

**PORÓWNANIE PRZEBIEGU TEMPERATURY POWIETRZA
W PETUNIABUKTA I SVALBARD-LUFTHAVN
(ISFJORD, SPITSBERGEN) W LATACH 2001–2003**

COMPARISON OF THE COURSE OF AIR TEMPERATURE IN PETUNIABUKTA
AND SVALBARD-LUFTHAVN (ISFJORD, SPITSBERGEN) IN THE YEARS 2001–2003

Grzegorz Rachlewicz¹, Anna Styszyńska²

¹ – Instytut Badań Czwartorzędu i Geoekologii, Uniwersytet im. A. Mickiewicza
ul. Dziegiełowa 27, 61–680 Poznań
grzera@amu.edu.pl

² – Katedra Meteorologii i Oceanografii Nautycznej, Wydział Nawigacyjny, Akademia Morska
ul. Sędzickiego 19, 81–374 Gdynia
stysa@am.gdynia.pl

Zarys treści. W pracy porównano dobowe wartości temperatury powietrza mierzonej w okresie 7 VII 2001 – 13 VIII 2003 roku w Petuniabukta położonej w głębi Billefjorden i Svalbard-Lufthavn leżącym na południowym brzegu Isfjordu. Średnia miesięczna temperatura latem (VI–VIII) jest w Petuniabukta o 1 deg wyższa, a zimą (XI–IV) o około 3 deg niższa niż w Svalbard-Lufthavn. W sezonach zimowych średnie dobowe wartości temperatury w Petuniabukta są przeciętnie o 2–4 deg niższe niż w Svalbard-Lufthavn, a latem o 1–2 deg wyższe.

Słowa kluczowe: dobowa temperatura powietrza, Petuniabukta, Svalbard-Lufthavn, Spitsbergen.

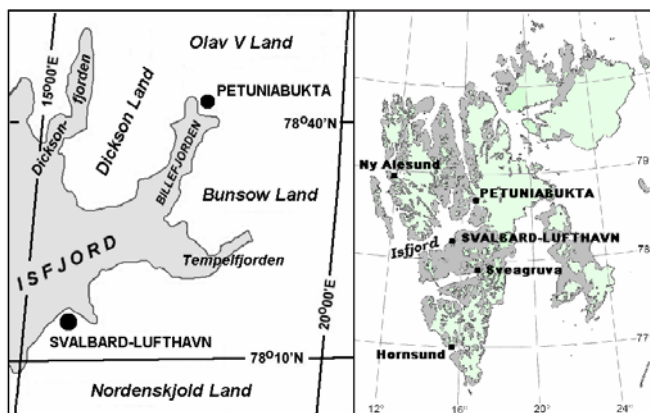
1. Wprowadzenie

Regularne obserwacje meteorologiczne w Arktyce prowadzone są od stosunkowo krótkiego czasu, a ich lokalizacja w znacznej mierze ogranicza się do wybrzeży, gdzie służyły zabezpieczeniu szlaków transportowych (Przybylak 1996). Na Svalbardzie stacje obserwacyjne skupiają się głównie na zachodnim wybrzeżu Spitsbergenu, znajdującym się pod wpływem termicznym przyległych akwenów morskich. Stacje te uwidaczniają zmienność przebiegu zjawisk pogodowych pomiędzy południowym i północnym skrajem archipelagu. Stacji meteorologicznych położonych wewnątrz wyspy, charakteryzujących bardziej "kontynentalne" cechy klimatu Spitsbergenu, jest niewiele. Są to leżąca w głębi Van Mijenfjordu Sveagrava oraz zlokalizowana na południowym brzegu Isfjordu stacja Svalbard-Lufthavn. Nic więc dziwnego, że rozleglejsze przestrzennie analizy uwarunkowań klimatycznych Svalbardu napotykają na poważne problemy rekonstrukcyjne i w znacznej mierze są przybliżone, przeprowadzane w oparciu o dane nie pochodzące z bezpośrednich obserwacji (np. Treshnikov 1985, Hagen i in. 1993, Forland i Hanssen-Bauer 2003).

Obecnie coraz więcej informacji można pozyskiwać w oparciu o analizę obrazów satelitarnych, a ich weryfikację prowadzić z wykorzystaniem automatycznych rejestratorów danych meteorologicznych o wydłużonym czasie pracy bezobsługowej. Tego typu zapis temperatury powietrza prowadzony był w latach 2001–2003, pomiędzy okresami pobytu letnich wypraw Uniwersytetu im. A. Mickiewicza z Poznania, badających natężenie procesów biotycznych i abiotycznych w basenie Billefjorden (poboczna zatoka Isfjordu), w znacznym oddaleniu od zachodnich wybrzeży Spitsbergenu. Pomiary te mogą być pomocne w bardziej precyzyjnej charakterystyce klimatu wnętrza wyspy. Wyniki pomiarów temperatury powietrza prowadzonych w Petuniabukta porównano z materiałami stacji Svalbard-Lufthavn zgromadzonymi przez Norweski Instytut Meteorologiczny. Dla tej stacji znana jest seria danych od 1976 roku przedłużona, w oparciu o kompilację danych ze stacji działających w sąsiedztwie, o lata 1912–1975 (Nordli 1990, Nordli i in. 1996). Wyprowadzone zależności mogą pozwolić na bardziej realistyczną ocenę zjawisk obserwowanych we wnętrzu wyspy oraz ich zapisu, uwidocznionego np. w postaci serii osadowych środowisk fiordowych czy lądowych. Badania były finansowane w ramach projektu Komitetu Badań Naukowych 6PO4E 041 21 „Obieg materii w lądowo-morskim geosystemie arktycznym na przykładzie Billefjorden, Spitsbergen Środkowy”.

2. Obszar badań

Isfjord, wraz z pobocznymi Dicksonfjorden, Billefjorden i Tempelfjorden, stanowi największy system fiordowy Spitsbergenu o powierzchni wodnej około 3100 km² i powierzchni zlewni lądowej sięgającej 7309 km², co stanowi 19% całej powierzchni wyspy. Zlewnia ta jest zlodowacona w 39.6% (Hagen i in. 1993), ale powierzchnia lodowców podlega w ostatnich dziesięcioleciach ciąglemu zanikowi (Rachlewicz i Szczuciński 2002), zatem obecnie wartość tą należy traktować jako przybliżoną. Punkty z których dane meteorologiczne poddano analizie leżą w głębi fiordu (ryc. 1): Svalbard-Lufthavn (78°15'N, 15°28'E) w odległości około 50 km od jego wylotu, Petuniabukta (78°43'N, 16°37'E) w zakończeniu Billefjorden, odnodze Isfjordu wysuniętej najbardziej na północny-wschód. W linii prostej oba te punkty dzieli odległość 58.5 km, co przekłada się na różnicę równoleżnikową 53.5 km i przesunięcie 24.0 km w układzie wschód – zachód, przy ich zdecydowanie odmiennej sytuacji orograficznej.



Ryc. 1. Spitsbergen – położenie posterunków meteorologicznych we wnętrzu Isfjordu

Fig. 1. Spitsbergen – location of meteorological stations in the inner part of Isfjorden

Stacja Svalbard-Lufthavn usytuowana przy lotnisku w Longyearbyen leży na wysokości 28 m n.p.m., na tarasie nadmorskiej u wylotu doliny i fiordu Advent. Otwiera się on w kierunku północnym, na przebiegający tu na linii W–E Isfjord. Stacja meteorologiczna jest bezpośrednio wystawiona na oddziaływanie mas powietrza napływających swobodnie do Isfjordu z Morza Grenlandzkiego.

Posterunek w Petuniabukta (Skottehytta) znajduje się na wschodnim wybrzeżu tej zatoki w odległości około 50 m od brzegu, na wysokości 5 m n.p.m., na płaskiej tarasie morskiej pokrytej roślinnością tundrową położonej u wylotu doliny glacialnej. W sąsiedztwie znajdują się masywy skalne wyniesione do 600–800 m n.p.m. i doliny lodowcowe, w znacznym stopniu wpływające na lokalne warunki atmosferyczne. Jedyne kierunek wolny od przeszkód orograficznych to sektor SSW, w osi Billefjorden, o najczęściej obserwowanych silnych wiatrach (Rachlewicz 2003).

3. Analizowany materiał

Przedstawiane materiały z Petuniabukta (posterunek Skottehytta) pochodzą z okresu 7 VII 2001 – 13 VIII 2003 r. Obserwacje bezpośrednie prowadzono w czasie letnich wypraw UAM (7 VII – 18 IX 2001, 7 VII – 30 IX 2002 oraz 20 VI – 13 VIII 2003 r.). Temperaturę powietrza odczytywano co godzinę (24 razy na dobę) w klatce meteorologicznej. W tym czasie kalibrowano także bezobsługowe rejestratory prowadzące zapis pomiędzy wyprawami letnimi. Korzystano z dwóch typów urządzeń: „DILIGENCE” Data Logger firmy Comark (do 7 VII 2002) oraz „HOBO-Temp” Onset Computer Corporation. W obu przypadkach czujnikiem był termistor o rozdzielczości pomiarowej 0.1°C i zakresie do –40.0°C. Oba rejestratory posiadały niezależne zasilanie bateryjne oraz możliwość przechowywania danych (do 7943 pomiarów) i ich późniejszej transmisji do obróbki komputerowej. Urządzenia te, pozostawiane na okres zimowy w klatkach meteorologicznych, zapisywały dane z ośmiu pomiarów na dobę. Cztery z nich (00, 06, 12, 18 UTC) wykorzystano do obliczenia średniej dobowej, w układzie odpowiadającym pomiarom na stacji Svalbard-Lufthavn. Dane dla tej stacji – średnie oraz minimalne i maksymalne temperatury dobowe – uzyskano z Norweskiego Instytutu Meteorologicznego.

Wartości temperatury powietrza zmierzone na posterunku Skottehytta w Petuniabukta stanowią unikalną serię danych dla obszaru wnętrza środkowego Spitsbergenu. Poza pomiarami prezentowanymi w niniejszym opracowaniu, dla wnętrza wyspy w rejonie Isfjordu, znane są jeszcze tylko dwie krótkie serie obserwacji. Pierwsza to dane zarejestrowane w osadzie górniczej Pyramiden (ok. 8 km w linii prostej od Skottehytta) w sezonie letnim (V–X) 1983 roku (Gokhman i Khodakov 1986) i druga – miesięczne obserwacje pochodzące z okresu czerwiec-lipiec 1985 r. wykonane na posterunku Skottehytta w Petuniabukta (Kostrzewski i in. 1989).

4. Wyniki

W okresie od 7 VII 2001 do 13 VIII 2003 roku porównywane serie obejmują 767 dni (brak danych z posterunku w Petuniabukta z 17 VII 2001 r.). Najniższa średnia dobowa temperatura powietrza zanotowana w tym okresie w Petuniabukta wyniosła –29.6°C (13 III 2002 r.). W tym dniu w Svalbard-Lufthavn średnia dobowa była o 5.9 deg wyższa. Na tej ostatniej stacji najniższa średnia dobowa, –28.1°C, wystąpiła dzień wcześniej (12 III 2002 r.) kiedy to w Petuniabukta odnotowano –28.7°C. Z kolei najwyższa średnia dobowa temperatura powietrza na obu stacjach wystąpiła tego samego dnia – 14 VII 2002 r. i na posterunku w Skottehytta wyniosła ona 13.8°C, a w Svalbard-Lufthavn 13.1°C. Najwyższe i najniższe wartości średnie dobowe oraz średnie miesięczne w badanym okresie zawiera tabela 1.

Tabela 1 – Table 1

Średnie i ich odchylenia standardowe (σ), najwyższe (Max) i najniższe (Min) dobowe temperatury powietrza [°C] na stacjach Petuniabukta i Svalbard-Lufthavn w okresie 7 VII 2001 – 13 VIII 2003

Means and its standard deviations (σ), maximum (Max) and minimum (Min) daily air temperatures [°C] at Petuniabukta and Svalbard-Lufthavn stations in the period between 7th July 2001 and 13th August 2003

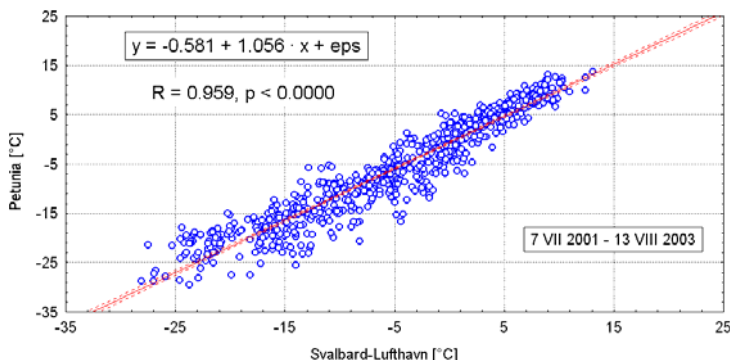
| Miesiąc Month | Petuniabukta | | | | | | Svalbard-Lufthavn | | | | | |
|------------------|-----------------|----------|-------|--------------|-------|--------------|-------------------|----------|------|--------------|-------|--------------|
| | Średnia Mean | σ | Max | Data Date | Min | Data Date | Średnia Mean | σ | Max | Data Date | Min | Data Date |
| 2001 | | | | | | | | | | | | |
| VII* | 8.2 | 1.76 | 11.7 | 15 VII | 4.5 | 11 VII | 6.9 | 1.79 | 10.1 | 15, 26 VII | 3.4 | 9 VII |
| VIII | 7.2 | 1.91 | 12.5 | 9 VIII | 4.3 | 3 VIII | 6.5 | 2.01 | 12.4 | 8, 9 VIII | 3.6 | 5 VIII |
| IX | 3.2 | 3.58 | 9.0 | 3 IX | -2.6 | 29 IX | 3.2 | 3.61 | 8.6 | 15 IX | -2.7 | 29 IX |
| X | -5.9 | 6.23 | 2.7 | 15 X | -17.4 | 28 X | -5.2 | 5.81 | 3.8 | 13 X | -15.5 | 30 X |
| XI | -14.9 | 5.15 | -4.1 | 30 XI | -22.4 | 17 XI | -11.1 | 6.17 | 0.4 | 30 XI | -21.9 | 9 XI |
| XII | -12.4 | 8.10 | -1.6 | 4 XII | -27.5 | 30 XII | -9.0 | 8.70 | 3.9 | 4 XII | -24.1 | 25 XII |
| 2002 | | | | | | | | | | | | |
| I | -15.7 | 4.15 | -6.7 | 8 I | -22.0 | 31 I | -12.6 | 6.74 | 1.4 | 7 I | -24.4 | 18 I |
| II | -17.1 | 3.80 | -10.5 | 16 II | -23.3 | 8 II | -13.6 | 4.82 | -2.4 | 15 II | -22.7 | 19 II |
| III | -20.0 | 4.70 | -10.5 | 31 III | -29.6 | 13 III | -18.3 | 6.77 | -5.0 | 28 III | -28.1 | 12 III |
| IV | -9.5 | 3.89 | -2.6 | 20 IV | -15.2 | 8 IV | -6.1 | 5.50 | 2.1 | 17 IV | -16.5 | 7 IV |
| V | -5.4 | 4.10 | 3.9 | 31 V | -12.0 | 6 V | -3.3 | 3.92 | 3.4 | 27 V | -11.2 | 5 V |
| VI | 5.1 | 1.24 | 7.4 | 12 VI | 3.1 | 5 VI | 3.7 | 1.06 | 6.1 | 22 VI | 1.8 | 16 VI |
| VII | 8.4 | 2.14 | 13.8 | 14 VII | 5.3 | 2 VII | 7.1 | 1.73 | 13.1 | 14 VII | 3.5 | 1 VII |
| VIII | 7.8 | 1.81 | 12.4 | 12 VIII | 4.8 | 29 VIII | 7.5 | 1.71 | 10.5 | 17 VIII | 4.0 | 31 VIII |
| IX | -0.3 | 3.15 | 5.0 | 2 IX | -7.1 | 30 IX | 0.1 | 2.86 | 4.6 | 2 IX | -6.0 | 30 IX |
| X | -4.1 | 5.18 | 4.0 | 9 X | -14.7 | 31 X | -3.0 | 5.71 | 6.9 | 8 X | -13.7 | 31 X |
| XI | -7.7 | 4.07 | 0.1 | 30 XI | -14.9 | 17 XI | -5.6 | 4.19 | 1.1 | 11 XI | -14.2 | 16 XI |
| XII | -9.4 | 6.66 | 3.0 | 7 XII | -21.6 | 18 XII | -7.5 | 7.05 | 5.9 | 7 XII | -20.9 | 18 XII |
| 2003 | | | | | | | | | | | | |
| I | -20.0 | 5.14 | -8.5 | 7 I | -28.8 | 31 I | -18.6 | 5.86 | -8.7 | 5 I | -27.0 | 31.1 |
| II | -15.2 | 6.06 | -4.1 | 15 II | -27.6 | 1 II | -12.3 | 5.53 | -2.5 | 7 II | -24.5 | 28 II |
| III | -17.7 | 4.61 | -8.9 | 21 III | -27.8 | 12 III | -17.3 | 4.47 | -6.0 | 21 III | -25.9 | 12 III |
| IV | -8.6 | 6.98 | 2.0 | 18 IV | -21.1 | 1 IV | -9.6 | 6.60 | 1.2 | 18 IV | -22.0 | 1 IV |
| V | 0.1 | 3.76 | 5.2 | 24, 25 V | -9.3 | 1 V | -2.5 | 3.68 | 1.4 | 18 V | -11.7 | 3 V |
| VI | 3.8 | 1.28 | 7.0 | 3 VI | 1.0 | 11 VI | 2.8 | 1.53 | 5.7 | 27 VI | 0.1 | 9 VI |
| VII | 8.3 | 2.19 | 12.7 | 9 VII | 3.8 | 3 VII | 7.0 | 1.96 | 11.0 | 31 VII | 3.3 | 3 VII |
| VIII** | 8.4 | 0.85 | 10.0 | 2 VIII | 6.7 | 6 VIII | 7.9 | 1.16 | 9.9 | 10 VIII | 5.9 | 9 VIII |

* – 7÷31 VII 2001, ** – 1÷13 VIII 2003

Bardziej kontynentalne cechy klimatu Billefjorden, w porównaniu do Isfjordu, wyraźnie uwidaczniają się w przebiegu średnich miesięcznych wartości temperatury powietrza (tab. 1). Lato (VI–VIII) w Petuniabukta jest o około 1 deg (w 2001 r. – 1.0 deg, 2002 r. – 1.0 deg i 2003 r. – 0.9 deg) cieplejsze niż w Svalbard-Lufthavn, natomiast zima (XI–IV) we wnętrzu wyspy jest znacznie chłodniejsza niż ma to miejsce na południowym brzegu Isfjordu (zima 2001/2002 – o 3.1 deg, zima 2002/2003 – o 2.9 deg). Najniższa średnia miesięczna temperatura powietrza na obu stacjach występuje w tym samym czasie. W 2002 r. miało to miejsce w marcu, a w 2003 r. – w styczniu. Na stacji Svalbard-Lufthavn zimowe minimum charakteryzuje się średnimi wieloletnimi (1976–2006) wartościami temperatury wynoszącymi w styczniu –14.0°C, lutym –14.6°C i marcu –13.9°C. Zarówno w 2002 jak i w 2003 r. roczne minima na tej stacji były niższe od średnich wieloletnich.

Okresy przejściowe charakteryzują się dużym zróżnicowaniem temperatury. Na początku jesieni – we wrześniu – warunki termiczne NE (Skottehytta) i S (Svalbard-Lufthavn) części Isfjordu są bardzo podobne, później – w miarę skracania długości dnia – wewnątrz Billefjorden staje się coraz chłodniejsze, tak, że w październiku temperatura w Skottehytta jest już o 0.7 deg (2001 r.) – 1.1 deg (2002 r.) niższa niż w Svalbard-Lufthavn. Na wiosnę – w maju – zróżnicowanie warunków występujących na obu stacjach wydaje się być największe. Choć zarówno w maju 2002 i 2003 r. różnice średniej miesięcznej były podobne (2.1 deg w 2002 r. i 2.6 deg w 2003 r.), to w pierwszym z analizowanych lat cieplej było w Svalbard-Lufthavn, a w drugim – w Petuniabukta (tab. 1). W 2003 r. na posterunku w Skottehytta już w kwietniu średnia miesięczna temperatura była wyższa niż w leżącym bliżej morza Svalbard-Lufthavn. Ta odmienność w kształtowaniu się temperatury powietrza na obu stacjach w maju związana może być z jednej strony z różnym stopniem pokrycia lodem wód Billefjordu i Isfjordu oraz jego przedpola, a z drugiej – z czynnikiem cyrkulacyjnym. W maju 2002 r. wody Billefjordu pokryte były lodem o zawartości 9–10, a wody Isfjordu były praktycznie wolne od lodu (zawartość lodu <1). W maju 2003 r. wody Billefjordu pokrywał lód stały, a na wodach Isfjordu jedynie w pierwszej połowie miesiąca pływał lód o zawartości 1–3. Biorąc pod uwagę podobne w obydwu latach warunki lodowe występujące zarówno w pobliżu stacji jak i na przedpolu Isfjordu, stwierdzone zróżnicowanie warunków termicznych wiązać należy z lokalnymi zmianami zachmurzenia i czynnikiem adwekcyjnym. W maju 2002 r. nad Spitsbergenem dominowały układy wyżowe z centrum nad Cieśniną Fram (wskaźnik cykloniczności Niedźwiedzia $C = -31$), podczas gdy w 2003 r. Spitsbergen znacznie częściej znajdował się pod wpływem Wyżu Grenlandzkiego. Przy wiatrach z NW w rejonie stacji Svalbard-Lufthavn często mogło dochodzić do wystąpienia zachmurzenia orograficznego bądź tworzonego przez napływ z wiatrem chmur powstałych nad wodami otwartymi Morza Grenlandzkiego. W tym samym czasie, w położonej w głębi Billefjordu Skottehytta niebo mogło być bezchmurne, co w warunkach dnia polarnego sprzyjało dostawie radiacji słonecznej i skutkowało wzrostem temperatury powietrza w warstwie przyziemnej.

Średnie dobowe wartości temperatury powietrza w Petuniabukta wykazują w cyklu rocznym bardzo silne związki z dobową temperaturą powietrza w Svalbard-Lufthavn (ryc. 2). Zmiany temperatury zachodzące na tej ostatniej stacji wyjaśniają 92% zmienności temperatury w Petuniabukta.



Ryc. 2. Związek między wartościami średniej dobowej temperatury powietrza w Petuniabukta i Svalbard-Lufthavn w okresie 7 VII 2001 – 13 VIII 2003

Fig. 2. Correlation between mean daily air temperature in Petuniabukta and Svalbard-Lufthavn in the period between 7th July 2001 and 13th August 2003

Te ściśle w rocznym uśrednieniu zależności nie znajdują potwierdzenia w związkach miesięcznych. W poszczególnych sezonach i miesiącach ujawniają się znaczne odrębności w kształtowaniu się przebiegów temperatury na obu stacjach. W analizowanym okresie najsilniejsze związki występowały w miesiącach drugiej połowy roku, od września do grudnia ($r > 0.9$), a najsłabsze były w czerwcu (tab. 2). W tym miesiącu w 2002 r. wystąpiły dwa dni (4 i 5), w których średnia dobowa temperatura notowana w Svalbard-Lufthavn była wyższa (o 1.5 deg) niż w Petuniabukta, natomiast w 2003 r. takich dni było 8 (różnice rzędu 0.1–1.0 deg). W czerwcu 2003 r. wystąpiły również dwa dni (3 i 20), w czasie których temperatura w Petuniabukta była znacząco wyższa (o 4.2 i 3.4 deg) niż na stacji sąsiedniej. Po wyłączeniu po 2 najbardziej odstające punkty w każdym z tych miesięcy współczynniki korelacji wzrastają do 0.74. Te stosunkowo słabe korelacje występujące w okresie najwyższych wysokości Słońca wskazywać mogą na znaczący w tym czasie wpływ otoczenia obydwu stacji na kształtowanie się na nich lokalnego reżimu termicznego.

Tabela 2 – Table 2

Współczynniki korelacji liniowej (r) i ich istotność statystyczna (p) między średnią dobową temperaturą powietrza w Petuniabukta i Svalbard-Lufthavn w okresie 7 VII 2001 – 31 VII 2003

Coefficients of linear correlation (r) and its statistical significance (p) between mean daily air temperature at Petuniabukta and Svalbard-Lufthavn stations in the period between 7th July 2001 and 31th July 2003

| Rok Year | | I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII | IX | X | XI | XII |
|-------------|-----|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 2001 | r | - | - | - | - | - | - | 0.88 | 0.85 | 0.94 | 0.96 | 0.90 | 0.93 |
| | p | | | | | | | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 2002 | r | 0.66 | 0.59 | 0.77 | 0.74 | 0.89 | 0.54 | 0.82 | 0.81 | 0.93 | 0.97 | 0.87 | 0.96 |
| | p | 0.000 | 0.001 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.002 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 2003 | r | 0.85 | 0.90 | 0.76 | 0.93 | 0.92 | 0.59 | 0.78 | - | - | - | - | - |
| | p | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.001 | 0.000 | | | | | |

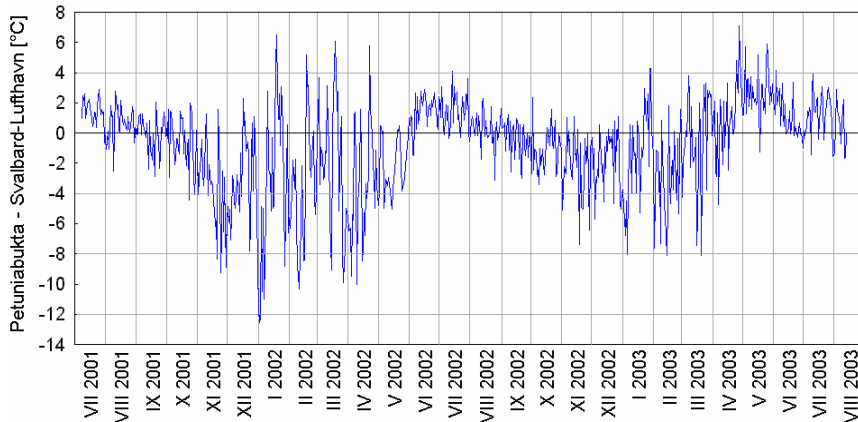
Największe różnice temperatury między oboma stacjami zaznaczają się od stycznia do kwietnia (ryc. 3). Rok 2002 charakteryzował się w tym okresie znacznie większą dynamiką zmian niż taki sam okres następnego roku (tab. 3).

Tabela 3 – Table 3

Średnie i ich odchylenia standardowe (σ_n) oraz zakres zmienności różnic dobowych wartości temperatury powietrza [deg] w Petuniabukta i Svalbard-Lufthavn w okresie I–IV 2002 i 2003 roku

Means and its standard deviations (σ_n) and the range of variability of differences of daily air temperatures [deg] at Petuniabukta and Svalbard-Lufthavn stations in the period January – April 2002 and 2003 years

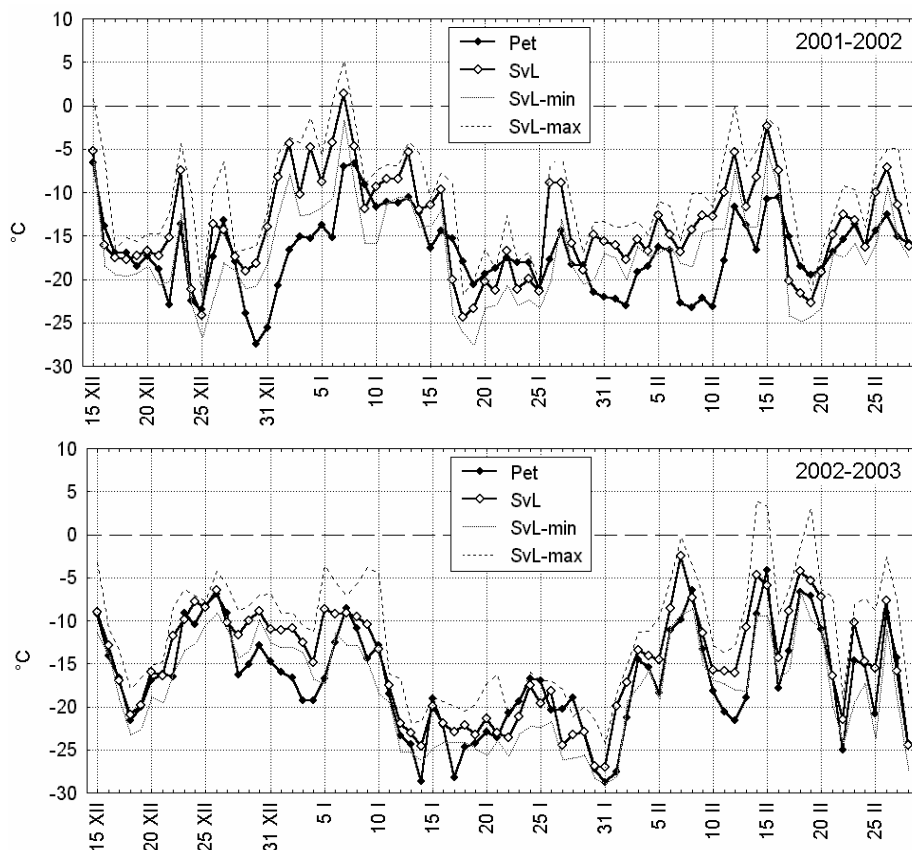
| Rok – Year | 2002 | | | | 2003 | | | |
|---|----------------|----------------|---------------|----------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| Miesiąc – Month | I | II | III | IV | I | II | III | IV |
| Średnia – Mean | -3.0 | -3.6 | -1.8 | -3.4 | -1.4 | -2.9 | -0.4 | 1.0 |
| σ_n | 5.1 | 4.0 | 4.4 | 3.7 | 3.1 | 2.7 | 3.1 | 2.5 |
| Zakres zmienności Range of variability | -12.5 ÷ 6.5 | -10.4 ÷ 5.2 | -9.9 ÷ 6.1 | -10.0 ÷ 5.8 | -8.1 ÷ 4.3 | -8.1 ÷ 1.8 | -8.1 ÷ 3.8 | -4.7 ÷ 7.1 |



Ryc. 3. Różnice średnich dobowych wartości temperatury powietrza w Petuniabukta i Svalbard-Luffthavn [°C] w okresie 7 VII 2001 – 13 VIII 2003

Fig. 3. Differences of mean daily air temperatures [°C] at Petuniabukta and Svalbard-Luffthavn stations in the period between 7th July 2001 and 13th August 2003

W 2002 roku (ryc. 4), w styczniu, w ciągu 6 dni średnia dobowa temperatura powietrza w Petuniabukta była o ponad 8 deg niższa niż w Svalbard-Luffthavn (z czego przez 4 dni aż o ponad 10 deg: 1 stycznia – 12.5, 2 – 12.3, 4 – 10.5, 6 – 11.0 deg), w lutym takich dni było 5 (8 lutego – 9.0, 9 – 9.4, 10 – 10.4, 14 – 8.5, 15 – 8.3 deg), a w marcu i kwietniu po 3 (14 marca – 9.1, 26 – 9.9 i 27 – 8.5 deg; 3 kwietnia – 9.5, 9 – 10.0 i 14 – 8.5 deg). W takim samym okresie następnego roku (2003) tak znaczne różnice zdarzały się tylko w ciągu jednej doby w styczniu (5 – 8.1), lutym (13 – 8.1) i marcu (20 – 8.1), a w kwietniu nie spadły poniżej –4.7 deg. Zimą duże różnice w temperaturze powietrza występujące na tych blisko siebie (~60 km) położonych stacjach wywołane są czynnikiem cyrkulacyjnym i różnym stopniem pokrycia lodem wód Billefjordu i Isfjordu. Gdy układy niskiego ciśnienia wędrują przez Morze Grenlandzkie i Cieśninę Fram do Arktyki, to w rejonie zachodniego wybrzeża Spitsbergenu dochodzi do silnych adwekcji ciepłego powietrza. Najczęściej masy te mogą swobodnie wpłynąć do środkowej części Isfjordu, gdzie zlokalizowana jest stacja Svalbard-Luffthavn, ale znacznie rzadziej są w stanie dotrzeć w głąb fiordu. W grudniu i styczniu na wodach Isfjordu występuje lód morski o niewielkiej (1–3) na ogół zwartości. W tym samym czasie Billefjorden pokryty jest już bardzo zwartym lub stałym lodem. W takich warunkach w otoczonej wysokimi górami Petuniabukta tworzyć się mogą zastoiska zimnego powietrza (patrz ryc. 4 – od 29 XII 2001 do 7 I 2002 r.). Mogą one być wzmacniane przez spływy bardzo zimnego, wychłodzonego radiacyjnie, powietrza znad znajdujących się po północno-wschodniej stronie Billefjorden lodowcowych plateau (Lomonosovfonna i Nordenskjoldbreen). W takich przypadkach średnia dobowa temperatura powietrza notowana w Skottehytta może być nawet o około 5–9 deg niższa niż minimalna dobowa temperatura powietrza rejestrowana na stacji Svalbard-Luffthavn. Takie spływy katabatyczne najczęściej rozwijają się przy adwekcjach powietrza ze wschodu, w północnych częściach niżów powoli przemieszczających się znad Morza Norweskiego nad Morze Barentsa, bądź w rozmytym nad Spitsbergenem polu barycznym związanym z klinem Wyżu Grenlandzkiego (patrz ryc. 4 – od 31 I do 4 II 2002 r. oraz od 6 do 12 II 2002 r.) lub Wyżu Arktycznego (ryc. 4 – od 28 XII 2002 do 4 I 2003 r.).

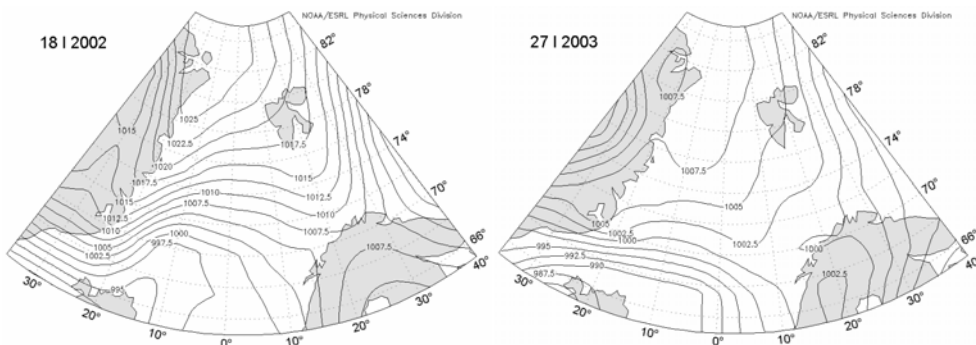


Ryc. 4. Przebieg dobowej temperatury powietrza [°C]: średniej w Petuniabukta (Pet) oraz średniej (SvL), minimalnej (SvL-min) i maksymalnej (SvL-max) w Svalbard-Luffthavn w okresie od 15 grudnia do 28 lutego w latach 2001–2002 i 2002–2003

Fig. 4. Course of daily mean air temperature [°C] at Petuniabukta (Pet) and daily mean (SvL), minimum (SvL-min) and maximum (SvL-max) air temperatures at Svalbard-Luffthavn in the period between 15th December and 28th February of both years 2001–2002 and 2002–2003

W każdym z czterech miesięcy analizowanego okresu wystąpiły też dni, w których temperatura powietrza na posterunku w Skottehytta była wyższa niż w Svalbard-Luffthavn. W 2002 roku miało to miejsce w styczniu 10 razy, lutym – 6, marcu – 12 i kwietniu – 7. Największe różnice w każdym miesiącu przekraczały 5 deg (tab. 3). W 2003 roku, w styczniu, lutym i marcu liczba dni, w których cieplej było w Petuniabukta była podobna: 9, 4 i 14 dni odpowiednio, natomiast w kwietniu takich dni było znacznie więcej niż w roku poprzednim, bo aż 21. W ciągu 6 dni różnice te były niewielkie, nie przekraczające 1 deg, w 10 dniach mieściły się w przedziale od 1.1 do 3 deg, a w 5 – przekroczyły 3 (w tym 27 kwietnia – 7.1) deg. Wyższe temperatury powietrza notowane na posterunku w Skottehytta, w porównaniu do Svalbard-Luffthavn, w marcu i kwietniu – w okresie coraz dłuższego dnia, wiązać należy przede wszystkim z występowaniem we wnętrzu wyspy, w warunkach dobrej insolacji, pogód radiacyjnych. Dodatkowymi czynnikami sprzyjającymi wzrostowi liczby takich dni w kwietniu 2003 r. mogła być znacząca degradacja pokrywy lodu morskiego jaka w tym miesiącu zaszła na przeważającej

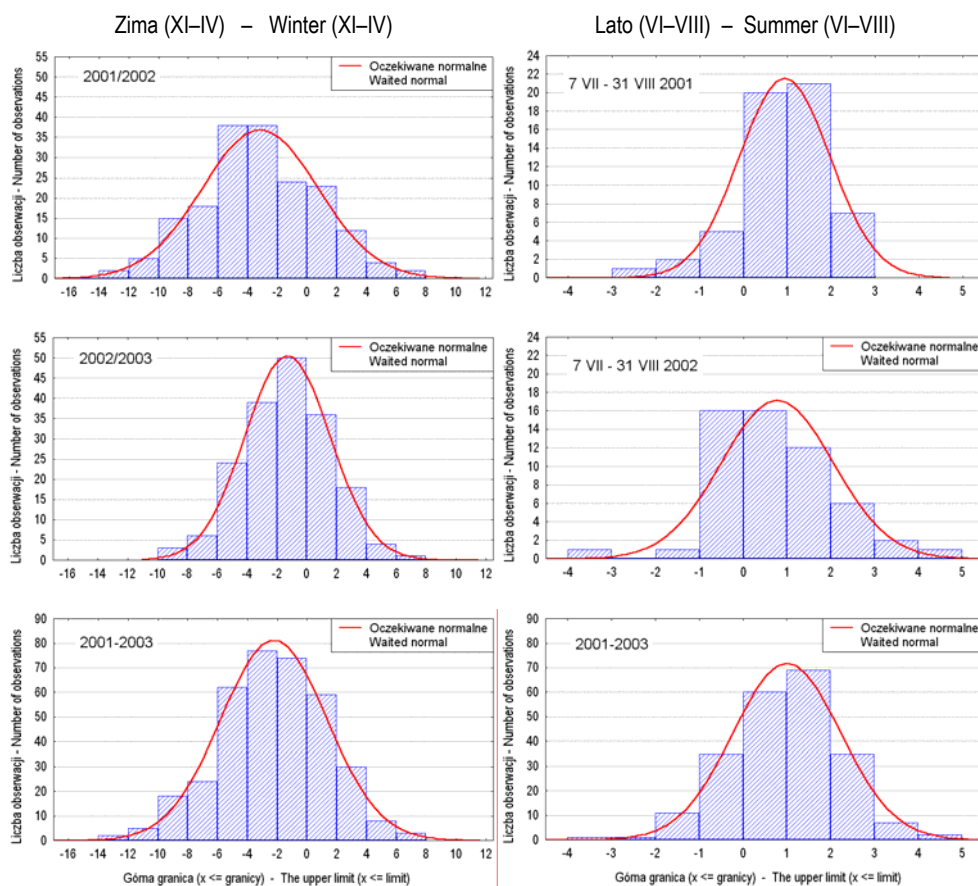
części Billefjorden oraz brak pokrywy śnieżnej na przybrzeżnych, niżej leżących fragmentach terenu. Trudniej wyjaśnić przypadki występowania wyższej temperatury powietrza w Petuniabukta w czasie nocy polarnej. Największe różnice miały miejsce w okresie od 17 do 21 I 2002 r., kiedy to 18 stycznia na posterunku Skottehytta zanotowano -17.9°C , a w Svalbard-Lufthavn -24.4°C oraz 27 i 28 I 2003 r kiedy w Petuniabukta notowano -20.2 i -18.9°C , a w Svalbard-Lufthavn -24.5 i -23.2°C odpowiednio (ryc. 4). Jedną z przyczyn takiego rozkładu temperatury może być zawiewanie śniegiem szczelin w żaluzjowych ściankach klatki meteorologicznej na posterunku Skottehytta doprowadzające do wzrostu temperatury w klatce. Jednakże przy tak niskiej temperaturze powietrza, jeżeli dojdzie do opadu, to będzie miał on bardzo słabe natężenie. W tych dniach na stacji Svalbard-Lufthavn opad nie występował lub notowano ślad opadu, a średnia dobowa prędkość wiatru wahała się od 4 do 7 m/s. Drugą z możliwych przyczyn jest wystąpienie zjawisk fenowych. Analiza sytuacji synoptycznych wykazała, że wszystkie przypadki kiedy w okresie nocy polarnej w Petuniabukta notowano wyższą temperaturę niż na stacji Svalbard-Lufthavn miały miejsce wtedy, gdy nad północnym i środkowym Spitsbergenem rozwijał się splot powietrza z północy lub północnego-wschodu (ryc. 5). W świetle analiz tygodniowych map pokrywy lodów morskich wydawanych przez National Ice Center (USA), w grudniu i styczniu 2002 i 2003 roku wschodnia część Cieśniny Frama i obszar na północ od Spitsbergenu do $81\text{--}82^{\circ}\text{N}$ wolny był od lodów morskich lub pokryty bardzo luźnym lodem dryfującym (o zwartości 1–3). W równie niewielkim stopniu w grudniu i styczniu obydwu lat pokryte lodem były wody Wijdefjordu. Brak lodów, bądź wyraźne ograniczenie ich występowania, w tym rejonie w grudniu-lutym wiązać należy z gwałtownym wzrostem zasobów ciepła w wodach Prądu Zachodniospitsbergeńskiego obserwowanym od 2000 r. (Kruszewski 2004, 2005; Walczowski i Piechura 2006). Zmniejszenie się powierzchni lodów wraz ze wzrostem temperatury wody stanowi przyczynę gwałtownego wzrostu przekazu ciepła i wilgoci do bardzo mroźnego Powietrza Arktycznego stagnującego lub wolno przemieszczającego się nad tym obszarem (wyż z centrum nad Cieśniną Frama). Przepływ takiego uwilgotnionego powietrza nad północnym Spitsbergenem może, po przekroczeniu Ziemi Dicksona i górskiej bariery (około 1000 m n.p.m.) oddzielającej wody Wijdefjorden od Petuniabukty, dać efekt fenowego wzrostu temperatury powietrza w rejonie posterunku w Skottehytta.



Ryc. 5. Ciśnienie atmosferyczne [hPa] na poziomie morza w rejonie Spitsbergenu 18 I 2002 i 27 I 2003 r. według NOAA/ESRL Physical Science Division (<http://www.cdc.noaa.gov/cdc/data.ncep.reanalysis.html>)

Fig. 5. Atmospheric pressure at the sea level in 18th January 2002 and 27th January 2003 according to NOAA/ESRL Physical Science Division (<http://www.cdc.noaa.gov/cdc/data.ncep.reanalysis.html>)

Analiza frekwencji dób o wartościach różnic temperatury dobowej między oboma stacjami podzielonych na przedziały o rozstępie 2 deg zimą (XI–IV) i 1 deg latem (VI–VIII) wykazuje występowanie dominacji dób o temperaturze w Petuniabukta wyższej o 1–2 deg latem i niższej o 0–4 deg zimą niż w Svalbard-Lufthavn (ryc. 6). W obu sezonach letnich 2001–2003 takich dób było 69, a w sezonach zimowych – 77 (–4 ÷ –2) i 74 (–2 ÷ 0) dni. W każdym z analizowany sezonów letnich i zimowych występują odmienności we frekwencji dób plasujących się w danym przedziale różnic (ryc. 6).



Ryc. 6. Histogramy różnicy średniej dobowej temperatury powietrza Petunia – Svalbard-Lufthavn [°C] w sezonach zimowych (XI–IX) i letnich (VI–VIII) w okresie 7 VII 2001 – 13 VIII 2003

Fig. 6. Histograms of the difference of mean daily air temperature [°C] at Petuniabukta and Svalbard-Lufthavn stations in winter (XI–IV) and summer (VI–VIII) seasons in the period between 7th July 2001 and 13th August 2003

W sezonie zimowym 2001/2002 (XI–IV) dominowały dni, w których różnica średniej dobowej temperatury powietrza między posterunkiem w Skottehytta a Svalbard-Lufthavn mieściła się w przedziałach od –6 do –4 deg oraz od –4 do –2 deg (ryc. 4). W każdym z tych przedziałów wystąpiło po 38 dób, co stanowi 42% czasu tej zimy. Na drugim miejscu uplasowały się doby, w których omawiana

różnica temperatury mieściła się w przedziałach od –2 do 0 deg (24 dni) i od 0 do 2 deg (23 dni) stanowiące razem 26% tego okresu. W następnym sezonie zimowym 2002/2003 rozkład różnic zbliżony był do normalnego. Przeważały te, które mieściły się w przedziale od –2 do 0 deg (28%). Podobna była frekwencja dób o różnicach mieszczących się w przedziałach od –4 do –2 deg (22%) i od 0 do 2 deg (20%).

W pierwszym z analizowanych sezonów letnich (7 VII – 31 VIII 2001) najczęściej temperatura w Petuniabukta była wyższa od tej jaką obserwowano w Svalbard-Lufthavn i mieściła się w przedziale 1–2 deg (37.5%) lub 0–1 deg (35.7% okresu) co stanowi razem 73.2% tego okresu. W drugim sezonie letnim (7 VII – 31 VIII 2002) przez tyle samo dni (16 – 28.6%) było w Petuniabukta o 0–1 deg cieplej jak i chłodniej (ryc. 6). O ponad połowę mniej liczne były doby, w których Skottehytta była cieplejsza o 1–2 deg.

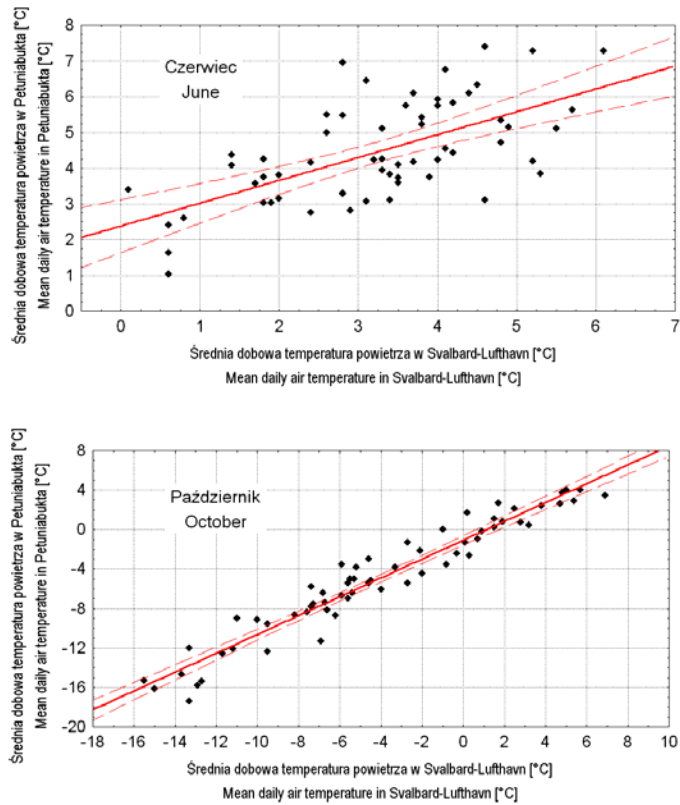
Niezależnie od omówionych różnic, biorąc pod uwagę bardzo silne związki dobowej temperatury powietrza w Petuniabukta i Svalbard-Lufthavn w poszczególnych miesiącach, można, na podstawie do tej pory zgromadzonego materiału obserwacyjnego na posterunku Skottehytta, pokusić się o odtworzenie przebiegu temperatury powietrza we wnętrzu środkowej części Spitsbergenu w dłuższym okresie. Zestaw równań regresji określających związek między temperaturą powietrza w Petuniabukta (zmienna zależna) i na stacji Svalbard-Lufthavn (zmienna niezależna) wraz z ich charakterystykami statystycznymi przedstawia tabela 4. Wyniki analizy wskazują, że zmienność temperatury powietrza w Svalbard-Lufthavn objaśnia od ponad 82% zmienności temperatury powietrza w Petuniabukta w okresie od września do grudnia, do 55% w marcu i 61–66% w pozostałych miesiącach. Wyjątkiem jest czerwiec, kiedy to objaśnienie jest najmniejsze – na poziomie 38% (ryc. 7). Wszystkie zależności są jednak bardzo wysoce istotne statystycznie ($p < 0.00000$).

Tabela 4 – Table 4

Wartości wyrazów wolnych i współczynników kierunkowych wraz z ich błędami standardowymi oszacowania oraz charakterystyka statystyczna równań wiążących dobową temperaturę powietrza w Petuniabukta (Pet) i Svalbard-Lufthavn (SvL) w poszczególnych miesiącach (adj. R^2 – współczynnik determinacji, p – poziom istotności statystycznej równania, BSE – błąd standardowy estymacji, F – wartość testu F)

Values of constant term and regression coefficients and its standard errors of estimation and statistical characteristics of formulas for given months between daily air temperature in Petuniabukta (Pet) and Svalbard-Lufthavn (SvL) stations (adj. R^2 – determination coefficient, p – level of statistical significance of formula, BSE – standard error of estimation, F – the value of the test F)

| Miesiąc Month | Równanie – Equation | Adj. R^2 | $p <$ | BSE | F |
|------------------|--|------------|---------|------|----------------|
| I | $\text{Pet} = -8.677(\pm 0.985) + 0.586(\pm 0.058) \cdot \text{SvL}$ | 0.626 | 0.00000 | 3.13 | (1,60) = 103.0 |
| II | $\text{Pet} = -6.198(\pm 1.160) + 0.772(\pm 0.083) \cdot \text{SvL}$ | 0.607 | 0.00000 | 3.20 | (1,54) = 85.8 |
| III | $\text{Pet} = -7.800(\pm 1.340) + 0.622(\pm 0.072) \cdot \text{SvL}$ | 0.549 | 0.00000 | 3.20 | (1,60) = 75.2 |
| IV | $\text{Pet} = -3.432(\pm 0.710) + 0.716(\pm 0.071) \cdot \text{SvL}$ | 0.633 | 0.00000 | 3.41 | (1,58) = 102.6 |
| V | $\text{Pet} = 0.297(\pm 0.481) + 1.001(\pm 0.101) \cdot \text{SvL}$ | 0.616 | 0.00000 | 2.98 | (1,60) = 98.7 |
| VI | $\text{Pet} = 2.380(\pm 0.370) + 0.639(\pm 0.104) \cdot \text{SvL}$ | 0.382 | 0.00000 | 1.11 | (1,58) = 37.4 |
| VII | $\text{Pet} = 1.971(\pm 0.507) + 0.910(\pm 0.070) \cdot \text{SvL}$ | 0.662 | 0.00000 | 1.18 | (1,84) = 167.6 |
| VIII | $\text{Pet} = 2.026(\pm 0.495) + 0.783(\pm 0.067) \cdot \text{SvL}$ | 0.648 | 0.00000 | 1.05 | (1,73) = 137.0 |
| IX | $\text{Pet} = -0.239(\pm 0.172) + 0.995(\pm 0.044) \cdot \text{SvL}$ | 0.898 | 0.00000 | 1.21 | (1,58) = 520.3 |
| X | $\text{Pet} = -1.088(\pm 0.237) + 0.954(\pm 0.034) \cdot \text{SvL}$ | 0.930 | 0.00000 | 1.52 | (1,60) = 809.1 |
| XI | $\text{Pet} = -3.812(\pm 0.555) + 0.899(\pm 0.054) \cdot \text{SvL}$ | 0.822 | 0.00000 | 2.47 | (1,58) = 274.0 |
| XII | $\text{Pet} = -3.548(\pm 0.481) + 0.893(\pm 0.042) \cdot \text{SvL}$ | 0.879 | 0.00000 | 2.61 | (1,60) = 445.6 |



Ryc. 7. Związek średniej dobowej temperatury powietrza w Petuniabukta i Svalbard-Lufthavn w czerwcu 2002 i 2003 r. oraz października 2001 i 2002 r.

Fig. 7. The correlation mean daily air temperature in Petuniabukta and Svalbard=Lufthavn in June 2002 and 2003 and October 2001 and 2002

Siła związków jest zróżnicowana. Największa jest jesienią (wrzesień-październik) i na początku zimy (listopad-grudzień), duża latem (czerwiec-lipiec) i nieco słabsza w drugiej połowie zimy oraz wiosną. Wyraźne osłabienie siły związku ma miejsce w marcu i czerwcu (tab. 4). Bardzo duży stopień objaśnienia zmian temperatury powietrza w głębi fiordu (posterunek Skottehytta) przez zmienność temperatury na leżącej w centralnej części Isfjordu stacji Svalbard-Lufthavn jesienią i na początku zimy związany jest z buforującym oddziaływaniem powierzchni wodnych oddających ciepło do atmosfery. W drugiej połowie zimy, kiedy dochodzi do wyraźnego różnicowania stopnia zlodzenia wewnętrznej i środkowej części Isfjordu objaśnienie słabnie. Najmniejsze objaśnienie (adj. R^2) i stosunkowo słaba siła związku w czerwcu (ryc. 7) mogą być tłumaczone odmienną sytuacją orograficzną obydwu stacji, z czym wiążą się różnice w wielkości dopływu energii promienistej do podłoża, mające w tym czasie istotny wpływ na kształtowanie się na nich lokalnego reżimu termicznego. Mimo to, zarówno w czerwcu, jak i w pozostałych miesiącach lata i jesieni, błąd standardowy estymacji jest w przekroju rocznym najmniejszy i waha się od 1.05 deg w sierpniu do 1.52 deg w październiku (tab. 4). W drugiej połowie zimy (styczeń-kwiecień), kiedy dużą rolę w kształtowaniu temperatury powietrza w Skottehytta

zaczyna odgrywać czynnik wielkoskalowy, jakim są zmiany cyrkulacji atmosferycznej, błąd standardowy estymacji przekracza 3 deg i waha się od 3.13 w styczniu do 3.41 deg w kwietniu. Na dużą wartość tego błędu wpływa także zmienny przebieg zjawisk lodowych zachodzących zarówno na wodach Isfjordu i Billefjordu, jak i na wodach w pobliżu zachodnich i północnych wybrzeży Spitsbergenu.

5. Podsumowanie

Po porównaniu dobowych wartości temperatury powietrza mierzonych w okresie 7 VII 2001 – 13 VIII 2003 roku w Petuniabukta położonej w głębi Billefjorden i Svalbard-Lufthavn leżącym na południowym brzegu Isfjordu stwierdzono, że średnia miesięczna temperatura latem (VI–VIII) jest na posterunku Skottehytta o 1 deg wyższa, a zimą (XI–IV) o około 3 deg niższa niż w Svalbard-Lufthavn. W sezonach zimowych średnie dobowe wartości temperatury w Petuniabukta są przeciętnie o 2–4 deg niższe niż w Svalbard-Lufthavn, a latem o 1–2 deg wyższe.

Zróznicowanie przebiegu temperatury powietrza pomiędzy Svalbard-Lufthavn a posterunkiem Skottehytta w Petuniabukta, zaznaczające się przede wszystkim większą amplitudą zmian we wnętrzu wyspy, potwierdza znaną z ogólnych opracowań dotyczących klimatu Arktyki i Svalbardu tendencję do "kontynentalizacji" klimatu obszarów leżących nawet stosunkowo blisko wybrzeża (Treshnikov 1985, Przybylak 1992, Hagen i in. 1993). Szczególnie wyraźnie tendencja ta zaznacza się na obszarach charakteryzujących się dużą zmiennością w ciągu roku przebiegu zjawisk lodowych (Svendsen i in. 2002).

We wszystkich równaniach wiążących zmiany temperatury powietrza w Petuniabukta ze zmianami jej przebiegu na stacji Svalbard-Lufthavn oszacowania zarówno wyrazu wolnego i współczynnika kierunkowego, jak i całego równania, są wysoce istotne statystycznie. W sezonie letnim i jesiennym niewielkie są również błędy standardowe tych estymacji. Pozwala to postawić tezę o możliwości odtworzenia, na podstawie wyprowadzonych zależności, przebiegu temperatury powietrza w Petuniabukta w okresie od 1976 r. do chwili obecnej, a przy uwzględnieniu serii skompilowanej – prawie w całym XX wieku, bo od 1912 r. Należy jednak pamiętać, że szacunek ten będzie obarczony małym błędem jedynie w odniesieniu do okresu czerwiec–październik. Wydłużenie serii obserwacyjnej na posterunku Skottehytta i przeprowadzenie ponownej analizy może przyczynić się do zmniejszenia błędów standardowych estymacji w miesiącach zimowych. Wyprowadzone zależności mogą pozwolić na bardziej realistyczną ocenę zjawisk obserwowanych we wnętrzu wyspy.

Literatura

- Forland E.J., Hanssen-Bauer I., 2003, Past and future climate variations in the Norwegian Arctic: overview and novel analyses. *Polar Research*, 22(2): 113–124.
- Gokhman V.V., Khodakov V.G., 1986, Hydrological investigations in the Mimer River basin, Svalbard, in 1983. *Polar Geography and Geology*, 10(4): 309–316.
- Hagen J.O., Liestol O., Roland E., Jorgensen T., 1993, Glacier atlas of Svalbard and Jan Mayen. Norsk Polar-institutt Meddelelser Nr. 129: 141 s.
- Kostrzewski A., Kapuściński J., Klimczak R., Kaniecki A., Stach A., Zwoliński Z., 1989, The dynamics and rate of denudation of glaciated and non-glaciated catchments, central Spitsbergen. *Polish Polar Research*, 10(3): 317–367.
- Kruszewski G., 2004, Zmienność temperatury powierzchni morza w rejonie Spitsbergenu (1982–2002) jako przejaw współcześnie zachodzących zmian klimatycznych. *Problemy Klimatologii Polarnej*, 14: 69–78.

- Kruszewski G., 2005, Wpływ zmian temperatury wód w głównym nurcie Prądu Zachodniospitsbergeńskiego na temperaturę powietrza na Spitsbergenie Zachodnim (1982–2002). *Problemy Klimatologii Polarnej*, 15: 53–63.
- Nordli P.O., 1990, Temperature and precipitation series at Norwegian Arctic meteorological stations. *Klima* 40/90, Oslo: 1–13.
- Nordli P.O., Hanssen-Bauer I., Forland E. J., 1996, Homogeneity Analyses of temperature and precipitation series from Svalbard and Jan Mayen. *Klima* 16/96, Oslo: 41 s.
- Przybylak R., 1992, Stosunki termiczno-wilgotnościowe na tle warunków cyrkulacyjnych w Hornsundzie (Spitsbergen) w okresie 1978–1983. *Dokumentacja Geograficzna*, 2: 108 s.
- Przybylak R., 1996, Zmienność temperatury powietrza i opadów atmosferycznych w okresie obserwacji instrumentalnych w Arktyce. *Wyd. UMK Toruń*: 280 s.
- Rachlewicz G., 2003, Warunki meteorologiczne w zatoce Petunia (Spitsbergen Środkowy) w sezonach letnich 2000 i 2001. *Problemy Klimatologii Polarnej*, 13: 127–138.
- Rachlewicz G., Szczuciński W., 2002, Kartowanie zasięgów lodowców w otoczeniu Billefjorden – Spitsbergen Środkowy. *Materiały XXVIII Sympozjum Polarnego, Poznań 15-16.03.2002 r.*: 81–83.
- Svendsen H., Beszczynska-Moller A., Hagen J.O., Lefauconnier B., Tverberg V., Gerland S., Orbeak J.B., Bischof K., Papucci C., Zajaczkowski M., Azzolini R., Bruland O., Wiencke C., Winther J.G., Dallmann W., 2002, The physical environment of Kongsfjorden-Krossfjorden, an Arctic fjord system in Svalbard. *Polar Research*, 21(1): 133–166.
- Treshnikov A. F.(red.), 1985, *Atlas Arktiki*. GUGK Moskwa: 204 s.
- Walczowski W., Piechura J., 2006, New evidence of warming propagating toward the Arctic Ocean. *Geophysical Research Letters*, 33, L12601, doi: 10.1229/2006GL025872.

Summary

This work presents values of daily air temperature measured in the period 7th July 2001 – 13th August 2003 in Petuniabukta located inside Billefjorden and in Svalbard-Lufthavn located at the southern coast of Isfjord. Mean monthly temperature in summer (June-August) in Petuniabukta was found to be 1deg higher and in winter (November – April) about 3deg lower than at Svalbard-Lufthavn (Tab.1). During winter seasons mean daily temperatures in Petuniabukta are about 2–4deg lower than at Svalbard-Lufthavn and in summer 1–2deg higher (Fig.6).

The transition periods are characterized by great differences in temperatures. At the beginning of autumn, in September, thermal conditions in NE (Skottehytta) and S (Svalbard-Lufthavn) part of Isfjord are similar, later, the shorter the day is, the colder the inside of the Billefjorden becomes. In October the temperature at Skottehytta was already 1deg lower than at Svalbard-Lufthavn. In May 2002 it was 2.1deg warmer at Svalbard-Lufthavn and in 2003 it was 2.6deg warmer at Petuniabukta. Taking into consideration similar ice conditions observed during these two years in May both in the vicinity of the station and in the foreshore of the Isfjord, the observed differences in thermal conditions must be attributed to changes in cloudiness and to advection factor.

In individual months significant differences in temperatures are noted at both stations. The greatest differences in temperatures between stations are observed from January to April (Tab.3, Fig.3 and 4). During the analyzed period the strongest correlations were noted in the months of the latter part of the year, i.e. from September to December ($r > 0.9$) and the weakest were found in June (Tab.2, Fig.7).