

JAROSŁAW BOGUCKI

DOBOWA ZMIENNOŚĆ KIERUNKU WIATRU NA MIERZEI ŁEBSKIEJ

ZARYS TREŚCI

W opracowaniu przedstawiono pierwsze wyniki analizy dobowej zmienności kierunku wiatru na Mierzei Łebskiej na podstawie danych meteorologicznych z miesięcy letnich z lat 1990–1992. Stwierdzono występowanie dobowego rytmu zmian, dokonano wyróżnienia w ciągu doby charakterystycznych okresów o zbliżonym reżimie kierunków wiatru. Określono także przebieg dobowy częstości grup kierunku wiatru, wyróżnionych za pomocą kryterium położenia względem linii brzegowej.

WSTĘP

Wiatr jest elementem meteorologicznym uzależnionym od siły oddziaływania dwóch podstawowych czynników: ogólnej cyrkulacji atmosfery oraz czynników lokalnych modyfikujących tę cyrkulację.

Do czynników lokalnych można zaliczyć orografię terenu wymuszającą zmianę kierunku i prędkości wiatru. Innym czynnikiem jest termiczna stratyfikacja atmosfery. Miejsce, w którym mogą wystąpić termicznie uwarunkowane modyfikacje pola wiatru, jest strefa kontaktu morze–ląd. Wynika to z różnicy w pojemności cieplnej i przewodnictwa cieplnego obu stykających się środowisk.

Zagadnienie wiatru w strefie brzegowej polskiego wybrzeża wywoływało zainteresowanie wielu autorów. Jest ono istotne zarówno z punktu widzenia naukowego, jak i praktycznego. Część opracowań dotyczy jednak w większym stopniu otwartego morza (E. KUCHTA 1966; B. KACZMAREK 1973), i jako takie nie nawiązują do tematu niniejszej pracy. Informacje o wietrze na wybrzeżu można znaleźć w studiach S. TARANOWSKIEJ (1957, 1968, 1971) oraz K. KWIECIEŃ (1974). Jednoczesne omówienie wiatru nad morzem i lądem przedstawiła K. KWIECIEŃ (1987). Przykłady prac dotyczących występowania modyfikacji pola wiatru w strefie kontaktu morze–ląd to analizy H. KOSCHMIEDER'A (1936), K. ŁOMNIEWSKIEGO (1965), J. MICHALCZEWSKIEGO (1967). Stosuje się w nich najczęściej metodę synoptyczną, omawiając zagadnienie występowania bryzy na przykładzie konkretnych dni.

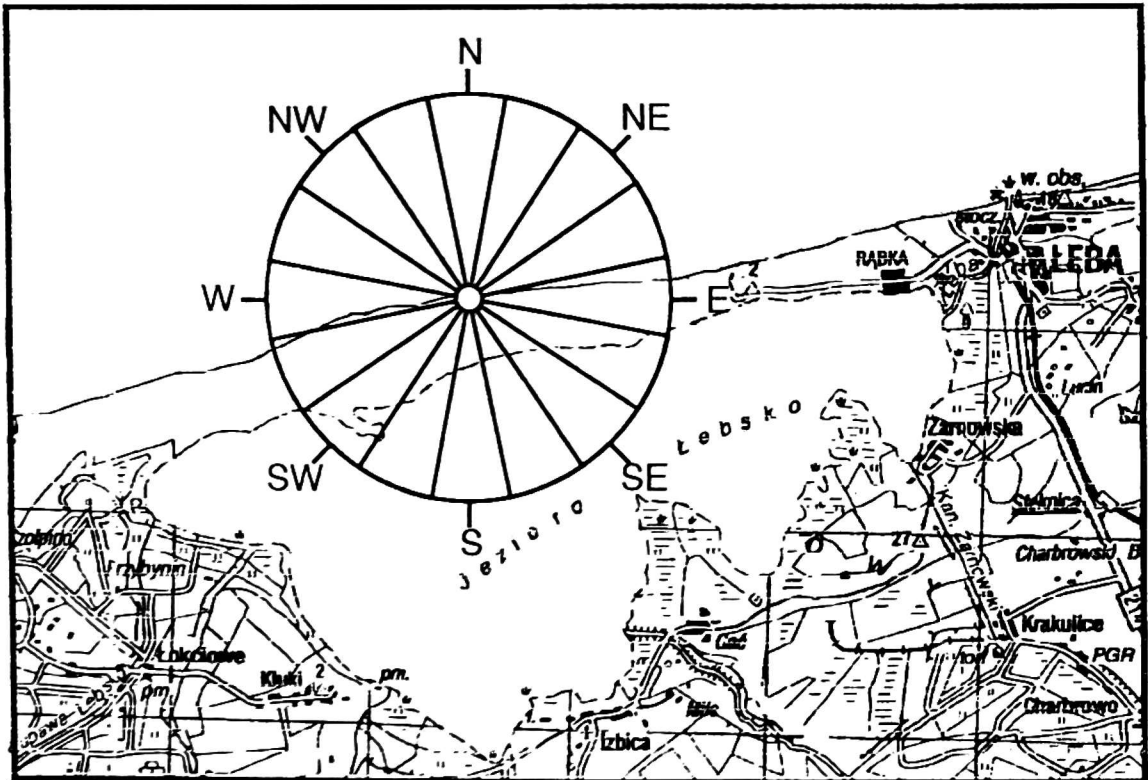
Osobną grupę stanowią zastosowania metod numerycznych w modelowaniu bryzy (np. P. BĄKOWSKI 1982). Zagadnieniem cyrkulacji atmosfery w dolnej troposferze na Mierzei Łebskiej zajmował się K. RABSKI (1986).

Występowanie przy sprzyjających warunkach atmosferycznych cyrkulacji bryzowej powinno znaleźć odbicie w wieloletnich zestawieniach kierunków wiatru w poszczególnych terminach obserwacyjnych. J. MICHALCZEWSKI (1967) szacuje częstość występowania bryz na polskim wybrzeżu na 25 przypadków w ciągu roku. K. KWIECIEŃ (1974) zauważyła odmiennosc częstości kierunków wiatru dla południowego terminu pomiarowego w stosunku do terminu porannego lub wieczornego. Na podstawie dobowego przebiegu kierunku wiatru wysuwa wniosek o wpływie bryzy nie tylko w typowej postaci, lecz także jako efektu bryzowego. O wystąpieniu efektu bryzowego donosi także P. R. CROWE (1987) na przykładzie kilku stacji m.in. nadbałtyckich: Helsinek i Tallina.

Autor dysponując stosunkowo bogatym materiałem obserwacyjnym zebrany bezpośrednio w strefie kontaktu morze-łąd, postawił sobie za cel bardziej dokładną analizę występowania efektu bryzowego na Mierzei Łebskiej, określenie dobowego przebiegu częstości występowania poszczególnych kierunków wiatru, podjęcie próby wydzielenia w ciągu doby charakterystycznych okresów o odmiennych kierunkach cyrkulacji powietrza oraz opisanie dobowego rytmu zmian częstości występowania grup kierunków wiatru.

MATERIAŁ I METODA OPRACOWANIA

W opracowaniu wykorzystano dane anemometryczne pochodzące ze stacji terenowej Zakładu Klimatologii UAM, położonej w połowie długości Mierzei Łebskiej, 10 km na zachód od Łeby (rys. 1). Pomiarów dokonywano w czerwcu, lipcu i sierpniu



Rys. 1. Położenie stacji terenowej na Mierzei Łebskiej wraz z sektorami kierunku wiatru (fragment mapy topograficznej w skali 1: 200 000 – WZK – 1991)

Fig. 1. Position of the meteorological station on the Łeba Bar with wind direction sectors (fragment of a topographical map, scale 1: 200 000 – WZK – 1991)

Tabela 1 — Table 1

Częstości kierunków wiatru w miesiącach czerwiec–sierpień [%]

Wind direction frequencies between June and August [%]

Stacja – Station	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	C
Ustka (1951–1970)	6,9	12,7	5,3	4,9	7,8	14,6	26,8	15,8	5,2
Mierzeja Łebska (1990–1992)	7,0	12,9	9,9	6,9	9,4	15,1	31,4	14,1	1,2
Łeba (1951–1970)	8,2	13,1	7,1	5,6	10,0	20,9	24,4	8,9	1,7

w latach 1990–1992. Wykorzystywano wiatromierz W-841 zainstalowany na maszcie o wysokości 7 m. Maszt umieszczony jest na najwyższej położonej, w najbliższym otoczeniu stacji, wydmie przedniej (około 8 m wysokości), znajdującej się w odległości około 15 m od brzegu morza. Wiatromierz umożliwia określenie chwilowego kierunku wiatru według 16-kierunkowej róży wiatru. Kierunek uśredniano dla okresu 10-minutowego.

Zgromadzony materiał obserwacyjny można podzielić na trzy grupy. Pierwsza obejmuje wszystkie dni omawianego okresu (276 dni), w których dokonywano co najmniej 3 pomiarów na dobę w godzinach 08, 14 i 20 czasu wschodnioeuropejskiego.

Tabela 2 — Table 2

Częstości kierunków wiatru w głównych terminach obserwacyjnych (08, 14, 20) dla poszczególnych serii danych [%]

Wind direction frequencies at main measurement times (8 a.m., 2 p.m., 8 p.m.) for each data series [%]

	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	C
A	1,6	5,0	5,6	9,7	3,6	2,9	3,1	4,7	3,7	6,6	6,4	10,3	14,1	11,2	6,8	3,5	1,2
B	1,2	4,2	4,9	7,6	5,4	3,2	3,9	4,9	4,9	7,4	6,1	10,0	15,2	12,0	5,6	2,7	0,7
C	.	6,1	5,3	11,0	6,6	3,9	3,5	2,2	7,0	7,5	5,3	6,6	10,5	14,9	6,1	3,1	0,4

A – seria 3-pomiarowa – days with 3 measurements per day

B – seria 8-pomiarowa – days with 8 measurements per day

C – seria 24-pomiarowa – days with 24 measurements per day

Terminy te odpowiadają godzinom 06, 12 i 18 GMT. Wszystkie godziny w opracowaniu podane są według czasu wschodnioeuropejskiego (czyli czasu letniego). Druga grupa (136 dni) także pochodzi ze wszystkich trzech lat obserwacji i obejmuje pomiary w 8 terminach w ciągu doby o godzinach 02, 05, 08, 11, 14, 17, 20 i 23. Grupa trzecia to 76 dni z lat 1991–1992, gdy pomiary wykonywano co godzinę (tzn. 24 razy na dobę). Obserwacji dokonywali pracownicy Zakładu Klimatologii UAM i studenci Wydziału Nauk Geograficznych i Geologicznych UAM, za co autor wyraża im serdeczne podziękowanie.

Dla każdej grupy danych obliczono częstości każdego z kierunków w poszczególnych terminach obserwacyjnych. Wartości dla ciągu 8-pomiarowego i 24-pomiarowego zestawiono w tabelach 3 i 4 oraz przedstawiono graficznie w postaci róż

wiatru na rysunkach 2, 3, 4 i 5. Dla ułatwienia porównania serii o różnej długości wszystkie częstości podano w procentach, a w rysunkach zastosowano tę samą skalę. Dla serii 24-pomiarowej obliczono także macierze współczynników korelacji dla terminów pomiarowych i dla kierunków wiatru (tab. 5 i 6). Dane tej serii zaprezentowano także w postaci izoplet (rys. 6).

Dobową zmienność kierunku wiatru opisano w niniejszym opracowaniu wykorzystując stosunkowo krótką, 3-letnią serię pomiarów. Może to nasuwać wątpliwość, czy lata te nie odbiegają pod względem częstości kierunków od wartości wieloletnich, przyjmowanych w klimatologii za reprezentatywne. Na Mierzei Łebskiej przed rokiem 1990 nie wykonywano dłuższych, nieprzerwanych serii pomiarów meteorologicznych. Do porównania wykorzystano więc dane z pobliskich stacji, położonych w strefie nadmorskiej: Ustki i Łeby. Częstości kierunków wiatru w poszczególnych miesiącach lat 1951–1970 zestawiał K. RABSKI (1992). Wartości średnie dla okresu czerwiec–sierpień z lat 1951–1970 dla stacji Ustka i Łeba oraz przeliczone na 8 kierunków z lat 1990–1992 dla Mierzei Łebskiej przedstawiono w tabeli 1. Stosunki anemometryczne poszczególnych stacji są zbliżone: dominuje kierunek W oraz sąsiednie, dużą częstością charakteryzuje się także wiatr NE, najrzadziej występują kierunki N, SE oraz cisze. Obliczone współczynniki korelacji wynoszą: Ustka–Mierzeja Łebska $r = 0,95$ i Łeba–Mierzeja Łebska $r = 0,90$. Są one istotne na poziomie 0,001. Można więc przyjąć, że stosunki anemometryczne Mierzei Łebskiej w okresie letnim lat 1990–1992 nie odbiegają od wartości wieloletnich.

Wykorzystanie danych z wybranych dni z miesięcy czerwiec, lipiec i sierpień z lat 1990–1992 do scharakteryzowania dobowej zmienności kierunku wiatru miesięcy letnich wymaga stwierdzenia reprezentatywności tych dni dla całego okresu. Obliczono częstości poszczególnych kierunków z podstawowych terminów (godziny 08, 14 i 20) w każdym zestawie danych (tab. 2). Następnie obliczono współczynniki korelacji dla każdej pary zespołów danych. Najbardziej skorelowane są seria 3-pomiarowa i 8-pomiarowa ($r = 0,97$). Seria 3-pomiarowa i 24-pomiarowa mają współczynnik korelacji $r = 0,83$, a dla 8-pomiarowej i 24-pomiarowej $r = 0,84$. Wartości wszystkich tych współczynników świadczą o korelacji istotnej na poziomie 0,001. Serie pomiarowe z wybranych dni uznano za reprezentatywne dla całego okresu czerwiec–sierpień 1990–1992.

ZMIENNOŚĆ DOBOWA KIERUNKU WIATRU

Częstości kierunków wiatru z serii 8-pomiarowej zestawiono w tabeli 3. Największą częstością charakteryzuje się kierunek W, następnie WNW i SSW. Najrzadsze są cisze i kierunek N oraz NNW i ESE (tzn. przeciwległe na róży wiatru). Taki średni rozkład frekwencji nie występuje w żadnym z terminów pomiarowych. W godzinach 02, 05 i 08 (rys. 2) największe są częstości kierunku SSW oraz SSE (02 i 05) i S (08). Od godziny 11 dominującymi kierunkami są W (11 i 17 – pierwszy najczęstszy, 14 – drugi) i WNW (14 – pierwszy, 11 i 17 – drugi najczęstszy). O godzi-

Tabela 3 — Table 3

Częstość kierunków wiatru w poszczególnych terminach dla serii 8-pomiarowej [%]

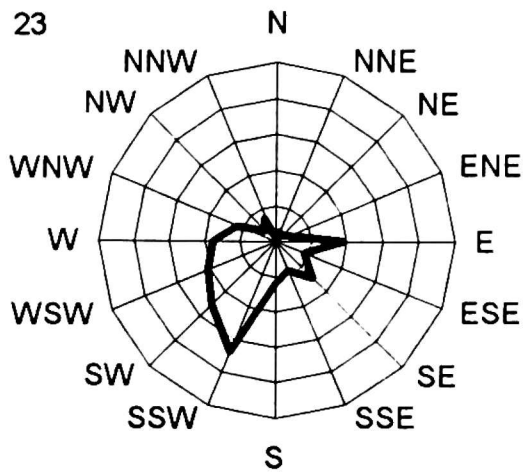
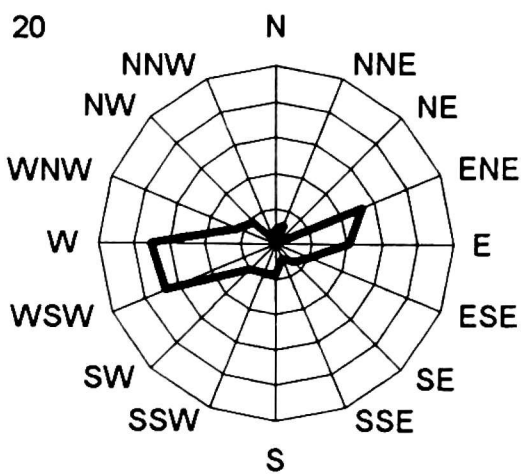
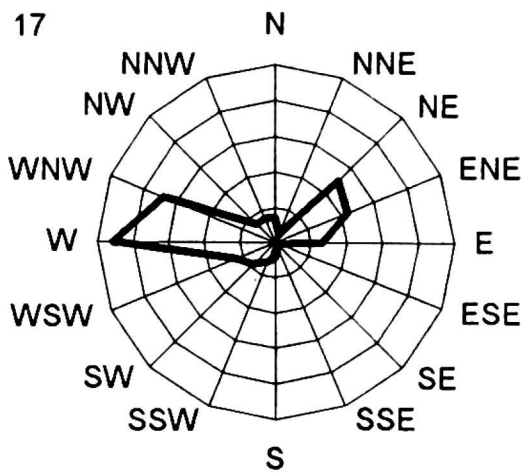
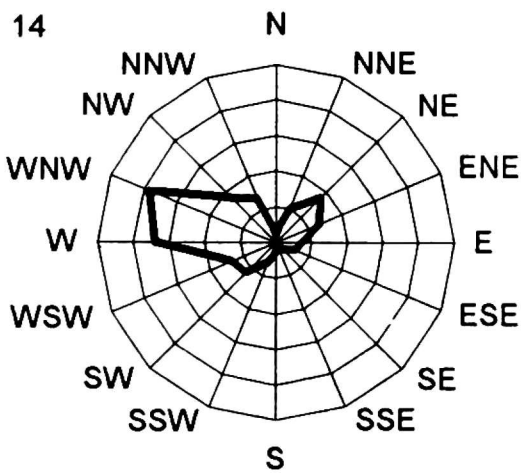
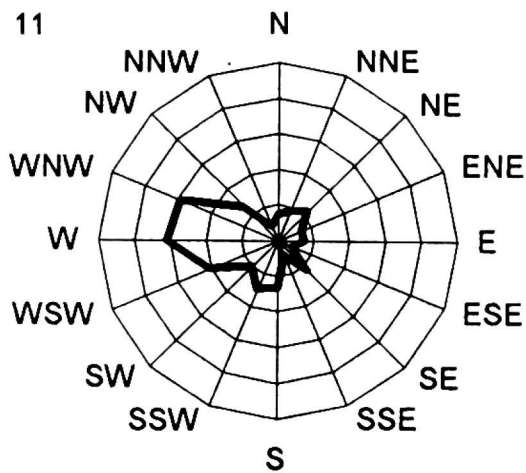
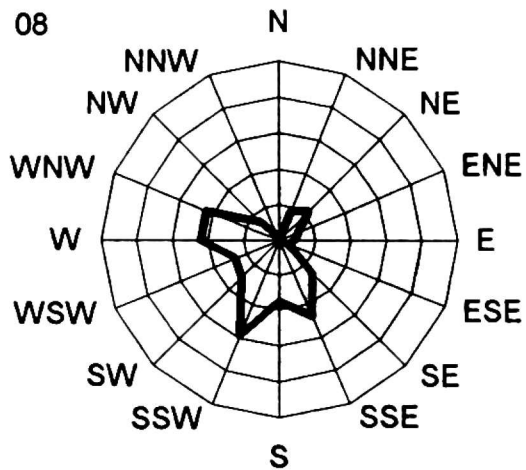
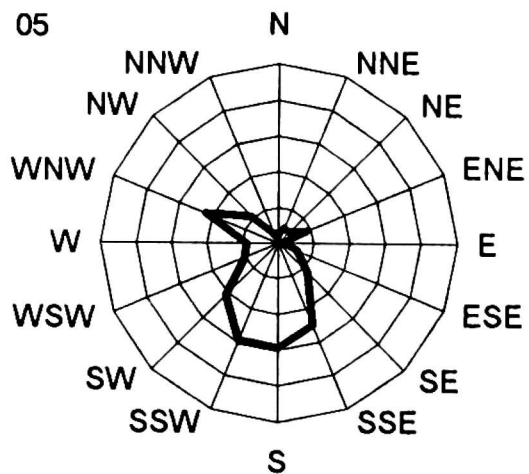
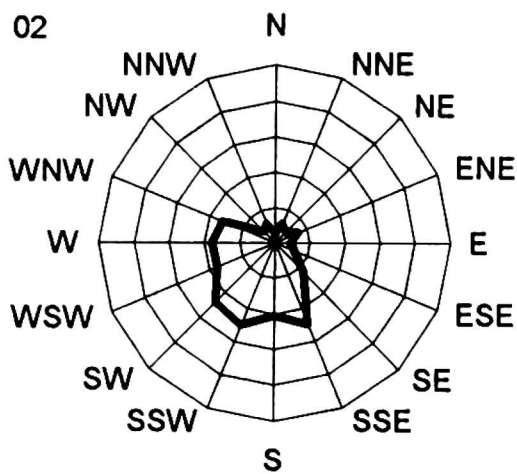
Wind direction frequencies for each measurement on days with 8 measurements [%]

Godzina Hour	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	C
02 2 a.m.	1,5	2,9	2,2	3,7	2,2	2,9	5,9	12,5	10,3	12,5	11,8	8,8	8,8	8,1	2,2	2,9	0,7
05 5 a.m.	1,5	2,2	2,2	4,4	0,7	2,9	5,9	12,5	14,7	14,7	10,3	5,1	4,4	11,0	5,1	1,5	0,7
08 8 a.m.	.	4,4	5,9	2,9	2,2	1,5	6,6	11,8	8,8	14,7	7,4	6,6	11,0	11,0	3,7	0,7	0,7
11 11 a.m.	3,7	4,4	5,9	3,7	3,7	2,2	5,9	2,2	6,6	7,4	5,1	10,3	15,4	14,7	6,6	2,2	.
14 2 p.m.	1,5	5,1	8,8	6,6	3,7	2,9	1,5	0,7	1,5	2,9	5,9	6,6	16,9	19,1	8,8	6,6	0,7
17 5 p.m.	3,7	1,5	12,5	11,0	6,6	0,7	0,7	0,7	2,2	2,9	4,4	5,9	22,8	16,9	3,7	3,7	.
20 8 p.m.	2,2	2,9	.	13,2	10,3	5,1	3,7	2,2	4,4	4,4	5,1	16,9	17,6	5,9	4,4	0,7	0,7
23 11 p.m.	0,7	1,5	1,5	2,2	9,6	4,4	7,4	4,4	5,9	16,9	12,5	10,3	8,8	5,9	2,2	3,7	2,2
00–23 Mean	1,8	3,1	4,9	6,0	4,9	2,8	4,7	5,9	6,8	9,6	7,8	8,8	13,2	11,6	4,6	2,8	0,7

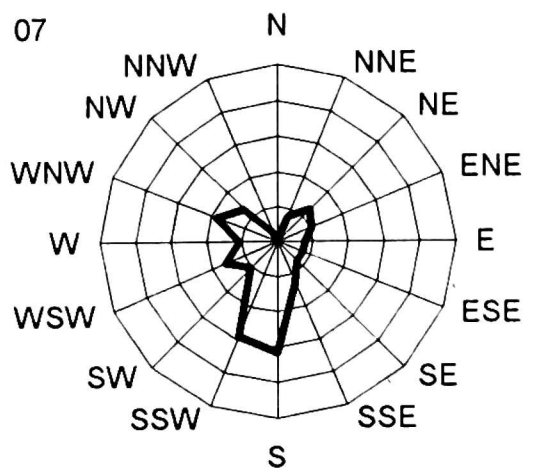
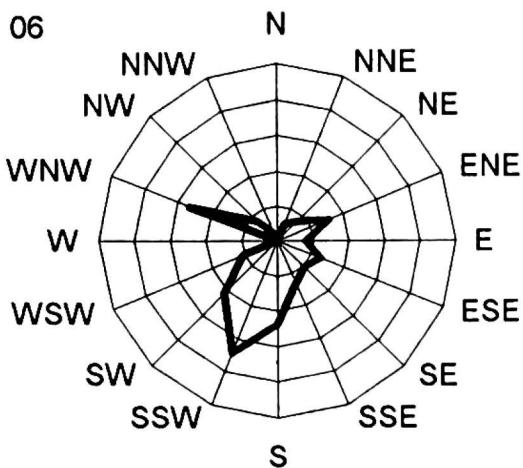
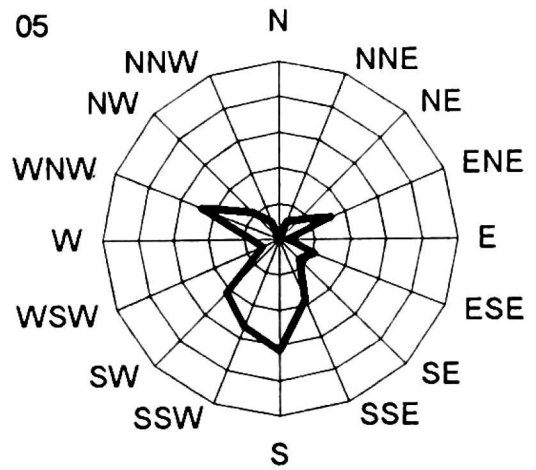
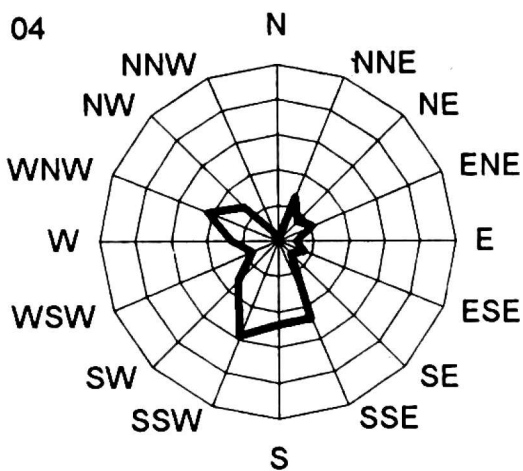
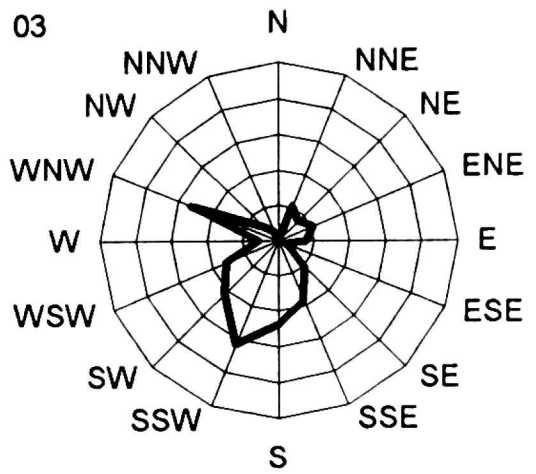
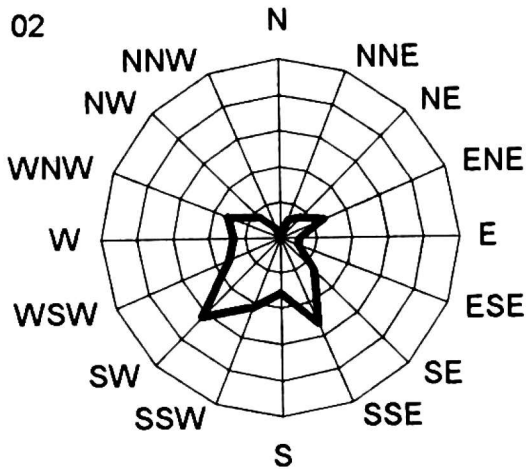
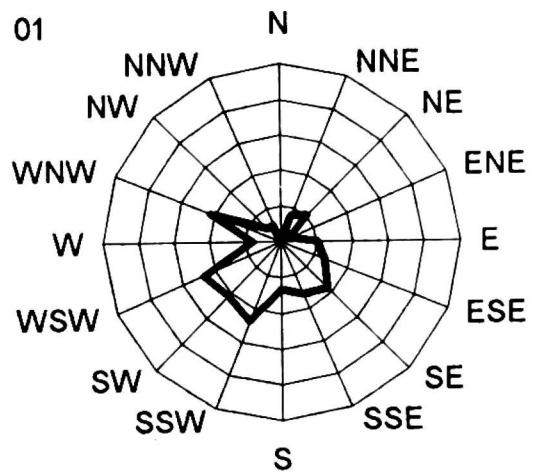
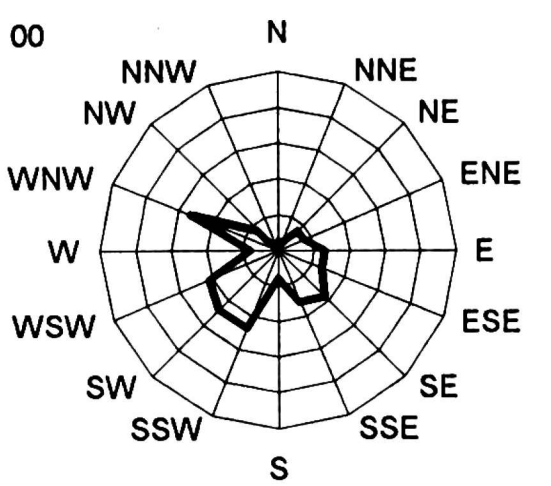
nie 17 duże częstości osiągają także kierunki NE i ENE. Kolejny termin pomiarowy z godziny 20 charakteryzuje się największymi frekwencjami kierunków położonych wzdłuż osi mierzei. Najczęściej występują kolejno W, WSW, ENE, E. W ostatnim terminie (godzina 23), podobnie jak w terminach nocnych i porannym, dominuje kierunek SSW. Kolejne największe częstości mają SW i WSW. Charakterystyczne jest przesunięcie najczęstszego kierunku od SSW i S o godzinie 05 do WNW o godzinie 14.

Poszczególne kierunki wykazują wyraźny rytm dobowy. O godzinie 02 swoje maksimum uzyskuje kierunek SSE, o godzinie 05 – S. Na godzinę 14 przypadają maksima kierunków NNE, WNW, NW i NNW. O godzinie 17 największe częstości w okresie doby mają wiatry z kierunków W i NE. Dla wiatrów sektora wschodniego (ENE, E i ESE) największe frekwencje zaobserwowano o godzinie 20 podobnie jak dla kierunku WSW. Z kolei kierunki SE, SSW i SW oraz cisze mają swoje maksima o godzinie 23. Tak więc, począwszy od kierunków odmorskich do kierunków odlądowych, następuje stopniowe przesunięcie pory wystąpienia największych częstości dobowych od godziny 14 do godziny 05.

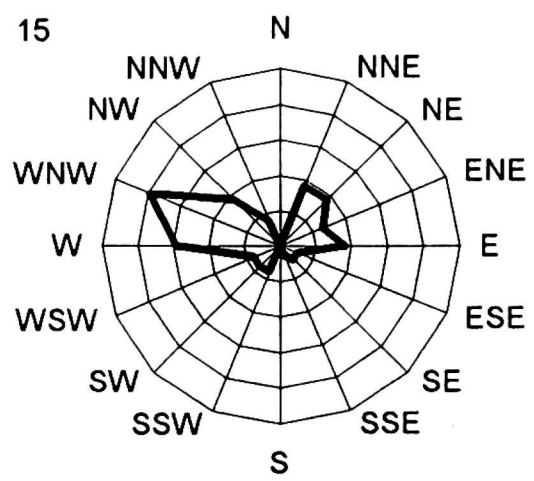
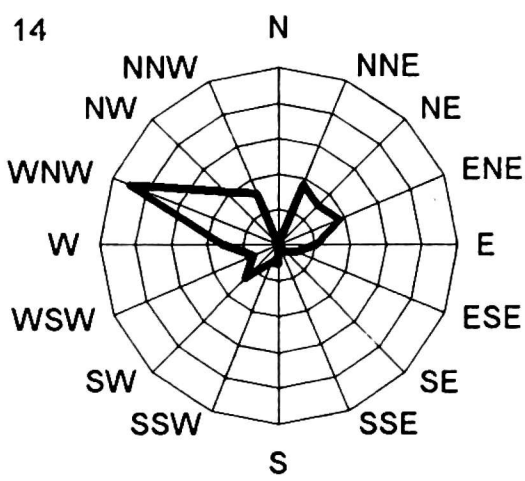
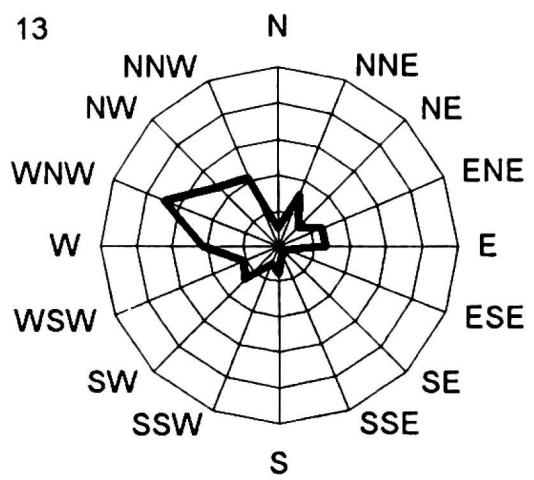
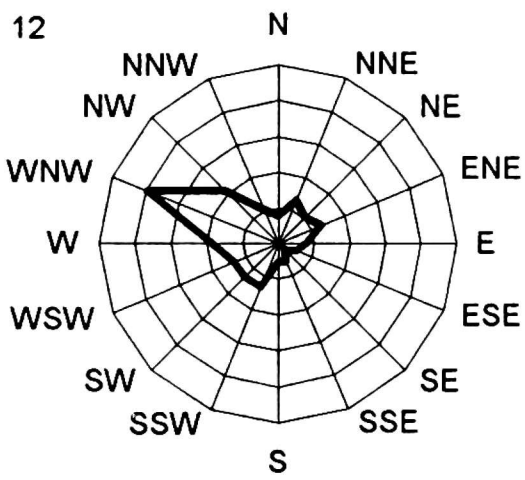
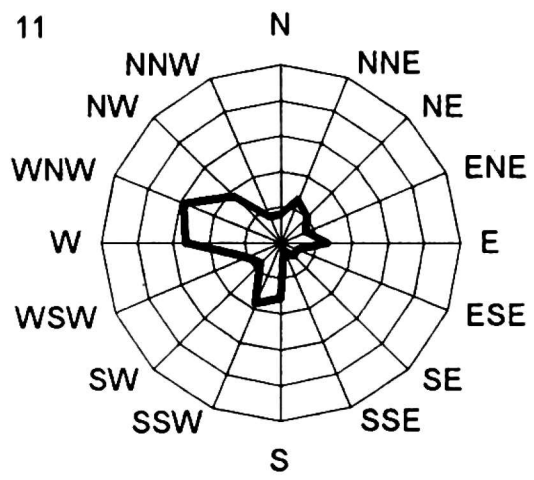
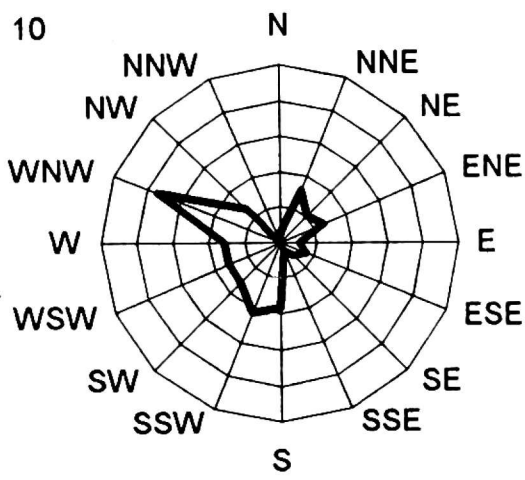
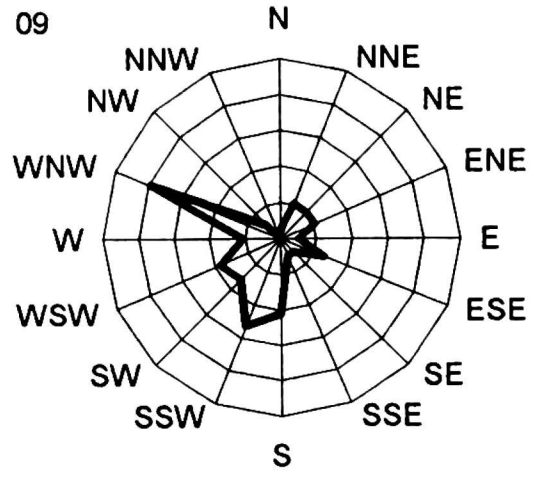
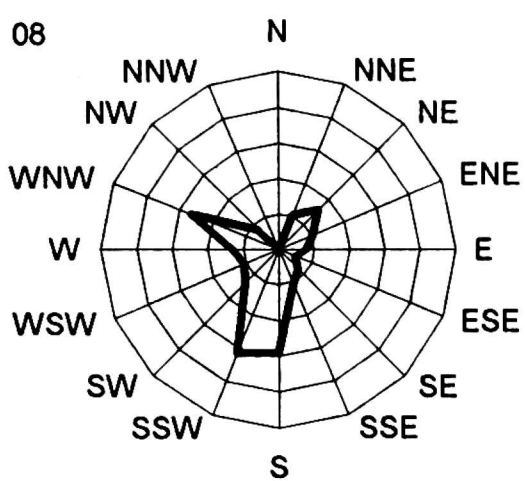
Analiza serii 24-pomiarowej pozwala na potwierdzenie i uszczegółowienie wniosków wynikających z serii 8-pomiarowej. Od godziny 23 do 02 generalnie dominują kierunki odlądowe z przewagą zachodniej połówki horyzontu (SW–SSW). Począwszy



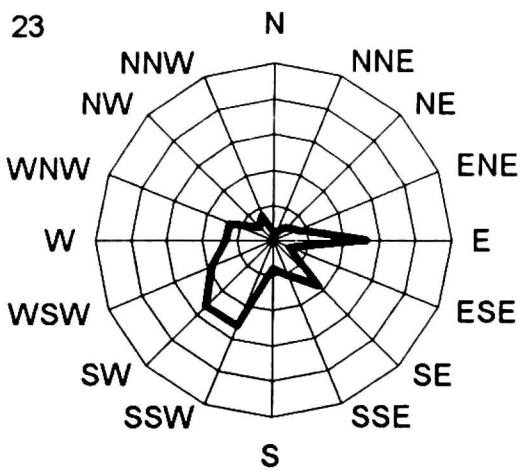
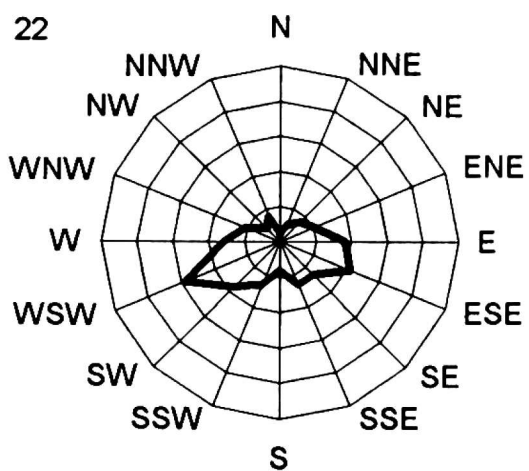
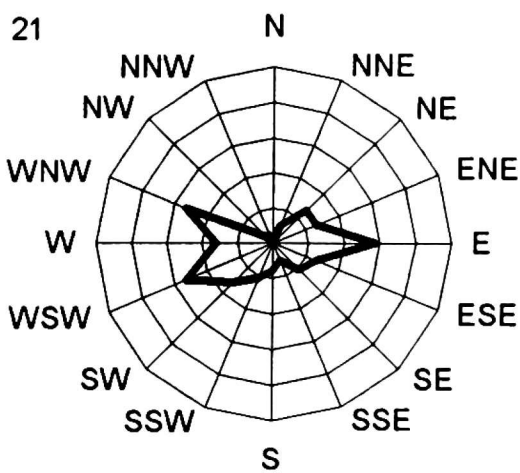
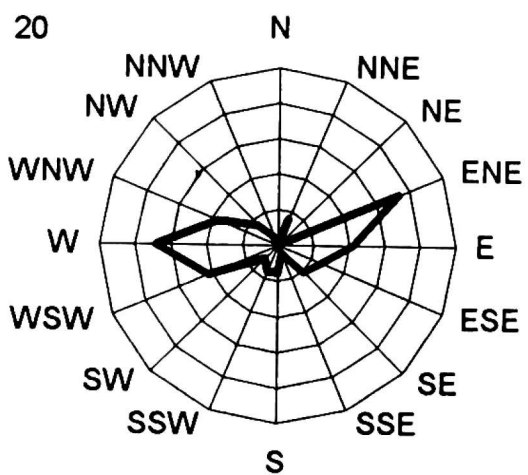
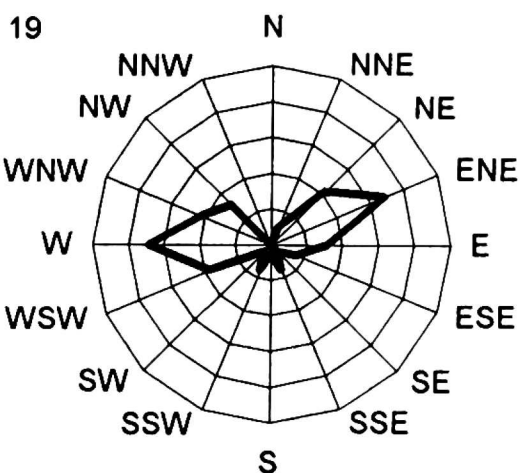
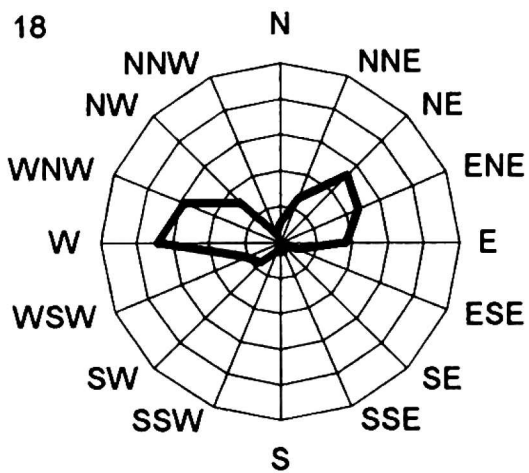
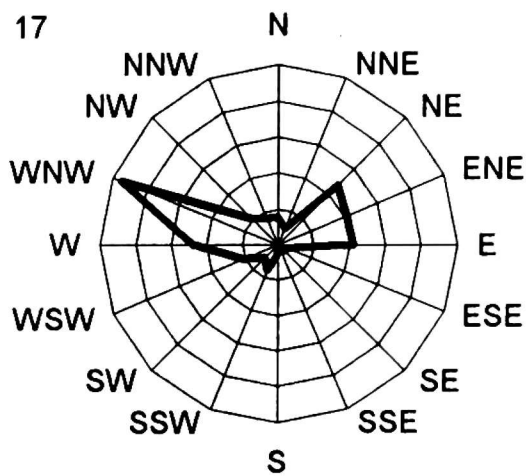
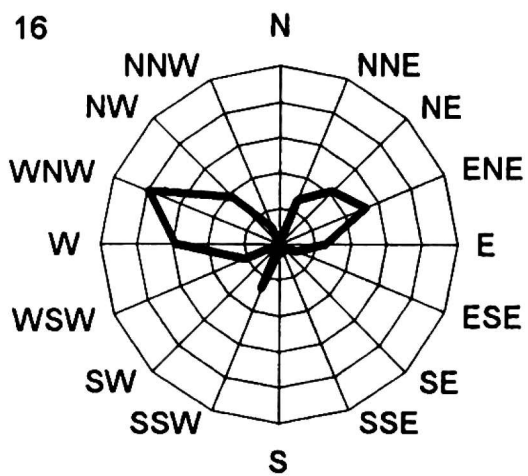
Rys. 2. Róże wiatru w poszczególnych terminach serii 8-pomiarowej (skala na rys. 7)
 Fig. 2. Wind roses for particular measurement times on days with 8 measurements (scale in Fig. 7)



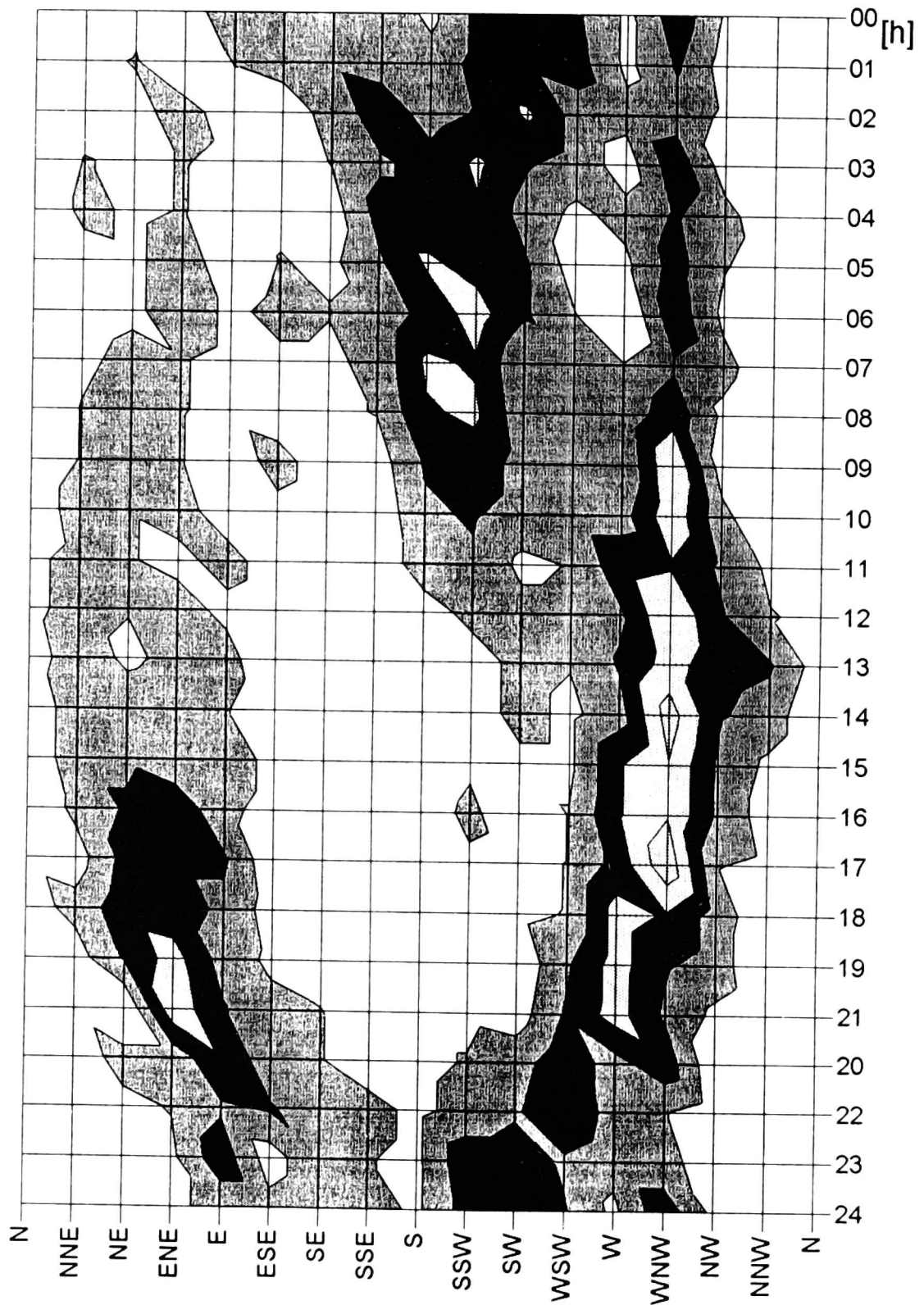
Rys. 3. Róże wiatru w godzinach od 00 do 07 dla serii 24-pomiarowej (skala na rys. 7)
 Fig. 3. Wind roses for 12 midnight – 7 a.m. on days with 24 measurements (scale in Fig. 7)



Rys. 4. Róże wiatru w godzinach od 08 do 15 dla serii 24-pomiarowej (skala na rys. 7)
 Fig. 4. Wind roses for 8 a.m.–3 p.m. on days with 24 measurements (scale in Fig. 7)



Rys. 5. Róże wiatru w godzinach od 16 do 23 dla serii 24-pomiarowej (skala na rys. 7)
 Fig. 5. Wind roses for 4 p.m.–11 p.m. on days with 24 measurements (scale in Fig. 7)



□ 0.0-5.0 ▨ 5.0-10.0 ■ 10.0-15.0 ▤ 15.0-20.0 ▧ 20.0-25.0

Rys. 6. Izoplety dobowego przebiegu częstości poszczególnych kierunków wiatru

Fig. 6. Isopleth of the daily course of frequency of particular wind directions

od godziny 03 (rys. 3) wzrasta udział kierunku S oraz, pomiędzy godziną 02 a 05, kierunku SSE. W godzinach porannych częstość kierunków południowych spada: najwcześniej SSE, następnie S i najpóźniej SSW. Jednocześnie wzrasta, najbardziej od godziny 10, udział wiatrów W, WNW i NW, osiągając maksimum częstości o go-

Tabela 4 — Table 4

Częstość kierunków wiatru w poszczególnych terminach dla serii 24-pomiarowej [%]
 Wind direction frequencies for each measurement time on days with 24 measurements [%]

Godzina Hour	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	C
00 – midnight	1,3	1,3	3,9	3,9	6,6	6,6	9,2	7,9	3,9	11,8	11,8	10,5	3,9	13,2	3,9	.	.
01 – 1 a.m.	.	3,9	5,3	1,3	6,6	6,6	9,2	7,9	6,6	11,8	10,5	11,8	3,9	10,5	2,6	2,6	.
02 – 2 a.m.	.	2,6	3,9	6,6	2,6	2,6	6,6	13,2	7,9	10,5	15,8	7,9	6,6	7,9	3,9	1,3	.
03 – 3 a.m.	.	5,3	3,9	5,3	3,9	1,3	5,3	9,2	11,8	14,5	10,5	7,9	2,6	13,2	2,6	1,3	.
04 – 4 a.m.	.	6,6	3,9	5,3	2,6	3,9	2,6	11,8	11,8	14,5	7,9	3,9	6,6	10,5	6,6	1,3	.
05 – 5 a.m.	.	2,6	3,9	7,9	1,3	5,3	3,9	9,2	15,8	13,2	10,5	2,6	3,9	11,8	5,3	2,6	.
06 – 6 a.m.	.	2,6	3,9	7,9	3,9	6,6	5,3	6,6	11,8	17,1	10,5	5,3	.	13,2	3,9	1,3	.
07 – 7 a.m.	.	3,9	6,6	5,3	3,9	3,9	3,9	6,6	15,8	14,5	5,3	7,9	5,3	9,2	6,6	1,3	.
08 – 8 a.m.	.	5,3	7,9	5,3	3,9	2,6	3,9	5,3	14,5	15,8	6,6	5,3	6,6	13,2	3,9	.	.
09 – 9 a.m.	1,3	5,3	5,3	5,3	2,6	6,6	2,6	2,6	10,5	13,2	7,9	9,2	5,3	19,7	2,6	.	.
10 – 10 a.m.	1,3	7,9	5,3	6,6	2,6	3,9	2,6	1,3	9,2	10,5	7,9	7,9	7,9	18,4	6,6	.	.
11 – 11 a.m.	3,9	6,6	5,3	3,9	6,6	2,6	2,6	1,3	7,9	9,2	3,9	5,3	13,2	14,5	9,2	3,9	.
12 – noon	3,9	6,6	5,3	6,6	3,9	2,6	1,3	2,6	2,6	6,6	6,6	6,6	9,2	19,7	10,5	5,3	.
13 – 1 p.m.	2,6	7,9	3,9	6,6	6,6	1,3	1,3	1,3	3,9	2,6	6,6	5,3	10,5	17,1	11,8	10,5	.
14 – 2 p.m.	.	9,2	7,9	9,2	5,3	2,6	1,3	.	2,6	2,6	6,6	3,9	7,9	22,4	10,5	7,9	.
15 – 3 p.m.	.	9,2	9,2	6,6	9,2	2,6	2,6	1,3	.	3,9	3,9	3,9	14,5	19,7	9,2	3,9	.
16 – 4 p.m.	.	6,6	10,5	13,2	6,6	2,6	.	1,3	1,3	6,6	.	5,3	14,5	19,7	2,6	2,6	.
17 – 5 p.m.	3,9	2,6	11,8	10,5	10,5	1,3	1,3	.	1,3	3,9	2,6	5,3	11,8	23,7	5,3	3,9	.
18 – 6 p.m.	2,6	6,6	13,2	11,8	9,2	2,6	.	1,3	1,3	1,3	3,9	5,3	17,1	14,5	7,9	1,3	.
19 – 7 p.m.	.	2,6	10,5	17,1	7,9	3,9	1,3	3,9	1,3	3,9	1,3	9,2	17,1	10,5	7,9	.	1,3
20 – 8 p.m.	.	3,9	.	18,4	10,5	6,6	5,3	1,3	3,9	3,9	2,6	10,5	17,1	9,2	3,9	1,3	1,3
21 – 9 p.m.	.	2,6	6,6	6,6	14,5	6,6	5,3	2,6	3,9	5,3	7,9	13,2	7,9	13,2	1,3	1,3	1,3
22 – 10 p.m.	1,3	2,6	3,9	5,3	9,2	10,5	6,6	6,6	3,9	6,6	9,2	14,5	7,9	5,3	2,6	3,9	.
23 – 11 p.m.	1,3	1,3	2,6	3,9	13,2	2,6	9,2	5,3	3,9	13,2	13,2	9,2	6,6	6,6	2,6	3,9	1,3
00–23 – Mean	1,0	4,8	6,0	7,5	6,4	4,1	3,9	4,6	6,6	9,1	7,2	7,4	8,7	14,0	5,9	2,6	0,2

Tabela 5 — Table 5

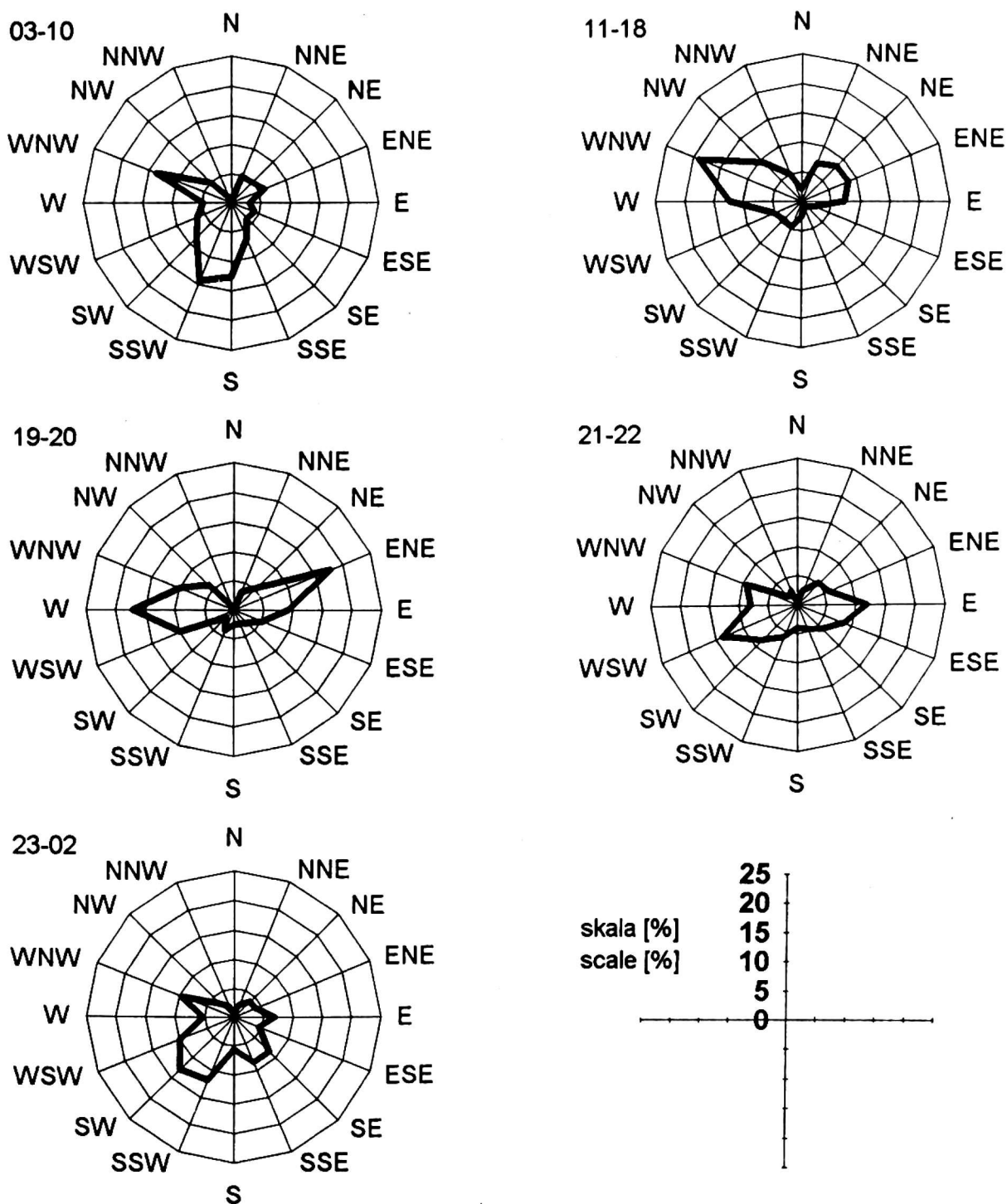
Macierz korelacji poszczególnych terminów obserwacyjnych

Correlation matrix for particular measurement times

Godzina Hour	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
00 – midnight	1,00	0,92	0,75	0,76	0,55	0,55	0,74	0,52	0,57	0,71	0,59	0,29	0,40	0,11	0,22	0,23	0,19	0,28	0,06	0,12	0,18	0,64	0,65	0,75
01 – 1 a.m.	0,92	1,00	0,74	0,79	0,59	0,56	0,72	0,61	0,62	0,69	0,54	0,25	0,26	0,03	0,11	0,12	0,05	0,10	-0,08	-0,03	0,04	0,57	0,68	0,71
02 – 2 a.m.	0,75	0,74	1,00	0,79	0,74	0,73	0,68	0,57	0,57	0,49	0,43	0,14	0,20	0,02	0,05	0,02	0,03	0,00	-0,01	0,09	0,10	0,29	0,46	0,61
03 – 3 a.m.	0,76	0,79	0,79	1,00	0,87	0,86	0,91	0,84	0,88	0,81	0,71	0,40	0,37	0,13	0,23	0,14	0,19	0,19	-0,02	0,01	0,04	0,36	0,28	0,57
04 – 4 a.m.	0,55	0,59	0,74	0,87	1,00	0,89	0,80	0,85	0,86	0,68	0,65	0,48	0,37	0,17	0,22	0,20	0,27	0,12	0,07	0,11	0,06	0,12	0,14	0,33
05 – 5 a.m.	0,55	0,56	0,73	0,86	0,89	1,00	0,90	0,85	0,85	0,72	0,64	0,37	0,31	0,14	0,22	0,06	0,17	0,12	-0,02	0,03	0,05	0,13	0,11	0,31
06 – 6 a.m.	0,74	0,72	0,68	0,91	0,80	0,90	1,00	0,82	0,84	0,81	0,67	0,32	0,32	0,07	0,22	0,07	0,18	0,17	-0,08	0,00	0,06	0,32	0,27	0,51
07 – 7 a.m.	0,52	0,61	0,57	0,84	0,85	0,85	0,82	1,00	0,94	0,73	0,67	0,51	0,28	0,09	0,15	0,11	0,25	0,15	0,06	0,15	0,11	0,26	0,22	0,35
08 – 8 a.m.	0,57	0,62	0,57	0,88	0,86	0,85	0,84	0,94	1,00	0,85	0,80	0,63	0,43	0,21	0,32	0,31	0,41	0,35	0,22	0,21	0,14	0,34	0,14	0,38
09 – 9 a.m.	0,71	0,69	0,49	0,81	0,68	0,72	0,81	0,73	0,85	1,00	0,94	0,65	0,67	0,39	0,55	0,46	0,52	0,54	0,30	0,25	0,24	0,54	0,30	0,35
10 – 10 a.m.	0,59	0,54	0,43	0,71	0,65	0,64	0,67	0,67	0,80	0,94	1,00	0,80	0,81	0,60	0,72	0,65	0,68	0,63	0,50	0,40	0,35	0,50	0,19	0,26
11 – 11 a.m.	0,29	0,25	0,14	0,40	0,48	0,37	0,32	0,51	0,63	0,65	0,80	1,00	0,82	0,76	0,70	0,80	0,77	0,71	0,66	0,50	0,42	0,40	0,06	0,20
12 – noon	0,40	0,26	0,20	0,37	0,37	0,31	0,32	0,28	0,43	0,67	0,81	0,82	1,00	0,89	0,92	0,85	0,82	0,81	0,67	0,50	0,35	0,42	0,05	0,11
13 – 1 p.m.	0,11	0,03	0,02	0,13	0,17	0,14	0,07	0,09	0,21	0,39	0,60	0,76	0,89	1,00	0,92	0,83	0,73	0,73	0,65	0,44	0,36	0,32	-0,02	0,03
14 – 2 p.m.	0,22	0,11	0,05	0,23	0,22	0,22	0,22	0,15	0,32	0,55	0,72	0,70	0,92	0,92	1,00	0,88	0,83	0,83	0,71	0,50	0,35	0,40	-0,05	-0,01
15 – 3 p.m.	0,23	0,12	0,02	0,14	0,20	0,06	0,07	0,11	0,31	0,46	0,65	0,80	0,85	0,83	0,88	1,00	0,91	0,88	0,88	0,67	0,49	0,53	0,07	0,10
16 – 4 p.m.	0,19	0,05	0,03	0,19	0,27	0,17	0,18	0,25	0,41	0,52	0,68	0,77	0,82	0,73	0,83	0,91	1,00	0,90	0,90	0,84	0,62	0,48	0,04	0,00
17 – 5 p.m.	0,28	0,10	0,00	0,19	0,12	0,12	0,17	0,15	0,35	0,54	0,63	0,71	0,81	0,73	0,83	0,88	0,90	1,00	0,85	0,70	0,50	0,62	0,07	0,12
18 – 6 p.m.	0,06	-0,08	-0,01	-0,02	0,07	-0,02	-0,08	0,06	0,22	0,30	0,50	0,66	0,67	0,65	0,71	0,88	0,90	0,85	1,00	0,88	0,63	0,51	0,10	-0,01
19 – 7 p.m.	0,12	-0,03	0,09	0,01	0,11	0,03	0,00	0,15	0,21	0,25	0,40	0,50	0,50	0,44	0,50	0,67	0,84	0,70	0,88	1,00	0,82	0,52	0,27	0,06
20 – 8 p.m.	0,18	0,04	0,10	0,04	0,06	0,50	0,06	0,11	0,14	0,24	0,35	0,42	0,35	0,36	0,35	0,49	0,62	0,50	0,63	0,82	1,00	0,59	0,45	0,24
21 – 9 p.m.	0,64	0,57	0,29	0,36	0,12	0,13	0,32	0,26	0,34	0,54	0,50	0,40	0,42	0,32	0,40	0,53	0,48	0,62	0,51	0,52	0,59	1,00	0,73	0,63
22 – 10 p.m.	0,65	0,68	0,46	0,28	0,14	0,11	0,27	0,22	0,14	0,30	0,19	0,06	0,05	-0,02	-0,05	0,07	0,04	0,07	0,10	0,27	0,45	0,73	1,00	0,64
23 – 11 p.m.	0,75	0,71	0,61	0,57	0,33	0,31	0,51	0,35	0,38	0,35	0,26	0,20	0,11	0,03	-0,01	0,10	0,00	0,12	-0,01	0,06	0,24	0,63	0,64	1,00

dzinie 14 (ponad 40%). W późniejszych godzinach ich frekwencja powoli spada. Wzrasta wówczas częstość kierunków północno-wschodnich – kolejno NNE, NE i ENE (rys. 6). Ten ostatni w godzinach 19 i 20 jest najczęstszy. Róża wiatru ma począwszy od godziny 14 do 20 charakterystyczny, dwudzielny kształt, z dominującymi dwiema grupami kierunków (rys. 4 i 5). Około godziny 21 najczęściej obserwuje się wiatry wiejące wzdłuż mierzei – E i WSW (rys. 1 i 5). Godzina 22 jest porą przejścia do przewagi wiatrów odlądowych.

Większa częstość pomiarów w serii 24-pomiarowej umożliwiła dokładniejsze określenie pory wystąpienia dobowych maksimum i minimum występowania poszczególnych kierunków wiatru. W godzinach 11 i 12 maksimum ma wiatr N, o 13



Rys. 7. Róże wiatru w okresach doby dla serii 24-pomiarowej

Fig. 7. Wind roses for periods of day on days with 24 measurements

NNW i NW. O 14 i 15 największe częstości w okresie doby osiąga kolejny, sąsiedni do N, kierunek NNE. Dominujący na Mierzei Łebskiej kierunek WNW maksimum frekwencji ma o godzinie 17. Dla następnych, sąsiadujących z ostatnio wymienionymi kierunkami, wiatrów SW, NE i W największe częstości obserwuje się o godzinie 18 (dla W także o 19 i 20). Począwszy od 20, aż do 23, w poszczególnych godzinach występują kolejno maksima dobowe częstości czterech, położonych w róży wiatru obok siebie kierunków: ENE, E, ESE i SE. Godzina 22 to pora maksimum, wiejącego wzdłuż mierzei kierunku WSW. Kierunki wyraźnie odlądowe mają największe częstości dobowe w godzinach nocnych i wczesnych porannych – SSE i SW o godzinie 02, a S i SSW od 05 do 07.

W występowaniu najmniejszych w ciągu doby częstości poszczególnych kierunków wiatru nie obserwuje się tak wyraźnych prawidłowości jak w częstościach największych. Minima kierunków od ESE do SW przypadają pomiędzy godzinami 13 a 18. Kierunki WSW i W najrzadziej występują odpowiednio o godzinie 05 i 06. Kierunek WNW ma najmniejszą częstość w godzinach 22–23, a kierunek NW o godzinie 21.

Analiza dobowej zmienności częstości poszczególnych kierunków wiatru nasuwa przypuszczenie o występowaniu w okresie doby ciągłych okresów różniących się pomiędzy sobą układem częstości kierunków a składających się z kolejnych godzin o podobnym rozkładzie frekwencji kierunku wiatru. W tabeli 5 zestawiono w formie macierzy współczynniki korelacji dla poszczególnych terminów obserwacyjnych z serii 24-pomiarowej. Za parę terminów o podobnym rozkładzie uznano te, dla których wartość współczynnika korelacji była większa od wartości krytycznej na poziomie 0,001 tzn. $r > r_{kr.} = 0,63$.

Terminy o podobnym rozkładzie częstości poszczególnych kierunków wiatru ułożone są wzdłuż przekątnej macierzy. Są to najczęściej terminy sąsiednie. W 20 przypadkach na 24 możliwe najwyższe współczynniki korelacji mają terminy sąsiadujące ze sobą. Poszczególne terminy różnią się jednak liczbą terminów podobnych. Najwięcej istotnych współczynników korelacji ma godzina 10 – począwszy od godziny 03 aż do 17. Analiza macierzy korelacji pozwala wyróżnić dwa podstawowe okresy: od godziny 03 do 10 i od godziny 11 do 18. W każdym z tych okresów wszystkie terminy mają podobne rozkłady częstości kierunku wiatru. Od godziny 19 do 02 występuje duża zmienność frekwencji poszczególnych kierunków wiatru z godziny na godzinę. Zbliżone są do siebie terminy 19 i 20, 21 i 22 oraz od 23 do 02.

Wymienione wyżej 5 grup terminów można traktować jako okresy doby różniące się stosunkami anemometrycznymi. Zarysowuje się więc okresowa zmienność kierunku wiatru w ciągu doby, z możliwą łagodną zmianą układu kierunków wiatru (godzina 10) lub też skokową (pomiędzy godziną 20 i 21). Róże wiatrów dla tych okresów przedstawiono na rysunku 7. Od godziny 03 do 10 największe częstości mają kolejno kierunki SSW, WNW oraz S. Bardzo rzadko (poniżej 5%) występują kierunki N, NNW oraz E, ESE i SE. Następny okres, także 8-godzinny, charakteryzuje się przewagą wiatrów z kierunków WNW, NW i małym udziałem kierunków N oraz od ESE do S. Godziny 19 i 20 mają układ kierunków z dominującymi wia-

Tabela 6 — Table 6

Macierz korelacji częstości poszczególnych kierunków wiatru

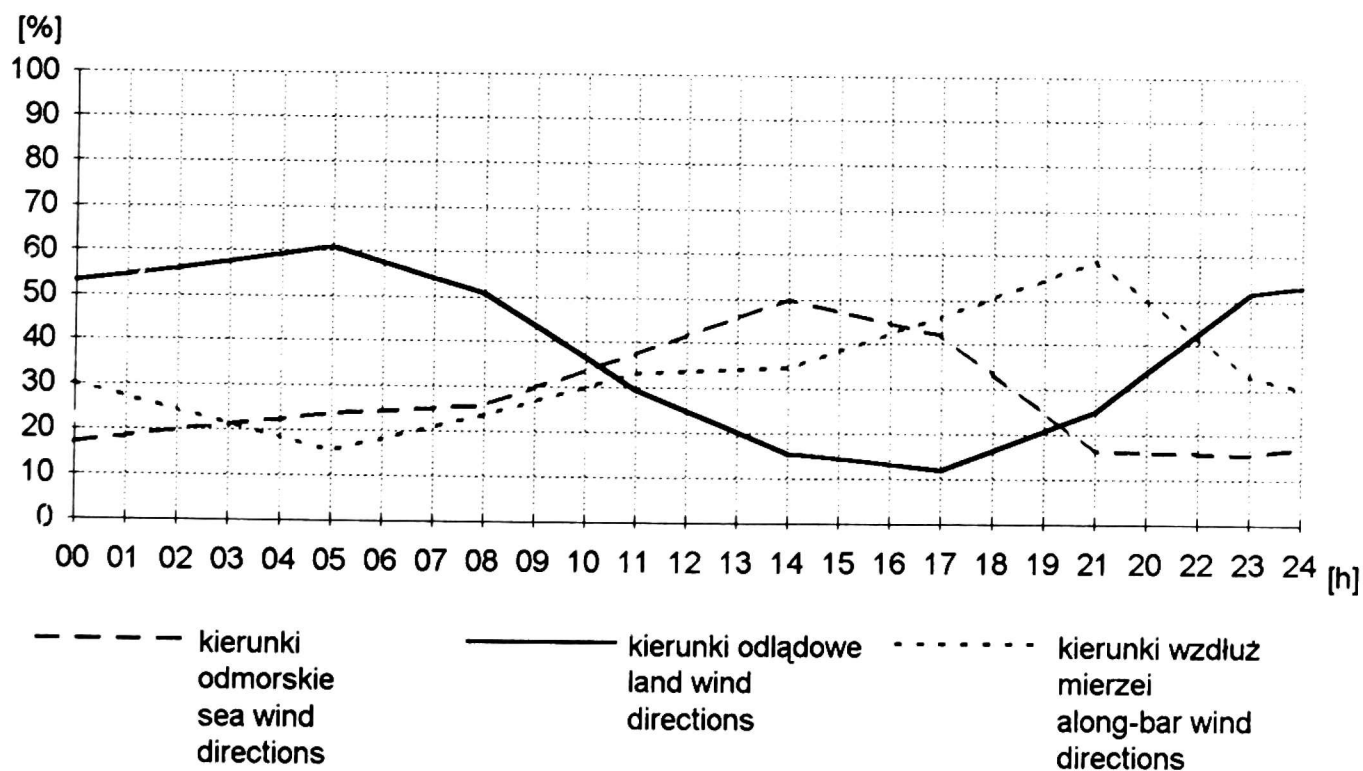
Correlation matrix for the frequency of each wind direction

Kierunek wiatru Wind direction	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	C
N	1,00	0,13	0,18	-0,10	0,17	-0,28	-0,31	-0,45	-0,33	-0,34	-0,21	-0,12	0,28	0,38	0,36	0,39	-0,21
NNE	0,13	1,00	0,26	0,01	-0,25	-0,46	-0,65	-0,47	-0,14	-0,33	-0,42	-0,53	0,32	0,61	0,72	0,42	-0,42
NE	0,18	0,26	1,00	0,31	0,19	-0,39	-0,62	-0,45	-0,39	-0,45	-0,60	-0,32	0,48	0,51	0,37	-0,02	-0,16
ENE	-0,10	0,01	0,31	1,00	0,26	-0,08	-0,48	-0,40	-0,40	-0,56	-0,64	-0,11	0,70	0,12	0,25	-0,09	0,45
E	0,17	-0,25	0,19	0,26	1,00	0,09	0,14	-0,45	-0,67	-0,55	-0,26	0,41	0,48	-0,10	-0,15	0,16	0,67
ESE	-0,28	-0,46	-0,39	-0,08	0,09	1,00	0,49	0,22	0,11	0,15	0,24	0,67	-0,27	-0,45	-0,56	-0,33	0,16
SE	-0,31	-0,65	-0,62	-0,48	0,14	0,49	1,00	0,57	0,20	0,49	0,74	0,61	-0,56	-0,66	-0,74	-0,25	0,22
SSE	-0,45	-0,47	-0,45	-0,40	-0,45	0,22	0,57	1,00	0,57	0,68	0,71	0,12	-0,62	-0,66	-0,48	-0,36	-0,16
S	-0,33	-0,14	-0,39	-0,40	-0,67	0,11	0,20	0,57	1,00	0,84	0,39	-0,17	-0,67	-0,31	-0,34	-0,37	-0,30
SSW	-0,34	-0,33	-0,45	-0,56	-0,55	0,15	0,24	0,68	0,84	1,00	0,57	-0,01	-0,80	-0,37	-0,52	-0,48	-0,23
SW	-0,21	-0,42	-0,60	-0,64	-0,26	0,24	0,74	0,71	0,39	0,57	1,00	0,25	-0,78	-0,45	-0,54	-0,09	-0,12
WSW	-0,12	-0,53	-0,62	-0,66	-0,45	0,12	0,61	0,68	-0,17	-0,01	0,25	1,00	-0,10	-0,50	-0,63	-0,28	0,46
W	0,28	0,38	0,32	0,48	0,32	0,61	0,66	0,66	0,67	0,80	0,39	0,25	1,00	0,21	0,50	0,14	0,33
WNW	0,38	0,61	0,51	0,70	0,21	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,53	0,53	0,53	1,00	0,53	0,33	-0,38
NW	0,36	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37	1,00	0,59	-0,29
NNW	0,39	0,42	0,42	0,42	0,42	0,42	0,42	0,42	0,42	0,42	0,42	0,42	0,42	0,42	0,42	1,00	-0,16
C	-0,21	-0,42	-0,16	0,45	0,67	0,16	0,22	-0,16	-0,30	-0,23	-0,12	0,46	0,33	-0,38	-0,29	-0,16	1,00

trami ENE, W, WSW, WNW oraz E i rzadko notowanymi kierunkami południkowymi. W godzinach 21 i 22 obserwuje się (w stosunku do okresu poprzedniego) przesunięcie na południe kierunków dominujących. Są to kolejno WSW, E, WNW, ESE i SW. Obydwa te krótkie okresy można uznać za przejściowe do ciągnącego się od godziny 23 do 02 układu nocnego z najczęściej występującymi kierunkami SW, SSW, WSW, WNW, SE i SSE.

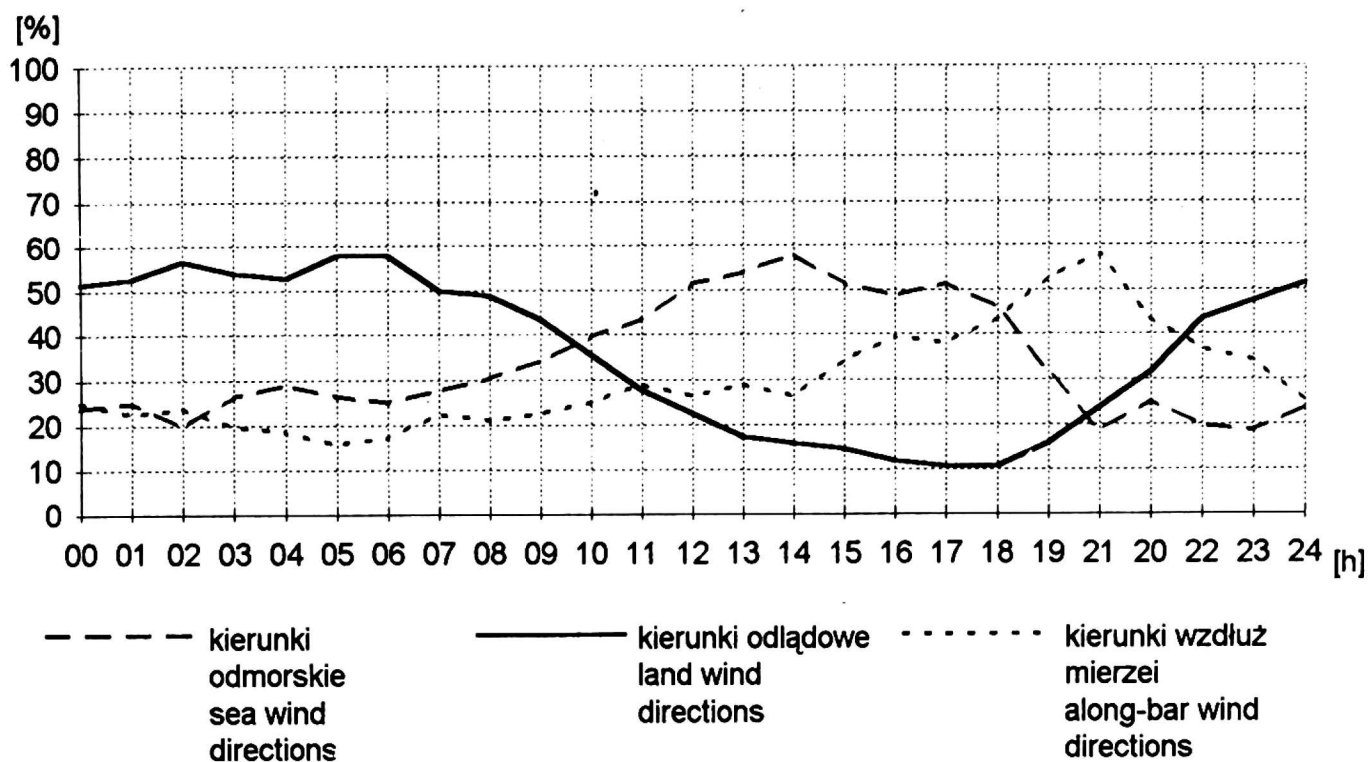
Dla stwierdzenia, które z kierunków wiatru mają podobny rytm dobowy częstości, obliczono macierz korelacji (tab. 6) dla kierunków. Poszczególne kierunki przeważnie nie mają zbyt wysokich wartości współczynników korelacji – tylko dla 2 par (SSW i S oraz SW i SE) obliczone wartości dodatnie są wyższe od krytycznej na poziomie istotności 0,001 ($r_{kr.} = 0,72$), a dla ośmiu dalszych na poziomie 0,01 ($r_{kr.} = 0,61$). Wynika to ze zróżnicowanego charakteru przebiegu dobowego w poszczególnych kierunkach (stwierdzonego już wcześniej w analizie tabel 3 i 4). Dla poszczególnych kierunków wiatru kierunkami o najbardziej zbliżonym rytmie dobowym częstości przeważnie nie są kierunki sąsiednie, lecz położone symetrycznie po przeciwnych stronach osi przebiegającej przez różę wiatru od kierunku N do kierunku S. Pary te utworzone są przez kierunki N–NNW, NNE–NW, NE–WNW, ENE–W, E–W (a także cisze), ESE–WSW, SE–SW, SSE–SW, S–SSW, SSW–S, SW–SE, WSW–ESE, W–ENE, WNW–NNE, NW–NNE, NNW–NW.

Przeważnie niskie wartości współczynników korelacji nie pozwalają na wydzielenie grup kierunków wiatru wyłącznie na podstawie analizy macierzy korelacji. Wstępnie określono więc grupy kierunków na podstawie położenia względem linii brzegowej. Do grupy kierunków odmorskich zaliczono kierunki od WNW do NE. Druga grupa nazwana odlądową (w specyficznej sytuacji topograficznej Mierzei



Rys. 8. Przebieg dobowy grup kierunku wiatru dla serii 8-pomiarowej

Fig. 8. Daily course of wind direction groups on days with 8 measurements



Rys. 9. Przebieg dobowy grup kierunku wiatru dla serii 24-pomiarowej

Fig. 9. Daily course of wind direction groups on days with 24 measurements

Łebskiej, ze względu na obecność jeziora Łebsko, być może nie jest to określenie najprecyzyjniejsze, autor rozpatrywał jednak generalnie położenie stacji w stosunku do linii kontaktu morze–ląd) obejmuje kierunki od ESE do SW. Trzecia grupa to kierunki wzdłuż mierzei: ENE, E oraz W i WSW.

Dla tak określonych grup zbadano wartości współczynników korelacji. W grupie wiatrów odlądowych wszystkie współczynniki są dodatnie, a rozszerzenie tej grupy o któryś z kierunków sąsiednich spowodowałoby pojawienie się współczynników ujemnych o dużych wartościach. Dla wiatrów odmorskich tylko w jednym przypadku korelacja jest ujemna (NE–NNW). Wśród wiatrów wiejących wzdłuż mierzei kierunek WSW ma ujemne współczynniki korelacji z ENE i W. Również w grupie wiatrów odlądowych miałyby także ujemne korelacje z kierunkami S i SSW, zaliczony został ostatecznie do kierunków wzdłuż mierzei. Do grupy tej, ze względu na najwyższe współczynniki korelacji, dołączono także cisze.

Przebieg dobowy częstości poszczególnych grup przedstawiono na rysunku 8 (seria 8-pomiarowa) i rysunku 9 (seria 24-pomiarowa). Dobowy rytm zmian dla obu serii pomiarowych jest zbliżony. Od godziny 22 do 10–11 dominują kierunki odlądowe z maksimum o godzinie 05. W tej części doby minima osiągają kierunki odmorskie (godzina 23) i wiejące wzdłuż mierzei (godzina 05). Począwszy od godziny 10 do 16 (w serii 8-pomiarowej) lub 18 (w serii 24-pomiarowej) najczęściej występują wiatry odmorskie z maksimum o 14. Jednocześnie stale wzrasta udział wiatrów wiejących wzdłuż wybrzeża, a wiatry odlądowe osiągają o 17 minimum częstości. Po przewadze wiatrów odmorskich następuje (trwający aż do godziny 21) okres dominacji wiatrów o kierunkach wzdłuż mierzei, z maksimum o godzinie 20.

WNIOSKI

Przedstawione wyżej wyniki analizy stosunków anemometrycznych Mierzei Łebskiej w okresie letnim z lat 1990–1992 potwierdzają występowanie efektu bryzowego, polegającego na wyraźnym zróżnicowaniu kierunków wiatru w poszczególnych terminach obserwacyjnych dla całego okresu pomiarów terenowych.

Różnice pomiędzy kolejnymi terminami pomiarowymi wskazują na występowanie prawidłowości w dobowym cyklu zmian. Od godzin 10–11 do późnych godzin popołudniowych, z maksimum o godzinie 14, dominują kierunki odmorskie reprezentowane głównie przez wiatry WNW, NW i NE. Związane jest to z występowaniem dziennej bryzy morskiej. W godzinach od 19 do 21 najczęstsze są wiatry wiejące wzdłuż mierzei, a więc o kierunkach pośrednich pomiędzy odmorskimi i odlądowymi. Dzieje się tak na skutek zaniku dziennej cyrkulacji bryzowej i przejścia do cyrkulacji nocnej, odlądowej. Największa częstość kierunków odlądowych, o największym udziale wiatrów SSW i S, przypada na godzinę 05. Charakterystyczne jest, że wszystkie częstości maksymalne poszczególnych grup kierunków mają takie same wartości (57,8%). Świadczy to o równie częstym występowaniu bryzy lądowej i morskiej. W literaturze dotyczącej polskiego wybrzeża Bałtyku więcej uwagi poświęca się bryzie dziennej morskiej, uznając bryzę nocną za rzadko występującą.

Bardzo duża amplituda wahań częstości grup kierunków wskazuje na częste występowanie wiatrów bryzowych w tym rejonie wybrzeża. Autor uznaje materiał za jeszcze zbyt skromny dla określenia częstości pojawiania się cyrkulacji bryzowej. Stwierdzenie, czy w danym dniu cyrkulacja taka wystąpiła nie jest zadaniem łatwym. Z wykresu izoplet dobowej zmienności częstości poszczególnych kierunków wiatru (rys. 6) wynika, że najprawdopodobniej występują trzy typy dobowego reżimu kierunku wiatru:

1) dni, w których nie uwidoczniły się żadne wpływy cyrkulacji bryzowej, ze stabilnym kierunkiem wiatru, przeważnie WNW i W,

2) dni, w których pewne elementy cyrkulacji bryzowej wystąpiły – modyfikując kierunek napływu powietrza – w ciągu dnia niewielki zwrot kierunku na odmorski, w ciągu nocy także niewielki zwrot na odlądowy,

3) dni, w których wystąpiła pełna cyrkulacja bryzowa ze zmianą kierunku na róży wiatru zgodną z ruchem wskazówek zegara (np. W–N–E–S–W).

Autor planuje opracowanie tego problemu w dalszym etapie badań.

Ważnym zagadnieniem są uwarunkowania pojawienia się cyrkulacji bryzowej: synoptyczne, związane z kierunkiem i intensywnością napływu powietrza oraz wpływ zachmurzenia, decydujący o ilości energii dostarczanej powierzchniom morza i lądu, co z kolei wpływa na zróżnicowanie nagrzania tych powierzchni.

Innym problemem badawczym jest wpływ cyrkulacji bryzowej na pogodę i jej elementy, przede wszystkim temperaturę i wilgotność powietrza.

Szczegółowa analiza tych dwu zagadnień będzie możliwa po zgromadzeniu większego materiału obserwacyjnego. Dalsze badania prowadzone będą w cyklu 8 pomiarów na dobę. Wnioski wynikające z analizy serii 8-pomiarowej i 24-pomiarowej są bardzo zbliżone,

a wszystkie ekstremalne (maksymalne i minimalne) częstości w ciągu doby dla grup kierunków wiatru w serii 24-pomiarowej przypadają w terminach serii 8-pomiarowej.

Za istotne uznaje autor także określenie wpływu jeziora Łebsko na cyrkulację bryzową w rejonie Mierzei Łebskiej oraz zasięgu cyrkulacji bryzowej w kierunku lądu i morza.

LITERATURA

- BĄKOWSKI P., 1982: Dwuwymiarowy numeryczny model bryzy morskiej. Kom. Bad. Morza PAN, Studia i Materiały Oceanologiczne, nr 38, Meteorologia Morska nr 2, Gdańsk.
- CROWE P. R., 1987: Problemy klimatologii ogólnej. PWN, Warszawa.
- KACZMAREK B., 1973: Określenie stopnia prawdopodobieństwa występowania wiatrów silnych i sztormów według dni w strefie polskiego wybrzeża Bałtyku. Zeszyty Naukowe AR, nr 40, Rybołówstwo Morskie, z. 3, Szczecin.
- KOSCHMIEDER H., 1936: Danziger Seewindstudien I: Nachweis und Beschreibung sowie Beitrage zur Kinematik und Dynamik des Seewindes. Danziger Meteorol. Forshugsarbeiten, H. 8.
- KUCHTA E., 1966: Wiatry nad Bałtykiem Południowym. Wiadomości Służby Hydrologiczno-Meteorologicznej, t. II (XIV), z. 3, Warszawa.
- KWIECIEŃ K., 1974: Anomalie anemometryczne w przyziemnym regionie województwa gdańskiego. Prace IMGW, nr 2.
- KWIECIEŃ K., 1987: Warunki klimatyczne. [W:] Bałtyk Południowy, (red.) B. AUGUSTOWSKI, Ossolineum, Wyd. PAN, Wrocław-Warszawa-Kraków-Gdańsk-Lódź, s. 219-288.
- ŁOMNIEWSKI K., 1965: Mikroklimat plaży na polskim wybrzeżu. Zesz. Geogr., R. 7.
- MICHALCZEWSKI J., 1967: Synoptyczne studium bryz morskich polskiego wybrzeża Bałtyku. Materiały PIHM.
- RABSKI K., 1986: Elementy lokalnej cyrkulacji atmosfery oraz wielkości wybranych parametrów meteorologicznych na obszarze Mierzei Łebskiej. Zakład Klimatologii IGF UAM, maszynopis pracy doktorskiej, Poznań.
- RABSKI K., 1992: Mezoklimatyczne tło obszaru Słowińskiego Parku Narodowego. Parki Narodowe i Rezerwy Przyrody. T. 11, nr 1, Białowieża.
- TARANOWSKA S., 1957: Występowanie wiatrów na Wybrzeżu. Wiadomości Służby Hydrologicznej, T. VI, z. 1, Warszawa.
- TARANOWSKA S., 1968: O kierunkach i prędkościach wiatrów dolnych na obszarze środkowego i południowego Bałtyku (1947-1966). Przegląd Geofizyczny, R. XIII, z. 1, Warszawa.
- TARANOWSKA S., 1971: Wiatry silne i sztormowe nad południowym i środkowym Bałtykiem. Gdańskie Towarzystwo Naukowe, Rozpr. Wydz. III, z. 7, Gdańsk.

*Zakład Klimatologii
Instytut Geografii Fizycznej
Uniwersytet im. A. Mickiewicza*

VARIABILITY OF THE DAILY COURSE OF WIND DIRECTION OVER THE ŁEBA BAR

S u m m a r y

In the article the first results of the analysis of daily variability of wind directions over the Łeba Bar are presented. This subject has been studied on the basis of data from the meteorological station of the Department of Climatology of Adam Mickiewicz University (see Fig. 1).

Wind direction data were collected between June and August in 1990–1992. Results of the measurements have been grouped in three series: 216 days with three measurements per day, 136 days with 8 measurements per day and 76 days with 24 measurements per day. The longest series is representative of longer periods in this area (Table 1). Distributions of frequencies in all the three series are similar (Table 2).

For the 8-measurement-per-day series and the 24-measurement-per-day series, differences in the frequency of each wind direction were found (Table 3, 4, and Figs. 2–5). At night and in the morning the prevailing wind directions are S, SSW, SSE. Later on, their frequencies decrease, while the frequencies of WNW, W, NW directions increase. In the afternoon and in the evening, participation of along-bar directions (i.e. ENE, WSW, E, W) grows.

Each direction has its specific daily course. At 11 a.m. and 12 o'clock (all time denotations in this article are in the East European Time), N wind direction has the maximum daily frequency. Later on the directions lying westwards and eastwards of the northern direction reach their maximum values gradually. Southerly winds reach their maximum frequency at 5 a.m.

The matrix of correlation of particular measurement times was calculated to find out periods of the day with a similar distribution of direction frequency (Table 5). Wind roses for the distinguished periods are shown in Fig. 7.

Basing on the matrix of correlation of directions (Table 6) and on the position of wind direction sectors in relation to the coast-line (Fig. 1), wind directions are divided into three groups: sea winds (WNW, NW, NNW, N, NNE, NE), land winds (ESE, SE, SSE, S, SSW, SW directions) and along-bar winds (WSW, W, ENE, E directions and calms). Daily courses of particular groups are presented in Fig. 8 (for days with 8 measurements) and Fig. 9 (for days with 24 measurements). Sea winds predominate from 10 a.m. to 6 p.m., with a maximum at 2 p.m. Later on, the prevailing are along-bar winds having their highest frequency at 8 p.m. At night and in the early morning, from 10 p.m. to 9 a.m., land winds predominate, with maximum at 5 a.m.

Variability of the daily course of wind directions and groups of directions is influenced by the "breeze effect". Days can be divided into three groups: (1) days without breeze circulation; (2) days when the breeze even if not appearing as the full-day breeze circulation, has an effect on slight changes of wind direction, during the day toward sea and at night toward land; (3) days with full breeze circulation. This problem will be discussed in detail in the next article.