

OCENA DOKŁADNOŚCI STOSOWANYCH METOD OBLICZANIA ŚREDNICH I EKSTREMALNYCH DOBOWYCH WARTOŚCI TEMPERATURY POWIETRZA W ARKTYCE AMERYKAŃSKIEJ W XIX WIEKU¹

ESTIMATION OF THE ACCURACY OF METHODS USED FOR THE CALCULATION OF MEAN AND EXTREME DAILY AIR TEMPERATURE VALUES IN THE AMERICAN ARCTIC IN THE 19TH CENTURY

Rajmund Przybylak, Zsuzsanna Vizi

Zakład Klimatologii, Instytut Geografii UMK, Toruń
ul. Danielewskiego 6, 87–100 Toruń
rp11@geo.uni.torun.pl

Zarys treści. W artykule omówiono różne metody obliczania średnich dobowych temperatury powietrza w Arktyce Amerykańskiej w XIX wieku. Oceniono dokładność stosowania tych metod biorąc pod uwagę jako średnią wzorcową tzw. średnią dobową rzeczywistą temperaturę powietrza obliczaną z 24 danych cogodzinnych. Drugim problemem badawczym, który podjęto w artykule, jest oszacowanie wielkości błędów jakie się popełnia wybierając z różnych zbiorów danych godzinowych (co 1-, 2-, 3-godziny itd.) najwyższe i najniższe dobowe temperatury powietrza. Jako wzorzec w tym przypadku wykorzystano wartości temperatur maksymalnych i minimalnych powietrza odczytane z termometrów ekstremalnych. Podobną analizę przeprowadzono także dla amplitudy dobowej temperatury powietrza. Dla wszystkich analizowanych parametrów termicznych i dla wszystkich metod obliczania/wyznaczania średnich dobowych temperatury powietrza i temperatur ekstremalnych obliczono m. in. przeciętne błędy estymacji ich średnich miesięcznych wartości.

Słowa kluczowe: temperatura powietrza, średnia i amplituda dobowa, Arktyka Amerykańska.

1. Wstęp

Wyprawy eksploracyjne (lądowe i morskie) organizowane do Arktyki Amerykańskiej w XIX wieku (w tym w większości wysłane w celu znalezienia tzw. Przejścia Północno-Zachodniego, a później również zaginionej wyprawy pod dowództwem Sir J. Franklina) prowadziły zawsze obserwacje meteorologiczne, jednak w różnych terminach obserwacyjnych w ciągu doby (co 1, 2, 3, 4 godziny, czasami bez pomiarów w godzinach nocnych). Terminy wykonywania obserwacji zmieniały się często także w zależności od sezonu. W okresie sprzyjających warunków atmosferycznych (wiosna, lato) obserwacje meteorologiczne były rzadsze. W tym czasie bowiem realizowany był główny cel wypraw: odkrywczy, poszukiwawczy. Więcej szczegółów na temat tych wypraw, zebranych danych meteorologicznych i panujących warunków pogodowych zawierają prace Przybylaka i Vizi (2004, 2005).

¹ Opracowanie wykonano w ramach realizacji projektu badawczego KBN nr 3 P04E 057 22

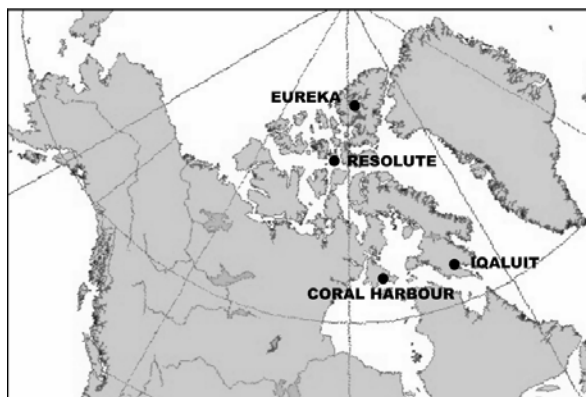
Różne terminy wykonywania obserwacji meteorologicznych w czasie wspomnianych wypraw zmuszały do stosowania niejednakowych metod obliczania (wyznaczania) średnich dobowych (ekstremalnych) temperatury powietrza. Oznacza to, że często nie można wyników z nich uzyskanych bezpośrednio ze sobą porównywać, ani też porównać ich ze współczesnymi warunkami klimatycznymi. Dlatego, głównym celem przeprowadzonych przez nas badań, których wyniki prezentujemy w niniejszym artykule, jest ustalenie przeciętnych błędów estymacji średnich miesięcznych wartości analizowanych parametrów termicznych obliczanych (wyznaczanych) różnymi metodami. Metody obliczania (wyznaczania) średnich dobowych (najwyższych i najniższych dobowych wartości) temperatury powietrza będące podstawą obliczania średnich miesięcznych ich wartości przedstawiamy w następnym podrozdziale. Uzyskane wartości przeciętnych błędów estymacji (różnice w stosunku do odpowiednich wartości wzorcowych), po ich uwzględnieniu w obliczeniach średnich miesięcznych, w znaczący sposób poprawiają jakość, a tym samym i wiarygodność zebranych informacji na temat warunków pogodowych i klimatycznych w Arktyce w XIX wieku.

Temat został podjęty w ramach realizacji grantu KBN dotyczącego między innymi poznania klimatu Arktyki w XIX wieku. W niniejszym artykule ograniczamy się jednak do obszaru Arktyki Amerykańskiej wyznaczonej wg kryterium zaproponowanego w Atlasie Arktiki (1985).

W literaturze przedmiotu problem oceny dokładności obliczania średniej dobowej temperatury powietrza liczonej różnymi sposobami dla warunków polarnych podjęli, jak do tej pory, jedynie Gluza i Siwek (2002). Obliczenia przeprowadzili oni jednak tylko dla jednej stacji (Calypsobyen na Spitsbergenie) i tylko dla danych z sezonu letniego. Dla warunków polskich temat ten ostatnio podjął Filipiuk (2000/2001), a wcześniej wielu innych badaczy, których bibliografie można znaleźć w cytowanej pracy.

2. Materiał i metody

Do obliczeń wykorzystano codzienne wartości temperatury powietrza oraz dobowe wartości temperatury maksymalnej (T_{max}) i minimalnej (T_{min}) powietrza z 4 współczesnych stacji meteorologicznych zlokalizowanych w Arktyce Amerykańskiej (Eureka, Resolute, Coral Harbour, Iqaluit) z okresu 1979–1983 (ryc. 1). Dane zostały nam udostępnione przez Kanadyjskie Centrum Klimatyczne (Canadian Climate Centre) w Toronto.



Ryc. 1. Lokalizacja stacji meteorologicznych z których wykorzystano dane o temperaturze powietrza do niniejszej pracy

Fig. 1. Location of meteorological stations from which air temperature data were used in the present work

Metody (sposoby) obliczania średnich dobowych temperatury powietrza (m_1 - m_9) w XIX wieku w czasie trwania wypraw polarnych są bezpośrednią konsekwencją terminów, w których wykonywano obserwacje meteorologiczne. Były one następujące:

$$\begin{aligned} m_1 &= (t_{01}+t_{02}+\dots+t_{23}+t_{24})/24 & m_6 &= (t_{08}+t_{10}+\dots+t_{20}+t_{22})/8 \\ m_2 &= (t_{02}+t_{04}+\dots+t_{22}+t_{24})/12 & m_7 &= (t_{08}+t_{10}+\dots+t_{22}+t_{24})/9 \\ m_3 &= (t_{03}+t_{06}+\dots+t_{21}+t_{24})/8 & m_8 &= (t_{06}+t_{09}+\dots+t_{18}+t_{21})/6 \\ m_4 &= (t_{04}+t_{08}+\dots+t_{20}+t_{24})/6 & m_9 &= (t_{01}+t_{03}+\dots+t_{21}+t_{23})/12 \\ m_5 &= (t_{00}+t_{02}+\dots+t_{20}+t_{22})/12 \end{aligned}$$

gdzie $t_{01}, t_{02}, \dots, t_{24}$ oznaczają odpowiednio wartości temperatury powietrza z godzin 01, 02, ..., 24.

Obserwatorzy meteorologiczni biorący udział w wyprawach polarnych w XIX do Arktyki Amerykańskiej lub osoby, które opracowywały zebrane przez nich dane meteorologiczne, obliczali nie tylko średnie dobowe wartości temperatury powietrza, ale najczęściej także wyznaczali najwyższe (TNw) i najniższe (TNn) ich wartości dla poszczególnych dób ze wszystkich dostępnych danych oraz obliczali różnice między nimi (TNw-TNn, dalej w skrócie ADTR). Analogicznie jak w przypadku średnich dobowych możemy tu wyróżnić 9 różnych sposobów ich uzyskiwania (obliczania) na podstawie zbiorów danych z godzin wyszczególnionych we wzorach m_1 - m_9 . Zostały one nazwane odpowiednio TNw_{1,...}, TNw₉; TNn_{1,...}, TNn₉ i ADTR_{1,...}, ADTR₉.

Współczesne metody obliczania średnich dobowych temperatury powietrza w Arktyce są natomiast najczęściej następujące:

1. $m_1 = (t_{01}+t_{02}+\dots+t_{23}+t_{24})/24$ (tzw. średnia dobowa rzeczywista),
2. $m_3 = (t_{03}+t_{06}+\dots+t_{21}+t_{24})/8$,
3. $m_{10} = (t_{06}+t_{12}+t_{18}+t_{24})/4$ (dla pozostałych parametrów termicznych nazwy metod są następujące: TNw₁₀, TNn₁₀ i ADTR₁₀),
4. $m_{11} = (T_{\max}+T_{\min})/2$ (Arktyka Amerykańska).

Natomiast wartości T_{\max} i T_{\min} uzyskuje się obecnie z pomiarów wykonanych termometrami ekstremalnymi, a dobową amplitudę temperatury powietrza (DTR) oblicza się odejmując T_{\min} od T_{\max} .

W celu wyeliminowania wpływu różnych sposobów obliczania średnich dobowych wartości temperatury powietrza obliczono poprawki względem tzw. średniej wzorcowej, za którą w naszym przypadku przyjęliśmy średnią dobową rzeczywistą (m_1). Wg Gluzy i Siwka (2002) jest ona wystarczająca do uzyskania dokładnej średniej dobowej. Wykazali oni bowiem, że przeciętny błąd estymacji średniej dobowej liczonej z 48 i 24 pomiarów w porównaniu do tejże średniej obliczonej ze 144 pomiarów jest równy 0.00°C. Ponieważ w Arktyce Amerykańskiej, jak wyżej wskazano, wciąż do obliczania średniej dobowej temperatury powietrza stosuje się wzór m_{11} , dlatego też prezentujemy także poprawki obliczone w stosunku do w ten sposób obliczanej średniej. W przypadku temperatur ekstremalnych wzorcem do porównań są ich wartości zmierzone termometrami ekstremalnymi.

Przeciętne błędy estymacji średnich miesięcznych wartości analizowanych w tej pracy parametrów temperatury powietrza (m , TNw, TNn i ADTR) wyznaczono poprzez ich porównanie ze średnimi miesięcznymi wartościami obliczonymi przy wykorzystaniu odpowiednio tzw. średnich dobowych rzeczywistych temperatury powietrza obliczanych z 24 danych cogodzinnych (m_1), T_{\max} , T_{\min} i DTR. Zastosowanie w ten sposób obliczonych korekt do charakterystyk miesięcznych temperatury powietrza dostępnych obecnie dla Arktyki Amerykańskiej dla XIX wieku, pozwoli na wiarygodniejsze odtworzenie warunków termicznych panujących w tym czasie w tym regionie, a tym samym także na wiarygodniejszą ocenę zmian klimatu,

jakie wystąpiły w ostatnich 100–200 latach. Dodatkowo obliczono także maksymalne i minimalne błędy estymacji wartości średnich dobowych temperatury powietrza, T_{max} , T_{min} i DTR.

3. Wyniki

3.1. Średnia dobowa

Średnie miesięczne wartości temperatury powietrza uzyskane przy wykorzystaniu średnich dobowych obliczonych metodami m_{2-5} i m_9 dają niemal identyczne wyniki jak ich wartości uzyskane przy zastosowaniu tzw. średniej dobowej rzeczywistej (metoda m_1). Różnice między nimi (tab. 1) są bardzo małe i nie przekraczają $\pm 0.05^\circ\text{C}$ (z wyjątkiem X dla Eureka, kiedy wyniosła ona -0.06°C). Niewielkie błędy popełnia się też wykorzystując metodę m_{10} . W tym przypadku średnie miesięczne temperatury powietrza dla ciepłego okresu roku są przeważnie lekko zawyżone, a dla chłodnego – zaniżone. Różnice jednak rzadko przekraczają $\pm 0.1^\circ\text{C}$, a najczęściej mieszczą się w przedziale od -0.05°C do 0.05°C .

Najmniej dokładne są średnie miesięczne obliczane ze średnich dobowych uzyskiwanych metodami m_{6-8} . W północnej części Arktyki Amerykańskiej ich wartości są zawyżone od lutego bądź marca do października w stosunku do odpowiednich średnich miesięcznych obliczanych metodą m_1 . Największe błędy, przekraczające najczęściej 0.5°C , popełnia się obliczając średnie dla kwietnia i maja. W pozostałych miesiącach różnice z reguły są niższe od 0.5°C . Od listopada do lutego bądź marca średnie miesięczne wartości temperatury powietrza są natomiast nieznacznie zaniżone (rzadko o więcej niż 0.1°C). Z kolei na południu badanego obszaru (Coral Harbour, Iqaluit), już prawie we wszystkich miesiącach, są one zawyżone. Wielkości różnic są też tutaj wyraźnie większe (tab. 1).

Niedokładne i często znacząco odbiegające wartości od średniej dobowej rzeczywistej temperatury powietrza uzyskuje się też stosując metodę m_{11} do obliczeń średniej dobowej. W tym przypadku średnie miesięczne temperatury powietrza są z reguły zaniżone o około $0.2\text{--}0.4^\circ\text{C}$. Największe różnice występują w miesiącach przejściowych pór roku, czyli w kwietniu i maju oraz we wrześniu, październiku i listopadzie. Średnie wartości temperatury powietrza w miesiącach letnich obliczane według wzoru m_{11} są zawyżone o $0.1\text{--}0.3^\circ\text{C}$, ale tylko we wschodniej części Arktyki Kanadyjskiej (Eureka, Iqaluit). Wyraźnie największe różnice są notowane w stacji Coral Harbour (tab. 1), która reprezentuje najcieplejszy, i o największym stopniu kontynentalizmu, fragment badanego obszaru (Przybylak 2003). Średnie miesięczne temperatury powietrza obliczane metodą m_{11} , jak widać z tab. 2, znacząco różnią się nie tylko od ich wartości obliczanych przy wykorzystaniu średniej dobowej rzeczywistej temperatury powietrza, ale także, w niemal podobny sposób, od ich wartości uzyskanych za pomocą pozostałych metod. Jednak najbardziej od niej odbiegają średnie miesięczne temperatury powietrza obliczane metodami m_{6-8} .

Ekstremalne różnice między średnimi dobowymi temperatury powietrza liczonymi różnymi metodami, a tzw. średnią dobową rzeczywistą są wielokrotnie większe niż różnice między ich średnimi miesięcznymi. W przypadku średnich dobowych liczonych metodami m_{2-5} i m_9 nie przekraczają one z reguły $\pm 2.0^\circ\text{C}$. Natomiast maksymalne różnice między średnimi dobowymi obliczonymi metodami m_{6-7} i m_{11} a średnią rzeczywistą najczęściej przekraczają $\pm 2.0^\circ\text{C}$. W okresie zimy tego rzędu wielkości różnice notowane są także dla średnich dobowych obliczanych metodami m_8 i m_{10} . Maksymalną różnicę (-6.4°C) w porównaniu do średniej rzeczywistej zanotowano 3 marca 1981 r. w stacji Iqaluit dla średniej m_{11} .

Dużo większe (przeważnie przekraczające 2.0°C) ekstremalne różnice występują między średnimi dobowymi temperaturami powietrza liczonymi różnymi metodami, a metodą m_{11} . Różnice te wyraźnie są większe dla stacji leżących na południu badanego obszaru (Coral Harbour i Iqaluit). Największe różnice

Tabela 1 – Table 1

Średnie miesięczne różnice temperatury powietrza (°C) między średnimi dobowymi liczonymi różnymi metodami (m2,...,m11) a średnią rzeczywistą (m1) w Arktyce Kanadyjskiej, 1979–1983

Mean monthly air temperature differences (°C) between daily averages calculated using different formulas (m2,...,m11) and real daily average (m1) in the Canadian Arctic, 1979–1983

Różnice Differences	I JAN	II FEB	III MAR	IV APR	V MAY	VI JUN	VII JUL	VIII AUG	IX SEP	X OCT	XI NOV	XII DEC
Eureka*												
m2–m1	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	-0.01	0.00	-0.04	0.00	-0.02
m3–m1	-0.03	0.00	0.05	0.02	-0.01	-0.02	0.02	0.00	-0.02	0.00	0.02	0.02
m4–m1	0.00	-0.05	0.05	0.01	0.04	0.03	0.03	0.01	0.00	-0.06	-0.04	-0.02
m5–m1	0.04	0.02	-0.04	-0.03	-0.05	0.00	0.00	0.00	0.05	-0.02	0.02	-0.02
m6–m1	-0.02	0.04	0.22	0.74	0.69	0.31	0.33	0.29	0.15	0.05	-0.02	-0.13
m7–m1	-0.03	0.04	0.22	0.63	0.59	0.29	0.27	0.23	0.09	0.02	-0.03	-0.09
m8–m1	-0.03	0.04	0.11	0.35	0.34	0.10	0.19	0.16	0.10	0.09	0.02	-0.06
m9–m1	-0.01	0.01	0.00	-0.01	-0.02	0.00	-0.01	0.01	0.00	0.03	0.02	0.03
m10–m1	-0.06	-0.02	0.10	0.00	0.03	0.03	0.06	0.02	-0.04	-0.05	-0.06	0.02
m11–m1	0.10	-0.03	-0.06	-0.10	-0.06	0.18	0.27	-0.01	-0.59	-0.22	-0.09	0.06
Resolute												
m2–m1	-0.03	-0.02	-0.01	0.00	0.02	0.00	0.02	0.00	-0.01	0.01	-0.02	0.00
m3–m1	0.01	-0.04	0.00	-0.01	-0.01	0.02	0.01	-0.01	-0.03	0.01	-0.02	-0.01
m4–m1	0.00	-0.02	-0.02	-0.01	0.03	0.01	0.04	0.01	-0.04	-0.02	-0.05	-0.02
m5–m1	-0.01	-0.01	-0.02	-0.04	-0.01	-0.02	0.02	0.00	0.03	0.02	0.01	0.00
m6–m1	-0.07	-0.01	0.17	0.61	0.57	0.46	0.52	0.41	0.15	0.04	-0.11	-0.04
m7–m1	-0.05	-0.02	0.14	0.50	0.47	0.37	0.38	0.29	0.08	0.01	-0.10	-0.02
m8–m1	-0.02	-0.03	0.09	0.31	0.29	0.27	0.31	0.24	0.08	0.06	-0.06	-0.04
m9–m1	0.01	0.01	0.02	-0.01	-0.02	-0.01	-0.01	0.00	0.00	-0.01	0.02	-0.01
m10–m1	-0.03	-0.09	-0.01	0.01	0.02	0.04	0.00	-0.02	-0.05	0.00	-0.06	0.00
m11–m1	0.15	0.03	-0.01	-0.17	-0.23	-0.11	-0.02	0.02	-0.29	-0.33	0.16	-0.06
Coral Harbour												
m2–m1	-0.01	0.01	-0.01	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.01	-0.02	-0.01
m3–m1	0.00	-0.03	0.00	0.04	-0.01	0.00	-0.01	-0.02	-0.02	-0.01	0.00	-0.01
m4–m1	-0.02	0.01	-0.04	0.04	0.03	0.01	-0.01	-0.01	-0.03	-0.01	-0.04	-0.04
m5–m1	0.02	0.00	-0.02	-0.02	-0.01	-0.03	0.00	0.00	0.02	0.00	0.01	0.01
m6–m1	0.05	0.33	0.76	1.19	1.00	0.98	1.53	1.16	0.74	0.25	-0.11	0.00
m7–m1	0.02	0.23	0.58	0.94	0.75	0.74	1.13	0.85	0.51	0.17	-0.11	-0.02
m8–m1	0.05	0.16	0.44	0.65	0.56	0.57	0.90	0.64	0.44	0.17	-0.03	0.02
m9–m1	0.00	-0.02	0.01	-0.02	-0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01
m10–m1	-0.05	-0.07	0.06	0.17	-0.04	-0.03	-0.13	-0.06	0.02	-0.02	-0.07	-0.07
m11–m1	-0.14	-0.18	-0.30	-0.34	-0.66	-0.16	-0.15	-0.10	-0.15	-0.44	-0.24	-0.21
Iqaluit												
m2–m1	-0.03	-0.01	0.02	0.00	0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	0.00	0.00	0.00
m3–m1	0.01	0.02	0.03	0.02	0.01	0.01	0.00	-0.01	0.01	-0.02	-0.01	-0.02
m4–m1	-0.04	-0.02	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	-0.02	-0.02	-0.01	-0.01	-0.02
m5–m1	-0.01	0.00	-0.02	-0.03	-0.01	-0.02	0.00	0.00	0.02	0.02	0.02	0.03
m6–m1	-0.02	0.22	0.63	0.84	0.66	0.80	1.02	0.78	0.50	0.26	0.07	0.04
m7–m1	-0.04	0.15	0.51	0.66	0.51	0.58	0.75	0.57	0.35	0.17	0.05	0.02
m8–m1	0.05	0.16	0.33	0.47	0.38	0.52	0.65	0.46	0.31	0.15	0.03	0.00
m9–m1	0.02	0.02	-0.03	-0.01	-0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00
m10–m1	-0.04	0.01	0.06	0.01	0.02	0.01	-0.01	-0.02	-0.03	-0.03	-0.02	0.00
m11–m1	-0.01	0.08	-0.09	-0.23	-0.23	0.10	0.11	0.18	0.05	-0.31	-0.20	-0.13

wartości większe od 0.14°C i mniejsze od -0.14°C są wytłuszczone – values greater than 0.14°C and lower than -0.14°C are in bold; * IV 1981–1983

Tabela 2 – Table 2

Średnie miesięczne różnice temperatury powietrza (°C) między średnimi dobowymi liczonymi różnymi metodami (m1,...,m10) a średnią m11((Tmax+Tmin)/2) w Arktyce Kanadyjskiej, 1979–1983

Mean monthly air temperature differences (°C) between daily averages calculated using different formulas (m1,...,m10) and daily average m11((Tmax+Tmin)/2) in the Canadian Arctic, 1979–1983

Różnice Differences	I JAN	II FEB	III MAR	IV APR	V MAY	VI JUN	VII JUL	VIII AUG	IX SEP	X OCT	XI NOV	XII DEC
Eureka*												
m1–m11	–0.10	0.03	0.06	0.10	0.06	–0.18	–0.27	0.01	<i>0.59</i>	<i>0.22</i>	0.09	–0.06
m2–m11	–0.09	0.02	0.07	0.11	0.06	–0.17	–0.26	0.00	<i>0.58</i>	<i>0.18</i>	0.09	–0.08
m3–m11	–0.13	0.03	0.12	0.11	0.05	–0.20	–0.24	0.01	<i>0.57</i>	<i>0.22</i>	0.11	–0.05
m4–m11	–0.10	–0.02	0.11	0.10	0.09	–0.15	–0.24	0.02	<i>0.59</i>	<i>0.16</i>	0.05	–0.08
m5–m11	–0.06	0.04	0.02	0.07	0.01	–0.18	–0.26	0.01	<i>0.63</i>	<i>0.20</i>	0.11	–0.08
m6–m11	–0.12	0.07	<i>0.28</i>	<i>0.84</i>	<i>0.75</i>	0.14	0.07	<i>0.30</i>	<i>0.74</i>	<i>0.27</i>	0.07	–0.19
m7–m11	–0.13	0.06	<i>0.29</i>	<i>0.73</i>	<i>0.65</i>	0.11	0.00	<i>0.24</i>	<i>0.68</i>	<i>0.24</i>	0.06	–0.16
m8–m11	–0.13	0.07	<i>0.18</i>	<i>0.44</i>	<i>0.39</i>	–0.08	–0.08	<i>0.17</i>	<i>0.68</i>	<i>0.31</i>	0.11	–0.12
m9–m11	–0.11	0.03	0.06	0.09	0.03	–0.18	–0.27	0.02	<i>0.59</i>	<i>0.25</i>	0.11	–0.03
m10–m11	–0.16	0.01	<i>0.17</i>	0.10	0.08	–0.15	–0.21	0.02	<i>0.55</i>	<i>0.17</i>	0.03	–0.04
Resolute												
m1–m11	–0.15	–0.03	0.01	<i>0.17</i>	<i>0.23</i>	0.11	0.02	–0.02	<i>0.29</i>	<i>0.33</i>	–0.16	0.06
m2–m11	–0.17	–0.05	0.00	<i>0.17</i>	<i>0.25</i>	0.11	0.04	–0.03	<i>0.27</i>	<i>0.34</i>	–0.18	0.05
m3–m11	–0.14	–0.07	0.01	<i>0.16</i>	<i>0.22</i>	0.13	0.03	–0.03	<i>0.26</i>	<i>0.35</i>	–0.19	0.04
m4–m11	–0.15	–0.05	–0.01	<i>0.16</i>	<i>0.27</i>	0.12	0.06	–0.01	<i>0.25</i>	<i>0.31</i>	–0.21	0.04
m5–m11	–0.16	–0.04	–0.01	0.13	<i>0.22</i>	0.08	0.04	–0.02	<i>0.31</i>	<i>0.36</i>	–0.15	0.06
m6–m11	–0.21	–0.05	<i>0.18</i>	<i>0.78</i>	<i>0.80</i>	<i>0.57</i>	<i>0.54</i>	<i>0.39</i>	<i>0.43</i>	<i>0.37</i>	–0.27	0.02
m7–m11	–0.20	–0.06	<i>0.15</i>	<i>0.67</i>	<i>0.70</i>	<i>0.48</i>	<i>0.41</i>	<i>0.27</i>	<i>0.36</i>	<i>0.34</i>	–0.26	0.03
m8–m11	–0.17	–0.06	0.10	<i>0.48</i>	<i>0.52</i>	<i>0.37</i>	<i>0.33</i>	<i>0.22</i>	<i>0.37</i>	<i>0.39</i>	–0.22	0.02
m9–m11	–0.14	–0.02	0.03	<i>0.16</i>	<i>0.21</i>	0.10	0.01	–0.02	<i>0.28</i>	<i>0.32</i>	–0.15	0.05
m10–m11	–0.17	–0.12	0.00	<i>0.18</i>	<i>0.25</i>	<i>0.15</i>	0.02	–0.04	<i>0.23</i>	<i>0.33</i>	–0.22	0.05
Coral Harbour												
m1–m11	0.14	<i>0.18</i>	<i>0.30</i>	<i>0.34</i>	<i>0.66</i>	<i>0.16</i>	<i>0.15</i>	0.10	<i>0.15</i>	<i>0.44</i>	<i>0.24</i>	<i>0.21</i>
m2–m11	0.13	<i>0.19</i>	<i>0.29</i>	<i>0.36</i>	<i>0.67</i>	<i>0.16</i>	<i>0.15</i>	0.09	<i>0.15</i>	<i>0.42</i>	<i>0.22</i>	<i>0.20</i>
m3–m11	0.13	<i>0.15</i>	<i>0.30</i>	<i>0.38</i>	<i>0.65</i>	<i>0.16</i>	0.13	0.07	0.13	<i>0.43</i>	<i>0.23</i>	<i>0.20</i>
m4–m11	0.12	<i>0.20</i>	<i>0.26</i>	<i>0.38</i>	<i>0.69</i>	<i>0.18</i>	0.14	0.08	0.12	<i>0.42</i>	<i>0.19</i>	<i>0.17</i>
m5–m11	<i>0.16</i>	<i>0.18</i>	<i>0.28</i>	<i>0.33</i>	<i>0.66</i>	0.14	<i>0.15</i>	0.10	<i>0.17</i>	<i>0.44</i>	<i>0.25</i>	<i>0.22</i>
m6–m11	<i>0.18</i>	<i>0.51</i>	<i>1.06</i>	<i>1.53</i>	<i>1.66</i>	<i>1.14</i>	<i>1.68</i>	<i>1.26</i>	<i>0.89</i>	<i>0.69</i>	0.13	<i>0.21</i>
m7–m11	<i>0.16</i>	<i>0.41</i>	<i>0.88</i>	<i>1.28</i>	<i>1.42</i>	<i>0.91</i>	<i>1.27</i>	<i>0.95</i>	<i>0.66</i>	<i>0.60</i>	0.12	<i>0.19</i>
m8–m11	<i>0.19</i>	<i>0.34</i>	<i>0.74</i>	<i>0.99</i>	<i>1.22</i>	<i>0.74</i>	<i>1.04</i>	<i>0.73</i>	<i>0.59</i>	<i>0.60</i>	<i>0.21</i>	<i>0.23</i>
m9–m11	0.14	<i>0.16</i>	<i>0.31</i>	<i>0.32</i>	<i>0.66</i>	<i>0.16</i>	<i>0.15</i>	0.09	<i>0.16</i>	<i>0.44</i>	<i>0.25</i>	<i>0.22</i>
m10–m11	0.08	0.11	<i>0.36</i>	<i>0.51</i>	<i>0.62</i>	0.13	0.02	0.04	<i>0.17</i>	<i>0.42</i>	<i>0.16</i>	0.14
Iqaluit												
m1–m11	0.01	–0.08	0.09	<i>0.23</i>	<i>0.23</i>	–0.10	–0.11	–0.18	–0.05	<i>0.31</i>	<i>0.20</i>	0.13
m2–m11	–0.02	–0.10	0.11	<i>0.22</i>	<i>0.24</i>	–0.11	–0.12	–0.18	–0.06	<i>0.31</i>	<i>0.20</i>	0.13
m3–m11	0.02	–0.06	0.12	<i>0.25</i>	<i>0.25</i>	–0.09	–0.11	–0.18	–0.04	<i>0.29</i>	<i>0.19</i>	0.11
m4–m11	–0.03	–0.11	0.09	<i>0.22</i>	<i>0.26</i>	–0.10	–0.11	–0.20	–0.07	<i>0.29</i>	<i>0.19</i>	0.11
m5–m11	0.00	–0.09	0.07	<i>0.20</i>	<i>0.22</i>	–0.12	–0.12	–0.18	–0.04	<i>0.33</i>	<i>0.22</i>	<i>0.15</i>
m6–m11	–0.02	0.13	<i>0.72</i>	<i>1.06</i>	<i>0.89</i>	<i>0.69</i>	<i>0.90</i>	<i>0.61</i>	<i>0.45</i>	<i>0.57</i>	<i>0.28</i>	<i>0.17</i>
m7–m11	–0.04	0.07	<i>0.60</i>	<i>0.89</i>	<i>0.75</i>	<i>0.48</i>	<i>0.63</i>	<i>0.39</i>	<i>0.30</i>	<i>0.48</i>	<i>0.25</i>	0.14
m8–m11	0.05	0.07	<i>0.43</i>	<i>0.70</i>	<i>0.61</i>	<i>0.41</i>	<i>0.53</i>	<i>0.28</i>	<i>0.26</i>	<i>0.46</i>	<i>0.24</i>	0.13
m9–m11	0.02	–0.07	0.07	<i>0.22</i>	<i>0.22</i>	–0.09	–0.11	–0.17	–0.04	<i>0.30</i>	<i>0.21</i>	0.12
m10–m11	–0.03	–0.07	<i>0.15</i>	<i>0.23</i>	<i>0.25</i>	–0.09	–0.12	–0.20	–0.08	<i>0.28</i>	<i>0.18</i>	0.13

różnice $\geq 0.15^{\circ}\text{C}$ są pogrubione i napisane kursywą, a różnice $\leq -0.15^{\circ}\text{C}$ są tylko pogrubione – differences $\geq 0.15^{\circ}\text{C}$ are in bold and italic, $\leq -0.15^{\circ}\text{C}$ are only in bold ; * IV 1981–1983

przekraczające $\pm 5.0^{\circ}\text{C}$, w przypadku wszystkich metod obliczania średnich dobowych, są notowane od listopada do marca. Wyraźnie niższe (zazwyczaj poniżej 4.0°C) są one w ciepłym okresie roku (od maja do września). Maksymalną różnicę (8.0°C) obliczono dla 3 marca 1981 r. w stacji Iqaluit dla średnich dobowych obliczonych metodami m_{6-7} .

3.2. Temperatury ekstremalne

W zebranych przez nas danych meteorologicznych pochodzących z obserwacji wykonanych w czasie trwania ekspedycji do Arktyki Amerykańskiej w XIX wieku brak jest danych dotyczących temperatur ekstremalnych wykonanych za pomocą termometrów ekstremalnych. Często jednak obserwatorzy meteorologiczni w dziennikach obserwacji, albo też autorzy raportów publikowanych po zakończeniu wyprawy, wybierali najwyższą i najniższą temperaturę powietrza, która wystąpiła w danym dniu biorąc pod uwagę wszystkie istniejące jej pomiary. Jest rzeczą oczywistą, że w ten sposób wyznaczone temperatury „ekstremalne” będą zawsze zaniżone/zawyżone w porównaniu do temperatur ekstremalnych zmierzonych odpowiednio termometrami maksymalnym/minimalnym. Istnieje zatem potrzeba wprowadzenia odpowiednich korekt aby uzyskać wiarygodniejsze informacje na temat wielkości tych parametrów termicznych w Arktyce w XIX wieku i zakresu ich zmian do chwili obecnej. W literaturze przedmiotu nie znaleźliśmy żadnych prac, które podejmowałyby ten problem.

Średnie miesięczne różnice między dobowymi TNw wyznaczonymi różnymi metodami a Tmax odczytaną z termometru maksymalnego są, zgodnie z oczekiwaniem, zawsze zaniżone. Z tabeli 3 widać, że we wszystkich stacjach największe błędy popelnia się w chłodnym okresie roku (od listopada do kwietnia), kiedy wartości TNw wyznaczone analizowanymi 10 metodami są często niższe o $1-2^{\circ}\text{C}$ od Tmax. W pozostałym okresie roku te różnice wahają się najczęściej od -0.5 do -1.0°C . Wartości najbardziej zbliżone do zmierzonych termometrem maksymalnym (zaniżone o nie więcej niż 1.0°C) otrzymuje się w przypadku dysponowania danymi cogodzinnymi (metoda TNw₁). Im obserwacje są rzadsze, tym różnice stają się większe, jednak w przypadku metod TNw₂₋₄ i TNw₉ są one przeważnie niższe od -1.0°C . Największe błędy w wyznaczaniu Tmax, zgodnie z oczekiwaniem, popelnia się stosując metodę TNw₁₀ (obserwacje co 6 godzin). Dla większości miesięcy TNw są najczęściej zaniżone o 1.0 do 2.0°C w stosunku do Tmax (tab. 3).

Średnie miesięczne różnice między dobowymi TNn wyznaczonymi różnymi metodami a Tmin odczytaną z termometru minimalnego są, zgodnie z oczekiwaniem, zawsze zawyżone (tab. 4). Bezwzględne wartości tych różnic (z wyjątkiem różnic obliczonych metodami TNn₆₋₈) i ich relacje między sobą są z grubsza podobne do bezwzględnych wartości różnic obliczonych dla Tmax (porównaj tab. 4 z tab. 3). Ze zrozumiałych względów TNn wyznaczone metodami TNn₆₋₈ (brak obserwacji w godzinach nocnych) są w największym stopniu zawyżone w porównaniu do wartości Tmin odczytanych z termometru minimalnego. Z wyjątkiem średniej dla czerwca (Eureka, metoda TNn₇) różnice zawsze przekraczają 1.0°C i rzadko są wyższe od 2.0°C .

Maksymalne różnice między wartościami dobowymi TNw i TNn wyznaczonymi różnymi metodami oraz zmierzonymi termometrami ekstremalnymi, w przypadku metod TNw₁₋₃ i TNn₁₋₃ najczęściej nie przekraczają $\pm 5.0^{\circ}\text{C}$, natomiast dla większości pozostałych metod wahają się one od $\pm 5.0^{\circ}\text{C}$ do $\pm 10.0^{\circ}\text{C}$. Bardzo rzadko różnice przekraczają $\pm 10.0^{\circ}\text{C}$.

3.3. Amplituda dobowa

Średnie miesięczne różnice między dobowymi amplitudami temperatury powietrza wyznaczonymi różnymi metodami (TNw-TNn) a amplitudami obliczonymi z różnicy odczytów termometrów ekstremalnych

Tabela 3 – Table 3

Średnie miesięczne różnice między dobowymi TNw (°C) wyznaczonymi różnymi metodami (TNw1,...,TNw10*)
a Tmax odczytanymi z termometru maksymalnego (Tmax) w Arktyce Kanadyjskiej, 1979–1983

Mean monthly differences between daily TNw (°C) determined using different methods (TNw1,...,TNw10*)
and Tmax obtained from maximum thermometer (Tmax) in the Canadian Arctic, 1979–1983

Różnice Differences	I JAN	II FEB	III MAR	IV APR	V MAY	VI JUN	VII JUL	VIII AUG	IX SEP	X OCT	XI NOV	XII DEC
Eureka**												
TNw1–Tmax	-0.47	-0.05	-0.30	-0.78	-0.83	-0.54	-0.61	-0.41	-0.29	-0.52	-0.44	-0.61
TNw2–Tmax	-0.68	-0.32	-0.52	-0.97	-1.02	-0.74	-0.94	-0.58	-0.42	-0.75	-0.67	-0.82
TNw3–Tmax	-0.92	-0.54	-0.59	-1.11	-1.20	-1.06	-1.11	-0.72	-0.52	-0.87	-0.93	-1.04
TNw4–Tmax	-1.05	-0.87	-0.79	-1.29	-1.31	-1.16	-1.38	-0.83	-0.60	-1.02	-1.16	-1.23
TNw5–Tmax	-0.56	-0.26	-0.50	-0.95	-0.97	-0.66	-0.88	-0.54	-0.42	-0.73	-0.79	-0.96
TNw6–Tmax	-1.37	-1.11	-1.02	-1.07	-1.07	-0.94	-1.07	-0.68	-0.70	-1.28	-1.77	-1.82
TNw7–Tmax	-1.26	-1.01	-0.84	-1.00	-1.06	-0.90	-1.03	-0.67	-0.59	-1.13	-1.41	-1.48
TNw8–Tmax	-1.33	-0.99	-0.93	-1.24	-1.25	-1.17	-1.28	-0.77	-0.73	-1.27	-1.65	-1.83
TNw9–Tmax	-0.73	-0.21	-0.46	-0.99	-1.01	-0.74	-0.94	-0.53	-0.41	-0.67	-0.76	-0.89
TNw10–Tmax	-1.39	-0.98	-1.00	-1.31	-1.38	-1.36	-1.58	-0.96	-0.73	-1.30	-1.55	-1.46
Resolute												
TNw1–Tmax	-0.61	-0.63	-0.67	-0.67	-0.59	-0.40	-0.42	-0.30	-0.34	-0.35	-0.61	-0.53
TNw2–Tmax	-0.99	-0.97	-0.89	-0.87	-0.70	-0.58	-0.59	-0.51	-0.44	-0.48	-0.89	-0.74
TNw3–Tmax	-1.13	-1.06	-1.06	-1.06	-0.90	-0.67	-0.78	-0.65	-0.56	-0.60	-1.14	-0.98
TNw4–Tmax	-1.44	-1.27	-1.26	-1.09	-0.92	-0.75	-0.85	-0.74	-0.59	-0.73	-1.30	-1.16
TNw5–Tmax	-1.05	-0.97	-0.82	-0.88	-0.65	-0.54	-0.53	-0.48	-0.40	-0.53	-0.91	-0.74
TNw6–Tmax	-1.91	-1.65	-1.55	-1.06	-0.85	-0.61	-0.68	-0.60	-0.66	-1.04	-1.86	-1.58
TNw7–Tmax	-1.64	-1.48	-1.43	-1.00	-0.83	-0.61	-0.67	-0.58	-0.61	-0.87	-1.63	-1.37
TNw8–Tmax	-1.74	-1.56	-1.55	-1.20	-0.97	-0.69	-0.83	-0.71	-0.69	-0.99	-1.70	-1.63
TNw9–Tmax	-0.84	-0.78	-0.81	-0.89	-0.74	-0.50	-0.61	-0.45	-0.47	-0.59	-0.93	-0.80
TNw10–Tmax	-1.66	-1.56	-1.66	-1.36	-1.14	-0.92	-1.14	-0.93	-0.81	-0.92	-1.60	-1.48
Coral Harbour												
TNw1–Tmax	-0.36	-0.41	-0.61	-0.59	-0.39	-0.41	-0.39	-0.25	-0.25	-0.26	-0.50	-0.42
TNw2–Tmax	-0.63	-0.59	-0.87	-0.83	-0.53	-0.59	-0.55	-0.48	-0.39	-0.35	-0.68	-0.72
TNw3–Tmax	-0.84	-0.85	-0.98	-1.02	-0.65	-0.68	-0.76	-0.62	-0.48	-0.49	-0.81	-0.94
TNw4–Tmax	-1.04	-0.90	-1.11	-1.14	-0.74	-0.79	-0.94	-0.83	-0.59	-0.62	-1.01	-1.14
TNw5–Tmax	-0.61	-0.60	-0.77	-0.82	-0.48	-0.59	-0.53	-0.46	-0.37	-0.35	-0.81	-0.69
TNw6–Tmax	-1.73	-1.13	-1.13	-1.03	-0.64	-0.59	-0.56	-0.53	-0.43	-0.73	-1.77	-1.57
TNw7–Tmax	-1.47	-1.04	-1.07	-0.99	-0.64	-0.59	-0.56	-0.53	-0.43	-0.66	-1.41	-1.35
TNw8–Tmax	-1.61	-1.21	-1.17	-1.15	-0.69	-0.72	-0.77	-0.69	-0.50	-0.79	-1.61	-1.61
TNw9–Tmax	-0.63	-0.62	-0.78	-0.78	-0.52	-0.54	-0.69	-0.45	-0.41	-0.39	-0.76	-0.67
TNw10–Tmax	-1.51	-1.50	-1.86	-1.46	-0.95	-0.99	-1.26	-1.07	-0.96	-0.95	-1.34	-1.42
Iqaluit												
TNw1–Tmax	-0.75	-0.84	-0.98	-0.95	-0.64	-0.62	-0.68	-0.54	-0.46	-0.37	-0.42	-0.66
TNw2–Tmax	-1.03	-1.12	-1.18	-1.12	-0.80	-0.86	-0.92	-0.78	-0.60	-0.55	-0.68	-0.94
TNw3–Tmax	-1.21	-1.31	-1.36	-1.27	-0.88	-0.93	-1.22	-0.94	-0.75	-0.68	-0.91	-1.17
TNw4–Tmax	-1.42	-1.50	-1.51	-1.36	-1.02	-1.13	-1.36	-1.15	-0.86	-0.75	-1.10	-1.44
TNw5–Tmax	-0.95	-1.13	-1.22	-1.11	-0.77	-0.86	-0.91	-0.76	-0.60	-0.54	-0.65	-0.82
TNw6–Tmax	-1.89	-1.88	-1.71	-1.50	-0.90	-0.88	-0.99	-0.84	-0.71	-0.80	-1.56	-1.80
TNw7–Tmax	-1.67	-1.60	-1.57	-1.43	-0.89	-0.88	-0.99	-0.83	-0.68	-0.75	-1.38	-1.66
TNw8–Tmax	-1.82	-1.89	-1.83	-1.60	-0.98	-0.95	-1.24	-0.97	-0.82	-0.87	-1.56	-1.80
TNw9–Tmax	-0.97	-1.08	-1.22	-1.13	-0.75	-0.77	-0.97	-0.74	-0.62	-0.50	-0.64	-0.92
TNw10–Tmax	-1.71	-1.88	-2.21	-1.88	-1.23	-1.33	-1.71	-1.41	-1.19	-1.00	-1.56	-1.75

* TNw wyznaczone na podstawie odczytów temperatury powietrza w godzinach, które wzięto do obliczeń średnich dobowych (m1–m10) – TNw determined based on temperature readings for the hours used for calculations of daily means (m1–m10); różnice ≤ -1.00°C są pogrubione – differences ≤ -1.00°C are in bold; ** IV 1981–1983

Tabela 4 – Table 4

Średnie miesięczne różnice między dobowymi TNn (°C) wyznaczonymi różnymi metodami (TNn1,...,TNn10*) a Tmin odczytanymi z termometru minimalnego (Tmin) w Arktyce Kanadyjskiej, 1979–1983

Mean monthly differences between daily TNn (°C) determined using different methods (TNn1,...,TNn10*) and Tmin obtained from minimum thermometer (Tmin) in the Canadian Arctic, 1979–1983

Różnice Differences	I JAN	II FEB	III MAR	IV APR	V MAY	VI JUN	VII JUL	VIII AUG	IX SEP	X OCT	XI NOV	XII DEC
Eureka**												
TNn1–Tmin	0.65	0.45	0.44	0.62	0.61	0.40	0.54	0.58	1.00	0.76	0.57	0.62
TNn2–Tmin	0.85	0.61	0.64	0.79	0.78	0.49	0.78	0.73	1.16	1.01	0.79	0.81
TNn3–Tmin	0.97	0.66	0.75	0.93	0.84	0.68	0.95	0.78	1.29	1.27	1.19	1.03
TNn4–Tmin	1.14	0.76	0.94	1.06	1.06	0.79	1.03	0.89	1.40	1.25	1.37	1.15
TNn5–Tmin	0.81	0.71	0.68	0.95	0.86	0.55	0.85	0.81	1.33	0.99	0.79	0.80
TNn6–Tmin	1.36	1.15	1.27	1.82	1.86	1.08	1.39	1.32	1.74	1.76	1.87	1.58
TNn7–Tmin	1.15	0.99	1.08	1.55	1.60	0.90	1.14	1.15	1.47	1.53	1.56	1.37
TNn8–Tmin	1.40	1.13	1.16	1.41	1.38	1.08	1.34	1.10	1.79	1.80	1.80	1.75
TNn9–Tmin	0.81	0.65	0.68	0.91	0.82	0.63	0.76	0.72	1.22	1.00	0.81	0.88
TNn10–Tmin	1.32	0.94	1.17	1.11	1.17	0.96	1.29	0.99	1.52	1.58	1.60	1.56
Resolute												
TNn1–Tmin	0.63	0.52	0.53	0.58	0.47	0.49	0.51	0.44	0.51	0.57	0.44	0.66
TNn2–Tmin	0.87	0.74	0.78	0.73	0.70	0.61	0.65	0.54	0.68	0.93	0.61	0.95
TNn3–Tmin	1.03	0.94	0.93	0.88	0.76	0.70	0.76	0.60	0.76	1.09	0.87	1.18
TNn4–Tmin	1.33	1.06	1.10	0.96	0.95	0.75	0.87	0.68	0.90	1.25	0.99	1.29
TNn5–Tmin	0.89	0.79	0.76	0.86	0.85	0.69	0.73	0.64	0.75	0.94	0.62	0.94
TNn6–Tmin	1.55	1.38	1.58	1.88	1.90	1.44	1.58	1.21	1.26	1.60	1.22	1.67
TNn7–Tmin	1.33	1.16	1.35	1.54	1.52	1.22	1.26	1.00	1.04	1.37	1.00	1.51
TNn8–Tmin	1.46	1.38	1.51	1.56	1.49	1.15	1.31	1.00	1.21	1.60	1.36	1.65
TNn9–Tmin	0.88	0.77	0.86	0.86	0.72	0.62	0.71	0.57	0.71	0.78	0.80	0.87
TNn10–Tmin	1.40	1.28	1.43	1.27	1.24	0.99	1.09	0.80	1.11	1.52	1.16	1.65
Coral Harbour												
TNn1–Tmin	0.51	0.39	0.66	0.71	0.62	0.43	0.54	0.58	0.51	0.37	0.69	0.68
TNn2–Tmin	0.79	0.61	0.89	0.98	0.84	0.49	0.66	0.69	0.60	0.55	0.87	0.91
TNn3–Tmin	0.98	0.82	1.11	1.19	0.93	0.62	0.80	0.77	0.70	0.72	1.02	1.18
TNn4–Tmin	1.27	1.03	1.32	1.38	1.12	0.66	0.81	0.95	0.78	0.92	1.30	1.22
TNn5–Tmin	0.94	0.64	1.02	1.16	1.08	0.57	0.81	0.84	0.70	0.59	0.99	1.03
TNn6–Tmin	1.79	1.46	2.11	2.34	2.49	1.98	2.61	1.88	1.31	1.47	1.65	1.77
TNn7–Tmin	1.47	1.19	1.75	1.92	1.90	1.53	1.92	1.53	1.10	1.23	1.37	1.46
TNn8–Tmin	1.71	1.44	1.98	1.98	1.87	1.20	1.40	1.19	1.16	1.43	1.60	1.86
TNn9–Tmin	0.82	0.68	0.97	0.97	0.95	0.58	0.80	0.79	0.71	0.57	0.99	0.96
TNn10–Tmin	1.71	2.26	2.68	3.16	1.77	1.09	1.72	1.56	1.30	2.83	2.42	1.45
Iqaluit												
TNn1–Tmin	0.61	0.60	0.71	0.77	0.67	0.54	0.67	0.50	0.54	0.59	0.65	0.66
TNn2–Tmin	0.85	0.84	1.04	1.03	0.78	0.62	0.79	0.63	0.64	0.80	0.92	0.96
TNn3–Tmin	1.16	1.02	1.19	1.20	0.87	0.71	0.97	0.73	0.74	0.89	1.11	1.13
TNn4–Tmin	1.24	1.11	1.38	1.42	0.93	0.74	0.97	0.83	0.84	1.04	1.43	1.39
TNn5–Tmin	0.89	0.85	1.13	1.21	0.94	0.70	0.98	0.71	0.73	0.87	0.93	0.97
TNn6–Tmin	1.79	1.62	2.15	2.52	2.01	1.94	2.36	1.80	1.39	1.54	1.97	1.89
TNn7–Tmin	1.52	1.31	1.77	2.08	1.67	1.50	1.85	1.45	1.16	1.31	1.71	1.65
TNn8–Tmin	1.80	1.76	1.99	2.07	1.49	1.40	1.77	1.12	1.08	1.43	1.87	1.83
TNn9–Tmin	0.88	0.91	1.06	1.16	0.84	0.69	0.92	0.66	0.73	0.75	0.95	0.93
TNn10–Tmin	1.59	1.48	1.72	1.54	1.16	1.15	1.36	0.98	0.90	1.29	1.77	1.76

* TNn wyznaczone na podstawie odczytów temperatury powietrza w godzinach, które wzięto do obliczeń średnich dobowych (m1–m10) – TNn determined based on temperature readings for the hours used for calculations of daily means (m1–m10); różnice $\geq 1.00^\circ\text{C}$ są pogrubione – differences $\geq 1.00^\circ\text{C}$ are in bold; ** IV 1981–1983

($T_{\max} - T_{\min}$) są zawsze zaniżone i wahają się od ok. -0.5°C do -4.0°C (tab. 5). W przypadku wykonywania obserwacji temperatury powietrza co godzinę popełnia się najmniejsze błędy; różnice ADTR są niższe średnio najczęściej zaledwie o 0.5 do 1.5°C . Wykonując obserwacje co 2 godziny (metody ADTR₂, ADTR₅ i ADTR₉) i co 3 godziny (metoda ADTR₃) uzyskujemy średnie miesięczne wartości ADTR niższe odpowiednio o $1-2^{\circ}\text{C}$ i o $1.5-2.5^{\circ}\text{C}$ od wartości DTR. Zgodnie z oczekiwaniem największe błędy w porównaniu do warunków rzeczywistych stwierdzono dla metod ADTR₆₋₈ i ADTR₁₀, dla których średnie miesięczne wartości ADTR były niższe dla większości miesięcy o $2-4^{\circ}\text{C}$. Analizując tabelę 5 widać także, iż większe błędy popełnia się obliczając ADTR wyżej wymienionymi metodami w chłodnym okresie roku. Zdecydowanie najlepsze wyniki uzyskano dla sierpnia, a szczególnie września (ADTR rzadko niższe o $2,0^{\circ}\text{C}$ w stosunku do DTR).

Ekstremalne różnice między wartościami ADTR obliczonymi metodami ADTR₁₋₁₀ i wartościami DTR uzyskanymi z pomiarów T_{\max} i T_{\min} termometrami ekstremalnymi dla większości miesięcy i metod wahają się najczęściej od -5 do -10°C . Wartości ADTR $< -10^{\circ}\text{C}$ występują niezbyt często, są notowane tylko w chłodnym okresie roku (od X do IV) i niemal wyłącznie przy ich obliczaniu metodami ADTR₆₋₈ i ADTR₁₀. Podobnie jak średnie miesięczne różnice między wartościami ADTR i DTR, również ich ekstremalne różnice dobowe są wyraźnie większe w zimie.

4. Wnioski i uwagi końcowe

1. Średnie miesięczne wartości temperatury powietrza obliczone na podstawie średnich dobowych obliczanych metodami m_{2-5} i m_9 w stosunku do średniej dobowej rzeczywistej (metoda m_1) nie wymagają wprowadzania żadnych korekt. Średnie obliczane metodą m_{10} wymagają wprowadzenia niewielkich ($\pm 0.1^{\circ}\text{C}$) korekt dla nielicznych miesięcy. Największe błędy w estymacjach średnich miesięcznych wartości temperatury powietrza (zawyżone o $0.5-1.5^{\circ}\text{C}$) stwierdzono dla metod m_{6-8} (brak nocnych pomiarów). Znaczące różnice od średniej dobowej rzeczywistej stwierdzono także dla metody m_{11} . Daje ona najczęściej zaniżone wartości średnich miesięcznych, których wielkości dochodzą nawet do około $0.2-0.7^{\circ}\text{C}$.

2. Średnie miesięczne temperatury powietrza obliczone na podstawie średnich dobowych wyznaczonych metodą m_{11} wykazują wyraźnie zaniżone wartości także w stosunku do średnich obliczanych pozostałymi prezentowanymi metodami. Różnice te największe są dla miesięcy IV, V, IX i X.

3. Ekstremalne różnice między średnimi dobowymi liczonymi różnymi metodami, a średnią dobową rzeczywistą nie przekraczają z reguły 1°C (w przypadku metod m_{2-5} i m_9), natomiast dla pozostałych metod wahają się najczęściej od 2 do 4°C . Różnice te, liczone w stosunku do metody m_{11} , są kilkakrotnie wyższe. Szczególnie duże ($3-7^{\circ}\text{C}$) są one w chłodnej porze roku (od X do IV), w lecie natomiast najczęściej wahają się od 1.5 do 3.0°C .

4. Wartości TNw i TNn wyznaczone wykorzystując dane terminowe wyszczególnione we wzorach m_{1-10} są zawsze niższe/wyższe od tychże temperatur zmierzonych odpowiednio termometrami maksymalnymi i minimalnymi. W przypadku ich wybierania z danych terminowych temperatury powietrza użytych we wzorach m_{1-5} i m_9 nie przekraczają one najczęściej wartości 1°C . Największe rozbieżności między wartościami TNw i T_{\max} oraz TNn i T_{\min} uzyskano wybierając TNw i TNn z 4 obserwacji temperatury powietrza na dobę. Największe błędy w estymacji T_{\max} na podstawie TNw (dużo niższe wartości) stwierdzono dla miesięcy zimowych, szczególnie duże były one w przypadku korzystania z danych terminowych użytych we wzorach m_{6-8} . Zgodnie z oczekiwaniem, największe błędy w estymacji T_{\min} na podstawie TNn (wyższe wartości TNn) stwierdzono dla danych temperatury powietrza wziętych z terminów wyszczególnionych w tych samych wzorów co w przypadku TNw; wielkości ich jednak nie wykazują istotnych różnic w przebiegu rocznym.

Tabela 5 – Table 5

Średnie miesięczne różnice między ADTR (°C) wyznaczonymi różnymi metodami (ADTR1,...,ADTR10*) a amplitudami obliczonymi z różnicy odczytów termometrów ekstremalnych (DTR) w Arktyce Kanadyjskiej, 1979–1983
 Mean monthly differences between ADTR (°C) determined using different methods (ADTR1,...,ADTR10*) and DTR calculated as difference from the readings of the extreme thermometers in the Canadian Arctic, 1979–1983

Różnice Differences	I JAN	II FEB	III MAR	IV APR	V MAY	VI JUN	VII JUL	VIII AUG	IX SEP	X OCT	XI NOV	XII DEC
Eureka**												
ADTR1–DTR	-1.00	-0.66	-0.85	-1.43	-1.39	-1.01	-1.16	-0.78	-0.69	-0.94	-0.97	-0.91
ADTR2–DTR	-1.44	-1.11	-1.38	-1.87	-1.70	-1.29	-1.63	-1.07	-0.94	-1.42	-1.45	-1.46
ADTR3–DTR	-2.09	-1.45	-1.71	-2.21	-2.00	-1.69	-1.97	-1.30	-1.12	-1.63	-1.96	-1.84
ADTR4–DTR	-2.34	-1.89	-1.92	-2.60	-2.19	-1.83	-2.26	-1.51	-1.34	-1.98	-2.46	-2.32
ADTR5–DTR	-1.38	-1.17	-1.53	-2.04	-1.83	-1.30	-1.73	-1.12	-1.01	-1.46	-1.59	-1.60
ADTR6–DTR	-3.19	-2.81	-3.00	-3.54	-3.17	-2.90	-3.38	-2.30	-2.03	-2.73	-3.50	-3.53
ADTR7–DTR	-2.84	-2.26	-2.42	-3.05	-2.78	-2.32	-2.86	-1.99	-1.71	-2.38	-2.84	-2.89
ADTR8–DTR	-3.06	-2.71	-2.93	-3.22	-2.73	-2.58	-3.03	-1.76	-1.68	-2.59	-3.39	-3.49
ADTR9–DTR	-1.54	-1.12	-1.39	-1.99	-1.77	-1.34	-1.71	-1.07	-1.01	-1.28	-1.66	-1.47
ADTR10–DTR	-2.93	-2.32	-2.74	-2.79	-2.49	-2.44	-2.91	-1.80	-1.51	-2.51	-3.09	-2.99
Resolute												
ADTR1–DTR	-1.24	-1.14	-1.20	-1.25	-1.06	-0.88	-0.94	-0.75	-0.85	-0.92	-1.06	-1.19
ADTR2–DTR	-1.86	-1.69	-1.67	-1.60	-1.40	-1.19	-1.24	-1.05	-1.11	-1.41	-1.50	-1.68
ADTR3–DTR	-2.16	-1.96	-1.99	-1.94	-1.66	-1.37	-1.54	-1.26	-1.31	-1.69	-2.01	-2.16
ADTR4–DTR	-2.78	-2.28	-2.37	-2.05	-1.87	-1.50	-1.72	-1.42	-1.49	-1.98	-2.29	-2.45
ADTR5–DTR	-1.94	-1.75	-1.59	-1.74	-1.49	-1.23	-1.26	-1.11	-1.15	-1.46	-1.53	-1.68
ADTR6–DTR	-3.47	-2.97	-3.12	-2.93	-2.75	-2.06	-2.26	-1.81	-1.91	-2.64	-3.08	-3.25
ADTR7–DTR	-2.96	-2.58	-2.78	-2.53	-2.35	-1.83	-1.93	-1.58	-1.65	-2.24	-2.63	-2.89
ADTR8–DTR	-3.20	-2.88	-3.06	-2.76	-2.46	-1.83	-2.15	-1.71	-1.90	-2.59	-3.06	-3.27
ADTR9–DTR	-1.72	-1.54	-1.67	-1.74	-1.46	-1.12	-1.33	-1.02	-1.19	-1.37	-1.73	-1.67
ADTR10–DTR	-3.06	-2.78	-3.09	-2.63	-2.38	-1.91	-2.23	-1.73	-1.91	-2.44	-2.75	-3.13
Coral Harbour												
ADTR1–DTR	-0.84	-0.81	-1.34	-1.33	-1.08	-0.85	-0.96	-0.86	-0.84	-0.64	-1.23	-1.17
ADTR2–DTR	-1.38	-1.23	-1.82	-1.85	-1.41	-1.10	-1.27	-1.20	-1.10	-0.93	-1.63	-1.70
ADTR3–DTR	-1.86	-1.72	-2.17	-2.27	-1.61	-1.34	-1.67	-1.43	-1.32	-1.25	-2.00	-2.17
ADTR4–DTR	-2.32	-2.02	-2.47	-2.55	-1.90	-1.48	-1.82	-1.85	-1.50	-1.59	-2.45	-2.44
ADTR5–DTR	-1.52	-1.28	-1.88	-2.08	-1.62	-1.21	-1.41	-1.36	-1.18	-0.99	-1.84	-1.88
ADTR6–DTR	-3.64	-2.79	-3.35	-3.49	-3.27	-2.80	-3.70	-2.64	-1.88	-2.28	-3.66	-3.56
ADTR7–DTR	-3.06	-2.41	-2.92	-3.00	-2.64	-2.29	-2.84	-2.23	-1.68	-1.94	-3.03	-2.92
ADTR8–DTR	-3.47	-2.81	-3.28	-3.24	-2.58	-2.01	-2.32	-1.92	-1.79	-2.27	-3.52	-3.61
ADTR9–DTR	-1.47	-1.30	-1.88	-1.85	-1.56	-1.16	-1.51	-1.31	-1.20	-0.99	-1.80	-1.77
ADTR10–DTR	-3.11	-3.00	-3.73	-3.04	-2.21	-2.02	-2.53	-2.04	-2.05	-2.24	-3.07	-3.07
Iqaluit												
ADTR1–DTR	-1.35	-1.42	-1.68	-1.72	-1.31	-1.15	-1.34	-1.04	-1.00	-0.96	-1.07	-1.32
ADTR2–DTR	-1.88	-1.94	-2.21	-2.14	-1.58	-1.47	-1.71	-1.41	-1.25	-1.36	-1.60	-1.90
ADTR3–DTR	-2.37	-2.31	-2.55	-2.47	-1.75	-1.64	-2.18	-1.67	-1.48	-1.57	-2.02	-2.30
ADTR4–DTR	-2.67	-2.59	-2.89	-2.78	-1.95	-1.88	-2.33	-1.98	-1.70	-1.79	-2.53	-2.83
ADTR5–DTR	-1.84	-1.96	-2.35	-2.32	-1.71	-1.56	-1.88	-1.48	-1.33	-1.41	-1.57	-1.79
ADTR6–DTR	-3.68	-3.48	-3.86	-4.03	-2.92	-2.82	-3.36	-2.64	-2.11	-2.34	-3.54	-3.69
ADTR7–DTR	-3.19	-2.89	-3.35	-3.51	-2.56	-2.37	-2.85	-2.28	-1.85	-2.07	-3.09	-3.31
ADTR8–DTR	-3.61	-3.62	-3.82	-3.67	-2.47	-2.35	-3.02	-2.08	-1.91	-2.30	-3.43	-3.63
ADTR9–DTR	-1.85	-1.97	-2.28	-2.29	-1.59	-1.46	-1.88	-1.40	-1.36	-1.26	-1.59	-1.84
ADTR10–DTR	-3.30	-3.34	-3.93	-3.42	-2.39	-2.48	-3.06	-2.39	-2.08	-2.29	-3.33	-3.51

* ADTR wyznaczone na podstawie odczytów temperatury powietrza w godzinach, które wzięto do obliczeń średnich dobowych (m1–m10) – ADTR determined based on temperature readings for the hours used for calculations of daily means (m1–m10); różnice $\leq -2.00^{\circ}\text{C}$ są pogrubione – differences $\leq -2.00^{\circ}\text{C}$ are in bold; ** IV 1981–1983

5. Średnie miesięczne wartości ADTR obliczone wszystkimi 10 prezentowanymi metodami są zawsze niższe od odpowiednich średnich miesięcznych DTR; w przypadku ich obliczania z danych temperatury powietrza użytych do konstrukcji wzorów m_{1-5} i m_9 , są zaniżone o około 0.5–2.0°C. Większe rozbieżności między ADTR i DTR (o 3–4°C) stwierdzono natomiast dla pozostałych metod ich obliczania. Ekstremalne różnice między ich dobowymi wartościami przekraczają nawet 10°C we wszystkich miesiącach, z wyjątkiem okresu VI–IX.

6. Z powyższych badań wynika, że do prawidłowego wyznaczenia średniej miesięcznej temperatury powietrza wystarczają pomiary wykonywane co najmniej co 4 godziny. Dla wyznaczenia temperatur ekstremalnych natomiast nie wystarczają nawet pomiary co godzinę. Konieczne jest wprowadzenie korekt. Współcześnie stosowana metoda obliczania średnich dobowych m_{11} (m. in. w Stanach Zjednoczonych, Kanadzie czy Australii), jako najmniej dokładna, powinna być zarzucona.

Literatura

- Atlas Arktiki, 1985, Главное Управление Геодезии и Картографии при Советие Министров, Moskwa: 204 s.
- Gluz A.F., Siwek K., 2002, Wyznaczanie średniej dobowej temperatury powietrza w warunkach polarnych. [w:] Kosztrzewski A., Rachlewicz G. (red.), Polish Polar Studies, Funkcjonowanie i monitoring geoeosystemów obszarów polarnych: 105–111.
- Filipiuk E., 2000/2001, Ocena dokładności estymacji średniej miesięcznej temperatury powietrza. *Annales Universitatis Mariae Curie-Skłodowska*, vol. LV/LVI, 18, Sectio B, 153–158.
- Przybylak R., 2000, Air temperature in the Canadian Arctic in the mid-nineteenth century based on data from expeditions, *Prace Geograficzne*, 107: 251–258.
- Przybylak R., 2003, *The Climate of the Arctic*. Atmospheric and Oceanographic Sciences Library, 26, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht/Boston/London: 288 s.
- Przybylak R., Vizi Z., 2004, Sources of meteorological data for the Canadian Arctic and Alaska from 1819 to 1859 and their usefulness for climate studies. Four Seminar for Homogenization and Quality Control in Climatological Databases, Budapest, Hungary 6-10 October 2003, WCDMP -No. 56, WMO-TD No. 1236, WMO, Geneva: 151–165.
- Przybylak R., Vizi Z., 2005, Air temperature changes in the Canadian Arctic from the early instrumental period to modern times, *International Journal of Climatology*, 25: 1507–1522.

Summary

Knowledge about the history of climate in the Arctic is more and more important and necessary, especially at present when we are approaching the Fourth International Polar Year 2007–2008. Generally speaking, the history of the climate in this area during the 20th century is quite well known. On the other hand, little is known about the climate in the 19th century. Moreover, while we have extensive meteorological data for this period, in particular for the American Arctic, these data have many errors and biases. One of the most important biases is connected with the way in which daily mean air temperature has been calculated. In the American Arctic during the 19th century nine different methods (m_1 – m_9) were used. For the analysis we also added two presently used methods (m_{10} – m_{11}).

The main aim of this paper is to estimate the magnitudes of errors which are connected with the use of the above methods of calculating daily means. As a real daily mean, the mean calculated using hourly data (m_1) was used. Because in the American Arctic the mean daily air temperature is still calculated using formulae m_{11} , we also calculated differences relative to this mean.

Another issue which we undertake in the present paper concerns the estimation of errors which are the result of the method which was adopted to determine extreme temperatures (T_{max} and T_{min}) and the

diurnal temperature range (DTR). We checked this for ten different methods (nine used in the 19th century) which used hourly, 2-, 3-, and 4-hourly etc. readings of air temperature for the purposes of calculation (see formulas m₁-m₁₀ for more details). As a base, real data, temperature readings from the extreme thermometers were used.

For the analysis, hourly temperature data as well as daily Tmax and Tmin for the period 1979–1983 were used for the four meteorological stations (Eureka, Resolute, Coral Harbour and Iqaluit) located in the American Arctic. The results of our investigations are presented in Tables 1–5. The main conclusions can be summarized as follows:

1. Mean monthly temperatures obtained using methods m₂-m₅ and m₉ of daily mean temperature calculation do not need to be corrected. The greatest errors (overestimation by 0.5 to 1.5°C) were found for the methods m₆-m₈ (owing to a lack of measurements during the night hours). The method m₁₁ also produces significant errors. Generally, using this method, the mean monthly temperatures are most often lower (by 0.2 to 0.7°C) in relation to all methods analysed in the present paper (see Tables 1 and 2).

2. In accordance with expectations, mean monthly Tmax and Tmin determined using different methods are lower/higher than the respective monthly means calculated based on the readings from the maximum and minimum thermometers. When we determine Tmax and Tmin using hourly, 2-, and 3-hourly data, their monthly means are lower/higher, though generally by no more than 1.0°C. Greater errors are more clearly seen in the cold half-year than in the warm half-year (see Tables 3 and 4),

3. Mean monthly DTR calculated using hourly, 2-, and 3-hourly temperature data are lower than real values by about 0.5 to 2.0°C. For other methods of DTR calculations their errors are significantly greater – lower by about 3.0 to 4.0°C (see Table 5).