

Zmienność liczby dni termoneutralnych w strefie polskiego wybrzeża Bałtyku

*Variability in the number of thermoneutral days
along the Polish Baltic coast*

CZESŁAW KOŹMIŃSKI

Katedra Turystyki, Uniwersytet Szczeciński,
70-478 Szczecin, ul. Wojska Polskiego 107/109; katedra.turystyki@univ.szczecin.pl

BOŻENA MICHALSKA

Katedra Meteorologii i Kształtowania Terenów Zieleni,
Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie,
71-459 Szczecin, Papieża Pawła VI 3; bozena.michalska@zut.edu.pl

Zarys treści. W pracy dokonano oceny zmienności liczby dni z maksymalną temperaturą powietrza 18,1-23,0°C w strefie polskiego wybrzeża Bałtyku, od kwietnia do września, w latach 1986-2013. Wykorzystano dobowe wartości maksymalnej temperatury powietrza z 6 stacji meteorologicznych IMGW – Świnoujście, Kołobrzeg, Koszalin, Ustka, Łeba i Hel. Użyteczność maksymalnej temperatury z przedziału 18,1-23°C do oceny warunków termoneutralnych (brak obciążeń cieplnych organizmu człowieka) zweryfikowano za pomocą wskaźnika *UTCI*. Określono trendy czasowe liczby dni z maksymalną temperaturą powietrza z przedziału 18,1-23,0°C – uznawaną za komfortową dla człowieka. Obliczono również procentowy udział liczby dni według pięciu przedziałów: <16,1°C, 16,1-18,0°C, 18,1-23,0°C, 23,1-25,0°C i >25°C na trzech wybranych stacjach: Świnoujście, Koszalin i Łeba. Latem (czerwiec–sierpień) dni z maksymalną temperaturą powietrza 18,1-23,0°C występowały w strefie wybrzeża najczęściej pojedynczo oraz w okresach 2-, 3-, 4-, 5- i 6-dniowych. Uzyskano istotne związki statystyczne między miesięczną liczbą dni termoneutralnych a miesięczną temperaturą wody w strefie polskiego wybrzeża Bałtyku. Dni z temperaturą maksymalną z przedziału 18,1-23,0°C – dogodne do rekreacji, występowały w kwietniu sporadycznie, w maju rzadko, w czerwcu przeciętnie co trzeci dzień, a w lipcu i sierpniu w ponad 50% dni w miesiącu. Dane na temat dni termoneutralnych dla organizmu człowieka stanowią istotną informację o warunkach rekreacji na polskim wybrzeżu Bałtyku.

Słowa kluczowe: temperatura maksymalna powietrza, dni termoneutralne, zmienność, półrocze ciepłe, wybrzeże Bałtyku.

Wstęp

W bioklimatologii jako warunki termoneutralne dla organizmu człowieka przyjmuje się przedział temperatury powietrza 18,1-23,0°C. Podczas takich warunków termicznych w miejscu zacienionym i bezwietrznym nie występują zmiany temperatury wewnętrznej człowieka, gdyż wytwarzanie ciepła i samostne odprowadzanie go z organizmu jest zrównoważone (Cichoń i inni, 2010). Jednakże w terenie otwartym, w przypadku dużego napromieniowania słońca lub silnego wiatru, mogą występować zmiany odczucia ciepłego (Kozłowska-Szczęsna i inni, 2004). Większe odchylenia od komfortowych warunków termicznych powodują wzrost natężenia procesów termoregulacyjnych i obciążenia organizmu (Epstein i Moran, 2006; Hoppe, 2002).

Efektywność rekreacji na wybrzeżu jest pomniejszana wskutek występowania niekorzystnych zjawisk atmosferycznych, takich jak: długotrwały opad deszczu, silny wiatr, duże zachmurzenie lub mgła, a warunki kąpieli latem mogą być ograniczane niską (<18,0°C) temperaturą wody w morzu (Girjatowicz, 1995; Chabior i Owczarek, 2009; Koźmiński i Michalska, 2011). Sporadycznie na wybrzeżu mogą także pojawiać się dni upalne (>30°C) stanowiące dużą uciążliwość, a nawet zagrożenie dla zdrowia, zwłaszcza dzieci i osób starszych (Gasparini i inni, 2012; Tobias i inni, 2010).

Jedną z podstawowych cech bioklimatu wybrzeża jest duża zmienność pogody z dnia na dzień, a nawet z godziny na godzinę, zwłaszcza w rejonie od Darłowa po Władysławowo, co oddziałuje silnie bodźcowo na organizm człowieka, powodując między innymi występowanie migreny, zakłócenia snu, względnie nadpobudliwość (Błażejczyk i Kunert, 2011; Scheidt i inni, 2013). Dlatego T. Kozłowska-Szczęsna (w: Kozłowska-Szczęsna i inni, 1997) zaliczyła północną część polskiego wybrzeża Bałtyku, obok gór, do regionu o największej bodźcowości bioklimatu w Polsce. Bioklimat wybrzeża kształtowany jest nie tylko przez cyrkulację atmosferyczną, lecz także przez termikę wód Bałtyku, konfigurację linii brzegowej i pokrycie brzegu oraz występujące zatoki i głębokość dna morza przy plaży, co istotnie różnicuje warunki mikroklimatu strefy przybrzeżnej (Miętus i inni, 2005; Owczarek, 2005; Piliczewski, 2002).

Temperatura powietrza – zarówno aktualna, jak i maksymalna – może być wykorzystywana do oceny warunków ciepłych, w jakich funkcjonuje organizm człowieka. Tę drugą stosuje się częściej w opracowaniach bioklimatycznych, z uwagi na większą dostępność i powszechność używania w prognozach pogody.

Celem niniejszej pracy jest określenie częstości i zmienności dni termoneutralnych dla organizmu człowieka, wyznaczonych na podstawie dobowej maksymalnej temperatury powietrza z przedziału 18,1-23,0°C w półroczu ciepłym. Znajomość czasowego i przestrzennego rozkładu tych dni może być wykorzystana w ocenie warunków wypoczynku na wybrzeżu.

Materiały i metody

Wykorzystano dobowe wartości maksymalnej temperatury powietrza z 6 stacji meteorologicznych IMGW (Świnoujście, Kołobrzeg, Koszalin, Ustka, Łeba, Hel) w półroczu ciepłym (IV-IX) w latach 1986-2013. Obecna stacja meteorologiczna IMGW Gdańsk-Rębiechowo położona około 10 km od Zatoki Gdańskiej na wysokości 138 m n.p.m. nie w pełni reprezentuje warunki termiczne wybrzeża tej Zatoki. Dlatego wykorzystano dane ze stacji Gdańsk-Port (7 m n.p.m.) za krótszy, 10-letni okres 2003-2012. Zebrany materiał porównano z wartościami z tego samego okresu ze stacji w Łebie. Uzyskane względne różnice między dwiema miejscowościami ułatwiły interpretację wyników badanej temperatury maksymalnej nad Zatoką Gdańską. Dni, w których notowano maksymalną temperaturę powietrza (18,1-23,0°C) opracowano w układzie dobowym, dekadowym i miesięcznym oraz w ciągach dni o różnej długości. Wieloletnie dane dały podstawę do określenia trendów zmian liczby dni z temperaturą w przedziale 18,1-23,0°C. Wykorzystując średnie dekadowe wartości liczby dni z powyższą temperaturą w półroczu ciepłym wyznaczono daty początku, końca i długości okresów. Wyliczono również udział liczby dni z maksymalną dobową temperaturą powietrza od kwietnia do września według pięciu przedziałów: <16,1°, 16,1-18,0°, 18,1-23,0°, 23,1-25,0° i >25,0°C dla stacji Świnoujście, Koszalin i Łeba, co pozwoliło na ocenę udziału dni termoneutralnych w stosunku do pozostałych dni, w których maksymalna temperatura kształtowała się poniżej i powyżej przyjętego przedziału.

Przydatność maksymalnej temperatury z przedziału 18,1-23,0°C dla określenia warunków termoneutralnych sprawdzono za pomocą wskaźnika *UTCI* – *Universal Thermal Climate Index* (Błażejczyk i inni, 2010), poprzez który ocenia się stopień obciążenia cieplnego organizmu. Do obliczeń tego wskaźnika (temperatura powietrza, prędkość wiatru, wilgotność względna, zachmurzenie) z godziny 12.00 UTC z okresu kwiecień–wrzesień za lata 2004-2013 wykorzystano dane ze stacji meteorologicznej w Świnoujściu (tab. 1).

Udział dni z maksymalną temperaturą powietrza, w których wystąpił brak obciążeń cieplnych, kształtował się na stacji w Świnoujściu w latach 2004-2013 od 68,6% w kwietniu do ponad 87,0% w lipcu, sierpniu i we wrześniu (tab. 1). W pozostałych dniach wystąpił łagodny stres zimna od 5,1% w sierpniu do 20,0% w kwietniu. Umiarkowany stres ciepła oraz umiarkowany stres zimna według wskaźnika *UTCI* występowały w dniach z maksymalną temperaturą 18,1-23,0°C sporadycznie. Silny stres zimna wystąpił w badanych latach tylko w jednym dniu. W świetle zawartych w tabeli 1 wyników, maksymalną temperaturę powietrza z przedziału 18,1-23,0°C można uznać za odpowiednią do określania warunków termoneutralnych dla organizmu człowieka, zwłaszcza od czerwca do września (tab. 1). Dodatkowym argumentem za stosowaniem temperatury maksymalnej

Tabela 1. Udział dni w miesiącu z maksymalną temperaturą powietrza 18,1-23,0°C, w których wystąpiło zróżnicowane obciążenie cieplne organizmu człowieka wg wskaźnika *UTCI*.
Świnoujście, 2004-2013

Percentage share of days in a month at Świnoujście characterised by a maximum air temperature in the range 18.1-23°C, but with *UTCI* indicating a differentiated heat load for the human organism. Years 2004-2013

<i>UTCI</i> (°C)	Obciążenie cieplne <i>Stress category</i>	Miesiące / <i>Months</i>					
		Kwiec. <i>Apr</i>	Maj <i>May</i>	Czer. <i>June</i>	Lipiec <i>July</i>	Sier. <i>Aug</i>	Wrzes. <i>Sep</i>
26,1-32,0	Umiarkowany stres ciepła <i>Moderate heat stress</i>		4,7	6,3	2,6	7,0	2,4
9,1-26,0	Brak obciążeń cieplnych <i>No thermal stress</i>	68,6	77,9	82,2	87,2	87,9	87,8
0,1-9,0	Łagodny stres zimna <i>Slight cold stress</i>	20,0	15,1	10,9	10,2	5,1	8,2
-12,9-0,0	Umiarkowany stres zimna <i>Moderate cold stress</i>	8,6	2,3	0,6			1,6
-27,0- -13,0	Silny stres zimna <i>Strong cold stress</i>	2,8					

Opracowanie własne, podobnie jak inne tabele oraz ryciny.

Author's own elaboration, as well as other tables and figures.

jest duża dostępność do danych, w przeciwieństwie do wartości terminowych dotyczących różnych elementów meteorologicznych uwzględnianych we wskaźniku *UTCI*.

Istotny wpływ na warunki termiczne powietrza na wybrzeżu ma temperatura wody w Bałtyku (Koźmiński i Świątek, 2012). Z tego względu zebrano miesięczne wartości (kwiecień-wrzesień) temperatury wody przy plaży ze stacji w Świnoujściu, Kołobrzegu i Władysławowie za lata 1986-2012. Dane te umożliwiły ocenę związków statystycznych pomiędzy średnią miesięczną temperaturą wody w Bałtyku a średnią miesięczną liczbą dni z maksymalną temperaturą powietrza 18,1-23,0°C i >23,0°C. Stosując analizę regresji badano dopasowanie różnych funkcji (liniowa, wykładnicza, wielomian drugiego stopnia), a istotność statystyczną związków empirycznych oceniano za pomocą współczynników determinacji R^2 oraz współczynników korelacji r na poziomie $\alpha_{0,01}$ i $\alpha_{0,05}$.

Wyniki i dyskusja

W strefie polskiego wybrzeża Bałtyku, na wszystkich analizowanych stacjach, występuje w cieplej połowie roku (kwiecień-wrzesień) dodatni, istotny i wysoce istotny trend liczby dni z maksymalną temperaturą powietrza 18,1-23,0°C. Najbardziej ścisły związek między latami badań a liczbą dni z maksymalną tempe-

raturą zachodzi we wrześniu, a najmniej – w lipcu i sierpniu. W świetle danych zawartych w tabeli 2 można stwierdzić, że w drugiej połowie lata następuje poprawa termicznych warunków wypoczynku na wybrzeżu, szczególnie w rejonie Ustki i Łeby.

Tabela 2. Wartości współczynników korelacji liczby dni z maksymalną temperaturą powietrza 18,1-23,0°C z latami badań. Okres 1986-2013

Coefficient values for correlations between the number of days with maximum air temperature in the range 18.1-23.0°C and the different years under analysis; 1986-2013

Stacja Station	Miesiące / Months						
	Kwiecień Apr	Maj May	Czerwiec June	Lipiec July	Sierpień Aug	Wrzesień Sep	Kwiecień- wrzesień Apr-Sep
Świnoujście	0,325*	0,338*	0,378**	-0,161	0,124	0,435**	0,413**
Kołobrzeg	0,282	0,060	0,270	0,122	0,130	0,365**	0,325*
Koszalin	0,415**	0,189	0,091	0,042	0,274	0,442**	0,454**
Ustka	0,117	0,217	0,480**	0,225	0,387**	0,475**	0,602**
Łeba	0,344*	5E05	0,381**	0,241	0,334*	0,525**	0,650**
Hel	0,017	0,055	0,193	-0,108	0,077	0,329*	0,255

* istotny przy $\alpha = 0,05$ / significant at $\alpha = 0,05$.

** istotny przy $\alpha = 0,01$ / significant at $\alpha = 0,01$.

Dni z maksymalną temperaturą powietrza z przedziału 18,1-23,0°C (tab. 3) notowane są na wybrzeżu najczęściej w lipcu i sierpniu, średnio ponad 15 w miesiącu, a zdarzają się lata, w których występują w ponad 25, a nawet w 30 dniach, jak to miało miejsce w Kołobrzegu w 2006 roku, od 2 do 31 sierpnia. Rzadziej takie dni występują w czerwcu, od 9,7 w Ustce do 14,2 w Świnoujściu i 15,3 na Helu. Wrzesień, w porównaniu z majem, odznacza się większą o 3-4 liczbą dni termoneutralnych, natomiast w kwietniu występują one sporadycznie. Przestrzenne zróżnicowanie średniej liczby dni z maksymalną temperaturą 18,1-23,0°C jest największe w czerwcu, gdyż wynosi między analizowanymi stacjami na wybrzeżu 5,6, a najmniejsze w kwietniu – 1,6 dnia. Od kwietnia do czerwca i we wrześniu, w miarę przemieszczania się wzdłuż wybrzeża z zachodu na wschód, ogólnie maleje (poza Helem) liczba dni z omawianą temperaturą, a w lipcu i sierpniu odwrotnie, wzrasta. Najwięcej dni z maksymalną temperaturą 18,1-23,0°C notuje się przeciętnie w trzeciej dekadzie lipca, a następnie w trzeciej dekadzie sierpnia. Zaznacza się wyraźny wzrost liczby opisywanych dni pod koniec czerwca, a spadek po 10 września (tab. 3). Największą stabilnością występowania dni termoneutralnych w ujęciu miesięcznym odznaczają się czerwiec, lipiec i sierpień, w których współczynnik zmienności na różnych

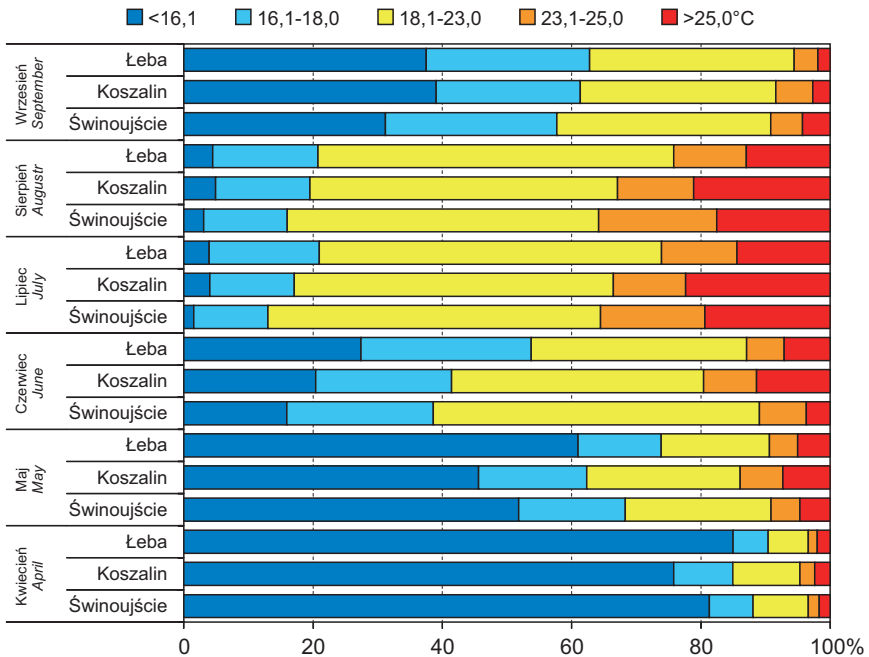
stacjach wynosi od 25 do 32%. Największą zmienność notuje się w kwietniu – od 69 w rejonie Ustki do 104% na Helu. W ujęciu dekadowym wyróżnia się małą zmiennością druga dekada lipca (tab. 3).

Dane dotyczące czasowego zróżnicowania liczby dni z maksymalną temperaturą powietrza 18,1-23,0°C znajdują potwierdzenie w rozkładzie tych wartości nad Zatoką Gdańską, reprezentowaną przez stację Gdańsk-Port za lata 2003-2012. W porównaniu z północną częścią wybrzeża (Łeba) ogólna liczba dni z opisywaną temperaturą nad Zatoką Gdańską jest w całym półroczu ciepłym większa średnio o 4,7 dnia.

Zwraca uwagę duże zróżnicowanie długości okresów, liczonych w dekadach, w których występuje średnio co najmniej 5 dni z temperaturą 18,1-23,0°C – od 5 dekad w Ustce i Łebie do 9 dekad na Helu. Tak duża przestrzenna różnica długości okresów wynika głównie z około 30-dniowego zróżnicowania początku występowania tej temperatury – od 2 dekady czerwca w Świnoujściu i na Helu do 2 dekady lipca w Ustce i Łebie. Koniec występowania dekad z co najmniej 5 dniami z tym przedziałem temperatury przypada na wszystkich stacjach, oprócz Hel na 3. dekadę sierpnia. Ocieplający wpływ wód Bałtyku na temperaturę powietrza na wybrzeżu występuje przeciętnie od sierpnia do lutego (Koźmiński i Świątek, 2012).

Na załączonej rycinie 1, przedstawiono częstość dni (w %) z maksymalną temperaturą powietrza w pięciu przyjętych przedziałach od kwietnia do września, co ułatwia ocenę warunków cieplnych na potrzeby rekreacji w strefie wybrzeża. W kwietniu dominują (ponad 75%) dni maksymalną temperaturą <16,1°C, a w maju ponad 50% w zachodniej i ponad 60% w północnej części wybrzeża. Na stacji w Koszalinie, usytuowanej około 10 km od wybrzeża notuje się w obydwu miesiącach mniejszy o 10-15 % udział dni z temperaturą maksymalną <16,1°C. Analizowane w pracy dni z temperaturą 18,1-23,0°C stanowią w kwietniu tylko kilka procent w Łebie i około 10% w Koszalinie, natomiast w maju udział tych dni wzrasta do około 25%, co łącznie z dniami bardzo ciepłymi (23,1-25,0°C) i gorącymi (>25,0°C) wynosi, poza północną częścią wybrzeża, około 30% wszystkich dni w rozpatrywanych przedziałach. W maju, pomimo małej częstości dni z maksymalną temperaturą >18,0°C, występują korzystne warunki do helioterapii i różnych form aktywnej rekreacji (Chabior i Owczarek, 2009; Koźmiński i inni, 2013), ze względu na bardzo duże usłonecznienie w tym miesiącu – średnio ponad 8 godz. dziennie (Koźmiński i Michalska, 2005). W czerwcu udział dni z maksymalną temperaturą >18°C w ogólnej liczbie dni miesiąca wynosi już od około 45% w Łebie do blisko 60% w Świnoujściu. Na wybrzeżu w pełni sezonu letniego (lipiec, sierpień) dni z maksymalną temperaturą poniżej 18°C występują w około 20%, a dni z temperaturą 18,1-23,0°C w ponad 50%, co przy przeciętnie 7-godzinym dziennym usłonecznieniu stwarza dobre warunki do „kąpieli słonecznych” i ruchu na świeżym powietrzu. Wpływ wody Bałtyku na temperaturę powietrza na wybrzeżu powoduje, że częstość dni z temperaturą maksy-

malną $>18,0^{\circ}\text{C}$ we wrześniu wynosi około 40% i jest o 10% większa w porównaniu z majem. We wrześniu udział turystów na wybrzeżu w całorocznym ruchu turystycznym wynosi zaledwie 9%, pomimo stosunkowo korzystnych warunków termicznych powietrza i wody (Girjatowicz, 1995; Koźmiński i Michalska, 2010; Michalska, 2009; Żmudzka i Dobrowolska, 2005).



Ryc. 1. Udział liczby dni z maksymalną temperaturą powietrza według przyjętych 5 przedziałów i miesięcy. Lata 1986-2013

Percentage share of days with maximum air temperature in the 5 selected time intervals and months; 1986-2013

Istotnym czynnikiem decydującym o warunkach rekreacji jest – obok promieniowania słonecznego i temperatury powietrza – temperatura wody przy plaży, która w miesiącach letnich (w latach 1986-2012) kształtowała się przeciętnie w czerwcu od $14,1^{\circ}\text{C}$ we Władysławowie do $15,8^{\circ}\text{C}$ w Świnoujściu, w lipcu odpowiednio: $17,4^{\circ}$ i $19,1^{\circ}\text{C}$, a w sierpniu – $17,8^{\circ}\text{C}$ i $19,4^{\circ}\text{C}$, znacznie różniąc warunki kąpielni i długość sezonu kąpielowego na wybrzeżu.

Wiosną na wybrzeżu występuje silny dodatni związek pomiędzy miesięczną liczbą dni z maksymalną temperaturą powietrza $18,1-23,0^{\circ}\text{C}$ a miesięczną temperaturą wody przy plaży (tab. 4). W lipcu i sierpniu opisywany związek między tymi zmiennymi jest również dodatni w Kołobrzegu, ale nieistotny, natomiast

Tabela 3. Średnia (a) i najwyższa (b) liczba dni z maksymalną dobową temperaturą powietrza 18,1-23,0°C oraz współczynnik zmienności (c – %) według dekad i miesięcy. Lata 1986-2013

Mean (a) and highest (b) number of days with maximum air temperature in the range 18.1-23°C as well as the coefficient of variation (c – %) in relation to the different ten-day periods and months. Years 1986-2013

Stacja Station	Kwiecień / April			Maj / May			Czerwiec / June			Lipiec / July			Sierpień / August			Wrzesień / September			Kwiecień- wrzesień Apr-Sep							
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3								
Świno- ujście	a	0,3	0,8	1,4	2,5	2,0	2,1	2,9	7,0	3,8	5,0	5,4	14,2	5,3	5,9	5,1	16,4	4,5	5,0	5,8	15,3	4,5	2,5	9,9		
	b	2	3	6	6	7	6	7	13	7	9	8	20	10	10	10	27	8	9	10	23	9	8	10	23	
	c	208	122	114	71	77	75	73	51	40	34	39	26	39	36	50	30	53	41	47	27	49	77	96	50	19
Kolo- brzeg	a	0,2	0,6	1,0	1,8	1,7	1,3	2,1	5,1	2,3	3,4	4,4	10,1	5,6	6,0	6,1	17,7	5,9	5,9	6,1	17,9	4,5	2,0	9,1	61,7	
	b	2	4	4	4	4	4	6	11	6	7	8	17	10	10	11	26	10	10	11	30	8	9	9	21	82
	c	207	154	122	70	74	85	77	55	64	56	48	43	43	39	40	25	40	39	53	29	49	86	113	49	21
Kosza- lin	a	0,5	0,8	1,8	3,1	2,1	2,5	2,8	7,4	3,3	3,9	4,5	11,7	5,0	5,2	5,5	15,6	4,8	5,1	5,3	15,2	3,8	2,9	2,4	9,1	62,1
	b	3	3	7	9	5	7	9	12	8	8	7	17	8	10	10	28	9	8	11	25	9	9	7	17	82
	c	190	115	107	77	66	80	75	38	53	57	34	28	43	41	45	29	48	46	54	28	56	88	91	48	18
Ustka	a	0,3	0,4	1,1	1,8	1,1	1,0	2,0	4,1	2,5	2,9	4,3	9,7	4,8	5,4	5,9	16,1	5,8	5,4	5,6	16,8	4,0	2,8	2,0	8,8	57,3
	b	2	3	4	4	5	4	7	8	5	6	8	16	9	10	10	26	9	10	11	25	9	9	7	21	82
	c	187	205	99	69	123	100	93	50	63	61	47	37	43	38	46	30	36	41	50	27	51	92	99	51	21
Łeba	a	0,2	0,5	1,1	1,8	1,8	1,4	2,1	5,3	2,8	3,1	4,1	10,0	4,8	5,7	6,3	16,8	5,8	5,8	5,9	17,5	4,4	2,5	2,1	9,0	60,4
	b	2	2	4	5	5	4	5	11	8	7	8	19	8	10	10	27	9	10	11	27	9	8	7	20	78
	c	233	139	102	70	104	81	72	44	70	63	41	39	43	38	42	29	27	38	49	29	56	93	105	53	19
Hel	a	0,0	0,3	1,2	1,5	1,8	2,1	3,2	7,1	4,4	5,5	5,4	15,3	5,9	6,1	6,4	18,4	5,1	6,1	6,8	18,0	5,6	3,0	2,1	10,7	71,0
	b	0	2	5	5	8	5	10	15	9	9	8	23	10	10	10	25	10	9	11	27	10	8	10	27	88
	c	0	234	115	104	107	71	77	50	58	40	33	29	36	36	40	26	60	39	49	32	47	76	125	56	14

w Świnoujściu ujemny i wysoce istotny. W wymienionych miesiącach w Świnoujściu ze wzrostem temperatury wody występuje znaczący wzrost liczby dni z maksymalną temperaturą powietrza $>23,0^{\circ}\text{C}$ (ryc. 2), przy niewielkim wzroście liczby dni z maksymalną temperaturą $18,1-23,0^{\circ}\text{C}$. We wrześniu związek liczby dni z miesięczną temperaturą wody przy plaży jest dodatni i wysoce istotny na obydwu analizowanych stacjach – świadczy to o korzystnych warunkach dla rekreacji w tym miesiącu.

Tabela 4. Wartości współczynników korelacji pomiędzy miesięczną temperaturą wody w Bałtyku przy plaży a miesięczną liczbą dni z maksymalną temperaturą powietrza $18,1-23,0^{\circ}\text{C}$; 1986-2012

Coefficient values for the correlation between monthly water temperature of the Baltic Sea close to the beach and the monthly numbers of days with maximum air temperature in the range $18.1-23.0^{\circ}\text{C}$; 1986-2012

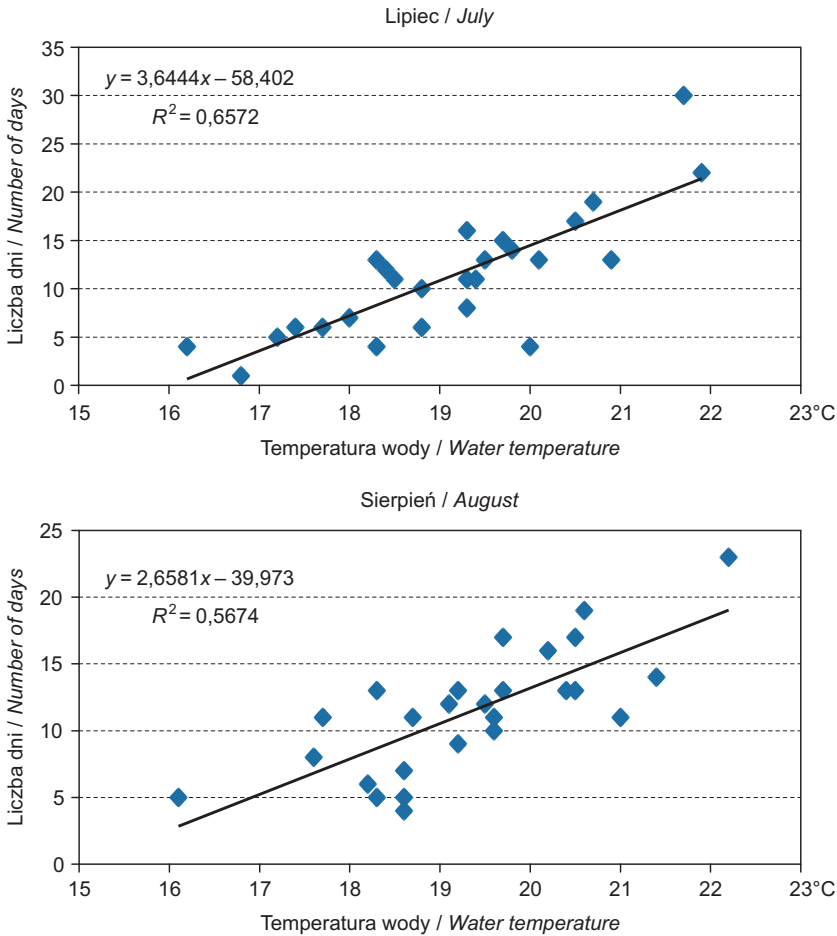
Stacja/miesiące <i>Station/months</i>	Kwiecień <i>April</i>	Maj <i>May</i>	Czerwiec <i>June</i>	Lipiec <i>July</i>	Sierpień <i>August</i>	Wrzesień <i>September</i>
Świnoujście	0,561**	0,533**	0,512**	-0,560**	-0,406**	0,814**
Kołobrzeg	0,495**	0,407*	0,010	0,257	0,273	0,489**

* istotny przy $\alpha = 0,05$ / significant at $\alpha = 0,05$.

** istotny przy $\alpha = 0,01$ / significant at $\alpha = 0,01$.

Zdaniem J. Filipiaka (2004) największy wpływ wód Bałtyku na kształtowanie się warunków termicznych powietrza występuje w północno-wschodniej części Pomorza (wybrzeże Zatoki Gdańskiej), w pobliżu Głębi Gdańskiej. Oddziaływanie zbiornika wodnego Bałtyku sięga do około 30 km w głąb lądu.

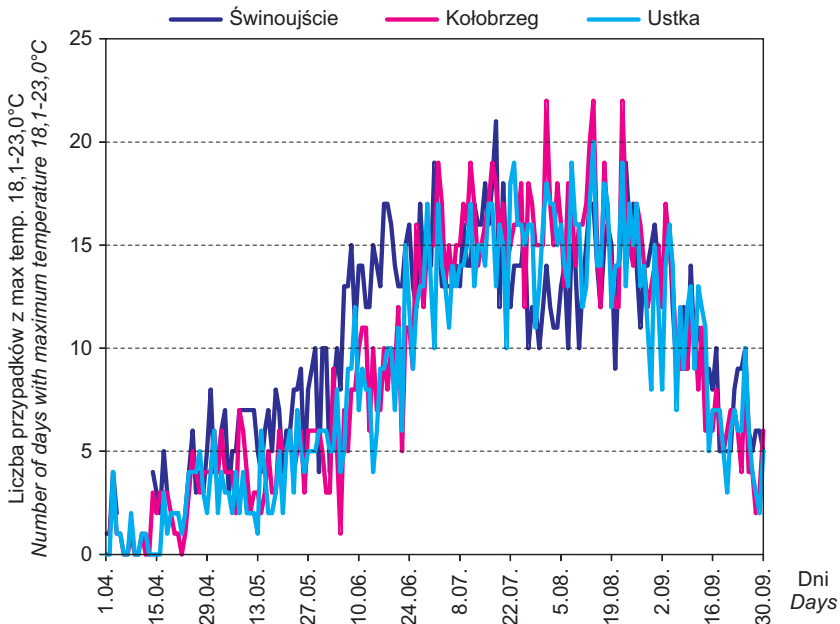
Na trzech analizowanych stacjach występuje wzrost ogólnej liczby przypadków z temperaturą maksymalną $18,1-23,0^{\circ}\text{C}$ od kwietnia do czerwca, po czym do końca sierpnia ich liczba utrzymuje się na zbliżonym poziomie (średnio około 15), natomiast od drugiej dekady września notuje się wyraźny ich spadek (ryc. 3). Mimo znacznego oddalenia od siebie stacji Świnoujście, Kołobrzeg i Ustka, kierunek zmian liczby dni z temperaturą $18,1-23,0^{\circ}\text{C}$ jest podobny, poza pierwszą i drugą dekadą czerwca, kiedy ich liczba w Świnoujściu znacznie przekracza (o około 5) wartości notowane na stacjach w Kołobrzegu i Ustce. Wynika to głównie z wyższej średniej temperatury powietrza w czerwcu w Świnoujściu, w porównaniu z pozostałymi dwiema stacjami – odpowiednio o $0,6^{\circ}$ i $0,9^{\circ}\text{C}$ (Koźmiński i inni, 2012). Można też zaobserwować dużą amplitudę liczby dni z maksymalną temperaturą powietrza $18,1-23,0^{\circ}\text{C}$ w okresie lata, zwłaszcza w środkowej i północnej części wybrzeża. Mają na to wpływ zarówno okresowe zmiany cyrkulacji atmosferycznej, jak i występowanie upwellingu (Filipiak, 2004; Piliczewski, 2002).



Ryc. 2. Związek miesięcznej liczby dni z maksymalną temperaturą powietrza $> 23,0^{\circ}\text{C}$ ze średnią miesięczną temperaturą wody przy plaży Bałtyku w Świnoujściu w lipcu i sierpniu. Lata 1986-2012

Relationship between the monthly number of days with maximum air temperature $> 23^{\circ}\text{C}$ and with mean monthly temperature of water close to the beach along the Baltic in Świnoujście in July and August; 1986-2012

W kwietniu dni termoneutralne występują w strefie wybrzeża głównie pojedynczo – 50% i jako okresy 2-dniowe – około 30%, w maju zaś odpowiednio około 40 i 35%. W tych dwóch miesiącach takie dni nie występowały w ciągach dłuższych niż 4-dniowe, podczas gdy w czerwcu notowano już ciągi 9-dniowe. W okresie lata (czerwiec–sierpień) w strefie wybrzeża przeważają dni z maksymalną temperaturą $18,1\text{--}23,0^{\circ}\text{C}$ występujące w ciągach od 2 do 5 dni, a w okolicy Kołobrzegu i Helu często także w ponad 10-dniowych (tab. 5).



Ryc. 3. Przebieg ogólnej (w latach 1986-2013) liczby przypadków z maksymalną temperaturą powietrza 18,1-23,0 °C w okresie od kwietnia do września
 Course for the total number of days with maximum air temperature in the range 18.1-23.0 °C in the April-September period of the years 1986-2013

Tabela 5. Procentowy udział dni z maksymalną temperaturą powietrza 18,1-23,0°C występujących pojedynczo oraz w ciągach o różnej długości (2, 3... i >10), w stosunku do ich ogólnej liczby w okresie czerwiec-sierpień. Lata 1986-2013

Percentage share of days with maximum air temperature 18.1-23°C occurring on a single day or in series of differing lengths (2, 3... and >10), as set against the total number of such days in the June-August period; 1986-2013

Stacja Station	Liczba dni w ciągu / Number of days										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	>10
Świnoujście	13,6	19,2	13,7	10,2	10,8	10,7	7,0	2,5	2,8	0,8	8,7
Kołobrzeg	13,2	13,6	12,1	11,7	11,1	7,1	8,9	1,9	2,3	3,2	14,9
Ustka	15,6	17,8	13,8	14,0	10,0	5,5	4,7	4,0	2,2	1,7	10,7
Hel	10,0	11,1	11,3	10,1	8,9	12,3	7,2	4,9	4,9	3,4	15,9

Podsumowanie

W latach 1986-2013 wystąpił w półroczu ciepłym na polskim wybrzeżu Bałtyku dodatni, wysoce istotny ($\alpha_{0,01}$) trend czasowy liczby dni z temperaturą maksymalną 18,1-23,0°C na stacjach w Ustce i Łebie oraz istotny ($\alpha_{0,05}$), na pozostałych stacjach meteorologicznych uwzględnionych w badaniach, poza Hellem. Spośród wszystkich miesięcy analizowanego okresu najwyższe wartości współczynnika korelacji trendu czasowego uzyskano we wrześniu, a najniższe w lipcu. Dni termoneutralne z punktu widzenia organizmu człowieka występowały w kwietniu sporadycznie, w maju rzadko, w czerwcu przeciętnie co trzeci dzień, a w lipcu i sierpniu w ponad połowie dni w miesiącu. Wyróżniały się trzecia dekada lipca i trzecia sierpnia, w których średnio notowano około 6 dni termoneutralnych (t_{\max} 18,1-23,0°C) w każdej z dekad. W kwietniu dominowały dni (ponad 75%) z maksymalną temperaturą powietrza poniżej 16,1°C, w maju stanowiły one jeszcze około 50%, podczas gdy we wrześniu mniej niż 40%. W strefie wybrzeża latem (czerwiec-sierpień) dni z maksymalną temperaturą powietrza 18,1-23,0°C występowały głównie pojedynczo oraz w okresach 2-, 3-, 4-, 5- i 6-dniowych, stanowiąc, w zależności od stacji, od 63,7% (Hel) do 83,2% (Świnoujście) wszystkich rozpatrywanych dni z tą temperaturą. Występowały również okresy trwające ponad 10 dni, ale o dużym przestrzennym zróżnicowaniu częstości – od 8,7% w Świnoujściu do 15,9% na Helu. Zwiększoną liczbę dni termoneutralnych (ponad 5 dni w dekadzie) notowano w Świnoujściu już w drugiej dekadzie czerwca, a w Ustce i Łebie dopiero w drugiej dekadzie lipca, podczas gdy pod koniec lata – w trzeciej dekadzie sierpnia na wszystkich analizowanych stacjach. W całym półroczu ciepłym dni termoneutralne występowały najrzadziej w północnej części wybrzeża, a najczęściej w zachodniej oraz na Helu i wokół Zatoki Gdańskiej. Liczba dni termoneutralnych w ciepłej połowie roku wykazuje wysoce istotny związek z temperaturą wody w Bałtyku w strefie wybrzeża, a wobec ocieplającego wpływu morza w drugiej połowie lata maksymalna temperatura powietrza z przedziału 18,1-23,0°C częściej występuje we wrześniu aniżeli w maju, co umożliwia wydłużenie sezonu rekreacyjnego i turystycznego przynajmniej do połowy tego miesiąca.

Spośród analizowanych miesięcy półroczu ciepłego bardzo dużą zmiennością dni termoneutralnych dla organizmu człowieka odznacza się kwiecień i pierwsza połowa maja, dużą – wrzesień, a umiarkowaną – czerwiec, lipiec i sierpień.

Wartości temperatury powietrza z przedziału 18,1-23,0°C uznawane za termoneutralne dla organizmu człowieka stanowią, obok liczby godzin ze słońcem i temperatury wody przy plaży, istotną informację o możliwościach rekreacji na polskim wybrzeżu Bałtyku.

Piśmiennictwo / References

- Błażejczyk K., Broede P., Fiala D., Havenith G., Holmer I., Jendritzky G., Kampann B., 2010, *UTCI – nowy wskaźnik obciążeń cieplnych człowieka*, Przegląd Geograficzny, 82, 1, s. 49-71.
- Błażejczyk K., Kunert A., 2011, *Biometeorologiczne uwarunkowania rekreacji i turystyki w Polsce*, Monografie IGiPZ PAN, 13, Warszawa.
- Chabior M., Owczarek M., 2009, *Ocena warunków kąpieliskowych polskiego wybrzeża Bałtyku*, Bioklimatologia Polska, 60, 2 (114), s. 148-155.
- Cichoń D., Demczynak I., Spyra J., 2010, *Wybrane zagadnienia z termoterapii*, Kolegium Karkonoskie, Jelenia Góra.
- Epstein Y., Moran D.S., 2006, *Thermal comfort and the heat stress indices*, Industrial Health, 44, s. 388-398.
- Filipiak J., 2004, *Zmienność temperatury powietrza na Wybrzeżu i Pojezierzu Pomorskim w drugiej połowie XX w.*, IMGW Warszawa, ser. Monografie.
- Gasparini A., Armstrong B., Kovats S., Wilkinson P., 2012, *The effect of high temperatures on cause-specific mortality in England and Wales*, Occupational and Environmental Medicine, 68, s. 56-61.
- Girjatowicz J., 1995, *Trendy i cykle temperatury wody u polskiego wybrzeża Bałtyku*, Inżynieria Morska i Geotechnika, 4/199, s. 162-165.
- Hoppe P., 2002, *Different aspects of assessing indoor and outdoor thermal comfort*, Energy and Buildings, 34, s. 661-665.
- Kozłowska-Szczęsna T., Błażejczyk K., Krawczyk B., 1997, *Bioklimatologia człowieka*, Monografie IGiPZ PAN, 1, Warszawa.
- Kozłowska-Szczęsna T., Krawczyk B., Kuchcik M., 2004, *Wpływ środowiska atmosferycznego na zdrowie i samopoczucie człowieka*, Monografie IGiPZ PAN, 4, Warszawa.
- Koźmiński C., Świątek M., 2012, *Oddziaływanie Bałtyku na kształtowanie się temperatury i wilgotności powietrza oraz prędkości wiatru w strefie polskiego wybrzeża Bałtyku*, Acta Agrophysica, 19, 3, s. 597-610.
- Koźmiński C., Michalska B., Czarnecka M., 2012, *Klimat województwa zachodniopomorskiego*, Wyd. ZAPOL, Szczecin.
- Koźmiński C., Michalska B., 2005, *Usłonecznienie w Polsce*, Akademia Rolnicza, Uniwersytet Szczeciński, Szczecin.
- Koźmiński C., Michalska B., 2010, *Zmienność liczby dni gorących i upalnych oraz odczucia ciepłego w strefie polskiego wybrzeża Bałtyku*, Acta Agrophysica, 15(2), s. 347-358.
- Koźmiński C., Michalska B., 2011, *Meteorologiczne uwarunkowania rozwoju turystyki i rekreacji w strefie polskiego wybrzeża Bałtyku*, Acta Balneologia, 53, 1 (123), s. 68-74.
- Koźmiński C., Michalska B., Szczepanowska E., Górnik K., 2013, *Zarys turystyki zdrowotnej i uzdrowiskowej*, Uniwersytet Szczeciński, Szczecin.
- Michalska B., 2009, *Variability of air temperature in north western Poland*, [w:] *Environmental Aspects of Climate Change*, red. Z. Szwejkowski, University of Warmia and Mazury, Olsztyn, s. 89-108.
- Miętus M., Owczarek M., Filipiak J., Jakusik E., 2005, *Charakterystyka warunków termicznych powierzchniowej warstwy wody morskiej południowego Bałtyku na podstawie klasyfikacji kwantylowej*, Wiadomości IMGW, 28 (49), 2, s. 33-51.

- Owczarek M., 2005, *Bioklimatyczne uwarunkowania rekreacji i turystyki w Helu*, [w:] J. Cyberski (red.), *Stan i zagrożenie Półwyspu Helskiego*, Gdańskie Towarzystwo Naukowe, Gdańsk, s. 77-104.
- Piliczewski B., 2002, *Temperatura wody*, [w:] W. Krzywiński (red.), *Warunki środowiskowe polskiej strefy południowego Bałtyku w 2000 roku*, IMGW Oddział Gdynia.
- Scheidt J., Koppe C., Rill S., Reinel D., Wogenstein F., Drescher J., 2013, *Influence of temperature changes on migraine occurrence in Germany*, *International Journal of Biometeorology*, 57, s. 649-654. doi: 10.1007/s00484-012-0582-2.
- Tobias A., de Olalla P. G., Linares C., Bleda M.J., Cayla J.A., Diaz J., 2010, *Short-term effects of extreme hot summer temperatures on total daily mortality in Barcelona*. Spain, *International Journal of Biometeorology*, 54, s. 115-117.
- Żmudzka E., Dobrowolska M., 2005, *Zmienność czasowa klimatu polskiego Pobrzeża Bałtyku na tle zmienności klimatu Polski nizinnej (1951-2000)*, [w:] J.P. Girjatowicz, Cz. Koźmiński (red.), *Hydrograficzne i meteorologiczne aspekty badań wybrzeża Bałtyku i wybranych obszarów Polski*, Uniwersytet Szczeciński, Instytut Nauk o Morzu, PTG, Oddział Szczeciński, Oficyna IN PLUS, Szczecin, s. 39-43.

[Wpłynęło: kwiecień; poprawiono: lipiec 2014 r.]

CZESŁAW KOŹMIŃSKI, BOŻENA MICHALSKA

VARIABILITY IN THE NUMBER OF THERMONEUTRAL DAYS ALONG THE POLISH BALTIC COAST

In bioclimatology, the range of air temperature 18.1-23°C falls within the category of thermo-neutral conditions for the human body in shaded and windless conditions, as no changes of internal temperature occur under these circumstances. The coast and higher parts of mountains are characterised by marked variability in weather from day to day, or even on an hourly basis, and this is particularly of the Polish coastal region extending from Darłowo to Władysławowo, which can offer strong stimuli for the human body. The assessment of the occurrence of thermoneutral days during the warm half-year, particularly in the summer period characterised by a high level of tourism, thus offers a significant insight into conditions favourable or otherwise where various forms of recreation are concerned. Reference is therefore made here to daily values for maximum air temperature recorded through the years 1986-2013 inclusive, in the April-September “warm half-year”, at six meteorological stations of Poland’s Institute of Meteorology and Water Management (IMGW), namely those at Świnoujście, Kołobrzeg, Koszalin, Ustka, Łeba and Hel. In the case of the warm half-year periods over the years 1986-2013, the Polish Baltic coast as represented by the Ustka and Łeba stations displays a time trend for the number of days with maximum temperature in the range 18.1-23.0°C that achieves a high level of statistical significance ($\alpha_{0.01}$). A significant ($\alpha_{0.05}$) trend was also to be observed at the remaining meteorological stations with the exception of Hel. Over the analysed period, the highest values of the correlation coefficient reported for the time trend related to September, while the lowest values characterised July. In April, days presenting thermoneutral conditions for the human organism only occurred intermittently. They were likewise rare in May, while in contrast charac-

terising every third day in June, on average, and more than 50% of the days in July and September. The third ten-day period of July, as well as September, stood out in that 6 days with thermoneutral conditions (t_{\max} 18.1-23.0°C) were on average reported in each ten-day period. The prevalent maximum air temperature was below 16.1°C on more than 75% of April days, approximately 50% of those in May, and less than 40% of those in September. During summer (June-August) along the Polish coast of the Baltic Sea a maximum air temperature in the range of 18.1-23°C occurred through series of 2, 3, 4, 5 or 6 consecutive days, depending on the station accounting for between 63.7% (Hel) and 83.2% (Świnoujście) of days overall. Additionally, there were courses of more than 10 days' length, albeit showing great spatial differentiation in terms of frequency – from 8.7% of the time in Świnoujście to 15.9% in Hel. An increased number of thermoneutral days (more than 5 over each ten-day period) was reported in Świnoujście as early as in the second third of June, though in Ustka and Łeba only in the second third of July, and at the end of the summer period in the third ten-day period decade of August at all of the meteorological stations in question. In the whole warm half-year, days with thermoneutral conditions were recorded with the lowest frequency on the northern part of the coast and with the highest frequency in the western part – at Hel and around Gdańsk Bay. The waters of the Baltic Sea in the coastal zone exert a significant effect on the number of thermoneutral days in the warm half-year. Resources of heat accumulated during the summer are high, ensuring the maximum air temperatures in the range of 18.1-23°C occur more frequently in September than in May, thereby allowing for an extension of the recreational and tourism season to at least the middle of that month. In the analysed months of the warm half-year a very marked variability in the number of days with thermoneutral conditions for the human organism was to be noted in April and the first half of May. This compared with the high level of variability characterising September and the moderate variability reported in June, July and August. Air temperature values in the range 18.1-23.0°C are considered optimal for human beings and, along with the number of days with sun and the temperature of water near the beach, constitute information of major importance where the recreational potential of the Polish Baltic coast is concerned.

