

ZMIENNOŚĆ TEMPERATURY GRUNTU NA POLSKIM WYBRZEŻU

Ewa Jakusik, Małgorzata Owczarek

Institut Meteorologii i Gospodarki Wodnej, Oddział Morski w Gdyni
ul Waszyngtona 42, 81-342 Gdynia
e-mail: ewa.jakusik@imgw.pl

Streszczenie. W pracy scharakteryzowano podstawowe cechy zmienności temperatury gruntu w polskiej strefie brzegowej Morza Bałtyckiego w latach 1981-2005. Wykorzystano dane pomiarowe na głębokości 5, 10, 20, 50 i 100 cm ze stacji meteorologicznych w Świnoujściu, Kołobrzegu, Łebie i Helu. Temperatura gruntu jest dodatnia przez znaczną część roku. W okresie od października do lutego następuje wzrost temperatury gruntu z głębokością, od kwietnia do sierpnia najwyższe wartości są odnotowywane w warstwach najpłytszych. W marcu i wrześniu w profilu pomiarowym panują warunki zbliżone do izotermii. Od listopada do marca istnieje ryzyko przemarzania gruntu, szczególnie w warstwie do 20 cm. Okres z temperaturą gruntu co najmniej 5°C trwa w przybliżeniu od końca marca do połowy listopada. Temperatura gruntu wykazuje zróżnicowanie przestrzenne wynikające ze zróżnicowania warunków klimatycznych oraz wpływu warunków lokalnych.

Słowa kluczowe: polskie wybrzeże Bałtyku, temperatura gruntu, zmienność

WSTĘP

Temperatura gruntu jest jednym z elementów charakterystyki klimatu danego obszaru. Informacje o jej zmienności są ważne dla wielu dziedzin działalności człowieka. Badania z zakresu stosunków termicznych gruntu na polskim wybrzeżu są prowadzone stosunkowo rzadko. Najczęściej rejon ten uwzględniany był w pracach dotyczących całego obszaru Polski (np. Koźmiński i Michalska 1979, Przedpeńska 1985). Temperatura gruntu w Gdańsku-Świbnie była rozpatrywana w analizie tego elementu na Żuławach Wiślanych (Jakusik i in. 2004) oraz klimatu Gdańska (Owczarek i in. 2007).

CEL PRACY, DANE I METODA OPRACOWANIA

Celem pracy jest określenie podstawowych cech zmienności temperatury gruntu w polskiej strefie brzegowej Morza Bałtyckiego. W pracy wykorzystano rezultaty pomiarów temperatury gruntu z czterech stacji IMGW (tab. 1), zlokalizowanych wzdłuż polskiego wybrzeża za lata 1981-2005. Na obszarze badań dominuje mierzejowo-wydmowy krajobraz nadmorski z plażą, wydmami oraz lasem sosnowym, występuje też krajobraz jeziorno-bagienny oraz zabudowa miejska (Kondracki 1994). Gleby w rejonie plaż i wydm to luźne piaski, na terenach zawydmowych występować mogą gleby bielcowe oraz bagiennie. Klimat rejonu badań kształtowany jest głównie przez zachodnią cyrkulację strefową, dominują liczne układy cyklonalne, którym towarzyszy adwekcja mas powietrza polarno-morskiego. Charakterystyczne są duże sumy otrzymywanego promieniowania słonecznego (Paszyński 1984), a zmienność warunków klimatycznych wybrzeża modyfikowana jest sąsiedztwem zbiornika morskiego (Kwiecień, Taranowska 1974).

Tabela 1. Wykaz stacji meteorologicznych, z których dane wykorzystano w opracowaniu
Table 1. Meteorological stations from which data were used in the analysis

Nazwa stacji Station	Szerokość geograficzna Latitude N	Długość geograficzna Longitude E	Wysokość n.p.m. Altitude	Rodzaj gleby Soil type
Świnoujście	53°55'	14°14'	6	Piaszczysta – Sandy
Kołobrzeg	54°11'	15°35'	3	Piaszczysta, częściowo zniszczona – Sandy, par- tially degraded
Łeba	54°45'	17°32'	2	Bagienna – Boggy
Hel	54°36'	18°49'	1	Piaszczysta – Sandy

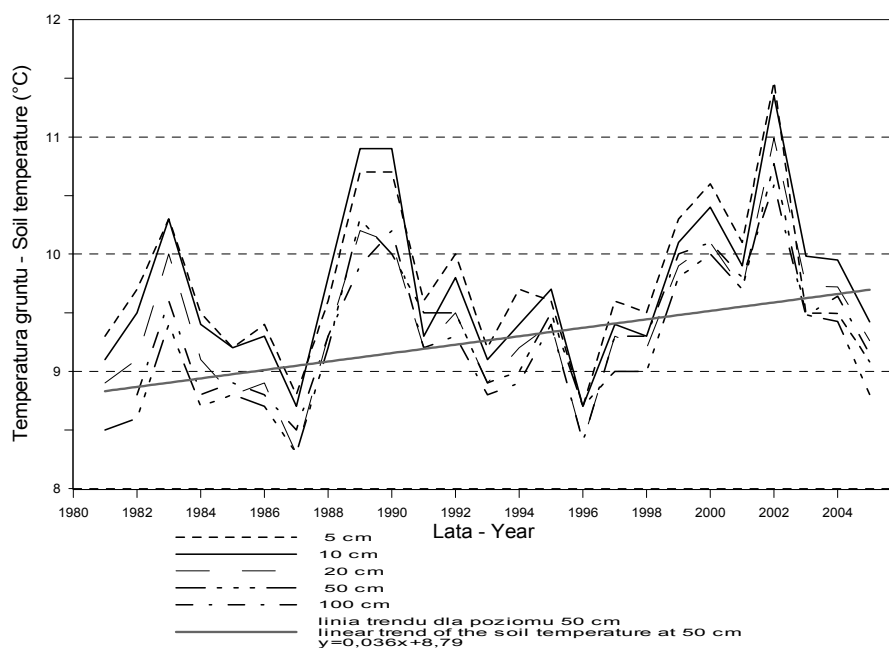
W Świnoujściu ogródek meteorologiczny położony jest na zalesionej wydmie, 180 m od morza. W Kołobrzegu pomiary wykonywane są w zabudowanym terenie dzielnicy uzdrowskiej. Stacja w Łebie znajduje się na płaskim obszarze łąk i terenów zalewowych Jeziora Łebsko. Ogródek meteorologiczny w Helu zlokalizowany na polanie leśnej, około 800 m od otwartego morza (Stepko i in. 2002).

Pomiary temperatury gruntu są wykonywane w ramach standardowego programu obserwacyjno-pomiarowego stacji meteorologicznych IMGW, na głębokościach 5, 10, 20, 50 i 100 cm.

Dla każdej stacji wyznaczono wartości średnie, odchylenie standardowe, ekstrema absolutne, wieloletnie wartości kwantyli empirycznych 1% dla średniej dobowej temperatury gruntu w całym profilu pomiarowym oraz liczbę dni w roku z temperaturą gruntu $\geq 5^{\circ}\text{C}$. Zbadano zależność średnich dobowych wartości wieloletnich temperatury gruntu na głębokości 5 cm i temperatury powietrza.

PODSTAWOWE CHARAKTERYSTYKI TEMPERATURY GRUNTU

Średnie roczne wartości temperatury gruntu wykazują znaczne międzyroczne wahania. Przykładowo w Helu wartości tego parametru na głębokości 5 cm wahały się od $8,7^{\circ}\text{C}$ do $11,5^{\circ}\text{C}$ (rys. 1), na głębokości 10 cm – od $8,7^{\circ}\text{C}$ do $11,4^{\circ}\text{C}$, a na głębokości 20 cm – od $8,3^{\circ}\text{C}$ do 11°C . W głębi profilu wartości średnie roczne wahały się od $8,3^{\circ}\text{C}$ do $10,8^{\circ}\text{C}$ na głębokości 50 cm i $8,4^{\circ}\text{C}$ do $10,6^{\circ}\text{C}$ na głębokości 100 cm. Temperatura średnia roczna w większości przypadków jest o około 1°C większa w Świnoujściu i Kołobrzegu, niż w Łebie i Helu.



Rys. 1. Zmienność średniej rocznej temperatury gruntu na analizowanych poziomach pomiarowych w Helu, 1981-2005, trend istotny statystycznie na poziomie istotności 0,95

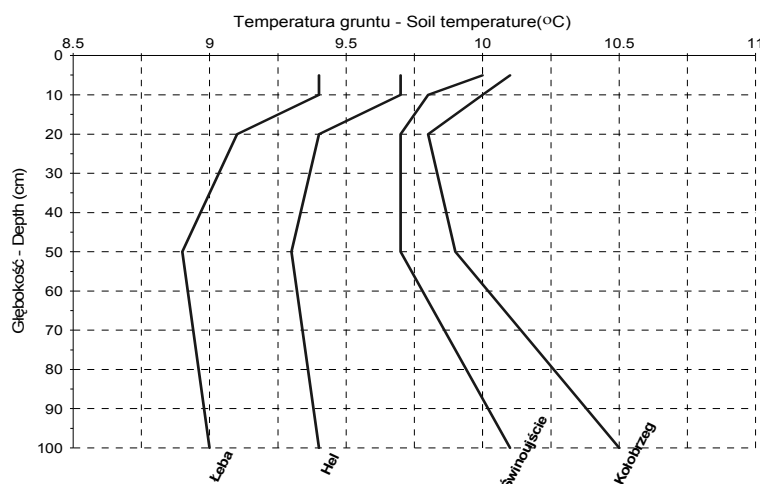
Fig. 1. Long-term variability of annual mean soil temperature in Hel at the depth of 5, 10, 20, 50 and 100 cm, 1981-2005, linear trend significant at the level of 0.95

W przebiegu wieloletnim średnia roczna temperatura gruntu na wszystkich głębokościach wykazuje najczęściej tendencję wzrostową, lecz jedynie w Helu na głębokości 50 cm wzrost (o $0,4^{\circ}\text{C}$ na 10 lat) jest istotny statystycznie (rys. 1). W Świnoujściu i Łebie w głębi profilu (1 m) średnia ta nie wykazuje zmian, natomiast w Kołobrzegu maleje.

Wartości absolutne maksimum średniej dobowej temperatury gruntu w warstwie najpłytszej oraz w głębi profilu pomiarowego (1 m) maleją z zachodu na wschód: na głębokości 5 cm od $30,1^{\circ}\text{C}$ w Świnoujściu do $26,9^{\circ}\text{C}$ w Helu, na głębokości 10 cm odpowiednio od 29°C do $26,2^{\circ}\text{C}$, a na głębokości 100 cm od $22,1^{\circ}\text{C}$ do $19,3^{\circ}\text{C}$. Na głębokości 20 cm i 50 cm najwyższe maksimum dobowe odnotowano w Świnoujściu (odpowiednio $25,3^{\circ}\text{C}$ i $24,7^{\circ}\text{C}$), a najniższe w Łebie ($23,2^{\circ}\text{C}$ i $22,4^{\circ}\text{C}$). Wartości absolutne maksimum odnotowywano najczęściej w pierwszych latach XXI wieku. Absolutne wartości minimum średniej dobowej do głębokości 50 cm maleją z zachodu na wschód. Na poziomie 5 cm od poniżej -9°C do $-3,9^{\circ}\text{C}$, na poziomie 10 cm od $-8,2^{\circ}\text{C}$ do $-3,2^{\circ}\text{C}$, na poziomie 20 cm od $-7,5^{\circ}$ do $-1,5^{\circ}\text{C}$, a na poziomie 50 cm od $-4,6^{\circ}\text{C}$ do $-0,2^{\circ}\text{C}$. Na głębokości 1 m najniższa wartość minimalna wystąpiła w dniu 11 lutego 1991 w Świnoujściu ($-0,2^{\circ}\text{C}$), a najwyższa w Helu ($0,8^{\circ}\text{C}$). Wszystkie te wartości odnotowywane były w dekadzie lat 90. XX wieku.

Średnia wieloletnia temperatura roczna na każdej stacji jest dodatnia (rys. 2). We wschodniej części analizowanego obszaru najcieplejsza jest warstwa od 5 cm do głębokości 10 cm, w której średnia roczna temperatura wynosi w Łebie $9,7^{\circ}\text{C}$, a w Helu $9,4^{\circ}\text{C}$. Od głębokości 20 cm w głąb profil ma stosunkowo wyrównany charakter: temperatura średnia na głębokości 20 cm wynosi $9,1^{\circ}\text{C}$ w Helu i $9,4^{\circ}\text{C}$ w Łebie, najchłodniej jest na głębokości 50 cm ($9,3^{\circ}\text{C}$ i $8,9^{\circ}\text{C}$), a na głębokości 100 cm średnia roczna wynosi odpowiednio 9°C i $9,4^{\circ}\text{C}$. Na pozostałych stacjach roczny profil temperatury gruntu jest odmienny: do głębokości 20 cm temperatura roczna w Świnoujściu maleje od 10°C do $9,7^{\circ}\text{C}$, a w Kołobrzegu od $10,1^{\circ}\text{C}$ do $9,8^{\circ}\text{C}$. W warstwie od 20 do 50 cm w Świnoujściu panuje izotermia ($9,7^{\circ}\text{C}$). Najcieplejsza jest warstwa najgłębsza: $10,1^{\circ}\text{C}$ w Świnoujściu i $10,5^{\circ}\text{C}$ w Kołobrzegu.

Średnie miesięczne wartości temperatury gruntu są na analizowanym obszarze dodatnie (rys. 3). Na głębokości 5 cm najchłodniejszym miesiącem jest w Świnoujściu i Łebie styczeń (rys. 3a, rys. 3c), gdzie średnia miesięczna wynosi $0,5^{\circ}\text{C}$ i $0,6^{\circ}\text{C}$. W Kołobrzegu (rys. 3b) najchłodniejszy jest luty (1°C), a w Helu (rys. 3d) styczeń i luty (1°C). Na pozostałych głębokościach najchłodniejszy jest w Świnoujściu styczeń, w Kołobrzegu i Helu luty, a w Łebie oba te miesiące. Najcieplejszym miesiącem w warstwie do 20 cm jest lipiec, a poniżej tej głębokości – sierpień. Najwyższe wartości średnich miesięcznych występują na głębokości 5 cm: na obu stacjach zachodniej części wybrzeża największa średnia temperatura gruntu wynosi $21,2^{\circ}\text{C}$, w Łebie $20,4^{\circ}\text{C}$, a w Helu $20,9^{\circ}\text{C}$.

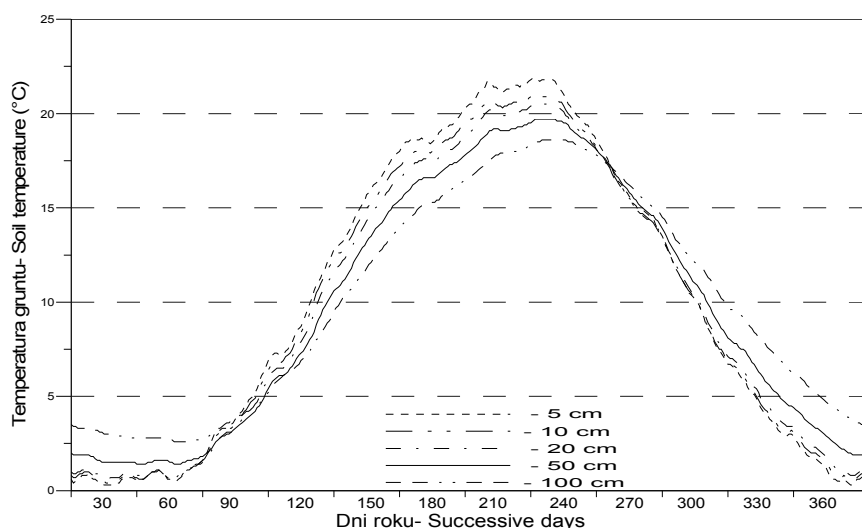


Rys. 2. Średni roczny profil temperatury gruntu na stacjach polskiego wybrzeża, 1981-2005
Fig. 2. Vertical profile of mean annual soil temperature at Polish coastal stations, 1981-2005

W okresie od października do lutego najchłodniejsze są najpłytsze warstwy gruntu, a temperatura rośnie w głąb profilu pomiarowego. Największy spadek następuje poniżej 20 cm, powyżej różnice temperatury między kolejnymi poziomami na ogół nie przekraczają $0,3^{\circ}\text{C}$. W marcu do głębokości 50 cm następuje słaby spadek temperatury, różnice między kolejnymi poziomami wynoszą $0,1^{\circ}\text{C}$ do $0,2^{\circ}\text{C}$. Na głębokości 100 cm średnia temperatura jest o co najmniej $0,5^{\circ}\text{C}$ wyższa, niż na 50 cm, największa różnica występuje w Łebie ($1,2^{\circ}\text{C}$). Stan najbardziej zbliżony do izotermii utrzymuje się w całym profilu pomiarowym w Świnoujściu. Od kwietnia do sierpnia wartości temperatury gruntu na wszystkich stacjach maleją w głąb profilu pomiarowego. We wrześniu charakter profilu pomiarowego jest zróżnicowany. Najbardziej regularnym przebiegiem wyróżnia się tautochrona w Helu: w całym profilu pomiarowym utrzymuje się izotermia ($14,3^{\circ}\text{C}$ do $14,4^{\circ}\text{C}$). Stan zbliżony do izotermii panuje do głębokości 50 cm w Świnoujściu (około $15,4^{\circ}\text{C}$) i Łebie (około $14,1^{\circ}\text{C}$), a w Kołobrzegu do głębokości 20 cm (około 15°C).

W badanym profilu pomiarowym w ciągu roku przeważnie utrzymuje się temperatura dodatnia, na co wskazuje przebieg roczny średniej dobowej temperatury gruntu na poszczególnych głębokościach (rys. 4). Ujemna temperatura dobowa występuje w przybliżeniu od połowy grudnia do połowy lutego. Od stycznia do początków marca najcieplejsze są warstwy położone najgłębiej. W marcu następuje ocieplanie się warstwy przy powierzchniowej, szczególnie szybkie w jego drugiej połowie. Od końca marca temperatura w profilu pomiarowym przekracza 5°C , na przełomie marca i kwietnia przez około 7 dni warunki są zbliżone do izotermii (około 6°C).

Od początku kwietnia zmienia się stratyfikacja termiczna gruntu, najcieplejsze stają się warstwy położone najpłycej. Od około połowy czerwca do połowy września temperatura w całym analizowanym profilu przekracza 15°C , a w najpłytszych warstwach przekracza 20°C . Z początkiem sierpnia temperatura gruntu zaczyna się stopniowo obniżać, najszybciej na najmniejszych głębokościach. Około połowy września w profilu pomiarowym obserwowany jest po raz drugi w roku stan zbliżony do izotermii (około 15°C), który trwa około 20 dni, przy czym wyraźniej zaznacza się na wybrzeżu zachodnim. W kolejnych dniach profil temperatury gruntu stopniowo staje się charakterystyczny dla chłodnej pory roku. Warstwa przypowierzchniowa staje się najchłodniejsza, tam też najprędzej temperatura ustala się poniżej 5°C : około połowy listopada, podczas gdy w warstwach najgłębszych – 2 do 3 tygodni później.



Rys. 4. Przebieg średniej dobowej temperatury gruntu wygładzonej za pomocą 7-dniowej średniej ruchomej w Świnoujściu, 1981-2005

Fig. 4. Mean daily soil temperature smoothed with 7-day moving mean in Świnoujście, 1981-2005

Największym zakresem zmienności charakteryzuje się średnia dobowa temperatura gruntu na głębokości 5 cm. Wartości odchylenia standardowego maleją w głąb profilu pomiarowego. Największe wahania wokół wartości średniej występują w Świnoujściu: w skali roku odchylenie standardowe wynosi tam od $8,2^{\circ}\text{C}$ w warstwie przypowierzchniowej do $1,2^{\circ}\text{C}$ na najgłębszym poziomie. W Helu wartości te wynoszą odpowiednio $7,8^{\circ}\text{C}$ i $4,8^{\circ}\text{C}$. W przebiegu rocznym

w Świnoujściu największą zmiennością wyróżnia się temperatura gruntu w październiku (wartości odchylenia standardowego wynoszą $3,51^{\circ}\text{C}$ na głębokości 5 cm do $3,02^{\circ}\text{C}$ na głębokości 100 cm) i w kwietniu (odpowiednio $3,31^{\circ}\text{C}$ i $1,78^{\circ}\text{C}$). Na pozostałych stacjach największy zakres zmienności temperatury przypada w maju: na głębokości 5 cm odchylenie standardowe wynosi od $3,45^{\circ}\text{C}$ w Kołobrzegu do $3,08^{\circ}\text{C}$ w Helu, a w głębi profilu: od $1,94^{\circ}\text{C}$ w Łebie do $1,56^{\circ}\text{C}$ w Kołobrzegu. Na wahania dobowej temperatury gruntu w okresie wiosny i lata szczególnie wpływ ma częste występowanie radiacyjnego typu pogody z silnym nagrzewaniem powierzchni gruntu w ciągu dnia i jej wychładzaniem w nocy. Najmniejsze wahania temperatury gruntu w stosunku do wartości średniej występują w okresie od listopada do lutego oraz we wrześniu. Może być to związane z większą częstością pogód typu cyklonicznego w okresie późnej jesieni i zimy, łagodzącym wpływem nagrzanych wód Morza Bałtyckiego na warunki termiczne we wrześniu oraz obecnością pokrywy śnieżnej w miesiącach zimowych. Najmniejsze wartości odchylenia standardowego przypadają w styczniu na głębokości 100 cm: od $0,9^{\circ}\text{C}$ w Helu do $1,57^{\circ}\text{C}$ w Świnoujściu. W warstwie do 10 cm minimum odchylenia standardowego przypada w Świnoujściu w listopadzie, na pozostałych stacjach w grudniu i styczniu. Na głębokości 20 cm minimum tego wskaźnika przypada w grudniu, jedynie w Helu w styczniu, natomiast w najgłębszych warstwach – w styczniu.

Największe różnice dobowej temperatury gruntu występują między poziomami poniżej 20 cm, co świadczy o większej akumulacji energii w głębi profilu pomiarowego, niż w warstwach płytszych. Między głębokościami 50 i 100 cm w porze jesienno – zimowej największe różnice mogą przekraczać -2°C , a w okresie od kwietnia do początków października $+2^{\circ}\text{C}$. Warstwa do głębokości 20 cm charakteryzuje się dużą wrażliwością na zmiany temperatury powietrza o czym świadczą stosunkowo niewielkie różnice temperatury między kolejnymi poziomami, które od października do marca na ogół nie przekraczają $0,5^{\circ}\text{C}$, a w pozostałych miesiącach mogą nieznacznie przekraczać $1,5^{\circ}\text{C}$.

Cenną informacją z punktu widzenia ekologii analizowanego obszaru jest liczba dni z temperaturą gruntu $\geq 5^{\circ}\text{C}$, umożliwiającą rozwój roślin (tab. 2). W warstwie do głębokości 20 cm liczba ta wynosi około 237 w zachodniej części analizowanego obszaru, natomiast w części wschodniej około 230. Na głębokości 50 cm liczba dni o korzystnych dla wegetacji warunkach termicznych wynosi od 237 w Świnoujściu do ponad 250 w Kołobrzegu. Zaznaczyć ponadto należy, że na tej głębokości na całym wybrzeżu przeciętnie przez ponad 350 dni w roku odnotowywana jest temperatura dodatnia.

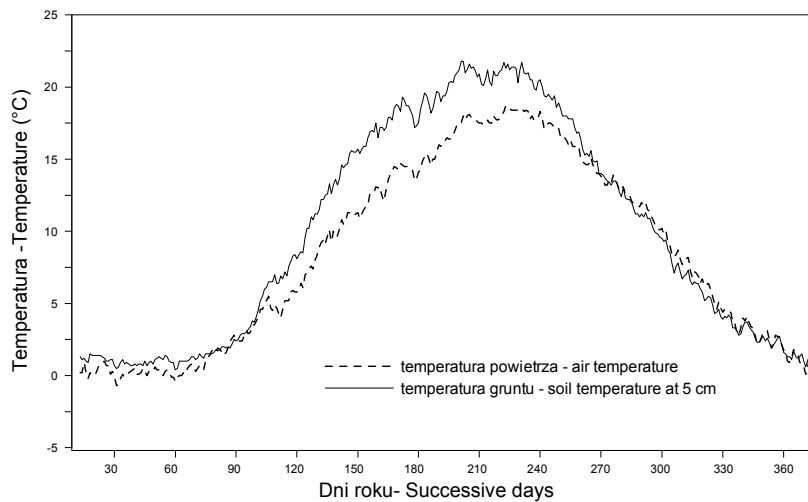
Tabela 2. Średnia roczna liczba dni z temperaturą gruntu $\geq 5^{\circ}\text{C}$ na głębokości: 5, 10, 20, 50 i 100 cm na stacjach polskiego wybrzeża, 1981-2005**Table 2.** Mean annual number of days with soil temperature $\geq 5^{\circ}\text{C}$ at the depth of 5, 10, 20, 50 and 100 cm at Polish coastal stations, 1981-2005

Nazwa stacji Station	5 cm	10 cm	20 cm	50 cm	100 cm
	Liczba dni – Number of days				
Świnoujście	238	235	235	237	257
Kołobrzeg	237	239	241	252	296
Łeba	228	232	231	239	286
Hel	229	230	231	241	259

Przebieg roczny średniej temperatury gruntu na głębokości 5 cm wykazuje dużą zgodność z przebiegiem dobowej temperatury powietrza (rys. 5). W styczniu i lutym temperatura gruntu jest o około $0,7^{\circ}\text{C}$ wyższa, niż temperatura powietrza, w marcu różnice nie przekraczają $0,4^{\circ}\text{C}$, od kwietnia do początku września wartości temperatury gruntu mogą być nawet o prawie 5°C wyższe od temperatury powietrza. Od połowy września temperatura gruntu jest mniejsza, niż temperatura powietrza, ale różnice nie przekraczają 1°C . Temperatura gruntu w warstwie przypowierzchniowej i temperatura powietrza wykazują najsilniejszą współzależność w skali roku oraz jesienią.

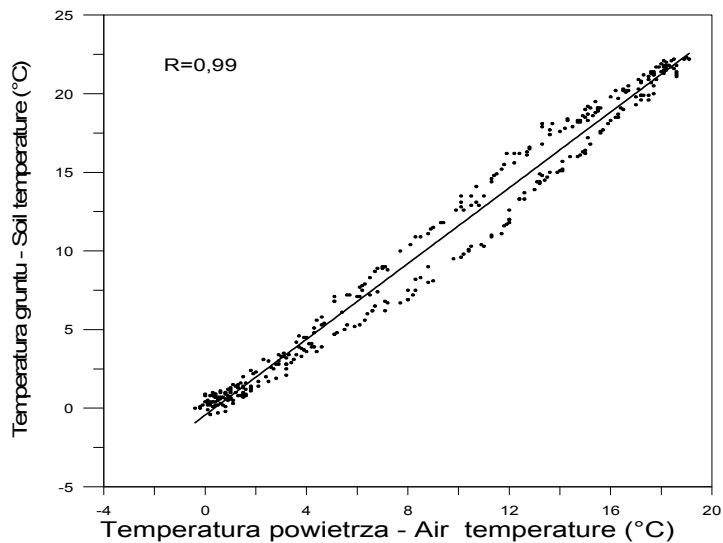
Współczynnik korelacji liniowej między roczną wieloletnią średnią dobową temperaturą gruntu i powietrza wynosi 0,98 w Helu i 0,99 na pozostałym obszarze (rys. 6), natomiast, analogicznie, między analizowanymi temperaturami w październiku na wszystkich stacjach współczynnik ten wynosi 0,99. W kwietniu współczynnik korelacji wynosi 0,98 w Świnoujściu i 0,96 na pozostałych stacjach. Latem (lipiec) wartości współczynnika wskazują na silniejszą zależność temperatury gruntu od temperatury powietrza w zachodniej części wybrzeża (0,84 w Świnoujściu i 0,86 w Kołobrzegu), niż we wschodniej (około 0,70 w Łebie i 0,72 w Helu). Zimą korelacja rozpatrywanych parametrów jest najsłabsza: wartości współczynnika są zróżnicowane przestrzennie: od 0,73 w Łebie do 0,03 w Kołobrzegu.

Z punktu widzenia vegetacji oraz budownictwa szczególne znaczenie ma występowanie wartości ujemnych temperatury gruntu, wskazujących między innymi na możliwość wystąpienia przemarzania gruntu. Wieloletnie wartości kwantyla 1% temperatury średniej dobowej w całym profilu pomiarowym na analizowanym obszarze wskazują, że przemarzanie gruntu w warstwie do 10 cm jest możliwe w okresie od listopada (w Helu na głębokości 10 cm – od grudnia) do marca (tab. 3).



Rys. 5 Przebieg średniej dobowej temperatury powietrza i gruntu na głębokości 5 cm w Helu, 1981-2005

Fig. 5 Mean daily air temperature and soil temperature at the depth of 5 cm in Helu, 1981-2005



Rys. 6. Zależność średniej dobowej wieloletniej temperatury gruntu na głębokości 5 cm od temperatury powietrza w Świnoujściu, 1981-2005

Fig. 6. Dependence of daily long-term mean soil temperature at the depth of 5 cm on air temperature in Świnoujście, 1981-2005

Tabela 3. Wieloletnie wartości kwantyla empirycznego 1% średniej dobowej temperatury gruntu (°C) na głębokości: 5, 10, 20, 50 i 100 cm na stacjach polskiego wybrzeża w okresie od listopada do marca, 1981-2005**Table 3.** Long-term values of the 1st empirical percentile of daily mean soil temperature (°C) at the depth of 5, 10, 20, 50 and 100 cm at Polish coastal stations during the period November- March, 1981-2005

Miesiąc/rok – Month/Year	5 cm	10 cm	20 cm	50 cm	100 cm
Świnoujście					
Styczeń – January	-7,16	-6,53	-5,68	-2,00	0,30
Luty – February	-5,80	-5,50	-4,95	-2,65	-0,10
Marzec – March	-3,47	-2,83	-3,00	-0,74	0,20
Listopad – November	-1,48	-0,69	0,10	1,61	4,21
Grudzień – December	-5,98	-4,61	-3,11	-0,21	1,70
Rok – Year	-4,50	-3,70	-2,90	-0,80	0,30
Kołobrzeg					
Styczeń – January	-5,73	-5,29	-3,68	-0,40	1,90
Luty – February	-4,20	-3,95	-3,19	-1,15	0,80
Marzec – March	-2,00	-1,80	-1,31	-0,50	1,40
Listopad – November	-0,70	-0,10	1,00	3,01	5,81
Grudzień – December	-3,81	-2,90	-0,81	0,69	3,20
Rok – Year	-2,40	-1,90	-1,00	-0,20	1,60
Łeba					
Styczeń – January	-5,46	-4,28	-2,58	-0,30	1,45
Luty – February	-5,04	-3,57	-2,78	-1,00	0,40
Marzec – March	-2,66	-1,70	-1,00	-0,20	1,60
Listopad – November	-1,59	-0,50	-0,10	1,97	5,34
Grudzień – December	-4,78	-2,93	-0,98	0,82	3,00
Rok – Year	-3,10	-1,90	-1,00	-0,20	1,80
Hel					
Styczeń – January	-2,65	-1,58	-0,48	0,10	1,70
Luty – February	-1,92	-1,22	-0,54	-0,20	1,00
Marzec – March	-0,60	-0,28	-0,10	0,15	1,40
Listopad – November	-0,72	0,00	1,00	3,00	5,20
Grudzień – December	-1,70	-0,85	0,30	1,40	3,20
Rok – Year	-0,90	-0,40	-0,10	0,60	1,90

Na głębokości 20 cm ryzyko przemarzania istnieje od grudnia do marca w zachodniej części rozpatrywanego obszaru, w Łebie od listopada do marca, w Helu od stycznia do marca. Na głębokości 50 cm okres, w którym istnieje możliwość występowania ujemnej temperatury gruntu jest najdłuższy w Świnoujściu (od grudnia do marca), w Kołobrzegu i Łebie trwa od stycznia do marca, w Helu natomiast tylko w lutym. W głębi profilu pomiarowego przez cały rok utrzymuje się temperatura dodatnia, jedynie w Świnoujściu w lutym wartość kwantyla 1% jest nieznacznie mniejsza od 0°C.

Omawiany obszar zalicza się wg Polskiej Normy (PN-81/B-03020, za: Architektura-Budownictwo 1999) do dwóch tzw. stref przemarzania: Świnoujście i Kołobrzeg położone są w strefie I dla której głębokość przemarzania wynosi 0,8 m, Łeba i Hel natomiast w strefie II, o głębokości przemarzania 1 m. Przeprowadzona ekstrapolacja liniowa dla miesięcy zimowych, pozwala stwierdzić, iż głębokość przemarzania gruntu może sięgać 58 cm w Helu, 79 cm w Kołobrzegu, 86 cm w Łebie, w Świnoujściu może natomiast nieznacznie przekroczyć 100 cm. W rejonie tej ostatniej stacji głębokość przemarzania może zatem przekraczać zalecaną normę.

PODSUMOWANIE

W pracy wskazano prawidłowości przebiegu temperatury gruntu w strefie brzegowej polskiego wybrzeża Morza Bałtyckiego.

W przebiegu rocznym wyróżnić można dwa typy stratyfikacji termicznej gruntu: od października do lutego następuje utrata ciepła z warstw płytszych na rzecz powietrza i uzupełnianie go przez dopływ z warstw głębiej leżących. Od kwietnia do sierpnia wartości temperatury gruntu na wszystkich stacjach maleją w głąb profilu pomiarowego. W marcu i wrześniu w profilu pomiarowym utrzymuje się stan zbliżony do izotermii.

Największą zmiennością dobową wyróżnia się temperatura gruntu wiosną i jesienią. Przebieg roczny średniej temperatury gruntu na głębokości 5 cm wykazuje dużą zgodność z przebiegiem dobowej temperatury powietrza, szczególnie w skali roku i jesienią.

Przez znaczną część roku na wszystkich głębokościach utrzymuje się temperatura dodatnia. W przybliżeniu od końca marca do połowy listopada średnia dobowa temperatura w profilu pomiarowym przekracza 5°C, a na głębokości od 10 cm przez ponad 230 dni w roku temperatura gruntu jest korzystna dla rozwoju roślin. Ujemna temperatura gruntu występować może w okresie od listopada do marca. Wyznaczone na podstawie wartości kwantyla 1% dla temperatury średniej dobowej głębokości przemarzania gruntu zasadniczo potwierdzają słuszność stosowania obowiązującej normy budowlanej, jednakże w przypadku rejonu Świno-

ujścia ryzyko przemarzania gruntu istnieje także na głębokości o około 20 cm większej, niż podaje norma.

Temperatura gruntu w polskiej strefie brzegowej wykazuje zróżnicowanie przestrzenne, które przejawia się przede wszystkim spadkiem wartości średnich i ekstremalnych z zachodu na wschód. Wykazano systematyczny wzrost średniej rocznej temperatury gruntu do głębokości 50 cm, w Helu na głębokości 50 cm istotny statystycznie. Świadczyć to może o wpływie czynników w skali regionalnej na warunki klimatyczne wybrzeża.

Różnice przebiegu rocznego temperatury gruntu oraz wyznaczonych wskaźników między poszczególnymi stacjami mogą być spowodowane warunkami lokalnymi jak typ i rodzaj podłoża, obecność i rodzaj roślinności, zagospodarowanie otoczenia stacji.

Wyniki pracy stanowią informację klimatyczną przede wszystkim dla działań z zakresu ekologii i ochrony środowiska, głównie ze względu na unikalne walory przyrodnicze wybrzeża, w tym szczególnie obszarów chronionych. Najważniejsze dziedziny działalności człowieka w strefie brzegowej dla których przydatne mogą być wyniki pracy to budownictwo (w tym na potrzeby turystyki), energetyka, łączność oraz rolnictwo.

PIŚMIENNICTWO

- Architektura – Budownictwo. Część I: projektowanie konstrukcyjno - budowlane. 1999. Kanon, Gdańsk.
- Jakusik E., Owczarek M., Filipiak J., 2004. Zmienność temperatury gruntu w rejonie Żuław Wiślanych i okolic. Wiadomości IMGW, 2, 55-82.
- Kondracki J., 1994. Geografia Polski. Mezoregiony fizyczno-geograficzne. Wyd. Naukowe PWN. Warszawa.
- Koźmiński C., Michalska B., 1979. Temperatura gleby na głębokości 10 cm w Polsce. Wyd. AR Szczecin i IUNG Puławy.
- Kwiecień K., Taranowska S., 1974. Warunki klimatyczne [w:] Moniak J., (red.) Studium geograficzno-przyrodnicze i ekonomiczne województwa gdańskiego. GTN Gdańsk, 91-143.
- Owczarek M., Jakusik E., Wojtkiewicz A., Malik P., 2007. Klimat Gdańska, 1981-2005 [w:] Miętus M., Filipiak J., Wyszowski A. (red.), 200 lat regularnych pomiarów i obserwacji meteorologicznych w Gdańsku. Monografie IMGW, IMGW, Warszawa, 160-182.
- Paszyński J., 1984. Główne cechy klimatu [w:] Augustowski B. (red.) Pobrzeże Pomorskie. Wyd. PAN, Warszawa.
- Przedpeńska W., 1985. Najniższe wartości temperatury gleby w Polsce. Przegląd Geofizyczny, 3, 311-321.
- Stepko W., Owczarek M., Miętus M., Filipiak J., 2002. Stacje meteorologiczne Oddziału Morskiego IMGW, topografia lokalna. Oddział Morski IMGW, Gdynia (maszynopis).

VARIABILITY OF SOIL TEMPERATURE ON THE POLISH COAST
OF THE BALTIC SEA

Ewa Jakusik, Małgorzata Owczarek

Institute of Meteorology and Water Management, Gdynia Branch
ul. Waszyngtona 42, 81-342 Gdynia
e-mail: ewa.jakusik@imgw.pl

Abstract. The analysis presented in the paper showed the features of the course of the ground temperature on the Polish coast of the Baltic Sea. Depending on the season, two types of vertical temperature profiles may be recognized. During the cold part of the year (October-February) the most dominant type of vertical temperature stratification is the one proving the loss of heat from the shallowest strata to the air and its replacement by influx from the deeper strata. On the other hand, during the warm season (April-August) the highest temperature occurs in the upper part of the profile and standard deviation values are the highest. In March and September there is quasi-isothermal stratification. During prevailing part of the year positive temperature dominates at all depths. There is a risk of freezing at the depth below 50 cm from December to March.

Keywords: Polish coast, soil temperature, variability