

WPŁYW CYRKULACJI ATMOSFERY NA WYSTĘPOWANIE DNI MROŹNYCH W HORNSUNDZIE (SPITSBERGEN)

THE INFLUENCE OF THE ATMOSPHERIC CIRCULATION ON THE OCCURRENCE OF ICE DAYS IN HORNSUND (SPITSBERGEN)

Tadeusz Niedźwiedź, Ewa Łupikasza, Łukasz Małarzewski

Uniwersytet Śląski, Wydział Nauk o Ziemi, Katedra Klimatologii
ul. Będzińska 60, 41-200 Sosnowiec
tadeusz.niedzwiedz@us.edu.pl

Zarys treści. Dni mroźne, definiowane jako dni z $T_{\max} < 0^{\circ}\text{C}$ są jednym z termicznych wskaźników współczesnych zmian klimatu. Celem artykułu jest określenie wieloletnich zmian częstości występowania dni mroźnych w Hornsundzie oraz określenie relacji pomiędzy ich występowaniem i cyrkulacją atmosfery. Badania przeprowadzono na podstawie dostępnych danych dobowej maksymalnej temperatury powietrza (26.07.1957-16.08.1958 MRG; 4.07.1978-29.02.2012).

Średnio w Hornsundzie notuje się 183 dni mroźnych w roku. Najczęściej pojawiają się one w marcu, zaś w ogóle nie występują w lipcu i sierpniu. W badanym okresie częstość występowania dni mroźnych istotnie malała w maju, czerwcu i grudniu. Tendencja spadkowa dotyczy również rocznych wartości liczby dni mroźnych. Sezonowe zróżnicowanie relacji pomiędzy częstością występowania dni mroźnych a cyrkulacją atmosfery jest słabsze niż w przypadku dni z przejściem temperatury przez próg 0°C . W większości miesięcy największym prawdopodobieństwem ich wystąpienia charakteryzują się typy antycyklonalne: Na, NEa, Ea, NWA oraz Ca i Ka. Występowaniu dni mroźnych nie sprzyja adwekcja ciepłego powietrza z południa.

Słowa kluczowe: dni mroźne, cyrkulacja atmosfery, Spitsbergen, Hornsund.

1. Wstęp

Dni mroźne, podczas których temperatura maksymalna nie wzrasta powyżej progu 0°C , zaliczane są do dni charakterystycznych pod względem termicznym. W terminologii angielskiej noszą nazwę „ice days” (m.in. Glickman 2000). Częstość ich występowania w ciągu roku zależy od lokalizacji geograficznej. Na południowych obrzeżach Europy, charakteryzujących się stosunkowo łagodnymi warunkami termicznymi, dni mroźne zdarzają się stosunkowo rzadko. Na Spitsbergenie, gdzie średnia miesięczna temperatura powietrza przekracza 0°C tylko podczas 4 miesięcy w roku, dni mroźne nie należą do wyjątkowych zdarzeń meteorologicznych. Niezależnie od lokalizacji geograficznej, efektem obserwowanej współcześnie wzrostowej tendencji temperatury powietrza w atlantyckim sektorze Arktyki, w tym w Hornsundzie (Wielbińska 1992, Kierzkowski 1996, Marsz i Styszyńska 2007, Przybylak 2007), powinien zaznaczać się spadkowy trend występowania dni mroźnych. Niniejsze opracowanie jest kolejnym krokiem poczynionym przez zespół autorski, w kierunku rozpoznania wieloletnich zmian

częstości występowania dni charakterystycznych pod względem termicznym oraz związku ich występowania z cyrkulacją atmosfery w Hornsundzie.

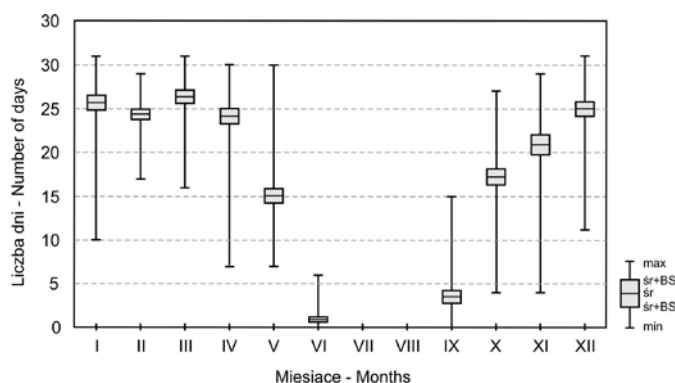
2. Dane i metody

Dni mroźne wyselekcjonowano na podstawie dobowej maksymalnej temperatury powietrza ($T_{max} < 0^{\circ}\text{C}$) (Niedźwiedź 2003). Materiał liczbowy wykorzystany w opracowaniu stanowią wyniki pomiarów temperatury powietrza na Stacji Naukowej Instytutu Geofizyki PAN, zlokalizowanej w południowo-zachodniej części Spitsbergenu na terenie morskiej fiordu Hornsund, położonej na wysokości 11 m n.p.m. Współrzędne stacji są następujące: $\varphi = 77^{\circ}00'N$, $\lambda = 15^{\circ}33'E$. Wykorzystano wszystkie dostępne dane opublikowane zarówno w Biuletynach IMGW (Miętuś 2000-2001) jak też Instytutu Geofizyki PAN, w tym w biuletynach elektronicznych (Institute of Geophysics 2001, 2003, Instytut Geofizyki PAN, 2009-2012), łącznie z najstarszymi pomiarami w okresie Międzynarodowego Roku Geofizycznego (26.07.1957-16.08.1958 MRG; 4.07.1978-29.02.2012).

Analogicznie jak w przypadku dni z przejściem temperatury przez 0°C (Łupikasa i in. 2012), obliczono podstawowe charakterystyki statystyczne występowania dni mroźnych w poszczególnych miesiącach. Zbadano zmienność tych dni w okresie 1978-2011 oraz obliczono ich trendy liniowe dopasowane metodą najmniejszych kwadratów. Statystyczną istotność trendów oszacowano testem t. Przeprowadzono synoptyczno-klimatyczną analizę liczby dni mroźnych poprzez obliczenie prawdopodobieństwa warunkowego ich występowania w typach cyrkulacji, wykorzystując katalog T. Niedźwiedzia (2012). Te ostatnie obliczenia wykonano dla pełnego zbioru danych z uwzględnieniem MRG.

3. Przebieg roczny występowania dni mroźnych

W Hornsundzie średnio w roku notuje się 183 dni mroźne. W rozpatrywanym wieloleciu częstość ich występowania w roku kalendarzowym (I-XII) zmieniała się od 139 dni w 2006 do 220 dni w 1988 roku. Do szczególnych zalicza się również rok 1984, kiedy roczna liczba dni mroźnych wynosiła 144 dni oraz rok 1979, kiedy odnotowano aż 219 takich dni. Przeprowadzone wcześniej przez Z. Ustrnula (1987) badania częstości występowania dni mroźnych w Hornsundzie wykazały wyższą niż w niniejszej pracy średnią roczną ich liczbę (190 dni) w latach 1978-1986. Średnia liczba dni mroźnych w okresie ich występowania, to jest od września do czerwca, wynosi 184 dni, z maksimum 228 dni w sezonie 1978/1979 i minimum 126 dni w sezonie 2005/2006. Pierwsze dni, w których temperatura powietrza nie podnosi się powyżej 0°C w Hornsundzie pojawiają się już we wrześniu (średnio 4 dni z maksimum 15 dni w 1983 roku), a ostatnie w czerwcu (średnio 1 dzień, z maksimum osiągającym 6 dni w 1983 r.). Od października do maja dni mroźne zdarzają się co najmniej piętnastokrotnie w miesiącu, a od grudnia do marca stanowią już ponad 80% dni w miesiącu. Najczęściej występują w marcu, zaś w ogóle nie pojawiają się w lipcu i sierpniu, co oznacza, że w miesiącach tych dobową temperaturę maksymalną nie spada poniżej 0°C . Średnia miesięczna liczba dni mroźnych szybko maleje od marca do czerwca i równie szybko wzrasta od września do października (ryc. 1). W Hornsundzie, zróżnicowany w przebiegu rocznym jest również zakres zmian miesięcznej liczby dni mroźnych, który w grudniu osiąga 20 dni, w styczniu, kwietniu, maju i w październiku przekracza 20 dni, zaś największy jest w listopadzie (25 dni).



Ryc. 1. Przebieg roczny liczby dni mroźnych ($T_{max} < 0^{\circ}\text{C}$) w Hornsundzie w okresie 1979-2011 (śr – średnia; śr+BS – średnia + błąd standardowy; min – minimum; max – maksimum)

Fig. 1. Annual course of the number of ice days ($T_{max} < 0^{\circ}\text{C}$) in Hornsund in the period 1979-2011 (śr – average; śr+BS – average + standard error; min – minimum; max – maximum).

4. Wieloletni przebieg występowania dni mroźnych w Hornsundzie

W rozpatrywanym wieloleciu częstość występowania dni mroźnych w Hornsundzie istotnie malała w maju, czerwcu oraz grudniu (tab. 1). Najistotniejszym z punktu widzenia statystyki jest trend spadkowy liczby dni mroźnych w maju, rzędu $-2,2$ dni/10 lat. Miesiąc ten charakteryzuje się zbliżoną do 0°C średnią maksymalną temperaturą powietrza, która w badanym wieloleciu istotnie wzrastała o $0,6^{\circ}\text{C}/10$ lat (tab. 1). Wielkość spadkowej tendencji liczby dni mroźnych w czerwcu osiąga $-0,7$ dnia/10 lat, z kolei w grudniu $-1,9$ dni na 10 lat. Istotne spadkowe trendy występowania dni mroźnych w wymienionych miesiącach oraz nieistotne lecz również spadkowe tendencje wskaźnika w styczniu, kwietniu oraz od września do listopada skutkują statystycznie istotną zmianą rocznej liczby dni mroźnych, która w Hornsundzie spadała o około 11 dni na każde 10 lat (tab. 1, ryc. 2). Częstość dni mroźnych istotnie maleje również w okresie ich występowania (wrzesień-czerwiec) o około 6 dni na 10 lat ($p=0,045$). We wszystkich okresach charakteryzujących się istotnym spadkiem częstości występowania dni mroźnych obserwuje się statystycznie istotne trendy wzrostowe średniej maksymalnej temperatury powietrza. Wspomniane trendy wraz z informacją na temat zmian liczby dni z przejściem temperatury powietrza przez 0°C w Hornsundzie zamieszczono w tabeli 1. Częstość występowania dni mroźnych w Hornsundzie podlega istotniejszym zmianom niż liczba dni z przejściem temperatury przez 0°C .

W przebiegu wieloletnim liczby dni mroźnych w niektórych miesiącach zaznaczają się godne uwagi cechy charakterystyczne, które pomija analiza tendencji ogólnych (ryc. 3). W styczniu, wyznaczony dla całego wielolecia trend wskazuje na nieistotny spadek liczby dni mroźnych lecz tendencja ta w okresie krótszym, obejmującym lata 1993-2010, była statystycznie istotna na poziomie $p=0,043$. Wówczas wielkość trendu liniowego osiągnęła $-5,2$ dni na 10 lat. Silną tendencję spadkową liczby dni mroźnych ($-17,5$ dnia/10 lat), statystycznie istotną na poziomie $p=0,0006$, zauważa się również w kwietniu w okresie od 1996 r. do 2006 r. W maju, oprócz stwierdzonej istotnej tendencji malejącej liczby dni mroźnych, wyraźne są również trendy krótkookresowe: malejący w 7-leciu 1983-1989 i 14-leciu 1998-2011 ($-7,7$ dnia na 10 lat, $p=0,001$) oraz wzrostowy przypadający na lata pośrednie (1990-1997). W czerwcu, kiedy dni mroźne zdarzają się rzadko, w ciągu ostatnich dziesięciu lat, tj. od 2002 roku wystąpił tylko jeden

taki dzień, co miało miejsce w 2008 r. Do charakterystycznych zalicza się październik 2000 r, który wyróżnia się minimalną liczbą dni mroźnych oraz dzieli je na dwa okresy charakteryzujące się różnym zakresem zmian wartości wskaźnika: 1979-1999 (zakres zmian 17 dni, wartość maksymalna 27 w latach 1988 i 1994) oraz 2001-2011 (zakres zmian 11 dni, wartość maksymalna 20 dni w roku 2008). W listopadzie od 1994 roku liczba dni mroźnych spada, przy czym tendencję tę zacierają wysokie wartości wskaźnika w latach 2004 (27 dni), 2008 (27 dni) i 2010 (28 dni) – ryc. 3.

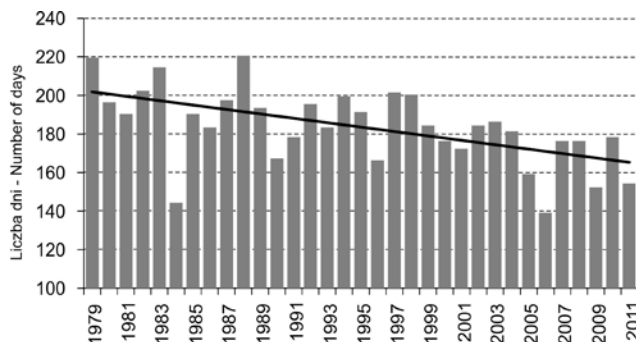
Tabela 1. Tendencje liczby dni mroźnych, liczby dni przejściem temperatury przez 0°C ($T_{min}<0^{\circ}C$ i $T_{max}>0^{\circ}C$) i średniej maksymalnej temperatury powietrza (T) w Hornsundzie w okresie 1979-2011

Table 1. Trends in the number of ice days ($T_{max}<0^{\circ}C$), in the number of days with freeze-thaw events ($T_{min}<0^{\circ}C$ and $T_{max}>0^{\circ}C$) and in average maximum air temperatures in Hornsund in the period 1979-2011.

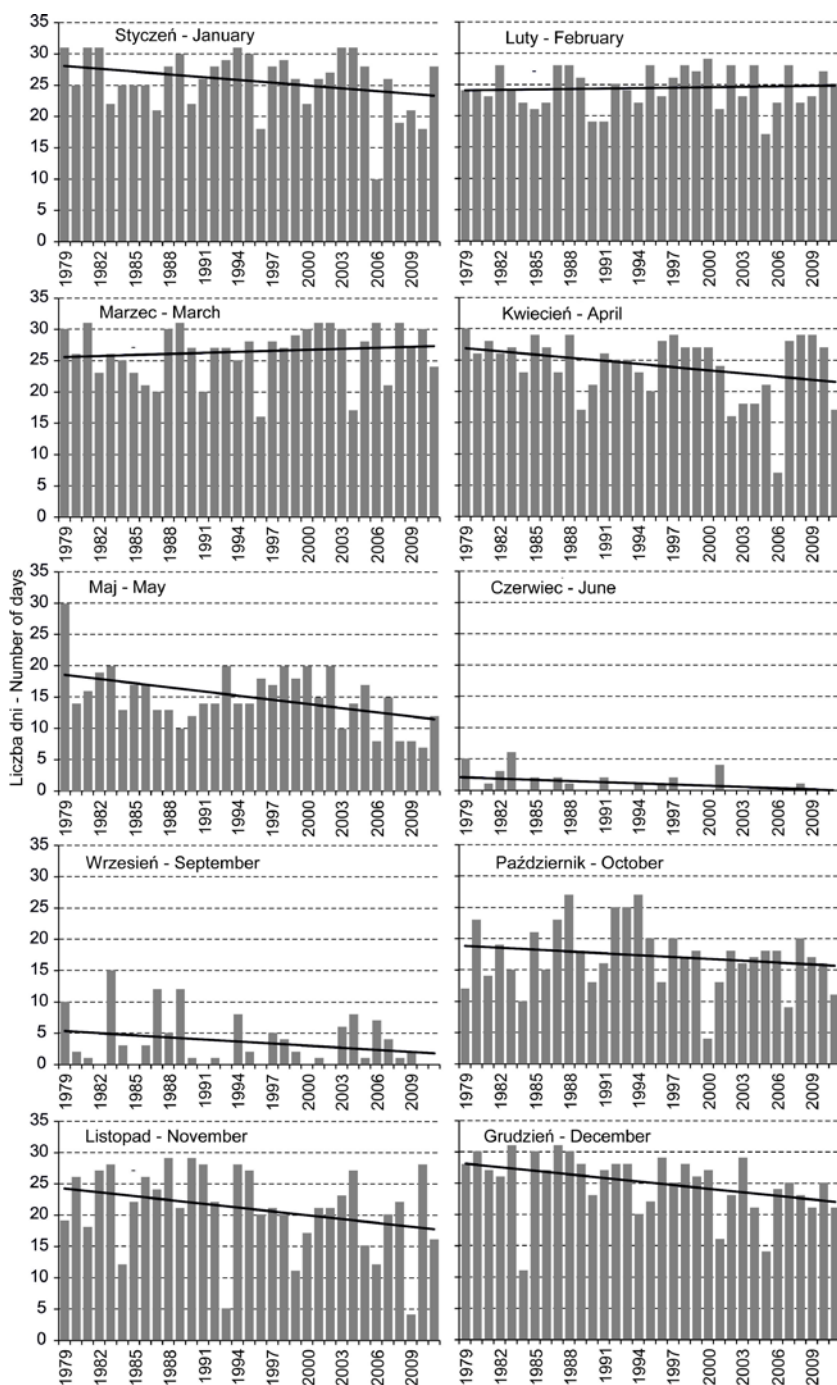
Miesiąc Month	Trend liczby dni mroźnych Trends in number of ice days ($T_{max}<0^{\circ}C$)		Trendy liczby dni z $T_{min}<0^{\circ}C$ i $T_{max}>0^{\circ}C$ Trends in the number of days with freeze-thaw events		Temperatura średnia maksymalna miesięczna Mean monthly maximum air temperature [$^{\circ}C$]	
	Ld/10 lat Ld/10 years	p	Ld/10 lat Ld/10 years	p	Tmax	Tmax/10 lat Tmax/10 years
I	-1,5	0,094	+1,2	0,126	-7,8	+1,4*
II	+0,2	0,687	-0,4	0,481	-7,7	+0,9
III	+0,5	0,492	-0,4	0,533	-7,7	0,0
IV	-1,7	0,073	+1,4	0,055	-5,5	+1,0*
V	-2,2	0,007	+1,3	0,078	-0,5	+0,6*
VI	-0,7	0,009	-2,3	0,014	+3,8	+0,4*
VII	-	-	-	-	+6,5	+0,1
VIII	-	-	-0,4	0,291	+6,0	+0,2
IX	-1,1	0,1373	-0,9	0,219	+3,3	+0,5
X	-1,0	0,304	+0,8	0,242	-1,2	+0,6
XI	-2,0	0,092	+1,3	0,160	-3,9	+1,5*
XII	-1,9	0,027	+1,6	0,018	-6,6	+2,1*
rok	-11,4	0,0007	+3,2	0,110	-1,8	+0,8*

Pogrubione wartości oznaczają tendencje statystycznie istotne. Ld – liczba dni, p – poziom istotności statystycznej, * statystycznie istotne trendy temperatury powietrza na poziomie 0,05

Bolded values mean that trends are statistically significant. Ld – number of days, p – level of statistical significance, * statistically significant trends at 0,05 level.



Ryc. 2. Wieloletni przebieg rocznej liczby dni mroźnych ($T_{max}<0^{\circ}C$) w Hornsundzie w okresie 1979-2011
Fig. 2. Long-term course of the annual number of ice days ($T_{max}<0^{\circ}C$) in Hornsund in the period 1979-2011.

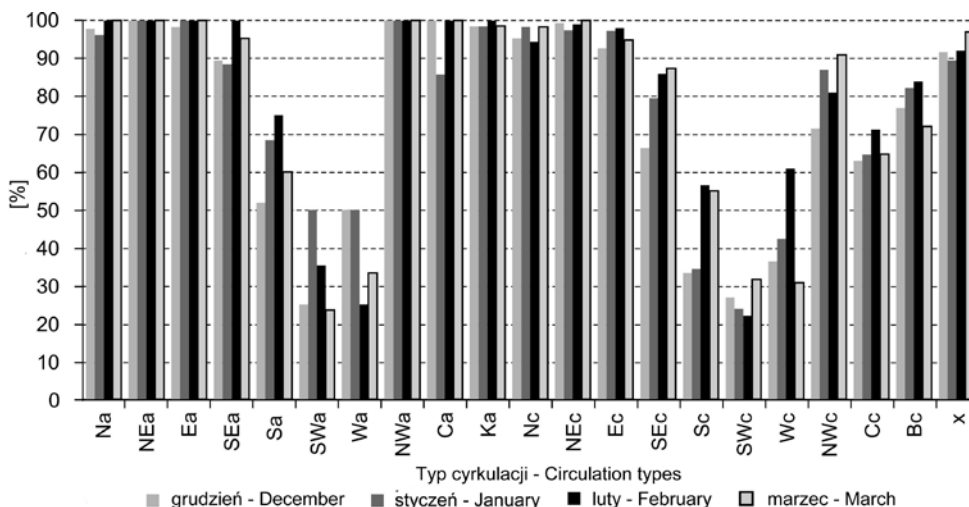


Ryc. 3. Wieloletni przebieg miesięcznej liczby dni mroźnych ($T_{max} < 0^{\circ}C$) w Hornsundzie w okresie 1979-2011. Wartości trendów oraz ich statystyczna istotność podane są w tabeli 1

Fig. 3. Long-term course of the monthly number of ice days ($T_{max} < 0^{\circ}C$) in Hornsund in the period 1979-2011 (the trends' magnitude and statistical significance are given in the table 1.

5. Wpływ cyrkulacji atmosfery na występowanie dni mroźnych

W Hornsundzie dni mroźne pojawiają się najczęściej podczas napływu powietrza z kierunków N, NE, E, NW przy sytuacji wyżowej. Od listopada do marca prawdopodobieństwo ich wystąpienia w typach Na, NEa i Ea nie spada poniżej 97% (ryc. 4 i 5). W wymienionych miesiącach, wszystkie dni z typem NWa (z wyjątkiem listopada) i Ca (z wyjątkiem stycznia) są mroźne (tab. 2). Zimą wymienione kierunki napływu powietrza, a szczególnie N, NE i E, sprzyjają pojawianiu się dni mroźnych także podczas występowania układu niżowego (ryc. 4, tab. 2). Stosunkowo dużym prawdopodobieństwem wystąpienia dni mroźnych w zimie charakteryzuje się również antycyklonalny typ SEa (od 88% w styczniu do 100% w lutym). W zimie, przy układzie cyklonalnym, prawdopodobieństwo wystąpienia dni mroźnych podczas napływu powietrza z południowego wschodu (XII: 66%, I: 79%, II: 86%, III: 87%) jest podobne jak przy napływie powietrza z północnego zachodu (XII: 71%, I: 87%, II: 81%, III: 91%). Zarówno w układach cyklonalnych jak i antycyklonalnych najmniejszym prawdopodobieństwem wystąpienia dni mroźnych charakteryzują się sytuacje z napływem ciepłego powietrza z SW (wyż: 24-50%, niż: 22-32%) oraz W (wyż: 25-50%, niż: 31-61%) i S (wyż: 52-75%, niż: 33-56%) – ryc. 4, tab. 2.

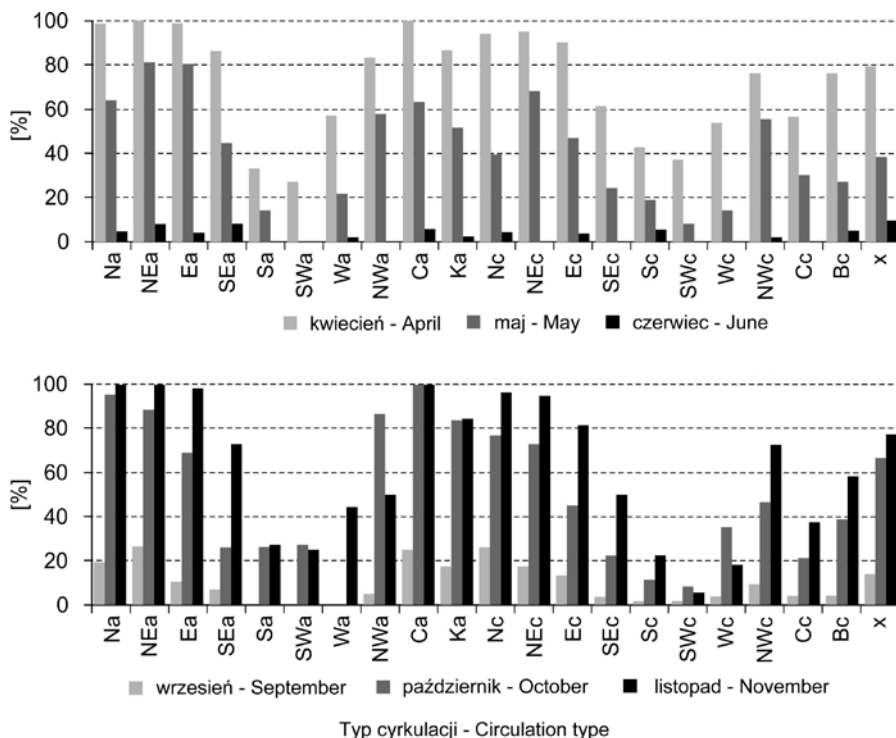


Ryc. 4. Prawdopodobieństwo warunkowe [%] występowania dni mroźnych ($T_{max} < 0^{\circ}\text{C}$) w typach cyrkulacji w miesiącach zimowych (grudzień, styczeń, luty, marzec)

Fig. 4. Conditional probability [%] of the ice days ($T_{max} < 0^{\circ}\text{C}$) in circulation types in winter months (December, January, February, March).

W kwietniu zależności pomiędzy występowaniem dni mroźnych i cyrkulacją atmosfery nawiązują do relacji obserwowanych w zimie, przy czym prawdopodobieństwo wystąpienia takich dni w typach najbardziej im sprzyjającym jest w kwietniu niższe (ryc. 4 i 5). W maju dni mroźne stanowią ponad 80% dni z typem NEa i tyleż samo z typem Ea. Wysokim, przekraczającym 60%, prawdopodobieństwem dni z temperaturą maksymalną $< 0^{\circ}\text{C}$ charakteryzują się wyżowe typy Na (64%) i Ca (63%) oraz niżowy typ NEc (68%). W maju badane dni w ogóle nie pojawiają się w sytuacji SWa. W czerwcu najwyższe prawdopodobieństwo dni mroźnych charakteryzuje typy NEa (9%) i SEa (8%), a w przypadku pozo-

stałych typów nie osiąga 6% (ryc. 5, tab. 2). W miesiącu tym temperatura maksymalna nie spada poniżej 0°C w trzech typach antycyklonalnych (Sa, SWa, NWa) i aż w pięciu typach cyklonalnych (NEc, SEc, SWc, Wc, Cc).



Ryc. 5. Prawdopodobieństwo warunkowe [%] występowania dni mroźnych ($T_{max} < 0^{\circ}\text{C}$) w typach cyrkulacji na wiosnę (kwiecień, maj, czerwiec) i jesienią (wrzesień, październik, listopad)

Fig. 5. Conditional probability [%] of the ice days ($T_{max} < 0^{\circ}\text{C}$) in circulation types in spring (April, May, June) and in autumn (September, October, November).

We wrześniu szansa wystąpienia dni mroźnych osiąga lub nieznacznie przekracza 25% tylko w 3 typach cyrkulacji (NEa: 27%, Nc: 26%, Ca: 25%), a w pozostałych jest jeszcze niższa (tab. 2). W miesiącu tym stosunkowo łagodne warunki termiczne związane są z typami Sa, SWa i Wa, w których to dni mroźne w ogóle nie występują. W październiku tylko jeden typ antycyklonalny Ca gwarantuje spadek temperatury maksymalnej poniżej 0°C, na co wskazuje 100% prawdopodobieństwo wystąpienia dni mroźnych. Ponadto dni mroźne stanowią zdecydowaną większość dni z typem Na (96%) i z typem NEa (89%). Rozłożenie prawdopodobieństwa wystąpienia dni mroźnych w pozostałych typach cyrkulacji w październiku, w ogólnych zarysach nawiązuje do sytuacji obserwowanej zimą (ryc. 5).

6. Podsumowanie i wnioski

Dni mroźne, definiowane jako dni z $T_{max} < 0^{\circ}\text{C}$, podobnie jak inne dni charakterystyczne są wskaźnikiem zmian klimatu, współcześnie przejawiających się przede wszystkim wzrostem temperatury

powietrza. Szerokość geograficzna, na której zlokalizowany jest Hornsund powoduje, że dni mroźne pojawiają się tam stosunkowo często. Średnio w roku notuje się około 183 takich dni. W rozpatrywanym wieloleciu roczna liczba dni mroźnych zmieniła się od 139 dni w 2006 r do 220 w 1988 r. Dni mroźne najczęściej notowane są w marcu, a w ogóle nie pojawiają się w lipcu i sierpniu. Częstość występowania dni mroźnych w Hornsundzie w badanym wieloleciu zmieniła się istotnie w maju, w czerwcu oraz w grudniu. We wszystkich wymienionych miesiącach odnotowano spadek liczby badanych dni o odpowiednio: -2,2 dnia na 10 lat, -0,7 dnia na 10 lat i -1,9 dnia na 10 lat. Statystycznie najistotniejsze zmiany zachodziły w maju. Istotny trend spadkowy dotyczy również rocznej liczby dni mroźnych (-11,4 dni na 10 lat). W ciągu 34 lat nastąpiło obniżenie rocznej liczby dni mroźnych od ok. 200 do 165 dni. Tendencje spadkową częstości występowania tych dni w Hornsundzie potwierdza wyższa, niż wykazana w niniejszym opracowaniu, wartość średniej rocznej wartości wskaźnika (190 dni), obliczona przez Z. Ustrnula (1987) na podstawie danych z okresu 1978-1986.

Tabela 2. Prawdopodobieństwo warunkowe [%] wystąpienia dni mroźnych ($T_{max} < 0^{\circ}C$) w typach cyrkulacji
Table 2. Conditional probability [%] of ice days ($T_{max} < 0^{\circ}C$) in circulation types

Typ Type	Miesiące – Months											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Na	96,2	100	100	98,6	64,0	4,8	0	0	19,4	95,6	100	97,8
NEa	100	100	100	100	81,3	8,8	0	0	26,7	88,7	100	100
Ea	100	100	100	98,8	80,4	4,2	0	0	10,5	69,1	98,3	98,2
SEa	88,5	100	95,2	86,3	44,7	8,3	0	0	6,9	26,1	73,1	89,5
Sa	68,4	75,0	60,0	33,3	14,3	0,0	0	0	0,0	26,3	27,3	51,9
SWa	50,0	35,3	23,5	27,3	0,0	0,0	0	0	0,0	27,3	25,0	25,0
Wa	50,0	25,0	33,0	57,1	21,9	2,1	0	0	0,0	0,0	44,4	50,0
NWa	100	100	100	83,3	57,9	0,0	0	0	5,0	86,7	50,0	100
Ca	85,7	100	100	100	63,3	5,9	0	0	25,0	100	100	100
Ka	98,4	100	98,6	86,7	51,7	2,5	0	0	17,5	83,9	84,6	98,4
Nc	98,3	94,3	98,3	94,0	39,6	4,5	0	0	26,1	76,9	96,6	95,2
NEc	97,4	99,0	100	95,1	68,2	0,0	0	0	17,5	73,1	95,0	99,3
Ec	97,3	98,0	94,8	90,2	47,0	3,9	0	0	13,5	45,1	81,6	92,7
SEc	79,4	85,9	87,4	61,3	24,4	0,0	0	0	3,6	22,5	50,0	66,3
Sc	34,4	56,5	55,0	42,9	19,0	5,6	0	0	1,7	11,4	22,6	33,3
SWc	23,9	22,0	31,7	37,2	8,3	0,0	0	0	1,8	8,3	5,7	26,8
Wc	42,3	60,9	30,8	53,8	14,3	0,0	0	0	3,8	35,3	18,2	36,4
NWc	87,0	81,0	90,9	76,2	55,6	2,1	0	0	9,4	46,7	72,7	71,4
Cc	64,6	71,2	64,7	56,7	30,2	0,0	0	0	4,2	21,3	37,5	62,9
Bc	82,2	83,9	72,0	76,2	27,3	5,2	0	0	4,3	38,9	58,4	76,9
x	89,5	92,0	97,0	79,3	38,2	9,7	0	0	14,0	66,7	77,5	91,7

N, NE ... - kierunek napływu powietrza, a – sytuacja antycyklonalna, c – sytuacja cyklonalna, Ca, Cc – centrum, odpowiednio wyżu i niżu, Bc – bruzda niżowa, Ka – klin wyżowy, x – sytuacja niesklasyfikowana

N, NE ... - direction of the air advection, a – anticyclonic situation, c – cyclonic situation,

Ca, Cc – the centre of the high and low, respectively, Bc – through of low pressure,

Ka – anticyclonic wedge or ridge of high pressure, x – unclassified situations or pressure col.

Sezonowe zróżnicowanie relacji pomiędzy częstością występowania dni mroźnych a cyrkulacją atmosfery jest słabsze niż w przypadku dni z przejściem temperatury przez próg $0^{\circ}C$. W większości miesięcy, a szczególnie w zimie (grudzień-marzec), dni mroźne występują z największym prawdopo-

dobieństwem przy sytuacjach antycyklonalnych: Na, NEa, Ea, NWA oraz Ca i Ka. W pozostałych miesiącach roku zależności te kształtują się podobnie, z tą różnicą, że wartość prawdopodobieństwa wystąpienia rozpatrywanych dni jest niższa niż w zimie. Najmniejsze prawdopodobieństwo dni mroźnych zaznacza się przy sytuacjach z adwekcją powietrza z sektora S-SW-W przy sytuacjach: Sc, SWc, Wc oraz Sa, SWa i Wa. Dni mroźne w ogóle nie występują podczas typów Sa, SWa, NWA, NEc, SEc, SWc, Wc i Cc w czerwcu oraz podczas Sa, SWa i Wa we wrześniu.

Literatura

- Glickman T.S. (red.), 2000. Glossary of Meteorology. Second Edition. American Meteorological Society, Boston Massachusetts, U.S.A.: 855 s.
- Institute of Geophysics Polish Academy of Science, 2001. Meteorological conditions Hornsund, Spitsbergen 2000/2001, Publications of the Institute of Geophysics Polish Academy of Science, D-57(341).
- Institute of Geophysics Polish Academy of Science, 2003. Meteorological conditions Hornsund, Spitsbergen 2001/2002, Publications of the Institute of Geophysics Polish Academy of Science, D-60(351).
- Instytut Geofizyki PAN, 2009-2012. Biuletyn meteorologiczny – Spitsbergen – Hornsund 2009.10-2012 (dostępne na stronie Internetowej: www.glacio-topoclim.org/index.php/reports).
- Kierzkowski T., 1996. Cechy klimatu lokalnego stacji w Hornsundzie w oparciu o materiał z lat 1978-1995. Problemy Klimatologii Polarnej, 6: 67-82.
- Łupikaszka E., Malarzewski Ł., Niedźwiedź T., 2012. Wpływ cyrkulacji atmosfery na występowanie dni z przejściem temperatury przez 0°C w Hornsundzie (Spitsbergen). Problemy Klimatologii Polarnej, 22: (w niniejszym tomie).
- Marsz A.A., Styszyńska A. (red.) 2007. Klimat Rejonu Polskiej Stacji Polarnej w Hornsundzie – stan, zmiany i ich przyczyny. Wydawnictwo Akademii Morskiej w Gdyni: 376 s.
- Miętus M. (red.) 2000-2001. Roczniki Meteorologiczne Hornsund (1978/79-1980/81, 1982/83-1999/2000). Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej Oddział Morski, Gdynia.
- Niedźwiedź T (red.), 2003. Słownik Meteorologiczny. Polskie Towarzystwo Geofizyczne, IMGW. Warszawa: 495 s.
- Niedźwiedź T., 2012. Katalog typów cyrkulacji nad Spitsbergenem (1951-2012). Zbiór komputerowy (Katedra Klimatologii, Wydział Nauk o Ziemi Uniwersytetu Śląskiego, Sosnowiec (<http://klimat.wnoz.us.edu.pl>)).
- Przybylak R., 2007. Recent air-temperature changes in the Arctic. Annales of Glaciology, 46: 316-324.
- Ustrnul Z., 1987. Some characteristics of air thermal conditions in Hornsund, Spitsbergen. Polish Polar Research 8 (3): 261-275.
- Wielbińska D., 1992. Dodatni subtrend temperatury powietrza w Hornsundzie, w okresie od 1978/79 do 1990/91. Problemy Klimatologii Polarnej 2: 103-110.

Wpłynęło: 15 września 2012 r., poprawiono: 18 października 2012 r.

Summary

Ice days defined as days with daily maximum temperature below 0°C are placed amongst the indices of current climate change. This paper aims at research both the long-term variability in the ice days occurrence and their relations to atmospheric circulation. All available data on daily maximum temperature were used (26.07.1957-16.08.1958 MRG; 4.07.1978-29.02.2012).

On average, 183 ice days a year are noted in Hornsund. The highest number of the days occurs on March whereas they do not appear on July and August. The frequency of ice days were significantly

lowering in May, June and August. The downward trend was also found in the annual index values. Seasonal differentiation of the relations between the ice days occurrence and atmospheric circulation are weaker than in case of days with freeze-thaw events. In majority months the highest probability of the ice days occurrence is linked to the six anticyclonic types (Na, NEa, Ea, NWa, Ca and Ka). Advection of warm air from south results in rarer ice days.

Key words: ice days, atmospheric circulation. Spitsbergen, Hornsund.