

## Związki parametrów lodowych polskich zalewów przybrzeżnych z maksymalnym zasięgiem lodu na Bałtyku

**Prof. dr hab. Józef Piotr Girjatowicz, dr Małgorzata Świątek  
Uniwersytet Szczeciński, Wydział Nauk o Ziemi**

Reżim hydrologiczny polskich zalewów przybrzeżnych znacząco różni się od hydrologicznego reżimu Morza Bałtyckiego. Wynika to z tego, że polskie zalewy przybrzeżne są akwenami osłoniętymi, stosunkowo niewielkimi i płytkimi. Charakteryzują się słabymi ruchami wód (falowanie, prądy), znacznym wysłodzeniem oraz stosunkowo silnym rozwojem zjawisk lodowych [por. 7, 9, 12]. Na zalewach tych zjawiska lodowe pojawiają się dużo wcześniej, występują dłużej i zanikają później niż na otwartych wodach Bałtyku, zwłaszcza Bałtyku Południowego i Bałtyku Centralnego [por. 2, 19, 20]. W północnych rejonach Morza Bałtyckiego warunki lodowe są natomiast surowsze niż na polskich zalewach przybrzeżnych. Pojawiają się już pod koniec października, a zanikają nawet na początku czerwca [6, 8, 22]. Na takie zróżnicowanie warunków lodowych mają wpływ nie tylko stosunki batymetryczne tych akwenów, ale także warunki klimatyczne wynikające z dużej rozciągłości południkowej Morza Bałtyckiego, sprawiającej, że rejon północny jest wyraźnie chłodniejszy od rejonów południowych Morza Bałtyckiego.

W całym basenie Morza Bałtyckiego zaznacza się przejściowość warunków klimatycznych od klimatu morskiego do kontynentalnego. Rejon wschodni i północny, powyżej 60 równoleżnika, charakteryzują się klimatem umiarkowanym chłodnym, przejściowym, wilgotno-umiarkowanym, z pewnymi cechami klimatu polarno-kontynentalnego. Natomiast w zachodniej i południowej części Bałtyku przeważa klimat umiarkowany ciepły, morski, wilgotny. Rejon ten (południowo-zachodni) zimą jest pod silnym wpływem często napływających z Oceanu Atlantyckiego ciepłych i wilgotnych mas powietrza [por. 11, 15]. Morze Bałtyckie, jako akwen stosunkowo głęboki o dużej pojemności cieplnej (zwłaszcza rejon północny i wschodni, o chłodniejszym klimacie), może pokrywać się lodem w podobnych okresach jak płytkie polskie zalewy (o cieplejszym klimacie).

W związku z powyższym można przypuszczać, że między parametrami lodowymi Morza Bałtyckiego i zalewów przybrzeżnych będą zachodzić istotne statystycznie korelacje. Jako cel pracy przyjęto zatem wyznaczenie i zbadanie związków, jakie występują między wybranymi parametrami lodowymi,

a mianowicie datą wystąpienia pierwszego lodu, datą zaniku ostatniego lodu, długością sezonu lodowego (podczas którego zdarzyć się mogą dni bez lodu), liczbą dni z lodem oraz maksymalną grubością lodu w zimie polskich zalewów przybrzeżnych a maksymalnym rocznym zasięgiem lodu na Morzu Bałtyckim. Ponadto zwrócono uwagę na zróżnicowanie siły związków między poszczególnymi zalewami oraz na czynniki mogące wpływać na zaobserwowane zróżnicowania.

## MATERIAŁY I METODY BADAŃ

Dane dotyczące maksymalnego rocznego zasięgu lodu na Morzu Bałtyckim (*MIB* – *maximum ice extent in the Baltic Sea*) dla zim od 1720/21 do 1993/94 pochodzą z pracy Seina i Palosuo [21]. Natomiast dane *MIB* dla zim od 1994/95 do 2017/18 pozyskano z bazy danych FIMR (*Finnish Institute of Marine Research*). Maksymalna powierzchnia zalodzenia Morza Bałtyckiego podawana jest w tysiącach km<sup>2</sup> (10<sup>3</sup> km<sup>2</sup>).

Z kolei dane dotyczące parametrów lodowych dla zalewów przybrzeżnych uzyskano z Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej – Państwowego Instytutu Badawczego (IMGW-PIB) w Warszawie. Dane dotyczą akwenów: Zalew Szczeciński (punkt obserwacyjny w Podgrodziu), Zalew Pucki (Puck) i Zalew Wiślany (Krynica Morska). Dane lodowe wykorzystane w pracy, dotyczące zarówno *MIB*, jak i parametrów lodowych zalewów przybrzeżnych, odnoszą się do okresu zim od 1954/55 do 2017/18. Jako Zalew Pucki rozumiano część Zatoki Puckiej położoną na zachód od Rybitwicy Mielizny. Zalew Pucki zwany

Tabl. 1. Średnie i ekstremalne wartości wybranych parametrów lodowych polskich zalewów przybrzeżnych (1954/55-2017/18)

Parametry lodowe		Zalewy przybrzeżne		
		Szczeciński (Podgrodzie)	Pucki (Puck)	Wiślany (Krynica Morska)
Pierwszy lód	najwcześniejszy	15 IX	11 XI	12 IX
	średni	22 XII	25 XII	11 XII
	najpóźniejszy	25 II	22 II	5 II
Ostatni lód	najwcześniejszy	6 XII	8 XII	28 XII
	średni	4 III	7 III	13 III
	najpóźniejszy	17 IV	11 IV	19 IV
Długość sezonu lodowego (liczba dni)	najkrótszy	0	0	31
	średni	69	70	94
	najdłuższy	135	139	146
Liczba dni z lodem	najmniejsza	0	0	10
	średnia	56	56	82
	największa	135	128	146
Maksymalna grubość lodu [cm]	najmniejsza	0	0	4
	średnia	19	21	30
	największa	53	70	65
Liczba zim bez lodu		3	3	0

jest w literaturze również Małą Zatoką Pucką lub Zatoką Pucką Wewnętrzną [13, 16, 17]. Dla zalewów przybrzeżnych przyjęto pięć następujących parametrów lodowych: data wystąpienia pierwszego lodu *P*, data zaniku ostatniego lodu *Z*, długość sezonu lodowego *S*, liczba dni z lodem *L* i maksymalna grubość lodu *H* w zimie. Średnie i ekstremalne wartości tych parametrów przedstawiono w tabl. 1.

Związki między parametrami lodowymi zalewów przybrzeżnych i wartościami *MIB* badano metodą korelacji i regresji. Wyznaczono równania regresji liniowej  $y = ax + b$ . Za zmienne zależne *y* przyjęto parametry lodowe: *P*, *Z*, *S*, *L*, *H*, a za zmienną niezależną *x* przyjęto wartości *MIB*. Siłę tych związków badano za pomocą współczynnika korelacji *r* i współczynnika determinacji (*r*<sup>2</sup>, 100%). Istotność statystyczną określono testem Fishera-Snedecora [10, 25]. W przypadku związków liniowych przedstawionych w układzie współrzędnych prostokątnych zaznaczono 99-procentowy przedział ufności.

## ZWIĄZKI PARAMETRÓW LODOWYCH ZALEWÓW PRZYBRZEŻNYCH Z MAKSYMALNYM ROCZNYM ZASIĘGIEM LODU NA BAŁTYKU

Podobne czynniki klimatyczne, zwłaszcza cyrkulacyjne atmosfery, występujące w basenie Morza Bałtyckiego, zapewne mają wpływ na podobną surowość zim i warunki lodowe na całym tym obszarze. Mimo że występuje duża rozciągłość południkowa Morza Bałtyckiego i zróżnicowanie klimatyczne między północnymi i południowymi jego częściami, to jednak stopień surowości zim na poszczególnych akwenach jest przeważnie zbliżony. Jeżeli występują surowe czy łagodne zimy (wyrażone określonymi warunkami lodowymi) na Morzu Bałtyckim, to często podobne tendencje występują również na akwenach południowego Bałtyku [6, 14, 26]. Znajduje to potwierdzenie w stosunkowo silnych związkach korelacyjnych między parametrami lodowymi zalewów przybrzeżnych południowego Bałtyku a maksymalnym rocznym zasięgiem lodu na Morzu Bałtyckim.

Otrzymane wyniki wskazują, że nie ma wyraźnego zróżnicowania współczynników korelacji i istotności statystycznej związków korelacyjnych między poszczególnymi zalewami przybrzeżnymi (tabl. 2). Nieznacznie silniejsze związki wystę-

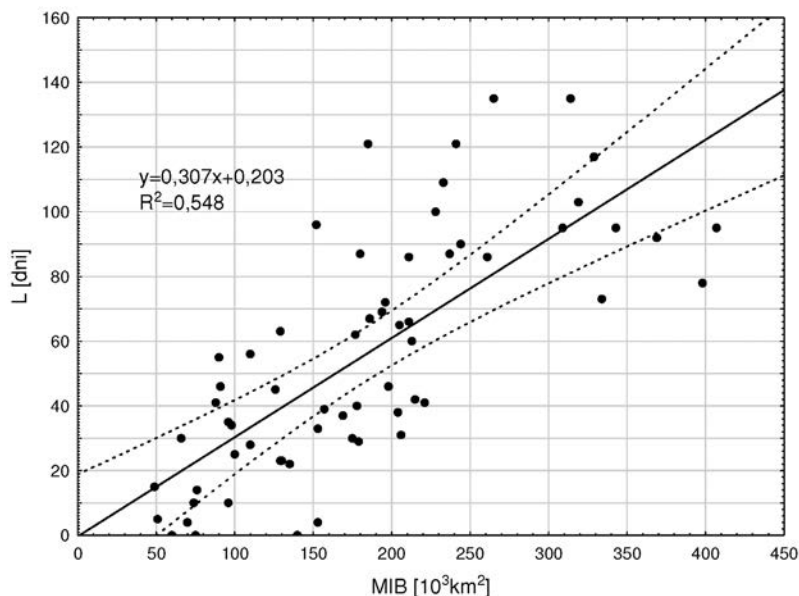
Tabl. 2. Współczynniki korelacji między maksymalnym rocznym zasięgiem lodu na Morzu Bałtyckim a parametrami lodowymi polskich zalewów przybrzeżnych (1954/55-2017/18)

Parametry lodowe	Zalewy przybrzeżne		
	Szczeciński (Podgrodzie)	Pucki (Puck)	Wiślany (Krynica Morska)
Pierwszy lód	-0,357**	-0,342**	-0,269*
Ostatni lód	0,677***	0,732***	0,724***
Sezon lodowy	0,725***	0,733***	0,716***
Liczba dni z lodem	0,740***	0,782***	0,767***
Maksymalna grubość lodu	0,730***	0,775***	0,789***

\* – istotne statystycznie na poziomie  $\alpha = 0,05$

\*\* – istotne statystycznie na poziomie  $\alpha = 0,01$

\*\*\* – istotne statystycznie na poziomie  $\alpha = 0,001$



Rys. 1. Związek między liczbą dni z lodem  $L$  na Zalewie Szczecińskim (Podgradzie) a maksymalnym rocznym zasięgiem lodu na Morzu Bałtyckim  $MIB$  w okresie 1954/55-2017/18

pują we wschodniej części polskiego wybrzeża. Może to być podyktowane wzrostem stabilności warunków lodowych ku wschodowi. Bowiern trwałość zlodzenia, czyli stosunek liczby dni z lodem do długości sezonu lodowego na zalewach: Szczecińskim (Podgradzie), Puckim (Puck) i Wiślanym (Krynica Morska) wynosi średnio odpowiednio: 81%, 82% i 87%.

### Zalew Szczeciński

Współczynniki korelacji między parametrami lodowymi Zalewu Szczecińskiego (Podgradzie) i maksymalnym rocznym zasięgiem lodu na Morzu Bałtyckim ( $MIB$ ) zawierają się w przedziale od  $-0,357$  do  $0,740$  (tabl. 2). Są to korelacje od przeciętnej ( $0,3 \leq r < 0,5$ ), poprzez wysoką ( $0,5 \leq r < 0,7$ ) do bardzo wysokiej ( $0,7 \leq r < 0,9$ ). Najsilniejszy związek dotyczy liczby dni z lodem z  $MIB$  o współczynniku korelacji  $r = 0,740$ . Związek jest istotny statystycznie nawet na poziomie  $\alpha = 0,001$ . Jak wskazuje współczynnik determinacji, zmienność liczby dni z lodem w 55% tłumaczona jest zmiennością  $MIB$  (rys. 1). Z kolei współczynnik regresji  $a$  informuje, że wzrost  $MIB$  o jedną jednostkę ( $10^3 \text{ km}^2$ ) przejawia się wzrostem liczby dni z lodem na Zalewie Szczecińskim średnio o 0,3 dnia (rys. 1).

Bardzo wysokie korelacje o wartościach  $0,730$  i  $0,725$ , które są również istotne statystycznie na poziomie  $\alpha = 0,001$ , dotyczą związków maksymalnej grubości lodu i długości sezonu lodowego na Zalewie Szczecińskim z  $MIB$ . Zmienność maksymalnej grubości lodu i długości sezonu lodowego odpowiednio w 53% i 52% wyjaśniana jest zmiennością  $MIB$ . Wzrost wartości  $MIB$  o jedną jednostkę przejawia się wzrostem maksymalnej grubości lodu średnio o 0,1 cm, a długości sezonu lodowego średnio o 0,3 dnia.

Nieznacznie słabszy związek, choć jeszcze istotny statystycznie nawet na poziomie  $\alpha = 0,001$ , dotyczy daty zaniku ostatniego lodu z  $MIB$ . Współczynnik korelacji tego związku wynosi  $r = 0,677$ , a współczynnik determinacji około 46%.

Wyraźnie słabszy jest związek daty wystąpienia pierwszego lodu z  $MIB$  o współczynniku korelacji zaledwie  $r = -0,357$ . Słabsza jest również istotność statystyczna tego związku ( $\alpha = 0,01$ ), a zmienność daty wystąpienia pierwszego lodu zaledwie w 13% objaśniana jest zmiennością  $MIB$ . Ujemna wartość współczynników korelacji i regresji oznacza, że ze wzrostem wartości  $MIB$  wcześniej pojawi się pierwszy lód na Zalewie Szczecińskim.

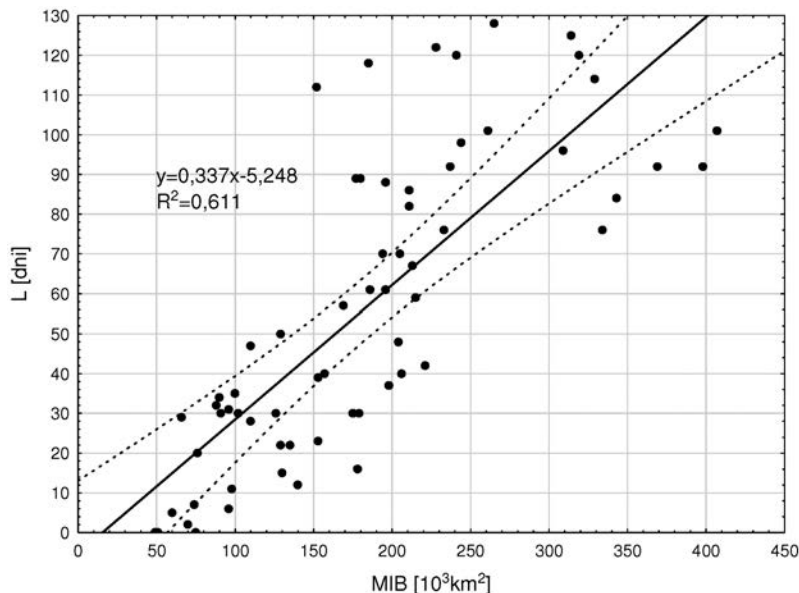
### Zalew Pucki

Na Zalewie Puckim (Puck) występują przeważnie najsilniejsze korelacje między jego parametrami lodowymi a maksymalnym rocznym zasięgiem lodu na Morzu Bałtyckim  $MIB$  w porównaniu z pozostałymi zalewami przybrzeżnymi. Współczynniki korelacji między parametrami lodowymi Zalewu Puckiego i  $MIB$  zawierają się w przedziale od  $-0,342$  do  $0,782$  (tabl. 2). Są to korelacje przeważnie bardzo wysokie ( $0,7 \leq r < 0,9$ ). Najsilniejszy związek dotyczy liczby dni z lodem z  $MIB$  o współczynniku korelacji wynoszącym  $r = 0,782$ . Jest on istotny statystycznie na poziomie  $\alpha = 0,001$ . Zmienność liczby dni z lodem w 61% tłumaczona jest zmiennością  $MIB$  (rys. 2). Wzrost  $MIB$  o jedną jednostkę przejawia się wzrostem liczby dni z lodem na Zalewie Puckim średnio o 0,34 dnia (rys. 2).

Równie silny jest związek maksymalnej grubości lodu z  $MIB$  o współczynniku korelacji wynoszącym  $r = 0,775$ . Zmienność maksymalnej grubości lodu na Zalewie Puckim w 60% wyjaśniona jest zmiennością  $MIB$ , a wzrost  $MIB$  o jedną jednostkę przejawia się wzrostem maksymalnej grubości lodu średnio o 0,13 cm.

Nieznacznie słabszy jest związek długości sezonu lodowego z  $MIB$  o współczynniku korelacji wynoszącym  $r = 0,733$ . Zmienność długości sezonu lodowego w 54% wyjaśniona jest zmiennością  $MIB$ .

Podobny związek występuje między datą zaniku ostatniego lodu i  $MIB$ . Współczynnik korelacji tego związku wynosi  $r = 0,732$ , a współczynnik determinacji 54%.



Rys. 2. Związek między liczbą dni z lodem  $L$  na Zalewie Puckim (Puck) a maksymalnym rocznym zasięgiem lodu na Morzu Bałtyckim  $MIB$  w okresie 1954/55-2017/18

Znacznie słabszy jest związek, podobnie jak na Zalewie Szczecińskim, daty wystąpienia pierwszego lodu z  $MIB$  o współczynniku korelacji wynoszącym  $r = -0,373$ . Jest to korelacja przeciętna o istotności statystycznej już tylko na poziomie  $\alpha = 0,01$ .

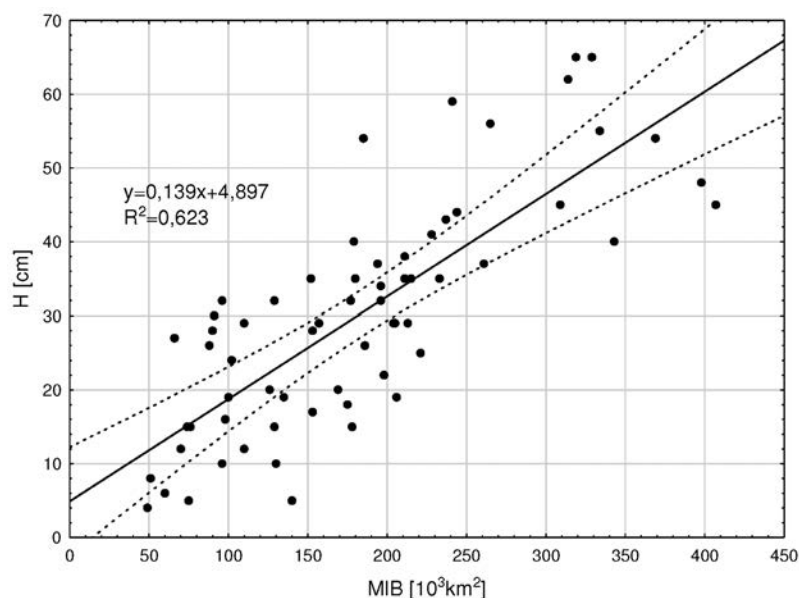
### Zalew Wiślaný

Korelacje parametrów lodowych Zalewu Wiślanego z maksymalnym rocznym zasięgiem lodu na Morzu Bałtyckim ( $MIB$ ), podobnie jak na Zalewie Puckim, są przeważnie bardzo wysokie (tabl. 2). Najsilniejszy związek jest między maksymalną grubością lodu i  $MIB$  o współczynniku korelacji wynoszącym  $r = 0,789$ . Związki te, oprócz daty wystąpienia pierwszego lodu, są istotne statystycznie nawet na poziomie  $\alpha = 0,001$ .

Zmienność maksymalnej grubości lodu na Zalewie Wiślanym jest w 62% wyjaśniana zmiennością  $MIB$  (rys. 3). Wzrost  $MIB$  o jedną jednostkę przejawia się wzrostem grubości lodu średnio o 0,14 cm (rys. 3).

Nieznacznie słabszy jest związek liczby dni z lodem z  $MIB$ , o współczynniku korelacji wynoszącym  $r = 0,767$ . Zmienność liczby dni z lodem w 59% wytłumaczona jest zmiennością  $MIB$ . Wzrost  $MIB$  o jedną jednostkę przejawia się wzrostem liczby dni z lodem na Zalewie Wiślanym średnio o 0,29 dnia.

Słabsze, choć jeszcze istotne statystycznie na poziomie  $\alpha = 0,001$ , są związki daty zaniku ostatniego lodu ( $r = 0,724$ ) i długości sezonu lodowego ( $r = 0,716$ ) z  $MIB$ . Zmienność daty zaniku ostatniego lodu i długości sezonu lodowego na Zalewie Wiślanym odpowiednio w 52% i 51% tłumaczona jest zmiennością  $MIB$ .



Rys. 3. Związek między maksymalną grubością lodu  $H$  na Zalewie Wiślanym (Krynica Morska) a maksymalnym rocznym zasięgiem lodu na Morzu Bałtyckim  $MIB$  w okresie 1954/55-2017/18

Najsłabszy związek, podobnie jak na pozostałych zalewach, dotyczy daty wystąpienia pierwszego lodu z *MIB*. Jest to korelacja słaba ( $r = -0,269$ ) i istotna statystycznie zaledwie na poziomie  $r = 0,05$ . Zmienność daty wystąpienia pierwszego lodu na Zalewie Wiślanym zaledwie w 7% wyjaśniana jest zmiennością *MIB*.

## UWAGI KOŃCOWE

Związki między parametrami lodowymi polskich zalewów przybrzeżnych a maksymalnym rocznym zasięgiem lodu na Morzu Bałtyckim (*MIB*) charakteryzują się przeważnie bardzo wysoką korelacją ( $0,7 \leq r < 0,9$ ) i są istotne statystycznie nawet na poziomie  $\alpha = 0,001$ . Dotyczy to związków z takimi parametrami jak: maksymalna grubość lodu, liczba dni z lodem, długość sezonu lodowego, a na wybrzeżu wschodnim (Zalew Pucki i Zalew Wiślany) również związku z datą zaniku ostatniego lodu. Jedynie związki daty wystąpienia pierwszego lodu z *MIB* są wyraźnie słabsze o współczynnikach korelacji w przedziale od  $-0,269$  do  $-0,357$  i istotności statystycznej na poziomach zaledwie  $\alpha = 0,05$  i  $\alpha = 0,01$ . Te słabe związki wynikają z dużej zmienności (przypadkowości) pojawiania się pierwszego lodu na polskich zalewach przybrzeżnych czy u południowych brzegów Bałtyku [por. 24]. Pierwszy lód może pojawiać się bowiem zarówno już w listopadzie, jak i dopiero w lutym, i jest słabo związany ze stopniem surowości zimy. Tymczasem *MIB* jest ściśle związany z surowością zim. W zimach surowych powierzchnia zalodzenia Morza Bałtyckiego *MIB* zazwyczaj przekraczała wartość 300 000 km<sup>2</sup>, a w zimach bardzo surowych akwen ten był całkowicie (420 000 km<sup>2</sup>) pokryty lodem. Natomiast podczas zim bardzo łagodnych lodem pokryte były tylko północne akweny Bałtyku [1, 21, 23].

Bardzo silne korelacje parametrów lodowych zalewów przybrzeżnych z *MIB* wskazują na to, że warunki lodowe w całym basenie Morza Bałtyckiego mogą być kształtowane przez podobne warunki (tendencje) klimatyczne. Toteż stopień surowości zim na całym Morzu Bałtyckim jest podobny również na południowym wybrzeżu Bałtyku. Według Willetta i Sandersa [za 18] cały Bałtyk zimą (styczeń) jest przeważnie pod wpływem mas powietrza polarno-morskiego.

Najsilniejsze korelacje dotyczące maksymalnej grubości lodu i liczby dni z lodem z wartościami *MIB* wskazują na to, że parametry te, podobnie jak *MIB*, mogą określać warunki lodowe i stopień surowości zim w obrębie całego Bałtyku. Ponadto, najsilniejsze związki korelacyjne mogą mieć znaczenie prognostyczne.

Wcześniej podobne badania związków między parametrami lodowymi ( $P, Z, S, L, H$ ) w obrębie jednego akwenu czy między poszczególnymi akwenami południowego wybrzeża Bałtyku prowadzone były przez Girjatowicza [3, 4, 5]. W cytowanych pracach wykazano, że najsilniejsze związki występują między stacjami położonymi najbliżej siebie w obrębie danego akwenu. Na przykład na Zalewie Szczecińskim współczynniki korelacji między datami wystąpienia pierwszego lodu a liczbami dni z lodem na stacjach w Trzebieży i Podgrodziu wynosiły odpowiednio: 0,997 i 0,972 [5]. Prawie pełna korelacja dotyczyła również parametrów lodowych na Zalewie Wiślanym. Tam współczynnik korelacji między datami zaniku ostatniego lodu na stacjach

Uszakowo i Krasnoflotojskoje wyniósł  $r = 0,978$ , a między długościami sezonu lodowego na stacjach Krynica Morska i Bałtjisk  $r = 0,914$  [3]. Nieznacznie słabsze związki parametrów lodowych występują między poszczególnymi akwenami. Na przykład współczynnik korelacji między liczbami dni z lodem w Świbnie (ujście Wisły) i w Tolkmicku (Zalew Wiślany) wyniósł  $r = 0,942$ , a między maksymalną grubością lodu w Pucku (Zalew Pucki) i w Tolkmicku  $r = 0,921$  [4].

Wyniki badań przedstawione w niniejszej pracy mogą być wykorzystane między innymi do określania lodowych parametrów projektowych budowli hydrotechnicznych planowanych na polskich zalewach przybrzeżnych lub na potrzeby remontu budowli istniejących na tych akwenach.

## LITERATURA

1. Betin V. V.: Ledovyje uslovija v rajonie Baltijskogo Morja i na podchodach k nemu i ich mnogoletnije izmienenija. Trudy GOIN, vyp. 41, 1957.
2. Girjatowicz J. P.: Atlas zlodzenia wód polskiego wybrzeża Bałtyku. Wydawnictwo Akademii Rolniczej, Szczecin 1990.
3. Girjatowicz J. P.: Zjawiska lodowe na Zalewie Wiślanym. Przegląd Geograficzny, T. LXVI, z. 1-2, 1994.
4. Girjatowicz J. P.: Ice conditions on the Southern Baltic Sea coast. Journal of Cold Regions Engineering, 25 (1), 2011.
5. Girjatowicz J. P., Chabior M., Matalewski S.: Zjawiska lodowe na Zalewie Szczecińskim. Czasopismo Geograficzne, LXVI, z. 2, 1995.
6. Janērus K., Jansson J. E. (eds): Climatological ice atlas for the Baltic Sea, Kattegat, Skagerrak and Lake Vanern (1963-1979). Sjöfortsverket, Norrköping, 1982.
7. Korzeniewski K. (red.): Zatoka Pucka. Wydawnictwo Uniwersytetu Gdańskiego, Gdańsk, 1993.
8. Lepparanta M., Palosuo E., Gronvall H., Kalliossaari S., Seina A. and Peltola J.: Phases of the ice season in the Baltic Sea. Finnish Marine Research, 254, Supplement 2, Helsinki, 1988.
9. Łazarienko N. N., Majewski A. (red.): Hydrometeorologiczny ustrój Zalewu Wiślanego. Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, Warszawa, 1975.
10. Łomnicki A.: Wprowadzenie do statystyki dla przyrodników. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa, 2014.
11. Łomniewski K., Mańkowski W., Zaleski J.: Morze Bałtyckie. Państwo-we Wydawnictwo Naukowe, Warszawa, 1975.
12. Majewski A. (red.): Zalew Szczeciński. Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, Warszawa, 1980.
13. Majewski A. (red.): Zatoka Gdańska. Wydawnictwa Geologiczne, Warszawa, 1990.
14. Majewski A., Lauer Z. (red.): Atlas Morza Bałtyckiego. Wydawnictwo Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej, Warszawa, 1994.
15. Malicki J., Miętus M.: Klimat [W:] Atlas Morza Bałtyckiego. Majewski A., Lauer Z. (red.), Wydawnictwo Meteorologii i Gospodarki Wodnej, Warszawa, 1994.
16. Musielak S.: Zalew Pucki jako przykład środowiska sedimentacji lagunowej. [W:] Giżewski J., Mielczarski A. (red), Dynamika litodanamicznego środowiska morskiej strefy brzegowej. Prace IBW PAN, nr 13, cz. 2, 1983.
17. Nowacki J.: Morfometria Zatoki. [W:] Korzeniewski K. (red.), Zatoka Pucka. Wydawnictwo Uniwersytetu Gdańskiego, Gdańsk, 1993.

18. Okołowicz W.: Klimatologia ogólna. Państwowe Wydawnictwo Naukowe. Warszawa, 1969.
19. Preobrażenskij J.V. (red.): Atlas lodow Bałtyckiego Morza i przylegających rajonów. Gidrometeorologičeskoje Izdatelstvo, Leningrad, 1960.
20. Schmelzer N., Holfort J.: Climatological Ice Atlas for the western and southern Baltic Sea (1961-2010). Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie, Hamburg und Rostock, 2012.
21. Seinä A., Palosuo E.: The classification of the maximum annual extent of ice cover in the Baltic Sea 1720-1995. Meri, 27, Report Series of the Finnish Institute of Marine Research, Helsinki, 1996.
22. Seinä A., Peltola J.: Duration of the ice season and statistics of fast ice thickness along the Finnish coast 1961-1990. Finnish Marine Research, 258 Helsinki, 1991.
23. Styszyńska A.: Złodzenie Bałtyku a temperatura powietrza w Polsce. [W:] Klimat Polski na tle klimatu Europy. Warunki termiczne i opadowe. Bednorz E. (red.), Bogucki Wydawnictwo Naukowe, Poznań, 2010.
24. Sztobryn M., Wójcik R., Miętus M.: Występowanie złodzenia na Bałtyku – stan obecny i spodziewane zmiany w przyszłości. [W:] Warunki klimatyczne i oceanograficzne na Bałtyku Południowym. Wibig J., Jakusik E., (red.) Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej – Państwowy Instytut Badawczy, Warszawa, 2012.
25. Time Series Analysis. Section III, Department of Statistics, University Oxford, Oxford, 2010.
26. Zakrzewski W.: Lody na morzach. Wydawnictwo Morskie, Gdańsk, 1983.