

Tendencje zmian warunków bioklimatycznych oraz dynamika występowania bodźcowych, termicznych zdarzeń pogodowych w polskiej strefie brzegowej Bałtyku

The tendencies of bioclimatic conditions changes and dynamics occurrence of thermally stimulus weather events in the Polish Baltic coastal zone

Jacek Tylkowski

Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu, Instytut Geoekologii i Geoinformacji,
Zakład Monitoringu Środowiska Przyrodniczego

Abstrakt

W opracowaniu dokonano analizy czasowej i przestrzennej zmian warunków bioklimatycznych w polskiej strefie brzegowej Bałtyku w okresie 1966-2013. Dynamikę i tendencję zmian bioklimatu strefy nadmorskiej odniesiono do następujących wskaźników termicznych: stopnia uciążliwości, odczucia cieplnego, samopoczucia człowieka i bodźcowości termicznej. Właściwe rozpoznanie tendencji zmian warunków bioklimatycznych jest bardzo istotne z punktu widzenia zdrowia człowieka, zwłaszcza w aspekcie turystyki wypoczynkowej i leczenia uzdrowiskowego.

Słowa kluczowe: bioklimat, warunki termiczne, wybrzeże Bałtyku

Abstract:

The paper presents the temporal and spatial variability of bioclimatic conditions in the Polish Baltic coast in the 1966-2013 period. The dynamics and trend of bioclimatic changes in the seaside zone are related to the following thermal indicators: the degree of nuisance, thermal sensation, human well-being and thermal stimulus. Proper identification of bioclimatic trends is very important for human health, especially in terms of holiday tourism and spa treatment.

Key words: bioclimat, thermal conditions, Baltic coast

Wprowadzenie

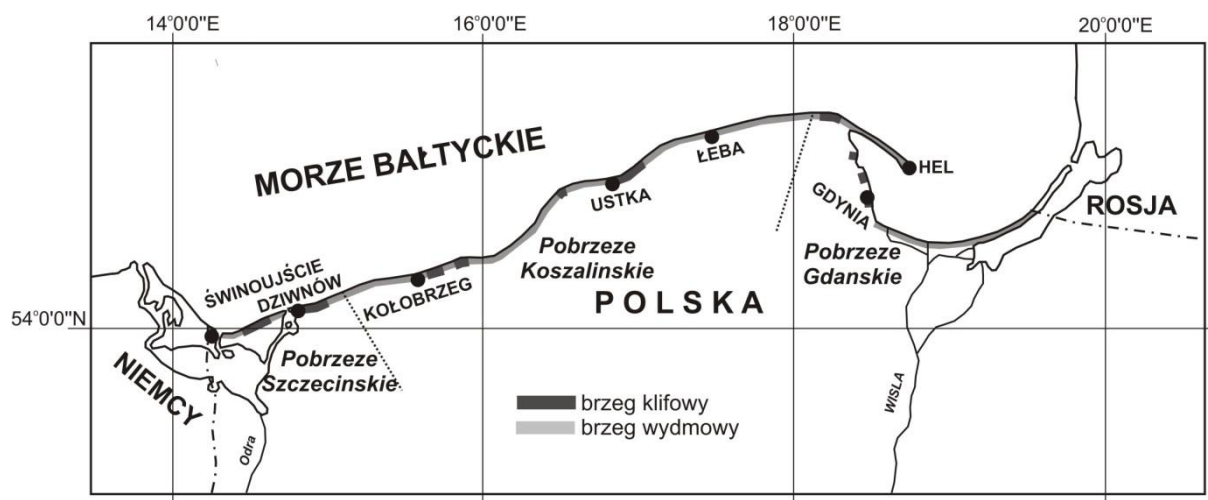
Aktualnie obserwowane zmiany klimatu mają swoje odzwierciedlenie nie tylko w funkcjonowaniu środowiska przyrodniczego ale także są istotne dla zdrowia człowieka. Zmiany bodźcowości klimatu poprzez zróżnicowanie czasowe i przestrzenne warunków termicznych, wilgotnościowych i wietrznych są szczególnie widoczne w strefie nadmorskiej.

Strefa wybrzeża Bałtyku wyróżnia się bioklimatem silnie bodźcowym, gdzie dobrze czują się osoby o sprawnym układzie termoregulacyjnym i łatwej adaptacji na szybko zmieniające się warunki pogodowe (Kozłowska-Szczęśna i inni 1997). Strefa nadmorska w efekcie dużej zmienności pogody charakteryzuje się znaczną czasoprzestrzenną zmiennością bodźców. Szczególnie widoczna w strefie wybrzeża morskiego jest krótkookresowa zmienność bodźców termicznych. Bodźce termiczne działają hartująco lub oszczędzająco na organizm człowieka (Mączyński 1978). Normalna temperatura wewnątrz człowieka wynosi około 37°C, a jej utrzymanie jest zadaniem układu termoregulacyjnego. Warunki termoneutralne (temperatura powietrza 18-23°C) nie wpływają na zmianę temperatury człowieka, jednakże nawet krótkotrwałe zmiany temperatury otoczenia mogą zaburzać gospodarkę ciepłą człowieka. Wpływ wysokiej temperatury powietrza przejawia się złym samopoczuciem, zmniejszeniem wydolności, zwiększeniem tętna i obniżeniem ciśnienia krwi, przyspieszeniem oddechu i potliwością. Natomiast reakcją organizmu na niską temperaturę powietrza jest zwężenie naczyń krwionośnych, zwiększenie przemiany materii i drżenie mięśniowe (Kozłowska-Szczęśna i inni 1997). Latem w strefie wybrzeża Bałtyku, podczas adwekcji chłodnego powietrza z nad morza na ląd (bryza morska) występuje nagła zmiana temperatury i wilgotności powietrza, która może zakłócać gospodarkę ciepłą człowieka i doprowadzić do przeziębienia. Silne bodźce termiczne działają szkodliwie, gdyż powodują obciążenie lub przeciążenie organizmu człowieka (Flemming 1983). Dla osób wrażliwych na zmiany temperatury powietrza konieczna jest wtedy odpowiednia adaptacja - okres przystosowania, którego długość warunkowana jest ich wrażliwością, wiekiem i stanem zdrowia.

Celem pracy było określenie bioklimatycznej tendencji zmian warunków termicznych w polskiej strefie brzegowej Bałtyku, dla okresu 1966-2013. Wskazano także ekstremalne przypadki występowania silnie bodźcowych warunków termicznych. Dokonano także analizy przestrzennej bodźcowości temperatury powietrza w strefie wybrzeża Bałtyku w Polsce.

Obszar i metody badań

Na polskim wybrzeżu morskim, o długości około 500 km, znajdują się trzy podstawowe typy brzegu - wydmowy, klifowy i mierzejowy. Wydmy i piaszczyste plaże zajmują ponad 400 km wybrzeża a klify prawie 100 km. Mierzeje piaszczyste występujące między jeziorami przybrzeżnymi a morzem są najlepiej rozwinięte w środkowej i wschodniej części wybrzeża. We wschodniej części wybrzeża znajduje się półwysep Helski, który aktualnie podlega silnej erozji podczas silnych sztormów. Natomiast w zachodniej strefie znajdują się dwie wyspy: Wolin i Uznam. Polska linia brzegowa ma dwie główne zatoki - Pomorską i Gdańską oraz dwie duże laguny połączone z morzem przez wąskie cieśniny: Zalew Szczeciński i Zalew Wiślany (Pruszek 2004). Według uniwersalnej klasyfikacji dziesiętniej Międzynarodowej Federacji Dokumentacyjnej (FID) z 1971 roku obszar badań należy do prowincji Niżu Środkowoeuropejskiego i podprowincji Pobrzeża Południowobałtyckiego. W ramach Pobrzeża Południowobałtyckiego wydzielono w polskiej strefie wybrzeża Bałtyku trzy makroregiony (ryc. 1): Pobrzeże Szczecińskie, Pobrzeże Koszalińskie i Pobrzeże Gdańskie, (Kondracki 2000).



Ryc. 1. Obszar badań – polska strefa brzegowa Bałtyku

Analiza termiczna polskiej strefy brzegowej Bałtyku dla okresu 1966-2009 wykazała rosnący trend średniej rocznej temperatury powietrza, o korelacji liniowej wynoszącej 0,51. Wartość odchylenia standardowego średniej rocznej temperatury powietrza w badanym okresie wyniosła 0,8°C. Istotny statystycznie współczynnik trendu liniowego dla całego wybrzeża wynosił 0,3°C/10 lat. Najwyższy wzrost temperatury powietrza o wartości 0,32°C/10 lat dotyczył regionu Pobrzeża Szczecińskiego, który położony jest w zachodniej

części polskiego wybrzeża Bałtyku. Natomiast najniższy wzrost średniej rocznej temperatury powietrza $0,28^{\circ}\text{C}/10$ lat odnotowano na Pobrzeżu Gdańskim (Tylkowski 2013).

Do oceny warunków bioklimatycznych zastosowano kryteria termiczne uwzględniające rzeczywiste, dobowe dane maksymalnej ($t_{\max}$), średniej ($t_{\text{sr.}}$) i minimalnej ($t_{\min}$) temperatury powietrza dla lat 1966-2013 z Świnoujścia, Dziwnowa, Kołobrzegu, Ustki, Łeby, Hela i Gdyni. Powyższe stacje meteorologiczne, obejmujące wydmową strefę brzegową Morza Bałtyckiego, należą do krajowej sieci obserwacyjno-pomiarowej Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej. Wykorzystane w opracowaniu wieloletnie i jednorodne serie pomiarowe zapewniają porównywalność i wiarygodność uzyskanych prawidłowości. Powyższe dane termiczne otrzymano z Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej w Warszawie.

W pracy uwzględniono następujące wskaźniki bioklimatyczne:

- do oznaczenia stopnia uciążliwości warunków zastosowano kryterium częstości dni charakterystycznych (Kozłowska-Szczęsna i inni 1997): dni upalne ($t_{\max} \geq 30^{\circ}\text{C}$), dni gorące ($t_{\max} \geq 25^{\circ}\text{C}$), dni mroźne ($t_{\min} \leq -10^{\circ}\text{C}$), dni bardzo mroźne ($t_{\max} \leq -10^{\circ}\text{C}$),
- odczucie cieplne (Boksa i Boguckij 1966): zimno ($t_{\text{sr.}} \leq 10^{\circ}\text{C}$), chłodno (orzeźwiająco) ($10^{\circ}\text{C} > t_{\text{sr.}} \leq 15^{\circ}\text{C}$), ciepło ($15^{\circ}\text{C} > t_{\text{sr.}} \leq 20^{\circ}\text{C}$), bardzo ciepło ($20^{\circ}\text{C} > t_{\text{sr.}} \leq 25^{\circ}\text{C}$), gorąco ($t_{\text{sr.}} > 25^{\circ}\text{C}$),
- do oznaczenia samopoczucia człowieka zastosowano kryterium zmian temperatury średniej dobowej (Bajbakowa i inni 1963): obojętne ($\Delta t_{\text{sr.}} \leq 2^{\circ}\text{C}$), odczuwalne ($2^{\circ}\text{C} > \Delta t_{\text{sr.}} \leq 4^{\circ}\text{C}$), znaczne ($4^{\circ}\text{C} > \Delta t_{\text{sr.}} \leq 6^{\circ}\text{C}$), ostre (rozdrażniające) ($\Delta t_{\text{sr.}} > 6^{\circ}\text{C}$),
- bodźcowość termiczna (Kozłowska-Szczęsna i inni 1997): obojętna ($t_{\max} - t_{\min} < 4^{\circ}\text{C}$), słabo odczuwalna ($4^{\circ}\text{C} \geq t_{\max} - t_{\min} < 8^{\circ}\text{C}$), odczuwalna ($8^{\circ}\text{C} \geq t_{\max} - t_{\min} < 12^{\circ}\text{C}$), ostra ($t_{\max} - t_{\min} \geq 12^{\circ}\text{C}$).

Wyniki

Region nadmorski wyróżnia się na tle kraju występowaniem klimatu umiarkowanego ciepłego o największych wpływach morskich. Oddziaływanie morza znajduje odzwierciedlenie w małej amplitudzie i relatywnie niskich wartościach ekstremalnych warunków termicznych (tab. 1). Średnia roczna temperatura powietrza z okresu 1966-2013 w strefie nadmorskiej wyniosła od $7,9^{\circ}\text{C}$ w Łebie do $8,6^{\circ}\text{C}$ w Dziwnowie i Świnoujściu. Najchłodniejszy jest obszar środkowej części wybrzeża (Pobrzeże Koszalińskie) a najcieplejszy makroregion zachodni (Pobrzeże Szczecińskie).

Tab. 1. Charakterystyka termicznych właściwości polskiej strefy brzegowej Bałtyku w okresie 1966-2013

Makroregion -Pobrzeże	Miejscowość	Temperatura powietrza [°C]					
		Średnia roczna	Max średnia roczna	Min średnia roczna	Max absolutna	Min. absolutna	Amplituda absolutna
Gdańskie	Gdynia	8,4	10,0	6,7	35,0	-18,7	53,7
	Hel	8,2	9,6	6,4	33,7	-18,2	51,9
Koszalińskie	Łeba	7,9	9,4	6,5	37,2	-25,0	62,2
	Ustka	8,2	9,7	6,5	37,8	-22,2	60,0
	Kołobrzeg	8,2	9,8	6,6	38,0	-21,9	59,9
Szczecińskie	Dziwnów	8,6	10,0	7,0	37,4	-20,1	57,5
	Świnoujście	8,6	9,9	6,9	37,4	-20,4	57,8

Na Pobrzeżu Gdańskim średnia roczna temperatura powietrza (w okresie 1966-2013) przyjęła wartość 8,2°C w Helu i 8,4°C w Gdyni. Najwyższa średnia roczna temperatura powietrza występowała w 1990 roku i wynosiła 10,0°C w Gdyni i 9,6°C w Helu. Natomiast najniższa średnia roczna temperatura powietrza wystąpiła w 1987 roku i osiągnęła wartości 6,4°C w Helu i 6,7°C w Gdyni. Położona nad Zatoką Gdańską Gdynia odznacza się większymi kontrastami termicznymi niż Hel, który znajduje się bliżej strefy otwartego morza. W Gdyni absolutne minimum temperatury powietrza o wartości -18,7°C zaobserwowano 2 lutego 1970 roku a absolutne maksimum 35,0°C wystąpiło 21 lipca 1998 roku. Natomiast w Helu absolutne wartości temperatury powietrza były niższe i wyniosły -18,2°C (20 stycznia 1987 roku) oraz 33,7°C (29 lipca 1994 roku).

Na Pobrzeżu Koszalińskim najwyższa średnia roczna temperatura powietrza występowała w jego zachodniej części, w Kołobrzegu i Ustce 8,2°C. Natomiast najniższa średnia temperatura roczna występowała we wschodniej części regionu, w Łebie 7,9°C. Na Pobrzeżu Koszalińskim absolutnie najwyższą średnią roczną temperaturę powietrza 9,8°C odnotowano w 1990 roku w Kołobrzegu. W Łebie i Ustce najwyższa średnia roczna temperatura wystąpiła w 2007 roku i wyniosła ona odpowiednio 9,4°C i 9,7°C. Ekstremalnie niską wartość średniej rocznej temperatury powietrza odnotowano w Kołobrzegu w 1969 roku (6,6°C), w Ustce w 1996 roku (6,5°C) a w Łebie w 1987 roku (6,5°C). W Łebie kontrasty termiczne były największe, czego przejawem była absolutna amplituda temperatury powietrza wynosząca 62,2°C. W Łebie absolutne dobowe maksimum termiczne 37,2°C wystąpiło 10 sierpnia 1992 roku a absolutne dobowe minimum temperatury powietrza -25,0°C odnotowano 6 lutego 2012 roku. W części środkowej pobrzeża, w Ustce, ekstremalnie najniższą temperaturę powietrza -22,2°C zaobserwowano 6 lutego 2012 roku a absolutne najwyższą o

wartości 37,8°C odnotowano w dniu 10 sierpnia 1992 roku. W Kołobrzegu absolutne minimum temperatury powietrza o wartości -21,9°C zmierzono 6 lutego 2012 roku a ekstremalnie najwyższa wartość temperatury powietrza 38,0°C wystąpiła 10 sierpnia 1992 roku.

Na Pobrzeżu Szczecińskim w Dziwnowie i w Świnoujściu średnia roczna temperatura powietrza za okres 1966-2013 wyniosła 8,6°C. Najwyższą średnią roczną temperaturę powietrza o wartości 10,0°C odnotowano w Dziwnowie w 1990 roku. W Świnoujściu najcieplejszy był 2007 rok, kiedy średnia temperatura osiągnęła wartość 9,9°C. Natomiast najniższa średnia roczna temperatura powietrza wystąpiła w Świnoujściu w 1987 roku (6,9°C) a w Dziwnowie w 1969 roku (7,0°C). W Dziwnowie absolutne minimum temperatury powietrza o wartości -20,1°C zaobserwowano 23 stycznia 2006 roku a absolutne maksimum 37,4°C zmierzono 10 sierpnia 1992 roku. W Świnoujściu wartości ekstremalne dobowej temperatury powietrza są bardzo zbliżone do ekstremów w Dziwnowie i wynoszą -20,4°C (10 stycznia 1985) roku oraz 37,4°C (1 sierpnia 1994).

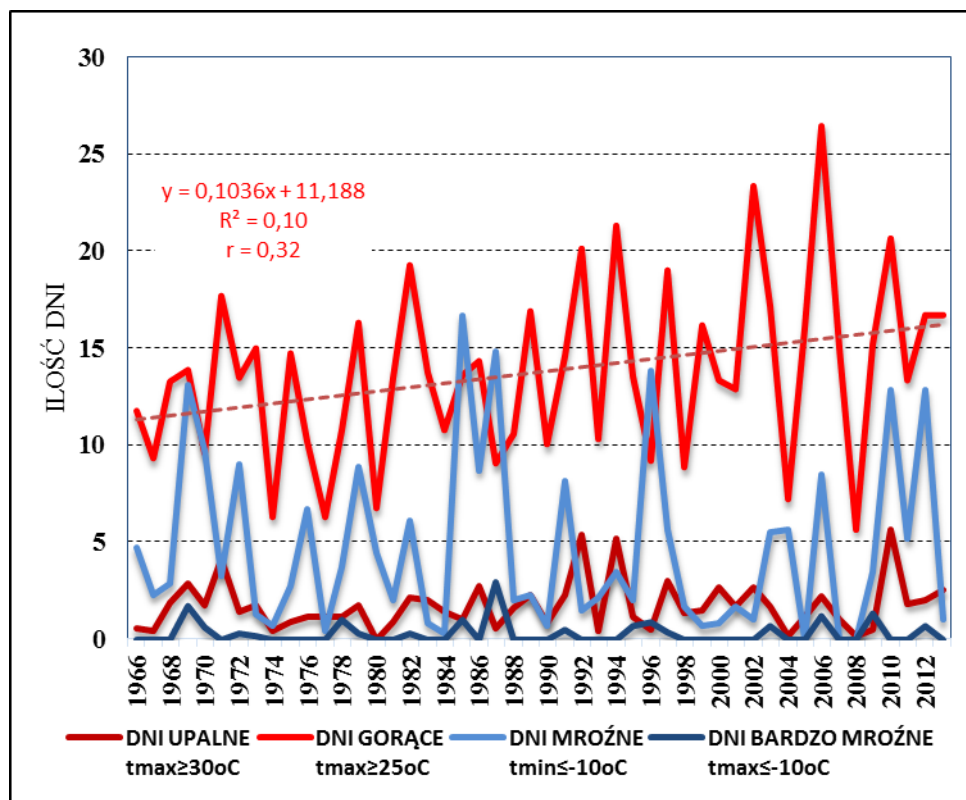
Występowanie ekstremów termicznych w polskiej strefie brzegowej Bałtyku cechuje się pewną niejednorodnością przestrzenną. Największe kontrasty termiczne (amplituda temperatury) i związana z nimi bodźcowość klimatu występuje na Pobrzeżu Koszalińskim. Natomiast potencjalnie najmniejsza bodźcowość klimatu występuje na Pobrzeżu Gdańskim. Ekstrema termiczne w strefie nadmorskiej najczęściej generowane są podczas występowania antycyklonalnej cyrkulacji atmosferycznej, kiedy następuje napływ powietrza gorącego (latem) i mroźnego (zimą) z kierunku wschodniego, zwłaszcza znad Rosji.

Analiza uciążliwości warunków termicznych w strefie nadmorskiej wykazała względnie najbardziej korzystne warunki bioklimatyczne we wschodniej części wybrzeża (tab. 2). Na Pobrzeżu Gdańskim notowano najmniej dni upalnych (średnio zaledwie po 1 dniu w roku) i gorących (średnio rocznie 8 dni w Gdyni i 11 dni na Helu). Na Pobrzeżu Koszalińskim i Szczecińskim średnio rocznie występowały 2 dni upalne i od 14 do 17 dni gorących. Natomiast pod względem występowania dni bardzo mroźnych nie stwierdzono istotnych różnic przestrzennych. Dni mroźnych średnio rocznie było wyjątkowo mało (od 0,2 na Helu do 0,4 w Dziwnowie). Najwięcej dni upalnych z temperaturą maksymalną powietrza $\geq 30^{\circ}\text{C}$ wystąpiło w 1992 roku w zachodniej części wybrzeża (9 dni), od Kołobrzegu do Świnoujścia. Natomiast najwięcej dni bardzo mroźnych z temperaturą maksymalną $\leq -10^{\circ}\text{C}$ stwierdzono w Dziwnowie w 1969 roku (5 dni). Strefa nadmorska wyróżnia się zatem znikomym występowaniem ekstremów termicznych, czego przykładem jest epizodyczne i nie coroczne występowanie dni upalnych i bardzo mroźnych. Tendencja zmian ilości dni

uciążliwych wykazała jedynie mały istotnie statystyczny wzrost ilości dni upalnych i gorących w Dziwnowie, gdzie trend zwiększenia ilości dni gorących wynosił 2,6 dni na 10 lat a dni upalnych o 0,2 dni/10 lat. Istotny statystyczny trend zwiększenia ilości dni gorących stwierdzono jeszcze tylko w Kołobrzegu (1,5 dni/10 lat) i Gdyni (1,1 dni/10 lat). Uśrednione dla całego wybrzeża Bałtyku tendencje zmian uciążliwości warunków termicznych wykazały istotnie statystyczny wzrost ilości dni gorących o 1 dzień na 10 lat. Zmiany ilości dni gorących posiadają współczynnik determinacji liniowej 0,10 i słabą korelację 0,32. W przypadku dni upalnych, mroźnych i bardzo mroźnych nie stwierdzono występowania istotnie statystycznego trendu (ryc. 2).

Tab. 2. Charakterystyka uciążliwości warunków termicznych w polskiej strefie brzegowej Bałtyku w okresie 1966-2013

Makroregion -Pobrzeże	Miejscowość	Kryterium	dni upalne $t_{\max} \geq 30^{\circ}\text{C}$		dni gorące $t_{\max} \geq 25^{\circ}\text{C}$		dni mroźne $t_{\min} \leq -10^{\circ}\text{C}$		dni bardzo mroźne $t_{\max} \leq -10^{\circ}\text{C}$	
			ilość/ rok	% roku	ilość/ rok	% roku	ilość/ rok	% roku	ilość/ rok	% roku
Gdańskie	Gdynia	średnia	1	0,2	8	2,6	5	1,1	0,3	0,1
		max	3	1,4	19	5,2	21	5,8	4	1,1
		trend/10 lat			1,1					
	Hel	średnia	1	0,1	11	3,0	3	0,8	0,2	0,1
		max	5	1,4	27	7,4	20	5,5	4	1,1
		trend/10 lat								
Koszalińskie	Łeba	średnia	2	0,4	14	3,8	6	1,8	0,3	0,1
		max	7	1,4	29	7,9	27	7,4	4	1,1
		trend/10 lat								
	Ustka	średnia	2	0,6	15	4,1	5	1,4	0,3	0,1
		max	7	1,4	34	9,3	20	5,5	3	0,8
		trend/10 lat								
	Kołobrzeg	średnia	2	0,6	15	4,0	5	1,3	0,3	0,1
		max	9	1,4	25	6,8	19	5,2	4	1,1
		trend/10 lat			1,5					
Szczecińskie	Dziwnów	średnia	2	0,0	16	4,3	5	1,3	0,4	0,1
		max	9	1,4	39	10,7	25	6,8	5	1,4
		trend/10 lat	0,2		2,6		.	.	.	.
	Świnoujście	średnia	2	0,5	17	4,6	4	1,2	0,3	0,1
		max	9	2,5	43	11,8	22	6,0	3	0,8
		trend/10 lat								

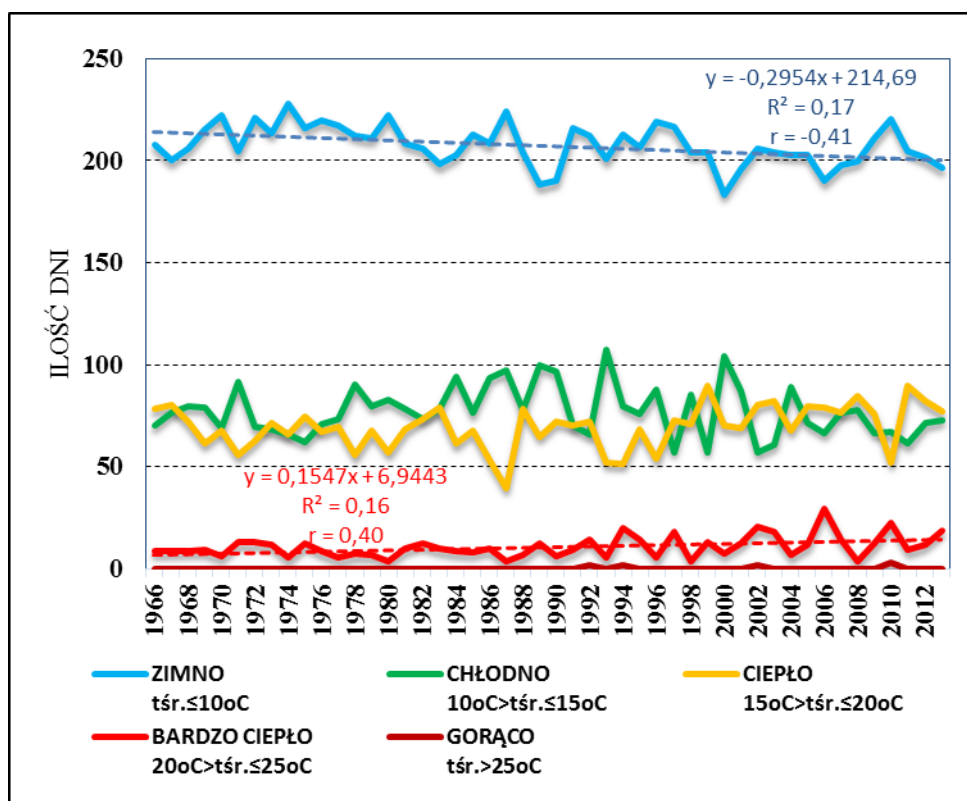


Ryc. 2. Tendencje uciążliwości warunków termicznych w polskiej strefie brzegowej Bałtyku

Analiza zmienności czasowo-przestrzennej odczucia ciepłego wykazała względnie wyrównane warunki bioklimatyczne na całym wybrzeżu morskim (tab. 3). Na Pobrzeżu Szczecińskim stwierdzono występowanie średnio rocznie 0,4 dni gorących ($t_{\text{sr.}} > 25^{\circ}\text{C}$) oraz maksymalnie 4 dni w roku. Na Pobrzeżach Gdańskim i Koszalińskim notowano średnio rocznie najmniej dni gorących (od 0,2 do 0,3 dni). Natomiast występowanie dni zimnych ($t_{\text{sr.}} \leq 10^{\circ}\text{C}$) było także dość jednorodne przestrzennie - średnio rocznie od 203 dni w Świnoujściu do 213 dni w Łebie. Tendencja zmian ilości dni niekorzystnych dla odczucia ciepłego (zwłaszcza dni gorących i zimnych) nie wykazała istotnego trendu zmiany ilości dni gorących. Natomiast dla dni zimnych stwierdzono wyraźne zmniejszenie ich ilości z tendencją od -3,1 dni na 10 lat w Gdyni do -4,4 dni na 10 lat w Świnoujściu. Uśrednione dla całego wybrzeża Bałtyku tendencje zmian odczucia ciepłego wykazały istotnie statystyczny spadek ilości dni zimnych o 3,1 dni na 10 lat, o korelacji umiarkowanej -0,41. Natomiast istotną zależność wzrostu o 1,5 dni w ciągu 10 lat stwierdzono w przypadku dni o odczuciu bardzo ciepłym (ryc. 3).

Tab. 3. Charakterystyka odczucia cieplnego w polskiej strefie brzegowej Bałtyku w okresie 1966-2013

Makroregion -Pobrzeże	Miejscowość	Kryterium	gorąco $t_{sr} > 25^{\circ}\text{C}$		bardzo ciepło $20^{\circ}\text{C} > t_{sr} \leq 25^{\circ}\text{C}$		ciepło $15^{\circ}\text{C} > t_{sr} \leq 20^{\circ}\text{C}$		chłodno (orzeźwiająco) $10^{\circ}\text{C} > t_{sr} \leq 15^{\circ}\text{C}$		zimno $t_{sr} \leq 10^{\circ}\text{C}$	
			ilość	%	ilość	%	ilość	%	ilość	%	ilość	%
Gdańskie	Gdynia	średnia	0,2	0,1	13	3,4	73	20,1	74	20,2	205	56,2
		max	4	1,1	31	8,5	106	29,0	104	28,5	225	61,6
		trend/10 lat			2,1						-3,1	
	Hel	średnia	0,3	0,1	10	2,9	70	19,2	76	20,8	208	57,0
		max	4	1,1	29	7,9	101	27,7	109	29,8	227	62,2
		trend/10 lat										
Koszalińskie	Łeba	średnia	0,3	0,1	8	2,2	63	17,1	81	22,2	213	58,4
		max	4	1,1	23	6,3	85	23,3	109	29,8	240	65,8
		trend/10 lat					4,2				-3,3	
	Ustka	średnia	0,3	0,1	9	2,5	66	18,1	80	21,8	210	57,5
		max	4	1	29	7,9	90	24,7	115	31,5	231	63,3
		trend/10 lat			1,5		3,8				-3,5	
	Kołobrzeg	średnia	0,2	0,1	10	2,7	69	19,0	79	21,6	207	56,7
		max	3	0,8	30	8,2	92	25,2	111	30,4	229	62,7
		trend/10 lat			2,1		3,8				-4,2	
Szczecińskie	Dziwnów	średnia	0,4	0,1	12	3,4	74	20,3	73	20,0	205	56,2
		max	4	1,1	37	10,1	101	27,7	105	28,8	233	63,8
		trend/10 lat			3,3						-3,2	
	Świnoujście	średnia	0,4	0,1	13	3,4	71	19,5	78	21,4	203	55,6
		max	4	1,1	34	9,3	95	26,0	110	30,1	231	63,3
		trend/10 lat			2,1						-4,4	

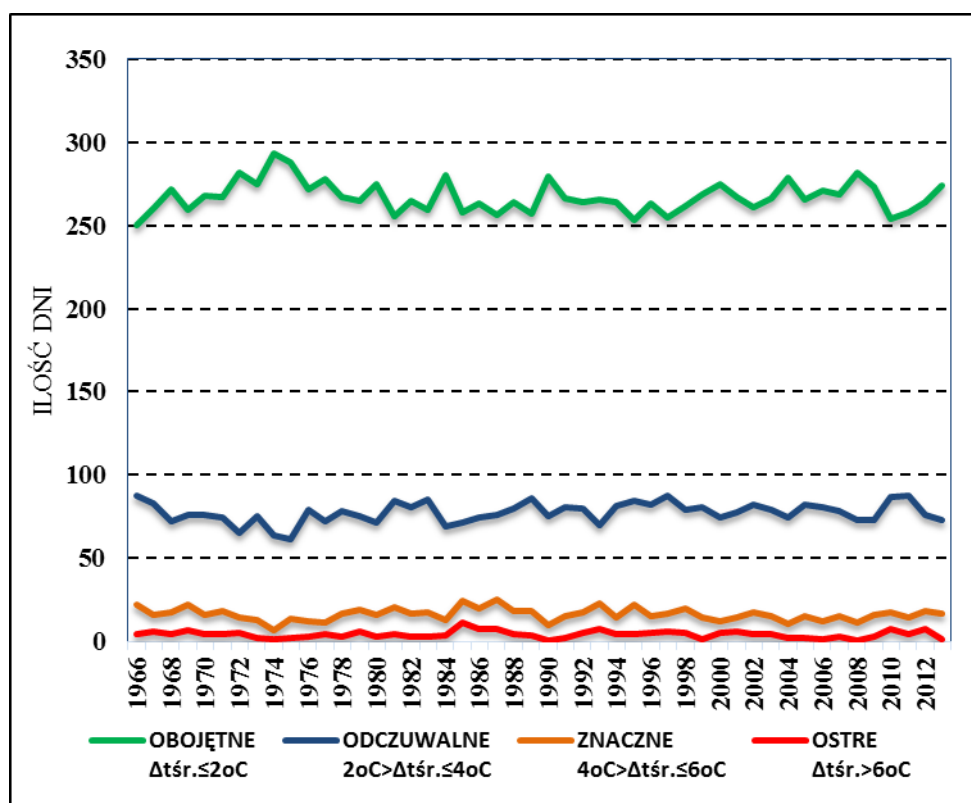


Ryc. 3. Tendencje odczucia cieplnego w polskiej strefie brzegowej Bałtyku

Analiza termicznego samopoczucia człowieka w strefie nadmorskiej wykazała względnie najbardziej korzystne warunki bioklimatyczne (warunki obojętne ($\Delta t_{sr} \leq 2^{\circ}\text{C}$) we wschodniej części wybrzeża (tab. 4). Na Pobrzeżu Gdańskim notowano najwięcej dni obojętnych dla samopoczucia człowieka (średnio rocznie od 273 dni w Gdyni do 275 dni na Helu). Najmniejsza frekwencja dni obojętnych występowała na Pobrzeżu Koszalińskim (średnio rocznie od 262 dni w Kołobrzegu do 266 dni w Ustce). Pod względem występowania dni szczególnie niekorzystnych dla samopoczucia człowieka, dni ostrych ($\Delta t_{sr} > 6^{\circ}\text{C}$) nie stwierdzono zróżnicowania przestrzennego w strefie nadmorskiej. Przeciętnie w ciągu roku notowano 4-5 dni ostrych. Jedynie w Gdyni takich dni było znacznie mniej, zaledwie 2 dni średnio w ciągu roku. Uśrednione dla całego wybrzeża Bałtyku tendencje zmian termicznego samopoczucia człowieka nie żadnego istotnie statystycznego trendu zmiany występowania dni obojętnych, odczuwalnych, znacznych czy ostrych – rozdrażniających (ryc. 4).

Tab. 4. Charakterystyka termicznego samopoczucia człowieka w polskiej strefie brzegowej Bałtyku w okresie 1966-2013

Makroregion -Pobrzeże	Miejscowość	Kryterium	obojętne $\Delta t_{sr} \leq 2^{\circ}\text{C}$		odczuwalne $2^{\circ}\text{C} > \Delta t_{sr} \leq 4^{\circ}\text{C}$		znaczne $4^{\circ}\text{C} > \Delta t_{sr} \leq 6^{\circ}\text{C}$		ostre - rozdrażniające $\Delta t_{sr} > 6^{\circ}\text{C}$	
			ilość	%	ilość	%	ilość	%	ilość	%
Gdańskie	Gdynia	średnia	273	74,6	76	20,8	15	4,0	2	0,6
		max	301	82,5	94	25,8	24	6,6	12	3,3
		trend/10 lat					-1,3		-0,6	
	Hel	średnia	275	75,3	73	20,0	13	3,6	4	1,0
		max	313	85,8	93	25,5	30	8,2	14	3,8
		trend/10 lat	-6,7		4,2		2,0		0,7	
Koszalińskie	Łeba	średnia	264	72,3	79	21,6	17	4,7	5	1,5
		max	295	80,8	95	26,0	30	8,2	14	3,8
		trend/10 lat								
	Ustka	średnia	266	72,8	76	20,9	17	4,8	5	1,5
		max	294	80,5	94	25,8	29	7,9	12	3,3
		trend/10 lat								
	Kołobrzeg	średnia	262	71,8	80	21,9	18	5,0	4	1,2
		max	291	79,7	94	25,8	29	7,9	10	2,7
		trend/10 lat								
Szczecińskie	Dziwnów	średnia	270	74,0	75	20,6	16	4,3	4	1,1
		max	300	82,2	93	25,5	29	7,9	13	3,6
		trend/10 lat					-1,3			
	Świnoujście	średnia	261	71,5	83	22,7	18	4,8	4	1,0
		max	282	77,0	106	29,0	27	7,4	9	2,5
		trend/10 lat								

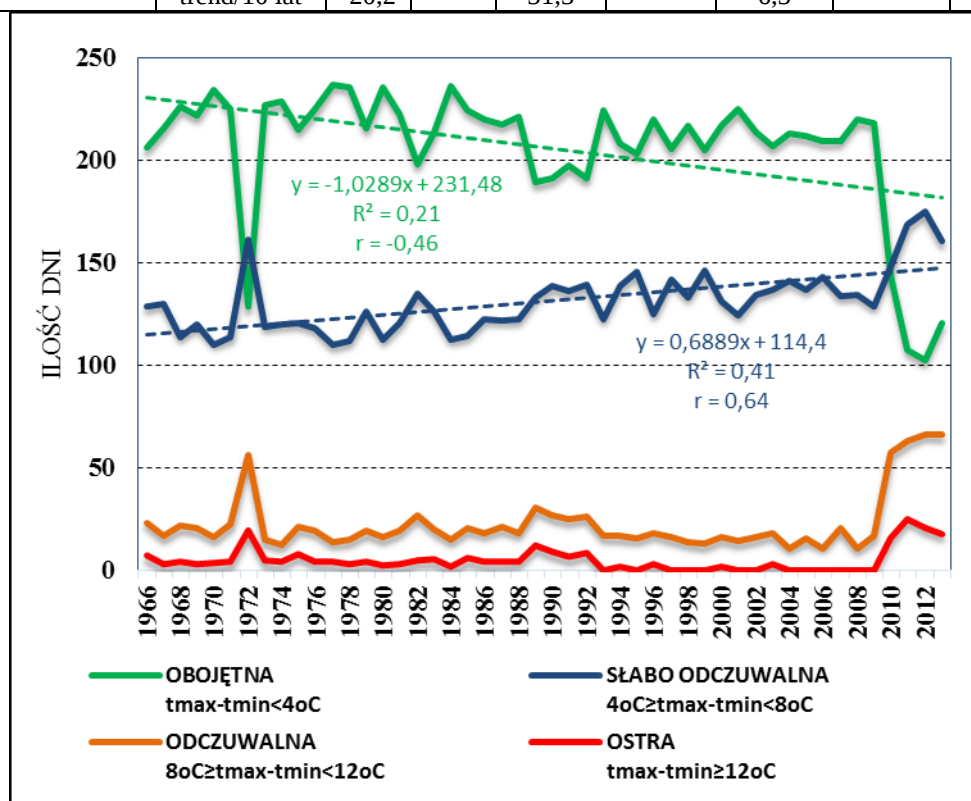


Ryc. 4. Tendencje termicznego samopoczucia człowieka w polskiej strefie brzegowej Bałtyku

Analiza bodźcowości termicznej (tab. 5) wykazała względnie najwięcej dni obojętnych na Pobrzeżu Koszalińskim i Szczecińskim (średnio 219 dni w roku) a najmniej na Pobrzeżu Gdańskim (średnio 172 dni w roku). Natomiast najmniej dni z ostrą bodźcowością notowano na Pobrzeżu Szczecińskim (średnio 3 dni w roku) a najwięcej w Kołobrzegu (aż 15 dni w ciągu roku). Szczególnie widoczna była istotna zależność trendu spadku ilości dni obojętnych pod względem bodźcowości, prawie o 10 dni w ciągu 10 lat. Odwrotną tendencję do wzrostu o prawie 8 dni na 10 lat stwierdzono dla ilości dni słabo odczuwalnych (ryc. 5).

Tab. 5. Charakterystyka bodźcowości termicznej w polskiej strefie brzegowej Bałtyku w okresie 1966-2013

Makroregion -Pobrzeże	Miejscowość	Kryterium	obojętna $t_{\max}-t_{\min}<4^{\circ}\text{C}$		słabo odczuwalna $4^{\circ}\text{C}\geq t_{\max}-t_{\min}<8^{\circ}\text{C}$		odczuwalna $8^{\circ}\text{C}\geq t_{\max}-t_{\min}<12^{\circ}\text{C}$		ostra $t_{\max}-t_{\min}\geq 12^{\circ}\text{C}$	
			ilość	%	ilość	%	ilość	%	ilość	%
Gdańskie	Gdynia	średnia	116	31,8	203	55,6	41	11,2	5	1,4
		max	162	44,4	234	63,9	73	20,0	11	3,0
		trend/10 lat	-6,3		4,2					
	Hel	średnia	228	62,5	124	34,1	11	3,0	1	0,4
		max	264	72,3	167	45,8	77	21,0	19	5,2
		trend/10 lat								
Koszalińskie	Łeba	średnia	216	59,3	126	34,4	19	5,1	4	1,2
		max	249	68,2	166	45,4	82	22,5	38	10,4
		trend/10 lat	-8,3		4,2					
	Ustka	średnia	229	62,8	114	31,2	19	5,1	3	0,9
		max	271	74,0	170	46,6	65	17,8	32	8,7
		trend/10 lat	-8,8		5,2					
	Kołobrzeg	średnia	213	58,2	103	28,1	35	9,5	15	4,2
		max	275	75,3	188	51,5	118	32,3	79	21,6
		trend/10 lat			11,5					
Szczecińskie	Dziwnów	średnia	228	62,5	118	32,2	17	4,5	3	0,8
		max	275	75,3	187	51,1	73	20,0	22	6,0
		trend/10 lat	-20,4		14,0		4,2			
	Świnoujście	średnia	209	57,3	134	36,8	19	5,1	3	1,0
		max	258	70,7	183	50,0	90	24,7	36	10,0
		trend/10 lat	-20,2		31,3		6,3		2,1	



Ryc. 5. Tendencje bodźcowości termicznej w polskiej strefie brzegowej Bałtyku

Podsumowanie

Przedstawione wyniki badań korespondują oraz stanowią uszczegółowienie badań bioklimatycznych w polskiej strefie brzegowej Bałtyku, np. Koźmiński i inni (2015), Mąkosza i Nidzgorska-Lencewicz (2016), Miętus i inni (2002), Owczarek (2012).

Czasoprzestrzenna analiza warunków bioklimatycznych w polskiej strefie brzegowej Bałtyku w latach 1966-2013 charakteryzowała się następującymi prawidłowościami:

- występowało relatywnie małe zróżnicowanie przestrzenne termicznych warunków bioklimatycznych. Najchłodniejszy był obszar środkowej części wybrzeża (Pobrzeże Koszalińskie) a najcieplejszy makroregion zachodni (Pobrzeże Szczecińskie). Największe kontrasty termiczne (amplituda temperatury) i związana z nimi bodźcowość klimatu występowała w strefie otwartego morza, na Pobrzeżu Koszalińskim. Natomiast potencjalnie najmniejsza bodźcowość klimatu występowała na wybrzeżu Zatoki Pomorskiej a zwłaszcza Zatoki Gdańskiej - na Pobrzeżu Gdańskim.
- ekstrema termiczne w strefie nadmorskiej najczęściej generowane były podczas występowania antycyklonalnej cyrkulacji atmosferycznej, kiedy następował napływ powietrza gorącego (latem) i mroźnego (zimą) z kierunku wschodniego, zwłaszcza z nad Rosji.
- najbardziej korzystne warunki bioklimatyczne pod względem warunków termicznych występowały na Pobrzeżu Gdańskim a najmniej sprzyjające na Pobrzeżu Koszalińskim.
- analiza trendu analizowanych wskaźników termicznych (stopnia uciążliwości, odczucia cieplnego, samopoczucia człowieka i bodźcowości termicznej) wykazała wzrost ilości dni z dodatnią temperaturą powietrza (np., dni upalne, ciepło) oraz spadek ilości dni z ujemną termiką (np., dni mroźne, zimno). Taką prawidłowość zwiększenia frekwencji dni z wysoką temperaturą powietrza można wiązać ze wzrostem zasobów ciepła oraz temperatury powietrza w strefie nadmorskiej w ostatnim półwieczu - $0,32^{\circ}\text{C}/10$ lat (Tylkowski 2015).
- analiza bodźcowości klimatu wykazała istotny trend spadku ilości dni obojętnych oraz wzrost ilości dni słabo odczuwalnych. Przeprowadzona analiza czasoprzestrzenna bodźcowości klimatu w polskiej strefie brzegowej Bałtyku wykazała pewną prawidłowość do pogarszania termicznych warunków bioklimatycznych, które potencjalnie mogą powodować obciążenie lub przeciążenie organizmu człowieka.

References

- Bajbakowa E.M., Nevraev G.A., Cubukov L.A., 1963. Metodika analiza klimata kurortov i meteorologiceskich uslivij klimatoterapii. [W:] Ocerki po klimatologii kurortov. Moskva, 5-42.
- Boksa V.G., Boguckij B.V., 1966. Klimatoterapija. Izd. Zdorove. Kiev.
- Flemming G., 1983. Klimat – środowisko – człowiek. WPRiL, Warszawa.
- Kondracki J., 2000. Geografia regionalna Polski. Wyd. Nauk. PWN Warszawa.
- Kozłowska-Szczęsna T., Błażejczyk K., Krawczyk B., 1997. Bioklimatologia człowieka. Metody i zastosowanie w badaniach bioklimatu Polski. IGiPZ PAN, Warszawa.
- Koźmiński Cz., Michalska B., Szczepanowska E., 2015. Turystyka zdrowotna, uzdrowiskowa i uwarunkowania bioklimatyczne. Wydawnictwo Uniwersytet Szczeciński, 252.
- Mączyński, B., 1978. Lecznictwo klimatyczne, PZWL Warszawa.
- Mąkosza A., Nidzgorska-Lencewicz J., 2016: Kontrastowość warunków bioklimatycznych w strefie polskiego wybrzeża Bałtyku w ciepłej połowie roku. Przegląd Geograficzny 88, (1), 109-120.
- Miętus M., Owczarek M., Filipiak J., 2002. Warunki termiczne na obszarze Wybrzeża i Pomorza w świetle wybranych klasyfikacji. Materiały Badawcze IMGW, Seria Meteorologia (36), 56.
- Owczarek M., 2012. Warunki bioklimatyczne na Wybrzeżu i Pomorzu w drugiej połowie XX wieku. Materiały Badawcze IMGW, Seria Meteorologia (44), 163.
- Pruszek Z., 2004. Polish coast – two cases of human impact. Baltica, 17 (1), 34-40.
- Tylkowski J., 2013. Temporal and spatial variability of air temperature and precipitation at the Polish coastal zone of southern Baltic Sea. Baltica 26 (1), 83–94.
- Tylkowski J., 2015. The Variability of Climatic Vegetative Seasons and Thermal Resources at the Polish Baltic Sea Coastline in the Context of Potential Composition of Coastal Forest Communities. Baltic Forestry 21 (1), 73-82.