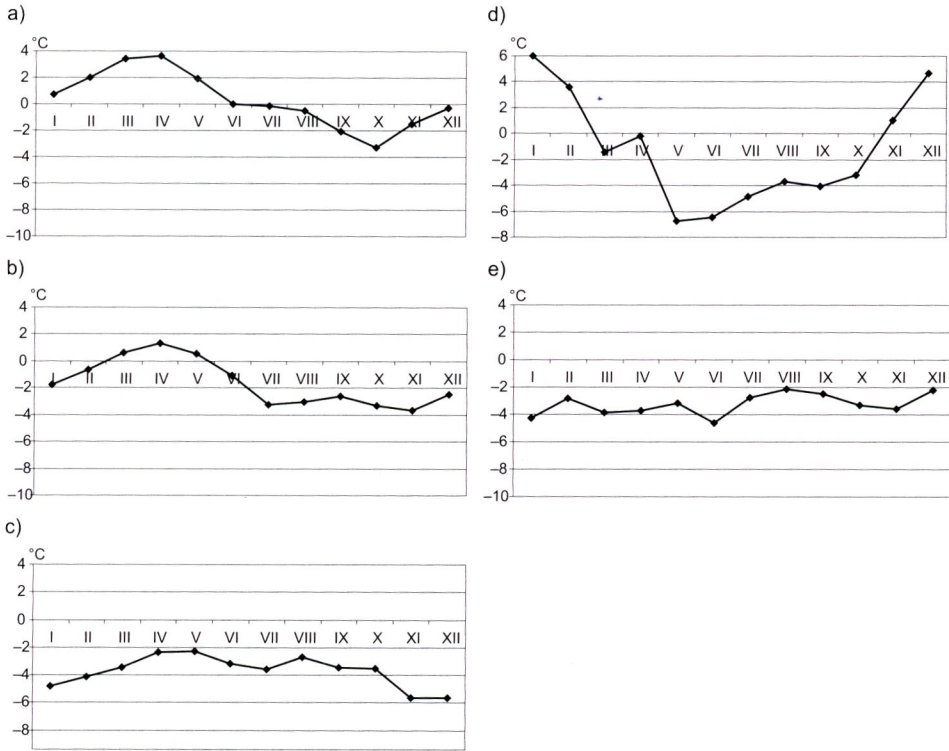
Ryc. 3. Przebieg roczny różnic między średnimi miesięcznymi wartościami temperatury powietrza (1961–1990) w Ameryce i Subarktyce Amerykańskiej, obliczonych na podstawie danych z reanalizy NCEP/NCAR i z bazy danych AHCCD

Annual courses of differences between mean monthly air temperature values (1961–1990) in the American Arctic and Subarctic based on data taken from NCEP/NCAR reanalysis and from AHCCD dataset

5) centralna część zachodniej Kanady, gdzie podobnie jak w regionie 3. temperatury powietrza wzięte z reanalizy są w ciągu całego roku niższe od ich wartości zanotowanych na stacjach.

Odmienne przebiegi roczne różnicy temperatury powietrza między danymi z reanalizy NCEP/NCAR i z bazy danych AHCCD, niż w 5 wyżej wymienionych regionach, posiadają stacje Coral Harbour, Fort Reliance i Nome. Z tego powodu nie zostały one nigdzie zaklasyfikowane. Warto odnotować, że stacje te leżą w strefie przejściowej między dwoma lub trzema wyróżnionymi regionami.

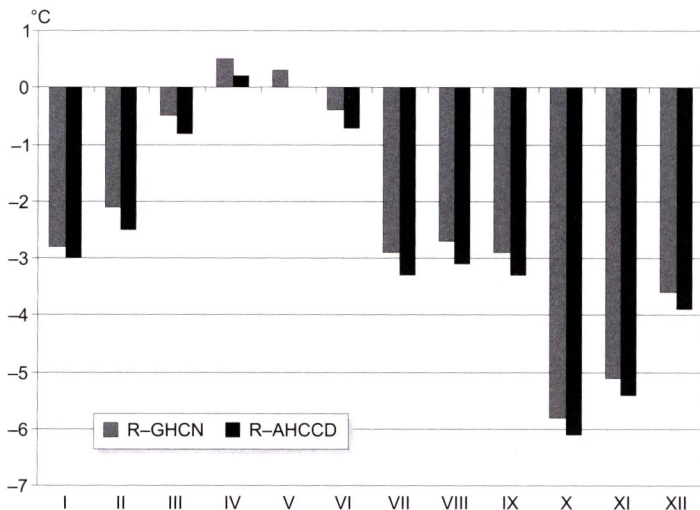
Dla wszystkich 5 wyróżnionych regionów obliczono także średnie obszarowe różnice termiczne (tab. 1, ryc. 4). Ich analiza wskazuje, że w Arktyce Amerykańskiej (ryc. 4a–c) przebiegi roczne są z grubsza podobne. Wyższe wartości występują w pierwszej połowie roku (szczególnie wiosną), a niższe w drugiej połowie roku. Należy jednak zauważyć, że odróżnią się one od siebie istotnie wielkością różnic. Zaznaczone regiony w Subarktyce różnią się natomiast znacząco przebiegami rocznymi różnic temperatury powietrza zarówno między sobą, jak i w porównaniu do wcześniej omówionych przebiegów (tab. 1, ryc. 4). W przebiegu rocznym największą amplitudę między średnimi miesięcznymi różnicami temperatury powietrza



Ryc. 4. Przebieg roczny uśrednionych obszarowo różnic między średnimi miesięcznymi wartościami temperatury powietrza (1961–1990), obliczonymi na podstawie danych z reanalizy NCEP/NCAR i z bazy danych AHCCD i GHCN. Objasnienia: a) południowo-centralna część Arktyki Amerykańskiej, b) północna i zachodnia część Arktyki Amerykańskiej, c) centralna i południowa część wschodniej Arktyki Amerykańskiej, d) południowa Alaska i południowy Jukon, e) centralna część zachodniej Kanady
 Annual courses of areally averaged differences between mean monthly air temperature values (1961–1990) based on data taken from NCEP/NCAR reanalysis and from AHCCD and GHCN datasets. Key: a) south-central part of the American Arctic, b) northern and western part of the American Arctic, c) central and southern part of eastern American Arctic, d) southern Alaska and southern Yukon Territory, e) central part of western Canada

stwierdzono w regionie 4. (południowa Alaska i południowy Jukon), gdzie wyniosła ona aż 12,8°C (ryc. 4d). Natomiast najmniejsza jest ona (tylko 2,5°C) w regionie 5. (centralna część zachodniej Kanady, ryc. 4e).

Podobne wyniki uzyskano, gdy porównano wartości średnich miesięcznych temperatury powietrza z reanalizy NCEP/NCAR z odpowiednimi danymi ze stacji meteorologicznych, wziętymi z bazy danych GHCN. Na ryc. 5 przedstawiono wyniki uzyskane dla stacji Resolute. Jak widać z analizowanej ryciny, z reguły dane z reanalizy są bardziej zaniżone, gdy do analizy wzięto wartości temperatury powietrza ze zbioru AHCCD.



Ryc. 5. Przebieg roczny różnic między średnimi miesięcznymi wartościami temperatury powietrza w Resolute (1961–1990), obliczonymi na podstawie danych z reanalizy NCEP/NCAR i z baz danych GHCN i AHCCD

Annual course of differences between mean monthly air temperature values (1931–1960) in Resolute based on data taken from NCEP/NCAR reanalysis and from GHCN and AHCCD datasets

Podsumowując, należy stwierdzić jednoznacznie, że wykorzystanie danych termicznych z reanalizy NCEP/NCAR do badania klimatu Arktyki i Subarktyki Amerykańskiej oraz najprawdopodobniej także innych obszarów leżących w wysokich szerokościach geograficznych, bez wprowadzenia odpowiednich poprawek, jest ograniczone i niewłaściwe.

Temat zrealizowano w ramach realizacji projektów badawczych Komitetu Badań Naukowych nr 3 P04E 057 22 oraz Ministerstwa Edukacji i Nauki nr 2 P04E 036 30.

LITERATURA

- Kalnay E., Kanamitsu M., Kistler R., Collins W., Deaven D., Gandin L., Iredell M., Saha S., White G., Woollen J., Zhu Y., Chelliah M., Ebisuzaki W., Higgins W., Janowiak J., Mo K. C., Ropelewski C., Wang J., Leetmaa A., Reynolds R., Jenne Roy, Joseph D., 1996: The NCEP/NCAR 40-year Reanalysis project. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 77: 437–47.
- Kistler R., Kalany E., Collins W., Saha S., White G., Woollen J., Chelliah M., Ebisuzaki W., Kanamitsu M., Kousky V., van den Dool H., Jenne Roy, Fiorino M., 2001: The NCEP-NCAR 50-Year Reanalysis: Monthly means CD-ROM and documentation. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 82: 247–268.
- Vincent L., A., and Gullett D., W., 1999: Canadian historical and homogeneous temperature datasets for climate change analyses. *Int. J. Climatol.*, 19: 1375–1388.
- Vizi Z., Przybylak R., 2006: Spatial distribution of the air temperature in the American Arctic for different databases and methods. *Proceedings of the Conference on Spatial Interpolation in Climatology and Meteorology, Budapest, Hungary 24–29 October 2004*, w druku.

SUMMARY

In the paper we compared mean monthly values of air temperature for the period 1961–1990 obtained from NCEP/NCAR reanalysis with data for 28 stations from the Adjusted Historical Canadian Climate Database (AHCCD) and the Global Historical Climatology Network (GHCN) in the American Arctic and Subarctic.

Analysing the annual courses of temperature differences between the mentioned databases we distinguished 5 regions with different characteristics:

- 1) southern-central part of the American Arctic, where temperature values from reanalysis are higher in winter and in spring, and lower in summer and autumn than data values from stations,
- 2) northern and western part of the American Arctic, where temperature values from reanalysis are higher than observations only in spring,
- 3) central and southern part of the eastern American Arctic, where reanalysis gives lower temperature values than observations during the whole year,
- 4) southern Alaska and southern Yukon Territory, where values from reanalysis (except winter months and November) are considerable lower than station data,
- 5) central part of western Canada, where reanalysis gives lower temperature values than observations during the whole year, similarly to region 3.

Three stations, Coral Harbour, Fort Reliance and Nome, show different annual courses than that occurring in the above mentioned regions. They are situated in the transitional zone between two or three regions.

Extreme differences between the monthly temperature values at individual stations varies from 9.4°C (Dawson, January) to -11.6°C (Qaanaaq, November), between seasonal values from 7.7°C (Dawson, winter) to -8.7°C (Qaanaaq, autumn), and between annual values from 0.9 (Baker Lake) to -6.5°C (Qaanaaq).

On the basis of our results we can state that temperature values from NCEP/NCAR reanalysis should not be used without corrections in the study of the climate of the American Arctic and Subarctic regions.