

ZMIENNOŚĆ WYSTĘPOWANIA OPADÓW DESZCZU I ŚNIEGU W HORNSUNDZIE W OKRESIE LIPIEC 1978 – GRUDZIEŃ 2002

Ewa Łupikasza

Uniwersytet Śląski, Wydział Nauk o Ziemi, Katedra Klimatologii
elupikas@wnoz.us.edu.pl

1. Wstęp

W obszarach polarnych, w których temperatura powietrza cieplej pory roku jest wyższa od 0°C szczególne znaczenie przypisuje się wysokości opadów w miesiącach zaliczanych do sezonu chłodnego. Opady tej pory roku stanowią składową jednego z najistotniejszych procesów związanych z bilansem masy lodowców, mianowicie akumulacji. Poprzez akumulację rozumie się wszystkie procesy, w wyniku których materiał jest dodawany do lodowca, pola śnieżnego lub ich części (Jania 1993). Z punktu widzenia glaciologii, niezmiernie istotnym problemem, prócz analizy sum opadów sezonu akumulacyjnego, wydaje się określenie jaka część wspomnianej sumy pojawia się pod postacią opadów ciekłych, mieszanych lub stałych. W związku z tym, celem niniejszego opracowania jest poznanie zmienności opadów atmosferycznych z uwzględnieniem ich rodzajów zarówno w przebiegu rocznym jak i ich zmienności wieloletniej w Hornsundzie na podstawie danych z okresu lipiec 1978 – grudzień 2002. Należy zwrócić uwagę na fakt, że opracowanie to jest pierwszym poruszającym kwestię opadów z uwzględnieniem ich rodzajów w Hornsundzie. Sposób podziału opadów oraz wyróżnienie trzech (dodatkowo opad mieszany), a nie dwóch ich postaci może budzić pewne wątpliwości, nie mniej jednak został on podyktowany sposobem zapisu występowania zjawisk meteorologicznych, na podstawie których rodzaj ten określano.

Problem opadów atmosferycznych na Spitsbergenie już kilkakrotnie był poruszany w literaturze klimatologicznej, do tej pory jednak nie uwzględniano postaci ich występowania. W zasadzie jedyną wzmiankę dotyczącą opadów śnieżnych we wziętym pod uwagę obszarze można odnaleźć w pracy S. Baranowskiego (1977), w której autor rozpatrywał między innymi sumy opadowe okresu akumulacyjnego. S. Baranowski (1977) pisał, że najobfitsze opady śnieżne na obszarze całego Spitsbergenu przynoszą cyklony wędrujące na wschód drogą południową. Nie mniej jednak stwierdzenie to dotyczy ogólnej sumy opadów okresu akumulacyjnego, w którym najczęściej występują one w postaci stałej.

W najstarszych opracowaniach na temat Spitsbergenu zwykle poruszano kwestie związane z ogólnymi warunkami klimatycznymi, zaś opad atmosferyczny był jednym z wielu analizowanych elementów meteorologicznych (Baranowski 1977, Markin 1975, Pereyma 1983, Rodzik i Stepko 1985, Kierzkowski 1996, Głowacki i Niedźwiedź 1997). Szeroką analizę już tylko opadów atmosferycznych, bądź opadów wraz z temperaturą powietrza, w okresie obserwacji instrumentalnych w Arktyce, a tym samym również na Spitsbergenie, można odnaleźć w opracowaniach R. Przybyłaka (1996, 1997). Analizą zmienności wieloletniej sum opadowych oraz liczby dni z opadami o różnych wartościach progowych w Hornsundzie w okresie 1978-2000 zajmowała się również E. Łupikasz (2002). Kolejną grupę stanowią pozycje, w których dynamikę opadów atmosferycznych na Spitsbergenie starano się wyjaśnić cyrkulacją atmosferyczną (Niedźwiedź i Ustrnul 1988, Przybylak i Marciniak 1992, Łupikasz i Niedźwiedź 2002), ponieważ odgrywa ona kluczową rolę w kształtowaniu pogody na Spitsbergenie, gdzie ustabilizowane przez większą część roku czynniki radiacyjne pozostają na dalszym planie (Niedźwiedź 1993, 2001).

2. Metody i materiały

Wykorzystane w opracowaniu dane obejmujące okres od lipca 1978 – do końca 2002 roku, zaczerpnięto z roczników meteorologicznych Hornsund (2000, 2001), wydanych przez Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej Oddział Morski w Gdyni oraz rocznika Meteorological Conditions Hornsund, Spitsbergen (2001) wydanego przez Polską Akademię Nauk w Warszawie. Dane za okres od sierpnia 1981 do sierpnia 1982 pochodzą ze zbiorów dr M. Sobika z Zakładu Meteorologii i Klimatologii Uniwersytetu Wrocławskiego, natomiast dane za okres od lipca 2001 do grudnia 2002 zostały udostępnione dzięki uprzejmości dr P. Głowackiego z PAN w Warszawie.

Zebrany materiał liczbowy nie jest kompletny. Dla okresu od 01 do 26 lipca 1981 brakuje danych dotyczących zarówno sum opadów jak i zapisu zjawisk meteorologicznych, w związku z czym niemożliwym było określenie ich rodzaju. Ponadto dla dni: 04, 07, 09 i 18 lipca 1979 nie istnieją dane dotyczące sum opadowych. Należy również zdawać sobie sprawę, że w materiale liczbowym określającym rodzaj opadów mogą występować drobne błędy wynikające z niezgodności danych terminowych i dobowych co do wysokości opadów i występowania zjawisk meteorologicznych.

W opracowaniu rozpatrywano 3 zasadnicze rodzaje opadów: ciekły, mieszany i stały. Rodzaj opadu określano na podstawie danych dotyczących zjawisk atmosferycznych, zapisanych pod postacią pogody bieżącej oraz pogody ubiegłej. Dodatkowym kryterium była również średnia, maksymalna i minimalna dobową temperatura powietrza mierzona na wysokości 200 cm nad poziomem gruntu. W przypadku braku zapisu zjawisk meteorologicznych (01 sierpień 1981 – 15 sierpień 1982) stosowano jedynie kryterium termiczne stąd materiał liczbowy w wyżej wymienionym okresie może zawierać nieścisłości co do rodzaju opadu, szczególnie w miesiącach przejściowych.

W związku z tym, że sposób zapisu danych meteorologicznych uniemożliwił rozpatrywanie każdego wypadku wystąpienia opadu atmosferycznego, analizie poddano dobę z opadem ciekłym (kiedy podczas całej doby opadowej wystąpiły tylko opady ciekłe), dobę z opadem mieszanym (kiedy podczas doby opadowej wystąpiły zarówno opady deszczu i śniegu lub opad deszczu ze śniegiem) oraz dobę z opadem stałym (kiedy podczas całej doby opadowej wystąpiły tylko opady stałe). Pod pojęciem doby opadowej rozumie się okres czasu od godziny 6⁰⁰ dnia danego do godziny 6⁰⁰ dnia następnego. W ten sposób określone rodzaje opadów w ciągu każdej doby, w okresie od lipca 1978

do grudnia 2002, poddano dalszej analizie. Określono przebieg roczny sum opadów ciekłych, mieszanych i stałych oraz ich procentowy udział w opadach kolejnych miesięcy w roku, a także prawdopodobieństwo wystąpienia dni z opadem ciekłym, mieszanym i stałym w przebiegu rocznym. Za ważną z punktu widzenia glaciologii uznano sumę opadów śnieżnych w okresie akumulacyjnym przypadającym na miesiące od września do maja (m.in. Baranowski 1977, Markin 1975). Dlatego też scharakteryzowano wieloletnią zmienność liczby dni z opadem ciekłym, mieszanym i stałym oraz sum wyróżnionych rodzajów opadów w okresie rocznym oraz okresie akumulacyjnym. Dla charakterystyk przebiegu wieloletniego wyznaczono trendy liniowe oraz współczynniki zmienności. Istotność trendów liniowych sprawdzono metodą testu t Studenta.

3. Charakterystyka opadów w przebiegu rocznym

Średnie sumy opadów oraz średnia liczba dni z opadem w miesiącu

W Hornsundzie opady ciekłe występują w ciągu całego roku. Zdecydowanie najwyższe ich sumy pojawiają się w lipcu, sierpniu oraz wrześniu, natomiast od stycznia do maja są stosunkowo niskie (2.5-4.5 mm). W trzech pozostałych miesiącach (październik, listopad, grudzień) wahają się od 12.7 mm do 19.0 mm (tab. 1). Procentowy udział opadów ciekłych w sumach miesięcznych najwyższe wartości osiąga w sierpniu i lipcu, zaś od stycznia do maja jest niski, z minimum w marcu (10%). Najwyższe prawdopodobieństwo pojawienia się opadów ciekłych również przypada na miesiące cieplej części roku, z kolei najniższe na styczeń i nieco wyższe na luty i marzec (rys. 1, tab. 2). O ile najmniejszy udział opadów ciekłych w sumie miesięcznej przypada na marzec to najmniejsze prawdopodobieństwo wystąpienia liczby dni z takim opadem zaznacza się w styczniu.

Tabela 1 – Table 1

Przebieg roczny sum opadów atmosferycznych w Hornsundzie (1978-2002)
Annual course of precipitation sums in Hornsund (1978-2002)

Miesiąc - Month		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Opad ciekły Liquid precipitation	Suma Sum	4.2	4.5	4.1	3.6	2.5	17.9	39.9	51.3	46.7	19.0	12.7	15.8
	%	11	13	10	12	11	55	90	92	72	38	25	33
Opad mieszany Mixed precipitation	Suma Sum	14.2	10.5	17.7	7.6	10.9	12.3	4.3	2.5	15.3	18.6	20.8	16.2
	%	37	30	45	27	50	38	10	5	24	37	41	34
Opad stały Solid precipitation	Suma Sum	20.0	19.6	17.4	17.6	8.5	2.2	0.1	1.6	2.9	12.5	17.8	16.3
	%	52	57	44	61	39	7	0	3	5	25	35	34

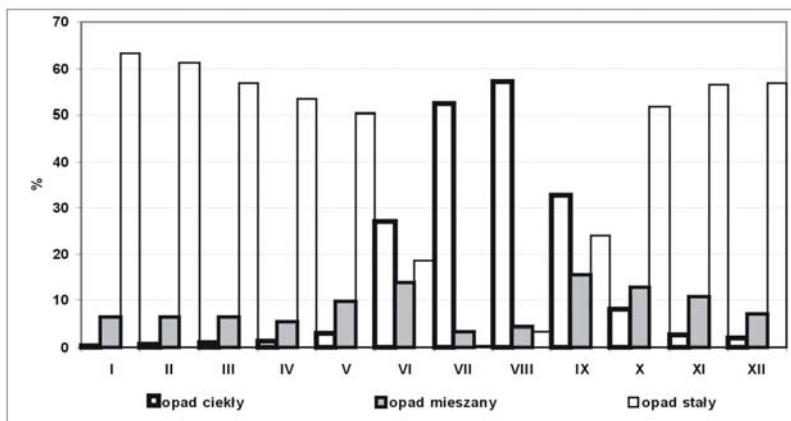
Opady mieszane w Hornsundzie również występują w ciągu całego roku. Minimum przypada na sierpień, niskie sumy występują również w lipcu i kwietniu. W pozostałych miesiącach roku sumy opadów mieszanych przekraczają 10 mm osiągając wartość najwyższą w listopadzie i nieco niższe w październiku i marcu. Największy procentowy udział opadów mieszanych w sumie miesięcznej

przypada na maj, stosunkowo wysokimi wartościami udziału odznacza się również marzec i listopad. Opady mieszane stanowią najmniejszą część opadów sierpnia i lipca (tab. 1). Małe prawdopodobieństwo pojawienia się opadów śniegu z deszczem jest cechą charakterystyczną zarówno miesięcy zaliczanych do chłodnej jak i do ciepłej części roku (styczeń – maj i grudzień oraz lipiec, sierpień). Wyraźnie większym prawdopodobieństwem odznacza się wrzesień, czerwiec i październik (rys. 1, tab. 2). Przebieg roczny sum opadów mieszanych nie jest regularny, nie mniej jednak w ogólnych zarysach wykazują one tendencję spadkową od grudnia do sierpnia, a następnie wzrostową od sierpnia do listopada.

Tabela 2 – Table 2

Przebieg roczny prawdopodobieństwa wystąpienia liczby dni z opadem w Hornsundzie (1978-2002)
Annual course of the probability of appearance of number of days with precipitation in Hornsund (1978-2002)

Rodzaj opadu Form of precipitation	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Opad ciekły Liquid precipitation	0.4	0.7	0.9	1.3	3.0	26.9	52.3	57.2	32.7	8.3	2.8	1.9
Opad mieszany Mixed precipitation	6.5	6.3	6.3	5.6	9.7	13.8	3.2	4.4	15.6	12.9	10.8	7.2
Opad stały Solid precipitation	63.3	61.4	56.7	53.5	50.3	18.8	0.4	3.4	24.0	51.7	56.5	56.6



Rys. 1. Przebieg roczny prawdopodobieństwa wystąpienia liczby dni z opadem w Hornsundzie (1978-2002)

Fig. 1. Annual course of the probability of appearance of number of days with precipitation in Hornsund (1978-2002)

Średnia wieloletnia miesięczna suma opadów stałych osiąga wartość 11.2 mm i jest niższa aniżeli uśredniona suma miesięczna opadów ciekłych i mieszanych. Najwyższe sumy pojawiają się w miesiącach początku roku z maksimum w styczniu. Wysokie sumy opadów śnieżnych są również

cechą charakterystyczną miesięcy końca roku (październik, grudzień). Opady stałe sporadycznie występują także w miesiącach zaliczanych do ciepłej części roku (tab. 1). W ciągu całego okresu obserwacji odnotowano tylko 3 dni ze śniegiem w lipcu (1979 – 0.3 mm oraz 1994-1999 – opad śladowy). Podobnie do przebiegu rocznego sum omawianych opadów kształtuje się ich procentowy udział w sumach miesięcznych, przy czym maksymalną wartością w tym przypadku odznacza się kwiecień, a nie styczeń (tab. 1). Największe prawdopodobieństwo wystąpienia opadów stałych przypada na styczeń i luty, zaś w pozostałych miesiącach chłodnej części roku waha się ono w granicach od około 52% do około 57%. Zdecydowanie najrzadziej odnotowuje się je w lipcu i sierpniu (rys. 1). W czerwcu oraz wrześniu sumy rozpatrywanych opadów są niewielkie i zbliżone do sum pozostałych miesięcy ciepłej części roku ale prawdopodobieństwo ich wystąpienia jest wyraźnie wyższe. Należy również zwrócić uwagę na fakt, że przy zbliżonej liczbie dni opadów ciekłych i stałych sumy opadów ciekłych są zdecydowanie wyższe (tab. 1 i 2).

Generalnie od czerwca do października najwyższe sumy osiągają opady ciekłe, od stycznia do kwietnia opady stałe, z kolei w maju oraz listopadzie dominują opady mieszane. W grudniu sumy wszystkich rodzajów opadów są zbliżone.

Średnia roczna suma opadów oraz liczba dni z opadem

W Hornsundzie średnia roczna suma opadów wynosi 424.1 mm z czego największa część przypada na opad ciekły, następnie na opad stały, zaś najmniejsza część opadów rocznych pojawia się pod postacią opadów mieszanych. Nieco inaczej kształtują się średnie wartości dni z omawianymi rodzajami opadów atmosferycznych. Średnio w roku odnotowuje się około 239.4 dnia z opadem. Największa ich część to dni z opadem stałym. Liczba dni z opadem ciekłym jest już znacznie niższa. Opady mieszane stanowią tylko 13% dni w ciągu roku (tab. 3).

Tabela 3 – Table 3

Średnia wieloletnia (1979-2002) suma opadów oraz liczba dni z opadem w okresie rocznym w Hornsundzie

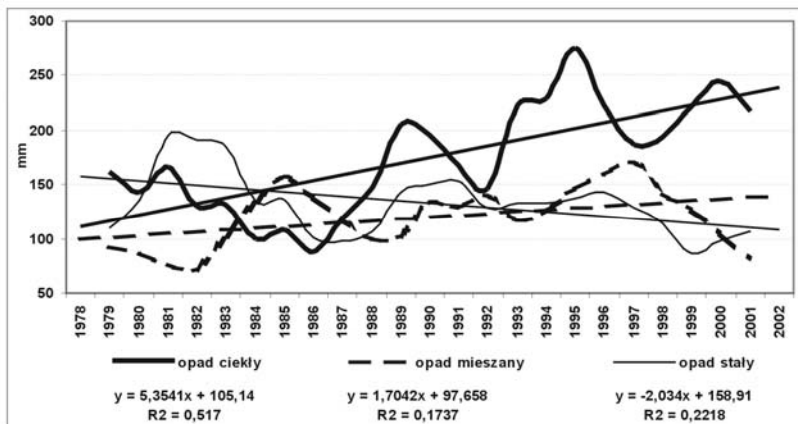
Long term average (1979-2002) of annual sums of individual form of precipitation and the annual number of days with precipitation in Hornsund

Opad ciekły Liquid precipitation		Opad mieszany Mixed precipitation		Opad stały Solid precipitation		Suma całkowita Total sum
Suma sum	%	Suma Sum	%	Suma sum	%	Suma sum
175.2	40	117.4	29	131.5	32	424.1
Liczba dni Number of days	%	Liczba dni Number of days	%	Liczba dni Number of days	%	Liczba dni Number of days
15	8	24	13	142	79	239.4

Zmienność wieloletnia sum opadów oraz liczby dni z opadem w ciągu roku

W analizowanym okresie sumy opadów ciekłych wahają się od 52.5 mm (23%) do 349.9 mm (61.3%). Odznaczają się one największym spośród omawianych opadów współczynnikiem zmienności (tab. 4). Najniższe sumy opadów ciekłych występują w latach 80-tych. W przebiegu wieloletnim

od początku okresu obserwacji do około połowy lat 80-tych cechowały się tendencją spadkową, zaś od połowy lat 80-tych w ich przebiegu zaznacza się wyraźna tendencja rosnąca (rys. 2). Ich cechą charakterystyczną jest wyraźna, istotna statystycznie ogólna tendencja wzrostowa (współczynnik korelacji 0.719).



Rys. 2. Wieloletni przebieg rocznych sum opadów (średnie ruchome 3-letnie) oraz ich trend liniowy w Hornsundzie (1979-2002)

Fig. 2. Long-term course of the annual sums of precipitation (3-years moving average) and their linear trend in Hornsund (1979-2002)

Sumy opadów mieszanych odznaczają się najmniejszym zakresem wahań (tab. 4) i zmieniają się w przedziale od 42 mm (9%) do 213.2 mm (59%). Generalnie najwięcej deszczu ze śniegiem odnotowywano w połowie lat 80-tych i II połowie lat 90-tych. Od końca lat 90-tych w ich przebiegu wieloletnim zaznacza się tendencja spadkowa (rys. 2), lecz ogólny trend świadczy o istotnym statystycznie wzroście ich sum (współczynnik korelacji 0.417).

Tabela 4 – Table 4

Maksymalne i minimalne sumy (Σ) rodzajów opadów oraz ich % udział w rocznej sumie opadów w Hornsundzie (1979-2002). W.z. – współczynnik zmienności

Maximum and minimum sums (Σ) of individual forms of precipitation and their percentage share in the annual sums of precipitation in Hornsund (1979-2002). V.c. – Variability coefficient

Opady Precipitations	Opad ciekły Liquid precipitation			Opad mieszany Mixed precipitation			Opad stały Solid precipitation			Okres roczny Annual period	
	Σ	%	Rok Year	Σ	%	Rok Year	Σ	%	Rok Year	Σ	Rok Year
Max	349.9	58	1994	213.2	59	1996	279.2	58	1982	635.9	1996
Min	52.5	23	1987	42.0	9	1982	69.6	30	1987	230.2	1987
W.z. – V.c.	46.5			34.1			33.2			22.7	

Roczne sumy opadów stałych zmieniają się w zakresie od 69.9 mm do 279.2 mm i odznaczają się najniższym współczynnikiem zmienności (tab. 4). W całym okresie obserwacji w ich przebiegu wieloletnim dominuje istotna statystycznie tendencja spadkowa (współczynnik korelacji 0.471). Najwyższe sumy opadów stałych przypadają na I połowę lat 80-tych z kolei najniższe na II połowę tego samego dziesięciolecia. Od początku lat 90-tych sumy opadów stałych zwykle były wyższe od średniej wieloletniej lecz odznaczały się regularną tendencją spadkową (rys. 2).

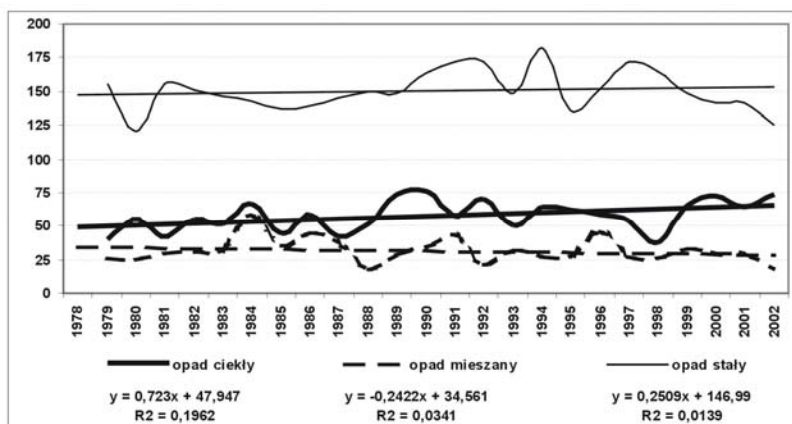
Biorąc pod uwagę wszystkie rozpatrywane rodzaje opadów można stwierdzić, że na początku lat 80-tych najwyższymi sumami odznaczały się opady stałe, w połowie lat 80-tych pod względem sumy dominowały opady mieszane, z kolei przez pozostałą część okresu obserwacji opady ciekłe (rys. 2).

Tabela 5 – Table 5

Maksymalna i minimalna liczba dni (N) z rodzajami opadów oraz ich % udział w rocznej liczbie dni z opadem w ciągu roku w Hornsundzie (1979-2002). W.z. – współczynnik zmienności

Maximum and minimum number of days (N) with individual forms of precipitation and their percentage share in the annual number of days with precipitation in Hornsund (1979-2002). V.c. – Variability coefficient

Liczba dni Number of days	Opad ciekły Liquid precipitation			Opad mieszany Mixed precipitation			Opad stały Solid precipitation			Okres roczny Annual period	
	N	%	Rok Year	N	%	Rok Year	N	%	Rok Year	N	Rok Year
Max	76	28	1990	58	22	1984	182	67	1994	274	1990
Min	37	16	1998	17	8	1988	120	60	1980	199	1980
W.z. – V.c.	19.6			29.0			9.8			8.5	



Rys. 3. Wieloletni przebieg rocznej liczby dni z opadem w Hornsundzie (1979-2002)

Fig. 3. Long-term course of annual number of days with precipitation in Hornsund (1979-2002)

O ile w przypadku sum opadowych przez większą część okresu obserwacji dominowały opady ciekłe o tyle w przypadku liczby dni z opadem zdecydowaną przewagą charakteryzują się opady

stałe. Liczba dni z opadem stałym zmienia się od 120 do 182 dni w roku (tab. 5). W przebiegu wieloletnim wysoką liczbą dni z opadem stałym odznaczały się lata 90-te. Od końca lat 90 do końca rozpatrywanego okresu zmniejsza się roczna liczba dni z opadem stałym (rys. 3).

Liczba dni z opadem ciekłym zmienia się od 37 do 76 dni (tab. 5). Generalnie w przebiegu wieloletnim zaznacza się ich tendencja wzrostowa (współczynnik korelacji 0.443). Biorąc pod uwagę krótsze odcinki czasu wyróżniającym się dziesięcioleciem są lata 90-te, w których liczba dni z opadem ciekłym malała. Od końca lat 90-tych czyli w okresie, w którym stwierdzono spadek liczby dni z opadem stałym zaznacza się wzrost liczby dni z opadem ciekłym. Liczba dni z opadem mieszanym nie wykazuje długookresowych tendencji (rys. 3).

4. Charakterystyka opadów w okresie akumulacyjnym

Średnia suma oraz liczba dni z opadem w okresie akumulacyjnym

W okresie akumulacyjnym zarówno najwyższe sumy opadów jak i największa liczba dni z opadem przypada na opad stały, z kolei wartości najwyższe wspomnianych charakterystyk cechują opady ciekłe (tab. 6).

Tabela 6 – Table 6

Średnia wieloletnia (1978-2002) suma opadów oraz liczba dni z opadem w okresie akumulacyjnym w Hornsundzie

Long term average (1979-2002) of accumulation period sums of individual form of precipitation and the accumulation period number of days with precipitation in Hornsund

Opad ciekły Liquid precipitation		Opad mieszany Mixed precipitation		Opad stały Solid precipitation		Suma całkowita Total sum
Suma sum	%	Suma Sum	%	Suma sum	%	Suma sum
68.4	21	103.9	35	129.2	44	310.6
Liczba dni Number of days	%	Liczba dni Number of days	%	Liczba dni Number of days	%	Liczba dni Number of days
15	8	24	13	143	79	181

Zmienność wieloletnia sum opadów oraz liczby dni z opadem w okresie akumulacyjnym

Zmienność wieloletnia sum opadów ciekłych okresu akumulacyjnego odznacza się najwyższym współczynnikiem zmienności oraz zakresem wahań (tab. 7). Najniższe sumy opadów ciekłych, podobnie jak w przypadku okresu rocznego występowały w latach 80-tych. W całym rozpatrywanym okresie (rys. 4) zaznacza się ich wyraźna tendencja wzrostowa (współczynnik korelacji 0.683).

Ogólna tendencją wzrostową (współczynnik korelacji 0.432) odznaczają się również sumy opadów mieszanych, z tym że jest ona słabsza niż w przypadku opadów ciekłych (rys. 4). Zakres wahań opadów mieszanych jest najmniejszy. Zmieniają się one w przedziale od 17.8 mm do 162.5 mm (tab. 7).

Ogólnej tendencji wzrostowej sum opadów ciekłych oraz mieszanych w okresie akumulacyjnym towarzyszy malejącym trend sum opadów stałych (rys. 4). Charakteryzują się one najmniejszym

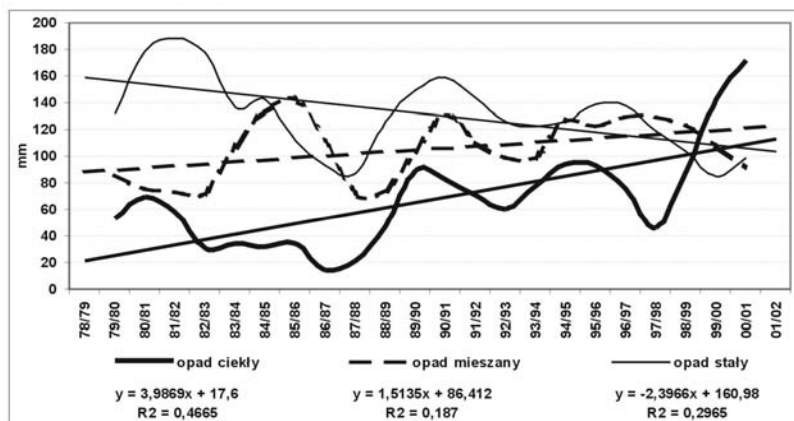
współczynnikiem zmienności ale zakres ich zmian jest niewiele mniejszy niż opadów ciekłych. Opady stałe najwyższą wartość osiągnęły w sezonie 81/82, zaś najniższą w sezonie 86/87 (tab. 7). Podobnie jak w przypadku roku, najwyższe sumy opadów stałych przypadają na pierwszą połowę lat 80-tych, zaś najniższe na II połowę tego dziesięciolecia. Od połowy lat 90 odznaczają się wyraźną tendencją spadkową (rys. 4).

Tabela 7 – Table 7

Maksymalne i minimalne sumy (Σ) rodzajów opadów oraz ich % udział w rocznej sumie opadów okresu akumulacyjnego w Hornsundzie (1979-2002). W.z. – współczynnik zmienności

Maximum and minimum sums (Σ) of individual forms of precipitation and their percentage share in the accumulation period sums of precipitation in Hornsund (1979-2002). V.c. – Variability coefficient

Opady Precipitations	Opad ciekły Liquid precipitation			Opad mieszany Mixed precipitation			Opad stały Solid precipitation			Okres roczny Annual period	
	Σ	%	Rok Year	Σ	%	Rok Year	Σ	%	Rok Year	Σ	Rok Year
Max	222.4	54	1999/2000	162.5	44	1984/1985	260.4	69	1981/1982	444.3	1990/1991
Min	5.8	3	1987/1988	17.8	10	1988/1989	54.9	28	1986/1987	160.3	1987/1988
W.z. -V.c.	77.1			34.7			31.7			25.3	



Rys. 4. Wieloletni przebieg sum opadów okresu akumulacyjnego (średnie ruchome 3-letnie) oraz ich trend liniowy w Hornsundzie (1978-2002)

Fig. 4. Long-term course of the accumulation period sums of precipitation (3-years moving average) and their linear trend in Hornsund (1979-2002)

W przypadku sezonu akumulacyjnego wyraźnie dominują sumy opadów stałych, tylko w krótkich przedziałach czasu przypadających na II połowę lat 80-tych oraz końcówkę lat 90-tych najwyższe sumy przypadły na opady mieszane, z kolei w ciągu ostatnich paru lat okresu obserwacji na opady ciekłe (rys. 4).

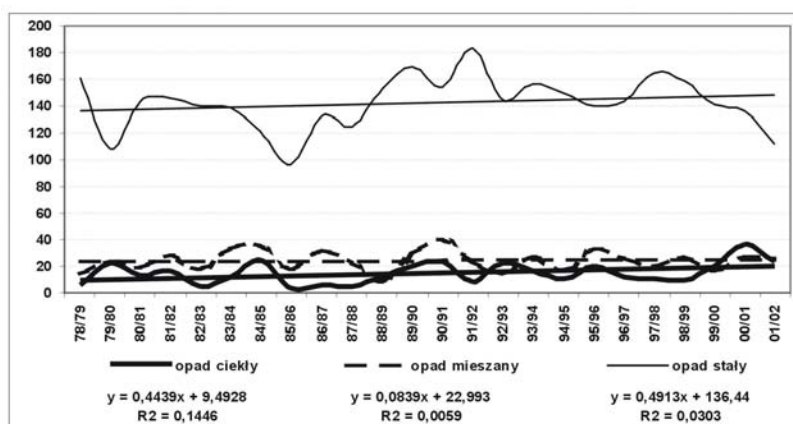
Tabela 8 – Table 8

Maksymalna i minimalna liczba dni (N) z rodzajami opadów oraz ich % udział w liczbie dni z opadem w okresie akumulacyjnym w Hornsundzie (1979-2002). W.z. – współczynnik zmienności

Maximum and minimum number of days with individual forms of precipitation and their percentage share in the accumulation period number of days with precipitation in Hornsund (1979-2002).

V.c. – Variability coefficient

Liczba dni Number of days	Opad ciekły Liquid precipitation			Opad mieszany Mixed precipitation			Opad stały Solid precipitation			Okres roczny Annual period	
	Σ	%	Rok Year	Σ	%	Rok Year	Σ	%	Rok Year	Σ	Rok Year
Max	37	18	2000/2001	40	11	1990/1991	184	80	1991/1992	219	1989/1990
Min	3	3	1985/1986	8	5	1988/1989	97	82	1985/1986	118	1985/1986
W.z. -V.c.	52.0			30.2			13.8			12.5	



Rys. 5. Wieloletni przebieg liczby dni z opadem w okresie akumulacyjnym w Hornsundzie (1978-2002)

Fig. 5. Long-term course of accumulation period number of days with precipitation in Hornsund (1979-2002)

W okresie akumulacyjnym liczba dni z opadem ciekłym oraz mieszany nie wykazuje wyraźnych długookresowych tendencji. Opady mieszane pojawiają się częściej niż opady ciekłe, zaś wyraźnie dominują dni z opadem stałym (tab. 8). W przebiegu wieloletnim liczby dni z opadem stałym można wyróżnić dwa charakterystyczne okresy: od początku rozpatrywanego wielolecia do końca lat 80-tych, kiedy wartość omawianej charakterystyki była niższa od średniej wieloletniej oraz lata 90-te charakteryzujące się podwyższoną liczbą dni ze śniegiem (rys. 5).

5. Wnioski

Na podstawie przeprowadzonej analizy uśrednionych wartości sum i liczby dni z wyróżnionymi rodzajami opadów oraz ich zmienności wieloletniej stwierdzono, że w Hornsundzie spada około 424.1

mm opadu rocznie, z czego największa część przypada na opad ciekły (37%), a najmniejsza na opad mieszany (28.6%). Średnio w roku odnotowuje się około 239.4 dnia z opadem, z czego najwięcej stanowią dni z opadem stałym (63%), a najmniej dni z opadem mieszanym (13%). W okresie akumulacyjnym zarówno największe sumy opadów (129 mm) jak i największa liczba dni z opadem (142) przypada na opad stały zaś najniższe wartości przypadają na opady ciekłe (suma: 68 mm, liczba dni: 15). W przebiegu rocznym zarówno najwyższa suma opadów ciekłych (51 mm) jak i ich udział w sumie miesięcznej opadów (92%) oraz prawdopodobieństwo wystąpienia (57%) przypada na sierpień. Z kolei najniższa suma opadów ciekłych pojawia się w maju (2.5 mm), najniższy ich udział w opadach miesięcznych odnotowuje się w marcu (10%) a najniższym prawdopodobieństwem ich wystąpienia odznacza się styczeń (0.4). Przebieg roczny opadów mieszanych jest nieregularny. Najwyższe ich sumy przypadają na listopad (21 mm), stanowią one największą część opadów maja (50%) a prawdopodobieństwo ich wystąpienia najwyższe wartości przyjmuje we wrześniu (16%). Z kolei najniższe wartości sumy (2.5 mm) oraz ich procentowego udziału w opadach miesięcznych (5%) przypadają na sierpień. Niskim prawdopodobieństwem ich pojawienia się odznaczają się miesiące zaliczane zarówno do ciepłej (lipiec – sierpień) jak i chłodnej (styczeń – maj, grudzień) części roku. W przypadku przebiegu rocznego opadów stałych, pod względem najwyższych sum (20 mm) oraz prawdopodobieństwa ich wystąpienia (63%) wyróżnia się styczeń. Sumy opadów śniegu w kwietniu stanowią aż 61% sumy miesięcznej. Opady stałe występują również sporadycznie w miesiącach ciepłych z minimum w lipcu (0.1 mm). Średnie dobowe natężenie opadów śniegu jest zdecydowanie niższe niż opadów deszczowych.

Przebieg wieloletni rozpatrywanych rodzajów opadów w okresie rocznym oraz akumulacyjnym wykazuje podobne tendencje. Zarówno w okresie rocznym jak i akumulacyjnym opady ciekłe odznaczają się najwyższym współczynnikiem zmienności i zakresem wahań. Najniższe sumy opadów deszczowych przypadają na lata 80-te, a od połowy lat 80. w ich przebiegu zaznacza się wyraźna tendencja wzrostowa. Opady mieszane wykazują najmniejszy zakres wahań, najwyższe sumy przypadają na połowę lat 80-tych, a w przypadku okresu rocznego również na II połowę lat 90-tych. Od drugiej połowy lat 90-tych opady mieszane wykazują tendencję malejącą. Bardzo wyraźnej tendencji wzrostowej sum opadów ciekłych i mieszanych w całym rozpatrywanym wieloleciu towarzyszy malejący trend opadów stałych. Najwyższe sumy opadów stałych przypadają na I połowę lat 80-tych, zaś najniższe na II połowę tego samego dziesięciolecia. Od początku lat 90-tych zaznacza się ich tendencja spadkowa. W całym wieloleciu w okresie akumulacyjnym oraz rocznym pod względem liczby dni z opadem dominują opady stałe, których liczba dni do końca lat 80-tych była niższa zaś w latach 90-tych wyższa do średniej wieloletni.

Literatura

- Baranowski S., 1977, The subpolar glaciers of Spitsbergen seen against the climate of this region. Acta Universitatis Vratislaviensis No 410, Results of Investigations of the Polish Scientific Spitsbergen Expeditions, vol. III, Wrocław: 94 s.
- Głowacki P., Niedźwiedz T., 1997, Climatological conditions in Hornsund (Spitsbergen) during succeeding Polish Polar Expeditions. Polish Polar Studies, 24 Polar Symposium, Warszawa: 81-94.
- Jania J., 1993, Glaciologia, PWN, Warszawa: 359 s.

- Kierzkowski T., 1996, Cechy klimatu lokalnego stacji w Hornsundzie w oparciu o materiał z lat 1978-1995. *Problemy Klimatologii Polarnej*, 6: 67-1995.
- Łupikasza E., 2002, Zmienność wieloletnia opadów atmosferycznych w Hornsundzie (Spitsbergen) w okresie 1978-2000, *Problemy Klimatologii Polarnej*, 12: 77-88.
- Łupikasza E., Niedźwiedź., 2002, Wpływ cyrkulacji na opady atmosferyczne w Hornsundzie (w:) Kostrzewski A., Rachlewicz G (red.), *Polish Polar Studies, Funkcjonowanie i monitoring Geoekosystemów obszarów polarnych*, Poznań 2002: 203-216.
- Markin V. A., 1975, Klimat oblasti sovremennogo oledeneniya, (w:) *Oledeneniye Spitsbergena (Svalbard)*, Rezulaty Issledovaniy po Mezdunarodnym Geofiziceskim Projektam, Izd. „Nauka”, Moskwa: 42-105.
- 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 Sciences, Warszawa, 2001.
- Niedźwiedź T., 1993, The main factors forming of the climate of the Hornsund (Spitsbergen), *Zeszyty Naukowe UJ, Prace Geograficzne*, 94: 49-63.
- Niedźwiedź T., 2001, Variability of atmospheric circulation above Spitsbergen in the second half of 20th Century. *Problemy Klimatologii Polarnej*, 11: 7-26.
- Niedźwiedź T., Ustrnul Z., 1988, Wpływ sytuacji synoptycznych na stosunki opadowe w Hornsundzie (Spitsbergen), XV Sympozjum Polarne, Wydawnictwo Uniwersytetu Wrocławskiego, Wrocław: 196-202.
- Pereyma J., 1983, Climatological problems of the Hornsund area, Spitsbergen, *Acta Universitatis Wratislaviensis No 714, Results of Investigations of the Polish Scientific Expeditions*, vol. V, Wrocław: 134 s.
- Przybylak R., 1996, Zmienność temperatury powietrza i opadów atmosferycznych w okresie obserwacji instrumentalnych w Arktyce. *Toruń*: 279 s.
- Przybylak R., 1997, Związki przestrzenne opadów atmosferycznych w Arktyce w okresie 1951-1990. *Problemy Klimatologii Polarnej*, 7: 41-54.
- Przybylak R., Marciniak K., 1992, Opady a cyrkulacja atmosferyczna na zachodnim wybrzeżu Spitsbergenu w okresie 1979-1985. *Problemy Klimatologii Polarnej*, 2: 84-95.
- Rocznik meteorologiczny Hornsund 1985/86, Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej oddział Morski w Gdyni, Gdynia, 2001.
- Roczniki meteorologiczne Hornsund 1978/79 – 1980/81, 1982/83 - 1984/85, 1987/88 – 1999/2000, Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej oddział Morski w Gdyni, Gdynia 2000.
- Roczniki Meteorologiczne, Hornsund od 1978/1979 do 1999/2000, 2000, M. Miętus (red.) Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej, Gdynia.
- Rodzic J., Stepko W., 1985, Climatic conditions in Hornsund (1978-1983), *Polish Polar Research*, vol. 6, nr 4, Warszawa: 561-576.

VARIABILITY IN THE OCCURRENCE OF RAIN AND SNOW AT HORNSUND OVER THE PERIOD JULY 1978 – DECEMBER 2002

Summary

In the polar regions, the sums of precipitation of the accumulation period is of great importance, because they are an component one of the most valid processes connected with glacier mass balance – accumulation. From glaciological point of view, to determine which part of annual sums of

precipitation appears in the form liquid and mixed and solid precipitation is the crucial problem. In this connection, the main aim of this paper is analyse variability of the precipitation with respect of their form in the annual course as well as their long-term variability in Hornsund in the period of 1978-2002.

The data used in this article are mainly derived from meteorological yearbook Hornsund (2000, 2001) that was published by Institute of Meteorology and Water Management - maritime department in Gdynia and from yearbook Meteorological Conditions Hornsund, Spitsbergen (2001) that was published by Polish Academy of Science in Warsaw. Collected numerical data are not complete. There is a lack of data concerned precipitation sums and meteorological phenomenon for the period from 01st to 26th of July 1981. Moreover the data describing precipitation sums does not exist for the days: 04, 07, 09, 19 July 1979.

In this article three main form of precipitation (liquid, mixed and solid) were considered. The form of precipitation was determined on the base of meteorological phenomenon that was recorded as current and last weather. The average, maximum and minimum daily air temperatures were additional criterions. In this connection that the notation of meteorological data prevented to consider each event of appearance of precipitation, the days with individual form of precipitation were subjected to analysis. The day with mixed precipitation means that during all 24 hour period (from 6 given to 6 next day) appeared one time snow and second time rain or snow and rain in the same time. The annual course of individual form of precipitation and their probability of appearance in each month, long term variability of sums of individual form of precipitation and the number of days with this form of precipitation in the accumulation and annual periods were discussed. The linear trends and variability coefficients were calculated for long term characteristics of precipitation.

It was stated that in Hornsund long-term average sum of annual precipitation amounted at about 424 mm The greatest part of this appear in the liquid (37%) and the lowest in a mixed form. On average in Hornsund there is noted at about 239 days with precipitation in year from what 63% falls on days with snow and 13% on days with snow and rain. In the accumulation period the solid precipitation were characterized by greatest sums as well as greatest number of days with this one. Long-term course of individual form of precipitation shows similar tendencies. In the annual period as well as in the accumulation this one liquid precipitation are characterized by the highest variability coefficient and range of change. Their lowest sums occur in the middle of 80ies and from mid-80ies they show increasing tendency. Mixed precipitation shows the smallest range of change, their highest sums occur in the middle of 80ies and in the case of annual period also in the second half of 90ies. From the second half of 90ies mixed precipitation show decreasing tendency. Statistically significant increasing tendencies of liquid and mixed precipitation during all considered period accompany decreasing tendency of solid precipitation. The highest sums of solid precipitation occur in the first half of 80ies and the lowest one in the second half of the same decade. From the beginning of 90ies there is a decreasing tendency in the course of solid precipitation. During all considered period the solid precipitation dominate as regards number of days with precipitation. The number of days with solid precipitation until the end of 80ies was greater and in the 90ies was lower than long-term average.