

CZĘSTOŚĆ I INTENSYWNOŚĆ INWERSJI TEMPERATURY POWIETRZA W SEZONIE LETNIM W REGIONIE KAFFIÖYRY (NW SPITSBERGEN)

Gabriel Wójcik, Kazimierz Marciniak, Rajmund Przybylak

*Uniwersytet Mikołaja Kopernika, Toruń
Instytut Geografii, Zakład Klimatologii*

1. Wstęp

Zespół klimatologów Uniwersytetu M. Kopernika od 1975 roku prowadzi w regionie Kaffiöyry (NW Spitsbergen) stopniowo rozszerzane badania meteorologiczne i topoklimatyczne. Na podstawie zebranych materiałów opublikowano szereg artykułów dotyczących pionowych gradientów temperatury powietrza i ciśnienia pary wodnej w przypowierzchniowej warstwie atmosfery wybranych środowisk (Przybylak i in. 1993), a także hipsometrycznego zróżnicowania stosunków termiczno-wilgotnościowych (Wójcik i in. 1981, 1983, 1989, 1993; Marciniak, Przybylak 1992). Wstępnie na podstawie danych z dwóch sezonów letnich (1978 i 1979) opisano częstotliwości i intensywności inwersji termicznych w profilu hipsometrycznym od równiny nadmorskiej Kaffiöyry do pola firnowego Lodowca Waldemara (Wójcik, Przybylak 1985).

W niniejszej publikacji zagadnienie to rozpatrujemy na podstawie rozszerzonego materiału z czterech sezonów letnich (1979, 1980, 1982 i 1989) dla wspólnego okresu (21.07-31.08). Pomiary codzienne temperatury powietrza były wykonywane za pomocą termografów na wysokości 200 cm nad powierzchnią czynną w trzech punktach zlokalizowanych na morenie czołowo-bocznej Lodowca Aavatsmarka (KH, 11,5 m n.p.m.), na czole Lodowca Waldemara (LW-1, 129 m n.p.m., ok. 3,7 km od morza) i na polu firnowym Lodowca Waldemara (LW-2, 385 m n.p.m., ok. 6 km od morza). Punkty pomiarowe na Lodowcu Waldemara leżały w osi doliny mającej kierunek ENE - WSW (ryc. 1). Natomiast stacja KH leżąca ok. 3,5 km od czoła lodowca była przesunięta nieco na północ od linii osi podłużnej doliny lodowca. Ten dolny odcinek profilu wyznaczony stacjami KH i LW-1 ma

więc kierunek zbliżony do równoleżnikowego. Sama stacja KH jest przeważnie poza zasięgiem adiabaticznie podgrzanego strumienia powietrza spływającego z lodowców na równinę. To ważny szczegół. Jedynie podczas cyrkulacji fenowej ciepłe powietrze może obejmować całą równinę (Wójcik i in. 1981).

Szczegółowy opis terenu badań został zamieszczony we wcześniejszych publikacjach (m. in. Wójcik i in. 1993; Marciniak i in. 1993; Wójcik i in. 1997), tutaj przytoczymy tylko najpotrzebniejsze informacje. Punkty pomiarowe rozmieszczone były w profilu ciągnącym się na skłonie masywu górskiego od przyległej Równiny Kaffiöyra wzdłuż Lodowca Waldemara. Skłon masywu i leżąca u jego podnóża listwa równiny o szerokości ok. 3 km mają ogólny kierunek NNW-SSE, natomiast doliny przecinające ten skłon mają kierunek ENE-WSW, a wypełniające je lodowce w fazie największego zasięgu wybiegały na samą równinę. Cały ten obszar mający dobrą ekspozycję dosłoneczną jest zwrócony ku morskiej Cieśninie Forland.

2. Ogólne warunki meteorologiczno-klimatyczne

Wzdłuż omawianego profilu hipsometrycznego temperatura maleje wraz z wysokością. Średnie wieloletnie sezonowe temperatury w stacjach KH, LW-1 i LW-2 wynoszą odpowiednio 4,2°C, 3,5°C i 2,2°C (z 6 lat z okresu 1978-1989) -Wójcik i in. (1993). Dodatkowo hipsometryczne gradienty umacniają pogodę pochmurną, natomiast przy pogodzie słonecznej lub umiarkowanie słonecznej pojawiają się inwersje temperatury, a lokalny system wiatrów sprzyja ich powstawaniu i utrzymywaniu się. Cechą charakterystyczną tego systemu jest zdecydowana przewaga wiatrów wiejących wzdłuż Cieśniny Forland i Niziny Kaffiöyra. Według danych średnich wieloletnich (z 6 lat z okresu 1975-1982) w okresie 21.07-31.08 łącznie przypada na nie 72,7% częstości, z tym że na kierunki NW-NNW-N przypada 29,5% częstości, a na przeciwne SE-SSE-S przypada 43,2% częstości (Wójcik, Przybylak 1991). Wiatry z sektora S są silniejsze i średnia ich prędkość wynosi 5,6 m/s, zaś średnia prędkość wiatru ze składową N wynosi 4,2 m/s przy średniej sezonowej prędkości z wszystkich pomiarów wynoszącej 4,5 m/s. Częstość ciszy wynosi 4,2%. Dodamy, że powietrze niesione wiatrami ze składową N jest średnio chłodniejsze o ok. 2-3°C od powietrza napływającego z południa (Wójcik i in. 1992), przy którym występuje zwykle duże zachmurzenie. Wspomniane cechy cyrkulacji południowej umacniają normalny rozkład temperatury w profilu hipsometrycznym.

Natomiast cyrkulacja północna sprzyja powstawaniu inwersji. Chłodne powietrze niesione tymi wiatrami, któremu towarzyszy zwykle mniejsze zachmurzenie, spycha ku S strumień adiabaticznie podgrzanego powietrza

splywający z lodowców na przedpole. W takiej sytuacji w stacji KH notowane są niskie temperatury powietrza. W rezultacie przy wiatrach N formuje się na omawianym skłonie inwersyjny rozkład temperatury.

Pogoda słoneczna lub nawet częściowo słoneczna sprzyja formowaniu się inwersji, bowiem powoduje silniejsze ogrzanie powietrza zamkniętego w górnej partii doliny lodowcowej niż na dobrze przewietrzanej nizinie.

3. Pionowe gradienty temperatury

W tabeli 1 przedstawiono średnie pentadowe i średnie z sezonu letniego (z lat 1979, 1980, 1982 i 1989) pionowe gradienty temperatury pomiędzy równiną nadmorską i czołem lodowca (KH - LW-1) oraz pomiędzy czołem i polem firnowym lodowca (LW-1 - LW-2). Średni gradient temperatury powietrza między stacjami KH i LW-1 wyniósł $0,69^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$, a między stanowiskami lodowcowymi tylko $0,47^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$. Różnica ta jest efektem skoku termicznego jaki występuje na pograniczu środowiska zlodowaczonego i niezlodowaczonego. Pionowy gradient temperatury wykazuje znaczące różnice wartości w poszczególnych latach badanych sezonów letnich, a także w poszczególnych pentadach i dniach w zależności od warunków pogodowych. Największy średni gradient ($0,94^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$) pomiędzy równiną i lodowcem wystąpił w roku 1980, a najmniejszy ($0,48^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$) w roku 1989. Lata te różniły się między sobą wielkością zachmurzenia i usłonecznienia oraz sumami i częstością występowania opadów atmosferycznych (Wójcik, Przybylak 1991; Marciniak i in. 1993). Przy pogodzie pochmurnej (na przykład w 1980 r.) średnie różnice termiczne pomiędzy analizowanymi stanowiskami są większe aniżeli przy pogodzie słonecznej (na przykład w 1989 r.) sprzyjającej pojawianiu się inwersji zmniejszających pionowe różnice temperatury. Prawidłowość ta jest słabo zaznaczona na stanowiskach lodowcowych odznaczających się zbliżonymi cechami powierzchni czynnej. Wpływ warunków pogodowych na kształtowanie się pionowych gradientów temperatury jest jeszcze bardziej widoczny w poszczególnych pentadach sezonu letniego. W słonecznym sezonie letnim 1989 r. średnie pentadowe wartości tych gradientów pomiędzy KH i LW-1 wahały się od $-0,05^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$ do $0,80^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$. Natomiast w pochmurnym 1980 r. zmieniały się od $0,47^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$ do $1,37^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$ (tab. 1). Ten mały gradient jak na pochmurny sezon $0,47^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$ był spowodowany wystąpieniem wiatru fenowego w połowie sierpnia w czasie którego miała miejsce silna inwersja termiczna w jego pierwszej fazie rozwoju (Wójcik i in. 1981; Marciniak i in. 1985). Bez uwzględnienia tego epizodu pogodowego rozpiętość między skrajnymi średnimi pentadowymi wartościami gradientów w roku 1980 wynosiłaby tylko $0,49^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$, podobnie jak w roku 1982 ($0,53^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$) odznaczają-

cym się równie wysokim zachmurzeniem. Natomiast w słonecznych sezonach letnich, tj. w roku 1979 i 1989, rozpiętość ta jest około dwukrotnie większa i wynosi odpowiednio $0,99^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$ i $0,85^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$.

4. Częstość sezonowa inwersji

Dla każdej godziny (od 1 do 24) z 42 dni (21.07-31.08) każdego roku 1979, 1980, 1982 i 1989 porównano temperatury powietrza ze stacji KH, LW-1, LW-2 i dla sytuacji inwersyjnych obliczono gradienty pomiędzy stacją KH i LW-1 (tab. 2, ryc. 2), pomiędzy KH i LW-2 (ryc. 3) oraz pomiędzy LW-1 i LW-2 (tab. 3, ryc. 4) a obliczone gradienty posegregowano wg klas intensywności (co $0,4^{\circ}\text{C}$). W ten sposób otrzymano szczegółowy dobowy przebieg częstości inwersji wg klas i ogólną ich częstość dla każdego sezonu oraz łącznie z wszystkich sezonów.

Sezonowe częstości inwersji pomiędzy KH i LW-1 wahają się od 62 (6,2%) w 1980 r. do 162 (16,1%) w 1989 r. przy średniej z 4 sezonów wynoszącej 124,5 (12,4%). Analogiczne dane dla inwersji pomiędzy stacjami lodowcowymi LW-1 i LW-2 wahają się od 9,8% w 1989 r. do 15,3% w 1979 r. przy średniej z 4 sezonów wynoszącej 12,2% czyli prawie takiej samej jak dla poprzedniego odcinka profilu hipsometrycznego. Oczywiście w każdym sezonie najczęściej występują inwersje naj płytsze ($0,0$ do $-0,39^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$); im głębsza inwersja tym rzadziej występuje. Inwersje naj płytsze na odcinku pomiędzy LW-1 i LW-2 stanowią ponad połowę wszystkich przypadków i ich częstość waha się od 6,2% w 1980 r. do 8,2% w 1979 r. przy średniej częstości z 4 sezonów wynoszącej 6,9%. Inwersje naj płytsze na odcinku KH i LW-1 występują rzadziej niż na odcinku górnym, a ich udział waha się od 3,1% w 1980 r. do 7,5% w 1982 r. przy średniej częstości z 4 sezonów 5,1%. Z powyższego zestawienia widać, że inwersje naj słabsze wykazują mniejszą frekwencję w latach chłodniejszych i o największym zachmurzeniu (tab. 2-3, ryc. 2-4), większą zaś w latach cieplejszych i mniej pochmurnych.

Inaczej wygląda częstość inwersji naj głębszych ($< -2^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$). Nie występują one na odcinku górnym badanego profilu, tj. pomiędzy stacją LW-1 i LW-2. Tutaj także nie wystąpiły inwersje o intensywności nieco mniejszej ($-1,6$ do $-1,99^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$) w sezonach cieplejszych i pogodniejszych, tj. w 1979 i 1989, a tylko śladowo pojawiły się w latach 1980 i 1982.

Natomiast inwersje naj głębsze dość obficie występują w dolnym odcinku badanego profilu, tj. pomiędzy KH i LW-1. W sezonach pogodniejszych jest ich więcej, w 1979 r. stanowiły one ok. 15,1%, a w 1989 r. 12,3% wszystkich przypadków inwersji. W sezonie pochmurnym 1980 r. inwersje naj głębsze wystąpiły sporadycznie, a w 1982 r. nie wystąpiły.

5. Przebieg dobowy częstości inwersji

Dobowe rozkłady częstości inwersji pokazane są w tab. 2-3 i na ryc. 2-6. Według średnich godzinnych obliczonych z 4 sezonów badawczych inwersje występują w ciągu całej doby. Na odcinku dolnym (pomiędzy stanowiskami KH i LW-1) w cyklu dobowym obniżenie częstości pojawiania się inwersji zaznacza się w okresie około północy z minimum o godz. 23⁰⁰ i 4⁰⁰ (po 7,9%), a podwyższenie częstości w godzinach około południowych z maksimum o godz. 15⁰⁰ (20,2%). Podobny rozkład częstości występuje w sezonach 1979, 1982 i 1989 (ryc. 5). W sezonie 1980 r. dobowy przebieg częstości inwersji jest dość nieregularny, a pewne obniżenie częstości zaznaczyło się w godzinach przedpołudniowych.

Na odcinku górnym (pomiędzy stanowiskami LW-1 i LW-2) przebieg dobowy częstości jest mniej zróżnicowany niż na odcinku dolnym. Obniżenie częstości wystąpiło przed północą z minimum o godz. 20⁰⁰ (7,9%), a podwyższenie w godzinach południowych z maksimum o godz. 12⁰⁰ (18,6%). Tutaj rozkład dobowej częstości w poszczególnych sezonach w ogólnych zarysach nawiązuje do opisanego przebiegu uśrednionego z 4 sezonów (ryc. 5). Średnia względna częstość poszczególnych klas intensywności inwersji w przebiegu dobowym w stosunku do wszystkich przypadków inwersji w danej godzinie jest pokazana dla obu profili na ryc. 6.

Najczęściej inwersje temperatury powietrza na badanym obszarze występują przy następujących sytuacjach pogodowych:

- 1) w dniach słonecznych przy jednoczesnym napływie powietrza z sektora północnego,
- 2) w okresach rozwoju procesu fenizacji powietrza (przeważający wpływ ze składową z sektora wschodniego),
- 3) przy pogodzie słonecznej nad lodowcem i jednoczesnym zachmurzeniem (chmury piętra niskiego) nad równiną.

Kształtowanie się inwersji temperatury powietrza na omawianym obszarze przy wspomnianych sytuacjach pogodowych przedstawiono w dotychczasowych publikacjach autorów niniejszego opracowania (m. in. Wójcik i in. 1981; Marciniak i in. 1985; Wójcik, Przybylak 1985; Marciniak, Przybylak 1992).

Literatura

Marciniak K., Marszelewski W., Przybylak R., 1985, Temperatura powietrza na Lodowcu Elizy i Lodowcu Waldemara /NW Spitsbergen/ w sezonie letnim - studium porównawcze, XII Sympozjum Polarne, Materiały, Szczecin, s. 31-42.

- Marciniak K., Przybylak R.**, 1992, Zróznicowanie przestrzenne temperatury powietrza w strefie wybrzeża regionu Kaffiöyry (NW Spitsbergen) w czasie lata polarnego, *Problemy klimatologii polarnej*, 2, Materiały II Seminarium Meteorologii i Klimatologii Polarnej, Gdynia, s. 111-120.
- Marciniak K., Przybylak R., Kejna M.**, 1993, Dynamika warunków meteorologicznych na Równinie Kaffiöyry (NW Spitsbergen) w okresie 8.07 - 7.09 1989 r., *Wyniki badań VIII Toruńskiej Wyprawy Polarnej Spitsbergen '89*, UMK Toruń, s. 31-46.
- Przybylak R., Kejna M., Marciniak K.**, 1993, Termiczno-wilgotnościowa stratyfikacja w przyziemnej warstwie powietrza nad moreną i lodowcem w regionie Ziemi Oskara II (NW Spitsbergen) w sezonie letnim 1989 r., *Wyniki badań VIII Toruńskiej Wyprawy Polarnej Spitsbergen '89*, UMK Toruń, s. 65-82.
- Wójcik G., Kejna M., Marciniak K., Przybylak R., Vizi Z.**, 1997, Obserwacje meteorologiczne na Ziemi Oscara II (Spitsbergen) i w Oazie Bungera (Antarktyda), *Zakład Klimatologii UMK, Toruń*, ss. 412.
- Wójcik G., Marciniak K., Przybylak R.**, 1981, Stosunki termiczne sezonu letniego na Lodowcu Waldemara i nadmorskiej Nizinie Kaffiöyry (NW Spitsbergen), *VIII Sympozjum Polarne, Materiały 1, Sosnowiec*, s. 21-32.
- Wójcik G., Marciniak K., Przybylak R.**, 1983, Wilgotność powietrza w sezonie letnim na nizinie nadmorskiej Kaffiöyry i lodowcu Waldemara /NW Spitsbergen/, *Polskie badania polarne 1970-1982, Rozprawy UMK, X Sympozjum Polarne, Toruń*, s. 187-199.
- Wójcik G., Marciniak K., Przybylak R., Kejna M.**, 1989, Zróznicowanie temperatury i prężności pary wodnej w sezonie letnim pomiędzy Równiną Kaffiöyrą i Lodowcem Waldemara /NW Spitsbergen/, *XVI Sympozjum Polarne, Dorobek i perspektywy polskich badań polarnych, Rozprawy UMK, Toruń*, s. 170-172.
- Wójcik G., Marciniak K., Przybylak R., Kejna M.**, 1992, Temperatura i opady a cyrkulacja atmosferyczna w regionie Kaffiöyry (NW Spitsbergen) w sezonie letnim w okresie 1975-1989, *Problemy klimatologii polarnej*, 2, Materiały II Seminarium Meteorologii i Klimatologii Polarnej, Gdynia, s. 96-102.
- Wójcik G., Marciniak K., Przybylak R., Kejna M.**, 1993, Mezo- i topoklimaty regionu Kaffiöyry (NW Spitsbergen), *Wyniki badań VIII Toruńskiej Wyprawy Polarnej Spitsbergen '89*, UMK Toruń, s. 83-112.
- Wójcik G., Przybylak R.**, 1985, Pionowe gradienty temperatury powietrza na lodowcu Waldemara (Ziemia Oskara II, Spitsbergen), *XII Sympozjum Polarne, Materiały, Szczecin*, s. 67-74.

Wójcik G., Przybylak R., 1991, Warunki meteorologiczne na Równinie Kaffiöyra /NW Spitsbergen/ w okresie 14.07-9.09.1982, Acta Univ. Nicolai Copernici, Geografia 22, Toruń, s. 109-124.

FREQUENCY AND INTENSITY OF AIR TEMPERATURE INVERSION IN THE SUMMER IN THE KAFFIÖYRA REGION (NW SPITSBERGEN)

S u m m a r y

The problem of air temperature inversion is examined on the basis of the results of the study for four summer seasons (1979, 1980, 1982 and 1989) for a common observation period (21.07-31.08). The measurement points were situated on the area of Waldemar Glacier and on the Kaffiöyra coastal plain (Fig. 1). The observations have been made hourly with the help of thermographs at 200 cm height at three measurement points: 1/ on the frontal-lateral moraine of Aavatsmark Glacier (KH, 11.5 m a.s.l.), 2/ on the snout of Waldemar Glacier (LW-1, 129 m a.s.l., about 3.7 km from the sea) and 3/ on the firn field of Waldemar Glacier (LW-2, 385 m a.s.l., about 6 km from the sea).

Hourly values of air temperature from 42 days (21.07-31.08) in each of the years 1979, 1980, 1982 and 1989 from the stands KH, LW-1 and LW-2 were compared and for the inverse situations the gradients between the stands KH and LW-1 (Table 2, Fig. 2), KH and LW-2 (Fig. 3) and LW-1 and LW-2 (Table 3, Fig. 4) were calculated and segregated according to intensity classes (every 0.4 °C).

In Table 1 the pentad averages and means for the summer season (from 1979, 1980, 1982 and 1989) vertical temperature gradients are shown between the coastal plain and snout of the glacier (KH – LW-1) and between the snout and firn field (LW-1 – LW-2). The mean air temperature gradient was 0.69 °C/100 m between the stands KH and LW-1 and only 0.47 °C/100 m between the glacial stands. This difference is the effect of the thermal „jump” occurring at the border of nonglaciaded and glaciaded environments. The vertical temperature gradient shows considerable differences in the particular years for the studied summer seasons and also in the particular pentads and days depending on the weather conditions. With cloudy weather (for example in 1980) the mean thermal differences between the analysed stands are greater than with sunny weather (for example in 1989) favourable for the occurrence of inversion, which decreases the vertical temperature differences. This regularity is weaker at the glacial stands, which have similar

surface characteristics. The decrease of vertical gradients is influenced also by the temperature inversions caused by foehn wind inflowing from the directions with eastern components, especially in its earlier development phase.

The seasonal frequency of inversion between KH and LW-1 fluctuate from 62 (6.2%) in 1980 to 162 (16.1%) in 1989 with the average of 124.5 (12.4%) for the four seasons. Analogically data for the inversion between the glacial stand LW-1 and LW-2 fluctuate from 9.8% in 1989 to 15.3% in 1979 with the average of 12.2% for the four seasons, which is almost the same as for the previous part of the hipsometric profile. Of course, in every season the flattest inversions (0.0 – -0.39 °C/100 m) are the most frequent; the deeper the inversion the rarer it occurs. The flattest inversions between LW-1 and LW-2 makes more than half of the cases and their frequency varies from 3.1% in 1980 to 7.5% in 1982 with the average of 5.1% for the four seasons. The weakest inversions have lower frequency in the colder and more cloudy years (Table 2-3, Fig. 2-4), and higher in warmer and less cloudy years.

Frequency of the deepest inversions (< -2°C/100 m) is formed in a different way. These inversions do not appear in the upper part of the examined profile, that is between stands LW-1 and LW-2. Here weaker inversions (from -1.6 to -1.99°C/100 m) did not appear in warmer and more sunny seasons (that is in 1979 and 1989), either. They only slightly appeared in the years 1980 and 1982.

In a daily course the most frequent inversions between stands KH and LW-1 appear on average in the afternoon (14 -15⁰⁰) and most rarely at night. A daily course of inversions between stands LW-1 and LW-2 looks similarly, but it is less differentiated. (Fig. 5 and 6).

Most often the air temperature inversions in the studied area appear in the following weather conditions:

- 1) on sunny days with simultaneous winds from the northern sector,
- 2) in periods of developing the foehnisation process (prevailing flow with a component from the eastern sector),
- 3) during sunny weather over the glacier and simultaneous cloudiness (low clouds) over the plain.

Tabela 1 - Table 1

Średnie dobowe pionowe gradienty temperatury powietrza ($^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$)
między stanowiskami KH-LW1 i LW1-LW2

Daily mean vertical gradients of air temperature ($^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$) between
the stands KH-LW1 and LW1-LW2

okres period	1979		1980		1982		1989		1979-1989	
	KH-LW1	LW1-LW2	KH-LW1	LW1-LW2	KH-LW1	LW1-LW2	KH-LW1	LW1-LW2	KH-LW1	LW1-LW2
21-25.07	0,20	0,37	0,96	0,34	0,41	0,03	0,73	0,72	0,58	0,37
26-31.07	0,96	0,61	1,22	0,46	0,94	0,94	0,05	0,60	0,79	0,65
01-05.08	0,57	0,59	1,37	-0,03	0,51	0,57	0,71	0,43	0,79	0,39
06-10.08	0,82	0,41	0,97	0,69	0,75	0,36	-0,05	0,29	0,62	0,44
11-15.08	0,14	0,06	0,47	0,46	0,48	0,26	0,49	0,25	0,40	0,26
16-20.08	1,11	0,46	0,88	0,31	0,66	0,39	0,54	0,61	0,80	0,44
21-25.08	0,94	0,20	0,93	0,63	0,80	0,57	0,80	0,77	0,87	0,54
26-31.08	1,19	0,72	1,13	0,70	0,83	0,80	0,74	1,05	0,97	0,82
01-31.08	0,77	0,39	0,93	0,45	0,65	0,48	0,52	0,55	0,72	0,47
21.07-31.08	0,71	0,41	0,94	0,42	0,64	0,47	0,48	0,56	0,69	0,47

Tabela 2 - Table 2

Dobowe przebiegi częstotliwości bezwzględnej inwersji temperatury powietrza wg klas między stanowiskami KH i LW-1 w sezonie letnim (21.07-31.08)
 Daily courses of the frequency of air temperature inversions according to classes between the stands KH and LW-1 in summer (21.07-31.08)

Rok-Year	1979						1980						1982						1989						1980			1982			1989			m	
	0,0/-0,39	-0,4/-0,8	-0,8/-1,2	-1,2/-1,6	-1,6/-2	<-2	0,0/-0,39	-0,4/-0,8	-0,8/-1,2	-1,2/-1,6	-1,6/-2	<-2	0,0/-0,39	-0,4/-0,8	-0,8/-1,2	-1,2/-1,6	-1,6/-2	<-2	0,0/-0,39	-0,4/-0,8	-0,8/-1,2	-1,2/-1,6	-1,6/-2	<-2	0,0/-0,39	-0,4/-0,8	-0,8/-1,2	-1,2/-1,6	-1,6/-2	<-2	Σ	Σ	Σ		
1	2	1	1	0	0	1	2	1	0	0	0	0	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	3	2	1	1	0	0	1	5	3	3	8
2	1	2	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	2	1	0	0	1	4	2	4	7
3	1	1	0	0	0	1	2	0	1	0	0	0	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	0	0	1	0	1	3	3	3	5
4	1	1	2	0	0	1	0	2	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	5	4	3	5	
5	2	3	1	1	0	1	2	1	0	1	0	0	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	3	1	0	0	1	0	8	3	3	5	
6	2	3	0	1	0	2	1	0	1	0	0	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	2	0	0	8	1	5	5	
7	2	2	0	2	0	3	1	2	0	0	0	0	2	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	1	2	0	0	6	3	6	6	
8	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	4	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	1	2	1	0	1	6	2	7	8	
9	1	1	2	1	1	2	1	1	0	0	0	0	4	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	1	3	0	0	1	8	1	7	8	
10	2	0	2	1	1	2	1	1	0	0	0	0	4	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	1	1	0	1	10	2	6	6	
11	3	3	3	0	0	1	2	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	1	1	1	0	0	5	3	8	7	
12	0	1	2	0	0	2	1	1	1	0	0	0	6	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	1	1	0	0	4	2	9	9	
13	1	0	1	0	0	2	2	0	1	0	0	0	5	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	1	8	0	1	0	9	4	9	11	
14	3	4	0	2	0	0	0	0	0	0	0	1	6	2	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	2	1	0	1	1	13	2	2	11	
15	6	2	2	3	0	1	2	0	0	0	0	2	6	2	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	2	1	0	1	0	8	3	7	7	
16	3	3	0	1	1	1	2	0	0	0	0	1	4	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	2	1	0	1	8	3	7	7	
17	1	2	1	1	0	1	1	0	0	0	0	1	4	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	3	1	0	1	5	2	8	7	
18	5	1	4	0	0	1	4	1	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	1	1	0	3	9	4	5	7	
19	1	1	4	0	0	1	1	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	2	1	0	2	7	5	2	7	
20	2	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	3	0	0	4	1	3	6	3	
21	2	0	1	1	0	0	2	0	0	0	0	1	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	5	1	0	1	0	4	3	4	8	
22	2	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	3	0	1	0	4	3	3	8	
23	0	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	1	0	2	0	4	3	5	3	
24	2	1	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	3	0	0	2	5	2	1	6	
Σ	46	33	29	13	8	23	31	15	6	3	1	6	76	31	10	2	3	0	52	30	34	18	8	20	152	62	122	162	124,5						

Tabela 3 - Table 3

Dobowe przebiegi częstości bezwzględnej inwersji temperatury powietrza wg klas między stanowiskami LW-1 i LW-2 w sezonie letnim (21.07-31.08)
 Daily courses of the frequency of air temperature inversions according to classes between the stands LW-1 and LW-2 in summer (21.07-31.08)

Rok-Year °C/100m hour	1979				1980				1982				1989				1979				1980				1982				1989				m					
	0.0/ -0.39	-0.4 -1	-0.8 -2	-1.2 -2	-1.6 -2	<-2	0.0/ -0.39	-0.4 -1	-0.8 -2	-1.2 -2	-1.6 -2	<-2	0.0/ -0.39	-0.4 -1	-0.8 -2	-1.2 -2	-1.6 -2	<-2	0.0/ -0.39	-0.4 -1	-0.8 -2	-1.2 -2	-1.6 -2	<-2	0.0/ -0.39	-0.4 -1	-0.8 -2	-1.2 -2	-1.6 -2	<-2	0.0/ -0.39	-0.4 -1		-0.8 -2	-1.2 -2	-1.6 -2	<-2	
1	4	0	0	2	0	0	2	0	0	0	0	0	3	0	1	0	0	0	4	1	0	0	0	0	0	4	1	0	0	0	0	0	0	6	4	4	5	4.8
2	3	2	1	1	0	0	4	2	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	4	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	7	6	1	4	4.5	
3	3	2	1	1	0	0	3	2	0	0	0	0	3	1	1	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	7	5	5	5	5.5	
4	2	0	1	2	0	0	4	2	0	0	0	0	2	1	0	1	0	0	5	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	5	6	4	5	5.0		
5	3	1	2	0	0	0	2	3	0	0	0	0	4	1	0	1	0	0	3	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	6	5	6	3	5.0		
6	2	1	2	0	0	0	2	3	0	0	0	0	5	0	0	1	0	0	2	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	5	5	5	2	4.5			
7	3	1	1	1	0	0	0	4	0	1	0	0	2	0	0	0	1	0	2	1	0	0	0	0	2	1	0	0	0	0	5	5	1	4	3.8			
8	3	1	1	1	0	0	1	3	1	1	1	0	2	0	0	1	0	0	3	1	0	0	0	0	3	1	0	0	0	6	7	3	4	5.0				
9	3	1	3	0	0	0	1	4	1	1	0	1	2	0	0	1	0	0	3	0	1	0	0	0	3	0	0	0	0	7	3	3	6	5.8				
10	6	1	1	0	0	0	1	4	1	0	1	0	2	1	0	0	1	0	3	0	1	0	0	0	3	0	1	0	0	8	7	4	4	5.8				
11	4	1	0	1	0	0	4	2	1	1	0	1	0	2	1	0	0	0	6	1	0	0	0	0	6	8	3	0	0	6	8	3	4	5.3				
12	5	2	2	0	0	0	3	2	2	1	0	0	2	2	0	0	0	0	6	1	1	0	0	0	9	8	6	6	8	8	6	8	7.8	6.8				
13	7	3	1	0	0	0	2	1	2	1	0	0	4	0	0	1	0	0	4	0	0	0	0	0	11	6	5	5	5	5	5	5	6.8	6.3				
14	5	2	0	0	0	0	4	2	1	1	0	0	4	1	1	0	0	0	4	0	0	0	0	0	8	8	5	5	4	6	5	5	6.5	6.5				
15	4	3	1	0	0	0	5	1	1	1	0	0	4	0	0	0	0	0	3	1	1	0	0	0	7	7	6	5	5	5	5	5	6.3	6.3				
16	3	2	0	2	0	0	3	3	0	1	0	0	4	0	0	0	0	0	2	1	1	0	0	0	7	7	6	6	4	4	4	4	6.0	6.0				
17	3	2	0	2	0	0	5	1	0	1	0	0	4	1	1	0	0	0	2	1	0	0	0	0	8	5	5	2	2	2	2	2	5.0	5.0				
18	4	0	2	2	0	0	3	1	1	0	0	0	3	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	6	5	4	2	2	4	2	4	4.3	4.3				
19	5	0	1	0	0	0	4	0	0	1	0	0	3	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	7	7	6	4	4	3	3	3	3.3	3.3				
20	1	0	1	0	0	0	2	1	1	0	0	0	3	0	1	0	0	0	2	0	1	0	0	0	2	4	4	3	3	3	3	3	3.5	3.5				
21	1	0	2	0	0	0	3	1	1	0	0	0	2	1	0	0	0	0	2	1	0	0	0	0	3	5	3	4	4	4	4	4	3.8	3.8				
22	3	0	2	0	0	0	1	1	1	0	0	0	3	0	1	0	0	0	2	0	0	0	0	0	5	3	4	3	3	3	3	3	4.8	4.8				
23	1	3	0	1	0	0	2	1	1	1	0	0	2	1	1	0	0	0	3	2	0	0	0	0	5	4	5	5	4	4	4	4	4.5	4.5				
24	5	2	0	1	0	0	1	2	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	2	2	0	0	0	0	8	3	3	3	3	3	3	3	4	4.5	4.5			
Σ	83	30	26	15	0	0	62	48	15	11	2	0	65	15	12	8	2	0	69	19	7	4	0	0	154	138	102	99	99	123.2	123.2	123.2	123.2	123.2				

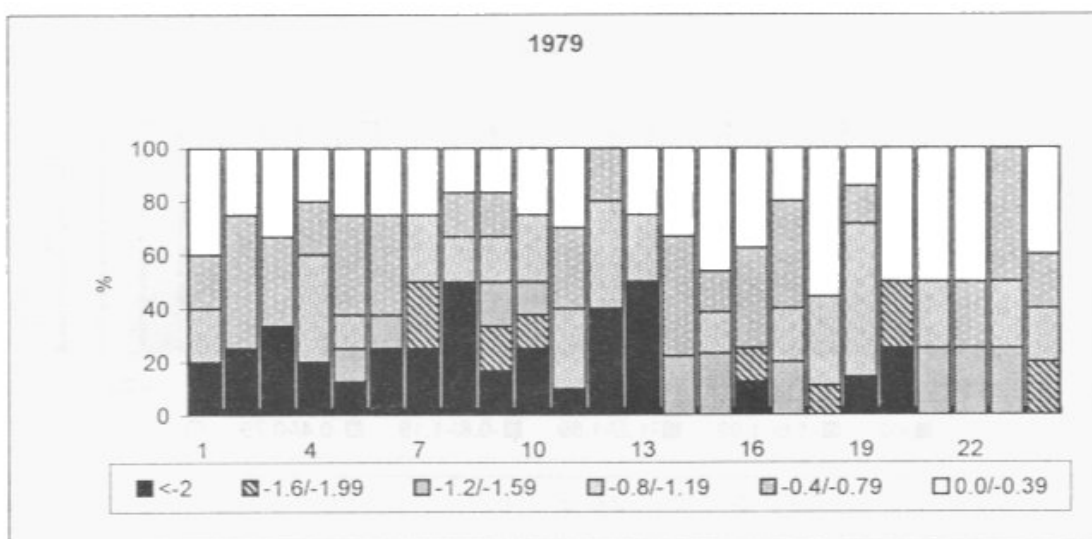


Ryc. 1. Lokalizacja punktów pomiarów meteorologicznych w regionie Kaffiöyra (Spitsbergen)

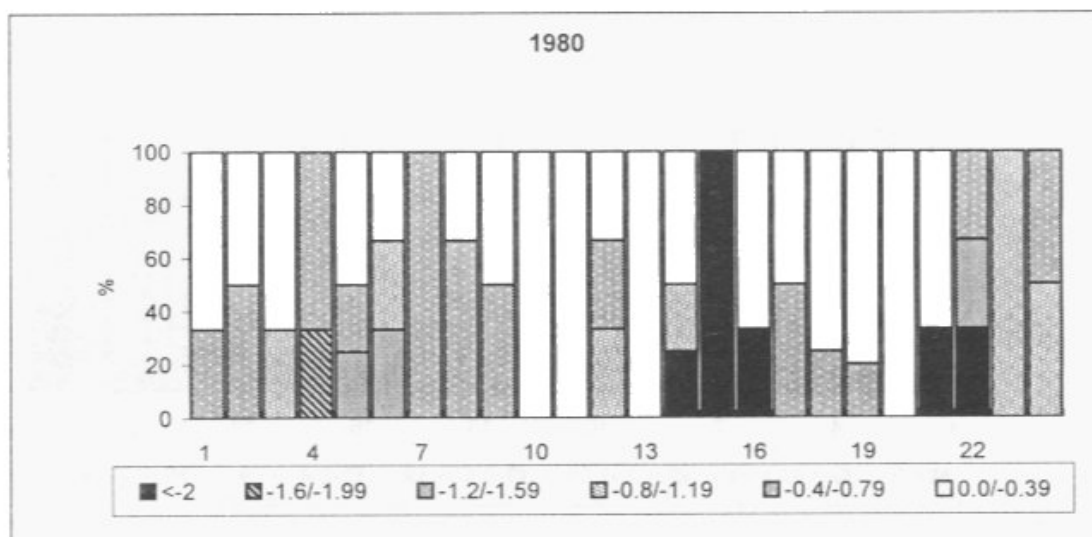
1 - zasięgi czół lodowców i poziomice na lodowcach; 2 - moreny czołowe i boczne; 3 - obszary górskie i punkty wysokościowe; 4 - tundra; 5 - ciek; 6 - baza Toruńskich Wypraw Polarnych; 7 - punkty pomiarów meteorologicznych: Kaffiöyra-Heggodden (KH), Lodowiec Waldemara-czoło (LW-1) i Lodowiec Waldemara-pole firnowe (LW-2)

Fig.1. Location of meteorological measurements stands in the Kaffiöyra region (Spitsbergen)

1 - extent of glacier fronts and contours on glaciers; 2 - frontal and lateral moraines; 3 - mountain areas and altitude points; 4 - tundra; 5 - streams; 6 - base of Toruń Polar Expeditions; 7 - meteorological measurements stands: Kaffiöyra-Heggodden (KH), Waldemar Glacier-snout (LW-1) and Waldemar Glacier-firn field (LW-2)



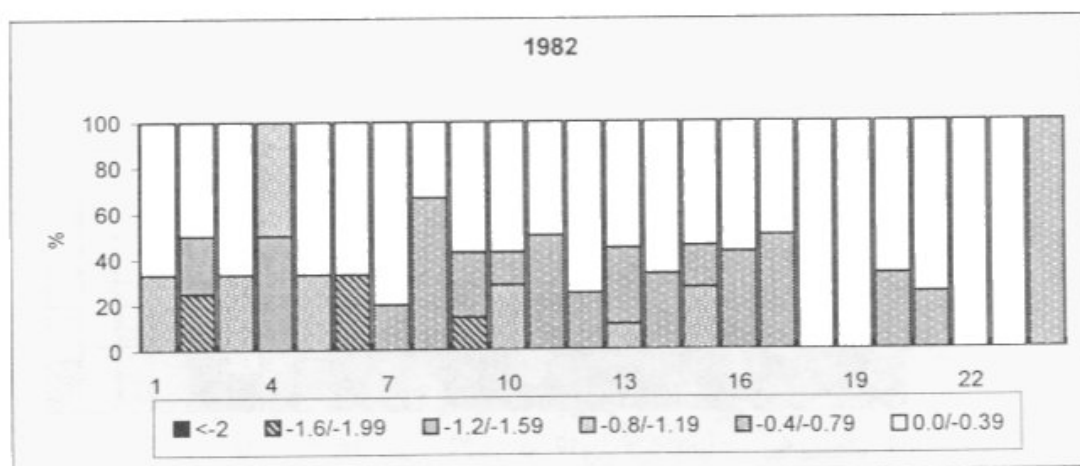
Rys. 2a.



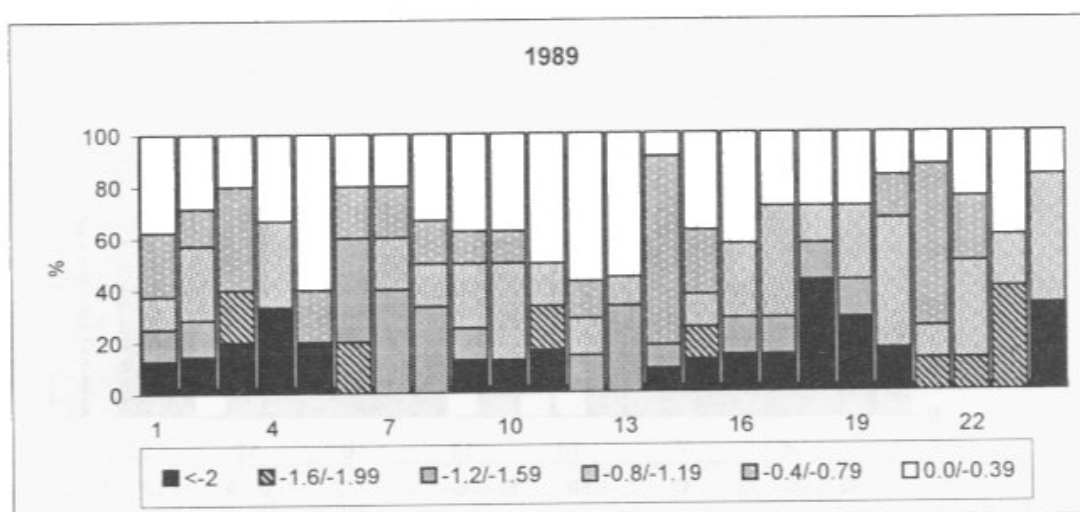
Rys. 2b.

Ryc. 2a, b. Dobowe przebiegi częstości względnej inwersji temperatury powietrza wg klas między stanowiskami KH i LW-1 w sezonach letnich 1979 i 1980 (21.07-31.08)

Fig. 2a, b. Daily courses of the **relative** frequency of air temperature inversions according to classes between the stands KH and LW-1 in summer seasons of 1979 and 1980 (21st July-31st August)



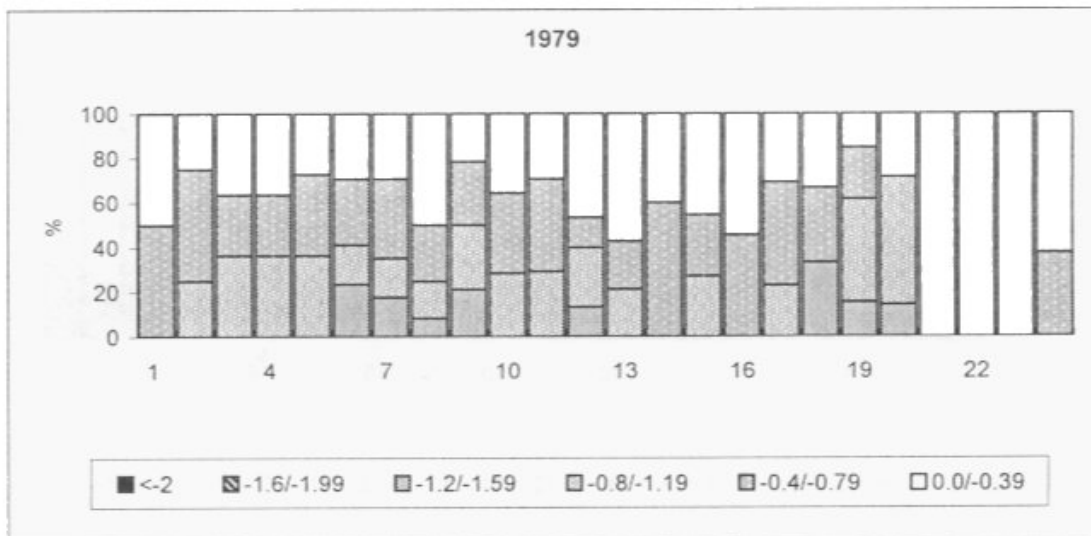
Rys. 2c.



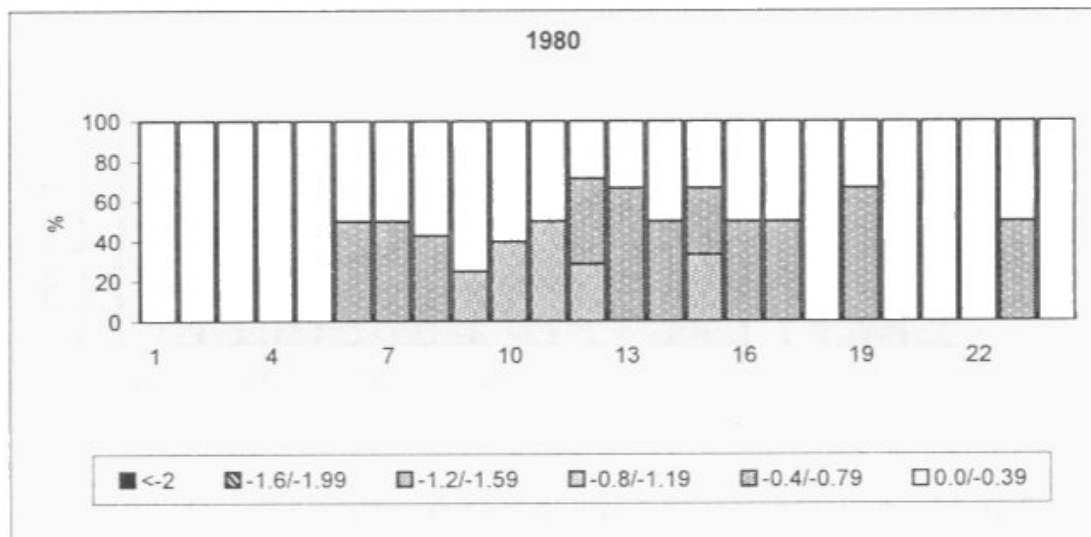
Rys. 2d.

Ryc. 2c, d. Dobowe przebiegi częstości względnej inwersji temperatury powietrza wg klas między stanowiskami KH i LW-1 w sezonach letnich 1982 i 1989 (21.07-31.08)

Fig. 2c, d. Daily courses of the **relative** frequency of air temperature inversions according to classes between the stands KH and LW-1 in summer seasons of 1982 and 1989 (21st July-31st August)



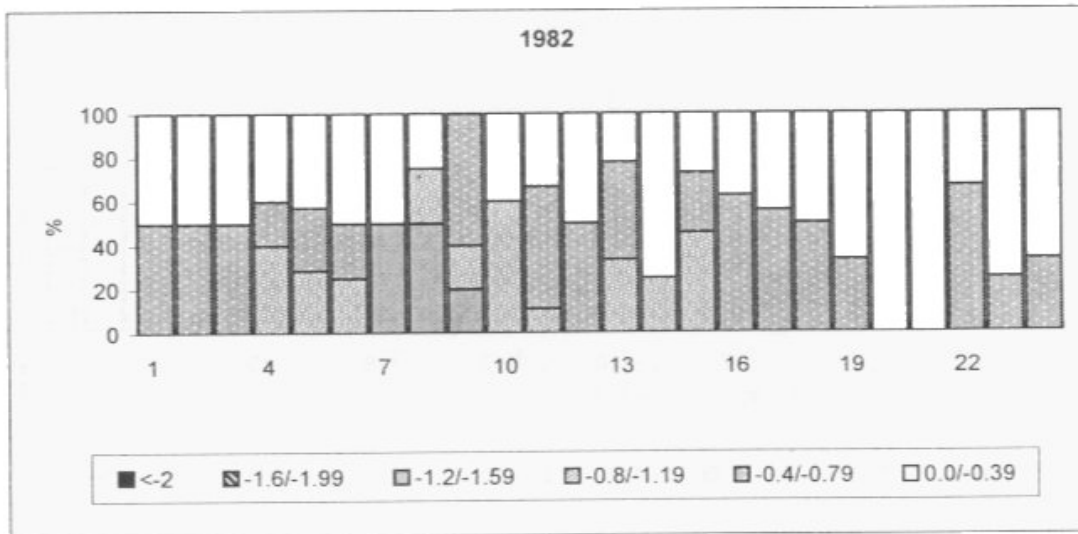
Rys. 3a.



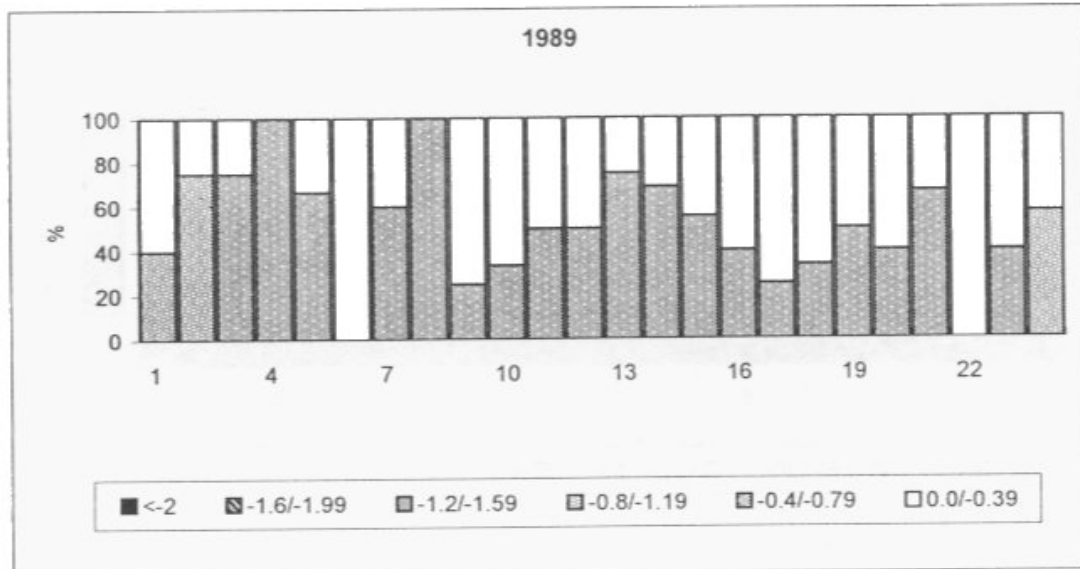
Rys. 3b.

Ryc. 3a, b. Dobowe przebiegi częstości względnej inwersji temperatury powietrza wg klas między stanowiskami KH i LW-2 w sezonach letnich 1979 i 1980 (21.07-31.08)

Fig. 3a, b. Daily courses of the **relative** frequency of air temperature inversions according to classes between the stands KH and LW-2 in summer seasons of 1979 and 1980 (21st July-31st August)



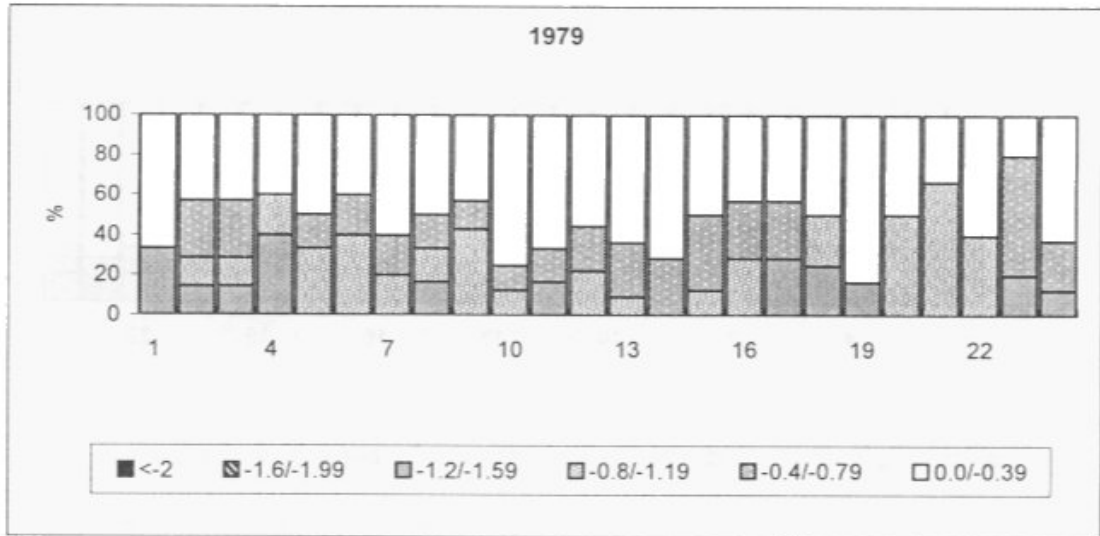
Rys. 3c.



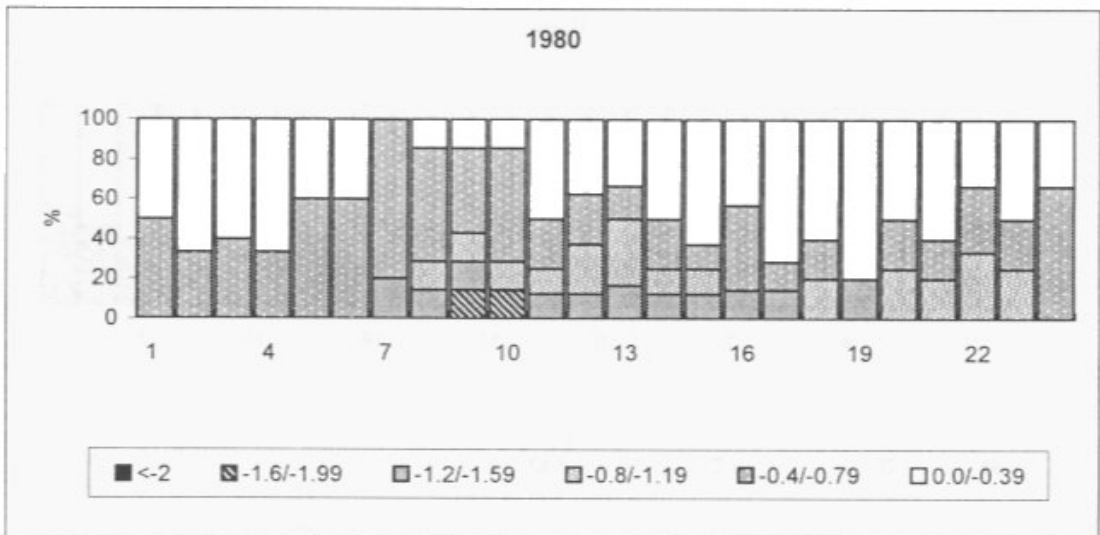
Rys. 3d.

Ryc. 3c, d. Dobowe przebiegi częstości względnej inwersji temperatury powietrza wg klas między stanowiskami KH i LW-2 w sezonach letnich 1982 i 1989 (21.07-31.08)

Fig. 3c, d. Daily courses of the relative frequency of air temperature inversions according to classes between the stands KH and LW-2 in summer seasons of 1982 and 1989 (21st July-31st August)



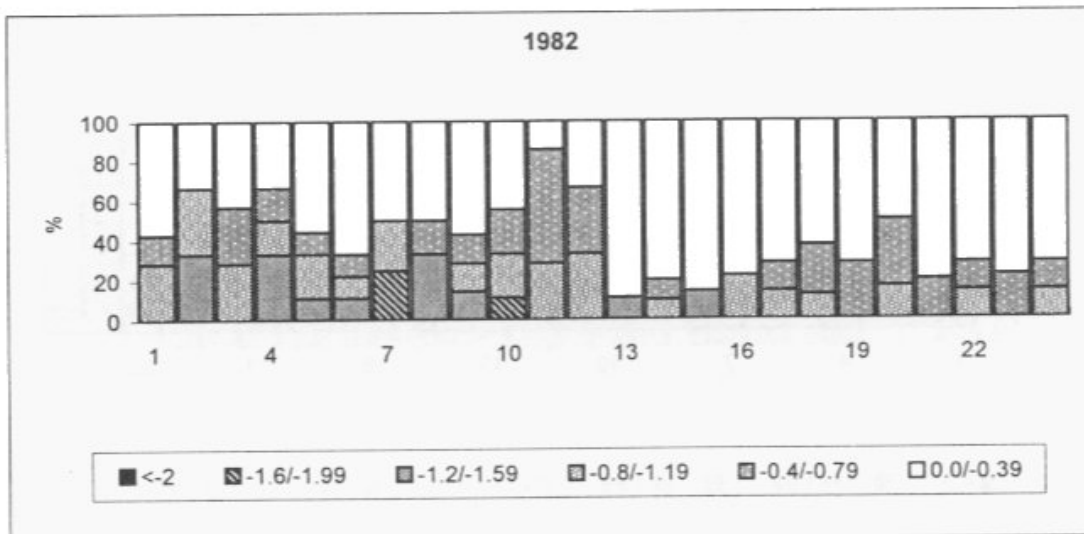
Rys. 4a.



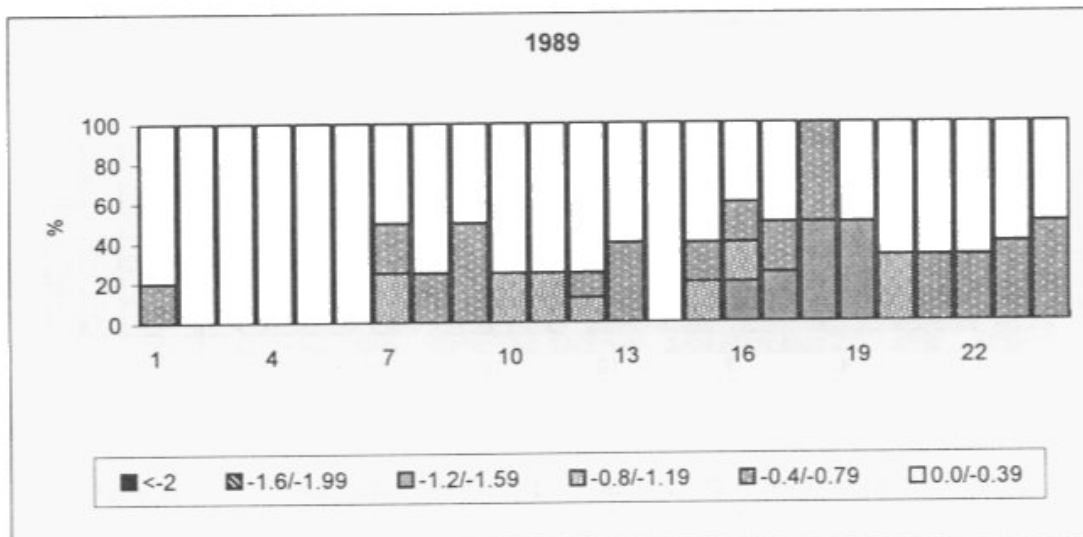
Rys. 4b.

Ryc. 4a, b. Dobowe przebiegi częstości względnej inwersji temperatury powietrza wg klas między stanowiskami LW-1 i LW-2 w sezonach letnich 1979 i 1980 (21.07-31.08)

Fig. 4a, b. Daily courses of the **relative** frequency of air temperature inversions according to classes between the stands LW-1 and LW-2 in summer seasons of 1979 and 1980 (21st July-31st August)



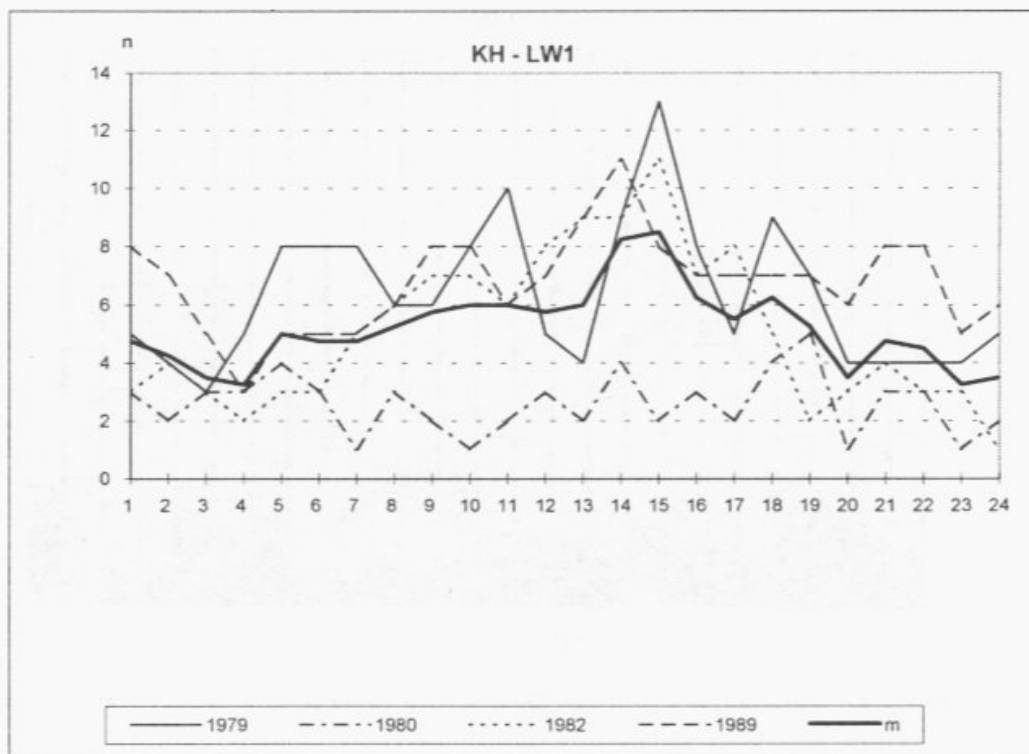
Rys. 4c.



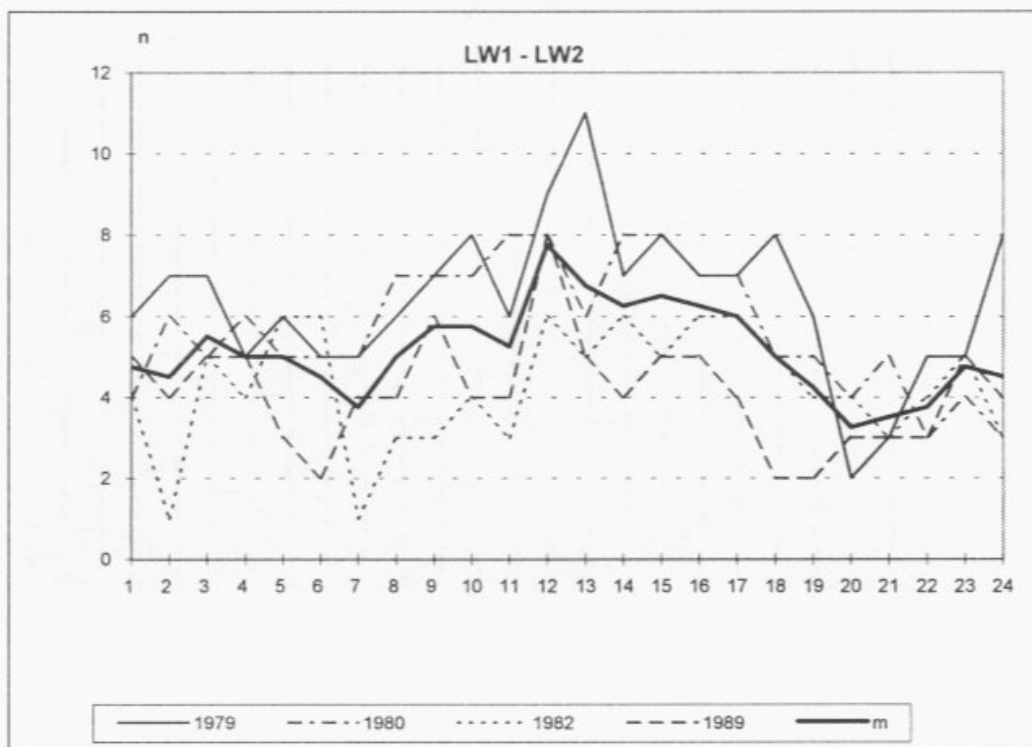
Rys. 4d.

Ryc. 4c, d. Dobowe przebiegi częstości względnej inwersji temperatury powietrza wg klas między stanowiskami LW-1 i LW-2 w sezonach letnich 1982 i 1989 (21.07-31.08)

Fig. 4c, d. Daily courses of the relative frequency of air temperature inversions according to classes between the stands LW-1 and LW-2 in summer seasons of 1982 and 1989 (21st July-31st August)



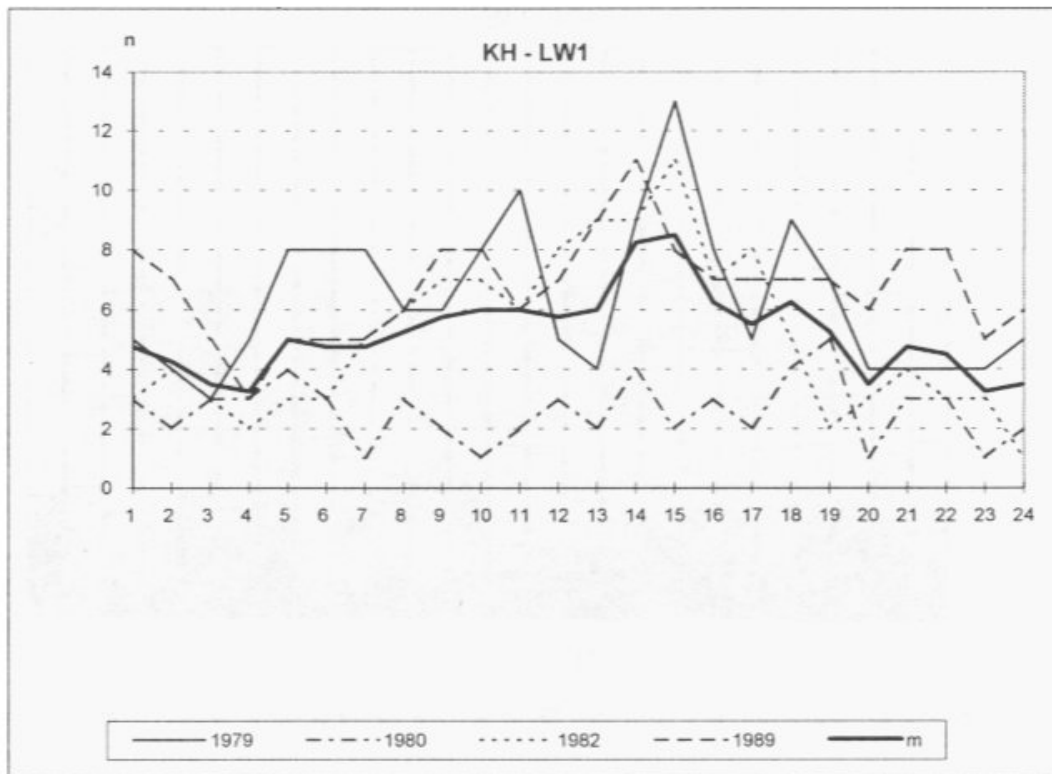
Rys. 5a.



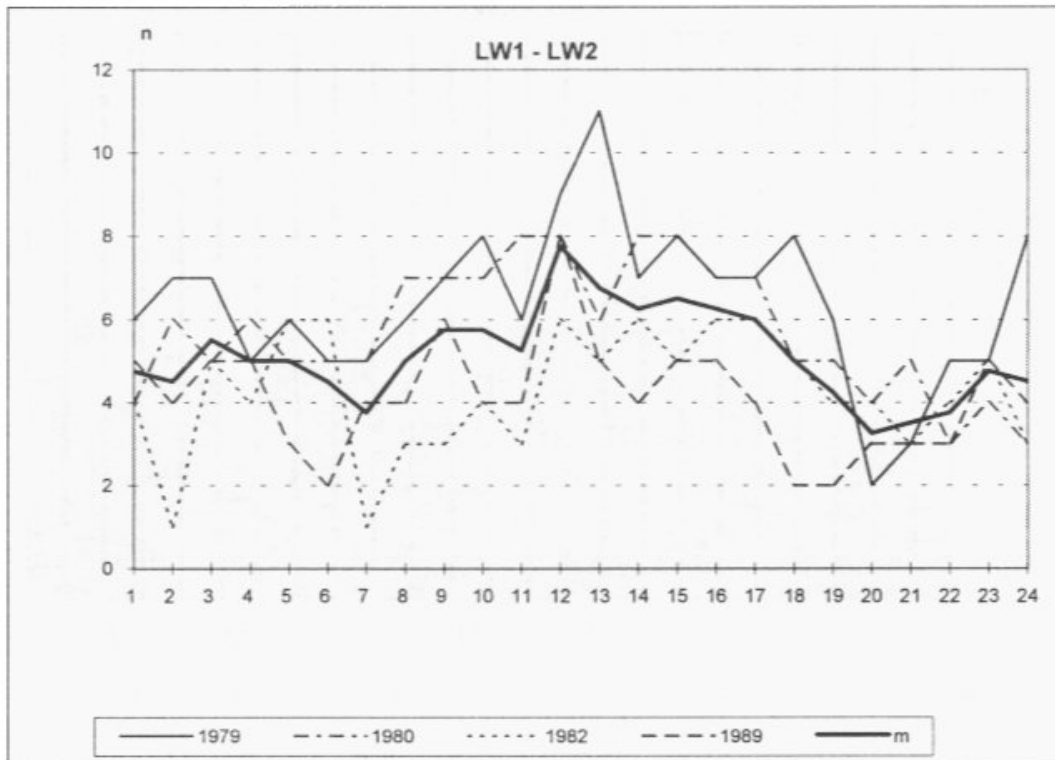
Rys. 5b.

Ryc. 5. Średnie dobowe przebiegi częstości bezwzględnej (n) inwersji temperatury powietrza między stanowiskami KH i LW-1 oraz LW-1 i LW-2 w sezonach letnich 1979, 1980, 1982 i 1989 (21.07-31.08)

Fig. 5. Mean daily courses of the absolute frequency (n) of air temperature inversions between the stands KH and LW-1 as well as LW-1 and LW-2 in summer seasons of 1979, 1980, 1982 and 1989 (21st July-31st August)



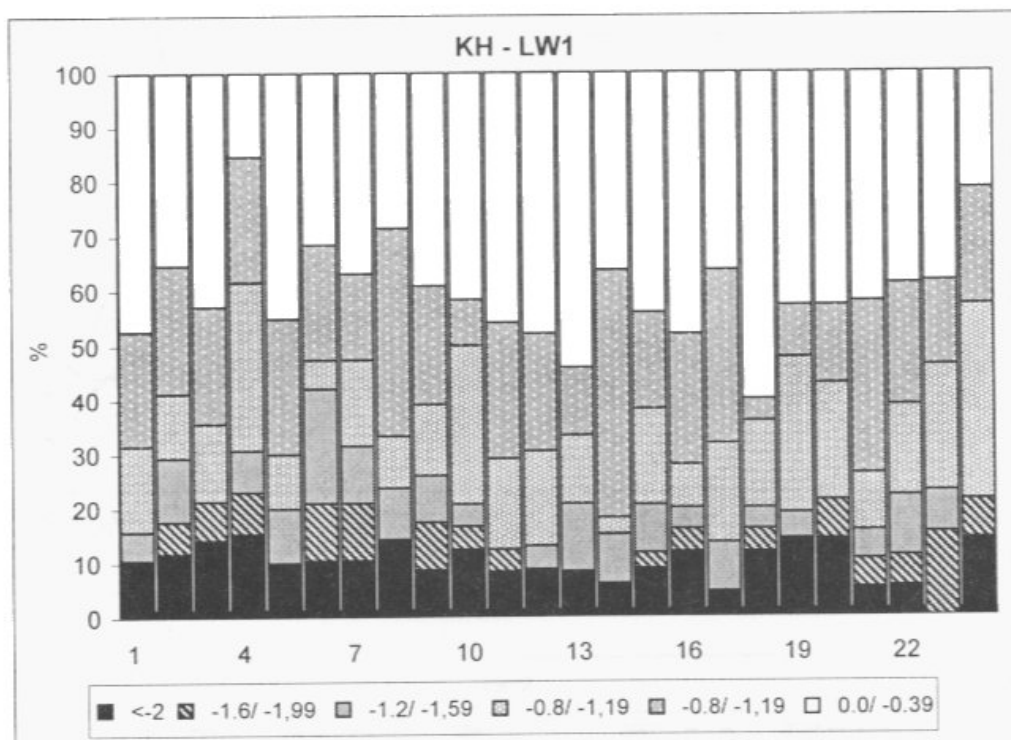
Rys. 5a.



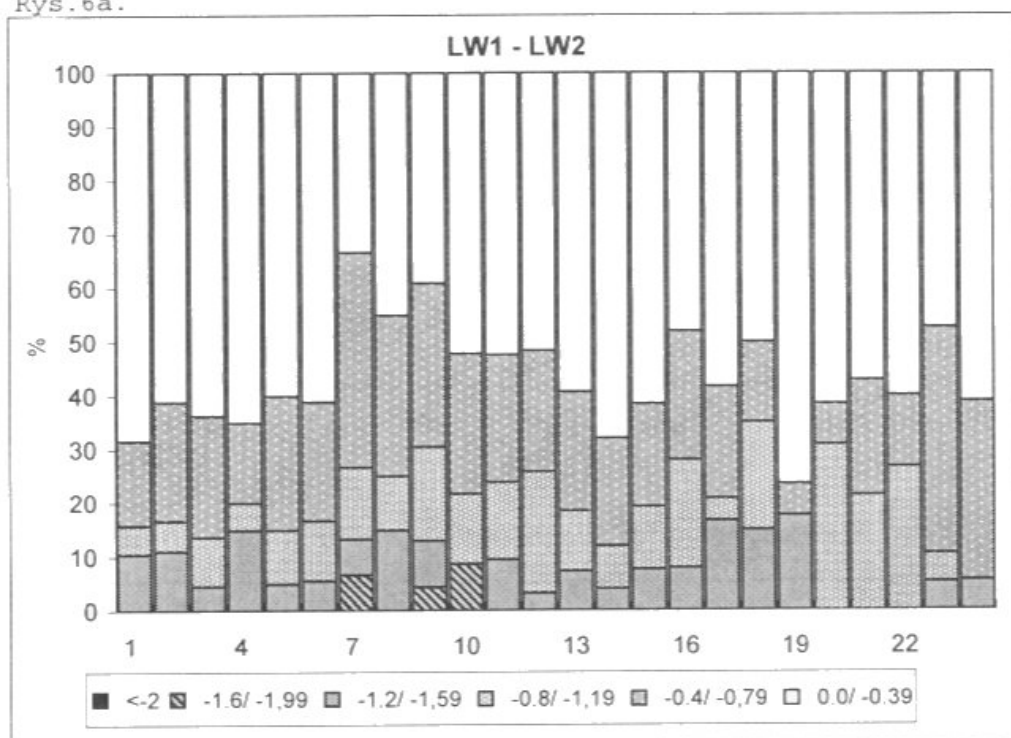
Rys. 5b.

Ryc. 5. Średnie dobowe przebiegi częstości bezwzględnej (n) inwersji temperatury powietrza między stanowiskami KH i LW-1 oraz LW-1 i LW-2 w sezonach letnich 1979, 1980, 1982 i 1989 (21.07-31.08)

Fig. 5. Mean daily courses of the absolute frequency (n) of air temperature inversions between the stands KH and LW-1 as well as LW-1 and LW-2 in summer seasons of 1979, 1980, 1982 and 1989 (21st July-31st August)



Rys. 6a.



Rys. 6b.

Ryc. 6. Średnie dobowe przebiegi częstości względnej (w %) inwersji temperatury powietrza wg klas między stanowiskami KH i LW-1 oraz LW-1 i LW-2 w sezonach letnich 1979, 1980, 1982 i 1989 (21.07-31.08)

Fig. 6. Mean daily courses of the relative frequency (in %) of air temperature inversions according to classes between the stands KH and LW-1 as well as LW-1 and LW-2 in summer seasons of 1979, 1980, 1982 and 1989 (21st July-31st August)