

STRUKTURA BILANSU PROMIENIOWANIA SŁONECZNEGO W NY-ÅLESUND (NW SPITSBERGEN) W LATACH 1989–2003

Tomasz Budzik

Katedra Klimatologii, Wydział Nauk o Ziemi, Uniwersytet Śląski
ul. Będzińska 60, 41–200 Sosnowiec
budzik@wnoz.us.edu.pl

1. Wstęp

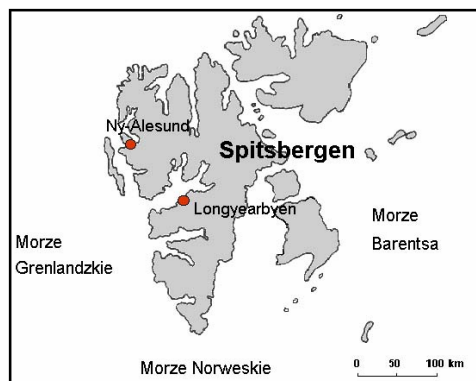
Promieniowanie słoneczne wraz z cyrkulacją atmosferyczną odgrywa zasadniczą rolę w kształtowaniu klimatu Spitsbergenu. Wpływa zarówno na przebieg poszczególnych elementów meteorologicznych jak i na intensywność procesów chemicznych i fizycznych zachodzących w środowisku. W niniejszym artykule przedstawiono wstępną analizę struktury bilansu promieniowania słonecznego dla północno-zachodniej części Spitsbergenu, reprezentowanej przez stację meteorologiczną w Ny-Ålesund, dla okresu 1989–2003.

2. Źródła danych

W pracy wykorzystano sumy dobowe strumieni promieniowania słonecznego (promieniowanie słoneczne całkowite, promieniowanie słoneczne odbite od podłoża, promieniowanie długofalowe atmosfery skierowane do powierzchni Ziemi, promieniowanie długofalowe uchodzące od powierzchni czynnej ku górze) z Ny-Ålesund z okresu 1989–2003. Dla lat 1989–1992 wykorzystano dobowe wartości promieniowania słonecznego udostępnione przez Norsk Polarinstitut w Oslo: Hisdal Finnekåsa i Vinje (1992) oraz Hisdal i Finnekåsa (1996), natomiast dla lat 1993–2003 materiały pomiarowe udostępnione przez „The Alfred Wegener Institute for Polar and Marine Research”: Koenig-Langlo i Marx (1997). Dodatkowo w analizie wykorzystano wartości zachmurzenia (3 obserwacje w ciągu doby) z Ny-Ålesund z okresu 1989–2003, udostępnione przez „Climatology Division, Norwegian Meteorological Institute, Norway”.

Ny-Ålesund położony jest w NW części Spitsbergenu, na północno-wschodnim wybrzeżu półwyspu Brøgger (Brøggerhalvoya), na wybrzeżu Kongsfjordu. Lokalizację stacji meteorologicznej i aktywności w Ny-Ålesund wyznaczają następujące współrzędne geograficzne: $\varphi = 78^{\circ}56'N$ i $\lambda = 11^{\circ}57'E$. Stacja leży na wysokości 11 m n.p.m. (ryc. 1).

Na podstawie wartości dobowych obliczono miesięczne, roczne i wieloletnie średnie oraz sumy promieniowania dla poszczególnych strumieni oraz salda bilansu. Wszystkie wartości strumieni i salda promieniowania podano w MJ/m². Dla zachmurzenia wyliczono z trzech obserwacji dziennych średnie dobowe, następnie miesięczne, roczne i wieloletnie. Wyniki obliczeń podano w tabelach.



Ryc. 1. Lokalizacja Ny-Ålesund na Spitsbergenie

Fig. 1. Ny-Ålesund location in Spitsbergen.

Saldo bilansu promieniowania w pełnym zakresie widma (Q^*) jest sumą algebraiczną wszystkich strumieni promieniowania dochodzących do powierzchni czynnej i od niej uchodzących, w określonym przedziale czasu. Po stronie przychodowej w równaniu bilansu promieniowania znajduje się promieniowanie słoneczne całkowite $K\downarrow$ (bezpośrednie i rozproszone) oraz promieniowanie długofalowe atmosfery skierowane do powierzchni Ziemi $L\downarrow$. Natomiast promieniowanie słoneczne odbite od podłoża $K\uparrow$ oraz promieniowanie długofalowe uchodzące od powierzchni czynnej ku górze $L\uparrow$ (promieniowanie Ziemi) znajdują się po stronie rozchodowej. Bilans promieniowania w pełnym zakresie widma opisuje równanie (za: Oke 1996):

$$Q^* = K^* + L^* \quad [1]$$

$$K^* = K\downarrow - K\uparrow \quad L^* = L\downarrow - L\uparrow$$

$$Q^* = (K\downarrow - K\uparrow) + (L\downarrow - L\uparrow)$$

gdzie:

- Q^* – saldo bilansu promieniowania w pełnym zakresie widma,
- K^* – saldo promieniowania krótkofalowego,
- L^* – saldo promieniowania długofalowego,
- $K\downarrow$ – promieniowanie słoneczne całkowite (bezpośrednie i rozproszone),
- $K\uparrow$ – promieniowanie słoneczne odbite od podłoża (powierzchni czynnej),
- $L\downarrow$ – promieniowanie długofalowe atmosfery skierowane do powierzchni Ziemi (promieniowanie zwrotne atmosfery),
- $L\uparrow$ – promieniowanie długofalowe uchodzące od powierzchni czynnej ku górze (wypromieniowanie Ziemi).

3. Wyniki

3.1. Saldo promieniowania krótkofalowego (K^*)

Saldo promieniowania powierzchni czynnej z zakresie krótkofalowym K^* jest różnicą strumienia promieniowania słonecznego całkowitego $K\downarrow$ oraz strumienia promieniowania słonecznego odbitego od podłoża $K\uparrow$. W przebiegu wieloletnim 1989–2003 (tab. 1) roczne sumy salda K^* wahały się od 931 MJ/m² w 1994 do 1438 MJ/m² w 1995, średnia arytmetyczna dla tego okresu wyniosła 1178 MJ/m². W przebiegu

rocznym (tab. 3), maksymalne wartości miesięcznych sum notowane są w miesiącach letnich (VI–VIII), w których Słońce znajduje się w ciągu doby najwyżej nad horyzontem. Ważną rolę w okresie „letnim” w kształtowaniu bilansu K^* odgrywa rodzaj pokrycia terenu – brak pokrywy śnieżnej, który zmniejsza straty wynikające z odbicia od powierzchni czynnej promieniowania słonecznego. Średnie wieloletnie miesięczne wartości salda bilansu promieniowania krótkofalowego dla tych miesięcy wynoszą odpowiednio: 296 MJ/m², 390 MJ/m² i 225 MJ/m². W okresie „nocy polarnej” przez około 3.5 miesiąca badany obszar Spitsbergenu jest pozbawiony dopływu promieniowania słonecznego.

Tabela 1 – Table 1

Sumy roczne składników promieniowania słonecznego ($K\downarrow$, $K\uparrow$, $L\downarrow$ i $L\uparrow$), salda promieniowania krótkofalowego (K^*) i długofalowego (L^*) oraz salda bilansu promieniowania słonecznego (Q^*) w pełnym zakresie widma w Ny-Ålesund w MJ/m² w okresie 1989–2003

Annual sums of solar radiation components ($K\downarrow$, $K\uparrow$, $L\downarrow$ i $L\uparrow$), short-wave (K^*) and long-wave (L^*) radiation and whole spectrum radiation balance (Q^*) in Ny-Ålesund in the period 1989-2003 (MJ/m²)

Rok Year	$K\downarrow$ MJ/m ²	$K\uparrow$ MJ/m ²	$L\downarrow$ MJ/m ²	$L\uparrow$ MJ/m ²	K^* MJ/m ²	L^* MJ/m ²	Q^* MJ/m ²
1989	2393.90	1221.24	7824.13	8932.53	1172.66	-1108.40	64.26
1990	2157.22	1198.66	8128.36	9148.18	958.56	-1019.82	-61.26
1991	2329.67	1185.25	7773.27	8888.28	1144.42	-1115.01	29.41
1992	2298.22	1071.76	7819.97	8919.87	1226.46	-1099.90	126.56
1993	2634.41	1342.41	7952.94	9061.20	1291.99	-1108.26	183.73
1994	2270.62	1339.76	8002.04	8937.72	930.86	-935.68	-4.82
1995	2363.06	924.64	7749.70	9014.34	1438.42	-1264.64	173.78
1996	2422.65	1337.50	8067.92	9095.46	1085.15	-1027.54	57.61
1997	2372.30	1242.56	7766.00	8966.64	1129.74	-1200.64	-70.90
1998	2573.80	1407.65	7762.58	8956.49	1166.14	-1193.91	-27.77
1999	2287.55	1013.73	8029.13	9196.06	1273.82	-1166.93	106.89
2000	2512.33	1383.81	8028.16	9175.39	1119.95	-1147.23	-27.28
2001	2542.56	1353.61	7929.55	9064.99	1188.95	-1135.44	53.51
2002	2535.53	1199.82	8013.89	9155.44	1335.71	-1141.55	194.16
2003	2339.86	1138.04	7756.86	8895.91	1202.58	-1139.05	63.53
1989–2003	2402.24	1224.03	7906.97	9027.23	1177.69	-1120.27	57.43
1991–2000	2370.95	1206.39	7905.19	9018.42	1164.56	-1113.23	51.32

Na strumień promieniowania całkowitego $K\downarrow$ składają się: promieniowanie bezpośrednie i rozproszone docierające do powierzchni Ziemi. W analizowanym okresie, maksymalną wieloletnią roczną wartość sumy strumienia $K\downarrow$ wynoszącą 2634 MJ/m² zanotowano w roku 1993, a najniższą 2157 MJ/m² obliczono dla 1990 roku (tab. 1). Średnia wieloletnia roczna suma dla tego okresu wyniosła 2402 MJ/m². Porównując obliczenia innych autorów, można stwierdzić podobne wyniki. Dla okresu 1975–1979 w Ny-Ålesund, Vinje (1979) uzyskał średnią wieloletnią roczną sumę 2367 MJ/m².

Dla stacji Isfjord Radio Spinnangr (1968) dla okresu 1951–1960 wyznaczył wieloletnią średnią sumę wynoszącą 2236 MJ/m². Dla Homsundu Głowicki (1985) określił omawianą charakterystykę na 2258 MJ/m². Dla okresu 1979–1995 Styszyńska (1997) za pomocą własnej metody szacowania sum promieniowania całkowitego Słońca obliczyła miesięczne i roczne sumy promieniowania całkowitego. W Hornsundzie średnia wieloletnia roczna suma promieniowania słonecznego całkowitego według tych obliczeń wyniosła 2161 MJ/m², wahając się od 2371 MJ/m² do 1889 MJ/m². W Hornsundzie średnio notuje się o około 200 MJ/m² niższe wartości rocznej sumy promieniowania słonecznego całkowitego aniżeli w Ny-

Ålesund. Przebieg roczny strumienia K_{\downarrow} jest podobny do przebiegu salda K^* , z maksymalnymi wartościami w okresie od kwietnia do sierpnia (tab. 2).

Tabela 2 – Table 2

Miesięczne i roczne sumy promieniowania słonecznego całkowitego (K_{\downarrow}) w MJ/m² w Ny-Ålesund w okresie 1989–2003

Monthly and annual sums of short-wave solar radiation K_{\downarrow} (MJ/m²) in Ny-Ålesund in the period 1989–2003 (MJ/m²)

Rok Year	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Rok Year
1989	0.00	1.96	79.67	302.70	564.20	606.00	451.05	261.95	114.90	11.47	0.00	0.00	2393.90
1990	0.00	2.24	66.65	266.70	577.22	502.80	372.62	288.30	71.70	8.99	0.00	0.00	2157.22
1991	0.00	1.40	59.83	282.60	508.09	650.40	435.86	256.99	122.10	12.40	0.00	0.00	2329.67
1992	0.00	2.32	79.36	307.80	465.62	599.70	486.08	261.64	86.40	9.30	0.00	0.00	2298.22
1993	0.00	0.66	75.56	319.12	682.80	612.84	583.38	238.60	113.11	8.33	0.00	0.00	2634.41
1994	0.00	1.55	75.95	316.96	620.15	573.06	309.93	259.30	103.40	10.32	0.00	0.00	2270.62
1995	0.00	0.29	85.41	309.93	545.91	524.36	467.45	297.35	121.44	10.90	0.00	0.00	2363.06
1996	0.00	1.89	68.75	364.65	644.82	549.10	451.14	232.18	100.31	9.81	0.00	0.00	2422.65
1997	0.00	2.13	92.76	338.37	559.33	654.08	369.52	252.76	93.56	9.80	0.00	0.00	2372.30
1998	0.00	1.97	78.29	370.69	599.27	679.37	450.25	266.85	117.26	9.85	0.00	0.00	2573.80
1999	0.00	1.38	83.24	340.31	502.88	438.51	538.62	280.02	91.59	10.99	0.00	0.00	2287.55
2000	0.00	0.99	81.49	340.97	577.67	695.41	431.64	289.58	88.73	5.85	0.00	0.00	2512.33
2001	0.00	0.99	85.16	321.12	616.40	675.65	480.93	277.33	75.41	9.57	0.00	0.00	2542.56
2002	0.00	1.09	74.62	303.48	667.73	642.08	477.84	248.40	115.44	4.85	0.00	0.00	2535.53
2003	0.00	1.02	83.17	307.83	526.90	569.92	448.30	302.12	90.88	9.72	0.00	0.00	2339.86
Śred. Mean	0.00	1.46	77.99	319.55	577.27	598.22	450.31	267.56	100.42	9.48	0.00	0.00	2402.24

Tabela 3 – Table 3

Miesięczne i roczne sumy salda promieniowania krótkofalowego (K^*) w MJ/m² w Ny-Ålesund w okresie 1989–2003

Monthly and annual sums course of short-wave solar net radiation K^* (MJ/m²) in Ny-Ålesund in the period 1989–2003

Rok Year	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Rok Year
1989	0.00	0.28	9.92	55.20	118.11	330.00	398.66	214.83	43.80	1.86	0.00	0.00	1172.66
1990	0.00	0.28	10.23	36.60	92.38	178.20	333.87	238.70	62.10	6.20	0.00	0.00	958.56
1991	0.00	0.28	7.75	48.90	99.51	343.20	389.67	214.83	37.80	2.48	0.00	0.00	1144.42
1992	0.00	0.29	13.95	62.40	88.04	342.00	424.70	225.99	66.30	2.79	0.00	0.00	1226.46
1993	0.00	0.40	17.83	58.56	147.73	287.86	493.84	202.87	79.16	3.75	0.00	0.00	1291.99
1994	0.00	1.55	14.26	62.51	113.37	199.99	264.94	205.10	62.45	6.70	0.00	0.00	930.86
1995	0.00	0.29	23.14	77.98	141.44	431.12	402.89	253.40	100.27	7.90	0.00	0.00	1438.42
1996	0.00	1.17	17.13	75.79	134.41	206.03	391.09	190.42	64.50	4.61	0.00	0.00	1085.15
1997	0.00	1.16	18.68	65.21	100.81	343.53	318.82	216.64	55.10	9.80	0.00	0.00	1129.74
1998	0.00	1.37	16.52	83.06	104.29	271.95	389.78	229.44	66.64	3.07	0.00	0.00	1166.14
1999	0.00	0.82	20.43	70.71	121.12	282.08	462.22	240.21	74.15	2.08	0.00	0.00	1273.82
2000	0.00	0.00	12.63	64.81	130.65	254.66	370.03	235.72	51.45	0.00	0.00	0.00	1119.95
2001	0.00	0.13	18.45	67.80	117.88	275.24	413.83	235.09	57.32	3.22	0.00	0.00	1188.95
2002	0.00	0.20	16.65	58.43	137.89	430.83	404.90	211.76	71.69	3.36	0.00	0.00	1335.71
2003	0.00	0.10	17.14	65.45	131.35	267.19	385.28	254.69	75.93	5.44	0.00	0.00	1202.58
Śred. Mean	0.00	0.55	15.65	63.56	118.60	296.26	389.64	224.65	64.58	4.22	0.00	0.00	1177.69

Najwyższa wartość wieloletniej sumy rocznej promieniowania słonecznego odbitego od powierzchni czynnej $K\uparrow$ wynosząca 1408 MJ/m² zanotowana została w 1998; najniższa roczna suma 925 MJ/m² odnotowana została w 1995. Średnia arytmetyczna suma strumienia $K\uparrow$ dla tego okresu wynosi 1224 MJ/m² (tab. 1). Dla dnia polarnego średnia wartość albedo wynosi więc 51%. W przebiegu rocznym maksymalne wartości strumienia $K\uparrow$ notowane są dla miesięcy IV, V, VI (wieloletnie średnie miesięczne sumy: 256 MJ/m², 459 MJ/m², 302 MJ/m²), w okresie zimowym XI–I wartość $K\uparrow$ tak jak pozostałych strumieni promieniowania słonecznego krótkofalowego – wynosi zero. W kwietniu i maju wskutek zalegania pokrywy śnieżnej albedo powierzchni czynnej wynosi aż 80%. W czerwcu, kiedy pokrywa śnieżna zanika zmniejsza się do 51%. Natomiast powierzchnia tundry lipcu i sierpniu odbija już tylko odpowiednio 13% i 16% promieniowania całkowitego. W Hornsundzie podobne wartości albedo tundry w miesiącach letnich 1980–1981 wynoszące 11–16% stwierdził Głowicki (1985), a w latach 1989–1990 Niedźwiedz (1993) określił je na 14–18%.

3.2. Saldo promieniowania długofalowego (L^*)

Saldo promieniowania długofalowego L^* stanowi różnicę między strumieniem $L\downarrow$ a strumieniem $L\uparrow$. W latach 1989–2003 średnie roczne saldo L^* wyniosło –1120 MJ/m² (tab. 1). Maksymalne wartości salda L^* zaobserwowano w 1994 i wyniosło –936 MJ/m², najniższą wartość salda L^* –1265 MJ/m² obliczono dla 1995. W przebiegu rocznym, wartość wieloletniej miesięcznej średniej sumy salda L^* waha się od –80 MJ/m² we wrześniu do –128 MJ/m² w lipcu.

Tabela 4 – Table 4

Miesięczne i roczne sumy salda promieniowania długofalowego (L^*) w MJ/m² w Ny-Ålesund w okresie 1989–2003
 Monthly and annual sums of long-wave net radiation L^* (MJ/m²) in Ny-Ålesund in the period 1989–2003

Rok Year	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Rok Year
1989	-91.76	-57.12	-68.20	-85.80	-93.00	-79.20	-136.71	-100.13	-84.30	-83.70	-92.70	-135.78	-1108.40
1990	-117.49	-115.08	-111.29	-43.80	-59.21	-4.20	-99.82	-128.96	-62.10	-73.16	-108.30	-96.41	-1019.82
1991	-106.33	-58.52	-84.63	-90.30	-82.15	-82.20	-107.57	-97.65	-95.70	-87.11	-112.80	-110.05	-1115.01
1992	-98.58	-63.80	-75.33	-109.20	-52.39	-96.60	-140.74	-104.47	-58.20	-113.77	-68.40	-118.42	-1099.90
1993	-102.53	-82.19	-81.33	-74.08	-108.71	-86.38	-164.40	-81.95	-87.45	-99.90	-49.23	-90.10	-1108.26
1994	-115.89	-53.87	-63.37	-76.41	-87.65	-51.68	-59.48	-86.70	-66.99	-96.22	-85.42	-91.97	-935.68
1995	-123.01	-89.12	-99.39	-90.68	-76.58	-120.94	-131.66	-124.81	-103.37	-111.65	-94.55	-98.87	-1264.64
1996	-58.30	-60.79	-70.84	-110.79	-110.63	-55.93	-110.36	-84.30	-78.81	-99.56	-90.14	-97.10	-1027.54
1997	-88.15	-92.50	-107.18	-104.75	-94.74	-135.12	-114.41	-110.59	-82.95	-126.61	-76.78	-66.86	-1200.64
1998	-96.08	-117.75	-100.38	-112.71	-98.94	-95.22	-131.98	-95.29	-99.44	-88.21	-76.58	-81.35	-1193.91
1999	-85.86	-108.41	-103.76	-94.12	-69.08	-69.15	-170.95	-110.44	-62.52	-91.90	-88.70	-112.04	-1166.93
2000	-109.55	-116.93	-102.62	-87.96	-94.82	-114.66	-123.84	-117.30	-65.14	-38.21	-56.20	-120.03	-1147.23
2001	-74.24	-75.85	-105.39	-98.86	-122.04	-97.29	-152.20	-104.88	-63.43	-80.00	-80.96	-80.31	-1135.44
2002	-85.01	-110.44	-84.21	-65.28	-107.56	-121.20	-140.39	-95.96	-96.15	-100.38	-43.62	-91.33	-1141.55
2003	-127.24	-66.63	-79.50	-81.28	-83.89	-76.25	-132.83	-120.29	-95.93	-89.78	-79.17	-106.27	-1139.05
Śred. Mean	-98.67	-84.60	-89.16	-88.40	-89.42	-85.74	-127.82	-104.25	-80.17	-92.01	-80.24	-99.79	-1120.27

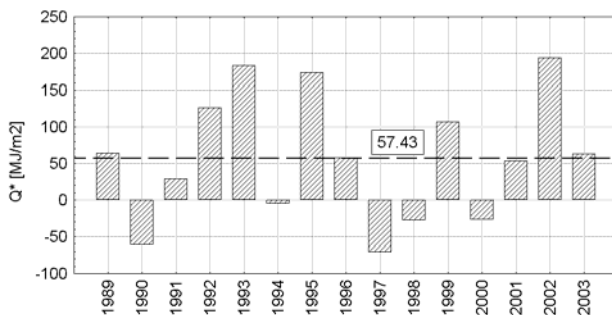
Wartości strumienia $L\downarrow$ w analizowanym okresie wahały w granicach od 8128 MJ/m² w 1990 do 7750 MJ/m² w 1995. Promieniowanie długofalowe atmosfery $L\downarrow$ emitowane jest w głównej mierze przez parę wodną, dwutlenek węgla, ozon itp., a w jego kształtowaniu największe znaczenie odgrywa zachmurzenie – stopień zachmurzenia oraz rodzaj chmur. Średnia wieloletnia roczna suma strumienia $L\downarrow$ wyniosła 7907

MJ/m² (tab.1) W okresie rocznym, najwyższe wartości strumienia L_↓ notuje się w lipcu i sierpniu (powyżej 800 MJ/m²), a najniższe wartości, nawet poniżej 430 MJ/m² zanotowano w lutym.

Promieniowanie długofalowe L_↑ uchodzące od powierzchni czynnej ku atmosferze zależy od rodzaju i temperatury powierzchni. Minimum wieloletniej rocznej sumy promieniowania długofalowego L_↑ wynoszące 8888 MJ/m² odnotowano w roku 1991, a maksymalne 9196 MJ/m² w 1999. Przeciętna wieloletnia roczna wartość strumienia L_↑ wyniosła 9027 MJ/m². Przebieg strumienia L_↑ w ciągu roku jest podobny do przebiegu L_↓. Największe miesięczne wartości notowane są dla lipca i sierpnia (powyżej 900 MJ/m²), a najniższe dla lutego (około 600 MJ/m²).

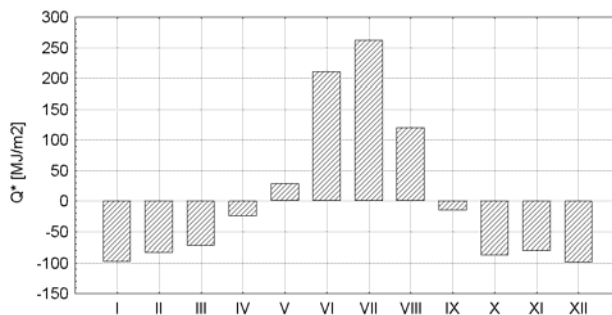
3.3. Bilans promieniowania (Q*)

Bilans promieniowania w pełnym zakresie widma Q* opisuje wzór [1]. W przebiegu wieloletnim można zauważyć duże wahania wartości salda Q*. Najwyższe sumy roczne 194 MJ/m², 184 MJ/m² i 174 MJ/m² zaobserwowano w latach 2002, 1993 i 1995. Najniższe ujemne wartości Q* -71 MJ/m² i -61 MJ/m² zanotowano w 1997 i 1990. Średnia arytmetyczna salda Q* dla okresu 1989–2003 wyniosła 57 MJ/m² (tab.1, ryc. 2).



Ryc. 2. Przebieg wieloletni rocznych sum salda bilansu promieniowania słonecznego w pełnym zakresie widma Q* w MJ/m² w Ny-Ålesund w okresie 1989–2003

Fig. 2. Annual sums of net radiation Q* [MJ/m²] in Ny-Ålesund in the period 1989–2003



Ryc. 3. Przebieg roczny średnich miesięcznych sum salda bilansu promieniowania słonecznego w pełnym zakresie widma Q* w MJ/m² w Ny-Ålesund w okresie 1989–2003

Fig. 3. Annual course of net radiation Q* mean sums in Ny-Ålesund in the period 1989–2003

Tabela 5 – Table 5

Miesięczne i roczne sumy salda bilansu promieniowania słonecznego w pełnym zakresie widma (Q^*) w MJ/m² w Ny-Ålesund w okresie 1989–2003

Monthly and annual sums of net radiation balance Q^* (MJ/m²) in Ny-Ålesund in the period 1989–2003

Rok Year	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Rok Year
1989	-91.76	-56.84	-58.28	-30.60	25.11	250.80	261.95	114.70	-40.50	-81.84	-92.70	-135.78	64.26
1990	-117.49	-114.80	-101.06	-7.20	33.17	174.00	234.05	109.74	0.00	-66.96	-108.30	-96.41	-61.26
1991	-106.33	-58.24	-76.88	-41.40	17.36	261.00	282.10	117.18	-57.90	-84.63	-112.80	-110.05	29.41
1992	-98.58	-63.51	-61.38	-46.80	35.65	245.40	283.96	121.52	8.10	-110.98	-68.40	-118.42	126.56
1993	-102.53	-81.79	-63.50	-15.52	39.02	201.48	329.43	120.92	-8.29	-96.15	-49.23	-90.10	183.73
1994	-115.89	-52.32	-49.11	-13.90	25.71	148.31	205.46	118.39	-4.54	-89.53	-85.42	-91.97	-4.82
1995	-123.01	-88.83	-76.26	-12.70	64.86	310.18	271.23	128.59	-3.10	-103.76	-94.55	-98.87	173.78
1996	-58.30	-59.62	-53.71	-35.00	23.79	150.10	280.73	106.12	-14.31	-94.94	-90.14	-97.10	57.61
1997	-88.15	-91.34	-88.50	-39.55	6.07	208.41	204.41	106.05	-27.86	-116.81	-76.78	-66.86	-70.90
1998	-96.08	-116.37	-83.86	-29.64	5.36	176.73	257.81	134.15	-32.80	-85.14	-76.58	-81.35	-27.77
1999	-85.86	-107.59	-83.32	-23.41	52.04	212.92	291.27	129.77	11.63	-89.82	-88.70	-112.04	106.89
2000	-109.55	-116.93	-89.99	-23.15	35.83	140.00	246.20	118.42	-13.69	-38.21	-56.20	-120.03	-27.28
2001	-74.24	-75.72	-86.94	-31.06	-4.16	177.96	261.63	130.20	-6.11	-76.78	-80.96	-80.31	53.51
2002	-85.01	-110.24	-67.56	-6.85	30.33	309.63	264.51	115.79	-24.47	-97.02	-43.62	-91.33	194.16
2003	-127.24	-66.53	-62.35	-15.83	47.47	190.94	252.45	134.40	-20.00	-84.34	-79.17	-106.27	63.53
Śred. Mean	-98.67	-84.05	-73.51	-24.84	29.17	210.52	261.81	120.40	-15.59	-87.79	-80.24	-99.79	57.43

W przebiegu rocznym (ryc. 3) dodatnie miesięczne sumy salda Q^* notowane są w okresie dnia polarnego, od maja do września, w których najważniejsze znaczenie ma strumień K_{\downarrow} . Maksymalna miesięczna suma salda Q^* 329 MJ/m² obliczona była dla lipca 1993 (tab. 5). Najniższą miesięczną sumę Q^* wynoszącą -136 MJ/m² zanotowano dla grudnia 1989 roku, kiedy najwyższe znaczenie w saldzie bilansu Q^* mają wartości salda promieniowania długofalowego L^* .

3.4. Zachmurzenie a bilans promieniowania słonecznego

Zachmurzenie jest elementem meteorologicznym mającym duże znaczenie w kształtowaniu salda bilansu promieniowania słonecznego (Niedźwiedz 1993). Średnie wieloletnie ogólne zachmurzenie w Ny-Ålesund wynosi 5.4 oktanta z największym zachmurzeniem w lipcu i sierpniu (> 6.4) i najniższym (< 4.5) w styczniu i lutym. Związane jest to z kierunkami adwekcji mas powietrza, które kształtują w danym momencie warunki pogodowe. Można stwierdzić, że największy wpływ na roczne saldo bilansu promieniowania słonecznego odgrywa zachmurzenie piętra niskiego i średniego, w szczególności zachmurzenie w lipcu i październiku. Zauważono, iż zachmurzenie przez chmury (średniego i niskiego piętra) w lipcu większe od 5.9 oktanta determinuje ujemne roczne saldo bilansu promieniowania Q^* .

4. Podsumowanie

Na podstawie danych z lat 1989–2003 scharakteryzowano wieloletni i roczny przebieg promieniowania słonecznego w Ny-Ålesund. Analiza tego materiału pozwoliła na sformułowanie następujących stwierdzeń:

– w analizowanym okresie, maksymalne wieloletnie roczne wartości sumy strumienia K_{\downarrow} wynoszące 2634 MJ/m² zanotowano w roku 1993, najniższą wartość 2157 MJ/m² w 1990 roku. Średnia wieloletnia

roczna suma wyniosła 2402 MJ/m². W przebiegu rocznym strumienia K_↓ i salda K*, maksymalne wartości notuje się w okresie kwietnia do sierpnia, a zerowe wartości podczas „nocy polarnej”,

– w przebiegu wieloletnim roczne saldo bilansu promieniowania słonecznego Q* wahało się od –71 MJ/m² do 194 MJ/m², średnia arytmetyczna Q* dla okresu 1989–2003 wyniosła 57 MJ/m². W przebiegu rocznym najwyższe wartości salda Q* notuje się w czerwcu i lipcu, średnio 210-260 MJ/m², najniższe podczas „nocy polarnej” od października do lutego (–87 MJ/m² do –100 MJ/m²), kiedy to saldo bilansu Q* kształtowane jest wyłącznie przez promieniowanie długofalowe L*,

– zachmurzenie jest jednym z najważniejszych elementów meteorologicznych, ograniczającym dopływ energii i zmieniającym saldo promieniowania (K*, L*, Q*), a w okresie „nocy polarnej” mający istotny wpływ poprzez zmiany salda L* w ogólnym bilansie promieniowania Q*. Duży wpływ na strumień K_↓ i przez to na roczne saldo Q* mają chmury piętra niskiego i średniego, w szczególności stopień zachmurzenia w lipcu.

Literatura

- Głowicki B., 1985, Radiation conditions in the Hornsund area (Spitsbergen), Polish Polar Research, 6, 3: 301-318.
- Hisdal V., Finnekåsa Ø., Vinje T., 1992, Radiation measurements in Ny-Ålesund, Spitsbergen, 1981-87, Norsk Polarinstitutt, Oslo.
- Hisdal V., Finnekåsa Ø., 1996, Radiation measurements in Ny-Ålesund, Spitsbergen, 1988-92, Norsk Polarinstitutt, Oslo.
- Koenig-Langlo G., Marx, B., 1997, The Meteorological Information System at the Alfred Wegener Institute. In: Climate and Environmental Database Systems. Edited by Lautenschlager, M. and Reinke, M. Kluwer Academic Publisher, USA Norwell.
- Niedźwiedz T., 1993, The main factors forming the climate of the Honsund (Spitsbergen), Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Jagiellońskiego, Prace Geograficzne z. 94: 49-63.
- Oke T.R., 1996, Boundary layer climates, Routledge, London New York.
- Spinnangr G., 1968, Global radiation and duration of sunshine in Northern Norway and Spitsbergen, Meteorologiske Annaler, 5, 3:301-318.
- Styszyńska A., 1997, Valuation of the monthly sum of the total sun radiation in Hornsund (SW Spitsbergen), Wyprawy Geograficzne na Spitsbergen UMSC, Lublin: 163:172.
- Vinje T., 1974-1979, Radiation conditions in Spitsbergen in 1974-79, Norsk Polarinstitutt Årbok 1974-79, Oslo.

STRUCTURE OF SOLAR RADIATION BALANCE IN NY-ALESUND (NW SPITSBERGEN) IN THE PERIOD 1989-2003

Summary

This case describes structure of solar radiation balance in Ny-Ålesund, Spitsbergen, basing on twenty-four-hour's magnitudes in 1989–2003. We put to the analysis each radiation streams: shortwave (K_↓ and K_↑) and longwave (L_↓ and L_↑). Basing on it one year's and monthly balances were estimated: (K*, L*, Q*).

The radiation data used in this article are derieved from: Norsk Polarinsitutt in Oslo: Hisdal, Finnekasa and Vinje (1992) and Hisdal and Finnekasa (1996); „The Alfred Wegener Institute for Polar

and Marine Research⁷: Koenig-Langlo and Marx (1997). The data of clouds from Ny-Ålesund are derived from: Climatology Division, Norwegian Meteorological Institute, Norway.

In 1989–2003 period – annual radiation balance Q^* in whole spectrum was oscillating from – 71 MJ/m² to 194 MJ/m², average Q^* was 57 MJ/m². Highest values of Q^* in year are recorded on June, July – average – 210–260 MJ/m², lowest on polar night period – October–February (–87 MJ/m² to –100 MJ/m²).

Short-wave radiation balance K^* was depending on sun level, sculpture of the earth's surface and cloudiness modify amount of downward sun energy. Yearly balance sums of short-wave radiation K^* was oscillating from 931 MJ/m² to 1438 MJ/m², average – 1178 MJ/m². Yearly course of stream K_{\downarrow} and balance K^* shows maximum from April to August and zero values in November-February period.

Analyzing many year's estimation – highest yearly sum of K_{\downarrow} stream – 2634 MJ/m² – was recorded on 1993 and lowest – 2157 MJ/m² on 1990, average of sums in this period was – 2402 MJ/m².

Average yearly balance of L^* was 1120 MJ/m² on 1989-2003 period. Annual balance sums were oscillating from –936 MJ/m² to –1265 MJ/m².