

Instytut Geografii  
Uniwersytet Mikołaja Kopernika  
Toruń

Kazimierz Marciniak, Włodzimierz Marszelewski,  
Rajmund Przybylak

TEMPERATURA POWIETRZA NA LODOWCU ELIZY I LODOWCU WALDEMARA  
/NW SPITSBERGEN/ W SEZONIE LETNIM - STUDIUM PORÓWNAWCZE

Zarys treści

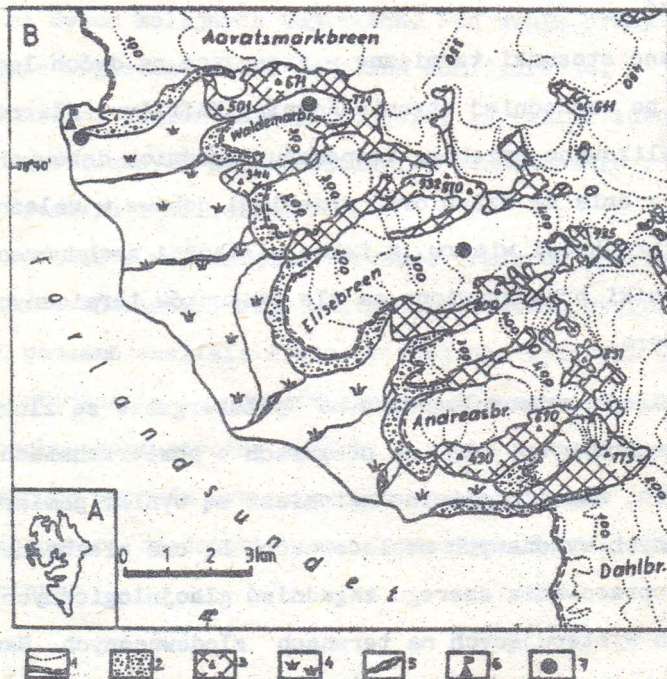
Porównano stosunki termiczne występujące na dwóch lodowcach położonych po wschodniej stronie Równiny Kaffiøyra /Ziemia Oskara II/. Analizowano przebieg temperatur średnich dobowych i ekstremalnych z dnia na dzień oraz przebiegi dobowe w zależności od kierunku i prędkości wiatru, a także wielkości zachmurzenia. Otrzymane wyniki przedstawiono na tle stosunków termicznych Równiny Kaffiøyra.

Stałe stacje meteorologiczne na Spitsbergenie są zlokalizowane na brzegach wyspy, tj. na obszarach o powierzchniach niezlodowaconych. Nadal nieliczne natomiast są wyniki pomiarów meteorologicznych wykonanych na lodowcach. Są one niezbędne do właściwego opracowania szeregu zagadnień glaciologicznych i hydrologicznych występujących na terenach zlodowaconych. Nawet krótkie, kilkudziesięciodniowe serie pomiarów na lodowcach pozwalają na ustalenie relacji z wynikami pomiarów na stałych stacjach meteorologicznych, które to zależności można wykorzystać do obliczenia wartości parametrów meteorologicznych w sezonach bez pomiarów.

W opracowaniu wykorzystano wyniki pomiarów meteorologicznych wykonanych w sezonie letnim 1980 roku na dwóch lodowcach spit-sbergeńskich położonych na Ziemi Oskara II w otoczeniu Równiny Kaffiøyra. Są to:

1. lodowiec Elizy, linia firnu - 350 m npm;
2. lodowiec Waldemara, linia firnu - 385 m npm;

Do porównania wykorzystano wyniki pomiarów na Równinie Kaffiøyra /Heggodden/, tj. na obszarze niezlodowaconym /  $\varphi = 78^{\circ}41'N$ ;  $\lambda = 11^{\circ}51'E$ ;  $H = 6$  m npm/. Lokalizację punktów pomiarowych oraz ich oznaczenie przedstawia Fig. 1.



- 1 - czoła lodowców wraz z poziomiami;
- 2 - moreny;
- 3 - masywy górskie z punktami wysokościowymi;
- 4 - równiny nadmorskie /tundra/;
- 5 - główne rzeki lodowcowe;
- 6 - baza Toruńskich Wypraw Polarnych;
- 7 - punkty pomiarów meteorologicznych;

Synchroniczne pomiary na trzech punktach pomiarowych wykonywano w okresie 21.07. - 05.09.1980 rok przy pomocy termografów usytuowanych na wysokości 2 m nad powierzchnią terenu w standardowych klatkach meteorologicznych.

Lodowiec Elizy jest największym lodowcem spływającym na nadmorską Równinę Kaffiðyra. Lodowiec Waldemara jest jednym z mniejszych lodowców w tym rejonie. Poza wielkością wymienione lodowce różnią się przede wszystkim wysokością i zwartością otaczających je łańcuchów górskich. Lodowiec Elizy spływa daleko na Kaffiðyra do wysokości około 40 m npm i zasilany jest przez masy pochodzące z plateau lodowego Lövenskiolda i własnego pola firnowego. Łańcuchy górskie o wysokości dochodzącej do 935 m npm otaczają ten lodowiec tylko od strony południowej i północnej. Sprzyja to stosunkowo łatwemu napływowi mas powietrza na obszar lodowca zarówno od strony morza jak i od strony plateau lodowego.

Lodowiec Waldemara zasilany jest tylko przez własne pole firnowe i nie spływa na Kaffiðyra. Jego czoło położone jest na wysokości około 130 m npm na cokole skalnym. Lodowiec ten jest oddzielony od sąsiednich obszarów łańcuchami górkimi o wysokości dochodzącej do 900 m npm oprócz strony zachodniej /czołowej/, ale i tutaj napływ powietrza od morza jest utrudniony znaczną wysokością moren czołowych złożonych na progu skalnym.

Ogólną charakterystykę porównawczą stosunków termicznych na obu lodowcach na tle Równiny Kaffiðyra przedstawia tabela 1. Na obu lodowcach występują niższe wartości temperatur powietrza w porównaniu z Równiną Kaffiðyra, co jest zgodne z położeniem tych stanowisk pomiarów npm. Średni gradient temperatury za okres obserwacji wynosi  $0,6^{\circ}/100$  m. Średnie wartości parametrów termicznych na obu lodowcach są zbliżone, przy czym nieco niższe wartości występują na lodowcu Waldemara.

Tabela 1.

Wartości średnie i ekstremalne parametrów termicznych w punktach pomiarów meteorologicznych w okresie 21.07. - 05.09.1980 rok

Punkt	Parametr	$T_i$	$\bar{t}_{\min}$	$\bar{t}_{\max}$	$t_{\min}$ absol.	$t_{\max}$ absol.
Kaffiðyra-Heggodden		3,9	2,7	5,2	-0,7	12,5
Lodowiec Elizy, linia firmu		1,9	0,3	3,3	-6,9	11,5
Lodowiec Waldemara, firm		1,7	0,2	3,2	-4,8	9,6

$T_i$  - średnia dobową;  $t_{\min}$  - średnia minimalna;  $t_{\max}$  - średnia maksymalna;  $t_{\min}$  - minimalna absolutna;  $t_{\max}$  - maksymalna absol. absol.

Między Równiną Kaffiðyra i lodowcami występują mniejsze różnice w temperaturach maksymalnych niż minimalnych. Większe zróżnicowanie temperatur minimalnych wynika prawdopodobnie z najczęstszej pory ich występowania /głównie godziny "nocne"/, kiedy wymiana powietrza jest osłabiona.

Porównanie struktury temperatury powietrza na analizowanych punktach /Fig. 2/, wykazuje różnice w zakresach i częstości występowania poszczególnych przedziałów temperatur średnich dobowych, minimalnych i maksymalnych. Występują także różnice w typach rozkładów częstości, a mianowicie:

1. temperatury średnie dobowe mają rozkład o skośności dodatniej na obu lodowcach w odróżnieniu od Kaffiðyra, gdzie występuje rozkład zbliżony do normalnego;
2. temperatury minimalne mają rozkład zbliżony do normalnego na wszystkich stanowiskach;
3. temperatury maksymalne mają rozkład o skośności dodatniej również na trzech stanowiskach;

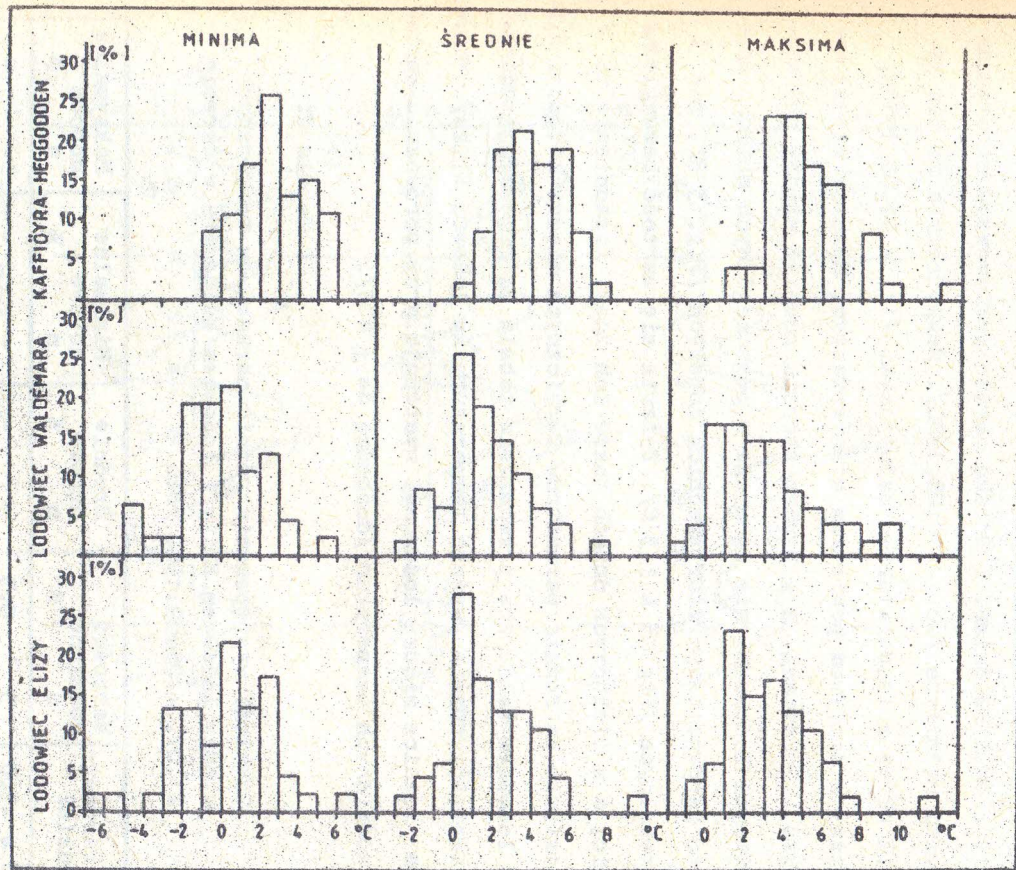


Fig. 2. Częstość występowania temperatur średnich dobowych, minimalnych i maksymalnych na lodowcu Elizy, lodowcu Waldemara i Równinie Kaffiøyra w okresie 21.07. - 05.09.1980 roku

Ogólny przebieg temperatury powietrza w okresie pomiarów /Fig. 3/ wykazuje trend spadkowy, charakterystyczny dla drugiej połowy lata arktycznego. Na tym tle występują znaczne wahania temperatury z dnia na dzień. W środku okresu pomiarowego zanotowano wartości najniższe /06. - 10.08.1980/. Bezpośrednio po tym wystąpił okres z temperaturami najwyższymi /11. - 17.08.1980/, związany z napływem powietrza sfenizowanego. Różnice między Kaffiöyra i lodowcami, a w pewnym stopniu również między obu analizowanymi lodowcami nie są stałe w poszczególnych dniach. Dotyczy to zarówno temperatur średnich dobowych /Fig. 3 B/, jak i ekstremalnych /Fig. 3 A i 3 C/. Zmienia się wartość bezwzględna różnic, a w niektórych dniach także ich znak. Zagadnienie to w odniesieniu do różnic parametrów termicznych między lodowcem Elizy i lodowcem Waldemara przedstawia tabela 2. Przeważają dodatnie wartości różnic /wyższe temperatury na lodowcu Elizy/. Maksymalne różnice między lodowcami występują przy porównaniu wartości godzinnych temperatur /dochodzą do  $\pm 4^{\circ}\text{C}$ /.

Tabela 2.

Częstość występowania różnic parametrów termicznych między lodowcem Elizy i lodowcem Waldemara w okresie 21.07. - 05.09.1980 roku

Parametr Przedział	Wartości godzinne		Średnie dobowe		Minimalne dobowe		Maksymalne dobowe	
	n	%	n	%	n	%	n	%
-4,0 + -3,0	3	0,3	-	-	-	-	-	-
-3,0 + -2,0	16	1,4	-	-	1	2,1	1	2,1
-2,0 + -1,0	70	6,2	1	2,1	3	6,4	4	8,5
-1,0 + 0,0	305	27,0	17	36,2	19	40,4	18	38,4
0,0 + 1,0	560	49,6	25	53,2	19	40,4	16	34,0
1,0 + 2,0	150	13,3	4	8,5	5	10,7	7	14,9
2,0 + 3,0	22	2,0	-	-	-	-	1	2,1
3,0 + 4,0	1	0,1	-	-	-	-	-	-
4,0 + 5,0	1	0,1	-	-	-	-	-	-

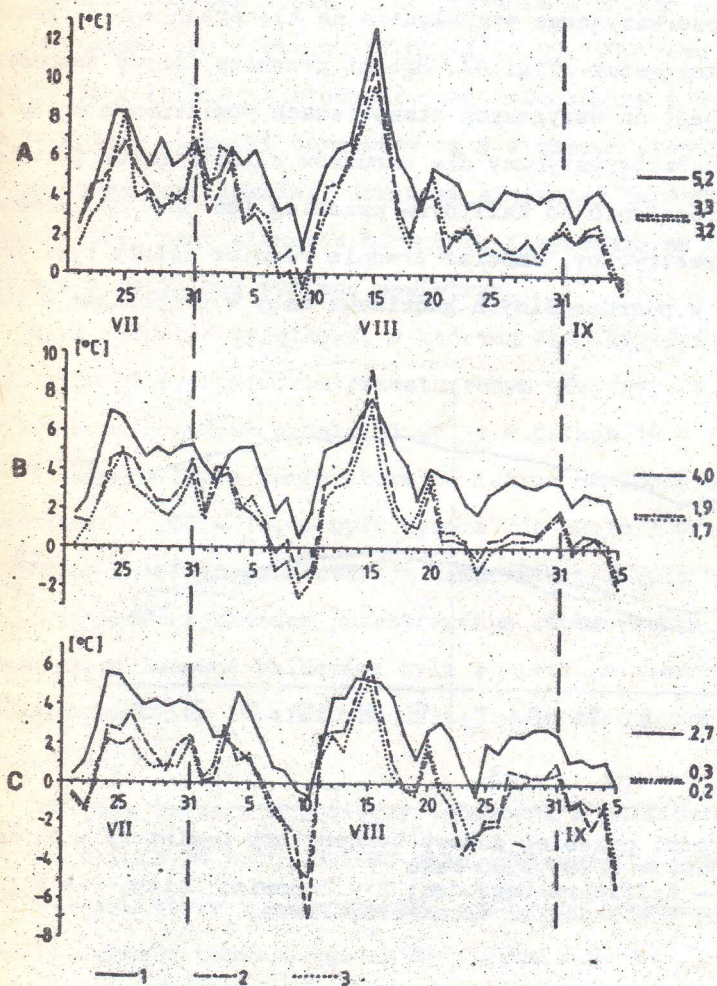


Fig. 3. Przebieg średnich dobowych i ekstremalnych temperatur powietrza w okresie 21.07 - 05.09.1980 roku.  
A - temp. max; B - temp. śr. dobowe; C - temp. min.  
1- Kaffiðyra-Heggoden; 2 - lodowiec Elizy, linia firnu;  
3 - lodowiec Waldemara, firn;

Relacje wartości temperatury powietrza między poszczególnymi stanowiskami zmieniają się w zależności od sytuacji pogodowej, a szczególnie od kierunku i prędkości napływu mas powietrza oraz stopnia zachmurzenia. Zagadnienie to rozpatrujemy na wybranych z okresu obserwacyjnego przykładach na tle średniego przebiegu dobowego temperatur /Fig. 4/. Średni przebieg dobowy temperatury powietrza jest na wszystkich stanowiskach pomiarowych mocno spłaszczony, charakterystyczny dla warunków klimatycznych Spitsbergenu. W odróżnieniu od Kaffiðyra przebieg ten jest na lodowcach bardziej symetryczny, chociaż średnie różnice między tymi środowiskami są w poszczególnych godzinach doby w przybliżeniu stałe.

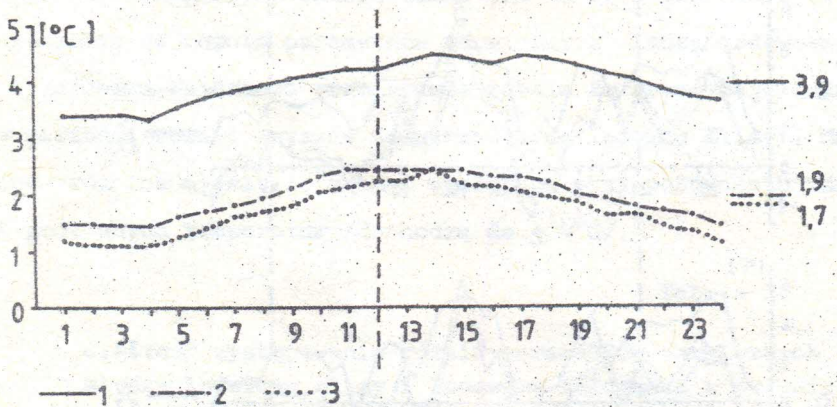


Fig. 4. Średni przebieg dobowy temperatury powietrza w okresie 21.07 - 05.09.1980 roku  
1 - Kaffiðyra-Heggoden; 2 - lodowiec Elizy, linia firanu; 3 - lodowiec Waldemara, firan;

Rozpatrzone głównie przykłady sytuacji pogodowych, w których występuje rozkład przestrzenny temperatury różny od rozkładu średniego reprezentowanego przez sytuację w dniu 09.06.1980 roku /Fig. 5 B/ tj. z wyższymi temperaturami na lodowcu Elizy w porównaniu z lodowcem Waldemara. Odwrócony rozkład temperatur na



lodowcach występuje przy sytuacjach:

1. z większymi prędkościami wiatru /ponad 5 m/s na Kaffiðyra/  
z sektora NNW-ESE, np. w dniu 05.08.1980 roku /Fig. 5 B/;
2. przy małych prędkościach wiatru /niezależnie od kierunku napływu powietrza/ i ciszy, szczególnie w dniach z małym zachmurzeniem, np. w dniach 31.08. i 04.09.1980 roku /Fig. 5 B/;

Wynika to z różnic w otoczeniu obu lodowców. W przypadku lodowca Waldemara stosunki termiczne są w większym stopniu kształtowane przez warunki lokalne. Zaznacza się tutaj bardziej niż na lodowcu Elizy, oddziaływanie horyzontu fizycznego na oświetlenie lodowca i osłabioną wymianę powietrza.

Jako sytuacje wyjątkowe, w których zaznaczyły się szczególnie duże różnice w rozkładzie przestrzennym temperatury, uznać należy sytuacje pogodowe w dniu 31.07. i w dniach 14 - 16.08.1980 r.

W dniu 31 lipca temperatura powietrza na lodowcu Waldemara, w godzinach 7,00 - 16,00 była wyższa /do około 3°C/ niż na lodowcu Elizy i Kaffiðyra /inwersja temperatury/. Było to spowodowane szczególnym rozkładem przestrzennym zachmurzenia przy którym górna część lodowca Waldemara była oświetlona słońcem, natomiast nad lodowcem Elizy i Kaffiðyra występowało zachmurzenie całkowite /Fig. 5 A/.

Inwersja temperatury między lodowcami a Kaffiðyra wystąpiła także w dniach 14 - 15.08.1980 roku. Związane to było z napływem ciepłego powietrza z kierunku SE, poddanego procesowi fenizacji, które do punktu pomiarowego na Kaffiðyra dotarło z kilkugodzinnym opóźnieniem. Zwiększenie różnic temperatury między lodowcami spowodowane było brakiem większych przeszkód orograficznych na kierunku napływu powietrza na lodowiec Elizy /Fig. 1, Fig. 5 A/.

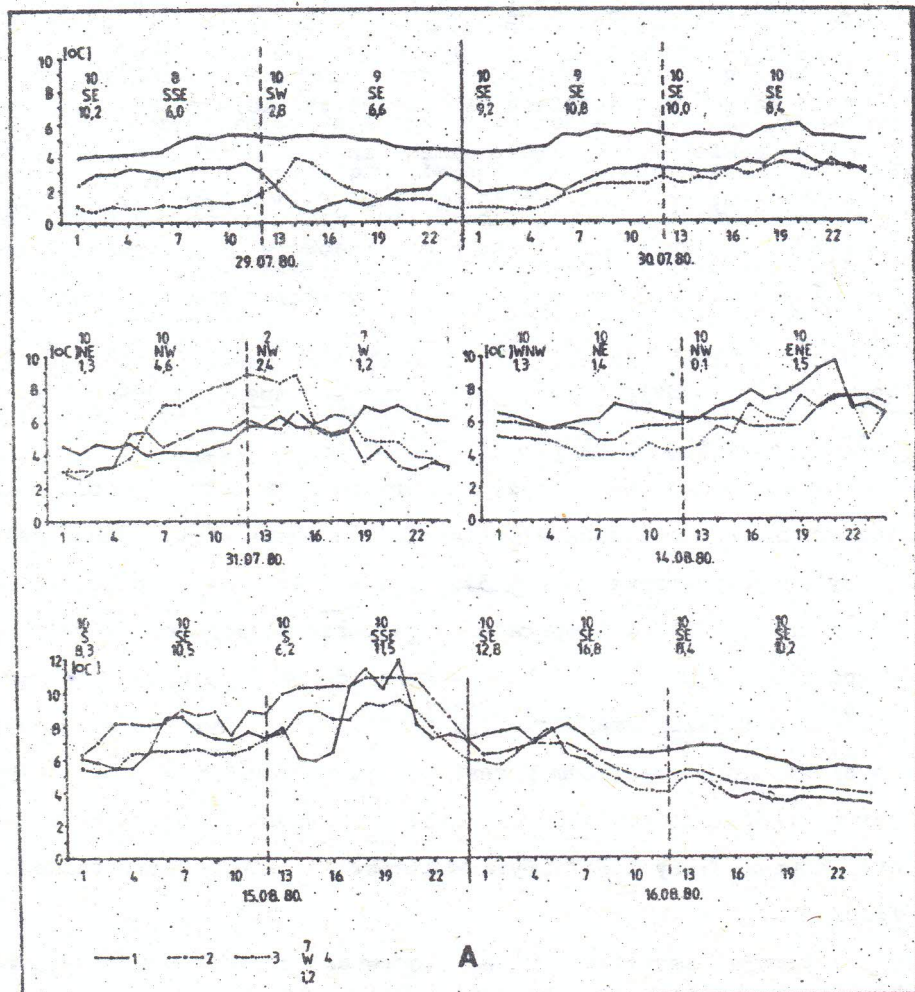


Fig. 5 A. Przebieg dobowy temperatury powietrza przy wybranych sytuacjach pogodowych w dniach 29 - 31.07 i 14 - 16.08 1980 roku  
 1- Kaffiöyra-Heggodden; 2 - lodowiec Elizy, linia firm  
 3 - lodowiec Waldemara, firm; 4 - stopień zachmurzenia w skali 0 - 10 /górna liczba/, kierunek i prędkość wiatru wg pomiarów na Kaffiöyra-Heggodden;

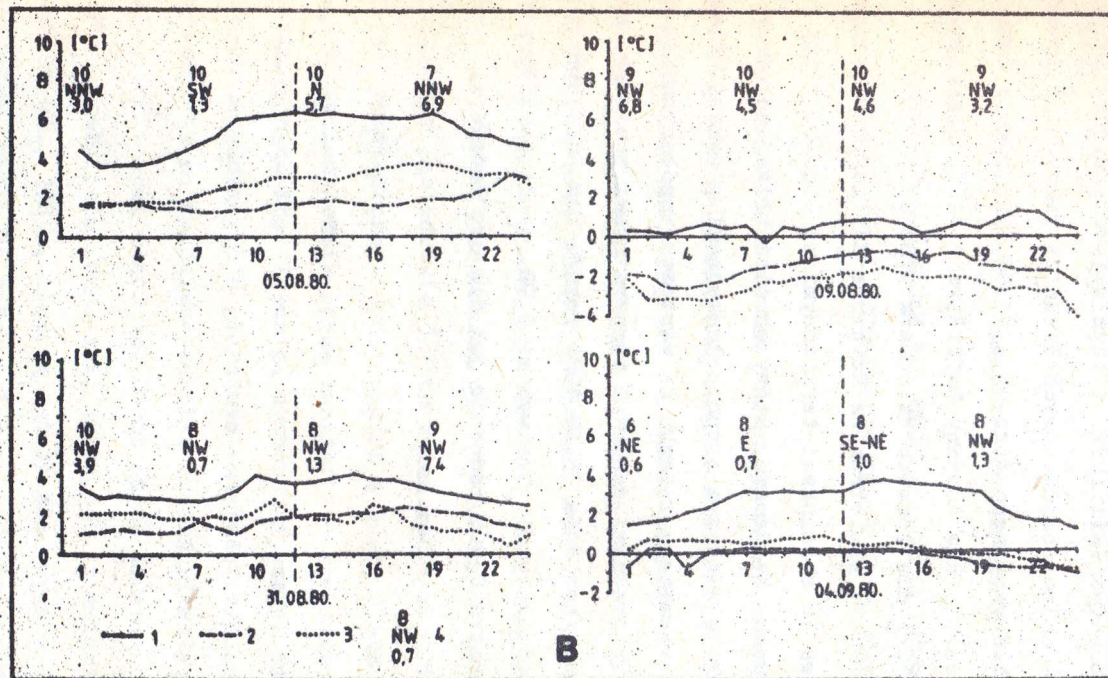


Fig. 5 B. Przebieg dobowy temperatury powietrza przy wybranych sytuacjach pogodowych w dniach 05.08.; 09.08.; 31.08.; 04.09.1980 roku.  
 1 - Kaffiåyra-Heggodden; 2 - lodowiec Elizy, linia firnu; 3 - lodowiec Waldemara, firn; 4 - stopień zachmurzenia w skali 0 - 10 /górna liczba/, kierunek i prędkość wiatru wg pomiarów na Kaffiåyra-Heggodden;

W podsumowaniu opracowania należy stwierdzić, że:

1. środowisko lodowcowe jest pod względem termicznym mniej stabilne niż Równina Kaffiöyra, o czym świadczą między innymi wartości odchyłeń standardowych średnich temperatur dobowych z okresu obserwacyjnego /bez dnia 15.08.1980 roku z fenem/ , które wyniosły - dla Równiny Kaffiöyra  $1,44^{\circ}\text{C}$ , dla lodowca Elizy  $1,83^{\circ}\text{C}$  i dla lodowca Waldemara  $1,88^{\circ}\text{C}$ ;
2. bieg temperatury powietrza na Równinie Kaffiöyra wykazuje większy związek ze stosunkami termicznymi na lodowcu Elizy niż z lodowcem Waldemara, który chociaż bliżej położony , otoczony jest w większym stopniu łańcuchami górskimi. Ilościowym wskaźnikiem tego związku są wartości współczynników korelacji między średnimi dobowymi temperaturami powietrza na tych stanowiskach /bez dnia 15.08.1980 roku/. Dla Kaffiöyra i lodowca Elizy współczynnik ten wynosi 0,98, a dla Kaffiöyra i lodowca Waldemara 0,96, podobnie jak dla obu lodowców.