

PORÓWNANIE PRZEBIEGU TEMPERATURY POWIETRZA I WILGOTNOŚCI WZGLĘDNEJ W PETUNIABUKTA I SVALBARD-LUFTHAVN (SPITSBERGEN) W SEZONIE LETNIM 2016

SEBASTIAN KENDZIERSKI

Zakład Klimatologii, Wydział Nauk Geograficznych i Geologicznych,
Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu,
ul. B. Krygowskiego 10, 61-680 Poznań

Abstract: This work presents the values of air temperature and relative humidity measured in the period 7th July 2016 – 31st August 2016 in Petuniabukta and Svalbard-Lufthavn. The course of air temperature and humidity was compared. These values depend primarily on the type of atmospheric circulation. In the article, basic statistical methods were used (arithmetic mean, standard deviation, correlation Pearson coefficient). The research revealed that Petuniabukta point is colder by 0.2°C and has higher average relative humidity of about 3%. Higher temperatures cause smaller differences of air temperature and relative humidity at the tested points. Also in this case, a lower value for relative humidity was observed.

Keywords: Svalbard, Spitsbergen, Petuniabukta, Svalbard-Lufthavn, Arctic, air temperature, relative humidity

WSTĘP

Temperatura powietrza jest niewątpliwie najważniejszym i najczęściej badanym parametrem meteorologicznym. W strefie klimatów polarnych obserwacje meteorologiczne dostarczają obecnie istotnej informacji o anomaliach wartości, pokazując ich tempo zmian. Pomiar na Svalbardzie są prowadzone punktowo na całym obszarze, zwłaszcza w rejonie większych osad ludzkich oraz stacji badawczych. W obszarze zatoki Petuniabukta są prowadzone okresowe obserwacje warunków meteorologicznych między innymi przez polską Stację Polarną Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza w Poznaniu oraz stację czeską, zarządzaną przez Centre for Polar Ecology (*České Budějovice*). Wyniki obserwacji dla tego obszaru były analizowane w pracach Rachlewicza (2003), Rachlewicza i Styszyńskiej (2007), Bednorz i in. (2010, 2014), Láski i in. (2012, 2013), Małeckiego (2015). Z wcześniejszych porównań temperatury powietrza między punktem obserwacyjnym Petuniabukta a stacją meteorologiczną w pobliżu lotniska Svalbard-Lufthavn wynikają znaczne różnice w przebiegu temperatury powietrza pomiędzy posterunkami (Rachlewicz i Styszyńska 2007). Powyższe opracowanie dotyczy punktu obserwacyjnego znajdującego się we wschodniej

części zatoki Petuniabukta (Rachlewicz 2003), w pobliżu doliny Ebbadalen. Okalający zatokę obszar stanowi wysoce zróżnicowany teren mający wpływ na wartość temperatury powietrza.

OBSZAR BADAŃ

Obszar, w którym prowadzono badania, jest położony na Spitsbergenie, największej wyspie archipelagu Svalbard. Stacja meteorologiczna Svalbard-Lufthavn jest zlokalizowana w okolicy lotniska w Longyearbyen (kod ICAO: ENSB, nr WMO 01008), na wysokości 27 m n.p.m. (współrzędne geograficzne punktu: $78^{\circ}15'N$ $15^{\circ}28'E$). Lotnisko jest położone przy zatoce Adventfjord (część Isfjordu, drugiego pod względem długości fiordu Svalbardu). Stacja znajduje się w bezpośrednim oddziaływaniu mas powietrza napływających od strony Morza Grenlandzkiego (ryc. 1). Drugi punkt jest zlokalizowany 54 km



Ryc. 1. Lokalizacja punktów pomiarowych
Na podstawie: <<http://toposvalbard.npolar.no/>>
©Norwegian Polar Institute.

Fig. 1. Location of measurement points
Based on: <<http://toposvalbard.npolar.no/>>
©Norwegian Polar Institute.

w linii prostej na północny wschód, w kierunku zatoki Billefjord, którego częścią jest Petuniabukta. Punkt obserwacyjny znajduje się na zachodnim brzegu Petuniabukta, około 10 m od linii brzegowej (współrzędne punktu: $78^{\circ}41'N$ $16^{\circ}27'E$, wysokość 5 m n.p.m.), w pobliżu Stacji Polarnej Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza w Poznaniu. Jest to najdalej na północ wysunięta polska placówka badawcza. W sąsiedztwie znajdują się masywy skalne wyniesione na wysokość 600–800 m n.p.m., najwyższy z nich to Pyramiden (937 m n.p.m.), co utrudnia swobodny przepływ mas powietrza z kierunku zachodniego. Od strony wschodniej przepływ powietrza jest utrudniony układem grzbietów górskich o wysokościach 600–700 m n.p.m. Wpływ na lokalne warunki atmosferyczne ma również pobliska dolina Ebbadalen (Rachlewicz 2003). Jedynie południowy sektor charakteryzuje się brakiem barier orograficznych, co warunkuje swobodny przepływ powietrza z tego kierunku.

DANE I METODY BADAŃ

Podstawę opracowania w punkcie Petuniabukta stanowią dane obserwacyjne zebrane za pomocą automatycznego urządzenia pomiarowego HOBO Pro v2 znajdującego się w osłonie radiacyjnej (ryc. 2). Zakres pomiarowy urządzenia dla temperatury wynosi od -40°C do 70°C , przy rozdzielczości pomiarowej na



Ryc. 2. Stacja pomiarowa HOBO na zachodnim brzegu zatoki Petuniabukta (fot. S. Kendzierski)

Fig. 2. HOBO measuring station, western shore of Petuniabukta Bay (phot. S. Kendzierski)

poziomie $0,02^{\circ}\text{C}$. Dokładność pomiarowa podana przez producenta zawiera się w przedziale $\pm 0,21^{\circ}\text{C}$ dla temperatur od 0°C do 50°C . Zakres pomiarowy dla wilgotności względnej wynosi od 0% do 100%, przy rozdzielczości pomiarowej na poziomie 0,05%. Dokładność urządzenia podana przez producenta wynosi $\pm 2,5\%$ (maksymalnie $\pm 3,5\%$ dla temperatur powyżej 25°C). Pamięć urządzenia pozwala na rejestrację temperatury powietrza, wilgotności względnej powietrza i temperatury punktu rosy dla maksymalnie 24 tys. pojedynczych pomiarów. Częstotliwość pomiarowa urządzenia została ustalona na poziomie 60 min.

Dane dla punktu Svalbard-Lufthavn (ryc. 3) pozyskano z obserwacyjnych depesz meteorologicznych SYNOP prowadzonych na tej stacji. Pobrano je ze strony internetowej <ogimet.com>. Opracowanie wykonano dla 56 dni w terminie od 7 lipca do 31 sierpnia 2016 r., podczas letniej wyprawy UAM na Spitsbergen.

Porównanie przebiegu średnich godzinowych i dobowych wartości temperatury powietrza i wilgotności względnej przeprowadzono przy użyciu podstawowych metod statystycznych: średniej arytmetycznej odchylenia standardowego, współczynnika korelacji Pearsona i współczynnika determinacji. Dla



Ryc. 3. Otoczenie lotniska Svalbard-Lufthavn w kierunku Isfjordu (fot. S. Kendzierski)
Fig. 3. Surroundings of Svalbard-Lufthavn airport towards Isfjord (phot. S. Kendzierski)

pełniejszego zobrazowania zależności i różnic wyniki przedstawiono w postaci wykresów liniowych obrazujących przebieg badanych wartości. Średnie dobowe temperatury powietrza i wilgotności względnej obliczono metodą średniej rzeczywistej z uwzględnieniem 24 godzin obserwacyjnych.

WYNIKI BADAŃ

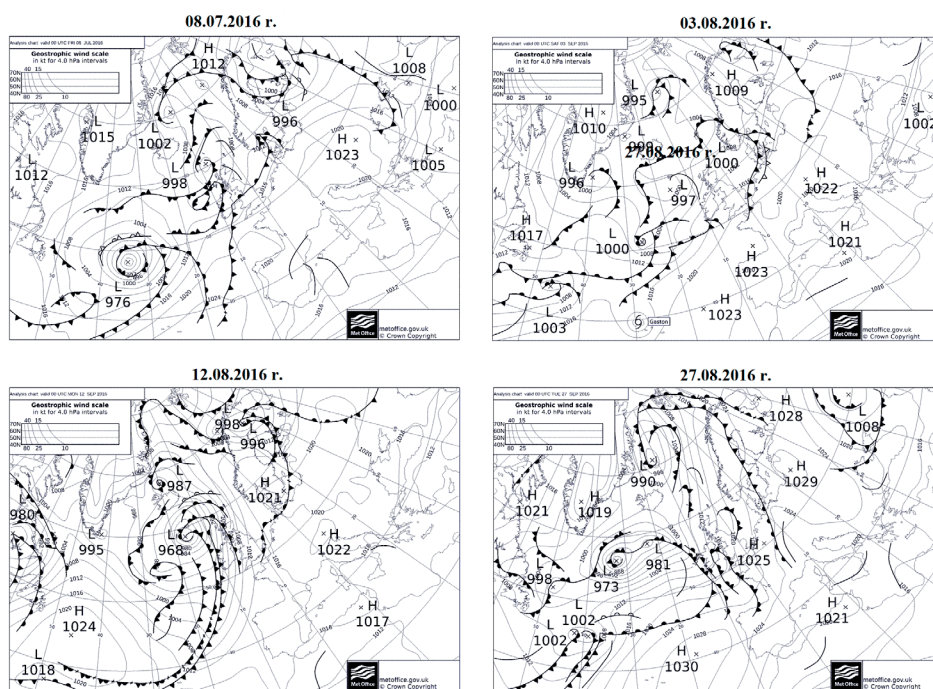
Temperatura powietrza

Dane dotyczą 1179 godzin pomiarowych. Najwyższą temperaturą godzinową zanotowaną w punkcie Petuniabukta była wartość $13,5^{\circ}\text{C}$, która wystąpiła 11 lipca o godzinie 17:00 UTC. Natomiast najniższą zanotowaną temperaturą godzinową była wartość $0,1^{\circ}\text{C}$ w dniu 26 sierpnia o godzinie 1:00 UTC. Najwyższa średnia dobowa temperatura powietrza wystąpiła 18 lipca i wynosiła $11,9^{\circ}\text{C}$. Najniższą średnią dobową temperaturę powietrza zanotowano 26 sierpnia, która wyniosła $1,5^{\circ}\text{C}$. Średnia miesięczna temperatura powietrza dla lipca wyniosła 9°C , a dla sierpnia $5,4^{\circ}\text{C}$.

Dla punktu pomiarowego Svalbard-Lufthavn najwyższa godzinowa temperatura powietrza wynosiła $13,4^{\circ}\text{C}$ i zanotowano ją 2 sierpnia o godzinie 14:00 UTC, najniższa zaś $0,3^{\circ}\text{C}$, odnotowana 24 sierpnia o godzinie 3:00 UTC oraz 30 sierpnia o godzinie 4:00 UTC. Najwyższa średnia dobowa temperatura powietrza wystąpiła 8 lipca ($11,3^{\circ}\text{C}$), najniższa zaś 26 sierpnia ($2,3^{\circ}\text{C}$). Średnia miesięczna temperatura dla punktu Svalbard-Lufthavn wynosiła $8,9^{\circ}\text{C}$ dla lipca oraz $5,8^{\circ}\text{C}$ dla sierpnia.

W pierwszych tygodniach okresu pomiarowego, do 20 lipca, temperatury

oscylowały w okolicach 10°C . Okres ten charakteryzował się pogodą o małym zachmurzeniu (zwłaszcza na początku lipca) i o małej prędkości wiatru. W tym czasie nad obszarem Svalbardu rozbudowały się ośrodki wysokiego ciśnienia i następowała adwekcja ciepłego powietrza z południa (ryc. 4). Od 20 lipca do końca miesiąca odnotowano pochmurną pogodę z opadami deszczu. Ponownie, za sprawą południowej cyrkulacji, na początku sierpnia temperatury przekroczyły 10°C , w tym czasie wystąpił jednodniowy okres bezwietrznej pogody radiacyjnej. Od 8 sierpnia, za sprawą przechodzących nad Svalbardem licznych frontów atmosferycznych, występowała pochmurna pogoda z częstymi opadami deszczu lub mżawki, pojawił się pierwszy opad śniegu na szczytach górskich. W połowie miesiąca, po okresie wietrznej pogody, nastąpiło kilkudniowe ocieplenie z umiarkowanym zachmurzeniem. W kolejnych dniach wystąpiły zmienne warunki atmosferyczne z okresami silnego wiatru i opadu śniegu. W omawianym czasie zauważa się występowanie podobnych trendów przebiegu temperatury w badanych punktach (ryc. 5). Na wykresie przedstawiającym przebieg temperatur w dwóch punktach pomiarowych (w szczególności

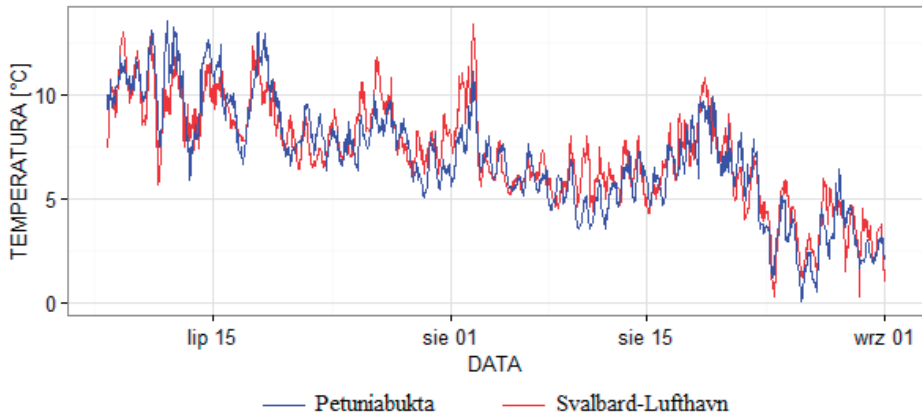


Ryc. 4. Mapy synoptyczne wybranych dni lipca i sierpnia 2016 r.

Na podstawie: <<http://old.wetterzentrale.de/>> ©Met Office.

Fig. 4. Synoptic maps for selected days of July and August 2016

Based on: <<http://old.wetterzentrale.de/>> ©Met Office.

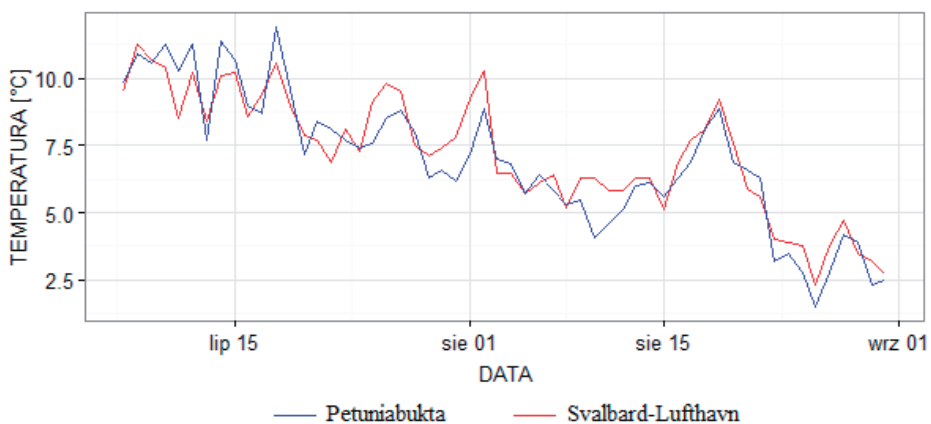


Ryc. 5. Przebieg temperatury powietrza w badanych punktach pomiarowych

Fig. 5. The course of the temperature on the analyzed measuring points

w pierwszych tygodniach miesiąca) zauważyć można nieznacznie wyższe wartości temperatury powietrza w lipcu w zatoce Petuniabukta niż w Longyearbyen, natomiast w sierpniu wystąpiła sytuacja odwrotna. Ma to swoje potwierdzenie w średniej miesięcznej temperaturze w poszczególnych miesiącach.

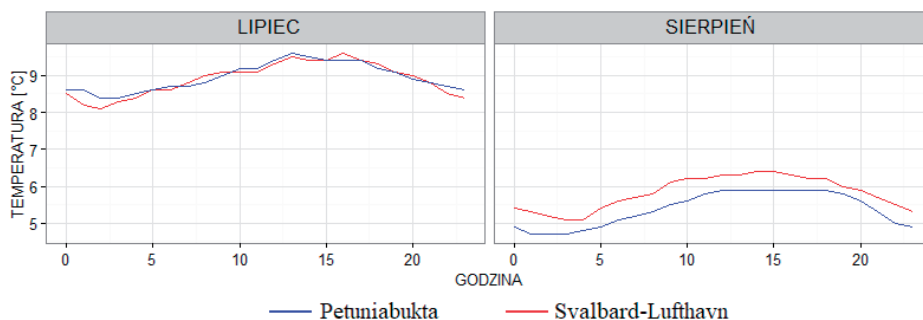
Przebieg średniej dobowej temperatury powietrza jest zróżnicowany w badanych punktach. Do 25 lipca zaznacza się występowanie wyższych wartości w zatoce Petuniabukta niż w Longyearbyen. Od 15 do 25 sierpnia obserwuje się podobny rozkład (ryc. 6). Różnice w przebiegu temperatury powietrza – poza czynnikami lokalnymi – wynikają z uwarunkowań cyrkulacyjnych i występującego w danym dniu typu pogody.



Ryc. 6. Przebieg średniej dobowej temperatury powietrza w badanych punktach pomiarowych

Fig. 6. The course of the daily average temperature on the analyzed measuring points

Średnia godzinowa temperatura powietrza w badanych punktach pomiarowych jest różna w poszczególnych miesiącach. W lipcu jej przebieg wykazuje podobieństwo, jednak w pierwszych godzinach doby niższa temperatura występuje w punkcie Svalbard-Lufthavn (ryc. 7). W sierpniu obserwuje się wyższą o $0,5^{\circ}\text{C}$ temperaturę dla Longyearbyen niż dla zatoki Petuniabukta. W lipcu najwyższą średnią godzinową temperaturę powietrza zanotowano o godzinie 16:00 UTC dla Longyearbyen ($9,6^{\circ}\text{C}$) i o 13:00 UTC dla Petuniabukta ($9,6^{\circ}\text{C}$). Natomiast najniższą temperaturę odnotowano o godzinie 2:00 UTC ($8,1^{\circ}\text{C}$ dla punktu pierwszego i $8,4^{\circ}\text{C}$ dla punktu drugiego). W sierpniu najwyższą średnią temperaturę obserwowano o godzinie 14:00 UTC ($6,4^{\circ}\text{C}$) dla punktu Svalbard-Lufthavn, a dla Petuniabukta w godzinach od 12:00 UTC do 16 UTC ($5,9^{\circ}\text{C}$). Dla pierwszego punktu najniższe temperatury odnotowano o godzinie 3:00 UTC i 4:00 UTC ($5,1^{\circ}\text{C}$), a dla drugiego punktu w godzinach od 1:00 UTC do 3:00 UTC ($4,7^{\circ}\text{C}$). Małe amplitudy średniej godzinowej temperatury powietrza wynikają z położenia punktów w strefie oddziaływania morza.

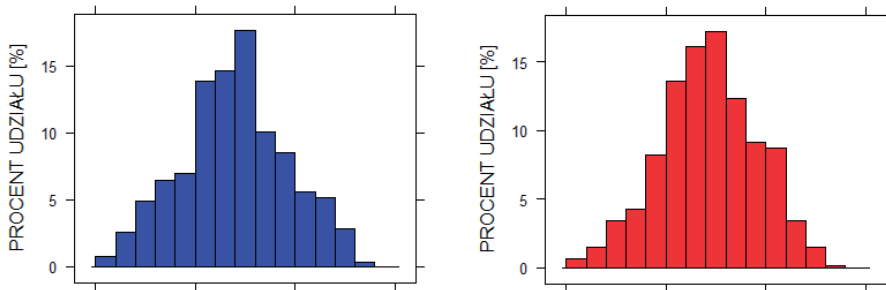


Ryc. 7. Przebieg średniej godzinowej temperatury powietrza w ciągu doby w poszczególnych miesiącach

Fig. 7. The course of the hourly average temperature on the analyzed measuring points

Z histogramu rozkładu częstości temperatury powietrza dla interwału $0,5^{\circ}\text{C}$ wynikają różnice w poszczególnych jej przedziałach. Stacja Svalbard-Lufthavn charakteryzuje się stopniowym rozkładem częstości obserwowanej temperatury, a dla punktu Petuniabukta widoczne jest większe zróżnicowanie przedziałów obserwowanej temperatury (ryc. 8). Dodatkowo w drugim punkcie zauważa się większy udział temperatur w przedziale powyżej 10°C .

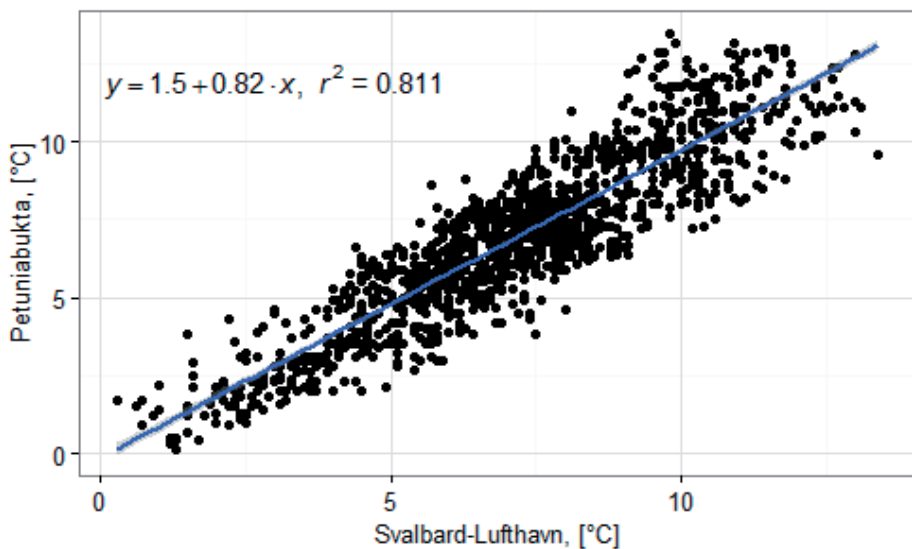
Temperatura powietrza na obu stacjach wykazuje silny związek określony współczynnikiem korelacji (ryc. 9). Współczynnik korelacji Pearsona dla badanych danych osiągnął wysoką wartość na poziomie 0,90. Współczynnik determinacji (r^2) wynosi 0,811, co oznacza dobre dopasowanie. Odchylenie standardowe dla pomiarów w Svalbard-Lufthavn wynosi $2,4^{\circ}\text{C}$, a dla Petuniabukta $2,7^{\circ}\text{C}$.



Ryc. 8. Histogram częstości temperatury powietrza w punktach Svalbard-Lufthavn i Petuniabukta

Fig. 8. Histogram of air temperature on measuring points Svalbard-Lufthavn and Petuniabukta

Rozkład temperatury jest więc uzależniony – poza uwarunkowaniami cyrkulacyjnymi – warunkami lokalnymi. Dla pierwszej stacji, położonej na otwartej przestrzeni, która jest wystawiona na oddziaływanie mas powietrza z kierunku Morza Grenlandzkiego do Isfjordu, zauważa się występowanie łagodniejszych przebiegów temperatury. Zatoka Petuniabukta zaś jest zlokalizowana w głębi lądu, otoczona wysokimi fiordami. Również w tym przypadku takie położenie skutkuje mniejszymi średnimi wartościami temperatury, obserwowanymi zwłaszcza w sierpniu.



Ryc. 9. Korelacja temperatury powietrza w punktach Svalbard-Lufthavn i Petuniabukta

Fig. 9. Correlation temperature between Svalbard-Lufthavn and Petuniabukta

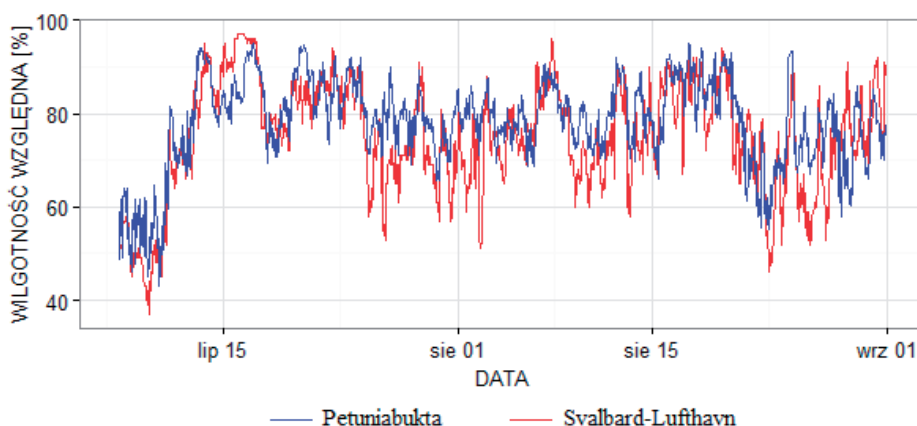
WILGOTNOŚĆ WZGLĘDNA POWIETRZA

Przebieg wilgotności względnej powietrza jest uwarunkowany wieloma czynnikami. W przypadku omawianych stacji największą istotność miał typ danej pogody, wpływający na jej wielkość.

W punkcie Petuniabukta najwyższą wartość godzinowej wilgotności względnej zaobserwowano 17 lipca (95%) między godziną 2:00 UTC a 5:00 UTC. Najniższą obserwowaną wartością było 43% 10 lipca o godzinie 8:00 UTC. Najwyższą średnią dobową wilgotność względną (92%) zanotowano 13 lipca, najmniejszą (54%) zaś 9 lipca. Dla punktu Petuniabukta najwyższe średnie wartości godzinowej wilgotności względnej obserwuje się o godzinie 2:00 UTC (82%), najmniejsze między 10:00 UTC a 13:00 UTC (76%). Średnia miesięczna wilgotność względna dla lipca i sierpnia wyniosła 78%.

Na stacji Svalbard-Lufthavn najwyższe wartości godzinowej wilgotności względnej zanotowano 16 lipca (97%) w godzinach od 2:00 UTC do 13:00 UTC. Najmniejszą natomiast 9 lipca o godzinie 14:00 UTC (37%). Najwyższą średnią dobową wilgotność względną powietrza zanotowano 16 lipca (96%), najmniejszą 9 lipca (45%). Najwyższa średnia godzinowa wartość wilgotności względnej (78%) przypada na godziny od 23:00 UTC do 4:00 UTC, najmniejsza (73%) natomiast na godziny od 9:00 UTC do 16:00 UTC. Średnia miesięczna wilgotność względna powietrza dla Svalbard-Lufthavn w lipcu i sierpniu wyniosła 75%.

Najwyższe wartości wilgotności były obserwowane podczas silnych opadów deszczu w okolicach 16 lipca, natomiast najmniejsze podczas występowania bezchmurnej i ciepłej pogody. Przebieg wilgotności względnej dla omawianych punktów przedstawiono na rycinie 10. Na początku badanego okresu zaznacza

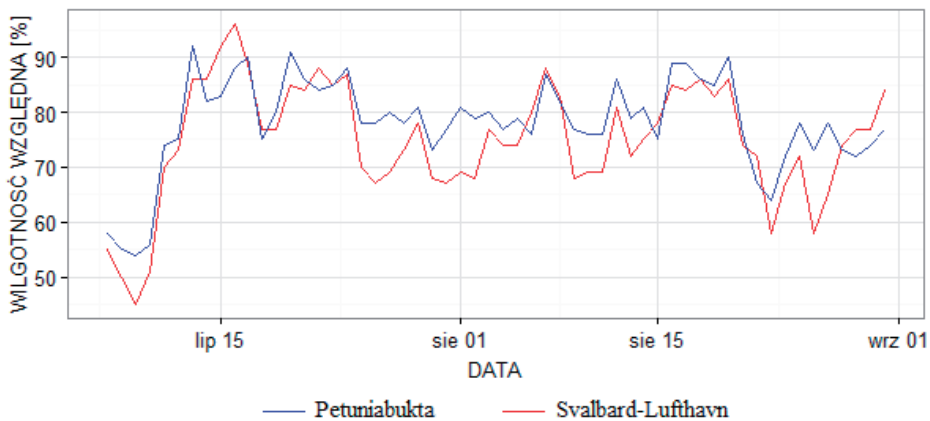


Ryc. 10. Przebieg wilgotności względnej powietrza w badanych punktach pomiarowych

Fig. 10. The course of the relative humidity on the analyzed measuring points

się występowanie niskich wartości wilgotności względnej podczas ciepłej i słonecznej pogody z małą prędkością wiatru (ryc. 4). Około 15 lipca nastąpiła zmiana pogody na deszczową. Od tego czasu obserwowano jedynie niższe wartości około 20 sierpnia. Na wykresie zaznacza się występowanie niższych wartości wilgotności względnej w Longyearbyen niż w zatoce Petuniabukta.

Występowanie niższej wilgotności względnej powietrza w stacji Svalbard-Lufthavn niż w Petuniabukta jest widoczne także w przypadku średnich dobowych jej wartości (ryc. 11). Położenie punktu Petuniabukta w bliskości dolin glacialnych oraz wód zatoki powoduje występowanie wyższych wartości wilgotności względnej. Wskaźnik ten wykazuje podobieństwo w obu punktach w okresach pogody ciepłej o małej prędkości wiatru oraz z małym i umiarkowanym zachmurzeniem.

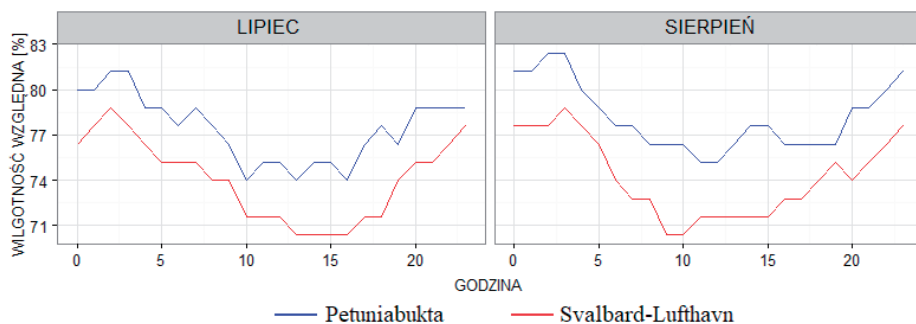


Ryc. 11. Przebieg dobowych wartości wilgotności względnej powietrza w badanych punktach pomiarowych

Fig. 11. The course of the daily average temperature on the analyzed measuring points

W przypadku średnich wartości godzinowych dla wilgotności względnej zaznacza się występowanie ich różnic w badanych punktach. Petuniabukta charakteryzuje się wyższymi wartościami (ryc. 12). W punkcie Svalbard-Lufthavn w lipcu obserwuje się najniższe jej wartości między godziną 14:00 UTC i 16:00 UTC, a w sierpniu o godzinie 10:00 UTC. Drugi punkt charakteryzuje się podobieństwem przebiegu w lipcu oraz sierpniu.

Z histogramu częstości dla wilgotności względnej wynikają wyraźne różnice w omawianych punktach. W przedziale wilgotności na poziomie do 65% większy udział częstości przypada na punkt w Svalbard-Lufthavn. Większość obserwowanych wartości wilgotności względnej w zatoce Petuniabukta mieści się w przedziale od 75% do 85% (ryc. 13).

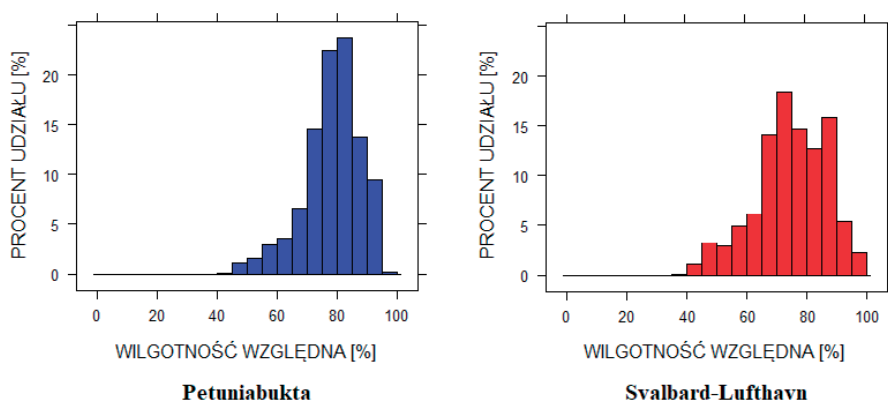


Ryc. 12. Przebieg godzinowych wartości wilgotności względnej powietrza w poszczególnych miesiącach

Fig. 12. The course of the hourly average relative humidity on the analyzed measuring points

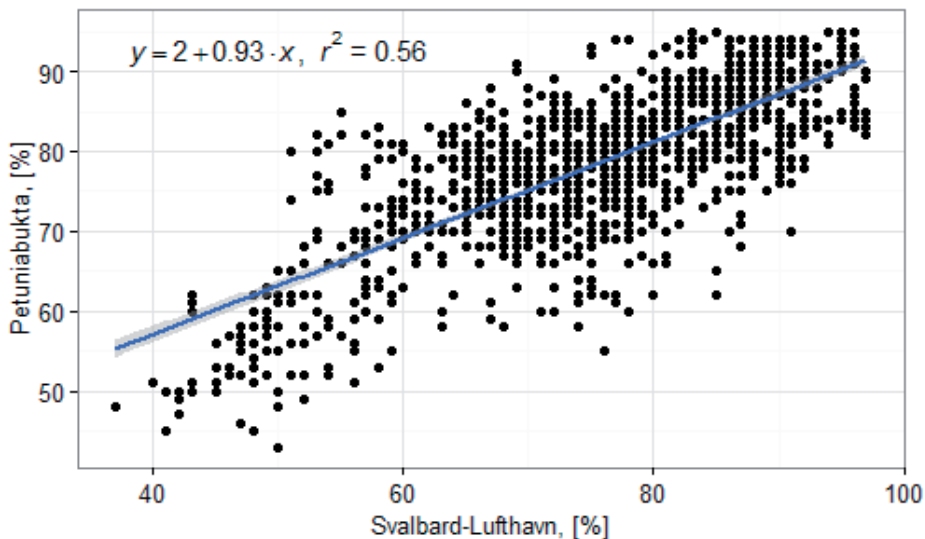
Rozkład korelacji wilgotności względnej dla badanych stacji przedstawiono na rycinie 14. Współczynnik korelacji Pearsona dla badanych danych osiągnął dosyć wysoką wartość 0,75. Współczynnik determinacji (r^2) wynosi 0,56, co oznacza słabe dopasowanie. Odchylenie standardowe dla pomiarów w Svalbard-Lufthavn wynosi 12%, a dla Petuniabukta 9,6%.

Różnice w przebiegu wilgotności względnej powietrza w badanych punktach są uwarunkowane (poza warunkami lokalnymi) cyrkulacją atmosferyczną. Podczas cieplej pogody z małym zachmurzeniem różnice między badanymi punktami były małe. Natomiast podczas pogody chłodnej z dużym zachmurzeniem obserwuje się nieznaczne różnice w przebiegu wartości wilgotności względnej. W tym przypadku większą rolę odgrywa położenie punktów. Zatoka Petuniabukta (ze względu na lokalizację) odznacza się większą średnią wilgotnością



Ryc. 13. Histogram częstości wilgotności względnej powietrza w punktach Svalbard-Lufthavn i Petuniabukta

Fig. 13. Histogram of relative humidity on measuring points Svalbard-Lufthavn and Petuniabukta



Ryc. 14. Korelacja wilgotności względnej powietrza w punktach Svalbard-Lufthavn i Petuniabukta

Fig. 14. Correlation temperature between Svalbard-Lufthavn and Petuniabukta

względna niż obszar w Longyearbyen. Spowodowane jest to obecnością osłaniających wysokich masywów skalnych, z wyłączeniem otwartego sektora południowego, gdzie zaznacza się zwiększenie wilgotności powietrza w zatoce Petuniabukta.

PODSUMOWANIE

Z analizy porównawczej przebiegu temperatury powietrza oraz wilgotności względnej przeprowadzonej dla stacji UAM Petuniabukta i stacji meteorologicznej Svalbard-Lufthavn nie wynikają znaczące różnice między badanymi punktami. Korelacja wyników wykazała wysoki związek badanych zmiennych. Jedynie w przypadku wilgotności względnej współczynnik determinacji osiągnął słabe dopasowanie. W lipcu i sierpniu 2016 r. punkt Petuniabukta był chłodniejszy o $0,2^{\circ}\text{C}$ niż Svalbard-Lufthavn. Najwyższe różnice między punktami wystąpiły podczas dużej wilgotności względnej. Punkt w Zatoce Petuniabukta charakteryzuje się większą o 3% średnią wilgotnością względną. Wyższą średnią wilgotność powietrza w tym punkcie determinuje jego położenie w obszarze fiordu oraz fakt swobodnego przepływu powietrza na linii północ-południe, zwłaszcza od południowej strony Isfjordu. Okres o względnie wysokiej temperaturze powietrza odznaczał się spadkiem wilgotności względnej oraz małymi różnicami między punktami dla temperatury powietrza i wilgotności względnej.

Wcześniejsze badania porównawcze tego obszaru potwierdzają wskazaną różnicę temperatury między punktami (Rachlewicz 2007). Z prowadzonych w latach 2001–2003 badań dla wschodniej części zatoki Petuniabukta (posterunek Skottehytta) w lipcu i sierpniu wynikają różnice średniej temperatury miesięcznej między Svalbard-Lufthavn na poziomie 1°C. Brak porównania warunków wilgotnościowych między tymi obszarami. Szczegółową informację na temat różnic wykazałaby dłuższa seria pomiarowa, zwłaszcza podczas sezonu zimowego.

LITERATURA

- Bednorz E., Kolendowicz L., 2010: *Summer 2009 thermal and bioclimatic conditions in Ebba Valley, central Spitsbergen*, Pol. Polar Res., 31(4), 327–348.
- Bednorz E., Kolendowicz L., Szpikowski J., Małecki J., 2014: *Variability of Summer meteorological and biometeorological conditions in the Ebba Valley region (central Spitsbergen)*, Bad. Fizjograf. – Ser. A, 7–21.
- Láska K., Chláková Z., Ambrožová K., Husák J., 2013: *Cloudiness and weather variation in central Svalbard in July 2013 as related to atmospheric circulation*, Czech Polar Rep., 3, 184–195.
- Láska K., Witoszová D., Prošek P., 2012: *Weather patterns of the coastal zone of Petuniabukta, central Spitsbergen in the period 2008–2010*, Pol. Polar Res., 33(4), 297–318.
- Małecki J., 2015: *Glacio-meteorology of Ebbabreen, Dickson Land, central Svalbard, during 2008–2010 melt seasons*, Pol. Polar Res., 36(2), 145–161.
- Rachlewicz G., 2003: *Warunki meteorologiczne w zatoce Petunia (Spitsbergen środkowy) w sezonach letnich 2000 i 2001*, Prob. Klimatol. Polarnej, 13, 127–138.
- Rachlewicz G., Styszyńska A., 2007: *Porównanie przebiegu temperatury powietrza w Petuniabukta i Svalbard-Lufthavn (Isfjord, Spitsbergen) w latach 2001–2003*, Prob. Klimatol. Polarnej, 17, 121–134.