



Marek Kejna, Kazimierz Marciniak, Rajmund Przybylak

## TEMPERATURA GRUNTU W WYBRANYCH EKOTOPACH NA RÓWNIIE KAFFIÖYRA (NW SPITSBERGEN) W LECIE 1989 ROKU

**Zarys treści:** W artykule przedstawiono przebieg temperatury w powierzchniowej warstwie gruntu (do 50 cm) na Równinie Kaffiöyra (NW Spitsbergen) w sezonie letnim 1989 r. W celu ustalenia wielkości wpływu budowy litologicznej, stopnia uwilgocenia i pokrycia szatą roślinną na temperaturę gruntu przeprowadzono badania i analizę wyników dla trzech ekotopów: plaży, moreny i tundry.

### WSTĘP

Termika gruntu, jako pochodna oddziaływania czynników atmosferycznych, wykazuje zróżnicowanie przestrzenne (terytorialne) w zależności od stanu i charakteru powierzchni gruntu oraz od jego właściwości cieplnych: zdolności pochłaniania i przewodzenia ciepła oraz od pojemności cieplnej gruntu nie tylko stałych składników gleby, ale także powietrza i wody. W szerokościach polarnych docierające do powierzchni ziemi promieniowanie słoneczne napotyka na barierę zamrożonego gruntu. Przekroczenie granicznej wartości  $0^{\circ}\text{C}$  wymaga bardzo dużej ilości ciepła, stąd też powierzchnię (warstwę) z temperaturą przejścia wody ze stanu ciekłego w stan stały (lód) i ze stanu stałego w stan ciekły przyjęto nazywać powierzchnią kurtynową (horyzontem lodowym), a sam proces utrudniający przepływ ciepła w głąb gruntu – ciepło jest zużywane na topienie lodu – efektem kurtynowym.

W bilansie cieplnym gruntu odgrywa rolę nie tylko ciepło odczuwalne ale i ciepło utajone jakie powstaje lub jest zużywane w procesach fazowych zmian stanu wody. Woda wsiąkając przenosi ciepło w głąb gruntu oraz zwiększa w istotny sposób jego przewodnictwo cieplne. Stąd też grunty silnie uwilgocone wykazują z reguły większe zasoby ciepła oraz wyższe temperatury warstw głębiej położonych niż grunty suche, o słabej zdolności przewodzenia ciepła w głąb ziemi.

Na Spitsbergenie polskie badania nad termiką gruntu skoncentrowały się w rejonie Hornsundu, Kaffiöyry i Bellsundu. Najwcześniej badania podjęto w Hornsundzie podczas realizacji zadań Międzynarodowego Roku Geofizycznego, z tego okresu pochodzą prace: Baranowski (1963, 1968); Czeppe (1960, 1961, 1966); Jahn (1961); Szerszeń (1968), później na tym terenie prowadzili badania Grześ (1984, 1985); Jahn (1982); Miętus (1988); Migala (1988, 1989, 1990, 1991) i inni.

Od 1986 roku także w rejonie Bellsundu prace nad termiką i dynamiką warstwy czynnej prowadzone są przez UMCS w Lublinie: Repelewska-Pękalowa i inni (1987, 1988, 1989); Gluza (1990); Gluza i inni (1990); Paszczyk i Repelewska-Pękalowa (1991).

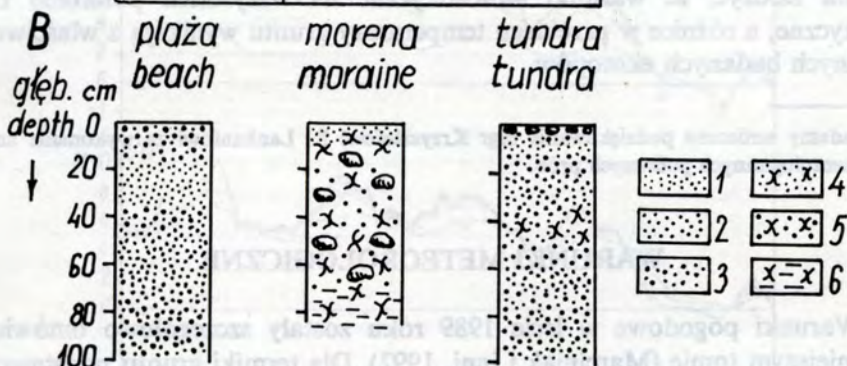
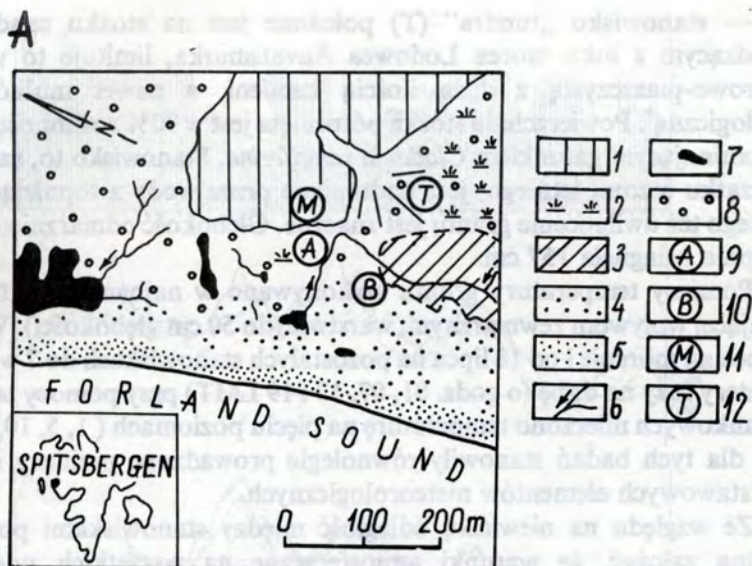
W rejonie Kaffiöry badania nad termiką gruntu rozpoczęto już w 1975 roku, kiedy to założono pierwsze stanowisko pomiarowe na akumulacyjnej równinie brzegowej (plaża). Kolejna wyprawa w 1977 roku kontynuuje badania, poszerzając je o zagadnienie przestrzennego zróżnicowania temperatury gruntu w oparciu o stanowisko na plaży oraz na morenie i tundrze. W czasie następnych wypraw prowadzono te badania zachowując nie tylko miejsce ale i metodykę pomiarów. Wyniki dotychczasowych badań nad termiką gruntu przedstawione są w ogólnych opracowaniach poświęconych kolejnym wyprawom – wydawnictwa AUNC, oraz w opracowaniach problemowych: Wójcik, Marciniak (1987); Wójcik, Marciniak, Przybylak (1988); Kejna (1990, 1991), Wójcik i inni (1990), Kejna i inni (1991), Marciniak i inni (1992). Z temperaturą gruntu i jej przestrzennym zróżnicowaniem ściśle jest związany problem zalegania zmarzliny, badania nad permafrostem na Kaffiöryrze prowadzili: Grześ, Babiński (1979); Marciniak i inni (1981, 1988); Marciniak, Szczepanik (1983); Pietrucień, Skowron (1987); Marciniak, Przybylak (1990), Wójcik i inni (1990); Marciniak i inni (1991).

### MIEJSCE I METODYKA POMIARÓW

W lecie 1989 r. kontynuowano, rozpoczęte w czasie poprzednich wypraw, badania nad przestrzennym zróżnicowaniem temperatury gruntu w oparciu o stanowiska usytuowane w trzech charakterystycznych dla strefy polarnej ekotopach: plaży, moreny i tundry (rys. 1):

— stanowisko „plaża” (B) położone jest na akumulacyjnej równinie brzegowej (1,7 m n.p.m.) poza zasięgiem największych pływów morza (rys. 1). Równina ta jest zbudowana z utworów piaszczysto-żwirowych, jej powierzchnia jest pozbawiona roślinności. Duża porowatość utworów piaszczysto-żwirowych nie sprzyja utrzymywaniu się wody przy powierzchni gruntu, w związku z tym powierzchniowa warstwa gruntu na plaży jest znacznie przesuszona. Maksymalna głębokość odmarznięcia gruntu w lecie 1989 r. – na tym stanowisku – wyniosła 103 cm w dniu 26 sierpnia.

— stanowisko „morena” (M) zlokalizowane jest na płaskim wierzchołku moreny czołowo-bocznej Lodowca Aavatsmarka (6 m n.p.m.). Analiza strukturalna pobranych prób pozwoliła wyróżnić od powierzchni glinę piaszczystą, glinę żwirowatą i glinę mułkową, nie udało się do głębokości 2 m stwierdzić zmarzliny. Na powierzchni moreny, o ciemnej barwie i małym współczynniku albedo, występują pojedyncze rośliny.



Rys. 1. A) Szkic morfologiczny rejonu Stacji Naukowej Uniwersytetu Mikołaja Kopernika, Toruń i lokalizacja stanowisk pomiarowych

1 - morena, 2 - tundra, 3 - obszar okresowo zalewany podczas przyptywów, 4 - wał sztormowy, 5 - obszar plaży okresowo zalewany podczas przyptywów, 6 - cieki, 7 - jeziora, 8 - sandr, 9 - Stacja Naukowa, 10, 11, 12 - stanowiska pomiaru temperatury gruntu: Plaża (B) Morena (M), Tundra (T).

B) Struktura gruntu ekotopów, w których była mierzona temperatura gruntu.

1 - piasek, 2 - piasek średnioziarnisty, 3 - piasek gruboziarnisty, 4 - glina piaszczysta, 5 - glina żwirowata, 6 - glina mułkowata.

Fig. 1. A) Morphologic sketch of the area of the Research Station of the N. Copernicus University, Toruń and localization of measurement stands.

1 - moraine, 2 - tundra, 3 - area periodically flooded during tides, 4 - storm ridges, 5 - area of the beach flooded during tides, 6 - streams, 7 - lakes, 8 - outwash plain, 9 - Research Station, 10, 11 and 12 - ground temperature measuring stands: Beach (B), Moraine (M), Tundra (T).

B) Ground structure of the ecotops in which ground temperature was measured.

1 - fine sand, 2 - medium grained sand, 3 - sand gravel, 4 - sand till, 5 - gravel till, 6 - silt till.

— stanowisko „tundra” (T) położone jest na stożku sandrowym wychodzącym z łuku moren Lodowca Aavatsmarka, limituje to urozmaiconą żwirowo-piaszczystą z dużą ilością kamieni, a nawet mułków, budowę geologiczną\*. Powierzchnia stożka porośnięta jest w 70% roślinnością tundrową z dominującym gatunkiem *Cladonia rangiferina*. Stanowisko to, szczególnie na początku sezonu letniego, jest podtapiane przez wody z topniejącego śniegu, dlatego też uwilgocenie gruntu jest znaczne. Głębokość odmarznięcia w dniu 18 sierpnia osiągnęła 157 cm.

Pomiary temperatury gruntu wykonywano w najbardziej aktywnej, podlegającej wpływom zewnętrznym, warstwie (do 50 cm głębokości). W okresie od 8 lipca na morenie i od 18 lipca na pozostałych stanowiskach do 7 września 1989 r. cztery razy na dobę (o godz. 01, 07, 13 i 19 LMT) przy pomocy termometrów kolankowych mierzono temperaturę na pięciu poziomach (1, 5, 10, 20 i 50 cm). Tło dla tych badań stanowiły równolegle prowadzone pomiary i obserwacje podstawowych elementów meteorologicznych.

Ze względu na niewielką odległość między stanowiskami pomiarowymi, można założyć, że warunki atmosferyczne na wszystkich punktach były identyczne, a różnice w przebiegu temperatury gruntu wynikają z właściwości cieplnych badanych ekotopów.

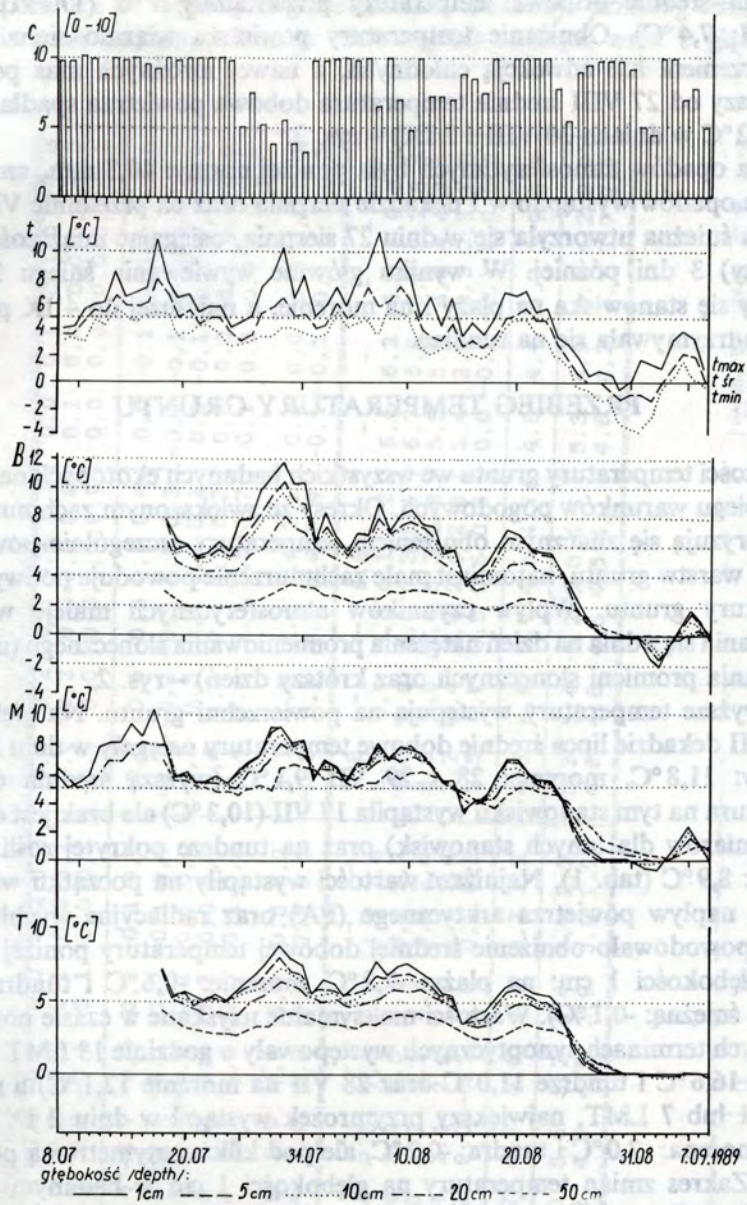
\* Składamy serdeczne podziękowania mgr Krzysztofowi R. Lankaufowi za wykonanie analiz sedymentologicznych pobranych prób.

## WARUNKI METEOROLOGICZNE

Warunki pogodowe w lecie 1989 roku zostały szczegółowo omówione w niniejszym tomie (Marciniak i inni, 1992). Dla termiki gruntu podstawowe znaczenie ma dopływ energii słonecznej, który pośrednio może być określony stopniem zachmurzenia i wielkością usłonecznienia.

W przebiegu zachmurzenia, przy stosunkowo wysokiej średniej za cały sezon (8,4), wystąpiły okresy z pełnym zachmurzeniem i kilkudniowe okresy z zachmurzeniem dobowym mniejszym od 50%. Najmniejsze zachmurzenie wystąpiło w ostatniej pentadzie lipca, na przełomie II i III pentady sierpnia i w pierwszych dniach września – rys. 2. Okresom tym towarzyszyło zwiększone usłonecznienie – maksymalne wartości wystąpiły 28, 30 i 31 lipca (dobowe usłonecznienie względne > 80%). Ogólna liczba godzin ze słońcem w całym okresie pomiarowym wyniosła 255,7.

O bilansie cieplnym powierzchni gruntu decyduje także temperatura powietrza. Średnia temperatura za cały okres była niższa od średniej wieloletniej obliczonej ze wszystkich dotychczasowych wypraw i wyniosła 3,9°C. Przy intensywnej radiacji lub adwekcji cieplejszych (czasami sfenizowanych) mas



Rys. 2. Średnie dobowe wartości zachmurzenia (C), temperatury powietrza (t) i temperatury gruntu na stanowiskach: Plaża (B), Morena (M) i Tundra (T) na Równinie Kaffiöyra (NW Spitsbergen) w okresie od 8 lipca do 7 września 1989 roku.

Fig. 2. Mean daily values of cloudiness (C), air temperature (t) and ground temperature on the stands: Beach (B), Moraine (M), Tundra (T) on the Kaffiöyra Plain, NW Spitsbergen in the period since 8th July to 7th September 1989.

powietrza średnie dobowe temperatury przekraczały  $7^{\circ}\text{C}$  (17 VII:  $7,8^{\circ}\text{C}$  i 9 VIII:  $7,4^{\circ}\text{C}$ ). Obniżanie temperatury powietrza wiązało się z pełnym zachmurzeniem lub adwekcją chłodnych, a nawet mroźnych mas powietrza (począwszy od 27 VIII średnia temperatura dobową powietrza spadła poniżej  $0^{\circ}\text{C}$ :  $-1,2^{\circ}\text{C}$  w dniach 30 VIII i 2 IX) – rys. 2.

Suma opadów atmosferycznych była poniżej normy: 40,3 mm, szczególnie nasilenie opadów wystąpiło w I dekadzie sierpnia oraz na przełomie VIII i IX. Pokrywa śnieżna utworzyła się w dniu 27 sierpnia, osiągając miąższość 12 cm (na plaży) 3 dni później. W wyniku głównie wywiewania śniegu 31 VIII odsłoniły się stanowiska na plaży i na morenie, a najdłużej do 4 IX pokrywa śnieżna utrzymywała się na tundrze.

### PRZEBIEG TEMPERATURY GRUNTU

Wartości temperatury gruntu we wszystkich badanych ekotopach nawiązują do przebiegu warunków pogodowych. Okresy ze zwiększonym zachmurzeniem charakteryzują się znacznym obniżeniem temperatury szczególnie powierzchniowych warstw gruntu, natomiast małe zachmurzenie powoduje podwyższenie temperatury gruntu. Wpływ czynników atmosferycznych maleje w miarę zmniejszania się z dnia na dzień natężenia promieniowania słonecznego (mniejszy kąt padania promieni słonecznych oraz krótszy dzień) – rys. 2.

Najwyższe temperatury występują na powierzchni gruntu. Na głębokości 1 cm w III dekadzie lipca średnie dobowe temperatury osiągały w dniu 29 lipca na plaży:  $11,8^{\circ}\text{C}$ , morenie: 28 i 29 VII  $9,1^{\circ}\text{C}$  (wyższa średnia dobową temperatura na tym stanowisku wystąpiła 17 VII ( $10,3^{\circ}\text{C}$ ) ale brak jest dla tego dnia pomiarów dla innych stanowisk) oraz na tundrze pokrytej roślinnością zaledwie:  $8,9^{\circ}\text{C}$  (tab. 1). Najniższe wartości wystąpiły na początku września, kiedy to napływ powietrza arktycznego (PA) oraz radiacyjne wychłodzenie gruntu spowodowało obniżenie średniej dobowej temperatury poniżej  $0^{\circ}\text{C}$  (2 IX na głębokości 1 cm: na plaży:  $-2,2^{\circ}\text{C}$ , morenie:  $-0,6^{\circ}\text{C}$  i tundrze, pod pokrywą śnieżną:  $-0,1^{\circ}\text{C}$ ). Wartości maksymalne uzyskane w czasie pomiarów w głównych terminach synoptycznych występowały o godzinie 13 LMT (29 VII na plaży  $16,6^{\circ}\text{C}$  i tundrze  $11,0^{\circ}\text{C}$  oraz 28 VII na morenie  $12,1^{\circ}\text{C}$ ) a minima o godz. 1 lub 7 LMT, największy przymrozek wystąpił w dniu 2 IX (plaża:  $-3,8^{\circ}\text{C}$ , morena:  $-2,0^{\circ}\text{C}$  i tundra:  $-0,2^{\circ}\text{C}$ , ale pod kilkucentymetrową pokrywą śniegu). Zakres zmian temperatury na głębokości 1 cm w badanym okresie wynosił  $20,4^{\circ}\text{C}$  na plaży,  $14,1^{\circ}\text{C}$  na morenie i  $11,2^{\circ}\text{C}$  na tundrze. Najbardziej czułe na zmiany w przebiegu warunków pogodowych jest stanowisko na plaży, gdzie ma miejsce nie tylko szybkie i znaczne nagrzewanie się powierzchniowych warstw gruntu, ale i duże straty ciepła przy nocnych wychłodzeniach, co świadczy o małej pojemności cieplnej gruntu. Najślabiej reaguje na te zmiany tundra (izolująca rośliność).

Tabela 1 - Table 1

Średnie dobowe wartości temperatury gruntu na Równinie Kaffiöyra (NW Spitsbergen) w okresie 8.07 - 7.09.1989 roku.  
 Mean daily ground temperature on the Kaffiöyra Plain (NW Spitsbergen) from the period 8th July to 7th September 1989.

Data Date	Plaża - Beach						Morena - Moraine					Tundra - Tundra				
							Głębokość - Depth (cm)									
	1	5	10	20	35	50	1	5	10	20	50	1	5	10	20	50
08.07	-	-	-	-	-	-	5,8	-	-	6,4	-	-	-	-	-	-
09.07	-	-	-	-	-	-	4,9	-	-	5,6	-	-	-	-	-	-
10.07	-	-	-	-	-	-	5,2	-	-	5,0	-	-	-	-	-	-
11.07	-	-	-	-	-	-	5,8	-	-	5,2	-	-	-	-	-	-
12.07	-	-	-	-	-	-	7,8	-	-	5,8	-	-	-	-	-	-
13.07	-	-	-	-	-	-	8,1	-	-	6,9	-	-	-	-	-	-
14.07	-	-	-	-	-	-	8,1	-	-	6,8	-	-	-	-	-	-
15.07	-	-	-	-	-	-	9,3	-	-	7,7	-	-	-	-	-	-
16.07	-	-	-	-	-	-	8,4	-	-	8,1	-	-	-	-	-	-
17.07	-	-	-	-	-	-	10,3	-	-	7,9	-	-	-	-	-	-
18.07	7,9	7,8	7,7	6,7	-	2,9	8,3	8,4	8,2	8,0	6,8	7,4	7,4	7,2	6,3	4,3
19.07	6,4	5,8	5,5	5,1	-	2,4	5,7	5,7	5,6	5,8	5,4	5,3	5,5	5,3	5,1	3,7
20.07	6,2	6,0	5,6	4,5	2,9	1,9	6,1	5,8	5,9	5,8	5,4	5,6	5,7	5,2	4,7	3,2
21.07	5,4	5,3	5,0	4,4	3,3	1,9	5,2	5,4	5,4	5,4	5,1	4,7	5,4	5,1	4,5	3,1
22.07	5,6	5,4	4,9	4,3	2,6	1,8	5,4	5,4	5,2	5,1	4,9	5,1	5,0	4,7	4,1	2,9
23.07	6,3	5,9	5,4	4,4	3,2	1,8	5,8	5,8	5,6	5,3	4,7	5,5	5,2	4,9	4,3	2,8
24.07	5,7	5,4	5,2	4,3	3,0	1,9	5,3	5,3	5,2	5,1	4,7	5,1	5,0	4,8	4,2	2,8
25.07	7,9	6,4	6,0	4,5	3,3	1,9	6,1	6,2	5,6	5,0	4,4	5,8	5,4	4,8	4,1	2,7
26.07	7,9	7,4	6,8	5,5	3,7	2,3	6,7	6,8	6,4	6,0	4,9	6,5	6,1	5,6	4,9	3,1
27.07	9,9	8,4	7,5	5,8	4,0	2,4	7,2	7,2	6,5	6,0	5,1	7,1	6,3	5,9	5,2	3,3
28.07	10,8	9,6	8,8	7,1	5,3	2,8	9,1	8,8	7,8	6,9	4,8	8,1	7,2	6,6	5,7	3,3
29.07	11,8	10,5	9,7	8,1	6,0	3,2	9,1	9,1	8,6	8,0	6,3	8,9	8,0	7,4	6,4	4,0
30.07	10,3	9,2	8,6	7,4	5,9	3,4	7,7	8,0	7,6	7,5	6,5	8,0	7,1	7,0	6,2	4,2
31.07	10,4	9,0	8,4	7,0	5,4	3,3	8,2	8,3	7,7	7,2	6,4	7,6	6,9	6,5	5,7	4,0
01.08	6,2	6,4	6,3	5,9	4,8	3,2	5,4	5,7	6,0	6,3	6,2	5,4	5,7	5,4	5,2	3,8
02.08	8,3	7,5	6,9	5,5	4,2	2,7	6,9	6,9	6,5	6,1	5,5	6,6	5,9	5,5	4,9	3,4
03.08	6,6	6,3	6,0	5,3	4,3	2,7	6,4	6,5	6,3	6,2	5,7	6,3	5,8	5,6	5,1	3,4
04.08	5,7	5,5	5,2	4,7	3,7	2,4	5,4	5,4	5,5	5,5	5,3	5,4	5,4	5,0	4,7	3,3
05.08	7,0	6,5	5,8	4,7	3,7	2,3	6,7	6,4	6,0	5,5	5,0	6,2	5,5	5,2	4,7	3,2
06.08	6,9	6,5	6,1	5,3	4,1	2,5	6,6	6,7	6,4	6,2	5,3	6,5	5,9	5,6	5,0	3,4
07.08	9,0	8,0	7,2	5,8	4,2	2,5	8,1	7,9	7,5	6,7	5,3	7,8	6,8	6,3	5,0	3,4
08.08	7,1	7,0	6,8	6,1	5,1	3,0	6,9	7,0	7,0	6,0	6,0	6,9	6,7	6,4	5,8	4,0
09.08	8,3	7,6	7,2	5,9	4,6	2,9	7,8	7,6	7,3	6,7	5,5	7,6	6,9	6,5	5,7	4,1
10.08	8,6	7,9	7,4	6,3	5,0	3,1	7,7	7,8	7,5	7,0	5,9	7,7	7,0	6,6	5,6	4,0
11.08	7,6	7,5	6,8	6,0	4,9	3,1	7,4	7,3	7,1	6,8	6,0	7,2	6,7	6,4	5,8	4,1
12.08	7,5	6,8	6,4	5,5	4,4	3,0	6,6	6,6	6,5	6,4	5,8	6,8	6,3	6,1	5,4	3,9
13.08	5,6	5,9	5,4	5,0	4,2	2,9	5,2	5,4	5,4	5,6	5,5	5,6	5,4	5,3	5,0	3,7
14.08	5,9	5,8	5,4	4,5	3,8	2,6	5,3	5,5	5,3	5,2	5,0	5,5	5,3	4,9	4,6	3,4
15.08	3,5	3,7	3,6	3,6	3,3	2,3	3,2	3,5	3,5	4,1	4,6	3,5	3,5	3,5	3,6	2,9
16.08	4,2	4,2	3,6	3,1	2,6	1,9	4,1	4,1	3,9	3,9	4,0	4,1	3,7	3,5	3,3	2,5
17.08	4,9	4,2	3,8	3,3	2,6	1,8	4,3	4,2	4,0	3,9	3,8	4,4	3,8	3,6	3,4	2,4
18.08	6,2	5,7	5,1	3,8	2,8	1,8	5,7	5,6	5,2	4,3	3,6	5,3	4,6	4,3	3,6	2,4
19.08	7,3	6,6	6,1	4,8	3,6	2,2	6,9	6,7	6,3	5,6	4,4	6,2	5,6	5,2	4,5	2,8
20.08	7,0	6,4	5,9	5,0	4,0	2,5	6,9	6,6	6,3	5,9	4,9	6,5	5,8	5,5	4,8	3,2
21.08	6,1	6,0	5,6	5,0	3,8	2,6	6,0	6,1	6,0	5,8	5,0	6,0	5,8	5,3	4,9	3,4
22.08	5,8	5,5	5,1	4,5	3,7	2,5	5,5	5,5	5,3	5,1	4,7	5,6	5,0	4,8	4,5	3,2
23.08	5,7	5,4	5,1	4,3	3,5	2,4	5,4	5,5	5,2	5,0	4,5	5,5	5,0	4,8	4,4	3,1
24.08	4,6	4,7	4,5	4,1	3,4	2,2	4,4	4,8	4,7	4,8	4,4	4,9	4,6	4,5	4,3	3,0
25.08	2,4	2,9	2,4	2,7	2,5	1,9	2,1	2,6	2,6	3,2	3,8	2,5	2,5	2,6	2,9	2,5
26.08	1,0	1,4	1,2	1,7	1,8	1,5	0,7	1,2	1,4	2,1	2,7	1,1	1,3	1,5	1,8	1,9
27.08	0,4	0,6	0,6	0,7	0,9	0,9	0,2	0,6	0,6	1,1	2,1	0,4	0,6	0,7	1,1	1,2
28.08	-0,1	0,0	0,0	0,2	0,5	0,5	-0,1	0,1	0,2	0,6	1,3	0,1	0,1	0,2	0,5	0,8
29.08	0,0	0,1	-0,1	0,0	0,2	0,3	0,0	0,2	0,1	0,4	1,1	0,0	0,1	0,1	0,3	0,4
30.08	0,0	0,0	-0,1	-0,1	0,0	0,1	0,0	0,2	0,0	0,3	0,8	0,1	0,0	0,0	0,2	0,2
31.08	0,0	0,0	-0,1	-0,1	0,0	0,1	-0,1	0,0	0,0	0,3	0,6	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1
01.09	-1,4	-0,7	-0,3	-0,2	-0,1	0,0	-0,5	0,0	-0,2	0,1	0,4	0,0	-0,1	-0,1	0,0	0,0
02.09	-2,2	-1,6	-1,1	-0,2	-0,1	0,0	-0,6	-0,2	-0,2	0,0	0,3	-0,1	-0,1	-0,2	0,0	0,0
03.09	-0,5	-0,5	-0,6	-0,2	-0,1	0,0	0,3	0,3	0,1	0,1	0,2	0,0	-0,1	-0,2	0,0	0,0
04.09	0,6	0,2	-0,1	-0,2	0,0	0,0	1,2	1,2	0,6	0,5	0,3	0,0	0,0	-0,1	0,0	0,0
05.09	1,8	1,5	1,0	0,3	0,1	0,1	2,4	2,4	2,1	1,5	0,7	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0
06.09	0,9	0,9	0,8	0,6	0,5	0,2	1,1	1,3	1,3	1,4	1,1	0,1	0,0	0,0	0,1	0,0
07.09	-0,4	0,0	0,0	0,1	0,3	0,2	-0,3	0,1	0,1	0,4	0,9	-0,1	-0,1	-0,1	0,1	0,0
11-20.07	-	-	-	-	-	-	7,8	-	-	6,8	-	-	-	-	-	-
21-31.07	8,4	7,5	7,0	5,7	4,2	2,4	6,9	6,9	6,5	6,1	5,2	6,6	6,2	5,8	5,0	3,3
01-10.08	7,4	6,9	6,5	5,6	4,4	2,7	6,8	6,8	6,6	6,3	5,6	6,7	6,2	5,8	5,2	3,6
11-20.08	6,0	5,7	5,2	4,5	3,6	2,4	5,6	5,6	5,4	5,2	4,8	5,5	5,1	4,8	4,4	3,1
21-31.08	2,4	2,4	2,2	2,1	1,8	1,4	2,2	2,4	2,4	2,6	2,8	2,4	2,2	2,2	2,3	1,8
01-07.09	-0,2	0,0	-0,1	0,0	0,1	0,1	0,5	0,7	0,5	0,6	0,6	0,0	-0,1	-0,1	0,0	0,0
01-31.08	5,2	4,9	4,6	4,0	3,2	2,2	4,8	4,9	4,7	4,6	4,3	4,8	4,4	4,2	3,9	2,8
21.07-31.08	6,0	5,6	5,2	4,4	3,5	2,2	5,3	5,4	5,2	5,0	4,6	5,3	4,9	4,6	4,2	2,9
18.07-07.09	5,2	4,9	4,5	3,9	3,0	1,9	4,8	4,8	4,6	4,5	4,1	4,6	4,3	4,1	3,7	2,6

Tabela 2 - Table 2

Średnie dekadowe temperatury gruntu w wybranych ekotopach (Plaża - B, Morena - M i Tundra - T) na Równinie Kaffiöyra dla 4 terminów obserwacyjnych (01, 07, 13 i 19 LMT) w okresie 8 lipca do 7 września 1989 roku.

Mean decade ground temperatures (°C) in the chosen ecotopes (Beach - B, Moraine - M, Tundra - T) on the Kaffiöyra Plain for 4 observational terms (01, 07, 13, 19 LMT) in the period since 8th July to 7th September, 1989.

Okres Period	Ekotop Ecotope	Głębokość - Depth																								
		1 cm					5 cm					10 cm					20 cm					50 cm				
		01	07	13	19	m	01	07	13	19	m	01	07	13	19	m	01	07	13	19	m	01	07	13	19	m
21-31.07	B	5,2	7,6	12,1	8,7	8,4	5,6	6,1	9,8	8,6	7,5	5,6	5,5	8,6	8,1	7,0	5,5	4,9	5,9	6,6	5,7	2,4	2,5	2,4	2,5	2,4
	M	4,6	6,6	9,1	7,3	6,9	5,3	6,1	8,9	7,6	6,9	5,4	5,5	7,8	7,4	6,5	6,0	5,4	6,4	6,8	6,1	5,3	5,0	5,2	5,4	5,2
	T	4,9	6,1	8,1	7,2	6,6	5,2	5,4	7,1	7,0	6,2	5,3	4,9	6,3	6,5	5,8	5,0	4,5	5,1	5,6	5,0	3,3	3,3	3,2	3,4	3,3
01-10.08	B	5,7	6,8	9,8	7,3	7,4	5,9	6,2	8,2	7,4	6,9	5,8	5,7	7,3	7,2	6,5	5,6	5,1	5,5	6,1	5,6	2,8	2,8	2,7	2,7	2,7
	M	5,7	6,4	8,3	6,9	6,8	5,9	6,2	7,9	7,2	6,8	6,1	6,0	7,2	7,2	6,6	6,3	5,9	6,3	6,8	6,3	5,7	5,6	5,5	5,5	5,6
	T	5,7	6,1	7,8	7,0	6,7	5,6	5,6	6,7	6,7	6,2	5,6	5,3	6,0	6,3	5,8	5,3	5,2	5,1	5,4	5,2	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6
11-20.08	B	3,6	5,7	8,7	6,0	6,0	4,1	4,9	7,5	6,2	5,7	4,3	4,2	6,4	6,0	5,2	4,5	3,8	4,5	5,1	4,5	2,5	2,4	2,4	2,4	2,4
	M	3,9	5,2	7,4	5,7	5,6	4,3	4,9	7,0	5,9	5,6	4,6	4,6	6,2	6,0	5,4	5,1	4,6	5,2	5,7	5,2	4,9	4,8	4,6	4,8	4,8
	T	4,3	4,9	6,9	6,1	5,5	4,5	4,3	5,8	5,7	5,1	4,6	4,2	5,2	5,5	4,8	4,4	4,1	4,4	4,8	4,4	3,2	3,1	3,1	3,1	3,1
21-31.08	B	1,6	2,2	3,8	2,0	2,4	2,0	2,1	3,3	2,3	2,4	2,0	1,8	2,8	2,3	2,2	2,2	1,9	2,1	2,2	2,1	1,5	1,4	1,3	1,3	1,4
	M	1,8	2,0	3,1	2,0	2,2	2,1	2,1	3,2	2,3	2,4	2,3	2,1	2,8	2,4	2,4	2,8	2,4	2,6	2,7	2,6	3,0	2,8	2,7	2,7	2,8
	T	2,1	2,1	3,1	2,3	2,4	2,2	1,9	2,6	2,3	2,2	2,3	2,0	2,3	2,3	2,2	2,5	2,2	2,2	2,3	2,3	2,0	1,8	1,8	1,7	1,8
01-07.09	B	-1,1	-1,1	1,2	0,3	-0,2	-0,3	-0,7	0,5	0,4	0,0	-0,3	-0,5	0,2	0,3	-0,1	0,0	-0,1	0,0	0,2	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1
	M	-0,4	-0,1	1,7	0,8	0,5	0,3	0,1	1,4	1,1	0,7	0,3	0,1	0,8	0,9	0,5	0,6	0,4	0,6	0,9	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
	T	0,0	0,0	0,1	0,1	0,0	-0,1	-0,1	-0,1	0,0	-0,1	-0,2	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
18.07- -07.09	B	3,4	4,7	7,5	5,3	5,2	3,8	4,1	6,3	5,3	4,9	3,9	3,7	5,4	5,1	4,5	3,9	3,4	3,9	4,4	3,9	2,0	2,0	1,9	1,9	1,9
	M	3,5	4,4	6,3	4,8	4,8	3,9	4,3	6,0	5,2	4,8	4,1	4,0	5,3	5,1	4,6	4,5	4,1	4,6	4,9	4,5	4,2	4,1	4,0	4,1	4,1
	T	3,7	4,2	5,6	4,9	4,6	3,8	3,8	4,8	4,7	4,3	3,9	3,6	4,3	4,5	4,1	3,8	3,5	3,7	3,9	3,7	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6

m - średnie dobowe

m - daily mean



Temperatura na większych głębokościach naśladuje przebieg temperatury na powierzchni gruntu, jednakże obserwujemy rosnące wraz z głębokością opóźnienie w rozchodzeniu się ciepła lub chłodu. Mniejsza wrażliwość na zewnętrzne bodźce pogodowe wyraża się w malejącej zmienności sezonowej temperatur, która dla średnich temperatur dobowych na plaży wynosi dla 5 cm 12,1°C, 10 cm 10,8°C i 20 cm 8,3°C (dla porównania na 1 cm: 14,0°C), podobne zależności występują na morenie i tundrze.

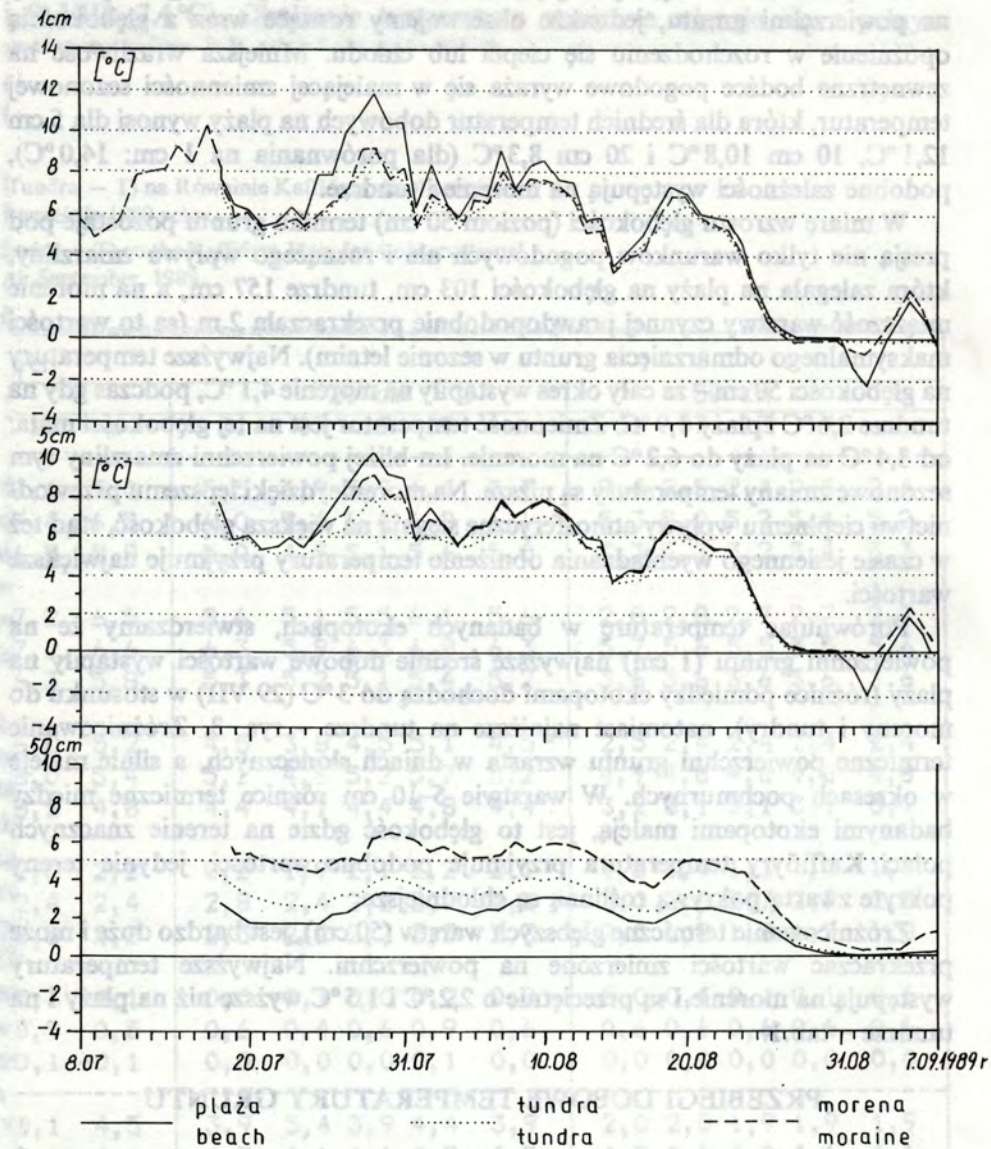
W miarę wzrostu głębokości (poziom 50 cm) termika gruntu pozostaje pod presją nie tylko warunków pogodowych ale i rosnącego wpływu zmarzliny, która zalegała na plaży na głębokości 103 cm, tundrze 157 cm, a na morenie miąższość warstwy czynnej prawdopodobnie przekraczała 2 m (są to wartości maksymalnego odmarznięcia gruntu w sezonie letnim). Najwyższe temperatury na głębokości 50 cm – za cały okres wystąpiły na morenie 4,1°C, podczas gdy na tundrze 2,6°C i plaży 1,9°C. Zmienność temperatur jest na tej głębokości mała: od 3,4°C na plaży do 6,2°C na morenie. Im bliżej powierzchni zmarzliny tym sezonowe zmiany temperatury są niższe. Na morenie, dzięki lepszymu przewodnictwu cieplnemu wpływy atmosferyczne sięgają na większą głębokość, stąd też w czasie jesiennego wychładzania obniżenie temperatury przyjmuje największe wartości.

Porównując temperaturę w badanych ekotopach, stwierdzamy że na powierzchni gruntu (1 cm) najwyższe średnie dobowe wartości wystąpiły na plaży (różnice pomiędzy ekotopami dochodzą do 3°C (29 VII) w stosunku do moreny i tundry), natomiast najniższe na tundrze – rys. 3. Zróżnicowanie termiczne powierzchni gruntu wzrasta w dniach słonecznych, a silnie maleje w okresach pochmurnych. W warstwie 5–10 cm różnice termiczne między badanymi ekotopami maleją, jest to głębokość gdzie na terenie znacznych połaci Kaffiöyry temperatura przyjmuje podobne wartości, jedynie tereny pokryte zwartą pokrywą roślinną są chłodniejsze.

Zróżnicowanie termiczne głębszych warstw (50 cm), jest bardzo duże i może przekraczać wartości zmierzone na powierzchni. Najwyższe temperatury występują na morenie i są przeciętnie o 2,2°C i 1,5°C wyższe niż na plaży i na tundrze – tab.1.

## PRZEBIEGI DOBOWE TEMPERATURY GRUNTU

Termika gruntu, zależna od bilansu cieplnego, wykazuje związek ze zmieniającym się w czasie dnia kątem padania promieni słonecznych. W godzinach południowych, gdy bilans cieplny jest najkorzystniejszy, na powierzchni gruntu występują najwyższe temperatury – dla godz. 13 średnia za cały okres wyniosła: plaża: 7,5°C, morena: 6,3°C i tundra: 5,1°C (tab. 2, rys. 4). Najniższe temperatury występują o godz. 01, kiedy to najcieplejsza jest tundra 3,7°C, a następnie morena 3,5°C i plaża 3,4°C.



Rys. 3. Przebiegi temperatury gruntu na głębokości 1, 5 i 50 cm na stanowiskach: Plaża (B), Morena (M) i Tundra (T) na Równinie Kaffiöyra (NW Spitsbergen) w okresie od 8 lipca do 7 września 1989 roku.

Fig. 3. The courses of ground temperature in the depth 1, 5 and 50 cm on the stands: Beach (B), Moraine (M), Tundra (T) on the Kaffiöyra Plain, NW Spitsbergen in the period since 8th July to 7th September 1989.

W głębszych warstwach amplituda dobowa temperatury maleje proporcjonalnie do głębokości, a terminy występowania wartości skrajnych ulegają przesunięciu, aż do odwrócenia przebiegu dobowego na głębokości 50 cm.

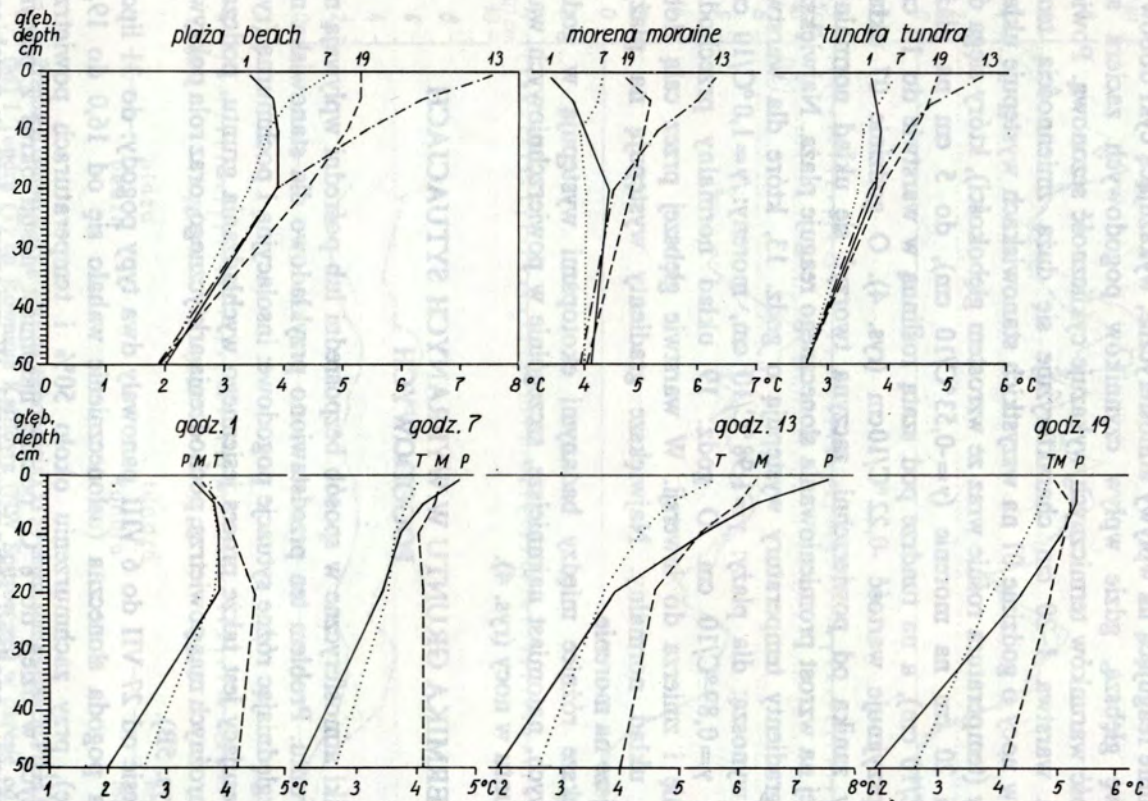
W obrębie gruntu można wyróżnić dwie warstwy: 1) górną do głębokości 20 cm – silnie reagującą na wpływy atmosferyczne, wykazującą cykl dobowy; 2) warstwę głębszą, gdzie wpływ czynników pogodowych zaciera się a zmienność warunków termicznych wykazuje cykliczność sezonową. Powierzchniowa warstwa 1–20 cm charakteryzuje się dużą zmiennością temperatury: w nocy o godzinie 01 na wszystkich stanowiskach występuje układ inwersyjny (temperatura rośnie wraz ze wzrostem głębokości), który sięga do głębokości 20 cm na morenie ( $\gamma = -0,53^{\circ}\text{C}/10\text{ cm}$ ), do 5 cm na plaży ( $\gamma = -1,0^{\circ}\text{C}/10\text{ cm}$ ), a na tundrze pod szatą roślinną w warstwie do 10 cm gradient przyjmuje wartość  $-0,22^{\circ}\text{C}/10\text{ cm}$  (rys. 4). O godzinie 07 układ inwersyjny zanika od powierzchni, zaczyna tworzyć się układ normalny. Najszybciej na wzrost promieniowania słonecznego reaguje plaża. Największe pionowe gradienty temperatury występują o godz. 13, które dla warstwy 1–20 cm wynoszą: dla plaży:  $\gamma = 1,98^{\circ}\text{C}/10\text{ cm}$ , moreny:  $\gamma = 1,0^{\circ}\text{C}/10\text{ cm}$  i tundry:  $\gamma = 0,89^{\circ}\text{C}/10\text{ cm}$ . O godz. 19 układ normalny przechodzi w izotermię i zmierza do inwersji. W warstwie głębszej przez całą dobę występuje układ normalny. Największe gradienty występują na plaży, a najmniejsze na morenie.

Największe różnice między badanymi ekotopami występują w godz. południowych, natomiast najmniejsze, szczególnie w powierzchniowych warstwach gruntu w nocy (rys. 4).

## TERMIKA GRUNTU W WYBRANYCH SYTUACJACH POGODOWYCH

Czynniki atmosferyczne w sposób bezpośredni lub pośredni wpływają na termikę gruntu. Problem ten przedstawiono przykładowo dla stanowiska na plaży, uwzględniając różne sytuacje pogodowe: insolacyjną i pochmurną (rys. 5A). Interesujący jest także proces jesiennego wychładzania gruntu, podczas adwekcji mroźnych mas powietrza, pochodzenia arktycznego, oraz rola pokrywy śnieżnej (rys. 5B).

W okresie od 27 VII do 6 VIII panowały dwa typy pogody: do 31 lipca przeważała pogoda słoneczna (uśonecznienie wahało się od 16,0 do 19,4 godz./dobę), przy zachmurzeniu około 50% i temperaturach powietrza dochodzących w dzień do  $8^{\circ}\text{C}$ , później natomiast nastąpił okres z pełnym zachmurzeniem i opadami atmosferycznymi. W związku z tym w przebiegu termoizoplet widoczny jest okres z intensywną penetracją ciepła w głąb ziemi, przy temperaturach powierzchniowych warstw dochodzących do  $16,6^{\circ}\text{C}$  (29 VII). Głębokość przebiegu izoplety  $4^{\circ}\text{C}$  zwiększyła się z 30 cm (26 VII) do



Rys. 4. Pionowe profile temperatury na stanowiskach: Plaża (B), Morena (M) i Tundra (T) na Równinie Kaffiøyra (NW Spitsbergen) w okresie od 8 lipca do 7 września 1989 roku.

Fig. 4. Vertical distribution of ground temperature on the stands: Beach (B), Moraine (M), Tundra (T) on the Kaffiøyra Plain, NW Spitsbergen in the period 8th July to 7th September 1989.



prawie 50 cm. Przy pogodzie insolacyjnej występują duże pionowe gradienty między powierzchnią gruntu a warstwami głębiej położonymi.

Okres pochmurny charakteryzuje się obniżonymi temperaturami zwłaszcza powierzchniowych warstw gruntu, stratyfikacja pionowa zmierza do izotermii, zmiany temperatury z głębokością są małe.

Adwekcyjne wychładzanie gruntu można zaobserwować na przykładzie okresu od 24 VIII do 2 IX, kiedy to grunt w ciągu kilku dni wytracił ogromne ilości ciepła (temperatura na plaży 24 VIII do godz. 13 z  $9,0^{\circ}\text{C}$  na 1 cm i  $2,3^{\circ}\text{C}$  na 50 cm) spadła do wartości ujemnych w całej warstwie pod koniec sierpnia. Temperatura gruntu w tym okresie systematycznie spada, wykreślone izoplety wykazują, że w pierwszym okresie wychładzania, największe straty ciepła występują w powierzchniowych warstwach, a następnie wychładzanie odbywa się całą 50 cm warstwą, o czym świadczy pionowy przebieg izoplety. Prowadzenie izoplety  $0^{\circ}\text{C}$  napotkało na duże trudności, ze względu na to, że zamarzanie gruntu odbywa się jednocześnie w warstwie o miąższości kilkunastu cm. Po 5-dniowym okresie występowania obniżonych temperatur powietrza w badanej 50 cm warstwie gruntu zanotowano ujemne temperatury. Na tempo zamarzania gruntu miały wpływ, z jednej strony bardzo znaczne radiacyjne spadki temperatury na powierzchni gruntu do  $-13,0^{\circ}\text{C}$  (noc 1/2 IX) oraz izolująca rola pokrywy śnieżnej (utrzymywała się w dniach od 27 VIII do 31 VIII (maksymalna miąższość 12 cm), pod którą temperatura powierzchniowych warstw wahała się w pobliżu  $0^{\circ}\text{C}$ . Brak pokrywy śnieżnej (okres od 31 VIII do 2 IX) zaznaczył się przy zbliżonych warunkach pogodowych spadkami temperatury na głębokości 1 cm do  $-3,8^{\circ}\text{C}$ .

## PODSUMOWANIE

Zróznicowanie strukturalno-wilgotnościowe badanych ekotopów, zaznacza się w temperaturze nie tylko powierzchni gruntu (główną rolę odgrywa tu współczynnik albedo, stopień pokrycia roślinnością oraz intensywność przekazywania ciepła w głąb gruntu) ale i w warstwach głębiej położonych (temperatura zależy od ilości ciepła jaka dociera z powierzchni gruntu: przewodnictwa cieplnego i pojemności cieplnej, oraz od głębokości zalegania zmarzliny). Grunty o dobrym współczynniku przewodzenia ciepła charakteryzują się wyższymi temperaturami na większych głębokościach, oraz intensywniejszą degradacją wieloletniej zmarzliny. Przestrzenne zróżnicowanie termiki gruntu między badanymi ekotopami zmienia się w zależności od warunków pogodowych (głównie zachmurzenia, które wpływa na stosunki radiacyjne) i pory doby – zwiększony dopływ energii słonecznej różnicuje termicznie podłoże.

Charakterystyka termiczna badanych ekotopów:

— plaża (B) – wysoki współczynnik albedo i słabe przewodnictwo oraz mała pojemność cieplna utworów piaszczysto-żwirowych sprzyja nagrzewaniu po-

wierzchniowych warstw gruntu. Ciepło zgromadzone w powierzchniowej warstwie jest szybko tracone w czasie „nocnego” wychładzania. W godzinach południowych dominuje normalny pionowy układ temperatury ( $\gamma = 1,98^\circ\text{C}/10\text{ cm}$ ) podczas gdy o godz. 01 występuje płytka (do 5 cm) ale intensywne inwersja ( $\gamma = -1,0^\circ\text{C}/10\text{ cm}$ ). W miarę wzrostu głębokości temperatura szybko spada i na głębokości 50 cm jest o  $3,3^\circ\text{C}$  niższa niż na 1 cm, i wynosi  $1,9^\circ\text{C}$ . Słabe przewodnictwo ciepłe zaznacza się w płytkim zaleganiu zmarzliny w podłożu. Stanowisko to szybko reaguje (szczególnie powierzchniowa warstwa) na zmiany pogodowe. Duże zachmurzenie wpływa na obniżenie temperatury powierzchni gruntu – pionowe gradienty maleją. Przy adwekcjach chłodu grunt szybko traci ciepło co świadczy o jego małej pojemności cieplnej.

— **morena (M)** – niskie albedo oraz różnoziarnista (morenowa) struktura gruntu na tym stanowisku, sprzyja pochłanianiu ciepła. Temperatura powierzchniowych warstw jest niższa w czasie dni słonecznych w stosunku do plaży, ale wynika to jedynie z większych możliwości przewodzenia ciepła, stąd też temperatura warstw głębszych jest znacznie wyższa niż na plaży (średnio  $2,2^\circ\text{C}$  na głębokości 50 cm). W przebiegu dobowym przeważa układ normalny, pionowe gradienty są jednak znacznie niższe (w stosunku do plaży), a w „nocy” występuje inwersja obejmująca warstwę 20 cm przy małych gradientach ( $-0,53^\circ\text{C}/10\text{ cm}$ ). Reakcja na zmiany pogodowe jest znacznie mniejsza co świadczy o dużej pojemności cieplnej.

— **tundra (T)** – stanowisko pokryte w 70% roślinnością, charakteryzuje się najniższymi temperaturami powierzchniowych warstw gruntu w czasie dnia oraz małymi stratami w czasie „nocnego” wychładzania – tylko na tym stanowisku o godz. 01 inwersja nie zaznacza się, przeważa izotermia. W głębszych warstwach temperatura przyjmuje wartości pośrednie między plażą i tundrą.

## L I T E R A T U R A

- Baranowski S., 1963, Niektóre wyniki badań nad temperaturą gruntu na Spitsbergenie w latach 1957–59, Biul. Inf. Komitetu MRG nr 2, s. 58–67.
- Baranowski S., 1968, Termika tundry peryglacialnej SW Spitsbergen, Acta Univ. Wratislav. Nr 68, ss. 157.
- Czeppe Z., 1960, Thermic differentiation on the active layer and its influence upon the frost heave periglacial regions (Spitsbergen), Bull. Acad. Pol. Sc., v. 8, Nr 2, s. 149–152.
- Czeppe Z., 1961, Roczny przebieg mrozowych ruchów gruntu w Hornsundzie (Spitsbergen) 1957–58, Zesz. Nauk. UJ, Nr 42, ss. 74.
- Czeppe Z., 1966, Przebieg głównych procesów morfogenetycznych w południowo-zachodnim Spitsbergenie, Zesz. Nauk. UJ, Prace geogr., ser. 13, s. 1–129.

- Grześ M., 1984, Charakterystyka warstwy czynnej wieloletniej zmarzliny na Spitsbergenie, XI Symp. Polarne, Poznań, s. 65–67.
- Grześ M., 1985, Warstwa czynna wieloletniej zmarzliny na zachodnim wybrzeżu Spitsbergenu, Przegl. Geogr., T. LVII, z. 4.
- Grześ M., Babiński Z., 1979, Z badań nad letnim odmarzaniem gruntu na Spitsbergenie i w Mongolii, VI Sympozjum Polarne, Łódź, s. 45–47.
- Jahn A., 1961, Quantitative analysis of some periglacial processes in Spitsbergen, Zesz. Nauk. Uniw. Wrocław, Seria B, s. 1–34.
- Jahn A., 1982, Soil thawing and active layer of permafrost in Spitsbergen. Results of investigations of the Polish Scientific Spitsbergen Expeditions, Acta Univ. Wratislav. Nr 525, s. 57–75.
- Kejna M., 1990, The differences in ground temperature between chosen ecotopes of polar environment on Kaffiöyra (NW Spitsbergen) in summer 1985, Wyprawy Geograf. na Spitsbergen, Lublin, s. 245–252.
- Kejna M., 1991, The rate of ground thawing in relation to atmospheric conditions and ground temperature on Kaffiöyra (NW Spitsbergen) in the summer of 1985., Wyprawy Geograficzne na Spitsbergen, Lublin, s. 267–276.
- Kejna M., Marciniak K., Przybylak R., 1991, Zróżnicowanie temperatury gruntu na Kaffiöyrze (NW Spitsbergen) w lecie 1989 roku, XVIII Sympozjum Polarne, Abstrakty., Szczecin, s. 17 i 57.
- Marciniak K., Kejna M., Przybylak R., 1991, Przebieg odmarzania gruntu na równinie Kaffiöyra (NW Spitsbergen) w lecie 1989 r., XVIII Sympozjum Polarne, Abstrakty., Szczecin, s. 27 i 68.
- Marciniak K., Przybylak R. 1990, Spatial differentiation of the depth of summer ground thawing in northern part of Kaffiöyra (NW Spitsbergen) in 1982 and 1989, Wyprawy Geograficzne na Spitsbergen, Lublin, s. 253–266.
- Marciniak K., Przybylak R., Kejna M., 1992, Dynamika warunków meteorologicznych na Równinie Kaffiöyra (NW Spitsbergen) w okresie 8.07–7.09.1989, w tym tomie.
- Marciniak K., Przybylak R., Kejna M., 1991, Vertical ground temperature distribution in some chosen ecotopes on Kaffiöyra (NW Spitsbergen) in the summer of 1989., Wyprawy Geograficzne na Spitsbergen, Lublin, s. 277–288.
- Marciniak K., Przybylak R., Szczepanik W., 1981, Letnie odmarzanie gruntu na Kaffiöyrze (NW Spitsbergen), VIII Sympozjum Polarne, Sosnowiec, s. 163–168.
- Marciniak K., Przybylak R., Szczepanik W., 1988, The dynamics of summer ground thawing in the Kaffiöyra Plain (NW Spitsbergen), V International Conference on Permafrost, Trondheim, vol. 1, s. 406–411.
- Marciniak K., Szczepanik W., 1983, Results of investigations over the summer ground thawing in the Kaffiöyra (NW Spitsbergen), AUNC, Geografia 18, z. 56, s. 69–97.



- Miętus M., 1988, Pionowy profil temperatury gruntu na stacji w Hornsundzie w świetle pomiarów z lat 1978–1986, XV Sympozjum Polarne, Wrocław, s. 254–260.
- Migała K., 1988, Wpływ pokrywy śnieżnej na warstwę aktywną zmarzliny w rejonie Hornsundu, SW Spitsbergen, Sympozjum Polarne, Wrocław, s. 230–239.
- Migała K., 1989, Klimatologiczna determinacja poziomu aktywnego zmarzliny w rejonie Hornsundu, SW Spitsbergen, XVI Sympozjum Polarne, Toruń, s. 136–138.
- Migała K., 1990, Active layer of permafrost in the light of Hornsund climatic conditions, SW Spitsbergen, Wyprawy Geograficzne na Spitsbergen, Lublin, s. 215–219.
- Migała K., 1991, Effect of the winter season and snow cover on the active layer of permafrost in the region of Hornsund (SW Spitsbergen), Wyprawy Geograficzne na Spitsbergen, Lublin: s. 241–257.
- Paszczyk J., Repelewska-Pękalowa J., 1991, The phases of summer thawing on the coastal plain Calypsostranda (West Spitsbergen), Wyprawy Geograficzne na Spitsbergen, Lublin, s. 83–97.
- Pietrucień C., Skowron R., 1987, Wpływ zjawisk wodnych na głębokość rozmarzania gruntu na Ziemi Oscara II (NW Spitsbergen), XIV Sympozjum Polarne, Lublin, s. 119–128.
- Repelewska-Pękalowa J., Gluza A. F., Dąbrowski K., 1987, Termika tundry i dynamika czynnej warstwy zmarzliny na przedpolu lodowców Scotta i Renarda (rejon Belsundu, Zachodni Spitsbergen), XIV Sympozjum Polarne, Lublin, s. 108–116.
- Repelewska-Pękalowa J., Gluza A. F., Pękała K., 1988, Wpływ lokalnych czynników na miąższość i termikę czynnej warstwy zmarzliny na Calypsostrandzie (rejon Belsundu, Zachodni Spitsbergen), XV Sympozjum Polarne, Wrocław, s. 263–271.
- Repelewska-Pękalowa J., Magierski J., 1989, Czynne warstwy zmarzliny: dynamika i właściwości chemiczne wód, Calypsostranda, sezon letnio-jesienny 1988 r., Wyprawy Geograficzne UMCS na Spitsbergen, Lublin, s. 79–89.
- Wójcik G., Marciniak K., 1987, Ground temperature of main ecotopes of Kaffiöyra Plain, Spitsbergen, summer 1978, Pol. Polar Res., vol. 1, No 1, s. 25–46.
- Wójcik G., Marciniak K., Przybylak R., 1988, Time and spatial variation of temperature of active layer in summer on the Kaffiöyra Plain (NW Spitsbergen), V International Conference on Permafrost, Trondheim, vol. 1, s. 499–504.
- Wójcik G., Marciniak K., Przybylak R., Kejna M., 1990, A dynamics of summer ground thawing due to meteorological conditions on the basis of



Nicholas Copernicus University  
Institute of Geography  
Department of Climatology

Marek Kejna, Kazimierz Marciniak, Rajmund Przybylak

## GROUND TEMPERATURE OF MAIN ECOTOPES OF KAFFIÖYRA PLAIN (NW SPITSBERGEN) IN THE SUMMER OF 1989

### S U M M A R Y

The study of the thermic regime of the ground (down to 50 cm in depth) in the selected ecotopes: beach (B), moraine (M), tundra (T) on the Kaffiöyra Plain (NW Spitsbergen) was carried out between 18th July and 7th September 1989. The study was aimed at defining the degree of the area differentiation of the ground temperature relation to its state and cover, thermal properties (capacity, heat absorptivity and conduction) as well as the thickness of the active layer. The area and time variation of the ground temperature in relation to the dynamics of weather conditions was an important research problem. The measurements were taken daily at 01, 07, 13 and 19 LMT at depths: 1, 5, 10, 20 and 50 cm by soil thermometers. The location of the measurement points are defined by the following coordinates:  $\varphi = 78^{\circ}41'N$ ,  $\lambda = 11^{\circ}51'E$  (Fig. 1).

The highest ground temperatures during the whole measuring period appeared in the end July (28 - 31.07) on sunny days. They were the highest thermal point of the summer of 1989. That is why the data gathered concern mainly the second, regressive part of the polar summer during which a general decreasing trend in temperature is observed. The lowest ground temperatures appeared in the third decade of August during which ground temperature dropped below  $0^{\circ}C$  (Tab. 1, Fig. 2).

The biggest thermic differences between the ecotopes (in the layer 0-50 cm) are at the depth of 50 cm (on the average  $2.2^{\circ}C$  between the warmest moraine and coolest beach). The differences gradually decrease towards the surface of the ground. They reach the minimum at the depth of about 10 cm ( $0.5^{\circ}C$  between the moraine and the tundra) and slightly rise (to  $0.6^{\circ}C$ ) on the surface (0-1cm) - Fig. 3. Vertical ground temperature distributions for particular ecotopes for four observation terms and daily means (m) are presented in table 2 and figure 4. In the surface layer of the ground (until the depth of 10 cm), the beach (B) is on the average the warmest environment; the moraine (M) is cooler and the tundra (T), covered with plants, is the coolest. This is so because on the beach there is a mostly dry surface layer made of sand and gravel formations. Little conduction in this environment causes slow ground thawing (down to 103 cm in depth at the end of September 1989) and consequently the greatest

perpendicular gradient of the ground temperature ( $0.67^{\circ}\text{C}/10\text{ cm}$  in the layer 1–50 cm) among the examined ecotopes. Deeper, in the layer below 10 cm, the warmest environment is the moraine with the smallest vertical oldelish gradient ( $0.14^{\circ}\text{C}/10\text{ cm}$ ) as an effect of a high conduction and significant thickness of active layer (over 2.5 m). The tundra is the coolest ecotope in the layer 0–30 cm, while in the deeper layer it has a medial position between the beach and moraine.

The presented above mean thermic differentiation undergoes changes within a 24-hours course and from day to day in relation to weather conditions. The biggest differences between the examined ecotopes are at sunny weather at noon and the smallest ones are at overcast at night (Fig. 5).

The study of the thermic regime of the ground (down to 30 cm in depth) in the selected ecotopes: beach (B), moraine (M), tundra (T) on the Kallbyrån Plain (NW Spitzbergen) was carried out between 18th July and 1st September 1989. The study was aimed at defining the degree of the area differentiation of the ground temperature relation to its state and cover, thermal properties (capacity, heat absorptivity and conduction) as well as the thickness of the active layer. The area and time variation of the ground temperature in relation to the dynamics of weather conditions was an important research problem. The measurements were taken daily at 07, 07, 13 and 19 LMT at depths: 1, 2, 10, 30 and 50 cm by soil thermometer. The location of the measurement points are defined by the following coordinates:  $\varphi = 78^{\circ}41'N$ ,  $\lambda = 11^{\circ}21'E$  (Fig. 1).

The highest ground temperatures during the whole measuring period appeared in the end July (28 – 31.07) on sunny days. They were the highest thermal point of the summer of 1989. That is why the data gathered concern mainly the second, regressive part of the polar summer during which a general decreasing trend in temperature is observed. The lowest ground temperatures appeared in the third decade of August during which ground temperature dropped below  $0^{\circ}\text{C}$  (Tab. 1, Fig. 2).

The biggest thermic differences between the ecotopes (in the layer 0–50 cm) are at the depth of 50 cm (on the average  $2.2^{\circ}\text{C}$  between the warmest moraine and coolest beach). The differences gradually decrease towards the surface of the ground. They reach the minimum at the depth of about 10 cm ( $0.2^{\circ}\text{C}$  between the moraine and the tundra) and slightly rise (to  $0.6^{\circ}\text{C}$ ) on the surface (0–10 cm) – Fig. 3. Vertical ground temperature distributions for particular ecotopes for four observation terms and daily means (m) are presented in table 2 and figure 4. In the surface layer of the ground (until the depth of 10 cm), the beach (B) is on the average the warmest environment; the moraine (M) is cooler and the tundra (T), covered with plants, is the coolest. This is so because on the beach there is a mostly dry surface layer made of sand and gravel formations. Little conduction in this environment causes slow ground thawing (down to 103 cm in depth at the end of September 1989) and consequently the greatest