

## Ewolucja jezior przybrzeżnych Niziny Gardzieńsko-Łebskiej na tle rozwoju środkowego wybrzeża Bałtyku w świetle badań malakologicznych

### Evolution of coastal lakes of the Gardno-Łeba Lowland in the light of malacological research

Adam Wojciechowski\*

Akademia Pomorska w Słupsku, Zakład Geomorfologii i Geologii Czwartorzędu, ul. Partyzantów 27,  
76-200 Słupsk

**Zarys treści:** W artykule przedstawiono syntezę dotychczasowego stanu wiedzy o rozwoju jezior przybrzeżnych Niziny Gardzieńsko-Łebskiej i środkowego wybrzeża Bałtyku, bazującą na wynikach badań malakologicznych. Analizy zespołów mięczaków z osadów limnicznych i morskich pozwoliły na wyróżnienie czterech faz rozwojowych jezior: wczesnoholoceńskiej fazy limniczno-bagiennej (trwającej od późnego glacjału do około 7500 lat <sup>14</sup>C BP), fazy lagunowej (około 7500–6600 lat <sup>14</sup>C BP), fazy przejściowej, słonawowodno-limnicznej (6600–4000 lat <sup>14</sup>C BP) oraz fazy jeziornej (młodszej od 4000 lat <sup>14</sup>C BP). W artykule wykazano, iż sukcesja malakofauny jest odzwierciedleniem regionalnych przemian środowiska, zarejestrowanych podobnymi zmianami zespołów fauny na całym wybrzeżu południowego Bałtyku.

**Słowa kluczowe:** jeziora przybrzeżne, Nizina Gardzieńsko-Łebska, wybrzeże południowego Bałtyku, zespoły mięczaków

**Abstract:** The papers presents the synthesis of the current understanding of the evolution of coastal lakes in the Gardno-Łeba Lowland. Particular emphasis has been placed upon the influence of pre-Holocene surface topography on lake basin evolution and water level changes caused by the transgression of southern Baltic. Malacological analysis reveals four phases in lake environmental history: limnic-swampy phase, lagoon phase, transitional brackish-limnic phase, and limnic phase.

The oldest, early Holocene limnic-swampy phase in the Gardno-Łeba Lowland area is represented by Preboreal and Boreal assemblages with freshwater fauna, described as *Planorbis* phase. It is characterized by rich assemblages, in terms of both number of individuals and species, composed of members of *Planorbis*, accompanied by *Bithynia tentaculata*, *Valvata piscinalis* and *Pisidium*. The lagoon-marine phase, described as *Scrobicularia* phase (7500–6000 BP), is defined by a homogeneous assemblage of malacofauna, consisting entirely of brackish and marine species, such as *Hydrobia ulvae*, *H. ventrosa*, *Cerastoderma glaucum*, *Macoma baltica*, *Mytilus edulis* and indicative Lusitanian and Lower Boreal species for the Mesoholocene of the southern Baltic, including *Scrobicularia plana*, *Rissoa membranacea*, *R. inconspicua*, *Parvicardium exiguum* and *Mysella bidentata*. The transitional brackish-limnic phase *Cardium* (6600–4000 BP) is correlated with late Littorina transgressive phases. It is dominated by *Cardium glaucum*, with minor percentage of *Hydrobia ventrosa*, *Mytilus edulis*, and sporadic freshwater species. The limnic Lymnaea phase corresponds with the post-Littorina period (4000 BP–1900 AD). The onset of this phase is marked by an assemblage with dominating *Theodoxus fluviatilis*, the optimum – by *Lymnaea peregra* assemblages, whereas frequent *Bithynia tentaculata* indicate the end of the phase. The youngest Potamopyrgus phase includes recent lake sediments from the last 100 years and is marked by the first appearance of a new mollusc species in the coastal zone of the Baltic – *Potamopyrgus antipodarum*.

\* e-mail: adam.woj@vp.pl

The malacofauna succession identified in the coastal lakes in the Gardno-Łeba Lowland reflects regional environmental change, recorded by similar faunal assemblages throughout the southern coast of the Baltic.

**Key words:** coastal lakes, Gardno-Łeba Lowland, South Baltic Coast, molluscs assemblages

## Wprowadzenie

Rozwój geologiczny jezior przybrzeżnych Niziny Gardzieńsko-Łebskiej w holocenie poznany już został w stopniu wystarczającym do sformułowania ogólnych prawidłowości kierujących ich zmianami, do czego przyczyniły się szczegółowe badania specjalistyczne, prowadzone na ich obszarze od końca lat 70. XX stulecia. Z najważniejszych należy wymienić: badania geologiczne i litologiczno-facjalne, którymi objęte były wszystkie jeziora niziny (Rosa 1977, Wojciechowski 1988, 1990, Zych 1990, Woszczyk 2004, Lutyńska 2008, Mazurek 2008), analizy palinologiczne i diatomologiczne, wykonywane dla wybranych rdzeni osadów jezior Gardno i Sarbsko (Bogaczewicz-Adamczak 1977, Miotk 1977, Zaborowska 1977, Zachowicz 1977, Przybyłowska-Lange 1981, Bogaczewicz-Adamczak i in. 1982, Miotk, Bogaczewicz-Adamczak 1986, Lutyńska 2008) oraz analizy podstawowych elementów geochemicznych, rozpatrywane dla wszystkich jezior niziny (Gołębiowski 1977, Wojciechowski 1987, 1990, Woszczyk 2004, Lutyńska 2008, Mazurek 2008).

Szczególną rolę w poznaniu holocenijskiej ewolucji jezior Niziny Gardzieńsko-Łebskiej odgrywają analizy malakologiczne umożliwiające precyzyjną rekonstrukcję środowisk paleoekologicznych, a pośrednio również dawnych środowisk sedymentacyjnych. Szczegółowe analizy zespołów mięczaków występujących w osadach jezior niziny oraz najbliższego ich otoczenia były przedmiotem opracowań Brodniewicz i Rosy (1967), Brodniewicz (1972), Wojciechowskiego (1992, 1995, 1996, 1999b, 2007) oraz Alexandrowicza (1998). Dostarczyły one podstawowych informacji o składzie i zmienności zespołów malakofauny morskiej i słodkowodnej w cyklu holocenijskim, pozwoliły na ocenę charakteru środowisk depozycyjnych i ich zmian zachodzących w kolejnych etapach ewolucji zbiorników, a także umożliwiły konstrukcję lokalnych i regionalnych schematów stratygraficznych (Wojciechowski 1996, 1999, Alexandrowicz 1999).

Dotychczasowe badania dowodzą, iż od początku swojego istnienia jeziora przybrzeżne podlegały ciągłej ewolucji. Zachodzące zmiany dotyczyły wielkości basenów jeziornych oraz ich przestrzennego zasięgu, wahań poziomu i głębokości wody, dynamiki procesów sedymentacyjnych, a także zasilania wodami rzecznyymi. Zmiany te, tak czytelne w litologii osadów, geochemii, składzie i strukturze zespołów fauny i flory wodnej, wskazują, iż istotną rolę w rozwoju jezior odgrywały:

- a) ukształtowanie powierzchni przedholocenijskiej warunkujące rozwój basenów jeziornych oraz kierunki ich przemian;
- b) zmiany poziomu wody wywołane transgresjami i regresjami morskimi;
- c) zasilanie wodami rzecznyymi, umożliwiające ich przetrwanie, oraz
- d) nasilający się od XIX w. wpływ czynników antropogenicznych, a szczególnie zmian stosunków wodnych, wylesień i melioracji oraz zanieczyszczeń ściekami wód jeziornych, prowadzących do ich eutrofizacji.

Celem artykułu jest próba zebrania dotychczasowej wiedzy o rozwoju jezior w holocenie, głównie w oparciu o wyniki badań malakologicznych, oraz pokazanie głównych kierunków ich przemian na szerszym tle rozwoju wybrzeża południowego Bałtyku.

## Przedholocenijska rzeźba Niziny Gardzieńsko-Łebskiej

Przedholocenijskie podłoże Niziny Gardzieńsko-Łebskiej wykazuje silne zróżnicowanie morfologiczne, ukazując dawną rzeźbę odpływu wód marginalnych, ukształtowaną podczas recesji lądolodu z fazy gardzieńskiej i kolejnych młodszych faz południowobałtyckich. Najważniejszymi jej elementami morfologicznymi są dwa odrębne poziomy odpływu pradolinne zbudowane z mułków, piasków i żwirów fluwioglacjalnych, oddzielonych wyraźną krawędzią. Przedstawiony na rycinie 1 obraz morfologii podłoża przedholocenijskiego Niziny Gardzieńsko-Łebskiej został opracowany na podstawie ponad 650 sond badawczych i wierceń, wykonanych przez autora niniejszego artykułu w latach 80. i na początku lat 90. na obszarze jeziora Gardno, jeziora Łebsko oraz towarzyszących im równin torfowych, w ramach samodzielnych prac (Wojciechowski 1988, 1990, 1995) i nie był związany z „projektem badań zespołowych paleogeografii Niziny Gardzieńsko-Łebskiej”, o którym wspomina Rotnicki (2001a). Do pierwotnej wersji mapy (ryc. 1) dodano jedynie najnowsze wyniki badań geologicznych prowadzonych na obszarze niziny, w części odnoszącej się do przebiegu krawędzi morfologicznej na obszarze jeziora Sarbsko (Woszczyk 2004), jeziora Dołgie Wielkie (Mazurek 2008) oraz Mierzei Gardzieńskiej (Rotnicki 2001a, 2008).

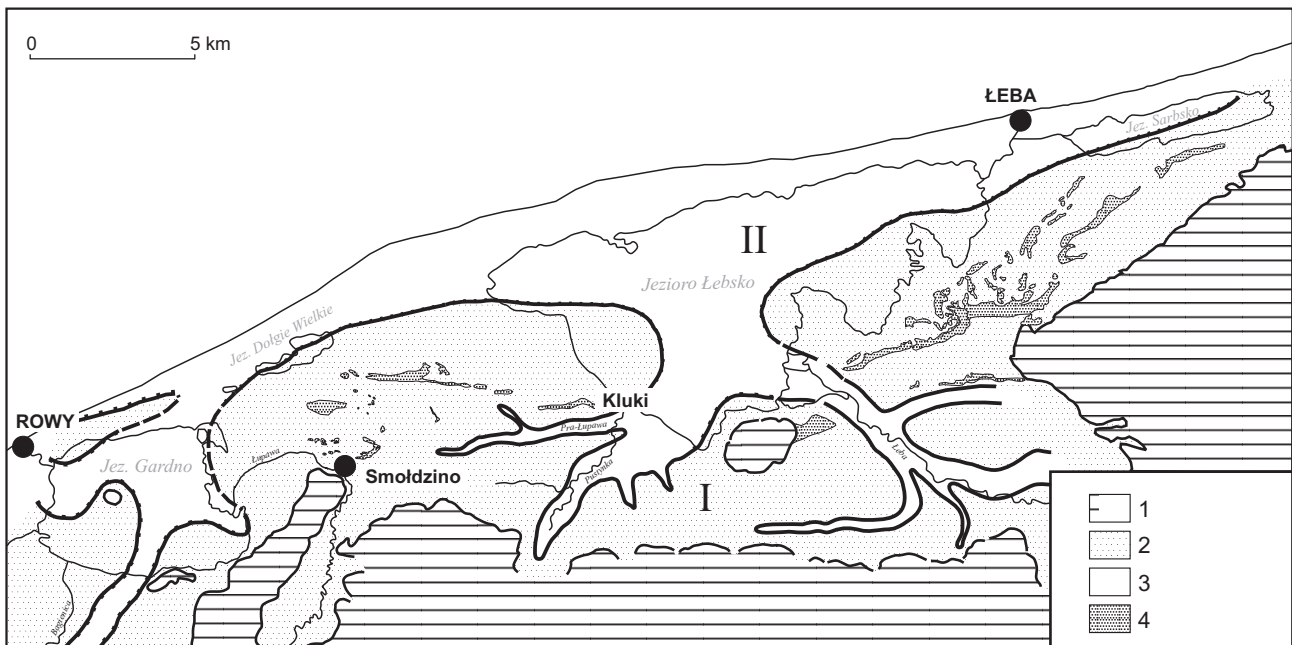
Starszym elementem rzeźby przedholocenijskiej niziny jest poziom wyższy odpływu pradolinne uformowany podczas recesji lądolodu z fazy gar-

dziennej w okresie 14 300–14 000 lat BP (Rotnicki 2001a). Jest on zbudowany z piasków różnoziarnistych z domieszką żwirów oraz mułków i ilów zastoi-skowych, występujących w obniżeniu końcowym Gardna. Na jego powierzchni występują trzy generacje wydm śródlądowych (Tobolski 1972), przebiegających równolegle do osi krawędzi we wschodniej części niziny, na południe od jeziora Sarbsko oraz na południowy-wschód od jeziora Łebsko, a także na obszarze stożka napływowego Łupawy między Smółdzińskim Lasem a Klukami oraz w okolicach Smółdzina (ryc. 1). Północna granica zasięgu pól wydmowych wyznacza jednocześnie maksymalny zasięg jezior oraz transgresji morskich na obszarze niziny.

Niższy poziom akumulacyjny, położony na rzędnej 4–9 m p.p.m., jest związany z częścią większego, równoleżnikowego systemu pradolinowego, powstałego w późnym glacie. Budują go głównie piaski fluwioglacjalne i żwiry, przykryte cienką warstwą torfów niskich, datowanych na schyłek młodszego dryasu i początek holocenu. Oba poziomy rozcięte są systemem dolin rzecznych uchodzących od południa na poziom niższy. W części zachodniej jest to wyraźnie rysująca się w morfologii dolina Bagienicy wpadająca od południa do obniżenia jeziora Gardno, natomiast w części środkowej – dolny odcinek doliny pra-Łupawy, Pustynki oraz od południowego wschodu – dolina Łeby, prawdopodobnie łączące się ze sobą na obszarze południowej części dzisiejszego jeziora Łebsko (ryc. 1).

Na całej długości niziny oba poziomy odpływu wód fluwioglacjalnych są oddzielone wyraźną krawędzią o wysokości 3–8 m. Od wschodu, rozciąga się ona wzdłuż jeziora Sarbsko (Woszczyk 2004) i dalej biegnie na południe od Łeby (Morawski 1990), przecina pośrodku jeziora Łebsko (Wojciechowski 1988, 1995), kierując się w stronę jeziora Dołgie Wielkie (Mazurek 2008), gdzie prawdopodobnie występuje pod jego dnem, następnie przebiega na południe od jeziora Dołgie Małe (Rosa 1963) i w końcu przecina pośrodku Mierzęję Gardzieńską, gdzie dochodzi do współczesnego brzegu morskiego na północ od Rowów (Rotnicki 2001a, 2008).

Istotnym elementem przedholocenu rzeźby zachodniej części niziny jest obniżenie jeziora Gardno. Na południu jego granicę wyznacza 3–4-metrowa krawędź przebiegająca pośrodku jeziora, na wysokości Wyspy Kamiennej, natomiast na północy krawędź biegnąca wzdłuż starszego trzonu Mierzei Gardzieńskiej (ryc. 1). W północno-wschodniej części dzisiejszego jeziora oraz na obszarze delty Łupawy zasięg obniżenia jest hipotetyczny, ze względu na brak głębokich wierceń przebijających powierzchniowe osady piaszczyste. Można jednak zakładać, iż rozciąga się ono dalej ku północy-wschodowi, w kierunku jezior Dołgich, gdzie prawdopodobnie łączy się z równoleżnikowym odcinkiem poziomu pradolinowego. Jak wcześniej wykazano (Wojciechowski 1990), w dnie tego obniżenia zalegają osady lagunowe z małkofauną morską (m.in. ze *Scrobicularia plana*), aku-



**Ryc. 1.** Ukształtowanie podłoża przedholocenu Niziny Gardzieńsko-Łebskiej

Na podstawie Wojciechowskiego (1988, 1990, 1991) z uwzględnieniem położenia odcinka krawędzi na Mierzei Gardzieńskiej według Rotnickiego (2001a), na obszarze jeziora Sarbsko według Woszczyka (2004) i jeziora Dołgie Wielkie według Mazurek (2008)

1 – wysoczyzny morenowe; 2–3 – wyższy (I) i niższy (II) poziom terasowy odpływu pradolinowego; 4 – wydmy śródlądowe

**Fig. 1.** Pre-Holocene surface topography of the Gardno-Łebsko Lowland

Based on Wojciechowski (1988, 1990, 1991); the location of the escarpment on the Gardno Barrier after Rotnicki (2001), on the Sarbsko Lake after Woszczyk (2004) and Lake Dołgie Wielkie after Mazurek (2008)

1 – morainic plateaux, 2–3 – higher (I) and lower (II) terrace level of pradolina outflow, 4 – inland dunes

mulowane podczas pierwszej i drugiej fazy transgresji litorynowej. Ponadto osady spągowej części profilu D7, położonego na linii omawianego obniżenia, wykazują podwyższone zasolenie (Wojciechowski 1987), co może wskazywać, iż transgresja morska wtargnęła na obszar jeziora Gardno – albo w okolicach Rowów, albo przypuszczalnym obniżeniem biegnącym od strony jezior Dołgich.

Tak ukształtowana przedholocenańska rzeźba Niziny Gardzieńsko-Łebskiej stanowiła zręby formowania się przyszłych basenów jeziornych Gardna, Łebska i Sarbska oraz w mniejszym stopniu jezior Dołgich. Pierwotne jeziora zajmowały najniższe położone części poziomu pradolinowego, przesuwając się w kierunku południowym niziny, na obszar torfowisk otaczających ich brzegi i równin aluwialnych, wraz ze wzrostem poziomu wody związanym z transgresją Bałtyku. Z tego też względu osady wypełniające misy współczesnych zbiorników wodnych posiadają zmienną miąższość. Jest ona największa w północnej ich części i wynosi 5–8 m na obszarze jeziora Łebsko (Wojciechowski 1995), 3–4 na obszarze jeziora Gardno (Wojciechowski 1990) oraz 3–5 jeziora Sarbsko (Woszczyk 2004). Natomiast w południowej części jezior, obejmującej fragmenty wyższego poziomu morfologicznego niziny, miąższość osadów jeziornych wynosi przeciętnie od kilkudziesięciu centymetrów do 1–2 m (ryc. 2).

W litologii osadów jezior przybrzeżnych zaznaczają się trzy główne ich serie, odpowiadające kolejnym fazom rozwoju jezior (ryc. 2). Najstarszą z nich tworzą torfy i gytie z fauną słodkowodną występujące w północnej części jeziora Łebsko (Wojciechowski 2007), pod Mierzeją Łebską (Borówka, Rotnicki 1988, Rotnicki 1999, 2001b, 2008), a także w strefie przymorskiej Mierzei Łebskiej i Sarbskiej (Miotk-Szpiganowicz 2005, Zawadzka i in. 2005). Wczesnoholocenańskie osady biogeniczne zalegają też we wschodniej części jeziora Gardno i w dnie kopalnej doliny Bagienicy (Wojciechowski 1990) oraz w dnie pra-Łupawy, gdzie wykryte zostały w profilu Kluki/74 (Tobolski 1987), a także w dnie Pustynki (Wojciechowski 1991) i dolnej Łeby (Ołtuszewski 1948).

Drugą serią osadów charakteryzujących jeziora przybrzeżne Niziny Gardzieńsko-Łebskiej są osady brakiczno-morskie (lagunowe), wykształcone w postaci brunatno-czarnych mułków ilastych (gytii ilastej), zawierające obfitą malakofaunę morską (ryc. 2). Zalegają one w północno-zachodniej części jeziora Gardno na głębokości 3,4–4,5 m p.p.m. (Wojciechowski 1990), w północnej części dzisiejszego jeziora Łebsko na głębokości 6,5–8,2 m p.p.m. (Wojciechowski 1995) oraz w jeziorze Sarbsko na przeciętnej głębokości 3–5 m p.p.m. (Woszczyk 2004).

Na osadach brakiczno-morskich, przeciętnie na głębokości 4,5–5 m p.p.m. w jeziorze Łebsko, a w jeziorze Gardno i Sarbsko na rzędnej 3 m p.p.m., zalega najmłodszy kompleks osadów limnicznych, skła-

dający się głównie z gytii detrytusowych oraz wapiennych, przewarstwionych piaskami drobnoziarnistymi z fauną morską, co wskazuje na wpływy morza związane z kolejnymi transgresjami postlitorynowymi Bałtyku. We wszystkich jeziorach sekwencję limniczną zamyka seria współczesnych osadów, wykształconych w postaci gytii detrytusowych i detrytusowo-wapiennych, bądź piasków mulistych akumulowanych przy brzegach mierzei i w strefach ujść rzecznych.

## **Fazy rozwojowe jezior przybrzeżnych Niziny Gardzieńsko-Łebskiej w świetle analiz malakologicznych**

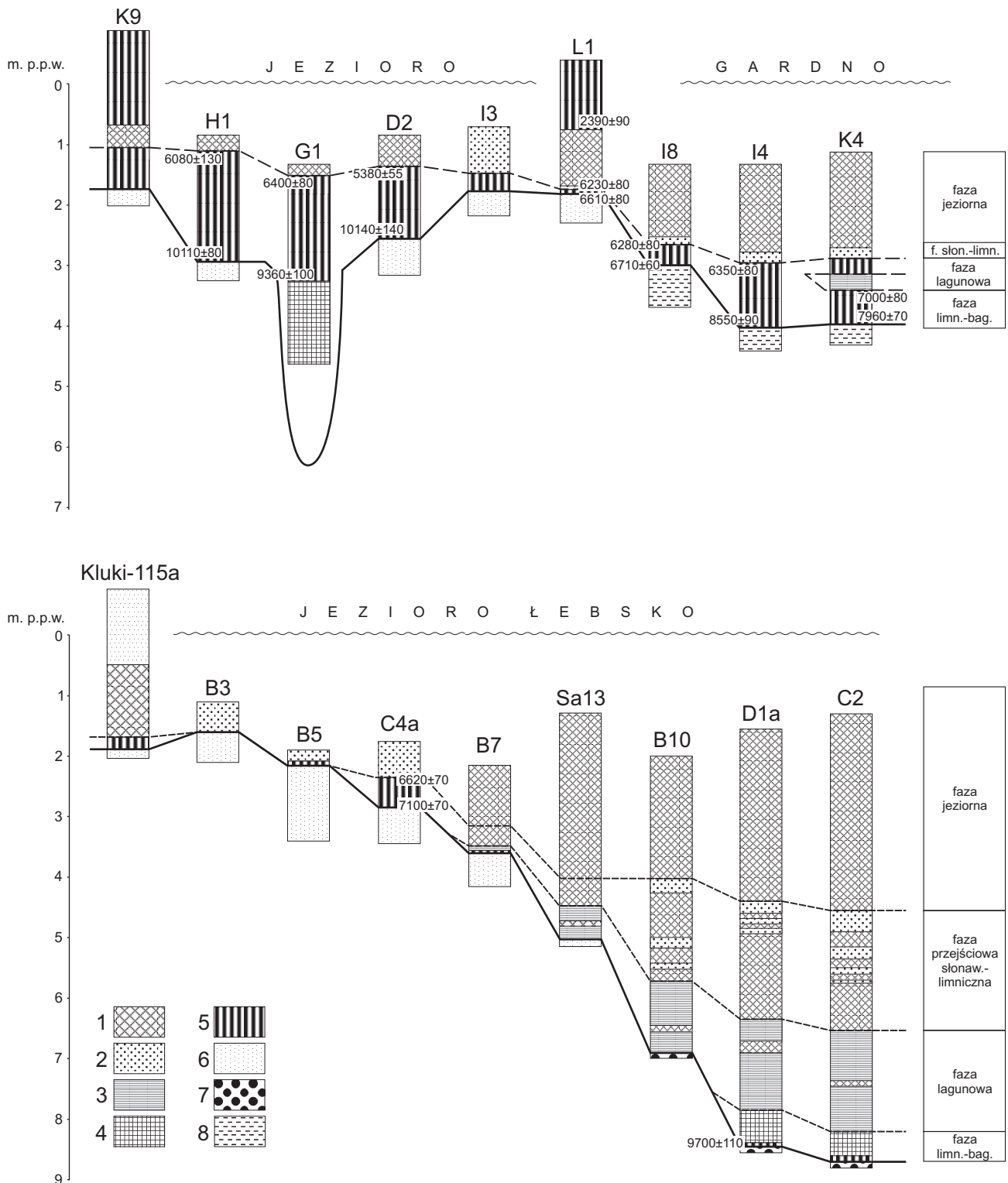
Ewolucja jezior Niziny Gardzieńsko-Łebskiej jest silnie związana z rozwojem całego wybrzeża południowego Bałtyku, na który niewątpliwie wpływ miały wahania poziomu morza w trakcie kolejnych faz transgresji i regresji. Powodowały one zmiany w batymetrii zbiorników oraz przemieszczanie się linii brzegowej jezior w głąb lądu, a wraz z nią również i stref depozycyjnych, odzwierciedlających się w litologii, geochemii osadów oraz strukturze zespołów fauny i flory wodnej.

Wyróżniane poniżej fazy rozwojowe jezior przybrzeżnych oparte są na analizie malakologicznej kilkunastu rdzeni osadów morskich i jeziornych z całego obszaru niziny (ryc. 3, 4A–C). Należą do nich profile z Czołpina (Brodniewicz, Rosa 1967), Brenkowa (Brodniewicz 1972), Kluki-115a (Wojciechowski, 1995, 1999b) oraz profile wiertnicze z obszaru jeziora Łebsko (Wojciechowski 1995, 2007) rejestrujące wszystkie fazy ewolucji omawianych jezior. Poza wymienionymi profilami, w opisie poszczególnych faz oraz analizie ich przestrzennego zasięgu (ryc. 4A–C) uwzględniono także inne rdzenie z obszaru Niziny Gardzieńsko-Łebskiej, w których odnotowano tylko występowanie mięczaków m.in. w osadach jeziora Gardno (Wojciechowski 1990), w osadach litorynowych i postlitorynowych okolic Łeby (Morawski 1990), osadach jeziora Sarbsko (Miotk, Bogaczewicz-Adamczak 1986, Woszczyk 2004) oraz w wierceniach z centralnej części Mierzei Łebskiej (Rotnicki 1999, 2001b, 2008, Rotnicki i in. 1999).

Należy też podkreślić, iż wydzielone fazy ujmują tylko główne etapy rozwoju jezior i nie uwzględniają szczegółowych zmian środowiskowych, wywołanych przez czynniki lokalne, takie jak np.: głębokość wody, odległość od linii brzegowej, stopień izolacji poszczególnych basenów od wpływów morskich, charakter dna zbiorników czy pokrycia roślinnością wodną.

Najbardziej wartościowych informacji o rozwoju jezior i środkowego wybrzeża Bałtyku dostarczają rdzenie osadów z północno-wschodniej części jeziora Łebsko (ryc. 3). Zawierają one pełną sekwencję





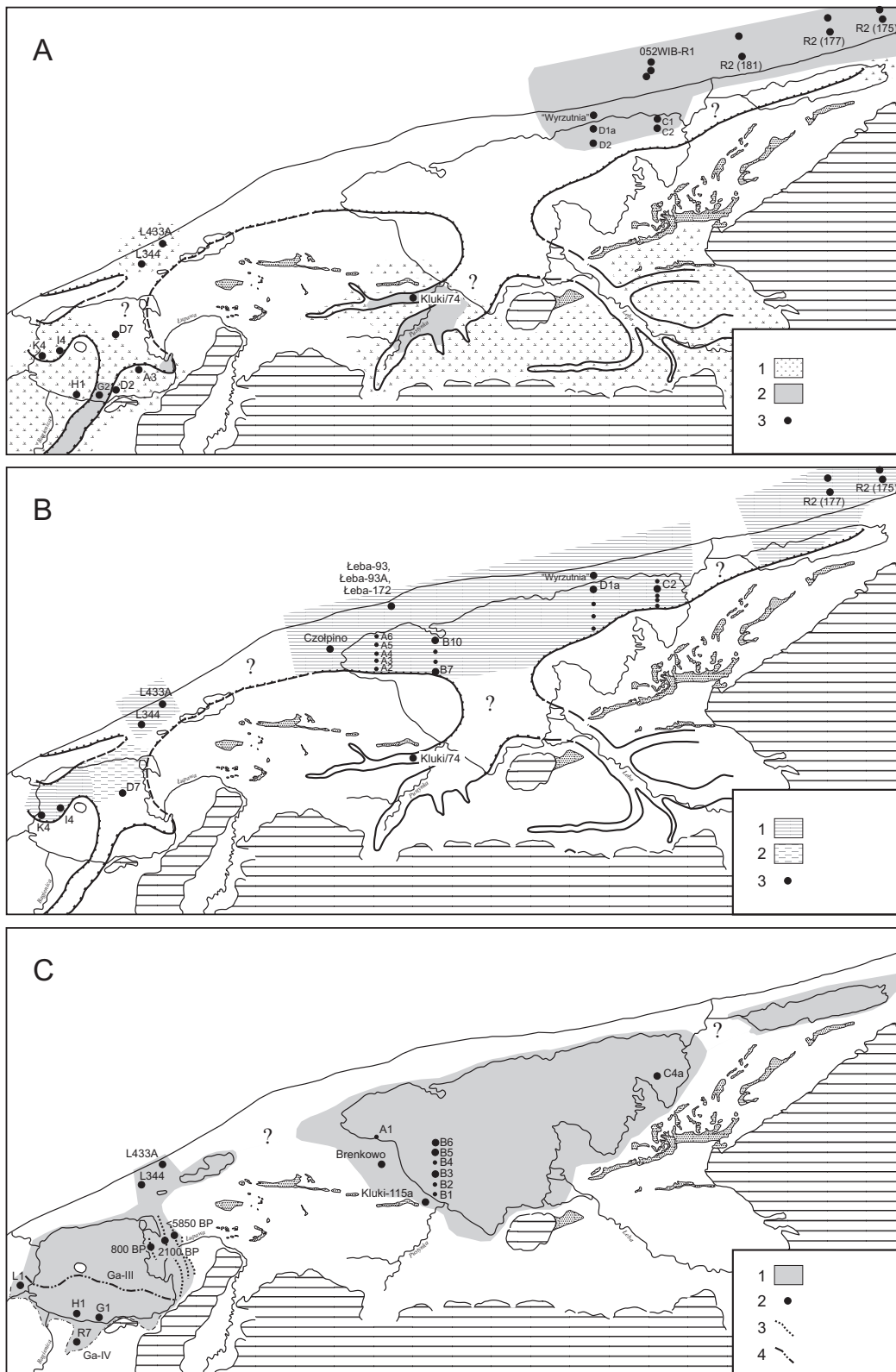
**Ryc. 2.** Wybrane profile stratotypowe osadów jezior przybrzeżnych Niziny Gardziensko-Łebskiej (Wojciechowski 1990, 1995, 1999b uproszczone; profil litologiczny Sa13 według Woszczyka 2004)

1 – gytia detrytusowa i wapienna (nierozdzielone), 2 – piaski jeziorne z malakofauną, 3 – brunatno-czarna gytia ilasta z fauną morską, 4 – szara gytia detrytusowa przewarstwiona laminami piasków, 5 – torfy, 6 – piaski różnoziarniste, 7 – fluwioglacjalne piaski gruboziarniste, 8 – mułki i ropy późnoglacialne

**Fig. 2.** Selected stratotype profiles of coastal lake sediments from the Gardno-Łeba Lowland (based on Wojciechowski, 1990, 1995, 1999b, simplified; lithology in the Sa13 profile after Woszczyk 2004)

1 – detritus and calcareous gyttja (unseparated), 2 – lacustrine sand with malacofauna, 3 – brown-black clayey gyttja with marine fauna, 4 – gray detritus gyttja intercalated of sands laminae, 5 – peat, 6 – varigrained sands, 7 – fluvioglacial coarse-grained sands, 8 – Late-Glacial silt and clay





**Ryc. 4.** Zasięg zbiorników wodnych Niziny Gardzieńsko-Łebskiej w różnych fazach ich rozwoju  
 A – faza limniczno-bagienna (9700–ok. 7500 lat BP); 1 – facja bagienna, 2 – facja limniczna, 3 – główne profile wiertnicze; B – faza lagunowa (ok. 7500–6600), 1 – stwierdzony, 2 – przypuszczalny zasięg osadów lagunowych, 3 – główne profile wiertnicze; C – faza przejściowa, słonawowodno-limniczna i faza jeziora (nierozdzielone), 1 – zasięg osadów, 2 – główne profile wiertnicze, 3 – wały brzegowe jeziora Gardno oraz ich wiek, 4 – zasięg jeziora Gardno podczas fazy transgresyjnej Ga III i Ga IV  
**Fig. 4.** Extent of the lake basins in the Gardno-Łeba Lowland in the different phases of their development  
 A – limnic-swampy phase (9700–about 7500 yrs BP); 1 – swampy facies, 2 – limnic facies, 3 – main boreholes; B – lagoon phase (about 7500–6000 yrs BP), 1 – indicate, 2 – presumable extent of lagoon sediments, 3 – main boreholes; C – transition, brackish-limnic phase (unseparated), 1 – extent of deposits, 2 – main boreholes, 3 – Lake Gardno shore ridges and their radiocarbon age; 4 – extent of Lake Gardno during Ga III and Ga IV transgression phase

Łebsko w osadach wczesnoholoceńskich występuje łącznie 28 taksonów, reprezentujących zarówno mięczaki amfibiocytyczne i typowe dla zbiorników okresowych, jak i gatunki cechujące trwale zbiorniki wody stagnującej oraz gatunki euryekologiczne, spotykane w wodach płynących i w strefach przybojowych dużych jezior (ryc. 3). Tak silne zróżnicowanie składu gatunkowego malakofauny może wskazywać na zmienne warunki hydrologiczne inicjalnej fazy rozwoju pierwotnego zbiornika jeziornego.

Początkowo w analizowanych profilach (ryc. 3) większy udział mają gatunki o szerokiej walencji ekologicznej, występujące w wodach płynących: *Pisidium nitidum*, *P. pulchellum*, oraz mięczaki typowe dla płytkich i silnie zarastających zbiorników wodnych: *Valvata pulchella*, *Bithynia leachi*, *Lymnaea truncatula*, *Planorbis planorbis* i *Pisidium obtusale*. Ku górze profilu ich udział spada kosztem rozwoju gatunków cechujących permanentne zbiorniki wodne: *Bithynia tentaculata*, *Valvata piscinalis*, *Valvata cristata*, *Lymnaea peregra*, *Armiger crista*, oraz licznych przedstawicieli *Planorbidae*, co wskazuje na uformowanie się w okresie borealnym trwałego zbiornika wodnego w najniższej położonych częściach dawnej pradoliny.

Podobne zespoły malakofauny, charakteryzujące wczesnoholoceńskie osady jeziorne, zostały zidentyfikowane przez Alexandrowicza (1998, 1999) w otoczkach gytii ilastych i mułków znajdujących powszechnie na plażach Mierzei Łebskiej. Według Alexandrowicza (1998, 1999) reprezentują one dwa odrębne zespoły borealnej malakofauny: faunę z *Bithynia tentaculata*, wraz z *Valvata piscinalis*, *Lymnaea peregra*, *L. occulta*, *L. truncatula*, *Armiger crista*, *Gyraulus laevis*, *Pisidium nitidum* i *Pisidium millium*, datowaną na  $8820 \pm 120$  lat BP, oraz faunę z *Valvata piscinalis* z towarzyszącymi *V. cristata*, *Bithynia tentaculata*, *Lymnaea peregra*, *L. occulta*, *Armiger crista*, *Gyraulus laevis*, *Sphaerium corneum*, *Pisidium nitidum*, *P. millium* oraz *P. henslowanum*, której rozwój przypadł na  $8620 \pm 110$  lat BP.

### Faza lagunowa

Faza lagunowa odzwierciedla transgresywne wkroczenie wód morskich w ujściowe odcinki dolin rzecznych i uformowanie na ich obszarze zbiornika wodnego o znacznym zasoleniu. Jej zakres czasowy datowany jest prowizorycznie na  $\sim 7500$ – $6600$  lat  $^{14}\text{C}$  BP. Pod względem litologicznym osady lagunowe wykształcone są w postaci brunatno-czarnych gytii ilastych z dużą zawartością materii organicznej, które po raz pierwszy zostały zidentyfikowane przez Wojciechowskiego (1990) w jeziorze Gardno i opisane jako „litofacja organiczno-krzemianowa”.

W granicach współczesnego wybrzeża faza lagunowa objęła swoim zasięgiem wyłącznie niższy po-

ziom pradolinny (ryc. 4B), tworząc prawdopodobnie jeden rozległy zbiornik, w którego obrębie maksymalny poziom wody z pewnością nie był wyższy od rzędnej 2–3 m p.p.m. i nie przekraczał krawędzi poziomu wyższego.

Osady lagunowe zostały stwierdzone w północnej części jeziora Łebsko na głębokości 6,5–8,2 m p.p.m. (Wojciechowski 1988, 1995), niemal na całym obszarze jeziora Sarbsko, gdzie zalegają na przeciętnej głębokości 3–5 m p.p.m. (Woszczyk 2004) oraz w północno-zachodniej części jeziora Gardno na głębokości 3,4–4,5 m p.p.m. (Wojciechowski 1990). Zalegają one również w podłożu Mierzei Łebskiej, m.in. w otworach wiertniczych Łeba-093 i Łeba-172 (Rotnicki 1999, Rotnicki i in. 1999) oraz w podłożu Mierzei Gardzieńskiej, w profilach L-344 i L-433A (Rotnicki 2008), a także stwierdzone zostały w strefie przymorskiej Mierzei Łebskiej (Zawadzka i in. 2005) na głębokości 9,7–10,95 m p.p.m. oraz Mierzei Sarbskiej (Miotk-Szpiganowicz 2005), gdzie zalegają na głębokości od 7,4 do 7,6 m p.p.m. w rdzeniu R2(175) i 8,3–8,6 m p.p.m. w rdzeniu R2(177). Faza lagunowa prawdopodobnie objęła swoim zasięgiem również północno-wschodnią część dzisiejszego jeziora Gardno, sięgając poprzez obniżenie wyższego poziomu linii jezior Dołgich. Być może także objęła środkową część systemu dolinnego dolnej pra-Łupawy i Pustynki oraz dolnej Łeby, gdzie jej prawdopodobnym odzwierciedleniem jest znaczny wzrost udziału elementów słonawowodnych uwidaczniających się w profilu torfowym Kluki/74 podczas fazy transgresyjnej Kluki 1 (Tobolski 1987).

W diagramach malakologicznych z jeziora Łebsko (rdzenie B10, C2 i D1a) faza lagunowa uwidacznia się obecnością asocjacji składających się wyłącznie z gatunków brakicznych i morskich, pojawiających się po raz pierwszy w cienkiej warstwie osadów mułkowo-ilastych występujących w rdzeniu D1a na głębokości 803–813 cm p.p.w. pomiędzy warstwami gytii detrytusowej (ryc. 3). Obok taksonów słodkowodnych: *Bithynia tentaculata* oraz *Unio* sp. występują na tym poziomie fragmenty muszli mięczaków morskich: *Cerastoderma glaucum* (= *Cardium glaucum*), *Mytilus edulis* oraz *Hydrobia ventrosa*. Wobec braku datowań radiowęglowych wiek tego pierwszego epizodu morskiego jest nieznanym i wymaga dalszych gruntownych badań. Być może odpowiada on początkowi transgresji morskiej uwidaczniającej się w północnej części bariery łebskiej w okresie starszym od 7850 lat BP (Rotnicki 1999, 2001b, Rotnicki i in. 1999).

Początek trwałej fazy lagunowej zaznacza się w profilu D1a (ryc. 3) na głębokości 775 cm p.p.w., gdzie w miejsce dotychczasowych gatunków słodkowodnych pojawiają się gatunki morskie, z licznym udziałem *Hydrobia ventrosa*, *H. ulvae*, *C. glaucum*, a także po raz pierwszy w profilu uwidaczniają się ga-



tunki dolnoborealne i luzytańskie *Scrobicularia plana*, *Parvicardium exiguum*, *Rissoa membranacea* i *R. inconspicua*. Wymienionym gatunkom towarzyszą *Mytilus edulis*, *Macoma baltica* i *Mysella bidentata* oraz – sporadycznie – pojedyncze skorupki *Theodoxus fluviatilis*. Skład gatunkowy oraz struktura asocjacji wskazują na przekształcenie płytkiego zbiornika słodkowodnego w lagunę morską oraz uformowanie na jej obszarze zbiornika wodnego o zasoleniu przekraczającym podczas maksimum transgresji 20‰. W osadach jeziora Łebsko i Sarbsko widoczne są dwa poziomy odzwierciedlające warunki środowiska lagunowego, przedzielone krótkotrwałym epizodem rozwoju zbiornika słodkowodnego, uwidaczniającym się w litologii osadów akumulacją gytii detrytusowo-wapiennej.

Schyłek fazy lagunowej wyznacza faza regresji morskiej zaznaczająca się w wielu profilach ponowną akumulacją gytii węglanowych oraz gytii detrytusowych, zaś w spektrach malakologicznych z jeziora Łebsko (Wojciechowski 2007) zauważa się stopniowe ubożenie malakofauny morskiej. Zanikają „najcieplejsze” gatunki luzytańskie i dolnoborealne oraz gatunki preferujące wyższe zasolenie – *Scrobicularia plana*, *Rissoa membranacea*, *R. inconspicua*, *P. exiguum*, *M. bidentata*, natomiast wzrasta liczebny udział *C. glaucum* oraz pojedynczych okazów mięczaków należących do gatunków słodkowodnych, m.in. *Bithynia tentaculata*, *Valvata piscinalis*, *Theodoxus fluviatilis* oraz *Pisidium* sp.

### Faza przejściowa, słonawowodno-limniczna

Faza przejściowa, słonawowodno-limniczna odpowiada etapowi stopniowego zamykania laguny morskiej przez rozbudowującą się pas mierzejowy, aczkolwiek istniejące w barierach przerwy umożliwiały wlewy wód morskich podczas kolejnych faz transgresji północnoatlantyckich.

Omawiana faza charakteryzuje się największym rozprzestrzenieniem na całym obszarze Niziny Gardzieńsko-Łebskiej i została rozpoznana we wszystkich analizowanych profilach wiertniczych (ryc. 4C). Wraz ze wzrostem poziomu morza, korelowanym z północnoatlantycką transgresją litorynową, jeziora przybrzeżne przekroczyły próg wyższego poziomu i rozszerzyły swój zasięg na obszar dawnych torfowisk i równin aluwialnych niziny. Początek rozwoju tej fazy wyznaczono na 6600 lat BP na podstawie licznych datowań radiowęglowych stropu warstwy torfowej, podścielającej osady z zespołami *Cerastoderma glaucum*, na obszarze jeziora Gardno (Wojciechowski 1990), jeziora Łebsko (Wojciechowski 1988, 1995, 2007) oraz w obrębie przekroju geologicznego „Kluki” i Mierzei Łebskiej (Rotnicki 1999, 2001b, Rotnicki i in. 1999).

Przejściowy charakter tej fazy, ewoluującej od środowiska lagunowego do typowo jeziornego, odzwierciedlony jest w malakofaunie obecnością zespołu z *Cerastoderma glaucum*, osiągającego w zbędanych profilach od 60% do 100% sumy wszystkich odnotowanych okazów mięczaków, przy niewielkim udziale *Hydrobia ventrosa*, *Mytilus edulis* i *Macoma balthica* oraz nieznacznej domieszce gatunków słodkowodnych. Ku górze analizowanych profili z jeziora Łebsko (ryc. 3) maleje udział taksonu indeksowego, natomiast wzrasta znacząco udział gatunków słodkowodnych, cechujących trwałe zbiorniki wodne o znacznej dynamice, takich jak *Valvata piscinalis*, *Theodoxus fluviatilis* oraz małży z rodzaju *Pisidium* (ryc. 3).

### Faza jeziorna

Regresyjne obniżenie się poziomu Bałtyku w okresie subborealnym (ok. 4000–2500 lat BP), a szczególnie rozwój i stabilizacja barier oddzielających jeziora od morza oraz stały dopływ wód rzecznych Łeby i Łupawy, spowodowały stopniowe wysładzanie zbiorników wodnych Niziny Gardzieńsko-Łebskiej, co znajduje także swoje odzwierciedlenie w strukturze gatunkowej zespołów mięczaków.

W diagramach malakologicznych (ryc. 3) najmłodszą fazę rozwoju jezior przybrzeżnych reprezentują silnie zróżnicowane zespoły malakofauny słodkowodnej, typowej dla płytkich, lecz permanentnych zbiorników wodnych. Początkowo największy udział posiada – tolerujący podwyższone jeszcze zasolenie – *Theodoxus fluviatilis* (40–80% wszystkich stwierdzonych gatunków), któremu towarzyszą m.in. *Valvata piscinalis* i *Pisidium nitidum*. Ku górze profilu spada udział *T. fluviatilis* na korzyść *Lymnaea peregra*, osiągającej w przedziale głębokości 250–300 cm p.p.w. 40–50% sumy wszystkich występujących tu gatunków malakofauny. Całą omawianą sekwencję zamyka zespół z dominacją *Bithynia tentaculata* (przeciętnie 40% wszystkich taksonów) oraz z udziałem mięczaków charakterystycznych dla płytkich i silnie zarastających zbiorników wodnych (ryc. 3).

Współczesne jeziora przybrzeżne wykazują znaczne przekształcenia struktury gatunkowej malakofauny wskutek wpływów antropogenicznych, a szczególnie zmian stosunków wodnych, wylesień, melioracji oraz zanieczyszczeń ściekami wód jeziornych, co prowadzi do ich eutrofizacji. W jeziorze Łebsko (Soszka 1968, Wojciechowski 2007) oraz w jeziorze Gardno (Dyduch, Falniowski 1979) główną rolę odgrywają gatunki eurotopowe z licznym udziałem *Bithynia tentaculata* (przeciętnie 18%), *Dreissena polymorpha* (25–27%), *Valvata piscinalis* (12%) i *Lymnaea peregra* (10%) oraz kilkoma gatunkami z rodzaju *Pisidium*, natomiast w jeziorze Sarbsko – gatunki preferujące środowisko płytkowodne

o obfitej roślinności: *Lymnaea auricularia* (16,5%), *Planorbis planorbis* (16,4%), *Segmentina nitida* (13,%) *Anisus vortex* (13,5%) oraz *Bithynia tentaculata* (12,7%). Na uwagę zasługuje występowanie w powierzchniowych osadach jeziora Łebsko i Gardno *Potamopyrgus antipodarum*, gatunku nowego w faunie polskiej, który pojawił się na wybrzeżu południowego Bałtyku na początku XX w. (Piechocki 1979).

Przestrzenny zasięg jezior podczas tej fazy jest jeszcze trudny do wyznaczenia ze względu na brak dokumentacji geologicznej ich stref brzegowych oraz datowań radiowęglowych osadów. Wyjątkiem jest tu jedynie obszar jeziora Gardno, dla którego wyznaczone zostały fazy maksymalnego jego zasięgu podczas kolejnych transgresji morskich w oparciu o dane litologiczne (Wojciechowski 1990) i dawne formy brzegowe (Florek, Majewski 1997) (ryc. 4C), oraz południowo-wschodnia strefa brzegowa jeziora Łebsko, na północ od Kluk, posiadająca wyczerpującą dokumentację geologiczną oraz dość liczne datowania radiowęglowe (Brodniewicz 1972, Tobolski 1987, Rotnicki 1999, 2001b). Poza tymi obszarami przedstawiony na rycinie 4C obraz maksymalnego zasięgu jezior opracowany został na podstawie danych hipsometrycznych, korelowanych z rzędnymi zalegania osadów jeziornych w otoczeniu jeziora Gardno (Wojciechowski 1990) oraz na przekroju geologicznym „Kluki” (Rotnicki 1999, 2001b). Z kolei połączenie jeziora Gardno z jeziorami Dołgimi uwzględnia obraz kartograficzny z Mapy Księstwa Pomorskiego (Lubinus 1610–18) oraz dane geologiczne z profili wiertniczych Mierzei Gardzieńskiej (Rotnicki 2008).

### Schemat malakostratygrafii jezior przybrzeżnych Niziny Gardzieńsko-Łebskiej i sukcesja malakofauny bałtyckiej

Występujące w osadach jeziornych zespoły mięczaków bardzo dobrze odzwierciedlają zmiany warunków ekologicznych, klimatycznych i hydrologicznych, jakie zachodziły podczas holocenu na obszarze wybrzeża południowego Bałtyku. W obrębie określonych poziomów litologicznych w poszczególnych rdzeniach osadów obserwuje się asocjacje mięczaków o wyraźnie zdefiniowanym składzie gatunkowym, odpowiadającym kolejnym fazom rozwojowym jezior.

Dla zobrazowania stratygraficznego zasięgu taksonów mięczaków, zidentyfikowanych w osadach jezior przybrzeżnych, wykorzystano wszystkie dotychczas publikowane rdzenie osadów zawierające szczegółowy opis zawartości faunistycznej, przede wszystkim: Czółpino (Brodniewicz, Rosa 1967), Brenkowo (Brodniewicz 1972), Kluki–115a (Wojciechowski

1999b) oraz profile z jeziora Łebsko – B3, B5, B7, B10, C2, C4a i D1a (Wojciechowski 1995, 2007).

Analiza przestrzennego rozmieszczenia zespołów mięczaków (ryc. 5) i stratygraficznego zasięgu poszczególnych taksonów (ryc. 6) pozwala na wydzielenie pięciu głównych jednostek malakostratygraficznych, odpowiadających kolejnym etapom rozwojowym jezior przybrzeżnych, a w szerszym kontekście – fazom rozwoju wybrzeża południowego Bałtyku (Wojciechowski 1996, 1999a, 2007). W porządku stratygraficznym są to następujące fazy: **Planorbis**, obejmująca słodkowodną faunę wczesnoholoceniową, **Scrobicularia** i **Cardium** z malakofauną litorynową okresu atlantyckiego, **Lymnea** (z trzema jednostkami niższego rzędu: *Theodoxus*, *Lymnaea s. s.*, *Bithynia*), reprezentująca postlitorynowe zespoły malakofauny, ukazujące stopniowe przekształcanie słonawowodnych zbiorników lagunowych w jeziora słodkowodne, oraz faza **Potamopyrgus** odzwierciedlająca współczesną malakofaunę jezior przybrzeżnych. Odpowiadające poszczególnym fazom zespoły mięczaków charakteryzują się dużą jednorodnością oraz ułatwiają przeprowadzenie poprawnej ich synchronizacji na obszarze jezior oraz całym odcinku środkowego wybrzeża (ryc. 5–6).

### Malakofauna wczesnoholoceniowa

Najstarszą faunę mięczaków, występującą w osadach jezior przybrzeżnych Niziny Gardzieńsko-Łebskiej, reprezentują preborealne i borealne zespoły z fauną słodkowodną określane jako **faza Planorbis** (od 9700 lat BP do ok. 7500 lat BP). Charakteryzują je bogate osobniczo i gatunkowo zespoły, złożone głównie z licznych skorupek zatoczków z rodzaju *Planorbis*, *Armiger*, *Gyraulus* i *Anisus*, którym towarzyszą *Bithynia tentaculata*, *Valvata pulchella*, *Bithynia leachi* oraz z reguły liczne małże z rodzaju *Pisidium* (ryc. 6). Obok wymienionych taksonów, typowych dla wczesnego holocenu, w skład zespołów wczesnoholoceniowej malakofauny Niziny Gardzieńsko-Łebskiej wchodzi również gatunki, które przetrwały ze schyłkowej fazy vistulianu, m.in.: *Gyraulus laevis*, *Lymnaea peregra*, *L. truncatula*, *Bithynia leachi*, *Valvata piscinalis*, *Pisidium nitidum* i *P. millium* (Alexandrowicz 1987).

Podobne zespoły malakofauny wczesnoholoceniowej zostały zidentyfikowane na całym obszarze południowego Bałtyku w granicach objętych zasięgiem dawnych stref lądowych (Kolp 1990, Rosa 1997). Stwierdzono je m.in. w preborealnych i borealnych gytiach i torfach występujących w podłożu osadów morskich zatoki Fakse (wschodnia Dania) (Petersen 2004), w strefie wybrzeża barierowego na wyspie Uznam (Hoffmann, Lampe 2002, Hoffmann i in. 2005), a także na całym odcinku polskiego wybrzeża Bałtyku, m.in. w Zalewie Szczecińskim (Borówka

i in. 2000, 2002) i Bramie Świny (Wozniński 2006), na wybrzeżu szczecińskim (Krzywińska i in. 2003, Krzywińska, Przedziedzicki 2008) oraz na obszarze Zatoki Puckiej (Krzywińska i in. 2005), Zalewu Wiślanego i Mierzei Wiślanej (Zachowicz, Uścińowicz 1997, Krzywińska 2004).

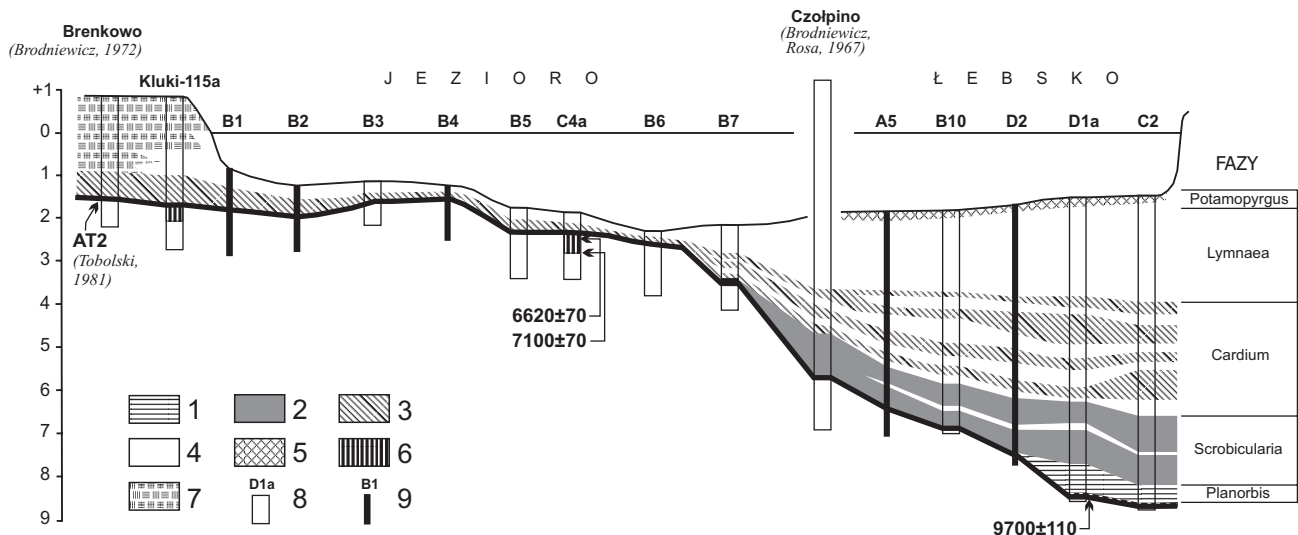
Według Alexandrowicza (1999) zespoły malakofauny występujące w osadach wybrzeża południowego Bałtyku reprezentowane są przez dwie biozony. Starsza z nich odpowiada późnoglacialnym zespołom z *Valvata* i *Pisidium*, znajduwanym w kredach jeziornych i gytiach oraz zespołom z *Vertigo* g.g. charakteryzującym środowiska bagienne. Młodsza, holocenna biozona (Alexandrowicz 1999) obejmuje trzy typy zespołów związanych z osadami słodkowodnymi (*Bithynia-Valvata*), środowiskiem bagienным (fauna z *Succinea* i *Vertigo* a.a.) oraz siedliskami otwartymi (fauna z *Vallonia pulchella*).

W jeziorach przybrzeżnych Niziny Gardzieńsko-Łebskiej fauna słodkowodna była obecna do początku okresu atlantyckiego, kiedy około 7500 lat <sup>14</sup>C BP została zastąpiona zespołami fauny morskiej wkraczającej stopniowo w ujściowe odcinki dolin rzecznych wraz ze wzrostem poziomu morza, związanym z transgresją lityrnową. W podobnym okresie zaniknęła fauna słodkowodna na obszarze Zalewu Wiślanego (Zachowicz, Uścińowicz 1997, Krzywińska 2004), natomiast w Zalewie Szczecińskim i Bramie Świny środowiska limniczno-bagienne z malakofauną słodkowodną funkcjonowały do ok. 6200 lat BP (Borówka i in. 2002).

## Malakofauna lityrnowa

Holocenna fauna morska pojawiła się w Bałtyku na początku okresu atlantyckiego wraz z otwarciem połączenia z Morzem Północnym (Yu 2003, Petersen i in. 2005). Najstarsze zespoły mięczaków związanych z transgresją lityrnową zostały zidentyfikowane w najdalej na zachód położonym akwenie Bałtyku – w zatoce Fakse (wschodnia Dania), gdzie pojawiają się około 7900 <sup>14</sup>C lat BP na granicy między borealnymi torfami i gytiami a wyżej leżącymi piaskami morskimi, na głębokości 16,5 m p.p.m. W ich skład wchodzi m.in. *Cerastoderma edule*, *Macoma balthica*, *Mytilus edulis*, *Hydrobia ventrosa*, *H. ulvae*, *Littorina littorea*, *Scrobicularia plana* oraz gatunki tolerujące zasolenie powyżej 25‰ – *Aporrhais pespelecani*, *Retusa truncatula* i *Bittium reticulatum* (Petersen 2004).

Na obszarze jezior przybrzeżnych Niziny Gardzieńsko-Łebskiej z transgresją lityrnową związane są dwa zespoły malakofauny charakteryzujące atlantyckie fazy rozwoju jezior. Starszy z nich, określony jako **faza Scrobicularia**, występujący w osadach lagunowych w okresie od ok. 7500 do 6600 lat BP, składa się wyłącznie z gatunków morskich, takich jak: *Cerastoderma glaucum*, *Macoma balthica*, *Mytilus edulis*, *Hydrobia ulvae*, *H. ventrosa*, a przede wszystkim ze wskaźnikowych gatunków luzytańskich i borealnych: *Scrobicularia plana*, *Littorina littorea*, *L. saxatilis saxatilis*, *Rissoa membranaea*, *R. inconspicua*, *Parvicardium exiguum* oraz *Mysella bidentata*. Młodszy zespół **fazy Cardium**, rozwijający się mię-



**Ryc. 5.** Korelacja zespołów mięczaków na przekroju syntetycznym osadów jeziora Łebsko (na podstawie Wojciechowskiego 2007)

1 – zespoły fauny słodkowodnej z *Planorbidae*, 2 – zespoły fauny brakiczno-morskiej ze *Scrobicularia plana*, 3 – zespoły fauny brakiczno-morskiej z *Cerastoderma glaucum*, 4 – zespoły fauny słodkowodnej z *Lymnaea peregra*, *Bithynia tentaculata*, *Theodoxus fluviatilis*, 5 – zespoły fauny słodkowodnej z *Potamopyrgus antipodarum*, 6 – torfy, 7 – facje lądowe, 8 – analizowane malakologicznie profile osadów, 9 – pomocnicze rdzenie osadów

**Fig. 5.** Correlation of molluscs assemblages against the synthetic profile of Łebsko Lake sediments (based on Wojciechowski 2007)

1 – freshwater, with *Planorbidae*, 2 – brackish-marine, with *Scrobicularia plana*, 3 – brackish-marine, with *Cerastoderma glaucum*, 4 – freshwater, with *Lymnaea peregra*, *Bithynia tentaculata*, *Theodoxus fluviatilis*, 5 – freshwater, with *Potamopyrgus antipodarum*, 6 – peat, 7 – terrestrial facies, 8 – analysed profiles, 9 – supplementary borehole records



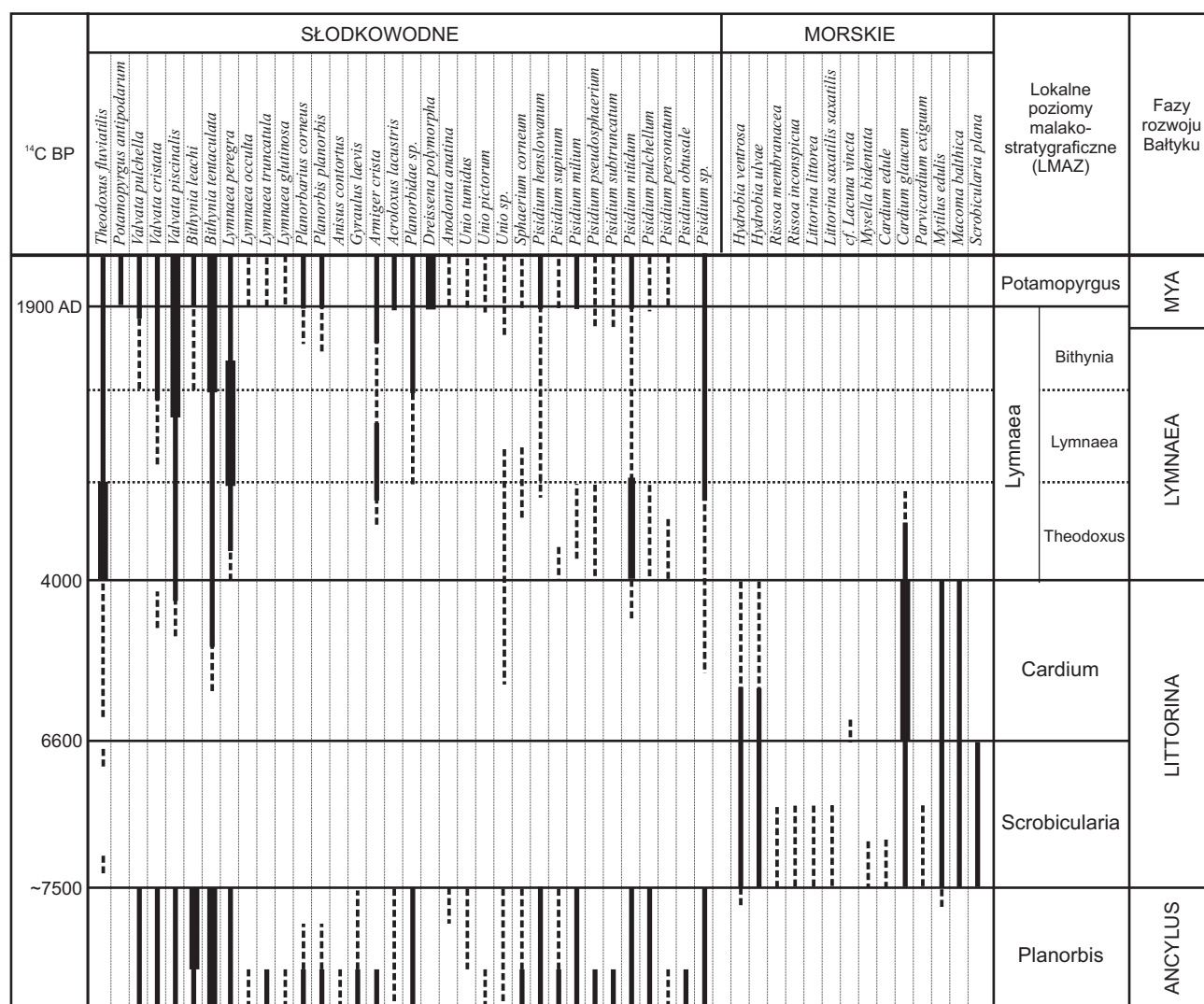
dzy 6600 a 4000 lat BP i charakteryzujący przejściową fazę słonawowodno-limniczną, obejmuje oligomiktyczne zespoły z dominacją *Cardium glaucum* przy niewielkim udziale *Hydrobia ventrosa*, *Mytilus edulis* oraz nieznacznej domieszki gatunków słodkowodnych (ryc. 6).

Wymienione w zestawieniu (ryc. 6) gatunki mięczaków morskich, wykryte w osadach jeziornych i barierowych Niziny Gardzieńsko-Łebskiej, są składnikami dwóch typów zespołów malakofauny bałtyckiej (Petersen 2004, Petersen i in. 2005): zespołu epifauny *Mytilus* w strefie litoralnej, do którego należą m.in. *Mytilus edulis* i *L. littorea*, oraz zespołu infauny *Macoma* płytkowodnych lagun, który reprezentują

m.in. takie gatunki, jak *M. balthica*, *Cerastoderma glaucum* i *Scrobicularia plana*.

Dla środowiska lagunowego w strefie wybrzeża barierowego południowego Bałtyku przewodnim gatunkiem transgresji litorynowej jest *Scrobicularia plana*, która według Petersena (2004) pojawiła się w Bałtyku w okresie atlantyckim, podczas pierwszej fazy transgresyjnej (ok. 7800 lat BP), a zanikła na przełomie okresu atlantyckiego i subborealnego.

Współczesny zasięg *Scrobicularia plana* obejmuje strefę luzytańsko-borealną (Feyling-Hanssen 1955), w której obrębie takson ten występuje wyłącznie na wybrzeżu atlantyckim zachodniej Europy i północno-zachodnim wybrzeżu Afryki, osiągając na półno-



**Ryc. 6.** Schemat malakostratygrafii osadów jeziornych i lagunowych Niziny Gardzieńsko-Łebskiej

W zestawieniu ujęto wszystkie gatunki stwierdzone w holocenijskich osadach jeziornych i morskich ze stanowisk: Czołpino (Brodniewicz, Rosa 1967), Brenkowo (Brodniewicz 1972), jezioro Łebsko (Wojciechowski 1992, 1995, 2007), Kluki-115a (Wojciechowski 1999b), profilów wiertniczych z Mierzei Łebskiej (Rotnicki 1999, 2001, Rotnicki i in. 1999) oraz przybrzeża Mierzei Łebskiej i Mierzei Sarbskiej (Miotk-Szpiganowicz 2005, Zawadzka i in. 2005). Lokalne poziomy malakostratygraficzne według Wojciechowskiego (1996, 1999a, 2007)

**Fig. 6.** Malacostratigraphy of lake and lagoon sediments in the Gardno-Łeba Lowland

The species composition include the all species indicated in the Holocene lake and marine sediments from the sites: Czołpino (Brodniewicz, Rosa 1967), Brenkowo (Brodniewicz 1972), Lake Łebsko (Wojciechowski 1992, 1995, 2007), Kluki-115a (Wojciechowski 1999b), Łeba Barrier (Rotnicki 1999, 2001, Rotnicki i in. 1999) and offshore of the Lake Łebsko and Lake Sarbsko Barrier (Miotk-Szpiganowicz 2005, Zawadzka i in. 2005). Local malacostratigraphical units after Wojciechowski (1996, 1999a, 2007)



cy wybrzeże Anglii oraz Niemiec, gdzie zasiedla dno muliste i mulisto-drobnopiaszczyste do głębokości 30 m. W Bałtyku *Scrobicularia plana* jest obecna wyłącznie w zachodniej jego części, osiągając najdalej na wschód Zatokę Meklemburską (Jagnow, Gosseck 1987) (ryc. 7).

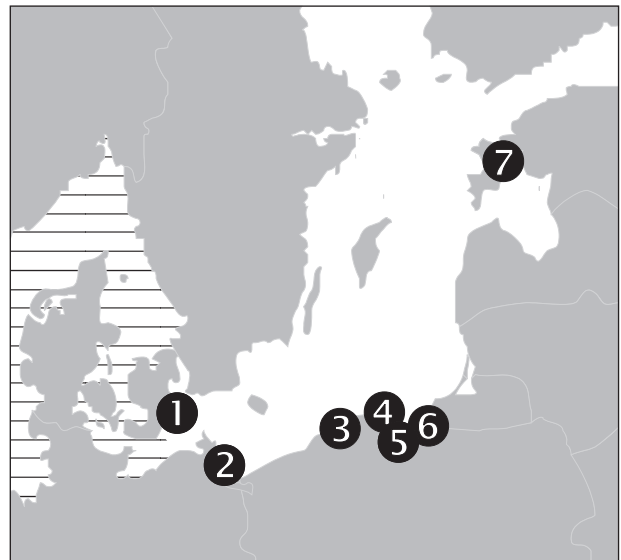
Podczas transgresji lityrnowej zasięg *Scrobicularia plana* był znacznie większy i obejmował całą południową strefę wybrzeża bałtyckiego (ryc. 7). Na wschód od cieśnin duńskich i Zatoki Meklemburskiej *Scrobicularia plana* wykryta została w osadach lityrnowych Fakse Bugt (Petersen 2004), Zatoki Greifswaldzkiej (Jagnow, Gosseck 1987), w osadach morskich nizin Peenemünde i Pudagla na wyspie Uznam (Hoffman, Lampe 2002, Hoffmann i in. 2005). Na Nizinie Gardzieńsko-Łebskiej odnaleziona została po raz pierwszy przez Bülowa (1933) w osadach lityrnowych na południe od Łeby, następnie wykryta została w profilu Czołpino (Brodniewicz, Rosa 1967) oraz w północno-zachodniej części jeziora Gardno i północnej części jeziora Łebsko (Wojciechowski 1992, 1995, 2007). Stwierdzona została także w osadach morskich wybrzeża gdańskiego na południe od Sopotu (Mojski 1979a), na obszarze delty Wisły (Mojski 1979b) oraz w osadach lityrnowych Mierzei Wiślanej w profilach wiertniczych Stegna (Krzymińska 2004). Najdalszy wschodni zasięg występowania *Scrobicularia plana* obejmuje północno-zachodnią część wybrzeża Estonii, gdzie gatunek ten występuje w stanowiskach Laulasmaa (Kessel, Raukas 1979) oraz Ristipõllu na Półwyspie Kõpu na wyspie Hiiumaa (Lõugas i in. 1996, Tavast 2000).

Wśród gatunków współwystępujących ze *Scrobicularia plana* znajdują się m.in.: *Littorina littorea* (Fakse Bugt, Uznam, Czołpino, Hiiumaa), *L. saxatilis* (Fakse Bugt, Czołpino, Hiiumaa), *Parvicardium exiguum* (Fakse Bugt, Mierzeja Wiślana, jezioro Łebsko), *Rissoa membranacea* (Fakse Bugt, jezioro Łebsko, Mierzeja Wiślana, Hiiumaa), *R. inconspicua* (wybrzeże duńskie, jezioro Łebsko, Hiiumaa), a także powszechne we wszystkich stanowiskach: *Cerastoderma glaucum*, *Mytilus edulis*, *Macoma balthica* oraz *Hydrobia ventrosa* i *H. ulvae*, którym niekiedy towarzyszy słonawowodny *Theodoxus fluviatilis* (Uznam, Nizina Gardzieńsko-Łebska, wyspa Hiiumaa) (tab. 1).

Przestrzenne rozmieszczenie zespołów mięczaków (tab. 1, ryc. 7) pokazuje, iż podczas transgresji lityrnowej najbogatsza fauna (łącznie 18 gatunków) występowała w wodach duńskich, stanowiących strefę przejściową pomiędzy środowiskiem pełnomorskim Morza Północnego a słonawowodnym Bałtyku. Równie bogate gatunkowo są zespoły malakofauny zasiedlające ówczesne wybrzeże Niziny Gardzieńsko-Łebskiej (zidentyfikowano do tej pory 14 gatunków), północno-zachodnie wybrzeże Estonii (12 gatunków) oraz obszar Zalewu Wiślanego i Mierzei

Wiślanej (9 odnotowanych gatunków morskich), natomiast nieco uboższy pod względem gatunkowym jest faunistyczny zapis transgresji lityrnowej w pozostałych stanowiskach, obejmujących 5–7 gatunków malakofauny morskiej, co – jak się wydaje – może wynikać ze stopnia rozpoznania geologicznego obszaru i szczegółowości badań malakologicznych.

W spektrum zoogeograficznym zespołów malakofauny, charakterystycznych dla transgresji lityrnowej, dominują gatunki borealno-luzytańskie, stanowiące zasadniczy element fauny. W osadach lityrnowych zachodniego wybrzeża Bałtyku stanowią one 89% wszystkich stwierdzonych gatunków, w osadach Niziny Gardzieńsko-Łebskiej – 86%, natomiast w północno-zachodniej Estonii – 83%. Pozostały odsetek struktury zoogeograficznej zespołów malakofauny przypada na dwa gatunki arktyczno-borealno-luzytańskie – *Mytilus edulis* oraz *Macoma balthica* (tab. 1).



**Ryc. 7.** Stanowiska holocenijskich osadów morskich ze *Scrobicularia plana* na wybrzeżu południowego Bałtyku 1 – Fakse Bugt (Petersen 2004); 2 – Uznam (Hoffmann, Lampe 2002, Hoffmann i in. 2005); 3 – Nizina Gardzieńsko-Łebska, w tym: Czołpino (Brodniewicz, Rosa 1967), jezioro Łebsko, jezioro Gardno (Wojciechowski 1992, 1995, 1999, 2007); 4 – Wybrzeże Gdańskie (Sopot) (Mojski 1979a); 5 – delta Wisły (Mojski 1979b); 6 – Mierzeja Wiślana (Krzymińska 2004); 7 – półn.-zach. Estonia (Kessel, Raukas 1979, Lõugas i in. 1996, Tavast 2000). Zaszrafowano współczesny zasięg *Scrobicularia plana*

**Fig. 7.** Sites with Holocene marine sediments containing *Scrobicularia plana* on the southern Baltic coast 1 – Fakse Bugt (Petersen 2004), 2 – Uznam (Hoffmann, Lampe 2002, Hoffmann i in. 2005), 3 – Gardno-Łeba Lowland, including: Czołpino (Brodniewicz, Rosa 1967), Lake Łebsko and Lake Gardno (Wojciechowski 1992, 1995, 1999, 2007); 4 – Gdańsk Coast (Sopot) (Mojski 1979a); 5 – Wisła delta (Mojski 1979b); 6 – Wisła Barrier (Krzymińska 2004); 7 – North-Western Estonia (Kessel, Raukas 1979, Lõugas i in. 1996, Tavast 2000). Contemporary extent of *Scrobicularia plana* hatched

**Tabela 1.** Skład gatunkowy litorynowych zespołów mięczaków ze *Scrobicularia plana* z wybranych stanowisk wybrzeża południowego Bałtyku**Table 1.** Species composition of the Littorina molluscs assemblages containing *Scrobicularia plana* from selected sites of the Southern Baltic coast

| Gatunek   | Region  |                |                                  |                                 |                |  |                       |
|---|---|----------------|----------------------------------|---------------------------------|----------------|--|-----------------------|
|   | Fakse Bugt (X)<br>i inne duńskie<br>stanowiska zach.<br>Bałtyku (O) | Wyspa<br>Uznam | Nizina<br>Gardzieńsko-<br>Łebska | Wybrzeże<br>gdańskie<br>(Sopot) | Delta<br>Wisły | Mierzeja<br>Wiślana<br>(Stegna) i<br>Zalew Wiślany | Płn.-zach.<br>Estonia |
| <i>Theodoxus fluviatilis</i>  |   | X              | X                                |                                 |                |  | X                     |
| <i>Lacuna vineta</i>  |   |                | ?                                |                                 |                |  |                       |
| <i>Littorina littorea</i>   | X   | X              | X                                |                                 |                |  | X                     |
| <i>Littorina saxatilis saxatilis</i>                                    |   |                | X                                |                                 |                |  | X                     |
| <i>Littorina tenebrosa</i> (= <i>L. saxatilis</i> f. <i>tenebrosa</i> ) | O   |                |                                  |                                 |                |  |                       |
| <i>Hydrobia ventrosa</i>  | X   | X              | X                                | X                               | X              | X  | X                     |
| <i>Hydrobia ulvae</i>   | X   |                | X                                |                                 |                | X  | X                     |
| <i>Rissoa albella</i>   | X   |                |                                  |                                 |                |  | X                     |
| <i>Rissoa inconspicua</i>   | O   |                | X                                |                                 |                |  | X                     |
| <i>Rissoa membranacea</i>   | O   |                | X                                |                                 |                | X  | X                     |
| <i>Bittium reticulatum</i>  | X   |                |                                  |                                 |                |  |                       |
| <i>Apporhais pespelecani</i>  | X   |                |                                  |                                 |                |  |                       |
| <i>Hinia reticulata</i>   | X   |                |                                  |                                 |                |  |                       |
| <i>Retusa truncatula</i>  | X   |                |                                  |                                 |                |  |                       |
| <i>Mytilus edulis</i>   | X   | X              | X                                | X                               | X              | X  | X                     |
| <i>Mysella bidentata</i>  |   |                | X                                |                                 |                |  |                       |
| <i>Cerastoderma edule</i>   | X   |                |                                  |                                 |                |  |                       |
| <i>Cerastoderma glaucum</i>   | X   | X              | X                                | X                               | X              | X  | X                     |
| <i>Parvicaridium exiguum</i>  | O   |                | X                                |                                 |                | X  |                       |
| <i>Macoma balthica</i>  | X   | X              | X                                | X                               | X              | X  | X                     |
| <i>Scrobicularia plana</i>  | X   | X              | X                                | X                               | X              | X  | X                     |
| <i>Corbula gibba</i>  | X   |                |                                  |                                 |                | X  |                       |
| Razem gatunków  | 18  | 7              | 14                               | 5                               | 5              | 9  | 12                    |
| w tym:  |   |                |                                  |                                 |                |  |                       |
| subarktyczno-borealno-luzytańskie                                       | 2 (11%)   | 2 (29%)        | 2 (14%)                          | 2 (40%)                         | 2 (40%)        | 2 (22%)  | 2 (17%)               |
| borealno-luzytańskie  | 16 (89%)  | 5 (71%)        | 12 (86%)                         | 3 (60%)                         | 3 (60%)        | 7 (78%)  | 10 (83%)              |

Skład gatunkowy fauny na podstawie: Fakse Bugt i inne duńskie stanowiska zachodniego Bałtyku – Petersen (2004); wyspa Uznam – Hoffmann, Lampe (2002), Hoffmann i in. (2005); Nizina Gardzieńsko-Łebska – Brodniewicz, Rosa (1967), Brodniewicz (1972), Wojciechowski (1992, 1995, 1996, 1999, 2007); Wybrzeże Gdańskie – Mojski (1979a); delta Wisły – Mojski (1979b); Mierzeja Wiślana – Zachowicz, Uścińowicz (1997), Krzywińska (2004); płn.-zach. Estonia – Kessel, Raukas (1979), Lõugas i in. 1996, Tavast (2000)

Composition of fauna based on: Fakse Bugt and other Danish sites in Western Baltic – Petersen (2004); Uznam Island – Hoffmann, Lampe (2002), Hoffmann i in. (2005); Gardno-Łeba Lowland – Brodniewicz, Rosa (1967), Brodniewicz (1972), Wojciechowski (1992, 1995, 1996, 1999, 2007); Gdańsk Coast – Mojski (1979a); Wisła delta – Mojski (1979b); Wisła Barrier – Zachowicz, Uścińowicz (1997), Krzywińska (2004); North-Western Estonia – Kessel, Raukas (1979), Lõugas i in. 1996, Tavast (2000)

## Malakofauna postlitorynowa

Zespoły malakofauny litorynowej na wybrzeżu południowego Bałtyku ostatecznie zaniknęły na przełomie okresu atlantyckiego i subborealnego (Petersen 2004) wskutek ochłodzenia klimatu oraz zmniejszenia się zasolenia wód morskich. Ich miejsce zajęły zespoły złożone głównie z kilku gatunków eurotopowych, m.in. *Cerastoderma glaucum*, *Mytilus edulis*, *Macoma balthica*, *Hydrobia ventrosa* i *H. ulvae* oraz wskaźnikowego gatunku *Lymnaea peregra*, który przeniknął do wód przybrzeżnych ze środowisk lądowych (Petersen 2004).

W osadach jeziornych Niziny Gardzieńsko-Łebskiej malakofauna okresu postlitorynowego reprezentowana jest wyłącznie przez gatunki słodkowodne **fazy Lymnea** (od około 4000 lat BP do 1900 AD), odzwierciedlające stopniowe wysładzanie zbiorników wodnych wskutek rozwoju i stabilizacji barier oddzielających jeziora od morza. Postępujący spadek zasolenia wód jeziornych uwidacznia sukcesyjne następstwo mięczaków, gdzie początek tej fazy wyznacza zespół z dominującym udziałem *Theodoxus fluviatilis*, jej pełnię – zespoły z *Lymnaea peregra*, natomiast schyłek tej fazy rejestrują zespoły z licznym udziałem *Bithynia tentaculata* (ryc. 6).

Najmłodszej fazie rozwoju Morza Bałtyckiego – fazie Mya – związanej z pojawieniem się w Bałtyku nowego gatunku *Mya arenaria*, przywleczonego z Ameryki Północnej do Europy około roku 1310 AD prawdopodobnie przez wikingów (Behrends i in. 2005), odpowiada najmłodsza faza w rozwoju jezior przybrzeżnych (**faza Potamopyrgus**), cechująca się znacznym przekształceniem struktury gatunkowej zespołów fauny wskutek działalności antropogenicznej (ryc. 6). Wśród gatunków wskaźnikowych tej fazy w osadach jezior Niziny Gardzieńsko-Łebskiej znajdują się *Dreissena polymorpha*, rozprzestrzeniająca się w wodach środkowej i zachodniej Europy z obszaru ponto-kaspijskiego od początku XIX w. (Piechocki, Dyduch-Falniowska 1993) oraz *Potamopyrgus antipodarum* (= *Potamopyrgus jenkinsi*), który w akwenach jeziornych środkowego wybrzeża Bałtyku pojawił się na początku XX w. (Piechocki 1979).

## Literatura

Alexandrowicz S.W. 1987. Analiza malakologiczna w badaniach osadów czwartorzędowych. Zeszyty Naukowe AGH, Geologia, 12 (1–2): 1–240.  
Alexandrowicz S.W. 1998. Holocene assemblages of mollusc in the near-shore zone of Southern Baltic. Folia Malacologica, 6: 15–18.  
Alexandrowicz S.W. 1999. Malacofauna and stratigraphy of Late Vistulian and Holocene deposits in the Southern Baltic Coastal Zone. Quaternary Studies in Poland, spec. issue: 37–50.

Behrends B., Hertweck G., Liebezeit G., Goodfriend G. 2005. Earliest Holocene occurrence of the soft-shell clam, *Mya arenaria*, in the Greifswalder Bodden, Southern Baltic. Marine Geology, 216 (1–2): 79–82.  
Bogaczewicz-Adamczak B. 1977. Analiza okrzemkowa subatlantyckich osadów z rejonu jeziora Gardno. Studia i Materiały Oceanologiczne, 19: 285–291.  
Bogaczewicz-Adamczak B., Fedorowicz S., Gołębiowski R., Miotk G. 1982. Polodowcowa historia rejonu jeziora Gardno. Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Gdańskiego, Geografia, 12: 27–49.  
Borówka K., Rotnicki K. 1988. Nowe dane na temat budowy geologicznej Mierzei Łebskiej. Sprawozdania Poznańskiego Towarzystwa Przyjaciół Nauk, 105: 26–29.  
Borówka R.K., Latałowa M., Osadczyk A., Święta J., Witkowski A. 2002. Palaeogeography and palaeoecology of Szczecin Lagoon. [W:] R. Lampe (red.), Holocene evolution of the South-Western Baltic coast – Geological, archaeological and palaeo-environmental aspects. Field meeting of INQUA Subcommission V „Sea-level Changes and Coastal Evolution. Western Europe”, September 22–27, 2002. Greifswalder Geographische Arbeiten, 27: 107–113.  
Borówka R.K., Wawrzyniak-Wydrowska B., Witkowski A., Woźniński R. 2000. Holocenne zespoły mięczaków w osadach Zalewu Szczecińskiego. XVI Krajowe Sympozjum Malakologiczne, 9–10.  
Brodniewicz I. 1972. Brenkowo. Faunal analysis. Guide-book of the excursion. International Conference in Poland, Sopot, September, 22–26, 1972. INQUA, Subcommission on Shorelines of Northwestern Europe, s. 29–32.  
Brodniewicz I., Rosa B. 1967. The boring hole and the fauna at Czolpino, Poland. Baltica, 3, 61–86.  
Bülow von K. 1933. Ein neuer Fund von Litorinablagerungen. Dohrniana, 12: 65–76.  
Dyduch A., Falniowski A. 1979. Mięczaki jeziora Gardno i konieczność ich ochrony. Ochrona Przyrody, 42: 151–182.  
Feyling-Hanssen R.W. 1955. Stratigraphy of the marine Late-Pleistocene of Billefjorden, Vestspitsbergen. Norks Polarinstitut Skrifter, 107: 1–186.  
Florek W., Majewski M. 1997. Wiek wałów brzegowych a wiek górnoholocennych transgresji jeziora Gardno. [W:] W. Florek (red.), Geologia i geomorfologia pobraża i południowego Bałtyku, 3: 121–127.  
Gołębiowski R. 1977. Analiza geochemiczna subatlantyckich osadów z rejonu jeziora Gardno. Studia i Materiały Oceanologiczne, 19: 292–298.  
Hoffmann G., Lampe R. 2002. Sedimentationsmodell eines holozänen Seegatts an der südlichen Ostseeküste (Bannemin, Insel Usedom) auf der



- Grundlage neuer Wasserstandsmarken. Rostock. Meeresbiolog. Beitr., 11: 11–21.
- Hoffmann G., Lampe R., Barnasch J. 2005. Postglacial evolution of coastal barriers along the West Pomeranian coast, NE Germany. *Quaternary International*, 133–134: 47–59.
- Jagnow B., Gosselck F. 1987. Bestimmungsschlüssel für die Gehäuseschnecken und Muscheln der Ostsee. *Mitt. Zool. Mus. Berl.*, 63(2): 191–268.
- Kersten U., Voss P., Janke W., Lampe R. 2002. Late Quaternary evolution of coastal lakes on Usedom Island. [W:] R. Lampe (red.), *Holocene evolution of the South-Western Baltic coast – Geological, archaeological and palaeo-environmental aspects. Field meeting of INQUA Subcommission V „Sea-level Changes and Coastal Evolution. Western Europe”*, September 22–27, 2002, Greifswalder Geographische Arbeiten, 27: 127–129.
- Kessel H., Raukas A. 1979. The Quaternary History of the Baltic Estonia. [W:] V. Gudelis, L.-K. Königsson (red.), *The Quaternary History of the Baltic. Acta Universitatis Upsaliensis, Symposia Universitatis Upsaliensis Annum Quingentesimum Celebrantis*, 1: 127–146.
- Kolp O. 1990. The Ancylus Lake phase of the post-glacial evolution of the Baltic Sea. *Quaestiones Geographicae*, 13/14: 69–86.
- Krzywińska J. 2004. Nowe stanowisko *Scrobicularia plana* (Da Costa) w osadach holocenijskich na obszarze Mierzei Wiślanej (Stegna). *XX Krajowe Seminarium Malakologiczne*, Krościenko, 31.03–2.04.2004, s. 15.
- Krzywińska J., Dobracki R., Koszka-Maróń D. 2003. Zmiany środowiskowe w zachodniej części strefy brzegowej południowego Bałtyku w późnym glacie i holocenie w świetle analizy malakologicznej i ostrakodologicznej. [W:] W. Florek (red.), *Geologia i Geomorfologia Pobrzeża Południowego Bałtyku*, 5: 15–24.
- Krzywińska J., Miotk-Szpiganowicz G., Witak M. 2005. Badania biostratygraficzne osadów czwartorzędowych Zatoki Puckiej. [W:] W. Florek (red.), *Geologia i Geomorfologia Pobrzeża Południowego Bałtyku*, 6: 21–38.
- Krzywińska J., Przedzicki P. 2008. Wstępne dane o kopalnych jeziorach w okresie późnego glaciału i wczesnego holocenu w rejonie Mrzeżyna. VIII Konferencja „Geologia i geomorfologia pobrzeża i południowego Bałtyku”, Słupsk–Ustka, 12–14 czerwca 2008, s. 31–32.
- Lõugas L., Kriiska A., Moora H. 1996. Coastal adaptation and marine exploitation of the island Hiiu-maa, Estonia, during the Stone Age with special emphasis on the Kõpu I site. *Landscape and Life. Studies in honour of Urve Miller. PACT* 50: 197–211.
- Lubinus E. 1610–18. *Nova Illustrissimi Principatus Pomeraniae descriptio cum adjuncta Principum Genealogia et Principum veris et potiorum Urbium imaginibus et Nobilium insignibus*. Mapa w zbiorach Muzeum Pomorza Środkowego, Słupsk.
- Lutyńska M. 2008. Fazy rozwoju jeziora Gardno na podstawie analizy okrzemkowej i geochemicznej. [W:] K. Rotnicki (red.), *Holocenijskie przemiany wybrzeży i wód południowego Bałtyku – przyczyny, uwarunkowania i skutki. Ogólnopolska Konferencja Naukowa, Smołdzino, 6–9 maja 2008. Przewodnik terenowy*, s. 25–26.
- Mazurek T. 2008. Geneza jeziora Dołgie Wielkie na tle zmienności litofacjalnej jego osadów oraz holocenijskiej transgresji południowego Bałtyku. *Tezy rozprawy doktorskiej, Uniwersytet im. A. Mickiewicza w Poznaniu*, s. 1–14.
- Miotk G. 1977. Analiza palinologiczna subatlantyckich osadów z rejonu jeziora Gardno. *Studia i Materiały Oceanologiczne*, 19: 282–284.
- Miotk-Szpiganowicz G. 2005. Analiza pyłkowa osadów biogenicznych strefy brzegowej środkowego wybrzeża południowego Bałtyku. [W:] W. Florek (red.), *Geologia i Geomorfologia Pobrzeża Południowego Bałtyku*, 6: 39–49.
- Miotk G., Bogaczewicz-Adamczak B. 1986. Marine transgressions on the basis of investigations of subfossil biogenic sediments in the Sarbska Bar, Southern Baltic. *Quaternary Studies in Poland*, 7, 65–72.
- Mojski J.E. 1979a. Objaśnienia do Szczegółowej Mapy Geologicznej Polski w skali 1:50 000, ark. Gdańsk (27), Wydawnictwa Geologiczne. Warszawa.
- Mojski J.E. 1979b. Objaśnienia do Mapy Geologicznej Polski w skali 1:200 000, ark. Gdańsk, Wydawnictwa Geologiczne, Warszawa.
- Morawski W. 1990. Objaśnienia do Szczegółowej Mapy Geologicznej Polski 1:50 000, arkusz Łeba. Wydawnictwo Geologiczne, Warszawa.
- Ołtuszewski W. 1948. Badania pyłkowe nad torfowiskami dolnej Łeby. *Badania Fizjograficzne nad Polską Zachodnią*, 1: 97–128.
- Petersen K.S. 2004. Late Quaternary environmental changes recorded in the Danish marine molluscan faunas. *Geology of Denmark and Greenland Survey Bulletin*, 3: 1–272.
- Petersen K.S., Rasmussen K.L., Rasmussen P., von Platen-Hallermund F. 2005. Main environmental changes since the Weichselian glaciations in the Danish waters between the North Sea and the Baltic Sea as reflected in the molluscan fauna. *Quaternary International*, 133–134: 33–46.
- Piechocki A. 1979. Mięczaki (Mollusca). Ślimaki (Gastropoda). *Fauna Śródkowodna Polski*, 7. Wydawnictwo Naukowe PWN, s. 1–187.
- Piechocki A., Dyduch-Falniowska A. 1993. Mięczaki (Mollusca). Małże (Bivalvia). *Fauna Śródkowodna Polski*, 7A. Wydawnictwo Naukowe PWN, s. 1–200.



- Przybyłowska-Lange W. 1981. Diatoms of lake deposits from the Polish Baltic Coast. III. Lake Sarbsko. *Acta Palaeobotanica*, 21 (2): 145–160.
- Rosa B. 1963. O rozwoju morfologicznym wybrzeża Polski w świetle dawnych form brzegowych. *Studia Societatis Scientiarum Torunensis*, C5: 1–174.
- Rosa B. 1977. Wyniki badań geologicznych w rejonie jeziora Gardno. *Studia i Materiały Oceanologiczne*, 19: 279–281.
- Rosa B. 1997. Bałtyk Południowy – późny glacjał i pierwsza połowa holocenu. [W:] W. Florek (red.), *Geologia i Geomorfologia Pobrzeża Południowego Bałtyku*, 3: 13–27.
- Rotnicki K. 1999. Problem holocenijskich transgresji Bałtyku Południowego na wybrzeżu środkowym Polski w świetle nowych danych z obszaru Niziny Gardnieńsko-Łebskiej. [W:] R.K. Borówka, Z. Młynarczyk, A. Wojciechowski (red.), *Ewolucja geosystemów nadmorskich południowego Bałtyku*. Bogucki Wydawnictwo Naukowe, Poznań–Szczecin, s. 121–139.
- Rotnicki K. 2001a. Stratygrafia i paleogeografia vistulianu Niziny Gardnieńsko-Łebskiej. [W:] K. Rotnicki (red.), *Przemiany środowiska geograficznego nizin nadmorskich południowego Bałtyku w vistulianie i holocenie*. Bogucki Wydawnictwo Naukowe, Poznań, s. 19–29.
- Rotnicki K. 2001b. Względne zmiany poziomu Bałtyku południowego na polskim wybrzeżu środkowym w holocenie w świetle badań Niziny Gardzieńsko-Łebskiej. [W:] K. Rotnicki (red.), *Przemiany środowiska geograficznego nizin nadmorskich południowego Bałtyku w vistulianie i holocenie*. Bogucki Wydawnictwo Naukowe, Poznań, s. 63–80.
- Rotnicki K. 2008. Położenie geomorfologiczne stanowisk L344 i L433A, budowa geologiczna zachodniej części bariery łebskiej, korelacja i wiek serii osadowych w wybranych profilach. [W:] K. Rotnicki (red.), *Holocenijskie przemiany wybrzeży i wód południowego Bałtyku – przyczyny, uwarunkowania i skutki*. Ogólnopolska Konferencja Naukowa, Smołdzino, 6–9 maja 2008. Przewodnik terenowy, s. 27–28.
- Rotnicki K., Borówka R.K., Pazdur A., Hałas S., Krzemińska J., Witkowski A. 1999. Main phases of the Southern Baltic transgression on the Polish Middle Coast during the Holocene. *Quaternary Studies in Poland*, 16: 67–79.
- Sosza G. 1968. Selected problems of the ecology of molluscs (Mollusca) of the brackish lake Łebsko. *Ekologia Polska*, A16: 729–753.
- Sosza G. 1969. Dowody obecności jeziora postglacialnego na terenie Niziny Gardzieńsko-Łebskiej. *Przegl. Geogr.*, 41 (3): 503–510.
- Strzelec M. 1992. Freshwater snails of the inshore lake Sarbsko by Łeba (Northern Poland) (*Gastropoda*). *Malakologische Abhandlungen*, 16 (7): 55–57.
- Tavast E. 2000. Subfossil mollusc shells of the Baltic Sea and the possibilities of their usage in the stratigraphy and correlation of Baltic Sea sediments. *Geologos*, 5: 31–40.
- Tobolski K. 1972. Wiek i geneza wydm przy południowo-wschodnim brzegu jeziora Łebsko. *Badania Fizjograficzne nad Polską Zachodnią*, 25B: 135–146.
- Tobolski K. 1987. Holocene vegetational development based on the Kluki reference site in the Gardno-Łeba Plain. *Acta Palaeobotanica*, 27(1): 179–222.
- Wojciechowski A. 1987. Profil geochemiczny osadów jeziora Gardno. *Badania Fizjograficzne nad Polską Zachodnią*, 37: 191–211.
- Wojciechowski A. 1988. Litologia i stratygrafia osadów zachodniej części jeziora Łebsko. *Sprawozdania Poznańskiego Towarzystwa Przyjaciół Nauk*, 106: 48–51.
- Wojciechowski A. 1990. Analiza litofacyjna osadów jeziora Gardno. *Wydawnictwo Naukowe UAM, seria Geografia*, 49: 1–118.
- Wojciechowski A. 1991. Miąższość torfów i ukształtowanie powierzchni podtorfowej w środkowej części Niziny Gardzieńsko-Łebskiej. *Sprawozdania Poznańskiego Towarzystwa Przyjaciół Nauk*, 108: 83–85.
- Wojciechowski A. 1992. Kopalne środowiska sedymentacyjne jeziora Łebsko w świetle analizy malakologicznej. [W:] *Osady i procesy sedymentacji w środowiskach i systemach depozycyjnych w zapisie współczesnym i kopalnym*. Seminarium Sedymentologiczne, Poznań 31 sierpnia–2 września 1992. *Streszczenia referatów*, s. 91–92.
- Wojciechowski A. 1995. Holocene deposits and molluscan assemblages in Lake Łebsko, Gardno-Łeba Coastal Plain. *Journal of Coastal Research, spec. issue 22*: 237–243.
- Wojciechowski A. 1996. Podstawy malakostratygrafii jezior południowobałtyckich. XII Krajowe Seminarium Malakologiczne, Łódź, 25–27 kwietnia 1996: 40–41.
- Wojciechowski A. 1999a. Malakostratygrafia holocenijskich osadów jeziornych i lagunowych wybrzeża południowego Bałtyku. *Ogólnopolska Konferencja Naukowa „Ewolucja geosystemów nadmorskich południowego Bałtyku”*, Szczecin, 17–21 maja 1999, s. 61–63.
- Wojciechowski A. 1999b. Holocenijskie zespoły mięczaków w profilu Kluki-115a, Nizina Gardzieńsko-Łebska. [W:] R.K. Borówka, Z. Młynarczyk, A. Wojciechowski (red.), *Ewolucja geosystemów nadmorskich południowego Bałtyku*. Bogucki Wydawnictwo Naukowe, Poznań–Szczecin, s. 175–185.
- Wojciechowski A. 2007. Nowe profile malakologiczne z obszaru jeziora Łebsko i ich znaczenie straty-

- graficzne. [W:] W. Florek (red.), *Geologia i geomorfologia pobraża i południowego Bałtyku*, 7: 101–127.
- Woszczyk M. 2004. Zróżnicowanie przestrzenne osadów jeziora Sarbsko. [W:] A. Kostrzewski (red.), *Geneza, litologia i stratygrafia utworów czwartorzędowych*, 4: 487–495.
- Woźniński R. 2006. Holocenijskie poziomy malakostatygraficzne w rejonie Bramy Świny. VII Konferencja „Geologia i geomorfologia pobraża i południowego Bałtyku”, Słupsk–Ustka, 8–10 czerwca 2006, s. 101–103.
- Yu S.-Y. 2003. The Littorina transgression in southeastern Sweden and its relation to mid-Holocene climate variability. LUNDQUA Thesis, 51: 1–84.
- Zaborowska K. 1977. Analiza flory okrzemkowej osadów dennych jeziora Gardno. *Studia i Materiały Oceanologiczne*, 19: 304–305.
- Zachowicz J. 1977. Analiza palinologiczna osadów jeziora Gardno. *Studia i Materiały Oceanologiczne*, 19: 299–303.
- Zachowicz J., Uścińowicz S. 1997. Późnoplejstoceńskie i holocenijskie osady z obszaru Zalewu Wiślanego. [W:] W. Florek (red.), *Geologia i Geomorfologia Pobraża Południowego Bałtyku*, 3: 29–37.
- Zawadzka E., Miotk-Szpiganowicz G., Krzywińska J., Witak M. 2005. Badania rzeźby dna i analizy biostratygraficzne osadów jeziornych przybrzeża mierzei jeziora Łebsko. [W:] W. Florek (red.), *Geologia i Geomorfologia Pobraża Południowego Bałtyku*, 6: 105–119.
- Zych L. 1990. Osady jeziora Dołgie Małe a problem jego genezy. *Badania Fizjograficzne nad Polską Zachodnią*, 41: 145–158.