

PRZEBIEG I CHARAKTER ZJAWISK LODOWYCH NA RZECIE ŁEBIE

JAN ŁUKASZEWICZ, KAMIL JAWGIEL

Zakład Hydrologii i Gospodarki Wodnej, Wydział Nauk Geograficznych i Geologicznych,
Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu
ul. Dziegielowa 27, 61-680 Poznań

Abstract: This article presents the course and the variability of forms of ice phenomena in selected parts of the river Łeba based on data from the water gauge stations in Miłoszewo, Lebork and Cecenowo between 1960 and 2013. The authors' intention was to elaborate complete characteristics of the ice phenomena course against the changes in the air temperature, as the main factor determining the ice phenomena on the river. Data from meteorological stations in Lębork and Łeba were used to analyse the forms and types of ice in the various parts of the river in its upper, middle and lower courses. The work does not include only natural factors of a significant impact on the course and form of ice phenomena; account has also been taken of the impact of human activity, including the transformation of the river bed to change the form and duration of individual ice phenomena in specific sections of the river. Based on the studies one may conclude that all possible genetic types of ice occurred on the river. Ice edge appeared most frequently with the river freezing only partially (46%). The second most common form was ice cover (21%). There were also ice jams and frazil ice but only in the upper and the lower courses of the river where the impact of human pressure is negligible or altogether non-existent, and the river follows its natural course. In the middle course of the river where a dam has been built (Lębork), ice phenomena such as ice blockage or ice cover do not exist. In the entire 53-year period of the observations, in general there were no effects of the ice on the river in three years. In the remaining 50 years, ice appeared regularly. A very clear downward trend in the number of days in which ice occurred was observed on the river, especially after 1987. This situation is directly related to an increase in the average air temperature in winter.

Keywords: ice phenomena, the Łeba River, variability of air temperature, river ice, human impact

WSTĘP

Zjawiska lodowe są nieodłącznym elementem reżimu rzecznego w Polsce. Intensywność oraz czas trwania zjawisk lodowych, a także ich charakter w sposób szczególny są uzależnione od warunków klimatycznych panujących w dolinie rzecznej, a głównym czynnikiem determinującym powstanie i przebieg zjawisk lodowych na rzece jest temperatura powietrza. Zmiany temperatury wpływają w sposób bezpośredni na czas trwania zjawisk lodowych, a co się z tym wiąże – także na typ genetyczny lodu. Istotny wpływ na przebieg zjawisk lodowych i ich zanik mają także czynniki środowiskowe o znaczeniu lokalnym, takie jak spadek rzeki, jej autochtoniczność, allochtoniczność, oraz czynniki antropogeniczne, np. charakter koryta rzecznego quasi-naturalny, silnie przekształcony bądź sztuczny, który poprzez odpowiednią geometrię, skanalizowanie i uregulowanie udrażnia przepływ kry i ogranicza tworzenie się

zatorów lub pokrywy lodowej na rzece. Przekształcenia antropogeniczne, takie jak zabudowa hydrotechniczna, regulacja koryta, istnienie stopni wodnych, zapór i zbiorników w biegu rzeki, mają równie istotny wpływ na przebieg i charakter zjawisk lodowych jak czynniki naturalne (udział wód podziemnych w zasilaniu rzeki, temperatura wód dopływów czy prędkość płynięcia wody, zależna od nachylenia terenu, budowy dna i brzegów koryta oraz masy spływających wód). Wszystkie te elementy wpływają na charakterystykę termiczną wód, a więc i na tempo ich zamarzania. Wymienione czynniki mogą przyspieszać i wydłużać czas trwania zlodzenia rzeki lub ograniczać jego rozwój, a w skrajnych przypadkach nie dopuszczać do jego zainicjowania. Analogicznie, sąsiednie rzeki mogą znacznie różnić się reżimem lodowym, co więcej – zdarza się, że nawet konkretna rzeka cechuje się różnym przebiegiem zjawisk lodowych w swoim górnym, środkowym i dolnym biegu. Analiza długich ciągów obserwacji wykazała, że zjawiska lodowe nie są do końca poznanym indykátorem zachodzących zmian klimatu (Magnuson i in. 2000). Zjawiska lodowe mają także istotny wpływ na zmianę reżimu hydrologicznego rzeki. Wpływają na modyfikację przepływu rzecznoego oraz prędkość płynięcia wód w korycie rzecznoym. Zjawiska lodowe wyraźnie oddziałują na funkcjonowanie systemu fluwialnego i ekosystemu wodnego, a przejawem jest m.in. brak przepustowości rzek spowodowany wystąpieniem pokrywy lodowej. Ekstremalne warunki zlodzenia na rzekach stanowią element modyfikujący (modelujący) warunki przepływu oraz bytowania w nich różnego rodzaju organizmów, często zaburzając ich cykle życiowe (Allan 1998). Szeroki zakres oddziaływania zjawisk lodowych stał się tematem wielu prac badawczych zarówno w Polsce, jak i za granicą. Początkowe prace badawcze miały charakter czysto poznawczy i dotyczyły form oraz typów genetycznych lodu rzecznoego, a także sposobu jego powstawania. Badania w tym zakresie prowadzili m.in.: Dobrowolski (1923), Lambor (1948, 1959), Gołek (1957, 1964), Pawłowski (1970) i Majewski (1987). Badania zjawisk lodowych z czasem stały się wieloaspektowe i znalazły zastosowanie praktyczne. Było to związane np. z ochroną przeciwpowodziową, szczególnie na odcinkach rzek silnie zagrożonych wystąpieniem powodzi zatorówowych. Badania wpływu antropopresji na przebieg zjawisk lodowych na rzekach prowadzili m.in.: Wokroj (1954), Gołek (1957, 1964), Babiński (1985), Braniecki i Biegała (1985), Majewski (1985, 1987, 2009), Grześ (1991, 1999, 2006), Pawłowski (2008a, b), Sobota (2012) i Banach (1994, 2007). Większość prac dotyczyła środkowego biegu Wisły, szczególnie obszaru znajdującego się w rejonie zbiornika Włocławek. Badania w tym zakresie były prowadzone także na innych rzekach, m.in. na Warcie. Kornaś (2014) wykazała wpływ zmian klimatycznych na skrócenie czasu trwania zjawisk na odcinku Warty w Poznaniu. Podobne wyniki otrzymała Graf (2015), badając zmiany termiki wód Warty w profilu łączącym pradolinny i przełomowy odcinek doliny. Badania wykazały, że w Poznaniu od roku 1991 do 2010 zaobserwowano wzrost temperatury wód rzeki w sezonie zimowym, co

miało bezpośredni wpływ na zmniejszenie liczby dni ze stałą pokrywą lodową. Specyficzną cechą reżimu lodowego rzeki był brak pokrywy lodowej w drugiej dekadzie badanego okresu lub znaczne skrócenie liczby dni ze stałą pokrywą lodową (Graf 2015). Badania przebiegu zjawisk lodowych prowadzono także na zbiornikach wodnych i jeziorach. Prace badawcze prowadzone w tym zakresie przeważnie opisują przebieg zjawisk lodowych w aspekcie zmian klimatycznych (zmiany temperatury powietrza, oddziaływanie NAO) i oddziaływań antropogenicznych. W Polsce badania tego typu prowadzili m.in.: Girjatowicz (2004), Rzętała (2009), Małachowski i Rzętała (2010), Choiński (2007), Choiński i Ptak (2012), Choiński i in. (2013). W pracach wykazano, że nastąpiło skrócenie średniego czasu trwania zjawisk lodowych i pokrywy lodowej oraz zmniejszenie maksymalnej grubości pokrywy lodowej w sezonie zimowym. Gorączko i Pawłowski (2014) wykazali wpływ zbiornika wodnego Jezioro na skrócenie czasu trwania zjawisk lodowych poniżej zbiornika. Podobne wyniki otrzymali Piątek, Solarzski, Rzętała i Pradela (2010), badając przebieg zjawisk lodowych w wybranych antropogenicznych zbiornikach wodnych Wyżyny Katowickiej. Niniejsza praca jest kontynuacją prowadzonych badań i ma na celu poszerzenie stanu wiedzy na temat występowania i przebiegu zjawisk lodowych.

CELE BADAŃ

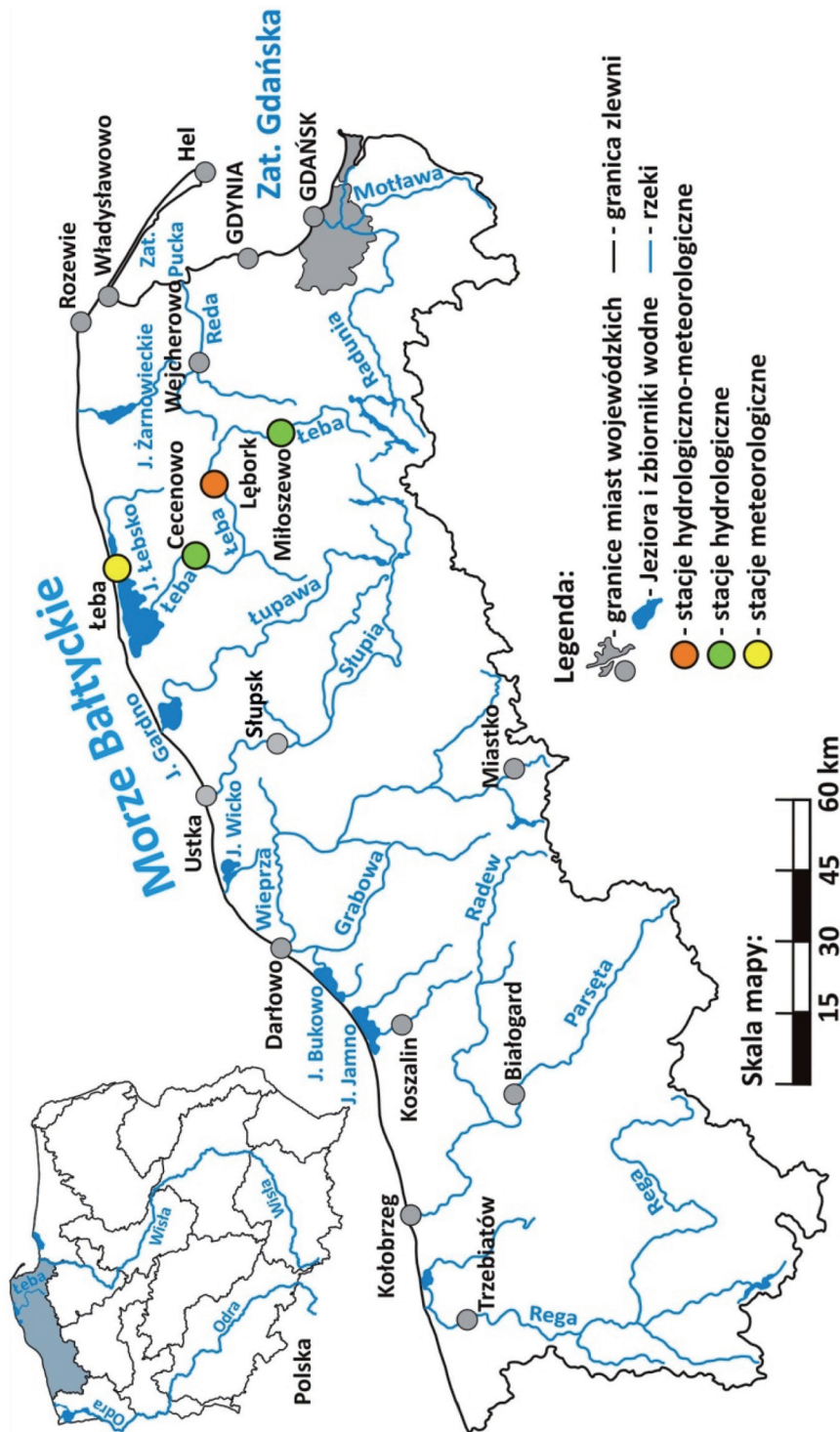
Podstawowym celem przeprowadzonych badań jest przedstawienie przebiegu i zmienności zjawisk lodowych na rzece Łebie na tle zmian temperatury powietrza w latach 1960–2013 tak w ujęciu ogólnym (na całej rzece), jak i regionalnym (na poszczególnych odcinkach rzeki). Celem pracy jest także wskazanie czynników, które mogą wpływać na pojawienie się zjawisk lodowych na rzece, w tym pokrywy lodowej. W pracy zostały wykorzystane metody matematyczne. Na podstawie danych z codziennych obserwacji zjawisk lodowych i temperatur powietrza zostały wyliczone średnie roczne. Autorzy przedstawili przebieg zjawisk lodowych w wybranych latach za pomocą schematycznych wykresów. W pracy pokazano także przebieg i typ poszczególnych zjawisk w ujęciu procentowym, dla lepszego zobrazowania skali zjawiska. W matematycznym opracowaniu danych źródłowych wykorzystano procedury programu Excel firmy Microsoft.

OBSZAR BADAŃ I MATERIAŁY ŹRÓDŁOWE

Łeba jest rzeką Pobrzeża Bałtyckiego. Od północy zlewnia rzeki graniczy ze zlewnią Bałtyku, od zachodu ze zlewnią rzeki Łupawy i Słupi, od południa ze zlewnią rzeki Raduni, a od wschodu ze zlewnią rzeki Redy. Łeba jest rzeką I rzędu, uchodzi do Morza Bałtyckiego, przepływając przez Jezioro Łebskie.

Według regionalizacji fizycznogeograficznej środkowy bieg rzeki, czyli obszar pradoliny Łeby, wyraźnie dzieli ją na dwa makroregiony. Rzeka w swoim górnym biegu znajduje się w makroregionie Pojezierza Południowobałtyckiego, a w środkowym i dolnym biegu w makroregionie Pobrzeża Południowobałtyckiego (Kondracki 2009). Łeba zaliczana jest do rzek małych, tzn. takich, których długość nie przekracza 200 km, a powierzchnia dorzecza 10 000 km² (Gerstmannowa i in. 2001). Całkowita długość rzeki wynosi 117 km, a powierzchnia zlewni 1801,2 km² (*Rocznik hydrograficzny IMGW*). Źródła rzeki znajdują się na Pojezierzu Kaszubskim, na wysokości 170 m n.p.m. na południe od wsi Borzestowo w powiecie kartuskim. W swoim górnym biegu rzeka przepływa przez wiele jezior: Długie, Wielkie, Reskowskie i Sianowskie. Naturalny charakter rzeki został znacznie przekształcony w jej środkowym biegu, co miało związek z regulacją koryta i budową zapory wodnej na odcinku w Lęborku. Rzeka w swoim dolnym biegu znajduje się częściowo w granicy Słowińskiego Parku Narodowego. Odcinek rzeki biegnący bezpośrednio przez terytorium Parku Narodowego ma charakter naturalny.

Cel pracy i związane z nim badania wymagały zgromadzenia oraz wyselekcjonowania odpowiedniego materiału źródłowego. W badaniach hydrologicznych istotna jest długość serii pomiarowych i ich reprezentatywność. W pracy wykorzystano dane pomiarowe zjawisk lodowych z trzech posterunków wodowskazowych znajdujących się w górnym (stacja pomiarowa w Miłoszewie), środkowym (stacja pomiarowa w Lęborku) i w dolnym (stacja pomiarowa w Cecenowie) biegu rzeki. W analizie przebiegu oraz zmienności zjawisk lodowych wykorzystano dobowe pomiary i obserwacje z roczników hydrograficznych Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej-Państwowego Instytutu Badawczego dla lat 1960–1982 i dane dotychczas niepublikowane, a udostępnione przez IMGW-PIB dla lat 1982–2013. Zależność między zmianą temperatury powietrza a pojawianiem się zjawisk lodowych przedstawiono na podstawie danych ze stacji wodowskazowych w Miłoszewie, Lęborku i Cecenowie oraz stacji meteorologicznych w Lęborku i Łebie. Zebrane dane zawierały informacje dotyczące średniej dziennej temperatury powietrza oraz form zlodzenia lodowego, występujących w danym czasie (liczba dni). Na podstawie danych wyliczono średnią roczną temperaturę powietrza dla okresu zimowego dla każdej ze stacji. Charakterystyka zjawisk lodowych obejmuje czas trwania zjawiska podany w dniach oraz analizę form i typów genetycznych zjawisk, jakie pojawiły się na poszczególnych odcinkach rzeki. W pracy zastosowano podział na 9 typów zjawisk lodowych na rzece: 1 – śryż, 2 – kra, 3 – lód brzegowy, 4 – pokrywa lodowa, 5 – zator lodowy, 6 – lód brzegowy i śryż, 7 – lód brzegowy i kra, 8 – śryż i kra, 9 – zator śryżowy. W opisie poszczególnych odcinków rzeki, a także jej położenia i ocenie stopnia antropopresji wykorzystano mapy hydrograficzne i sozologiczne Polski w skali 1 : 50 000, arkusze: N-33-60-A, N-33-60-B, N-33-60-D. Komentarze do mapy zostały opracowane przez prof. Fac-Benede i wydane przez Polkard.



Ryc. 1. Rozmieszczenie stacji wodowskazowych i meteorologicznych na rzece Lebie

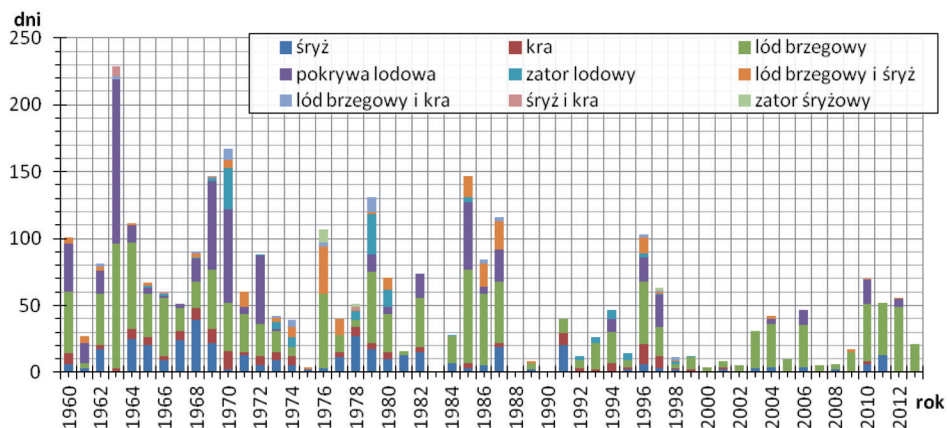
Fig. 1. Distribution of water and weather gauging stations on the Leba River

WYNIKI BADAŃ

Na podstawie przeprowadzonych badań i analiz danych uwzględniających wyniki ze wszystkich posterunków pomiarowych na rzece, na których były prowadzone obserwacje zjawisk lodowych, można stwierdzić, że na Łebie wystąpiły wszystkie możliwe typy genetyczne lodu. Spośród wszystkich form lodu na rzece najczęściej pojawiał się lód brzegowy, a zatem występowało częściowe zamarznięcie rzeki. Okres, w jakim zaobserwowano ten typ lodu rzeczno, wynosił 1340 dni (46%). Drugą najczęściej pojawiającą się formą lodu na rzece była pokrywa lodowa. W badanym okresie zaobserwowano 629 dni ze stałą pokrywą lodową na rzece, co stanowi 21% wszystkich zaobserwowanych form w latach 1960–2013 (ryc. 2).

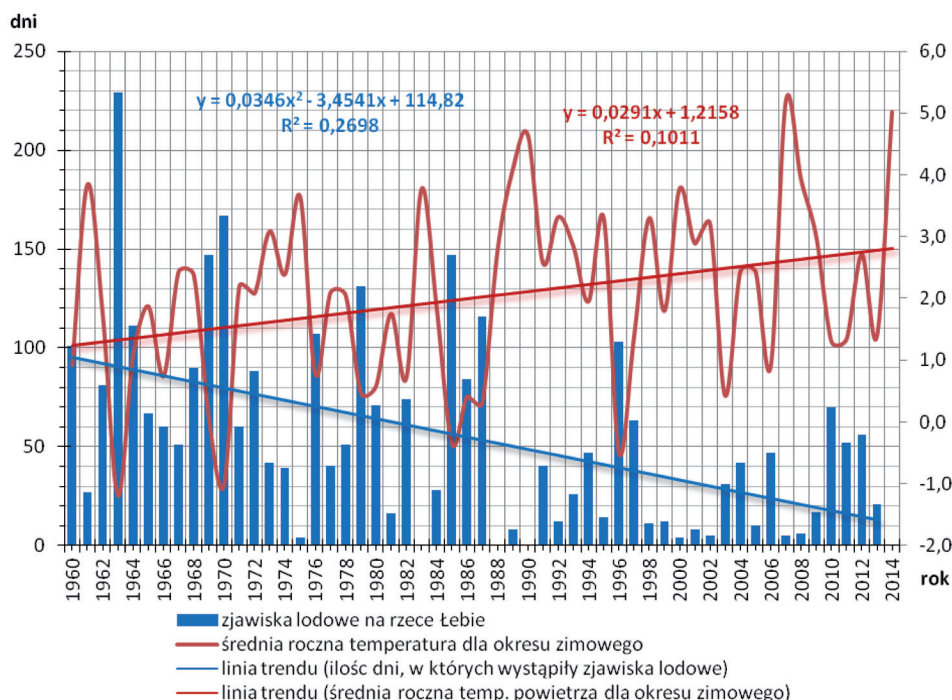
Na trzecim miejscu spośród najczęściej odnotowywanych zjawisk był śryż – 404 dni (14%). Kolejnym zjawiskiem lodowym pojawiającym się na rzece było jednoczesne wystąpienie lodu brzegowego i śryżu – 184 dni (6,3%). Sama kra lodowa pojawiała się przez 179 dni (6,1%). Zator lodowy występował przez 133 dni (4,5%), natomiast zator śryżowy tylko przez 14 dni (0,5%). Lód brzegowy i kra wystąpił jednocześnie przez 45 dni (1,5%). Ostatnim zjawiskiem lodowym odnotowanym na rzece było jednoczesne wystąpienie śryżu i kry – 11 dni (0,4%). Największa liczba dni ze zjawiskami lodowymi odnotowanymi na rzece Łebie przypada na rok 1963 i wynosi 229 dni, natomiast najmniejsza na rok 1975 – 4. Jest to bezpośrednio związane z przebiegiem średniej rocznej temperatury powietrza w okresie zimowym (ryc. 2, 3).

W całym 53-letnim okresie obserwacji przez 3 lata nie odnotowano żadnego zjawiska lodowego na rzece. W pozostałych 50 latach zjawiska lodowe



Ryc. 2. Liczba dni z określonym typem zjawisk lodowych na rzece Łebie w latach 1960–2013

Fig. 2. The number of days with a certain type of ice phenomena on the Leba river in the period of 1960–2013

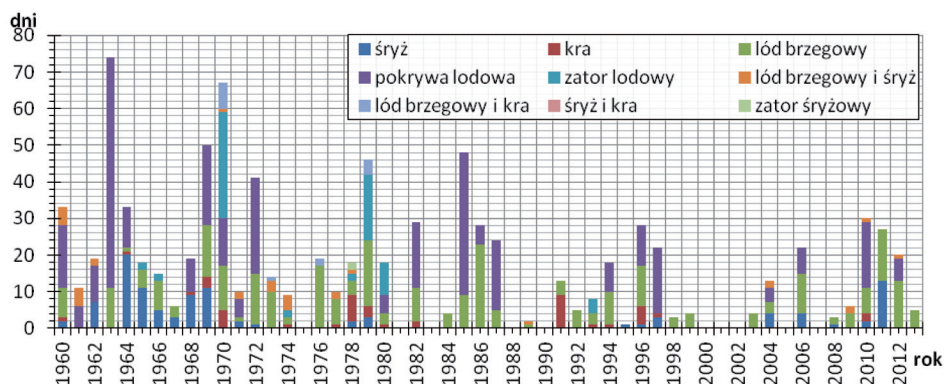


Ryc. 3. Liczba dni ze zjawiskami lodowymi na rzece Łebie w latach 1960–2013 na tle zmian temperatury powietrza

Fig. 3. The number of days with the ice phenomena on the Leba river in the period of 1960–2013 on the background of changes in air temperature

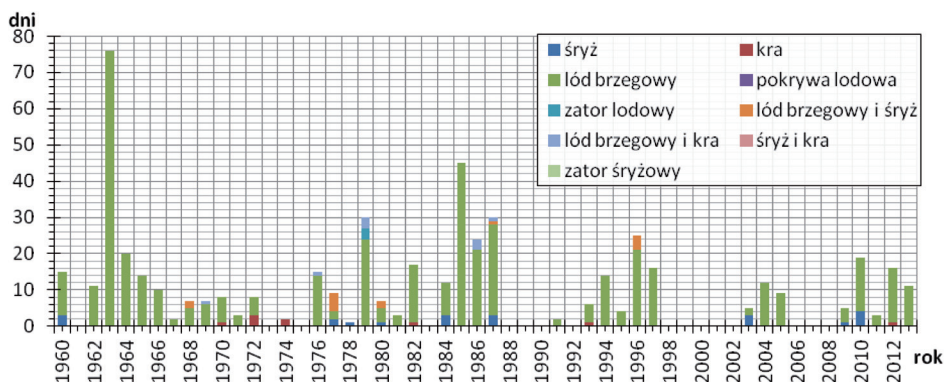
pojawiały się regularnie (ryc. 2, 3). Stacje pomiarowe, na których prowadzono obserwacje, położone są w strefie wpływów Morza Bałtyckiego, którego termiczne oddziaływanie jest istotne dla wydłużenia oraz przesunięcia okresów trwania przejściowych pór roku. W tej strefie wiosna oraz jesień później się zaczynają i później kończą, natomiast zima i lato trwają stosunkowo krótko. Z tego powodu notuje się wolniejszy spadek temperatury powietrza (Baranowski 2008). Obecność Morza Bałtyckiego warunkuje mniejsze wartości dobowe i roczne amplitudy temperatury powietrza oraz mniejsze wahania rozkładu temperatury głównie zimą (Woś 1999), a to ma bezpośredni wpływ na przebieg i czas trwania zjawisk lodowych. Opisany wpływ Bałtyku na zmiany rozkładu temperatury powietrza w trakcie roku jest bezpośrednią przyczyną skrócenia okresu występowania zjawisk lodowych na rzece. Trzymając się tej myśli, można postawić następującą hipotezę: im bliżej Morza Bałtyckiego będziemy prowadzili obserwacje, tym krótszy będzie czas występowania zjawisk lodowych. Hipoteza ta ma potwierdzenie w uzyskanych wynikach (ryc. 4–6).

Porównując liczbę dni ze zjawiskami lodowymi na rzece na stacjach w Cencowie i w Miłoszewie, możemy zaobserwować, że liczba dni ze zjawiskiem



Ryc. 4. Liczba dni z określonym typem zjawisk lodowych na rzece Łebie w latach 1960–2013.
Stacja wodowskazowa w Miłoszewie

Fig. 4. The number of days with a certain type of ice phenomena on the Leba river in the period of 1960–2013. The water station gauges in Miłoszewo

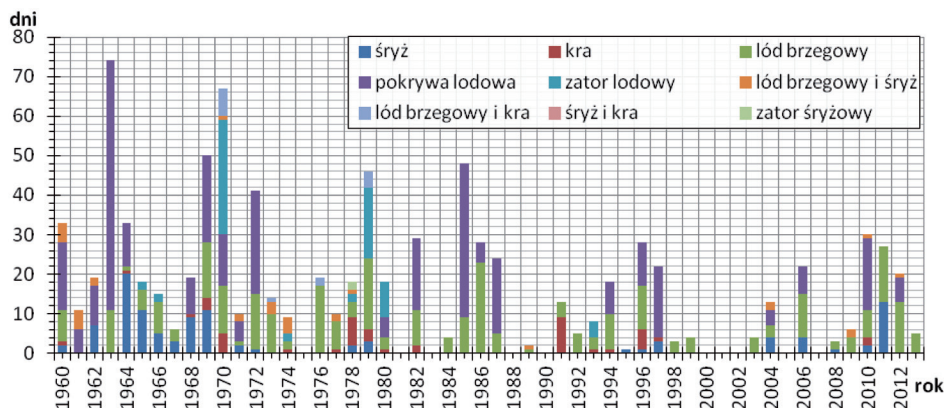


Ryc. 5. Liczba dni z określonym typem zjawisk lodowych na rzece Łebie w latach 1960–2013.
Stacja wodowskazowa w Lęborku

Fig. 5. The number of days with a certain type of ice phenomena on the river Leba in the period of 1960–2013. The water gauging station in Lebork

lodowym na stacji znajdującej się w dolnym biegu rzeki jest mniejsza niż na tej położonej w górnym biegu rzeki (ryc. 4–6). Hipoteza ta nie ma już potwierdzenia przy analizie typów lodu występującego na rzece. Przykładowo, na stacji w Cecenowie zarejestrowano więcej dni z pokrywą lodową niż na stacji w Miłoszewie. Można zatem stwierdzić, że na typ zjawiska lodowego istotny wpływ mają uwarunkowania lokalne, np. przekształcenia antropogeniczne koryta, które mogą nie tylko przyczynić się do skrócenia czasu trwania zjawisk, ale także uniemożliwić powstanie bardziej złożonych form lodu rzeczno-

Hipoteza taka znajduje swoje potwierdzenie, gdy bliżej przyjrzymy się typom zjawisk lodowych na stacji w Lęborku i porównamy je z danymi z innych

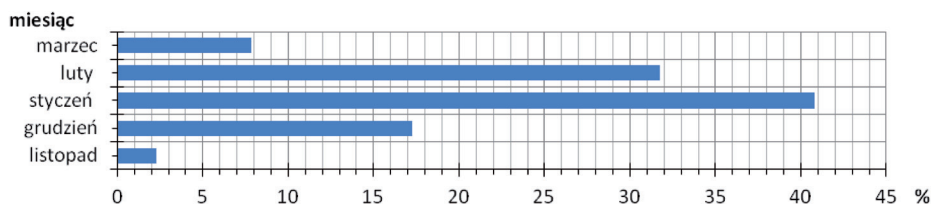


Ryc. 6. Liczba dni z określonym typem zjawisk lodowych na rzece Łebie w latach 1960–2013.
Stacja wodowskazowa w Cecenowie

Fig. 6. The number of days with a certain type of ice phenomena on the Leba river in the period of 1960–2013. The water gauging station in Cecenowo

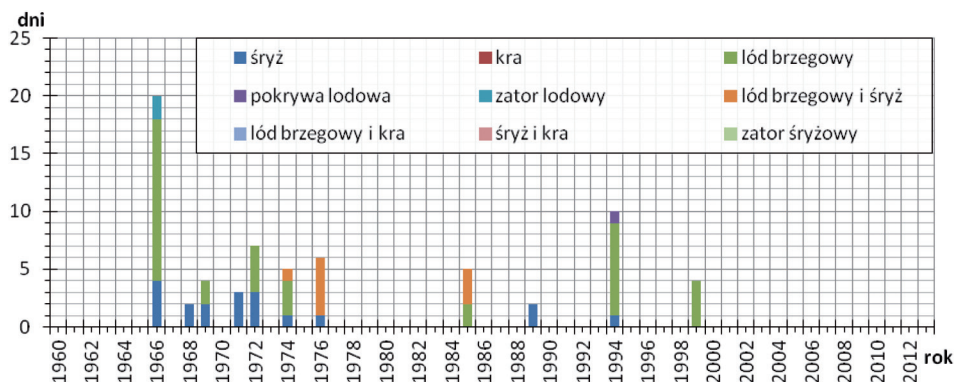
punktów pomiarowych (ryc. 4–6). Jednakże trzeba prześledzić przebieg zjawisk na większej liczbie stacji, aby potwierdzić postawioną wyżej hipotezę. Największa liczba dni, w których zaobserwowano zjawiska lodowe przypada na miesiąc styczeń – 1200 dni (41%), kolejnym miesiącem jest luty – 933 dni (32%), po nim grudzień – 507 dni (17%) i marzec – 231 dni (7,9%). Zjawiska lodowe odnotowywano także w listopadzie – 68 dni (2,3%) (dane dla wszystkich stacji pomiarowych; ryc. 7).

Pierwsze zjawiska lodowe w badanym okresie wielolecia pojawiały się na rzece już w listopadzie. Najczęściej odnotowywanymi formami zjawisk lodowych w tym miesiącu były: lód brzegowy – 37 dni (54,4%), po nim śryż – 19 dni (27,9%) oraz jednocześnie pojawienie się lodu brzegowego i śryżu – 9 dni (13,2%) (ryc. 8). W listopadzie pojawiła się także pokrywa lodowa – 1 dzień (1,5%) w górnym biegu rzeki na stacji pomiarowej w Miłoszewie i zator



Ryc. 7. Intensywność zjawisk lodowych na rzece Łebie w poszczególnych miesiącach okresu zimowego 1960–2013 [%]

Fig. 7. The intensity of the ice phenomena on the Leba river in individual winter months in the period 1960–2013 [%]



Ryc. 8. Liczba dni z określonym typem zjawisk lodowych na rzece Łebie w listopadzie w latach 1960–2013

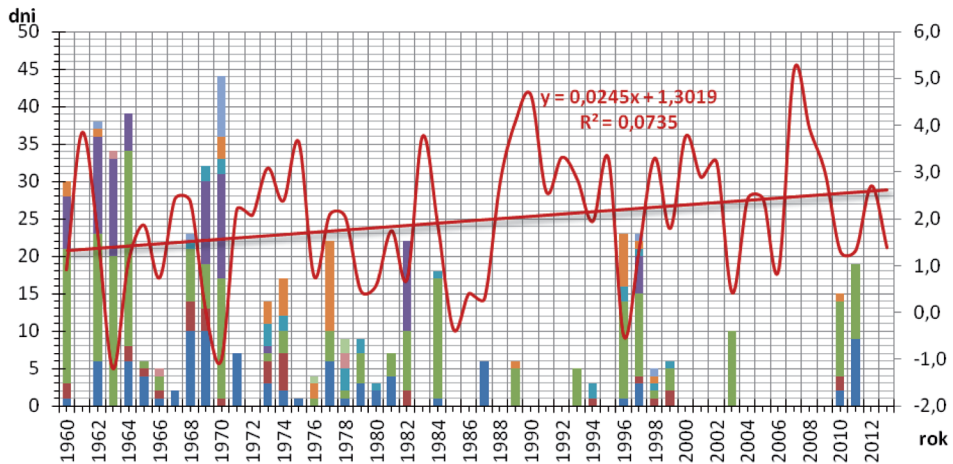
Fig. 8. The number of days with a certain type of ice phenomenas on the Leba river in November in the years 1960–2013

lodowy – 2 dni (2,9%) w dolnym biegu rzeki na stacji pomiarowej w Cecenowie. Zjawiska lodowe w listopadzie wystąpiły tylko na odcinkach, na których rzeka zachowała swój naturalny pierwotny charakter. W środkowym biegu rzeki, na stacji pomiarowej w Lęborku, zjawisk lodowych w listopadzie nie odnotowano. W grudniu zjawiska lodowe odnotowywano na wszystkich stacjach pomiarowych. Najwięcej dni ze zjawiskami lodowymi odnotowano w górnym biegu rzeki na stacji w Miłoszewie – 282 dni (55,7%), następnie w dolnym biegu rzeki na stacji w Cecenowie (strefa buforowa Słowińskiego Parku Narodowego) – 144 dni (28,5%). Najmniejszą liczbę dni ze zjawiskiem lodowym zaobserwowano na stacji w Lęborku – 81 dni (15,8%).

Grudzień jest jedynym miesiącem, w którym wystąpiły wszystkie typy genetyczne zjawisk lodowych na rzece, a najczęściej odnotowywanym typem zjawiska lodowego w tym miesiącu był lód brzegowy – 509 dni (42,4%) (ryc. 9).

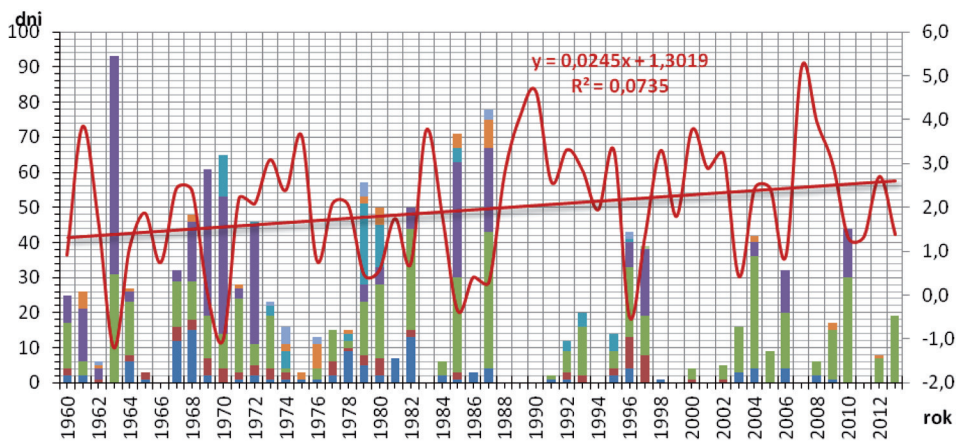
W grudniu zjawiska lodowe obserwowano na wszystkich stacjach, ale formy lodu na poszczególnych stacjach były zróżnicowane (ryc. 4–6). Najmniejszą różnorodność typów lodu na rzece wykazują pomiary wykonane na stacji w Lęborku (ryc. 5). Styczeń jest miesiącem, w którym odnotowano największą liczbę zjawisk lodowych na rzece – 1200 dni (41%). Styczeń jest też miesiącem, w którym odnotowano największą liczbę dni ze stałą pokrywą lodową na rzece – 358 (29,8%) (ryc. 10).

W styczniu zaobserwowano także najwięcej dni z zatory lodowych na rzece – 75 (6,3%). Zatory te mógł spowodować spływ kry lodowej, która występowała przez 75 dni. W lutym rozkład zjawisk lodowych kształtuje się bardzo podobnie do tych zachodzących w styczniu. Główne formy lodu na rzece to lód brzegowy i pokrywa lodowa (ryc. 11). W tych miesiącach bardzo często obserwowano także śryż.



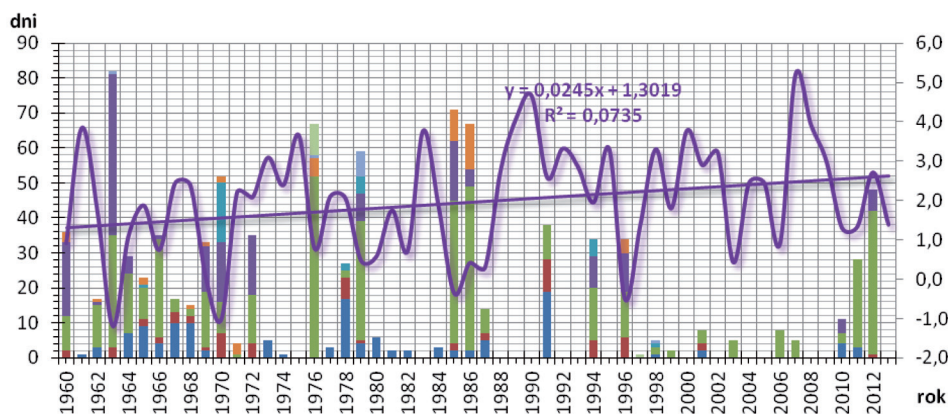
Ryc. 9. Liczba dni z określonym typem zjawisk lodowych na rzece Łebie w grudniu z uwzględnieniem zmian średniej rocznej temperatury powietrza dla okresu zimowego (śr. ze stacji pomiarowych w Łebie i Łęborku)

Fig. 9. The number of days with a certain type of ice phenomena on the Leba river in December, taking into account the changes in the average annual air temp. for winter period (avg. of water gauging stations in Leba and Lebork)



Ryc. 10. Liczba dni z określonym typem zjawisk lodowych na rzece Łebie w styczniu z uwzględnieniem zmian średniej rocznej temperatury powietrza dla okresu zimowego (śr. ze stacji pomiarowych w Łebie i Łęborku)

Fig. 10. The number of days with a certain type of ice phenomena on the Leba river in January, taking into account changes in mean annual air temperature for winter period (avg. of water gauging stations in Leba and Lebork)

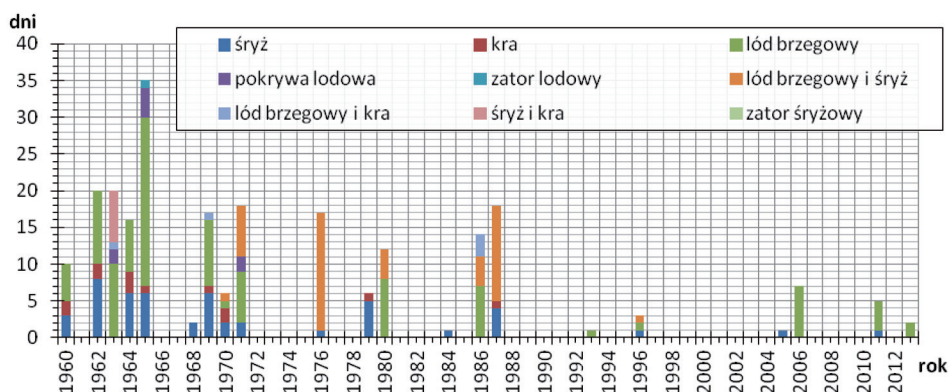


Ryc. 11. Liczba dni z określonym typem zjawisk lodowych na rzece Lebie w lutym z uwzględnieniem zmian średniej rocznej temperatury powietrza dla okresu zimowego (śr. ze stacji pomiarowych w Lebie i Lęborku)

Fig. 11. The number of days with a certain type of ice phenomena on the river Leba in February includes the changes in the average annual air temp. for winter period (avg. water gauging stations in Leba and Lębork)

Ostatnim miesiącem, w którym odnotowano zjawiska lodowe na rzece, jest marzec. W tym miesiącu większość zjawisk zanika, przeważnie w jego pierwszej połowie. W marcu dominującą formą był lód brzegowy – 102 dni (44,2%), a także lód brzegowy i śręż. Obie formy występowały jednocześnie przez 46 dni (19,9%). Sam śręż występował przez 49 dni (21,2%) (ryc. 12).

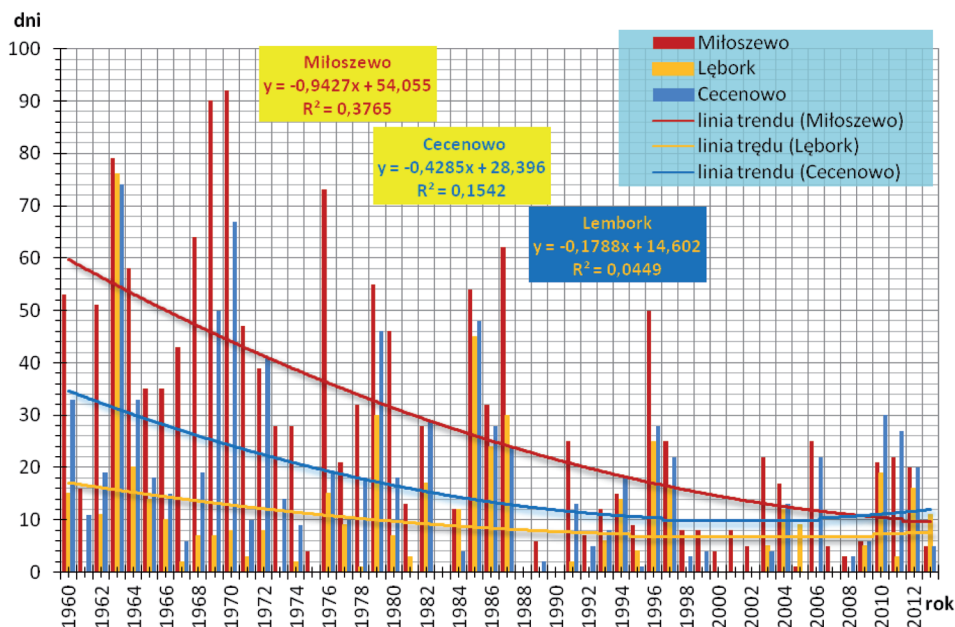
Analizując zaobserwowany przebieg zjawisk lodowych z uwzględnieniem poszczególnych punktów pomiarowych, można stwierdzić, że najwięcej ich



Ryc. 12. Liczba dni z określonym typem zjawisk lodowych na rzece Lebie w marcu w latach 1960–2013

Fig. 12. The number of days with a certain type of ice phenomena on the Leba river in March during the years 1960–2013

wystąpiło w górnym biegu rzeki, na stacji wodowskazowej w Miłoszewie (95 km biegu rzeki, wysokości 123,28 m). Rzeka w swoim górnym biegu zachowała naturalny charakter, co sprzyja tworzeniu się zjawisk lodowych na tym odcinku. Najmniejszą liczbę zjawisk zaobserwowano w środkowym biegu rzeki na stacji wodowskazowej w Lęborku (ryc. 13). Odcinek ten charakteryzuje się największym stopniem antropopresji. Koryto rzeczne na tym odcinku zostało uregulowane. Wybudowano także zaporę wodną, która może mieć znaczny wpływ na zmianę czasu trwania zjawisk lodowych, jak i na zmianę typów lodu występującego na rzece (Fac-Beneda, arkusze map hydrograficznych i sozologicznych). Odcinek rzeki położony przy posterunku wodowskazowym w Cecenowie charakteryzuje się naturalnym, nieprzekształconym przez działalność ludzką charakterem. Stacja wodowskazowa w Cecenowie graniczy w sposób bezpośredni ze Słowińskim Parkiem Narodowym. Jest to teren objęty szczególną ochroną ze względu na jego walory przyrodnicze i krajobrazowe (Fac-Beneda, arkusze map hydrograficznych i sozologicznych). Na posterunku wodowskazowym w Cecenowie odnotowano aż osiem typów lodu na rzece. Stała pokrywa lodowa była najczęściej obserwowaną formą zjawiska lodowego – 340 dni (37,9%). Jest to odcinek rzeki, na którym odnotowano największą liczbę dni z pokrywą lodową. W górnym biegu rzeki na stacji wodowskazowej w Miłoszewie odnotowano 289



Ryc. 13. Liczba dni ze zjawiskami lodowymi na rzece Łebie w latach 1960–2013
z uwzględnieniem podziału na stacje pomiarowe

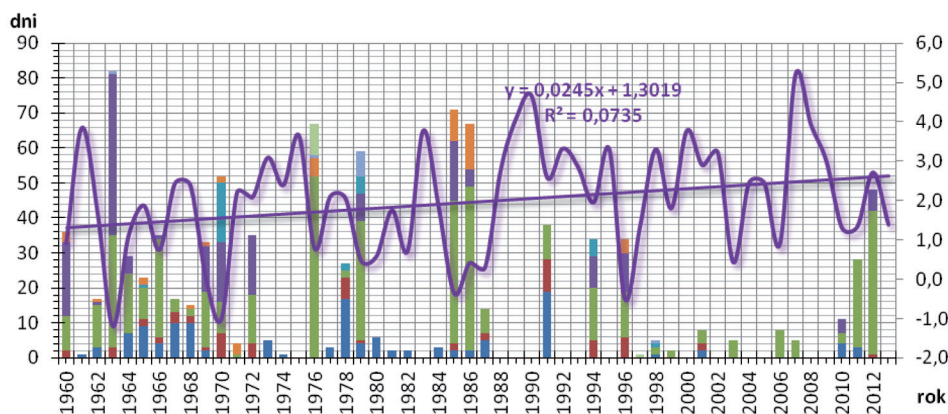
Fig. 13. The number of days with the phenomena of ice on the Leba river in the years 1960–2013
the division into water gauging stations

dni z pokrywą lodową (19%), aż o 51 dni mniej niż w jej dolnym biegu. Natomiast na stacji pomiarowej w Łęborku nie zaobserwowano porywy lodowej w całym badanym okresie. Obszar w dolnym biegu rzeki położony w sąsiedztwie i na terytorium parku narodowego jest najbardziej miarodajny, jeśli chcielibyśmy przeanalizować przebieg zjawisk lodowych na rzece, uwzględniając tylko aspekt zmian klimatycznych. Wpływ innych czynników poza naturalnymi jest ograniczony do minimum, a aspekt zmian klimatycznych daje najlepszy obraz przebiegu typów i form zjawisk. Najbardziej zróżnicowany pod względem typów i form lodowych na rzece jest odcinek w Miłoszewie. Wystąpiło tam 9 typów zjawisk lodowych, najmniej zaś w Łęborku – 5 typów lodu (ryc. 4–6).

Na każdej ze stacji zauważalny jest wyraźny spadek liczby dni ze zjawiskiem lodowym po roku 1987 (ryc. 13). W większości przypadków różnica ta wynosi prawie miesiąc, a liczba dni z obserwowanymi zjawiskami w dwóch ostatnich dekadach spadła prawie o połowę. Sytuacja ta jest spowodowana znacznym wzrostem średniej rocznej temperatury powietrza w okresie zimowym. Linie trendu zamieszczone na wykresie w sposób obrazowy przedstawiają tę zależność (ryc. 2, 9–11, 13). W badanym okresie obserwuje się wyraźny dodatni trend w przebiegu temperatury powietrza. Konsekwencją tego jest wyraźny spadek liczby dni ze zjawiskiem lodowym w roku. Nie ma to bezpośredniego wpływu na typ zjawisk lodowych występujących na rzece, szczególnie na odcinkach słabo przekształconych działalnością antropogeniczną lub naturalnych. Na tych odcinkach pokrywa lodowa występuje także po roku 1987, ale liczba dni z pokrywą lodową znacznie spadła (ryc. 4–6). Wzrost średniej rocznej temperatury powietrza odnotowany w okresie zimowym nie ma także większego wpływu na grubość pokrywy lodowej ani innych form lodu obserwowanego na rzece. Obserwacje średniej grubości pokrywy lodowej wykazały bardzo niewielkie różnice w miąższościach przed i po 1987 r. (ryc. 14, 15).

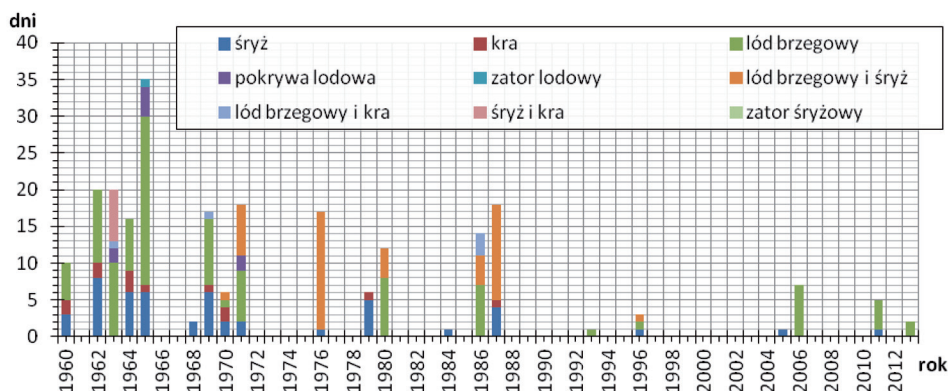
Otrzymane wyniki wykazują dużą zgodność z badaniami przeprowadzonymi przez Choińskiego, Ptaka i Skowrona (2014), którzy badając tendencje zmian zjawisk lodowych jezior Polski w latach 1951–2010, także wykazali, że w układzie przestrzennym odnotowano spadek czasu trwania zjawisk lodowych, a zmiany miąższości pokrywy lodowej były stosunkowo niewielkie. Podobne wyniki dla krótszych okresów analiz otrzymali Marszelewski i Skowron (2006) oraz Skowron (2011). Przeprowadzone badania wykazały, że należy bardzo ostrożnie interpretować krótsze zapisy dla obserwacji tego typu zjawisk. W wieloleciu 1951–2010 obie charakterystyki, czyli zarówno czas występowania pokrywy lodowej, jak i jej grubość na jeziorach wykazują względną stabilność (Choiński i in. 2014). Na rzece Łebie także obserwuje się wyraźny spadek liczby dni z odnotowanym zjawiskiem lodowym, ale grubość pokrywy lodowej i typ lodu występującego na rzece są względnie stabilne.

Na przebieg i charakter zjawisk lodowych mają wpływ nie tylko warunki klimatyczne, w szczególności przebieg temperatury powietrza. Należy jednak



Ryc. 14. Średnia grubość lodu na stacji wodowskazowej w Cecenowie

Fig. 14. The average thickness of the ice at the water gauging station in Cecenowo



Ryc. 15. Średnia grubość lodu na stacji wodowskazowej w Miłoszewie

Fig. 15. The average thickness of the ice at the water gauging station in Miłoszewo

podkreślić, że jest to jeden z głównych czynników, co znajduje swoje potwierdzenie w przeprowadzonych badaniach. Znaczny wpływ ma także sposób zasilania rzeki. Rzeki takie jak Łeba, położone w pasie Pobrzeży Południowobałtyckich, charakteryzują się zdecydowaną przewagą zasilania podziemnego (70–75%) nad zasilaniem powierzchniowym (Orszynowicz 1973; Paszczyk, 1975; Bogdanowicz 2004). W przypadku rzeki Łeby zasilanie odpływu całkowitego wodami podziemnymi wynosi nawet 80% (Wrzeński, Brychczyński 2014). Zasilane wody w rzece względnie ciepłymi wodami podziemnymi może ograniczać powstawanie zjawisk lodowych. Czynniki te w znacznym stopniu może wpływać na pojawianie się i przebieg zjawisk lodowych w okresie zimowym. Zrzuty ciepłych wód lub ścieków także mogą ograniczać powstawanie zjawisk lodowych na rzece. Istnieje duże prawdopodobieństwo zaniku wielu

form lodu na odcinku w Łęborku ze względu na wyżej wymienione czynniki. Nie zostały one dokładnie zbadane w tej pracy, a należałoby podjąć badania nad ich wpływem na częstość pojawiania się zjawisk lodowych na rzece Łebie, szczególnie na tym odcinku.

PODSUMOWANIE I DYSKUSJA

Przeprowadzone badania wykazały znaczny spadek liczby dni ze zjawiskami lodowymi na rzece Łebie. Ten ujemny trend szczególnie widoczny jest po 1987 r., kiedy liczba dni z odnotowanym na rzece zjawiskiem lodowym spadła prawie o połowę. Bezpośrednią przyczyną tego zjawiska jest odnotowany dodatni trend w przebiegu temperatury powietrza. Obserwuje się znaczny wzrost średniej rocznej temperatury powietrza dla okresu zimowego zarówno na stacji meteorologicznej w Łebie, jak i Łęborku. Wzrost temperatury powietrza w sposób bezpośredni wpływa na przebieg oraz czas trwania zjawiska lodowego na rzece, co znajduje swoje potwierdzenie na każdym jej odcinku, zarówno w górnym, środkowym, jak i dolnym biegu. Przeprowadzone badania i uzyskane wyniki znajdują potwierdzenie w innych opracowaniach. W ostatnich latach obserwuje się wyraźny wzrost temperatury powietrza w strefie brzegowej Bałtyku. Potwierdziły to badania Filipiaka (2004), mianowicie w drugiej połowie XX w. na obszarze Pomorza wystąpił dodatni trend temperatury powietrza m.in. w sezonie zimowym. Kożuchowski (2000, 2011), analizując przebieg temperatury powietrza na obszarze Polski w latach 1959–1968 i 1989–1998 wykazał, że nastąpił rozwój oceanizmu klimatycznego, który spowodował złagodzenie zimy w asie Półwyspu Południowobałtyckiego. Badania Kirschenstein i Baranowskiego (2009), a także Kirschenstein i Łukaszewicza (2014) również potwierdzają wzrost temperatury powietrza zimą w obszarze Koszalina w latach 1950–2007. Wzrost temperatury powietrza w dwóch ostatnich dekadach potwierdzają też dane przedstawione w niniejszej pracy. Wyniki przedstawiające wyraźny spadek liczby dni ze zjawiskiem lodowym na rzece Łebie pokrywają się z wynikami innych autorów prowadzących badania w podobnym zakresie na obszarze Polski. Kornaś (2014) badając zjawiska lodowe na rzece Warcie w Poznaniu, także zaobserwowała tendencję spadkową w czasie trwania zjawisk lodowych, wywołaną wzrostem temperatury powietrza w ostatnich dekadach. Badania przeprowadzone przez Graf (2015) dla rzeki Warty w okresie 1999–2010 również potwierdzają tę tendencję. Bardzo zbliżone wyniki otrzymali Gorączko (2013) i Pawłowski (2014), badając przebieg oraz zmienność zjawisk lodowych w rejonie Bydgoszczy i na Warcie, w regionie Uniejowa. Stacje wodowskazowe w okolicach, w których były prowadzone obserwacje zjawisk lodowych na rzece Łebie położone są w charakterystycznych punktach rzeki – w jej górnym, środkowym i dolnym biegu. Stacja w Łęborku wyróżnia się na tle innych. Typy zjawisk lodowych na stacji są

znacznie mniej zróżnicowane, a czas trwania zjawisk najkrótszy. Odcinek rzeki w Łęborku został uregulowany i występuje na nim zaporą wodną, która może modyfikować przebieg i charakter zjawisk lodowych. Sergeevich (2009) wykazał, że budowa zapór i zbiorników zaporowych wpływa na przebieg i występowanie zjawisk lodowych. Badania wykazały, że w dolnym biegu rzeki poniżej zapory zjawiska lodowe pojawiają się 5 do 9 dni później, a zanikają od 30 do 36 dni wcześniej niż w górnym biegu rzeki i na odcinkach nieuregulowanych. Jest to bardzo istotna zmiana w czasie trwania zjawisk lodowych na rzece. Gorączko i Pawłowski (2014) otrzymali podobne rezultaty, badając przebieg zjawisk lodowych po wybudowaniu zbiornika zaporowego Jeziorsko w rejonie Uniejowa. Wykazali, że zbiornik zaporowy zatrzymując rumowisko i zawieszinę rzeczną, zaburza naturalny przepływ w obrębie koryta. Rzeką tracąc w dolnym biegu materiał rumowiskowy nie ma naturalnych jąder kondensacji, które mogłyby sprzyjać tworzeniu się lodu. Wpływ działalności antropogenicznej na występowanie zjawisk lodowych na rzece Łebie nie został jeszcze dostatecznie rozpoznany i wymaga przeprowadzenia kolejnych badań. Na podstawie wykonanych analiz można stwierdzić, że im mniejszy stopień antropopresji w dolinie rzecznej, tym większe prawdopodobieństwo wystąpienia zjawiska lodowego na rzece.

LITERATURA

- Allan J.D., 1998: *Ekologia wód płynących*, Wyd. Nauk. PWN, Warszawa.
- Babiński Z., 1985: *Hydromorfologiczne konsekwencje regulacji Wisły*, Przegląd Geograficzny, 57, 4, 471–486.
- Banach M., 1994: *Morfodynamika strefy brzegowej zbiornika Włocławek*, PAN, Wrocław–Warszawa–Kraków.
- Banach M., 2007: *O zachwianiu procesu ewolucji brzegów zbiornika Włocławek*, Słupskie Prace Geograficzne nr 3, Wyd. Akademii Pomorskiej w Słupsku, Słupsk.
- Baranowski D., 2008: *Warunki klimatyczne Ustki*, Słupskie Prace Geograficzne nr 5, Wyd. Akademii Pomorskiej w Słupsku, Słupsk, 101–111.
- Bogdanowicz R., 2009: *Zasoby rzek Przymorza i ich zmienność*, [w:] R. Bogdanowicz, J. Fac-Beneda (red.), *Zasoby i ochrona wód – Obieg wody i materii w zlewniach rzecznych*, Fundacja Rozwoju Uniwersytetu Gdańskiego, Gdańsk, 47–62.
- Braniecki A., Biegała L., 1985: *Charakterystyka przebiegu zlodzenia Wisły przed i po spiętrzeniu stopniem Włocławek*, [w:] W. Majewski (red.), *Powódź zatorowa na Wiśle w rejonie Zbiornika Włocławek w zimnie 1982 r.*, Komitet Gospodarki Wodnej PAN, Seria Monografie, Wyd. Geologiczne, Warszawa, 50–67.
- Choiński A., 2007: *Examples of variation in ice cover thickness in mountain and lowland lakes in Poland*, Limnological Review, 7, 1, 11–18.
- Choiński A., Ławniczak A., Ptak M., 2013a: *Charakterystyka zlodzenia jezior Wielkopolskiego Parku Narodowego i jego otuliny*, Badania Fizjograficzne, A 63, PTPN, Poznań, 39–50.
- Choiński A., Ptak M., 2012: *Variation in the ice cover thickness on Lake Samołęskie as a result of underground water supply*, Limnological Review, 12, 3, 133–138.
- Choiński A., Ptak M., Skowron R., 2014: *Tendencje zmian zjawisk lodowych jezior Polski w latach 1951–2010*, Przegląd Geograficzny, 86, 1, 23–40.

- Choiński A., Ptak M., Strzelczak A., 2013b: *Areal variation in ice cover thickness on like Morskie Oko (Tatra Mountains)*, Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences, 8, 3, 97–102.
- Dobrowolski A.B., 1923: *Historia naturalna lodu*, Wyd. Kasy Pomocy im. J. Mianowskiego, Warszawa.
- Fac-Beneda J., 2005: *Komentarz do Mapy hydrograficznej Polski w skali 1 : 50 000, arkusz N-33-60-A Łębork Zachód*, Główny Geodeta Kraju, Polkart, Rzeszów.
- Fac-Beneda J., 2005: *Komentarz do Mapy hydrograficznej Polski w skali 1 : 50 000, arkusz N-33-60-B Łębork Wschód*, Główny Geodeta Kraju, Polkart, Rzeszów.
- Filipiak J., 2004: *Zmienność temperatury powietrza na Wybrzeżu i Pojezierzu Pomorskim w drugiej połowie XX w*, Wyd. IMGW, Warszawa.
- Gerstmannowa E., Florek E., Konarski P., 2001: *Walory i zagospodarowanie turystyczne parku*, [w:] E. Gerstmannowa (red.), *Materiały do monografii przyrodniczej regionu gdańskiego. Tom. 5. Park Krajobrazowy Dolina Słupi*, Wyd. Gdańskie, Gdańsk.
- Gerstmannowa E., Zalewski W., 2001: *Plan ochrony Parku Krajobrazowego „Dolina Słupi” (PKDS) – synteza ustaleń*, [w:] E. Gerstmannowa (red.), *Materiały do monografii przyrodniczej regionu gdańskiego. Tom 5. Park Krajobrazowy Dolina Słupi*, Wyd. Gdańskie, Gdańsk.
- Girjatowicz J.P., 2004: *Lodowe warunki polskich jezior przybrzeżnych*, Przegląd Geograficzny, 76, 1, 45–60.
- Gólek J., 1957: *Zjawiska lodowe na rzekach polskich*, Prace PIHM, 48, Wyd. Komunikacyjne, Warszawa.
- Gólek J., 1964: *Złodzenie rzek polskich*, Prace PIHM, 63, Wyd. Komunikacyjne, Warszawa.
- Gorączko M., 2013: *Zmienność przebiegu zjawisk lodowych na Wiśle w rejonie Bydgoszczy*, Prz. Nauk. Inż. Kszt. Środ., 62, 2013 [Sci. Ev. Eng. Env. Sci., 62, 2013].
- Gorączko M., Pawłowski B., 2014: *Przebieg zjawisk lodowych na Warcie w rejonie Uniejowa*, t. 3, Biuletyn Uniejowski, Uniejów.
- Graf R., 2015: *Zmiany termiki wód Warty w profilu łączącym pradolinny i przełomowy odcinek doliny (Nowa Wieś Podgórna–Śrem–Poznań)*, [w:] D. Absalon, M. Matysik, M. Ruman (red.), *Nowoczesne metody i rozwiązywanie w hydrologii i gospodarce wodnej*, Monografie Komisji Hydrologicznej PTG, Komisja Hydrologiczna PTG, PTG Oddział Katowice, 177–194.
- Grześ M., 1991: *Zatory i powodzie zatorowe na dolnej Wiśle – mechanizmy i warunki*, IGiPZ PAN, Warszawa.
- Grześ M., 1999: *Rola zjawisk lodowych w kształtowaniu koryta dolnej Wisły*, Acta Universitatis Nicolai Copernici, Nauki Matematyczno-Przyrodnicze, Seria Geografia nr 103, Wyd. UMK, Toruń, 113–128.
- Grześ M., Pawłowski B., 2006: *Metody identyfikacji zatorowych odcinków rzek*, [w:] P. Gierszewski, M.T. Karasiewicz (red.), *Idee i praktyczny uniwersalizm geografii: geografia fizyczna*, Dokumentacja Geograficzna, 32, IGiPZ PAN, Warszawa, 94–98.
- Kirschenstein M., Baranowski D., 2009: *Wahania roczne i tendencje zmian temperatury powietrza w Koszalinie*, Słupskie Prace Geograficzne nr 6, Wyd. Akademii Pomorskiej w Słupsku, Słupsk, 167–178.
- Kirschenstein M.C., Łukaszewicz J.T., 2014: *Ekologiczne problemy osobo ochranjaemich pryrodnich territorii. Charakterystyka temperatury wozducha i atmosfericznych osadkow, a takze anomalii temperatury i osadkow w Koszalinie*, [w:] Aktualnyje nauczno-techniczeskie i ekologiczeskie problemy sochranienia sredy obntanija, Сборник научных статей Международной научно-практической конференции Часть II 23–25 апреля 2014 г., Брест: 119–128., ISBN 978-985-493-286-6, ISBN 978-9850483-288-0 (Ч.II).
- Kondracki J., 2009: *Geografia regionalna Polski*, Wyd. Nauk. PWN, Warszawa.
- Kornaś M., 2014: *Ice phenomena in the Warta River in Poznań in 1961–2010*, Questiones Geographice, 33, 1, 51–59.
- Kożuchowski K. (red.), 2000: *Pory roku w Polsce. Sezonowe zmiany w środowisku a wieloletnie tendencje klimatyczne*, UE, Łódź.

- Kożuchowski K., 2011: *Klimat Polski. Nowe spojrzenie*, Wyd. Nauk. PWN, Warszawa.
- Lambor J., 1948: *Geneza lodu prądowego i jego pojawianie się na rzekach środkowoeuropejskich zlewiska Morza Bałtyckiego*, Wiadomości Służby Hydrologiczno-Meteorologicznej, 1, 3, Warszawa, 213–244.
- Lambor J., 1959: *Zjawiska lodowe na śródlądowych drogach wodnych w Polsce*, Prace i Studia Komitetu Gospodarki Wodnej, Prace Hydrologiczne, 2, 1, Warszawa, 121–138.
- Machowski R., Rzętała M., 2010: *Złodzenie zbiorników wodnych w Kotlinie Dąbrowskiej*, Acta Geographica Silesiana, vol. 7, 43–47.
- Magnuson J.J., Robertson D.M., Benson D.J., Wynne R.H., Livingstone D.M., Arai T., Assel R.A., Barry R.G., Card V., Kuusisto E., Granin N.G., Prowse T.D., Stewart K.M., Vuglinski V.S., 2000: *Historical trends in lake and river ice cover in the Northern Hemisphere*, Science, 289, 1743–1746.
- Majewski W., 1985: *Opory przepływu wywołane pokrywą lodową*, [w:] W. Majewski (red.), *Powódź zatorowa na Wiśle w rejonie zbiornika „Włocławek” w zimie 1982 r.*, Komitet Gospodarki Wodnej PAN, Seria Monografie, Wyd. Geologiczne, Warszawa, 218–225.
- Majewski W., 1987: *Wpływ pokrywy lodowej na charakterystykę hydrauliczną zbiorników przepływowych na rzekach nizinnych na przykładzie zbiornika Włocławek*, Prace Instytutu Budownictwa Wodnego PAN nr 15, Gdańsk.
- Majewski W., 2009: *Przepływy w korytach otwartych z uwzględnieniem zjawisk lodowych*, Monografie IMGW, Warszawa.
- Marszelewski W., Skowron R., 2006: *Ice cover as and indicator of winter air temperature changes*, Case study of the Polish Lowland lakes, Hydrological Sciences Journal, 51, 2, 336–349.
- Orsztynowicz J., 1973: *Odpyływ podziemny rzek polskich*, Gospodarka Wodna, 5.
- Paszczyk J.L., 1975: *Rola wód podziemnych w odpływie rzeczny i bilansie wodnym Polski*, Wyd. UMCS, Lublin.
- Pawłowski Z., 1970: *Wpływ zjawisk lodowych na przepływ rzeczny*, Prace PIHM 99, Wyd. Komunikacji i Łączności, Warszawa, 3–40.
- Pawłowski B., 2008a: *Wieloletnia zmienność przebiegu zjawisk lodowych na Wiśle w Toruniu*, Gospodarka Wodna, 2, Wyd. SIGMA-NOT, Warszawa, 49–53.
- Pawłowski B., 2008b: *Zmienność geometrii koryta dolnej Wisły w okresie złodzenia rzeki*, Gospodarka Wodna, 7, Wyd. SIGMA-NOT, Warszawa, s. 276–280.
- Pawłowski B., Sobota I., 2012: *Złodzenie dolnej Wisły powyżej zapory we Włocławku zima 2011 r.*, Gospodarka Wodna, 2, Wyd. SIGMA-NOT, Warszawa, 74–77.
- Piątek M., Solarski M., Rzętała M., Pradela A., 2010: *Przebieg zjawisk lodowych w wybranych antropogenicznych zbiornikach wodnych Wyżyny Katowickiej*, [w:] T. Ciupa, R. Suligowski (red.), *Woda w badaniach geograficznych*, Instytut Geografii UJK, Kielce, 243–252.
- Rocznik hydrograficzny wód powierzchniowych*, 1975: *Dorzecze Odrzy i rzeki Przymorza między Odrą a Wisłą*, Wyd. Komunikacji i Łączności.
- Rzętała M.A., Rzętała M., 2009: *Złodzenie niewielkiego zbiornika wodnego (aspekty poznawcze i użytkowe)*, [w:] *Kształtowanie środowiska geograficznego i ochrona przyrody na obszarach uprzemysłowionych i zurbanizowanych*, 40, WBiOŚ UŚ, WNoZ UŚ, Katowice–Sosnowiec, 171–179.
- Sergeevich K.M., 2009: *The Influence of the river reservoirs of Belarus on hydrological river regime and channel operation processes in the downstream*, УДК 556.53: 627.8–33(476).
- Skowron R., 2011: *Zróżnicowanie i zmienność wybranych elementów reżimu termicznego wody w jeziorach na Niżu Polskim*, Wyd. UMK, Toruń.
- Wokroj J., 1954: *Powodzie zatorowe i walka z nimi*, Gospodarka Wodna, 4, Warszawa, 141–142.
- Woś A., 1999: *Zarys klimatu Polski*, Wyd. Nauk. UAM, Poznań.
- Wrzesiński D., Brychczyński A., 2014: *Zróżnicowanie reżimu odpływu rzek w północno-zachodniej Polsce*, Badania Fizjograficzne R.V. Seria A – Geografia Fizyczna (A65), PTPN, Poznań 261–274.