

## WIELOLETNIA ZMIENNOŚĆ OPADÓW W ATLANTYCKIM SEKTORZE ARKTYKI

Ewa Łupikasza

Katedra Klimatologii, Wydział Nauk o Ziemi, Uniwersytet Śląski, Sosnowiec

e-mail: elupikas@wnoz.us.edu.pl

### 1. Wstęp

Celem opracowania jest zbadanie wieloletniej zmienności rocznych oraz sezonowych (wiosna: III-V, lato: VI-VII, jesień: IX – XI, zima: XII, I, II) sum opadów w atlantyckim sektorze Arktyki. Analizę przeprowadzono na podstawie 8 stacji meteorologicznych (Akureyri, Björnöya, Bodö, Danmarkshavn, Hopen, Jan Mayen, Tromsö, Vardo) zlokalizowanych powyżej 60° szerokości geograficznej północnej (tab. 1).

Tabela 1 - Table 1

Wykaz stacji meteorologicznych wraz z okresem obserwacji  
The list of meteorological stations and the periods with precipitation data

Stacja	Nr WMO	$\varphi$	$\lambda$	h [m]	Okres obserwacji
Jan Mayen	01001	70.90 N	8.70 W	10	1921 - 2000
Tromsö	01025	69.70 N	18.90 E	10	1890 - 2000
Björnöya	01028	74.50 N	19.00 E	15	1920 - 2000
Hopen	01062	76.50 N	25.10 E	6	1945 - 2000
Vardo	01098	70.40 N	31.10 E	15	1941 - 2000
Bodö	01125	67.30 N	14.40 E	13	1869 - 2000
Akureyri	04063	65.70 N	18.10 W	27	1928 - 2000
Danmarkshavn	04320	76.70 N	18.90 W	11	1949 - 2000

### 2. Materiał liczbowy

Korzystano z miesięcznych oraz rocznych sum opadów, które pozyskano z internetowych baz danych: Global Historical Climatology Network (GHCN) - (Peterson T. C *i in.* 1998), North Atlantic Climatological Dataset (NACD) - (Frich P. *i in.* 1996) oraz MCDW (NOAA, 1957–1997). Braki w

materiale liczbowym uzupełniano metodą ilorazów. W przypadku, kiedy uzupełnienie danych metodą ilorazów było niemożliwe, obliczano średnią arytmetyczną miesięczną sumę opadów ze stacji okolicznych (tylko w przypadku pojedynczych miesięcznych sum opadów). Luki w materiale liczbowym ze stacji Danmarkshavn z okresu VII, VIII, IX 1981 oraz Björnöya z okresu od VII 1941 do X 1945 nie zostały uzupełnione ze względu na brak wystarczająco blisko zlokalizowanych stacji sąsiednich, a w przypadku stacji Björnöya również ze względu na długość okresu z brakiem danych. Zebrany materiał liczbowy obejmuje dane do 2000 roku, przy czym długość analizowanych serii dla rozpatrywanych stacji jest różna (tab. 1).

### 3. Metody

Do analizy wieloletniej zmienności rocznych oraz sezonowych sum opadów zastosowano metodę średnich ruchomych 5-letnich. Ponadto obliczono standaryzowane wartości sum opadowych (dla odchylenia standardowego obliczonego za okres 1950–2000), co pozwoliło na porównanie przebiegu wieloletniego opadów na rozpatrywanych stacjach bez względu na ich sumy. Scharakteryzowano również tak zwaną "zmienność zmienności" opadów poprzez wyznaczenie współczynników zmienności w ruchomych 11-leciach. Metody obliczania wartości standaryzowanych i współczynnika zmienności zawarte są w pracy S. Gregorego (1976).

### 4. Ogólna charakterystyka przebiegu rocznego opadów

Najwyższe średnie roczne sumy opadów za okres 1950-2000 odnotowano na stacji Bodö oraz Tromsö zlokalizowanych na wybrzeżu półwyspu Skandynawskiego, z kolei najniższe w Danmarkshavn na Grenlandii. Niewielkie roczne opady wystąpiły również na stacji Björnöya (tab. 2).

Tabela 2 - Table 2

Udział sum opadów poszczególnych sezonów w rocznej sumie opadów (1950 – 2000)  
A – suma opadów [mm], B – udział w sumie rocznej [%]  
The share of seasonal precipitation totals in annual precipitation total (1950-2000).  
A – precipitation totals [mm], B – the share in annual totals [%]

Stacja	Suma roczna	Wiosna		Lato		Jesień		Zima	
		A	B	A	B	A	B	A	B
Jan Mayen	689	139	20.2	136	19.8	229	33.2	185	26.9
Tromsö	1007	194	19.3	195	19.3	323	32.1	297	29.5
Björnöya	382	73.5	19.2	85	22.4	122	31.9	101	26.5
Hopen	423	85	20.1	93	22.0	129	30.5	115	27.3
Vardo	553	102	18.4	142	25.8	161	29.2	147	26.6
Bodö	1016	179	17.6	231	22.8	351	34.6	256	25.2
Akureyri	504	95	18.8	95	18.9	155	30.9	159	31.5
Danmarkshavn	156	32	20.2	34	22.0	41	26.4	49	31.3

Na większości rozpatrywanych stacji największa część opadów rocznych przypada na miesiące jesienne, jedynie w Akureyri i Danmarkshavn na miesiące zimowe (Tab.2). Wysokie opady jesienią związane są z intensywnością cyrkulacji cyklonalnej, która w sezonie tym jest niewiele mniejsza niż zimą (Przybylak 1996b). Najniższe opady w ciągu roku pojawiają się na wiosnę (za wyjątkiem stacji Jan Mayen - lato) co związane jest jak twierdzi M.C. Serreze *i in* (1993) z silnym rozwojem antycyklonów. W Tromsø wiosną oraz latem spada zbliżona ilość opadów – średnie z okresu 1950-2000 kształtują się na tym samym poziomie. Najniższa część opadów rocznych przypada na okres wiosenno - letni również na zachodnim wybrzeżu Spitsbergenu co stwierdzili R. Przybylak i K. Marciński (1992). Biorąc pod uwagę poszczególne miesiące stwierdzono, że na większości stacji październik jest miesiącem o najwyższych, natomiast maj jest miesiącem o najniższych sumach opadów (Akureyri, Björnøya, Bodö, Hopen, Tromsø, Vardo). Wyjątek stanowi jedynie Jan Mayen, gdzie najniższe opady pojawiły się w czerwcu. W Danmarkshavn różnice w sumach poszczególnych miesięcy są nieznaczne (tab. 2). Rozkład opadów na rozpatrywanych stacjach świadczy o oceanicznym typie ich przebiegu rocznego.

## 5. Zmienność rocznych sum opadów

Analizę rocznych sum opadów w atlantyckim sektorze Arktyki przeprowadzono w dwóch okresach. Pierwszy, obejmuje lata do 1949 roku, a rozpoczyna się w różnych latach w zależności od stacji. Drugi okres obejmuje lata od 1950 roku do roku 2000 i jest wspólnym dla wszystkich rozpatrywanych stacji. Najwyższe odnotowane roczne sumy opadów w badanym obszarze występowały zwykle po roku 1950. Przypadały one na lata siedemdziesiąte w Jan Mayen i Tromsø, osiemdziesiąte w Hopen, Vardo i Akureyri bądź dziewięćdziesiąte w Danmarkshavn, Bodö i Björnøya (tab.3).

Tabela 3 - Table 3

Najwyższe oraz najniższe roczne sumy opadów wraz z rokiem ich wystąpienia  
The highest and the lowest annual precipitation totals and the year of their occurrence

Stacja	przed 1950 rokiem		od 1950 roku	
	najwyższy opad	najniższy opad	najwyższy opad	najniższy opad
Jan Mayen	891 (1949)	<b>210</b> (1946)	<b>905</b> (1972)	491 (1967)
Tromsø	1399 (1921)	709 (1923)	<b>1596</b> (1975)	<b>608</b> (1950)
Björnøya	<b>587</b> (1933)	255 (1946)	501 (1997)	<b>244</b> (1951)
Hopen	483 (1945)	<b>210</b> (1946)	<b>753</b> (1983)	281 (1956)
Vardo	654 (1947)	354 (1942)	<b>831</b> (1989)	<b>315</b> (1969)
Bodö	1479 (1901)	<b>511</b> (1872)	<b>1528</b> (1995)	610 (1950)
Akureyri	697 (1935)	<b>258</b> (1941)	<b>740</b> (1989)	320 (1965)
Danmarkshavn	-	-	309 (1990)	36.3 (1951)

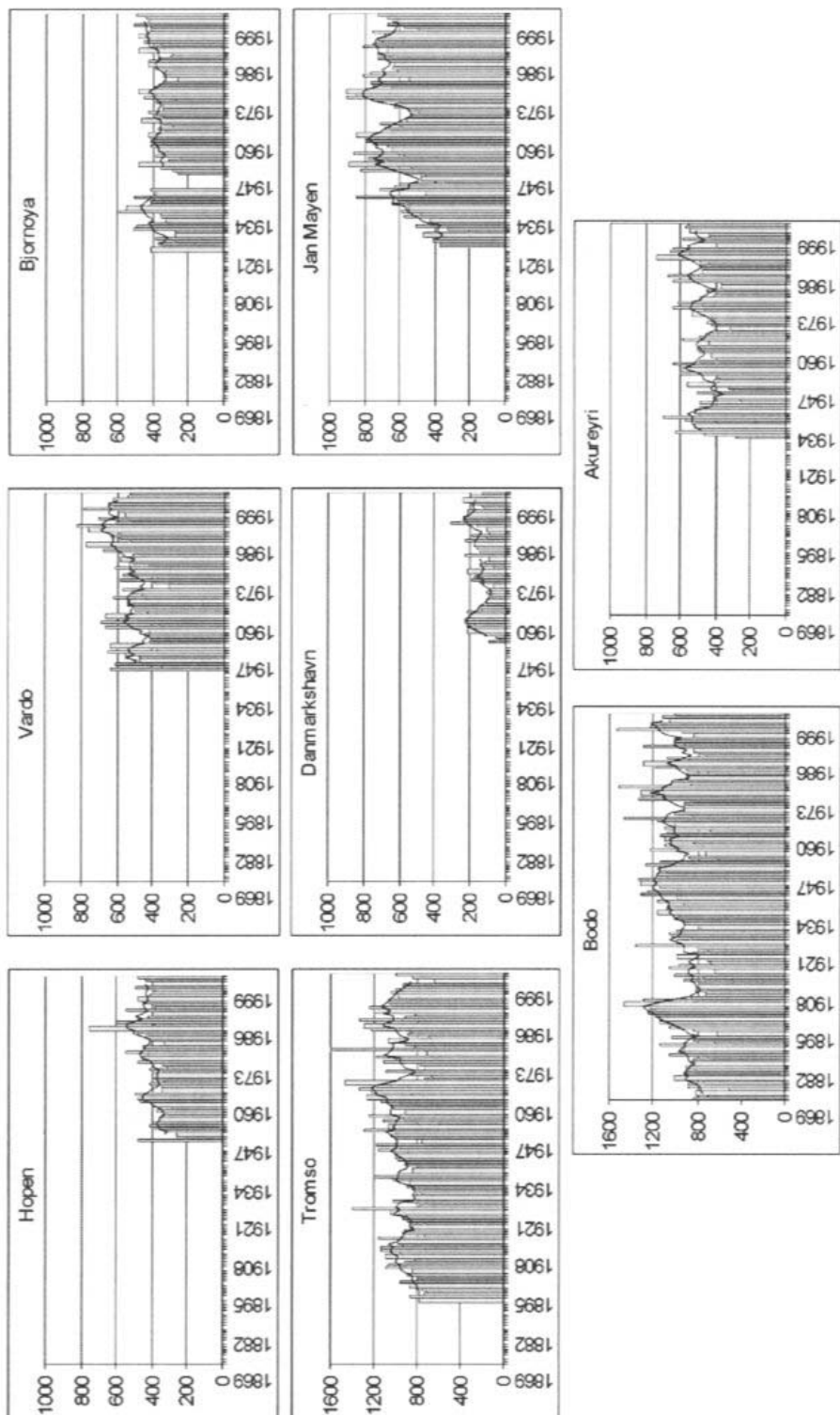
Najwyższy opad odnotowano w Tromsø, a nieznacznie niższy w Bodø. Najniższe roczne sumy opadów na czterech z rozpatrywanych stacji wystąpiły przed rokiem 1950 (tab. 3). Po 1950 roku najniższe opady pojawiły się głównie w latach pięćdziesiątych. Tylko w Jan Mayen, Vardo i Akureyri wystąpiły one w latach sześćdziesiątych. Zdecydowanie najniższą roczną sumę opadów odnotowano na stacji Danmarkshavn. Na pozostałych stacjach najniższe opady roczne osiągały wartości od 210 mm do 709 mm (tab. 3).

Średnie ruchome 5-letnie standaryzowane wartości opadów zazwyczaj nie przekraczały 2δ, za wyjątkiem Jan Mayen (od początku serii obserwacyjnej do I połowy lat 30). Na pozostałych stacjach omawiane wartości dochodziły do, lub były większe niż 1δ. Sytuację taką odnotowano w krótkich odcinkach czasowych przypadających na lata 60-te w Akureyri, Danmarkshavn i Jan Mayen, na lata 40-te w Akureyri, Vardo i Jan Mayen, na lata 80-tych w Hopen oraz na przełom lat 80-tych i 90-tych w Danmarkshavn i Vardo. Występowanie wysokich opadów w latach 60-tych na większości stacji w Arktyce stwierdził R. Przybylak (1996a, 1996b). Warto ponadto dodać, że w krótkich okresach lat 60-tych w Hopen, Tromsø i Vardo standaryzowane wartości rocznych sum opadów były bliskie 1δ. Świadczy to o niewielkich odchyleniach średnich ruchomych 5-letnich sum opadowych od wartości średniej w analizowanych okresach. Znaczne odchylenia sum rocznych opadów (ponad 2δ) odnotowywano jedynie w pojedynczych latach w przypadku wartości nie wygładzonych.

Zarysowujące się tendencje rocznych sum opadów przebiegały w zróżnicowany sposób w zależności od stacji. W Hopen oraz Jan Mayen od początku okresów obserwacyjnych roczne opady wykazywały w mniejszym lub większym stopniu tendencję rosnącą, która zakończyła się w pierwszej połowie lat 80-tych w Hopen i w pierwszej połowie lat 70-tych w Jan Mayen, co potwierdzają I. Hansen-Bauer oraz E. J. Førland (1995). W Vardo do końca lat 70-tych opady roczne były niższe od średniej wieloletniej (1950-2000) natomiast w okresie późniejszym utrzymywały się na poziomie wyższym. Na stacji tej od końca lat 70-tych do końca lat 80-tych zaznaczała się rosnąca tendencja omawianych sum opadów (ryc. 1).

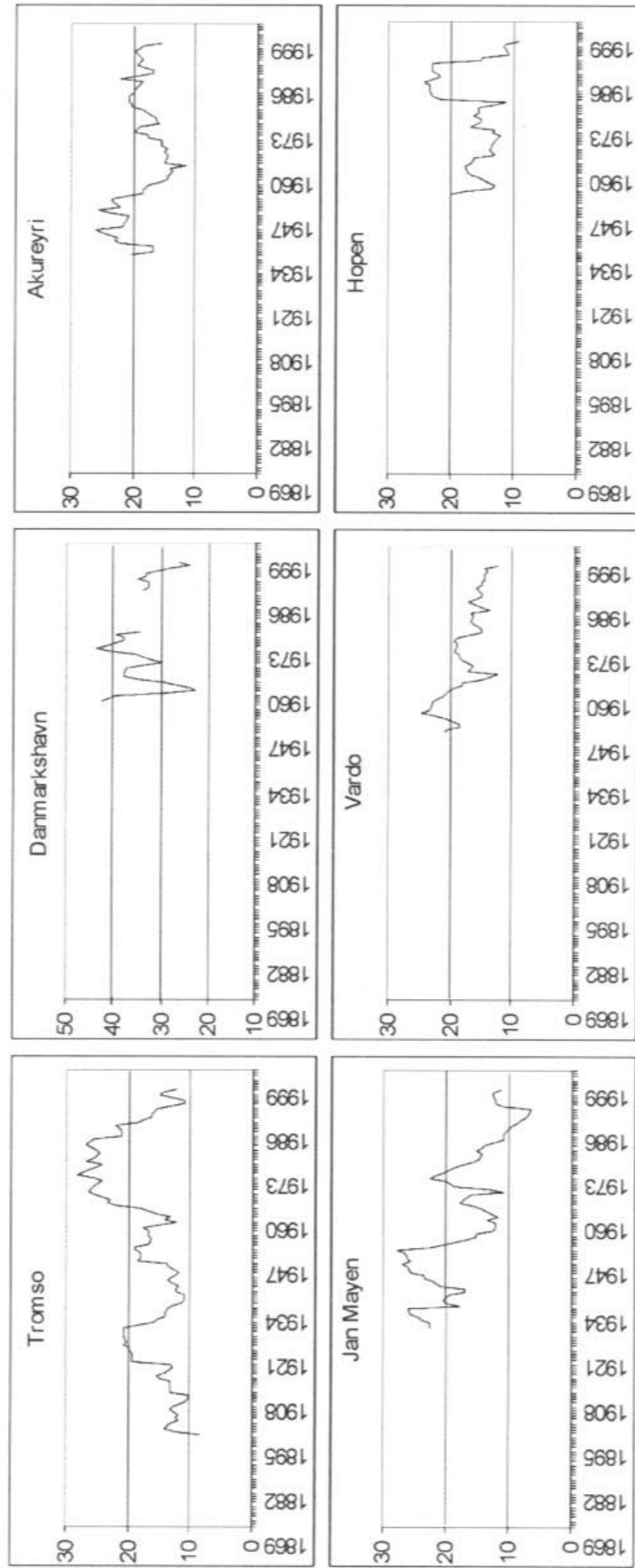
W Björnøya, Bodø oraz Tromsø opady oscylowały wokół średniej wieloletniej z okresu 1950-2000, przy czym w Tromsø od początku okresu obserwacji do połowy lat 60-tych, natomiast w Bodø do połowy lat 40 trwała tendencja wzrostowa opadów rocznych zaburzona przez ich spadek w pierwszym pięcioleciu XX wieku w Bodø oraz w drugim dziesięcioleciu XX wieku w Tromsø (ryc. 1). Na stacji Björnøya wyraźne trendy rosnące odnotowano w okresach od połowy lat 20-tych do początku lat 30-tych oraz początku lat 80-tych do końca XX wieku. W Akureyri opady charakteryzowały się krótkookresowymi tendencjami, natomiast w Danmarkshavn wykazywały dużą zmienność z roku na rok, szczególnie w okresie od połowy lat 60-tych do końca lat 80-tych z zaznaczającą się tendencją rosnącą (ryc. 1). Ogólnie rzecz biorąc stwierdzono, że w przebiegu wieloletnim rocznych sum opadów w Europie w XX wieku dominującą była tendencja wzrostowa, co potwierdzają wyniki badań nad opadami w Europie Zachodniej uzyskanymi przez B. Dahlströma (1994).

Wyznaczone w ruchomych 11-leciach współczynniki zmienności na większości stacji wskazują na spadek zmienności opadów rocznych w ostatnich latach XX wieku. Wyraźny spadek zmienności od końca lat 60-tych lub początku 70-tych uwidacznia się na stacji Tromsø i Danmarkshavn. Na stacjach Akureyri, Björnøya i Bodø podobną tendencję, chociaż w znacznie słabszym stopniu, obserwuje się od około połowy lat 70-tych. W Jan Mayen, Vardo oraz Hopen spadkowa tendencja zmienności opadów dominuje w ciągu całego okresu obserwacji. W Hopen ogólną tendencję spadkową zaburza wzrost zmienności przypadający na drugą połowę lat 70-tych i na lata 80-te (ryc. 2).



Ryc. 1. Wieloletni przebieg rocznych sum opadów na wybranych stacjach meteorologicznych w atlantyckim sektorze Arktyki (do 2000 roku)  
 Fig. 1. Long-term course of annual totals of precipitation at selected meteorological stations in the atlantic sector of the Arctic (up to 2000 year)

— suma opadów - precipitation totals, ——— średnia ruchoma 5-letnia - 5-years running mean



Ryc. 2. Współczynniki zmienności rocznych sum opadów w ruchomych 11-letniach na wybranych stacjach w atlantyckim sektorze Arktyki

Fig. 2. Variability coefficients of annual totals of precipitation within 11-years running means in the atlantic sector of Arctic

## 6. Sezonowe sumy opadów

Na podstawie średnich z lat 1950-2000 stwierdzono że, w analizowanym obszarze największa część opadów rocznych przypada na miesiące jesienne lub zimowe. Jednakże w przebiegu wieloletnim obserwuje się znaczne odstępstwa od tej reguły. Wyraźną dominację opadów jesiennych nad opadami pozostałych pór roku w całym rozpatrywanym okresie stwierdzono jedynie na stacji Bodö. W przypadku pozostałych stacji zdarzały się okresy, w których największa część opadów rocznych pojawiała się w innych sezonach aniżeli w tych, na które wskazywały średnie wieloletnie. I tak na stacjach o dominacji opadów jesiennych w pewnych okresach największa część opadów rocznych pojawiała się w zimie (Tromsö, Jan Mayen, Björnöya), natomiast na stacjach o dominacji opadów zimowych czasem sezonowe maksimum opadowe przesuwało się na miesiące jesienne (Danmarkshavn, Akureyri). Tego rodzaju zmiany rozkładu opadów w ciągu roku nie zmieniają typu ich przebiegu rocznego (typ oceaniczny). Na niektórych stacjach stwierdzono istnienie krótkich okresów, w których największa część opadów rocznych przypadała na miesiące letnie. Sytuację taką odnotowano w Hopen (w pierwszej połowie lat 70-tych), w Vardo (w drugiej połowie lat 60-tych i 70-tych oraz na początku lat 90-tych) oraz na stacji Björnöya w bardzo krótkim odcinku czasowym przypadającym na koniec lat 60-tych. Okresy dominacji opadów letnich (należy podkreślić, że są to okresy bardzo krótkie) świadczą o nasileniu wpływów kontynentalnych na rozkład opadów w ciągu roku.

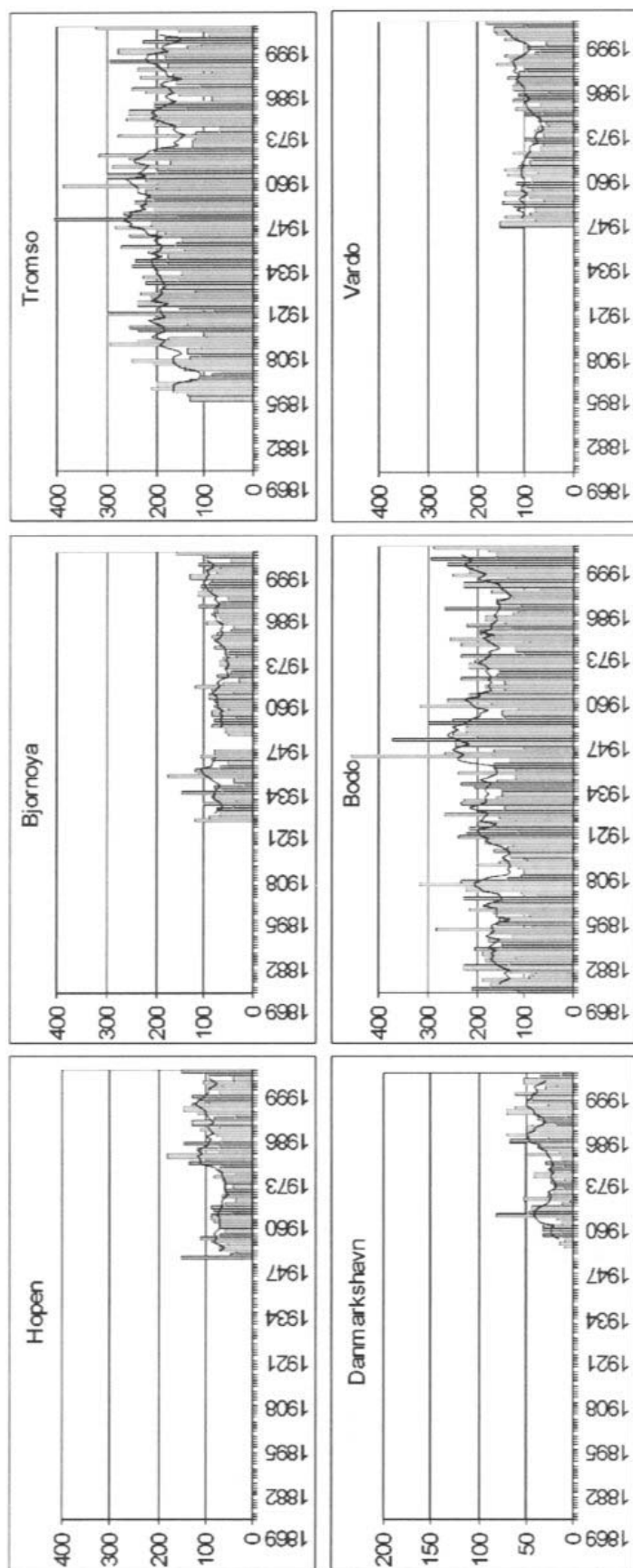
## 7. Zmienność opadów wiosennych

Średnie ruchome 5-letnie odchylenia opadów wiosny rzadko i to nieznacznie przekraczały wartość 1đ i zwykle były to bardzo krótkie przedziały czasu (Tromsö – koniec XIX wieku, Vardo – końcówka lat 90-tych, Akureyri – połowa lat 50-tych, Bodö – koniec lat 30-tych i lata 40-te). Jedyną stacją, na której odchylenia opadów wiosny wyraźnie przewyższyły 1đ jest Jan Mayen i miało to miejsce w okresie od początku serii obserwacyjnej do połowy lat 30-tych oraz w pierwszej połowie lat 40-tych. Warto również dodać, że w Bodö w okresie od końca lat 30-tych do początku lat 50-tych odnotowano „nagromadzenie” lat, w których nie wygładzone wartości standaryzowanych opadów wiosny były większe niż 2đ.

Wspólną cechą przebiegu wieloletniego opadów wiosny na rozpatrywanych stacjach jest okres zaniżonych sum przypadający na lata 60-te (Hopen, Jan Mayen, Tromsö, Vardo, Björnöya, Danmarkshavn) oraz ich wzrost od początku lat 70-tych (Hopen, Jan Mayen, Vardo, Akureyri, Björnöya i Danmarkshavn) (ryc. 3). I. Hanssen-Bauer oraz E. J. Førland (1998) stwierdzili, że na stacji Svalbard Airport wzrost opadów wiosennych zaznaczył się po roku 1950.

Na większości analizowanych stacji na przełomie lat 80-tych i 90-tych odnotowano zmianę kierunku tendencji omawianych sum opadów (ryc. 3). W ostatnich latach XX wieku w Hopen, Tromsö, Akureyri, Björnöya i Danmarkshavn stwierdzono istnienie trendu malejącego opadów wiosennych, który w przypadku niektórych stacji był zahamowany przez wysokie opady w roku 2000, z kolei w Vardo i Bodö zaznaczyła się tendencja wzrostowa (ryc. 3).

Wyznaczone dla ruchomych 11-leci współczynniki zmienności wskazują na spadek zmienności opadów wiosny w ciągu całego okresu obserwacyjnego w Danmarkshavn, Björnöya oraz Vardo. Spadek zmienności wykazują również opady wiosny w Jan Mayen (od końca lat 40-tych) oraz

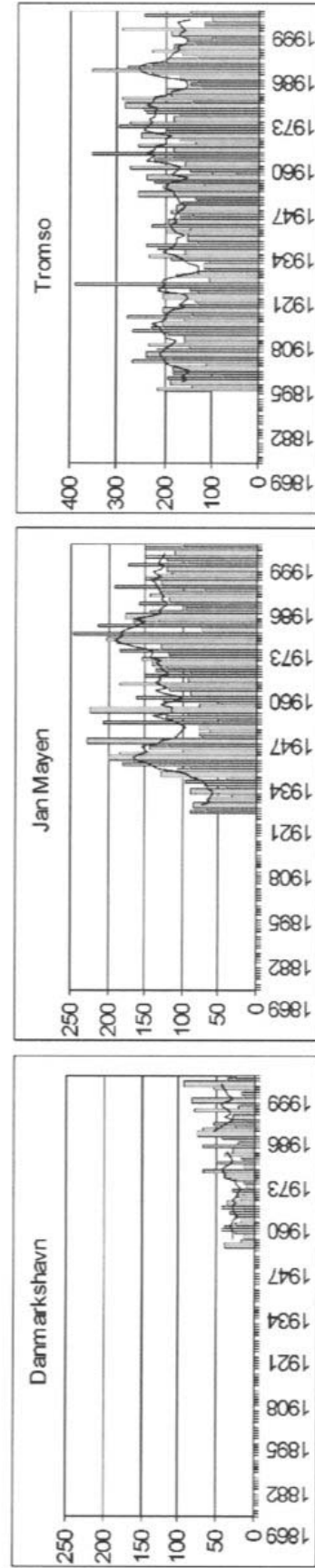


Ryc. 3. Wieloletni przebieg sum opadów wiosny na wybranych stacjach meteorologicznych w atlantyckim sektorze Arktyki (do 2000 roku)

Fig. 3. Long-term course of spring precipitation totals at selected meteorological stations in the atlantic sector of the Arctic (up to 2000 year)

— suma opadów - precipitation totals, ——— średnia ruchoma 5-letnia - 5-years running mean





Ryc. 4. Wieloletni przebieg sum opadów lata na wybranych stacjach meteorologicznych w atlantyckim sektorze Arktyki (do 2000 roku)

Fig. 4. Long-term course of summer precipitation totals at selected meteorological stations in the atlantic sector of the Arctic (up to 2000 year)

— suma opadów - precipitation totals, ——— średnia ruchoma 5-letnia - 5-years running mean

w Hopen (od końca lat 60-tych). Tylko na dwóch stacjach: w Tromsø (od końca lat 20-tych) i w Akureyri (od końca lat 50-tych) zmienność opadów wiosny wzrasta aż do końca XX wieku. W Bodö nie zaznaczają się wyraźne trendy, nie mniej jednak można wspomnieć, iż początek XX wieku oraz lata 30-te i pierwsza połowa lat 40-tych charakteryzowały się wysoką, natomiast końcówka lat 50-tych i lata 60-te małą zmiennością opadów wiosennych.

## 7. Zmienność opadów letnich

Średnie ruchome 5-letnie standaryzowanych sum opadów lata wyraźnie przekroczyły 1 $\delta$  tylko w Jan Mayen od początku okresu obserwacji do początku lat 30-tych (w okresie tym nie wygładzone wartości przekraczały 2 $\delta$  podobnie jak w latach 40-tych i na początku lat 50-tych). Odchylenia opadów letnich od średniej wieloletniej 1950-2000 nieznacznie przekraczały 1 $\delta$  w Jan Mayen i Hopen w pierwszej połowie lat 70-tych zaś w Björnöya w drugiej połowie lat 60-tych. Warto również zwrócić uwagę na znaczne odchylenia opadów letnich w Danmarkshavn w latach 90-tych (wartości nie wygładzone przekraczające 2 $\delta$ ).

Wieloletni przebieg sum opadów lata wskazuje na istnienie trendu rosnącego w Danmarkshavn (ryc. 4) i w Vardo w całym analizowanym okresie. W Hopen i Jan Mayen na lata 70-te (ryc. 4), a w Björnöya nieco wcześniej bo na II połowę lat 60-tych przypada zmiana kierunku tendencji sum opadów letnich – wcześniej zaznaczająca się tendencja wzrostowa została zastąpiona przez tendencję malejącą, trwającą do końca XX wieku. W Tromsø spadek opadów letnich rozpoczął się na początku lat 80-tych. W Bodö generalnie dominowała słaba tendencja wzrostowa, przerywana zaniżonymi sumami na początku XX wieku i na przełomie lat 40-tych i 50-tych. W Akureyri w całym badanym okresie zaś w Bodö od początku lat 70-tych nie stwierdzono istnienia wyraźnych trendów. Z kolei jak twierdzą I. Hansen-Bauer i E. J. Førland (1998) na stacji Svalbard Lufthavn początek wzrostu opadów letnich przypada na I połowę XX wieku.

Zmiany zmienności sum opadów letnich na każdej ze stacji przebiegały w sposób odmienny. Zmienność opadów wzrastała przez cały okres obserwacji jedynie w Danmarkshavn. Podobną, długookresową tendencję odnotowano w Tromsø od początku lat 40-tych oraz w Bodö od początku lat 30-tych (po wcześniejszym spadku zmienności opadów). W Bodö od początku lat 80-tych ponownie zmienność opadów letnich malała. Spadek zmienności opadów letnich w ostatnich latach XX wieku odnotowano również w Hopen, zaś w Akureyri i Björnöya zaznaczały się tendencje przeciwne. W Jan Mayen oraz Vardo od połowy lat 60-tych zmienność omawianych sum opadów utrzymywała się na wyrównanym poziomie.

## 8. Zmienność opadów jesiennych

W przebiegu wieloletnim sumy opadów sezonu jesiennego odznaczają się znacznymi wahaniami z roku na rok. Średnie ruchome 5-letnie standaryzowanych opadów na żadnej ze stacji nie przekroczyły wyraźnie 1 $\delta$ . Na uwagę zasługuje jedynie fakt, że na stacji Björnöya w latach 20-tych i 30-tych odnotowano częste odchylenia opadów jesiennych, które przekraczały wartość 2 $\delta$ .

Zaznaczające się tendencje sum opadów jesieni posiadały zwykle charakter krótkookresowych, a zmiany ich znaku przypadały na różne lata w zależności od stacji. Istnienie długookresowych tendencji stwierdzono na stacji Jan Mayen (trend rosnący – od początku analizowanej serii do połowy

lat 50-tych a następnie malejący do połowy lat 90-tych) i Bodö (trend rosnący – II połowa XIX wieku, I połowa XX wieku). W Hopen, Jan Mayen, Akureyri i Björnöya w ostatnich latach XX wieku nastąpił wzrost, natomiast w Tromsø i Vardo spadek opadów jesiennych. O ogólnej tendencji rosnącej opadów, a szczególnie opadów jesiennych w europejskiej części Północnego Atlantyku pisał również P. Frich (1994).

W podobny, zróżnicowany w zależności od stacji sposób kształtowały się zmiany zmienności opadów sezonu jesiennego. Na większości stacji, kilka (Hopen, Jan Mayen, Akureyri) lub kilkanaście (Tromsø, Vardo) ostatnich lat XX wieku charakteryzowało się spadkiem zmienności opadów. Przy czym można stwierdzić, iż w Hopen generalnie zmienność opadów wzrastała. W Tromsø i Vardo lata 60-te i pierwsza połowa lat 70-tych odznaczała się zaniżonymi wartościami współczynników zmienności podobnie jak w Akureyri, gdzie równie niską zmiennością opadów charakteryzowały się także lata 50-te. W Bodö od początku serii obserwacyjnej do końca XIX wieku wyraźnie uwidacznia się spadek natomiast od końca lat 90-tych do końca XX wieku wzrost zmienności opadów jesiennych. W Danmarkshavn dominuje trend malejący zaś w Björnöya po gwałtownym spadku zmienności przypadającym na lata 20-te i 30-te zmienność sum opadów jesieni utrzymywała się na stałym poziomie.

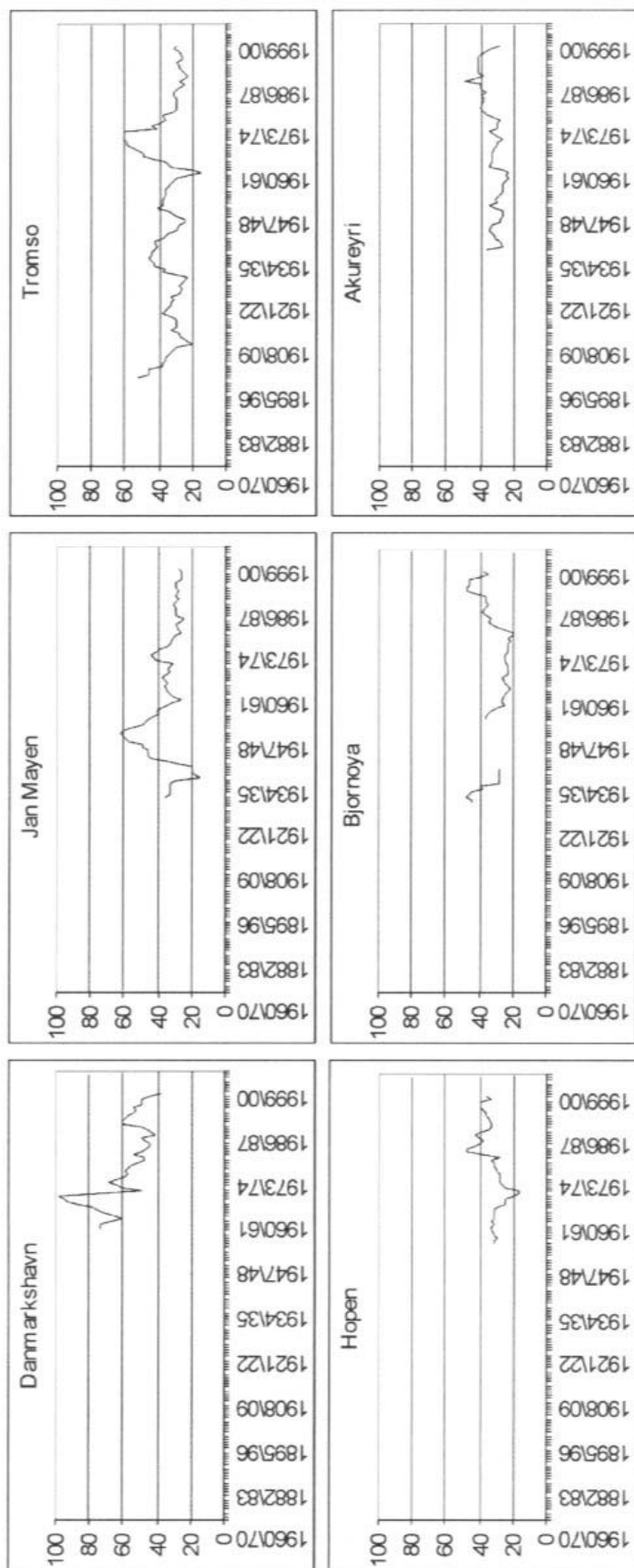
## 9. Zmienność opadów zimowych

W przebiegu wieloletnim zarówno sumy opadów jak i średnie ruchome 11-letnie wartości standaryzowanych sum opadów zachowują się podobnie jak opady roczne. W podobnych okresach odnotowywano występowanie większych odchyłeń opadów zimowych od wartości średnich (1950-2000) jak i zmiany ich tendencji.

Nieco inaczej aniżeli w przypadku sum rocznych kształtowały się zmiany zmienności opadów sezonu zimowego. Ogólny spadek zmienności opadów zimowych przez cały okres obserwacji trwał w Vardo i Danmarkshavn. Podobną tendencję zmienności odnotowano w Tromsø i Bodö od początku lat 70-tych oraz w Jan Mayen od połowy lat 40-tych. W Akureyri dominująca, choć nieznaczna tendencja wzrostowa zmienności opadów sezonu zimowego pod koniec pierwszej połowy lat 80-tych, uległa zmianie na tendencję malejącą. Wzrost zmienności opadów w ostatnich dziesięcioleciach XX wieku odnotowano tylko na stacji Björnöya (od końca lat 70-tych) i Hopen (od połowy lat 60-tych) (ryc. 5).

## 10. Wnioski

Na podstawie przeprowadzonej analizy wieloletniej zmienności opadów w atlantyckim sektorze Arktyki stwierdzono, że na przeważającej liczbie stacji największa część opadów rocznych przypada na miesiące jesienne (październik), zaś najmniejsza na miesiące wiosenne (marzec). W przebiegu wieloletnim zarówno opady roczne jak i sezonowe odznaczały się znacznymi wahaniami ale średnie ruchome 5-letnie ich standaryzowanych wartości rzadko przekraczały 1 $\delta$ . Wyjątek stanowi stacja Jan Mayen (odchylenia rocznych sum opadów w okresie od początku serii obserwacyjnej do I połowy lat 30-tych przekroczyły 2 $\delta$ ). Odchylenia rocznych sum opadów od średniej wieloletniej częściej przekraczały 1 $\delta$  aniżeli sum sezonowych i na większości stacji odnotowywano je w latach 60-tych. Zarysowujące się tendencje rocznych sum opadów przebiegały w zróżnicowany sposób w zależności od stacji. Wspólną cechą przebiegu wieloletniego opadów wiosny jest okres zaniżonych



Ryc. 5. Współczynniki zmienności sum opadów zimy w ruchomych 11-letniach na wybranych stacjach meteorologicznych w atlantyckim sektorze Arktyki  
 Fig. 5. Variability coefficients of winter precipitation totals within 11-years running means at selected meteorological stations in the atlantic sector of Arctic

sum przypadający na lata 60-te oraz ich wzrost od początku lat 70-tych a także zmiana kierunku tendencji na przełomie lat 80-tych i 90-tych. Na stacjach wyspiarskich – w środkowej części analizowanego obszaru (za wyjątkiem Akureyri) i w Tromso w ostatnich latach XX wieku odnotowano malejący trend opadów letnich i rosnący trend opadów jesiennych (za wyjątkiem Tromso). Wyznaczone w ruchomych 11-leciach współczynniki zmienności na większości stacji wskazują na spadek zmienności opadów rocznych oraz wiosennych i zimowych w ostatnich latach XX wieku.

## Literatura

- Dahlström B., 1994. Short term fluctuation of the temperature and precipitation in Western Europe, *Climate Variations in Europe*, in: R. Heino (ed.), *Proceedings of the European Workshop on Climate Variations held in Kirkkonummi (Majvik), Finland, 15-18 May 1994*: 30-37.
- Frich P. (CO-ordinator), Alexandersson H., Aschroft J., Dalstrom B., Demaree G.R., Drebs A., van Engelen A.F.V., Forland E.J., Hanssen – Bauer I., Henio R., Jonsson T., Jonasson K., Keegan L., Nordli P.O., Schmith T., Steffensen P., Tuomenvirta H., Tveito O.E., 1996. *North Atlantic Climatological Dataset (NACD Version 1) – Final Report*, DMI, Copenhagen.
- Frich P., 1994. Precipitation trends in The North Atlantic European region, in: R. Heino (ed.) *Climate variations in Europe, Proceedings of European Workshop on Climate Variations held in Kirkkonummi (Majvik), Finland, 15 – 18 May 1994*, Painatuskeskus, Helsinki: 196-199.
- Gregory S., 1976. *Metody statystyki w Geografii*, PWN, Warszawa: ss. 300.
- Hanssen-Bauer I., Førland E. J., 1995. Regionalisation of Norwegian precipitation trends, in: P. Heikinheimo (ed.), *International Conference on Past, Present and Future Climate, Proceedings of the SILMU conference held in Helsinki, Finland, 22 – 25 August 1995*, Painatuskeskus: 236-239.
- Hanssen-Bauer I., Førland E. J., 1998. Long-term trends in precipitation and temperature, in the Norwegian Arctic: can they be explained by changes in atmospheric circulation patterns?, *Climate Researches*, vol. 10: 143-153.
- Vose R.S., Peterson T.C., Schmoyer R.L., Eischeid J.E., 1995. The Global Historical Climatology Network a preview of version 2. Ninth Conf. on Applied Climatology, Dallas, TX Amer. Meteor. Soc.: 59-64. (zbiór danych w internecie: <http://www.ncdc.nao.gov/pub/data/ghcn/v2/ghcnftp.html>).
- Monthly Climatological Data for the World 1957-1997, NOAA, 1957-1997, vol. 11 – 50, no.1 – 12, Asheville.
- Przybylak R., Marciniak K., 1992. Opady a cyrkulacja atmosferyczna na zachodnim wybrzeżu Spitsbergenu w okresie 1979-1985, *Problemy Klimatologii Polarnej 2, Materiały II Seminarium Meteorologii i Klimatologii Polarnej*, Gdynia, 27-28 marca 1992: 85-95.
- Przybylak R., 1996a. Stosunki termiczne i opadowe w Arktyce w okresie 1961-1990, *Problemy Klimatologii Polarnej 5*, Toruń, 17-18.03.1995: 89-131.
- Przybylak R., 1996b. Zmienność temperatury powietrza i opadów atmosferycznych w okresie obserwacji instrumentalnych w Arktyce, Toruń: ss. 280.
- Serreze M. C., Box J. E., Barry R. G., Walsh J. E., 1993. Characteristics of Arctic synoptic activity, 1952-1989, *Meteorol. Atmos. Phys.*, 51: 147-164.

## The Long-term variability of precipitation in the Atlantic sector of the Arctic

### Summary

In this study the multiyear variability of the annual and seasonal sums of precipitations in the Atlantic sector of Arctic were studied. The analysis were carried out on the base of 8 meteorological stations localized above the 60° N of latitude. The meteorological data were mainly obtained from GHCN(Peterson T. C et. all 1998) and NACD (Frich P. et. all., 1996). It was stated that at the large majority of the meteorological stations the greatest part of annual sums of precipitation appear in autumn and the lowest one in spring. The annual as well as seasonal sums of precipitation were distinguished by considerable variation but their 5-years running of standarized value hardly ever exceeded 1 standard deviation. The coefficients variability counted in the running 11-years periods indicate on decrease of variability of the annual sa well as sprinf and winter sums of precipitation in the greatest part of Atlantic sector of Arctic.