

Charakterystyki i związki temperatury wód u polskich brzegów Bałtyku

Prof. zw. dr hab. Józef Piotr Girjátowicz
Uniwersytet Szczeciński, Wydział Nauk o Ziemi

Polska, jak i polskie wybrzeże położone jest w strefie klimatu umiarkowanego, charakteryzującego się wyraźną sezonowością. Występują tu cztery główne pory roku determinowane ilością dopływu energii słonecznej. Ma ona dominujący wpływ na zmienność i zróżnicowanie warunków termicznych – zarówno temperatury powietrza, jak i temperatury wody w poszczególnych porach roku, zwłaszcza między zimą i latem. Na zmienność warunków termicznych oprócz czynników radiacyjnych, oddziałują również inne czynniki, jak: cyrkulacyjne atmosfery i geograficzne [7, 17]. Akweny płytkie i osłonięte, w porównaniu do akwenów głębszych, szybciej nagrzewają się i szybciej tracą ciepło. Stąd wody przybrzeżne, w porównaniu z wodami otwartego polskiego wybrzeża, w okresie wiosenno-letnim są cieplejsze, a w okresie jesienno-zimowym – chłodniejsze [1, 3, 13]. Podobne zróżnicowanie termiczne obserwuje się odpowiednio między zalewami i wodami morskimi [5, 12, 15] oraz między wodami rzecznyymi i wodami morskimi [2, 11].

Pierwsze regularne pomiary powierzchniowej temperatury wody u polskich brzegów Bałtyku rozpoczęto w Państwowym Instytucie Hydrologiczno-Meteorologicznym (obecnie Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej) w 1950 roku. Pomiary

te wykonywane były w Świnoujściu, Międzyzdrojach, Kołobrzegu, Mielnie, Władysławowie, Helu i Gdyni. W następnych latach pomiary wykonywano również w Kołobrzegu od 1957 roku, Ustce od 1959 roku, Łebie od 1961 roku i Gdańsku – Nowym Porcie od 1961 roku. Najdłuższe ciągi pomiarów temperatury wody u brzegów Bałtyku, to jest od 1950 roku do czasów obecnych, są tylko dla Świnoujścia, Międzyzdrojów, Władysławowa, Helu i Gdyni. Dane archiwalne dotyczące temperatury wody z przerwami zawarte są w materiałach i rocznikach wydawanych przez Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej. Są to głównie Roczniki Hydrograficzne Morza Bałtyckiego (1946-1970) [16], Morskie Komunikaty Hydrologiczno-Meteorologiczne (1961-1990) [14] oraz Warunki Środowiskowe Polskiej Strefy Południowego Bałtyku (1986-) [19]. Kompletnie i jednorodne ciągi temperatury wody dla wartości miesięcznych, sezonowych i rocznych z poszczególnych lat, głównie w okresie 1950-2000, zamieszczono w „Katalogu zlodzenia...” [4].

Na podstawie tych materiałów obliczono i przedstawiono uśrednione charakterystyki powierzchniowej temperatury wody dla wartości miesięcznych, sezonowych i rocznych dla Świnoujścia, Międzyzdrojów, Kołobrzegu, Władysławowa, Helu i Gdyni.

Tabl. 1. Minimalne, średnie i maksymalne miesięczne temperatury wody u polskiego wybrzeża Bałtyku (1950-2010)

Stacje	Wartość	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Świnoujście	minimalna	0,1	0,0	0,4	3,6	10,0	14,4	16,2	16,1	13,6	7,6	4,3	0,2
	średnia	1,2	1,2	2,7	7,3	13,1	17,2	19,1	19,3	16,1	11,3	6,1	2,6
	maksymalna	4,6	4,1	5,6	9,9	16,1	19,3	21,9	22,2	18,7	14,0	8,3	5,8
Międzyzdroje	minimalna	-0,4	-0,4	0,1	3,8	8,5	14,0	15,5	15,9	12,8	8,0	4,3	0,1
	średnia	1,2	1,1	2,7	6,6	11,6	16,3	18,5	18,7	15,8	11,2	6,3	2,8
	maksymalna	5,3	4,4	6,4	9,5	15,3	18,6	22,1	21,9	18,2	13,8	8,4	6,0
Kołobrzeg	minimalna	-0,3	-0,3	0,6	4,0	8,6	12,7	15,7	13,3	12,0	8,3	3,7	1,0
	średnia	1,6	1,4	2,7	6,3	10,5	14,7	17,6	17,5	15,1	11,1	6,8	3,4
	maksymalna	5,6	4,6	5,6	9,0	12,9	16,8	19,5	20,0	17,3	13,6	8,4	7,0
Władysławowo	minimalna	-0,3	-0,3	0,1	3,6	7,6	10,7	14,2	12,1	11,8	6,9	3,9	0,7
	średnia	1,4	1,2	2,5	5,8	9,5	13,5	17,2	17,4	14,8	10,6	6,4	3,1
	maksymalna	4,9	4,2	5,5	8,0	11,5	16,0	19,5	20,0	17,0	13,4	8,2	6,5
Hel	minimalna	0,2	-0,2	0,1	2,1	7,0	10,8	14,5	15,8	13,8	9,2	4,8	1,5
	średnia	2,0	1,4	2,2	5,0	9,4	14,0	17,5	18,5	16,0	11,9	7,5	4,1
	maksymalna	5,2	4,1	5,2	7,6	12,9	18,1	21,6	21,4	17,9	14,3	9,1	7,1
Gdynia	minimalna	-0,2	-0,3	0,0	2,4	7,6	12,1	15,2	15,7	13,8	8,4	3,0	0,6
	średnia	1,7	1,2	2,2	5,7	10,8	15,1	18,1	19,0	15,9	11,5	6,7	3,4
	maksymalna	5,2	3,9	4,9	8,7	16,1	18,9	22,8	22,0	18,1	14,3	9,1	6,8
Przeciętna	minimalna	-0,15	-0,25	0,22	3,25	8,22	12,45	15,22	14,82	12,97	8,07	4,00	0,68
	średnia	1,53	1,26	2,51	6,12	10,83	15,10	18,01	18,40	15,61	11,26	6,63	3,24
	maksymalna	5,13	4,22	5,53	8,78	14,13	17,95	21,23	21,25	17,87	13,90	8,58	6,53

ni z okresu możliwie najdłuższego (1950-2010). Analizowano przyczyny zróżnicowania temperatury wody w rejonach przybrzeżnych naszego Bałtyku i w poszczególnych porach roku. Zbadano także siłę związków temperatury wody między wybranymi rejonami wzdłuż polskich brzegów Bałtyku.

WARTOŚCI MIESIĘCZNE, SEZONOWE I ROCZNE TEMPERATURY WODY

U polskich brzegów Bałtyku roczny przebieg temperatury wody ma charakter sinusoidalny, o najniższych temperaturach w lutym i najwyższych w sierpniu. W lutym średnie temperatury wody zawierają się w przedziale od 1,1°C w Międzyzdrojach do 1,4°C we Władysławowie i Kołobrzegu (tabl. 1). W Międzyzdrojach w tym miesiącu zaobserwowano również najniższą ekstremalną wartość miesięczną wynoszącą -0,4°C w latach 1985 i 1996. Przyczyną tych najchłodniejszych wód są głównie stosunki batymetryczne. Międzyzdroje położone jest u brzegów płytkiej Zatoki Pomorskiej, stosunkowo szybko wychładzającej się. Natomiast na znacznie wyższe temperatury wody we Władysławowie i Kołobrzegu w tym miesiącu ma wpływ sąsiedztwo głębszych wód stosunkowo wolniej wychładzających się i akumulujących większe ilości ciepła. Średnia miesięczna temperatura wody dla wszystkich naszych wód przybrzeżnych jest również najniższa w lutym i wynosi 1,26°C.

Począwszy od lutego temperatura wody systematycznie wzrasta, osiągając najwyższe wartości w sierpniu. W sierpniu średnie temperatury wody zawierają się w przedziale od 17,4°C we Władysławowie do 19,3°C w Świnoujściu (tabl. 1). Wysoka jest również w tym miesiącu temperatura w Gdyni wynosząca 19°C. Ekstremalnie najwyższe wartości miesięczne w Świnoujściu i Gdyni przekraczają wartość 22°C. Na stosunkowo wysokie temperatury wody w Świnoujściu i Gdyni mają wpływ głównie dwa czynniki: stosunki batymetryczne i dopływ ciepłych wód rzecznych i zalewowych. Do Świnoujścia w lipcu i sierpniu napływają cieplejsze wody z Odry i Zalewu Szczecińskiego, podnosząc wyraźnie temperaturę wody w południowej części Zatoki Pomorskiej. Z kolei do rejonu Gdyni napływają w tym okresie cieplejsze wody z Wisły, a także z płytszej części Zatoki Puckiej. Średnia miesięczna temperatura wody dla wszystkich wód przybrzeżnych jest również najwyższa w sierpniu i wynosi 18,4°C (tabl. 1). Od sierpnia temperatura wody systematycznie spada, osiągając najniższe wartości w lutym.

Wartości sezonowe temperatury wody są odzwierciedleniem zmienności wartości miesięcznych. Oczywiście jest, że najniższe temperatury występują w zimie (XII-II), a najwyższe latem (VI-VIII). W zimie wartości średnie temperatury oscylują w przedziale od 1,7 w Świnoujściu do 2,5°C w Helu (tabl. 2). O zróżnicowaniu termicznym tych wód decydują głównie stosunki batymetryczne i dopływ bardziej wychłodzonych o tej porze roku wód rzecznych i zalewowych (Świnoujście). Wyższe temperatury wody w Helu są determinowane większą ilością ciepła zakumulowanego w sąsiedztwie akwenów głębszych tam występujących. Odwrotna sytuacja termiczna w tych rejonach występuje wiosną (III-V), kiedy najwyższe temperatury pojawiają się w Świnoujściu (7,7°C), a najniższe w Helu (5,5°C). Płytkość Zatoki Pomorskiej oraz dopływ stosunkowo ciepłych wód rzecznych i zalewowych o tej porze roku generuje wyższą

Tabl. 2. Minimalne, średnie i maksymalne sezonowe i roczne temperatury wody oraz amplitudy u polskiego wybrzeża Bałtyku (1950-2010)

Stacje	Wartość	XII-II	III-V	VI-VIII	IX-XI	I-XII
Świnoujście	minimalna	0,4	5,5	16,3	9,8	8,5
	średnia	1,7	7,7	18,5	11,2	9,8
	maksymalna	4,0	9,9	20,0	13,1	10,7
Międzyzdroje	minimalna	0,0	4,6	15,9	8,4	7,9
	średnia	1,7	7,0	17,8	11,1	9,4
	maksymalna	4,5	10,4	20,0	13,2	10,8
Kołobrzeg	minimalna	0,1	4,8	15,1	9,7	7,8
	średnia	2,2	6,5	16,6	11,0	9,1
	maksymalna	5,3	9,1	18,3	12,3	10,5
Władysławowo	minimalna	0,4	4,2	13,8	8,6	7,4
	średnia	1,9	5,9	16,0	10,6	8,6
	maksymalna	4,5	8,3	17,9	12,5	10,3
Hel	minimalna	1,0	3,3	14,4	9,4	7,5
	średnia	2,5	5,5	16,7	11,8	9,1
	maksymalna	5,0	8,2	18,7	13,5	10,7
Gdynia	minimalna	0,4	3,7	14,9	8,6	7,7
	średnia	2,1	6,2	17,4	11,3	9,3
	maksymalna	4,6	9,0	19,2	13,5	10,6
Przeciętna	minimalna	0,37	4,36	15,06	9,08	7,81
	średnia	2,03	6,49	17,17	11,17	9,22
	maksymalna	4,66	9,14	19,03	13,03	10,61

termikę wód w Świnoujściu. Natomiast w rejonie Helu głębsze wody wolniej nagrzewają się. Podobne stosunki termiczne występują tam latem. Z kolei jesienią (IX-XI) najwyższe temperatury wody występują w Helu (11,8°C), podobnie jak w zimie.

Należy zauważyć, że u brzegów naszego Bałtyku występują duże kontrasty temperatury wody między wiosną a jesienią. Temperatura wody jesienią jest prawie dwukrotnie wyższa od temperatury wiosną. Kontrasty te są największe w Helu, o najniższej temperaturze wody wiosną (5,5°C) i najwyższej temperaturze jesienią (11,8°C). Przeciętnie dla wszystkich wód przybrzeżnych temperatura wody jesienią jest wyższa od wiosny o około 5°C, a latem od zimy – o około 15°C.

Analizując wartości roczne (I-XII), rejonu płytsze i będące pod wpływem wód rzecznych i zalewowych charakteryzują się wyższymi temperaturami wody niż rejonu położone w sąsiedztwie wód głębszych i bardziej otwartych na wody Bałtyku. W Świnoujściu średnia temperatura wody wynosi bowiem 9,8°C, a we Władysławowie już tylko 8,6°C (tabl. 2, 3). Średnia roczna temperatura wody dla wszystkich wód przybrzeżnych wynosi 9,22°C. Na wyższe temperatury wody w Świnoujściu czy w Międzyzdrojach w porównaniu z Władysławowem czy Helem mają wpływ także warunki klimatyczne. Bowiem zachodnie wybrzeże, w porównaniu ze wschodnim, charakteryzuje się nieco wyższymi temperaturami powietrza.

Tabl. 3. Średnie roczne temperatury wody u polskiego wybrzeża Bałtyku w poszczególnych latach w okresie od 1950 do 2010 roku

Lata	Świnoujście	Międzyzdroje	Kołobrzeg	Władysławowo	Hel	Gdynia	Średnia
1950	10,3	9,9		8,8	9,4	9,3	9,54
1951	10,0	9,5		8,4	9,3	9,5	9,34
1952	9,5	9,0		8,6	8,5	8,7	8,86
1953	10,6	10,4		9,2	9,4	9,7	9,86
1954	9,5	9,8		8,4	8,7	8,8	9,04
1955	9,6	9,6		8,5	8,5	9,0	9,04
1956	9,3	8,7		8,1	8,2	8,1	8,48
1957	9,7	9,3	9,2	9,4	9,1	9,3	9,34
1958	9,6	9,0	8,4	8,6	8,7	8,7	8,84
1959	10,6	10,0	10,1	9,2	9,5	9,8	9,86
1960	10,3	9,4	9,1	8,6	8,7	8,8	9,15
1961	10,6	9,8	10,0	9,2	9,9	9,8	9,89
1962	9,3	8,6	8,9	8,2	8,5	8,2	8,62
1963	10,1	9,1	8,7	8,0	8,9	9,1	8,99
1964	9,9	9,0	9,1	8,1	9,0	9,0	9,02
1965	9,4	8,7	8,9	7,6	8,3	8,3	8,54
1966	9,9	8,9	8,6	7,5	8,6	8,6	8,69
1967	10,6	9,8	10,1	9,0	9,6	9,6	9,79
1968	10,2	9,4	9,4	8,4	9,2	9,2	9,31
1969	9,4	8,5	8,2	7,5	8,4	8,4	8,39
1970	9,2	8,6	8,4	8,0	8,3	8,4	8,48
1971	9,8	9,1	9,0	8,2	9,0	9,2	9,04
1972	9,7	9,6	8,9	8,6	9,0	9,0	9,13
1973	10,0	9,9	9,1	8,9	9,4	9,4	9,45
1974	10,1	9,3	9,1	8,7	9,0	9,1	9,22
1975	10,7	10,1	9,4	9,3	10,0	10,1	9,93
1976	9,8	9,2	8,5	8,0	8,5	8,6	8,76
1977	10,0	9,1	8,7	8,0	8,9	8,9	8,93
1978	9,3	8,7	8,6	8,2	8,8	9,0	8,77
1979	8,7	8,3	7,8	7,5	8,4	8,4	8,19
1980	8,9	8,3	8,0	7,4	7,8	8,2	8,10
1981	9,6	8,8	8,4	8,1	8,6	9,0	8,74
1982	9,9	9,0	8,4	8,2	8,8	9,3	8,94
1983	10,0	9,4	9,5	9,2	9,6	10,0	9,62
1984	9,0	8,7	8,7	8,6	9,0	9,1	8,85
1985	8,8	8,4	8,4	8,2	8,3	8,5	8,43
1986	9,1	8,7	8,4	8,4	8,6	9,1	8,72
1987	8,5	8,1	8,0	7,5	7,5	7,7	7,88
1988	9,8	9,5	9,4	8,8	9,4	9,6	9,41
1989	10,1	10,3	9,8	9,6	9,9	10,4	10,01
1990	10,3	10,6	10,5	10,3	10,7	10,2	10,44
1991	9,5	10,0	9,4	9,3	9,5	9,2	9,49
1992	9,6	10,1	9,1	8,9	9,5	9,9	9,52
1993	9,4	9,4	8,8	8,3	8,6	9,1	8,94
1994	9,6	9,9	9,2	8,8	9,5	9,9	9,48
1995	10,0	9,7	9,6	9,0	9,7	9,9	9,65
1996	8,6	7,9	7,9	7,6	8,3	8,4	8,11
1997	9,7	9,3	8,9	8,5	9,4	9,5	9,22
1998	9,5	9,4	9,3	8,7	9,2	9,3	9,24
1999	10,4	10,1	9,3	9,1	9,9	10,1	9,81
2000	10,5	10,2	9,7	9,3	10,2	10,3	10,03
2001	9,7	10,0	9,8	9,6	9,9	9,8	9,80
2002	10,4	10,2	9,1	9,1	9,5	9,8	9,68
2003	9,8	9,8	9,5	8,9	9,7	9,6	9,55
2004	9,9	9,8	9,2	8,8	9,7	9,7	9,49
2005	10,2	10,1	9,4	9,0	9,7	10,1	9,75
2006	10,6	10,5	9,7	8,8	10,1	10,3	10,00
2007	10,7	10,8	10,5	9,9	10,6	10,6	10,53
2008	10,5	10,3	9,7	9,6	10,5	10,4	10,15
2009	9,5	9,1	9,2	9,2	9,6	9,8	9,39
2010	9,5	8,9	8,2	8,5	8,7	9,2	8,81
Średnia	9,79	9,40	9,06	8,62	9,14	9,28	9,22

ZWIĄZKI TEMPERATURY WÓD

Między akwenami wzdłuż polskich brzegów Bałtyku występują przeważnie dość silne związki temperatury wody. Najsilniejsze związki dotyczą akwenów położonych najbliżej siebie i o podobnym reżimie hydrologicznym. Takim przykładem są związki między Helem i Gdynią położone niedaleko siebie w Zatoce Gdańskiej. Tam współczynnik korelacji związków miesięcznych, sezonowych i dla wartości rocznych zawierają się w przedziale od 0,743 do 0,967 (tabl. 4). Są one wysoce istotne statystycznie na poziomie $\alpha \leq 0,001$. Przykłady najsilniejszych związków przedstawiono na rys. 1. Najsilniejszy związek między Gdynią i Helem jest w marcu o współczynniku korelacji wynoszącym 0,967 oraz między Władysławowem i Gdynią w tym miesiącu o współczynniku 0,975. Współczynniki determinacji (r^2) tych związków wynoszą odpowiednio 0,94 i 0,95. Oznacza to, że zmienność temperatury wody na jednej stacji jest odpowiednio w 94% i 95% wyjaśniana zmiennością temperatury wody na drugiej stacji. Współczynnik regresji (a) związku między Gdynią i Helem w marcu wynosi 0,948 (rys. 1b), co oznacza, że wzrost temperatury wody w Helu o 1°C przejawia się wzrostem temperatury w Gdyni średnio o 0,948°C. Prawie pełne korelacje ($r \geq 0,90$) między tymi stacjami dotyczą większości związków miesięcznych, sezonowych i dla wartości rocznych (tabl. 4).

Silne związki występują również między pozostałymi stacjami wschodniego wybrzeża, jak między Władysławowem i Helem oraz między Władysławowem i Gdynią. Współczynniki korelacji tych związków w większości przekraczają wartość $r = 0,80$; dochodząc nawet do 0,975 (tabl. 4). Najsilniejsze związki są

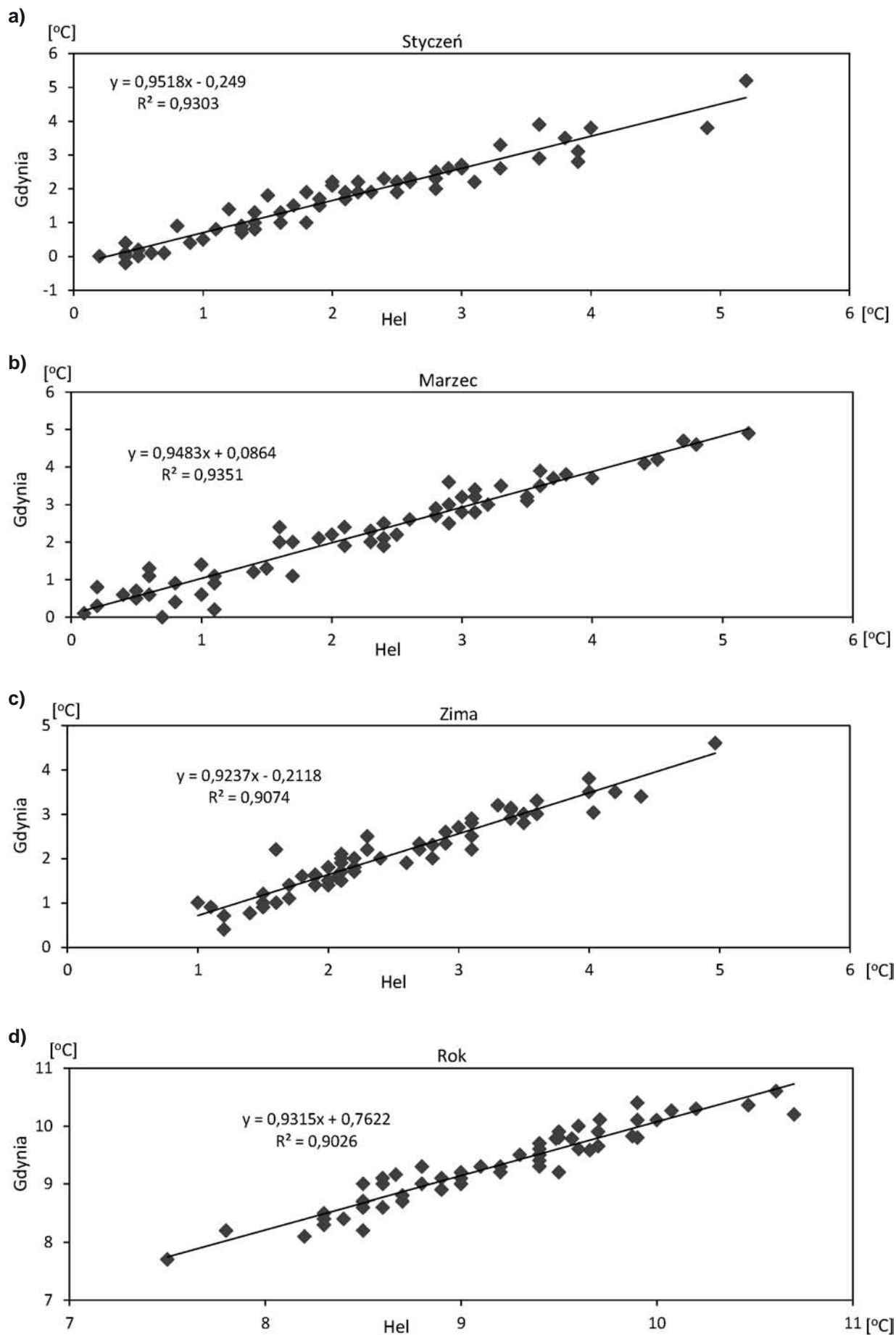
w chłodnej porze roku, która charakteryzuje się małym zróżnicowaniem temperatury wody między poszczególnymi rejonami. Stąd, zimą u polskich brzegów Bałtyku współczynniki korelacji przekraczają wartość 0,90, a na wybrzeżu wschodnim są nawet wyższe od 0,95. Zmienność temperatury wody na jednej stacji jest tam przynajmniej w 90% wyjaśniona zmiennością temperatury wody na drugiej stacji.

Nieco słabsze związki temperatury wody występują między akwenami na zachodnim wybrzeżu, to jest między Świnoujściem a Międzyzdrojami. Mimo że stacje te są położone blisko siebie, to jednak różnią się reżimem hydrologicznym. Świnoujście bowiem jest usytuowane przy ujściu Świny i jest pod silnym wpływem wód rzecznych i zalewowych, natomiast Międzyzdroje jest pod silnym wpływem wód morskich. Współczynniki korelacji między tymi akwenami dotyczących wartości miesięcznych, sezonowych i rocznych zawierają się w przedziale od 0,540 w maju do 0,938 w styczniu (tabl. 4). Są to związki istotne statystycznie nawet na poziomie $\alpha \leq 0,001$. Najsilniejszy związek w styczniu ma współczynnik determinacji $r^2 = 0,88$. Oznacza to, że w tym miesiącu zmienność temperatury wody w Świnoujściu jest w 88% wyjaśniona zmiennością temperatury wody Międzyzdrojów.

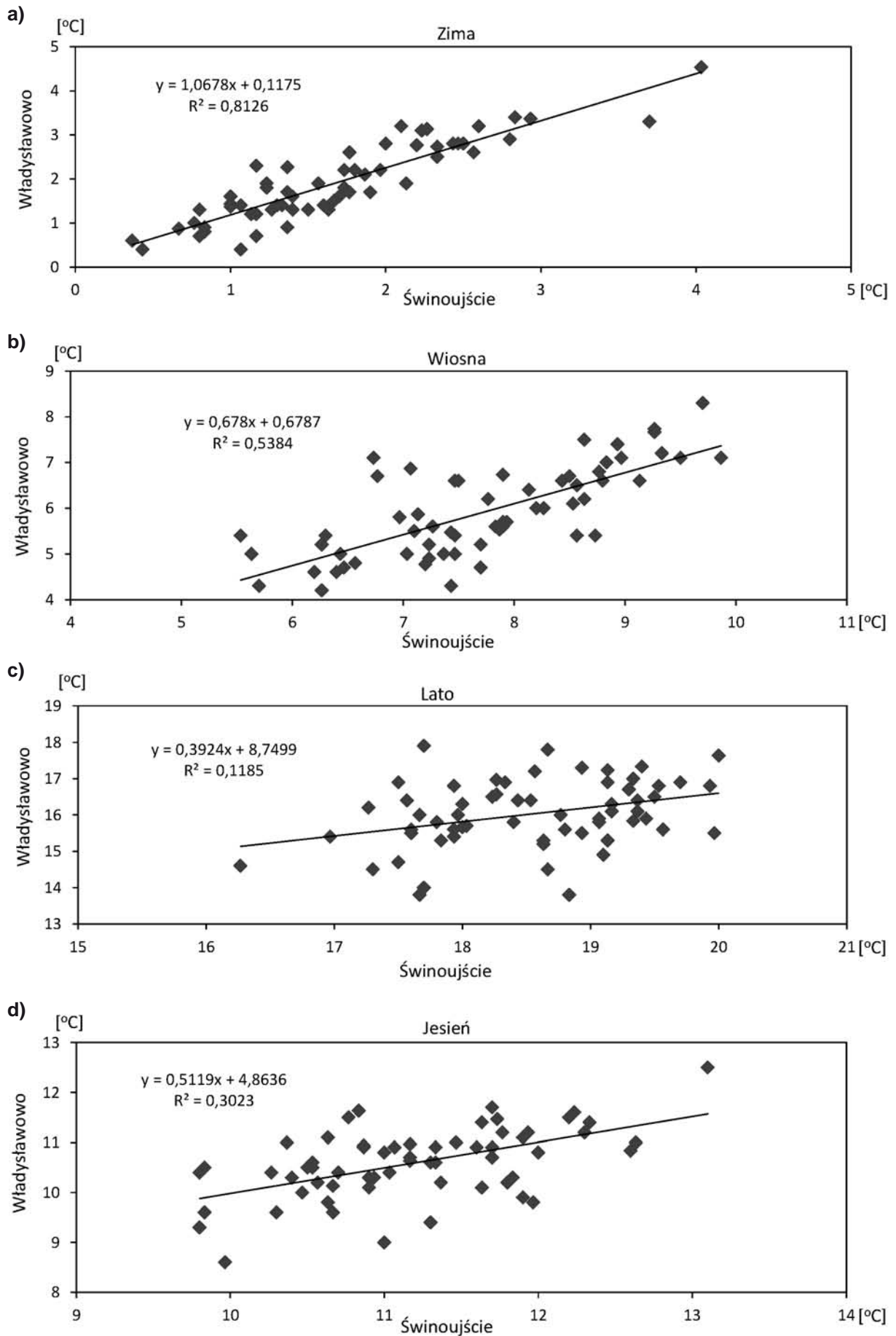
Wyraźnie słabsze związki temperatury wody występują między akwenami najbardziej oddalonymi od siebie i o różniącym się reżimie hydrologicznym, to jest między Świnoujściem a stacjami wybrzeża wschodniego. Na te słabsze związki mają wpływ nieco inne warunki meteorologiczne i napływ wód z rejonów o różniącej się termice. Choć związki te w większości są istotne statystycznie na poziomie $\alpha \leq 0,001$, to jednak związki

Tabl. 4. Współczynniki korelacji r dla związków miesięcznych, sezonowych i rocznych temperatury wody między stacjami u polskiego wybrzeża Bałtyku (1950-2010)

Miesiące i sezony	Świnoujście – Międzyzdroje	Świnoujście – Władysławowo	Świnoujście – Gdynia	Międzyzdroje – Władysławowo	Międzyzdroje – Hel	Międzyzdroje – Gdynia	Władysławowo – Hel	Władysławowo – Gdynia	Hel – Gdynia
I	0,938	0,899	0,888	0,926	0,876	0,899	0,948	0,960	0,965
II	0,934	0,898	0,886	0,925	0,899	0,906	0,959	0,970	0,945
III	0,849	0,900	0,893	0,932	0,912	0,921	0,956	0,975	0,967
IV	0,752	0,742	0,772	0,844	0,750	0,778	0,866	0,862	0,938
V	0,540	0,324	0,651	0,707	0,720	0,668	0,527	0,372	0,894
VI	0,691	0,121	0,602	0,543	0,596	0,547	0,331	0,164	0,743
VII	0,865	0,500	0,812	0,476	0,798	0,833	0,565	0,527	0,927
VIII	0,800	0,236	0,802	0,409	0,802	0,725	0,389	0,296	0,936
IX	0,917	0,460	0,767	0,501	0,775	0,775	0,615	0,628	0,925
X	0,811	0,548	0,707	0,649	0,710	0,697	0,742	0,738	0,928
XI	0,784	0,726	0,695	0,653	0,586	0,650	0,814	0,882	0,824
XII	0,895	0,906	0,898	0,889	0,815	0,859	0,917	0,914	0,896
XII-II	0,937	0,901	0,902	0,924	0,893	0,907	0,960	0,956	0,953
III-V	0,754	0,734	0,801	0,868	0,841	0,832	0,866	0,820	0,945
VI-VIII	0,754	0,344	0,703	0,556	0,777	0,789	0,565	0,475	0,869
IX-XI	0,819	0,550	0,737	0,604	0,687	0,695	0,776	0,845	0,913
I-XII	0,819	0,651	0,748	0,845	0,880	0,867	0,883	0,856	0,950



Rys. 1. Najsilniejsze związki temperatury wody między Gdynią i Helą w: styczniu (a), marcu (b), zimie (c) i dla wartości rocznych (d) w okresie od 1950 do 2010 roku



Rys. 2. Związki temperatury wody między Władysławowem i Świnoujściem: zimą (a), wiosną (b), latem (c) i jesienią (d) w okresie od 1950 do 2010 roku

między Świnoujściem i Władysławowem w czerwcu i sierpniu są nieistotne statystycznie. Bowiern współczynniki korelacji wynoszą tam odpowiednio 0,121 i 0,236 (tabl. 4). Oczywiście jest, że najsłabszym związkiem sezonowym będzie związek letni ($r = 0,344$). Wyraźnie silniejsze tam związki sezonowe występują jesienią ($r = 0,550$), wiosną ($r = 0,734$), a zwłaszcza zimą ($r = 0,90$; rys. 2). Taka sezonowa prawidłowość siły związków dotyczy większości badanych związków na naszym Bałtyku.

UWAGI KOŃCOWE

Wybrzeże polskie charakteryzuje się sezonowością warunków termiczno-solarnych, co sprawia, że wody latem są cieplejsze od wód zimą przeciętnie o około 15°C . Wyraźne różnice temperatury wody zaznaczają się również w przejściowych porach roku. Wody jesienią są cieplejsze od wód wiosną przeciętnie o około 5°C . Bowiern wody morskie, zwłaszcza w rejonach głębszych, nagrzewają się po zimie stosunkowo wolno, a po lecie z kolei ochładzają się wolno. Stąd też i temperatura powietrza nad morzem wiosną jest niższa od jesieni [6, 10].

Zróznicowanie temperatury wody występuje również między zachodnim a wschodnim wybrzeżem. Wody u zachodnich brzegów są generalnie cieplejsze o około $0,5^{\circ}\text{C}$ od wód na wschodzie. Wyższym temperaturom wody na zachodzie sprzyja płytkość Zatoki Pomorskiej, dopływ stosunkowo ciepłych wód rzecznych i zalewowych latem oraz korzystniejsze warunki klimatyczne. Bowiern temperatura powietrza na zachodnim wybrzeżu jest we wszystkich porach roku nieco wyższa niż na wybrzeżu wschodnim [6, 10]. Najniższe temperatury wody występują wzdłuż otwartych brzegów Bałtyku, to jest między Zatokami Pomorską i Gdańską. Tam średnia roczna temperatura wody spada poniżej 9°C [4]. Stosunki batymetryczne oraz dopływ bardziej wychłodzonych wód rzecznych i zalewowych zimą sprawiają, że o tej porze roku w Świnoujściu i Międzyzdrojach występują najniższe temperatury wody u polskich brzegów Bałtyku. Natomiast na wybrzeżu wschodnim o tej porze roku obserwuje się wyższe temperatury wody. Rejony te (zwłaszcza Hel), położone blisko głębszych akwenów akumulujących największą ilość ciepła na naszym wybrzeżu [9], w zimie są rejonami stosunkowo ciepłymi.

Między akwenami polskich wód przybrzeżnych istnieją przeważnie silne związki temperatury wody. Jest to często korelacja bardzo wysoka ($0,7 \leq r < 0,9$) i prawie pełna ($\geq 0,90$) o wysokiej istotności statystycznej ($\alpha \leq 0,001$). Najsilniejsze związki dotyczą rejonów położonych najbliżej siebie o podobnym reżimie hydrologicznym. Związki takie występują między stacjami w Zatoce Gdańskiej. Słabsze związki temperatury wody, choć również wysoce istotne statystycznie, występują między akwenami bardziej oddalonymi od siebie i o różniącym się reżimie hydrologicznym. Związki takie występują między Świnoujściem (ujście Świny) a stacjami wschodniego wybrzeża (Zatoka Gdańska).

Zróznicowane związki temperatury wody występują również między poszczególnymi porami roku. Najsilniejsze związki dotyczą zimy, charakteryzującej się małymi kontrastami temperatury wody między poszczególnymi stacjami. Natomiast najsłabsze związki temperatury wody występują przeważnie latem, kiedy zróznicowanie temperatury wody między stacjami

jest największe. Na to zróznicowanie duży wpływ mają warunki lokalne, jak np. usłonecznienie czy upwelling. W rejonie upwellingu w lecie wypływająca woda z warstw niższych ku powierzchni, w stosunku do wód otaczających, może być niższa nawet o 10°C [8, 18].

Wysoce istotne statystycznie związki o korelacji bardzo wysokiej i prawie pełnej mogą mieć pewne znaczenie prognostyczne. Związki te mogą być przydatne do uzupełniania brakujących danych: miesięcznych, sezonowych i rocznych wartości temperatury wody w rejonach położonych blisko siebie.

LITERATURA

1. Cyberska B.: Wody przybrzeżne Bałtyku. [W:] Pobrzeże Pomorskie, B. Augustowski (red.), Gdańskie Towarzystwo Naukowe, Gdańsk 1984.
2. Cyberska B.: Temperatura wody. W: Zatoka Gdańska, A. Majewski (red.), Wydawnictwa Geologiczne, Warszawa 1990.
3. Girjatowicz J. P.: Przestrzenne zróznicowanie temperatury wody na polskim wybrzeżu. Czasopismo Geograficzne, z. 4, 2006.
4. Girjatowicz J. P.: Katalog zlodzenia i warunków termicznych polskiego wybrzeża. Wydawnictwo Naukowe Uniwersytetu Szczecińskiego, Szczecin 2007.
5. Grekow A. M., Piechura J., Prokofiewa J.M.: Charakterystyka rozkładu przestrzennego temperatury wody. W: Hydrometeorologiczny ustrój Zalewu Wiślanego, N. N. Łazarzenko i A. Majewski (red.), Wyd. Komunikacji i Łączności, Warszawa 1975.
6. Koźmiński Cz., Michalska B., Atlas zasobów i zagrożeń klimatycznych Pomorza. Wyd. Akademii Rolniczej w Szczecinie 2004.
7. Kożuchowski K. (red.): Meteorologia i klimatologia. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2005.
8. Kręzel A.: Identyfikacja mezoskalowych anomalii hydrofizycznych w morzu płytkim metodami szerokopasmowej teledetekcji satelitarnej. Rozprawy i Monografie nr 233, Wyd. Uniwersytetu Gdańskiego, Gdańsk 1997.
9. Lisiecki A.: O zmianach rocznych w akumulacji ciepła w masach wodnych Morza Bałtyckiego. Zeszyty Geograficzne WSP, Gdańsk 1969.
10. Lorenc H.: Atlas klimatu Polski. Wyd. Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej, Warszawa 2005.
11. Łomniewski K.: Stosunki termohaliczne w strefie brzegowej południowego Bałtyku. Zeszyty Geograficzne WSP, Gdańsk 1960.
12. Majewski A.: Cykl roczny wahań temperatury wody. W: Zalew Szczeciński, A. Majewski (red.), Wyd. Komunikacji i Łączności, Warszawa 1980.
13. Majewski A.: Charakterystyka wód. W: Bałtyk Południowy. B. Augustowski (red.), Gdańskie Towarzystwo Naukowe, Gdańsk 1987.
14. Morski Komunikat Hydrologiczno-Meteorologiczny, 1961-1990. Wyd. Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej, Gdynia.
15. Nowacki J.: Termika wód. W: Zatoka Pucka, K. Korzeniewski (red.), Wyd. Uniwersytetu Gdańskiego, Gdańsk 1993.
16. Rocznik Hydrograficzny Morza Bałtyckiego, 1951-1970. Wyd. Komunikacji i Łączności, Warszawa.
17. Trzeciak S.: Meteorologia morska z oceanografią. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2009.
18. Urbański J.: Upwellingi polskiego wybrzeża Bałtyku. Przegląd Geofizyczny 40 (2), 1995.
19. Warunki Środowiskowe Polskiej Strefy Południowego Bałtyku, 1986-2010, Materiały Oddziału Morskiego IMGW, Gdynia.