STRUMIENIE EMISJI AEROZOLU MORSKIEGO W REJONIE SZELFU SPITSBERGENSKIEGO

Tomasz Petelski, Maria Chomka
Zakład Dynamiki Morza, Instytut Oceanologii PAN w Sopocie

WSTĘP

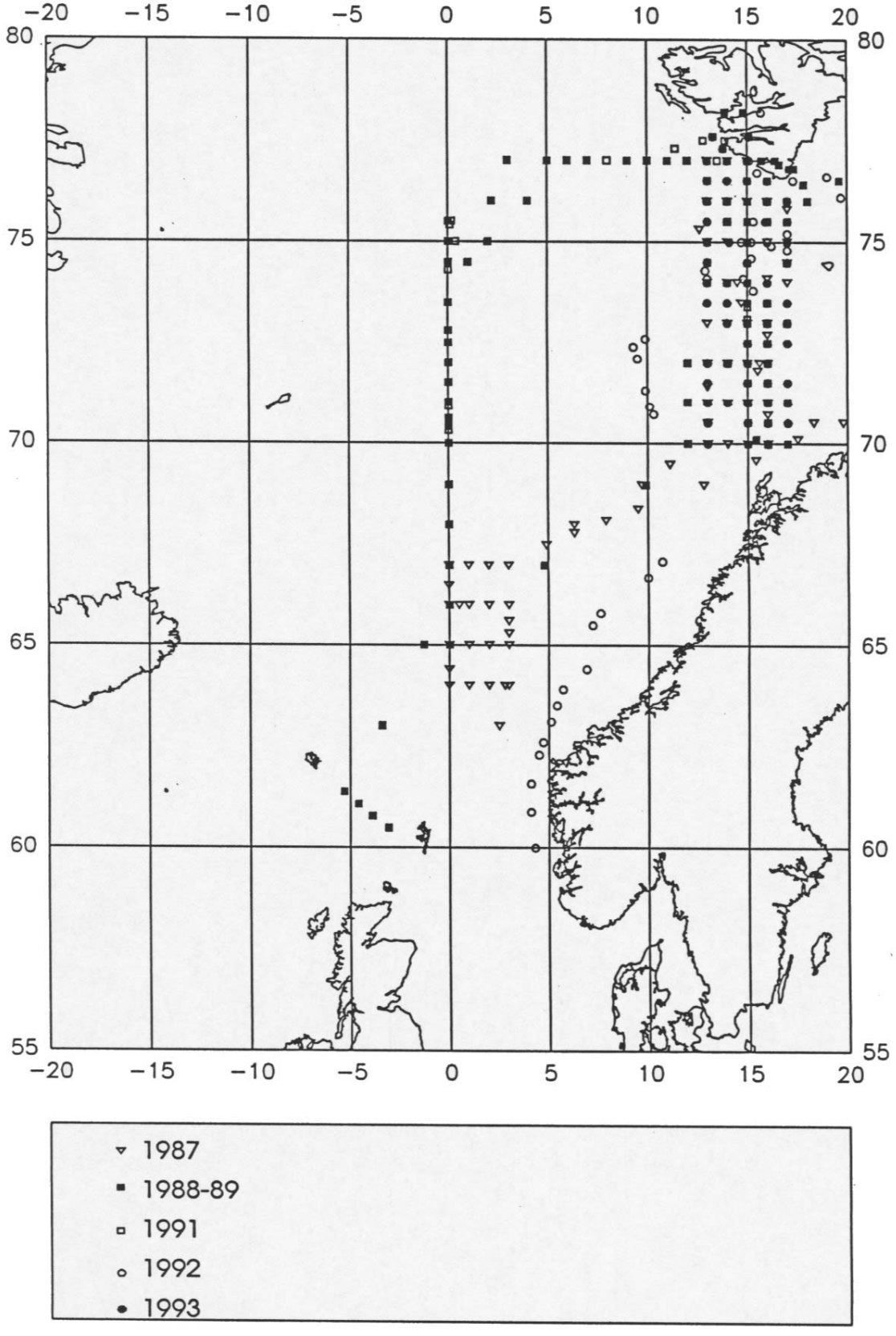
Emisja aerozolu z powierzchni morza jest istotnym składnikiem wymiany masy, energii i pędu między morzem a atmosferą. Wraz z aerozolami wynoszone są do atmosfery substancje chemiczne i biologiczne, które przenoszone są na inne akweny i lądy. Tak więc strumienie emisji aerozolu morskiego są niezbędnym składnikiem modeli rozprzestrzeniania się zanieczyszczeń w atmosefrze i hydrosferze.

POMIARY

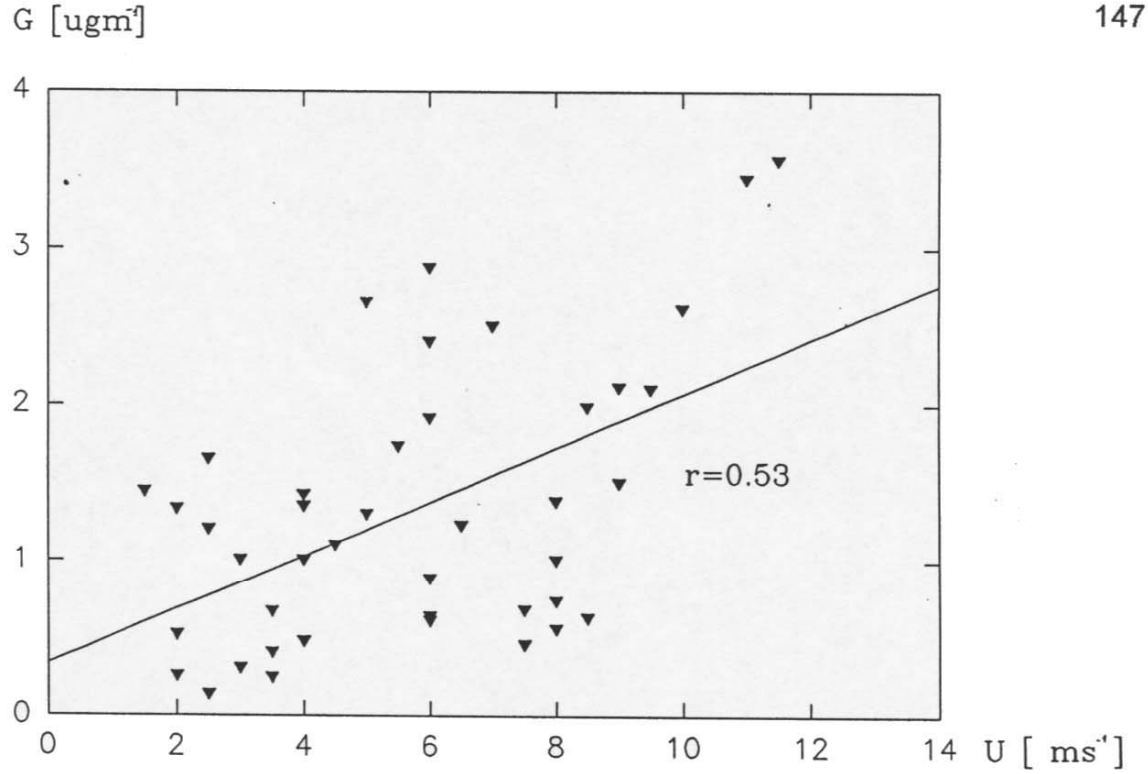
Badania w kolejnych rejsach AREX prowadzone były na obszarze Morza Norweskiego i Barentsa między brzegami Norwegii i Spitsbergenu, a także na Morzu Grenlandzkim. Mapa punktów pomiarowych przedstawiona jest na ryc.1. Pomiary dokonywane były w miesiącach letnich. Rejsy: AREX-88, AREX-89 i AREX-93 odbyły się w lipcu i sierpniu, natomiast rejsy AREX-91 i AREX-92 w czerwcu i lipcu. Próby aerozolu marygenicznego pobierano przy pomocy impaktora sześciokaskadowego, dokładny opis warunków pomiarów i dane z poprzednich rejsów AREX-88, AREX-89, AREX-91 i AREX-92 zawarte są w pracy Petelskiego i Chomki (1994).

ZAKRESY ZMIENNOŚCI KONCENTRACJI AEROZOLU

Wyniki pomiarów z rejsu AREX-93 są uzupełnieniem powyższej pracy o nowe dane i stanowią dobry materiał umożliwiający określenie dynamiki aerozoli morskich w tym rejonie. Na ryc. 2 przedstawione są zmiany koncentracji wagowej aerozoli morskich w zależności od prędkości wiatru. Współczynnik korelacji wynosi 0.53. W stosunku do poprzednich lat koncentracja wagowa nieco zmalała, jednakże zawiera się w przedziale wartości obliczonych przez innych autorów: (Lovett, 1978; Stramska, 1983; Marks, 1990).



Ryc. 1. Punkty poboru prób w trakcie kolejnych programów AREX.

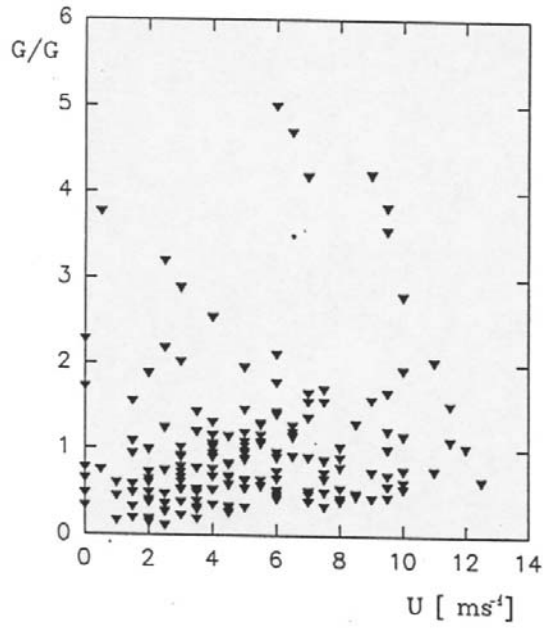


Ryc. 2. Zależność koncentracji masy soli (G) od prędkości wiatru (U), AREX-93.

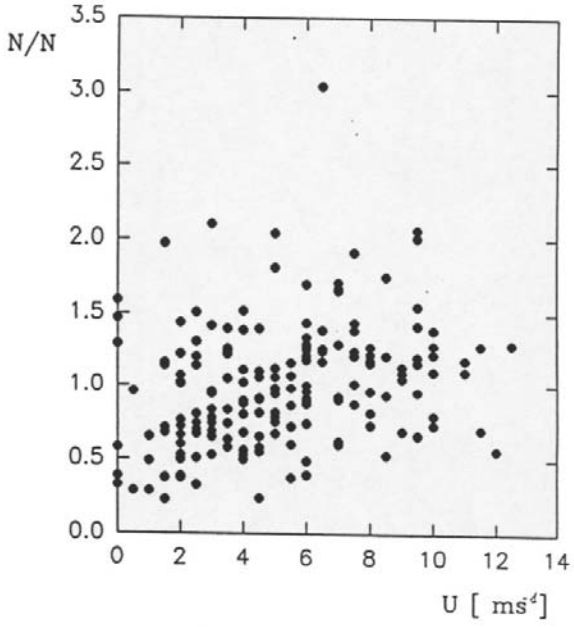
W tabeli 1. zebrano wartości minimalne, maksymalne i średnie koncentracji wagowych aerozoli dla wszystkich omawianych rejsów. Przedstawiają one aktywność aerozolową badanego obszaru z pięciolecia (1988-1993). Na zmienność pomiędzy nimi wpływają nie tylko warunki meterologiczne, ale także okres pomiarów (przesunięcie o miesiąc) i nieznacznie inny obszar poligonu pomiarowego.

Tabela 1. Koncentracja wagowa aerozoli zebranych w trakcie kolejnych rejsów r/v "Oceania".

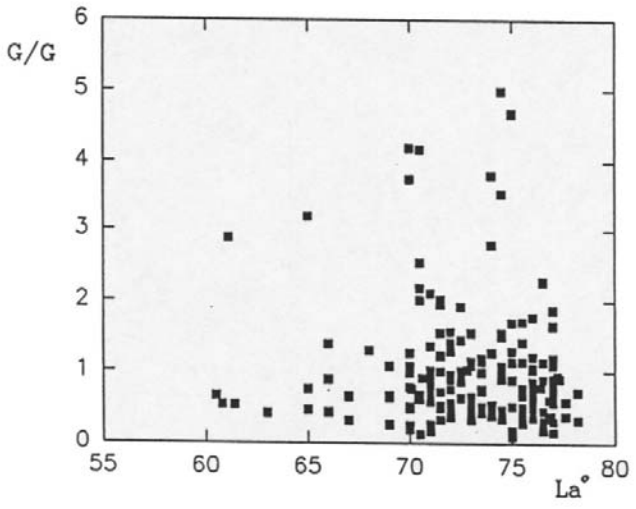
ROK	koncentracje wagowe [μm^{-1}]		
	średni	min	max
1988	1.76	0.329	6.595
1989	3.82	1.16	16.022
1991	6.86	3.06	10.44
1992	1.61	0.208	8.015
1993	1.36	0.13	5.65



Ryc. 3. Względna koncentracja masy aerozolu od prędkości wiatru (U).



Ryc. 4. Względna koncentracja N/N aerozolu od prędkości wiatru (U).



Ryc. 5. Względna koncentracja masy G/G aerozolu od szerokości geograficznej (La).

Względne koncentracje wagowe (ryc. 3) i ilościowe (ryc. 4) aerozolu, pokazują wzrost dynamiki emisji przy dużych prędkościach wiatru. Największą różnorodność zmian, a przy tym najwyższą korelację miedzy prędkością wiatru a ilością aerozoli uzyskano dla szerokości geograficznych powyżej 70° (ryc. 5), mierzone koncentracje pięciokrotnie przewyższały wartości średnie gdy przy mniejszych szerokościach nie przekraczały 3.

STRUMIENIE EMISJI AEROZOLI

Na podstawie danych o koncentracji aerozolu i pomiarów meteorologicznych oszacowano strumienie emisji aerozolu morskiego. Z teorii podobieństwa Monina-Obuchowa dla przywodnej warstwy atmosfery (Zilintykiewicz et all., 1978) wynika, iż dla wielkości, które możemy traktować jak cechy substancjalne powietrza, bezwymiarowe gradienty w przywodnej warstwie atmosfery zależne są tylko od bezwymiarowego parametru z/L, gdzie: z - wysokość, L - długość Monina-Obuchowa:

$$\frac{\kappa \cdot U_* \cdot z}{Fq} \frac{dq}{dz} = \phi\,(z/L) \qquad (1)$$

gdzie: F - strumień wielkości q,

κ - stała Karmana $\cong 0.41$,

U_* - predkość tarcia,

$\phi = 1$ (dla $z/L = 0$) - w warunkach neutralnej stratyfikacji.

Ponieważ dla zdecydowanej większości omawianych pomiarów parametr z/L był bardzo mały to do szacowania strumieni aerozoli w tych rejsach przyjęto $\phi = 1$. Przy tym założeniu i zakładając iż zmiana koncentracji między z i z_o jest tego samego rzędu jak koncentracja, otrzymano wzory na oszacowanie strumieni emisji:

$$\frac{\kappa \cdot G \cdot U_*}{\ln(z/z_o)} = Fg \qquad (2)$$

gdzie: Fg - strumień masy aerozolu,

G - koncentracja masowa aerozolu na wysokości z,

z_o - długość szorstkości.

Analogicznym wzorem posłużono się do wyliczenia szacunkowych wartości strumieni liczby cząstek F_N :

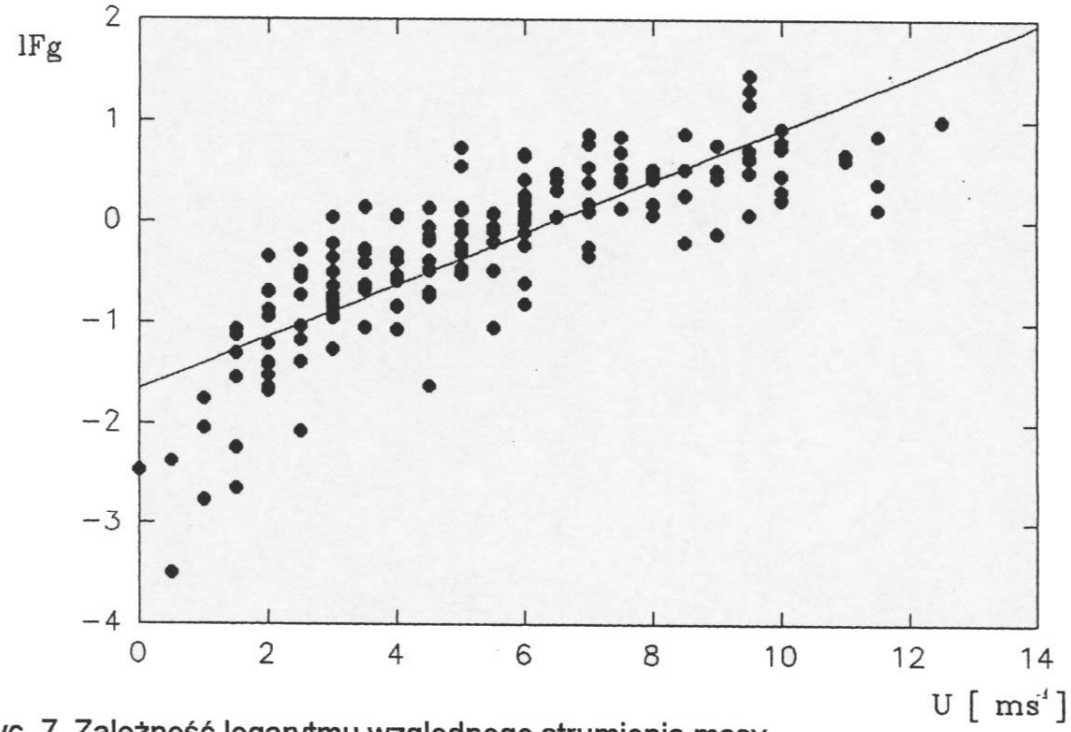
$$\frac{\kappa \cdot N \cdot U_*}{\ln(z/z_o)} = F_N \qquad (3)$$

gdzie: N - liczba cząstek aerozolu morskiego w jednostce objętości powietrza.

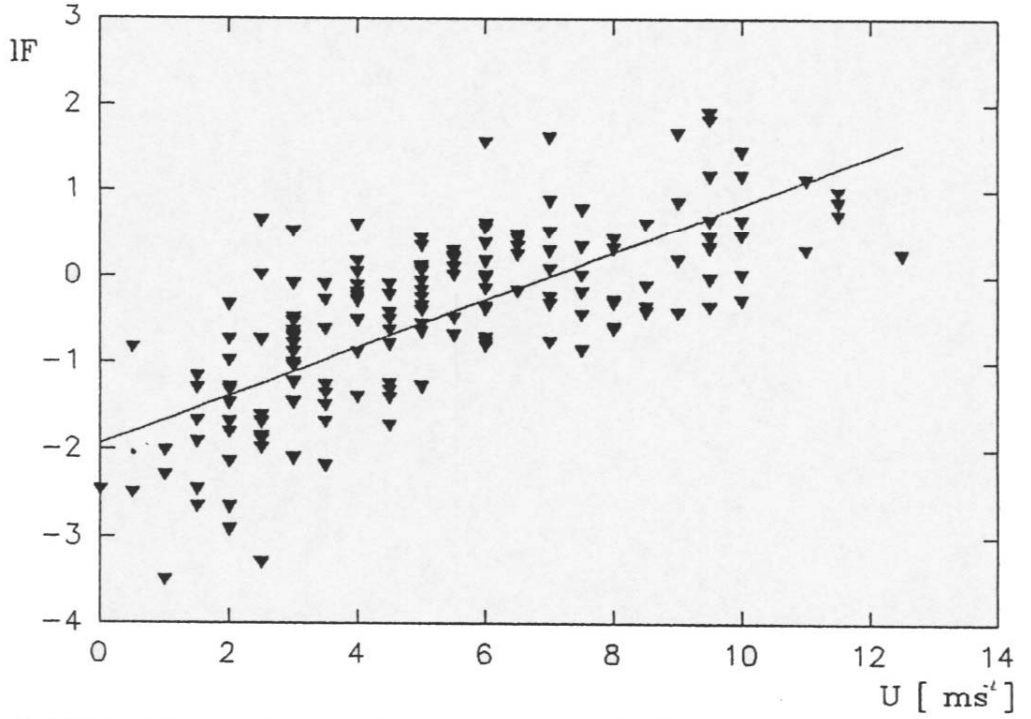
Wzory (2) i (3) wyprowadzono zakładając, że aerozol morski zachowuje się jak domieszka substancjalna w powietrzu przywodnym i za jego transport odpowiedzialna jest dyfuzja turbulentna. Założenie to jest w pełni uzasadnione dla cząstek odpowiednio małych. Zbierany przez nas w impaktorach aerozol spełnia ten warunek, gdyż rozmiary kryształków mieszczą się w przedziale 0.5 - 30 μm.

Tabela 2. Współczynniki korelacji i równania regresji między prędkością wiatru a strumieniem masy dla różnych szerokości geograficznych (φ - szerokość geograficzna, r - współczynnik korelacji, a i b - współczynniki równania regresji, l - ilość punktów).

φ	r	a	b	l
79-77	0.68	0.58	-16.97	19
78-76	0.70	0.497	-13.85	38
77-75	0.71	0.541	-15.98	52
76-74	0.74	0.568	-22.95	47
75-73	0.69	0.264	-13.83	43
74-72	0.71	0.20	-10.32	42
73-71	0.77	0.266	-10.74	48
72-70	0.73	0.304	-9.83	52
71-69	0.70	0.314	-10.21	37
69-60	0.53	0.19	-6.91	19



Ryc. 7. Zależność logarytmu względnego strumienia masy (lFg) od prędkości wiatru (U).



Ryc. 8. Zależność logarytmu względnego strumienia ilości cząstek (lF) od prędkości wiatru (U).

liczby cząstek a wiatrem wynosi 0.74. Znacznie lepsza korelacja między logarytmem strumieni a wiatrem niż między samymi strumieniami a wiatrem wskazuje na exponencjalną zależność strumieni emisji od prędkości wiatru. Taki sam charakter zależności otrzymał Monahan (Monahan i Marks, 1989) między stopniem pokrycia morza pianą a prędkością wiatru. Jednakże w naszym przypadku uzyskany rozkład dotyczy wązkiego zakresu prędkości wiatru, kolejne rejsy przy sprzyjających warunkach meteorologicznych umożliwią weryfikację powyższej zależności.

PODSUMOWANIE

Uzyskane w serii rejsów AREX dane o koncentracji i strumieniach emisji aerozolu morskiego wykazują podobną dynamikę i zakres zmian jak dane innych autorów np. dotyczące północnego Atlantyku. Wyniki te pozwalają również na stwierdzenie, iż zmienność międzyroczna koncentracji aerozolu na tym obszarze w badanym pięcioleciu była niewielka. W zakresie badanego przedziału prędkości wiatru zależność strumienia emisji aerozoli od prędkości wiatru można przedstawić jako funkcję typu exponencjalnego. Uzyskano dobre korelacje między koncentracją aerozoli a prędkością wiatru. Wyniki te świadczą o dominacji składowej lokalnej nad adwekcyjną w składzie aerozolu morskiego w obrębie Szelfu Spitsbergeńskiego, zatem obszar ten szczególnie nadaje się do prowadzenia badań nad emisją aerozolu morskiego.

Literatura cytowana:

Blanchard D.C., Woodcock A.H., 1985. Bubble Formation and Modification in the Sea and its Meteorological Significance. J. of Geophysics, Tellus, 2, s.145-158.

Lovett R., 1978. Quantitative measurement of airborne sea-salt in the North Atlantic. Tellus, 30.

Marks R., Monahan E.C. 1989. Relatioships Between Marine Aerosol Oceanic Whitecaps, and Low-Elevation Winds Observed During the HEXMAX Experiment in the North Sea. Climate and Health Implications of Bubble - Mediated Sea - Air Exchange. Connecticut Sea Grant College .

Marks R., 1990. Preliminary Investigations on the Influence of Rain on the Production, Concentration, and Vertical Distribution of Sea Salt Aerosol. J. of Geophysical Resch., Vol. 95, s. 22299-22304.

Petelski T., Chomka M., 1994. Aerozol marygeniczny w rejonie Szelfu Spitsbergeńskiego. Problemy Klimatologii Polarnej 3. Materiały z III-ego Seminarium Meteorologii i Klimatologii Polarnej, Toruń.

Stramska M., 1983. Wodność i zasolenie powietrza przywodnego w funkcji prędkości wiatru. Przeg. Geofiz. No 1.

Zilintykiewicz R., 1978. Wzajemne oddziaływanie morza i atmosfery. Dynamika Morza 3, SIMO.