

WYKORZYSTANIE METOD PALEOZOologiczNYCH W BADANIACH NAD PRZESZŁOŚCIĄ ŚRODOWISKA OBSZARU POJEZIERZA POMORSKIEGO

The use of palaeozoological methods in palaeoenvironment research of the Pomeranian Lakeland

ALEKSANDRA LESZCZYK¹ 

Zarys treści. W pracy zestawiono wyniki analiz paleozoologicznych wykonanych dla rdzeni osadów biogenicznych ze stanowisk zlokalizowanych na obszarze Pojezierza Pomorskiego. Skupiono się na badaniach paleośrodowiskowych obejmujących okres od końca stadiału warty zlodowacenia odry do czasów współczesnych. Historia badań paleoekologicznych na obszarze Pojezierza Pomorskiego wskazuje na dużą rolę analiz paleobotanicznych (głównie palinologicznych) osadów biogenicznych. Spośród analiz paleozoologicznych wykorzystywano dotychczas subkopalne szczątki: wioślarek (Cladocera), mięczaków (Mollusca), ameb skorupkowych (Testacea) oraz ochotkowatych (Chironomidae). W pracy zestawiono wyniki badań pod kątem chronologii badanych osadów, metod badawczych, rozdzielczości wykonanych analiz, a także ich lokalizacji względem powierzchniowej budowy geologicznej. W pracy zwrócono uwagę na nie w pełni wykorzystany potencjał metod paleozoologicznych w badaniach nad przeszłością środowiska regionu Pojezierza Pomorskiego.

Słowa kluczowe: Polska północna, paleozoologia, paleośrodowisko, osady biogeniczne, Cladocera, Mollusca, Chironomidae, Testacea

Abstract. The paper summarises the results of palaeozoological analyses from sites in the Pomeranian Lakeland. The paper focuses on palaeozoological studies of biogenic sediments dating from the end of Odra Glaciation's Warta Stadial to modern times. In the history of palaeoecological studies on the Pomerania Lakeland area, a significant role has been played by palaeobotanic analyses (mainly palynological) of the biogenic sediment. Palaeozoological analysis has included Cladocera, molluscs (Mollusca), testate amoebae (Testacea) and chironomids (Chironomidae). Sites were compared in terms of chronology of sediments, methods, resolution and location on different geological surface sediments. The paper draws attention to gaps in research into the palaeoenvironment of the Pomeranian Lakeland in the context of palaeozoological methods.

Key words: North Poland, palaeozoology, palaeoenvironment, biogenic sediment, Cladocera, Mollusca, Chironomidae, Testacea

Wstęp

Obszar zainteresowań w niniejszej pracy stanowi młodoglacjalna strefa pojezierna Polski północnej i północno-zachodniej, na którą składają się trzy makroregiony w ujęciu Richlinga i in. (2021): Pojezierze Zachodniopomorskie, Pojezierze Wschodniopomorskie oraz Pojezierze Połud-

niowopomorskie. Ze względu na wysoką jeziorność oraz występowanie licznych i różnorodnych torfowisk obszar ten jest szczególnie predysponowany do wieloskażnikowych badań paleoekologicznych osadów biogenicznych. Dla obszaru wchodzącego w skład trzech wybranych makroregionów w pracy używane będzie określenie „Pojezierze Pomorskie” zaproponowane przez Kondrackiego (1946) i nawiązujące do tradycyjnych,

¹ Uniwersytet Łódzki, Szkoła Doktorska Nauk Ścisłych i Przyrodniczych; ul. Matejki 21/23, 90-237 Łódź; e-mail: aleksandra.leszczyk@edu.uni.lodz.pl, ORCID: 0000-0002-8647-9942

przedwojennych koncepcji regionalizacji fizycznogeograficznej Polski (Solon 2019).

Cechą charakterystyczną analizowanego obszaru jest zróżnicowana rzeźba postglacjalna związana z działalnością ostatniego lądolodu w fazach leszczyńskiej (24 000 BP) (Marks 2012; Marks i in. 2016) oraz poznańskiej (~18 500–19 000 BP) (Wysota, Molewski 2011; Tylmann, Uścińowicz 2022). Obszar Pojezierza Wschodniopomorskiego oraz Zachodniopomorskiego objęła także faza pomorska (18 000–17 000 BP) (Wysota, Molewski 2011), w trakcie której intensywne procesy fluwioglacjalne i peryglacjalne przebiegały również na Pojezierzu Południowopomorskim. W morfologii omawianych pojezierzy dominują wysoczyzny morenowe faliste oraz pagórkowate, sandry, a także wzniesienia czołowomorenowe (Richling i in. 2021). Licznie występują rynny subglacjalne, w których wykształciły się jeziora, oraz niewielkie zagłębienia bezodpływowe zajęte przez oczka wytopiskowe lub bagna. W słabo wykształconych dnach dolin rzecznych, misach jeziornych oraz licznych zagłębieniach o genezie wytopiskowej zalegają osady biogeniczne o zróżnicowanej miąższości (Błaszkiwicz 2007; Richling i in. 2021).

Region Pojezierza Pomorskiego jest szczególnie istotny z punktu widzenia badań paleoekologicznych. Licznie występujące zbiorniki jeziorne o zróżnicowanych cechach morfologicznych i hydrologicznych oraz mnogość zagłębień z osadami biogenicznymi dają możliwość opracowania szczegółowych rekonstrukcji paleogeograficznych opartych o wyniki analiz paleoekologicznych. Recesja ostatniego lądolodu z obszaru omawianego pojezierza pod koniec okresu glacialnego daje możliwość prześledzenia zmian krajobrazowych i ewolucji jezior, jakie zachodziły od późnego wistulianu i przez cały holocen (Błaszkiwicz 2005; Filbrandt-Czaja 2009). Również pradziejowa i historyczna działalność człowieka znajduje nierzadko wyraźny zapis we wskaźnikach paleoekologicznych badanych w osadach biogenicznych (między innymi: Hjelmroos-Ericsson 1981; Miotk 1986; Bogaczewicz-Adamczak 1990; Hjelmroos-Ericsson i in. 1990; Miotk-Szpiganowicz 1992; Filbrandt-Czaja 2009). Szczątki roślinne i zwierzęce zachowane w osadach biogenicznych są cennym źródłem informacji o paleośrodowisku zbiornika, jego zlewni, jak i bliższego i dalszego otoczenia (Tobolski 2000). Poszczególne grupy organizmów wykorzystywane w analizach paleozoologicznych rdzeni osadów biogenicznych dają możliwość rekonstrukcji różnych komponentów środowiska przyrodniczego.

Celem pracy jest podsumowanie aktualnego stanu wiedzy i zestawienie stanowisk, na których przeprowadzone zostały analizy paleozoologiczne osadów biogenicznych obszaru Pojezierza Pomorskiego. Praca ma na celu zwrócenie uwagi na luki badawcze w badaniach paleoekologicznych wykorzystujących metody paleozoologiczne, jak i wskazanie możliwych dalszych kierunków badań strefy Pojezierza Pomorskiego.

Metody

Praca opiera się na przeglądzie dostępnej literatury z zakresu badań osadów biogenicznych metodami paleozoologicznymi strefy Pojezierza Pomorskiego. Zestawione w pracy stanowiska zostały wybrane pod kątem lokalizacji oraz wieku badanych osadów. Skupiono się na stanowiskach położonych na Pojezierzu Pomorskim oraz analizach obejmujących okres od końca stadiału warty zlodowacenia odry do czasów współczesnych.

W pracy przywołano publikacje, które skupiają się na zastosowaniu szczątków organizmów wskaźnikowych do rekonstrukcji paleośrodowiskowych. Badania subkopalnych wioślarek przybliżone zostały w kontekście rekonstrukcji poziomu produktywności biologicznej jezior, wahań poziomu wody w zbiornikach, wpływu człowieka na ekosystemy wodne i etapów eutrofizacji (Miotk-Szpiganowicz 1992; Milecka, Szeroczyńska 2002; Gąsiorowski, Szeroczyńska 2004; Milecka, Szeroczyńska 2005; Filbrandt-Czaja 2009; Niska, Mirosław-Grabowska 2015; Zawisza i in. 2016; Pleskot i in. 2020, 2022; Kramkowski i in. 2023). Zmiany poziomu wody zbiorników jeziornych rekonstruowane są również w oparciu o wyniki badań subkopalnych szczątków wioślarek, a fluktuacje paleohydrologiczne torfowisk możliwe są do prześledzenia dzięki analizie ameb skorupkowych (Miotk-Szpiganowicz 1992; Lamentowicz 2005; Lamentowicz i in. 2006, 2008, 2010, 2019). Wyniki analizy wioślarek i malakofauny wykonane dla stanowisk z obszaru Pojezierza Pomorskiego dostarczają także pośrednie informacje paleoklimatyczne związane z wpływem zmian klimatycznych na ekosystemy wodne i zmian w zgrupowaniach tych organizmów. Subkopalne szczątki ochotkowatych pozwalają, poza rekonstrukcją warunków ekologicznych w zbiorniku, na odtworzenie statystycznie istotnych danych ilościowych dotyczących średnich paleotemperatur lipca badanego obszaru (Płóciennik 2005; Pleskot i in. 2020, 2022; Kramkowski i in. 2023).

Historia badań paleoekologicznych na Pojezierzu Pomorskim

Badania paleoekologiczne osadów biogenicznych na obszarze omawianych pojezierzy mają historię sięgającą czasów przedwojennych (Filbrandt-Czaja 2009). Prace te mają swoje początki w badaniach paleobotanicznych i z czasem zostały rozszerzone o metody paleozoologiczne. W latach 30. XX wieku Mielczarek i Brykalski (1931), Paszewski (1934) oraz Thomaschewski (1933) wykonali pierwsze analizy pyłkowe dla Borów Tucholskich. W latach powojennych, począwszy od lat 80. XX wieku, liczba stanowisk z analizami palinologicznymi wzrosła. Odtwarzaniu historii ewolucji szaty roślinnej w okresie poglądowym na obszarze Pojezierza Pomorskiego, głównie w Borach Tucholskich, towarzyszyły badania wpływu działalności człowieka na szatę roślinną i dynamikę zasiedlania (Hjelmroos-Ericsson 1981; Grzelakowska, Balwierz 1985; Miotk 1986; Miotk-Szpiganowicz 1992; Filbrandt-Czaja 2009). Analizy palinologiczne początkowo wykonywano głównie dla osadów torfowiskowych (Mielczarek 1931; Kępczyński 1958; Grzelakowska, Balwierz 1985), z czasem rozszerzono także zakres badań o osady jeziorne (Hjelmroos-Ericsson 1981; Miotk 1986; Miotk-Szpiganowicz 1992; Milecka, Bogaczewicz-Adamczak 2006; Filbrandt-Czaja 2009). Niekiedy w trakcie badań palinologicznych analizowano mikrofosylia poza-pyłkowe, w których identyfikowane są szczątki zwierzęce (van Geel 2001). Poza analizami palinologicznymi liczne stały się opracowania kopalnych okrzemek. Wykorzystywano je w badaniach jakościowych nad wahaniami poziomu wody oraz ewolucją jezior Borów Tucholskich (Hjelmroos-Ericsson 1981; Bogaczewicz-Adamczak 1990; Miotk-Szpiganowicz 1992; Milecka i in. 2002; Milecka, Bogaczewicz-Adamczak 2006; Filbrandt-Czaja 2009).

Obserwacje subkopalnej malakofauny w osadach biogenicznych z obszaru Polski północnej miały miejsce już w XIX wieku i opracowywane były przez niemieckich geologów. Zaobserwowano wówczas szczątki mięczaków w późnoglądowych osadach jeziornych (Alexandrowicz 2013). W Polsce północnej faunę subkopalnych mięczaków badał Wojciechowski, głównie w rejonie Pobrzeża i Wielkopolski (Wojciechowski 1995, 1999, 2008, 2012). Natomiast na Pojezierzu Pomorskim analizy malakologiczne osadów jeziornych wykonywał Alexandrowicz oraz Krzyżmińska (Błaszkiwicz, Krzyżmińska 1992; Błasz-

kiewicz 2005; Alexandrowicz 2013). Pierwsze analizy paleozoologiczne w badaniach paleoekologicznych na obszarze Pojezierza Pomorskiego towarzyszyły pracom poświęconym palinologii. Wyniki analiz subkopalnych wioślarek (Cladocera) miały na celu jakościowe rekonstrukcje wahań poziomu wody w zbiornikach, etapów eutrofizacji oraz charakterystyki ekologicznej dawnych jezior (Miotk-Szpiganowicz 1992; Milecka, Szeroczyńska 2002; Filbrandt-Czaja 2009). W kolejnych latach Lamentowicz prezentował wyniki badań kopalnych ameb skorupkowych z obszaru Pojezierza Pomorskiego (Lamentowicz 2005; Lamentowicz i in. 2006, 2008, 2010, 2019). Autor ten stworzył pierwsze w Polsce zbiory testowe (ang. *training sets*) do ilościowych analiz wahań poziomu wód i zmian pH na torfowiskach sfagnowych (Lamentowicz 2005).

Analizy szczątków muchówek z rodziny ochotkowatych (Chironomidae) wykonywane są na Pojezierzu Pomorskim zaledwie od kilku lat, a liczba prac jest wciąż niewielka. Analizom subkopalnych ochotkowatych zwykle towarzyszą rekonstrukcje o charakterze ilościowym, dotyczące zmian paleoklimatycznych (Pleskot i in. 2020, 2022; Kramkowski i in. 2023).

Stanowiska z obszaru Pojezierza Pomorskiego

Szczątki bezkręgowców dotychczas wykorzystywane w badaniach z obszaru Pojezierza Pomorskiego obejmują głównie: skorupiaki (wioślarki Cladocera), owady (głównie Chironomidae), mięczaki (małże Bivalvia i ślimaki Gastropoda), a także pierwotniaki (ameby skorupkowe Testacea). Ponadto szczątki zwierzęce, w szczególności chitynowe panczerzyki oraz formy przetrwalne bezkręgowców, są często uwzględniane przy analizie makroskopowych szczątków roślin, na przykład: efipia wioślarek Cladocera, fragmenty mszywiołów, wirków, szczątki owadów, chrząszczy, panczerzyki roztoczy, skorupki małżoraczków czy mięczaków (Kowalewski 2007, 2014). W badaniach paleoekologicznych osadów biogenicznych rzadziej analizowane są pozostałości zwierząt kręgowych, w tym szczątki ryb. Szczątki kostne są zwykle analizowane przy okazji prac archeologicznych (Makowiecki 2003; Makowiecki, Stach 2007).

Stanowiska z analizą subkopalnych wioślarek dla osadów biogenicznych koncentrowały się głównie na obszarze Pojezierza Południowopomorskiego (Miotk-Szpiganowicz 1992; Milecka,

Szeroczyńska 2002, 2005; Gąsiorowski, Szeroczyńska 2004; Szeroczyńska 2006; Filbrandt-Czaja 2009; Milecka i in. 2011; Szeroczyńska, Zawisza 2011; Zawisza i in. 2016; Słowiński i in. 2017; Kramkowski i in. 2023) i Pojezierza Zachodniopomorskiego (Niska, Mirosław-Grabowska 2015; Pleskot i in. 2020, 2022; Czerniak i in. 2023).

Dla jeziora **Suszek** analizy szczątków subkopalnych wioślarek zostały wykonane przez Szeroczyńską, a ich wyniki zaprezentowane w publikacji Miotk-Szpiganowicz (1992). Analizy te zostały wykonane dla osadów wieku subborealnego i subatlantyckiego (Miotk-Szpiganowicz 1992). Wyniki zostały zestawione z rekonstrukcją poziomu wody dla jeziora Suszek wykonywaną przez Bogaczewicz-Adamczak (1990) na podstawie analizy subkopalnych okrzemek.

Dla osadów jeziora **Jelonek** analiza subkopalnych wioślarek wykonana została przez Zawiszę (2008, 2016). Zmienność zespołów subkopalnych wioślarek pozwoliła na zrekonstruowanie ewolucji zbiornika, wskazano: zmiany siedliskowe, wahania stanu troficznego i poziomu wody (Filbrandt-Czaja 2009; Zawisza i in. 2016). Rekonstrukcje obejmują okres od allerødu do subatlantyku (Zawisza i in. 2016).

Szeroczyńska wykonała analizę subkopalnych wioślarek dla osadów jeziora **Ostrowite** położonego na Równinie Charzykowskiej dla okresu późnoglacialnego i holocenu (Milecka, Szeroczyńska 2002; Szeroczyńska 2006). Analizę wykonano z rozdzielczością 10 cm, a wyniki zestawiono z danymi palinologicznymi (Milecka, Szeroczyńska 2002; Gąsiorowski, Szeroczyńska 2004; Milecka, Szeroczyńska 2005). Rdzeń z jeziora został ponownie przebadany w kolejnych latach. Odcinek odpowiadający okresowi borealnemu po okres wczesnoatlantycki został przeanalizowany z rozdzielczością 2–5 cm. Analogicznie wykonano analizę subkopalnych wioślarek dla osadów z Jeziora **Charzykowskiego** (Szeroczyńska, Zawisza 2011). Badania subkopalnych wioślarek w kontekście zmian klimatycznych późnego glacialu i początku holocenu na Pojezierzu Pomorskim zostały wykonane również przez Szeroczyńską dla osadów jeziora **Sierzywk** leżącego około 30 km na północ od jeziora Ostrowite (Milecka i in. 2011). Poza badaniami wioślarek wykorzystano także makrofosylia (wykonane przez Kowalewskiego). Zgromadzony materiał zawierał liczne pozostałości wodnych bezkręgowców, w tym: fragmenty owadów, pancerze roztoczy (Acari), statoblasty mszywiolów (Bryozoa) i gemmule gąbek (Porifera). Uzyskane wyniki umożliwiły prześledzenie odpowiedzi organizmów wod-

nych na zmiany siedliskowe i klimatyczne zachodzące w późnym glacialu i początkach holocenu (Milecka i in. 2011).

Dla osadów paleojeziora **Trzechowskiego** wielowskaźnikowe analizy paleośrodowiskowe wykonano z dużą rozdzielczością dla odcinka rdzenia obejmującego okres późnoglacialny (Słowiński i in. 2017). Duża precyzja chronologiczna analiz mogła zostać opracowana dzięki częściowej laminacji badanych osadów jeziornych, a także wykorzystaniu tefrochronologii. Poza rekonstrukcją warunków środowiskowych i ekologicznych zbiornika zbadano, jak sygnał środowiskowy wpływa na organizmy wodne i inne komponenty środowiska przyrodniczego. Analizy geochemiczne, paleobotaniczne, paleozoologiczne wykonano w interwałach 5–15-letnich dla odcinka rdzenia 1262–1230 cm. Wyniki analizy Cladocera zestawiono z wynikami analizy subkopalnych okrzemek, co pozwoliło na rekonstrukcje zmian w stratyfikacji jeziora czy przezroczystości słupa wody. W analizie szczątków makroskopowych, poza elementami florystycznymi, wyróżniono wioślarki (*Daphnia* sp.) i fragmenty szkieletów ryb (Słowiński i in. 2017).

W **Nowym Objezierzu** badania paleoekologiczne prowadzone były jako uzupełnienie danych archeologicznych, a ich celem była przede wszystkim rekonstrukcja wpływu działalności człowieka na lokalne środowisko przyrodnicze oraz odtworzenie historii przemian roślinności. Rdzeń osadów biogenicznych (11 metrów) pobrano z jeziora leżącego ponad 2 kilometry od neolitycznego stanowiska archeologicznego. Analizę wioślarek wykonano dla odcinka rdzenia z okresu między 5 327 a 4 037 BC, czyli dla okresu dłuższego, niż funkcjonowała badana przez archeologów budowla o typie rondela.

Interesujące wyniki badań zostały zaprezentowane dla osadów paleojeziora **Rzecino** zlokalizowanego w północnej części Pojezierza Zachodniopomorskiego (Niska, Mirosław-Grabowska 2015). Badano w nich bowiem osady eemskie i wczesnovistuliańskie paleojeziora, a w studiach zostały wykorzystane między innymi szczegółowe analizy subkopalnych wioślarek. Chronologia osadów została ustalona w oparciu o dane palinostratygraficzne (Niska, Mirosław-Grabowska 2015). W sposób jakościowy zrekonstruowano zmiany stanu troficznego, temperatury i poziomu wody paleojeziora Rzecino.

Na Pojezierzu Pomorskim stanowiska subkopalnej malakofauny w osadach biogenicznych, głównie węglanowych, są powszechne, jednak tylko dla nielicznych stanowisk dostępne są opra-

cowania szczegółowe (Alexandrowicz 2013). Dla osadów przedalleródzkich w **dolinie środkowej Wierzycy** wyróżniono gatunki malakofauny, które posłużyły do określenia biostratygrafii osadów oraz rekonstrukcji warunków ekologicznych funkcjonowania dawnych zbiorników. Badano głównie zbiornikowe osady węglanowe, ale też torfowiskowe, których malakofauna zawierała gatunki zimnolubne, potwierdzające przedalleródzki wiek osadów (Błaszkiwicz 2005).

Kolejnym interesującym wskaźnikiem biotycznym wykorzystywanym w rekonstrukcjach bilansu wodnego na torfowiskach Pojezierza Pomorskich są ameby skorupkowe Testacea (Protozoa), badane głównie przez Lamentowicza (Lamentowicz 2005; Lamentowicz i in. 2006, 2008, 2010, 2019). Dla torfowisk mszarnych Borów Tucholskich autor ten wykonał analizy subkopalnych ameb skorupkowatych dla stanowisk **Jelenia Wyspa** oraz **Tuchola**. Ze względu na ich niezdegradowany charakter uzyskane dane zostały wykorzystane do utworzenia zbioru testowego, opartego o współczesne gatunki ameb skorupkowych (Lamentowicz 2005, Lamentowicz i in. 2006). W oparciu o modelowania statystyczne odtworzono względne wartości zmian poziomu wody dla okresu 9 000 lat na torfowisku Tuchola oraz ostatnich 1 500 lat na torfowisku Jelenia Wyspa. Podjęto również próbę wskazania czynnika, w tym antropogenicznego, odpowiedzialnego za fluktuacje hydrologiczne badanych obiektów (Lamentowicz 2005; Lamentowicz i in. 2006). Przykładem innego torfowiska znajdującego się w Borach Tucholskich i badanego metodami paleoekologicznymi, a w tym analizą subkopalnych ameb, jest torfowisko **Głębozec** (Lamentowicz i in. 2019). Wyniki analizy objęły ostatnie 6 500 lat i dokumentują ilościowe zmiany poziomu wody oraz stanu troficznego na torfowisku. Udokumentowane zostało między innymi zalewanie wodami roztopowymi lub opadowymi torfowiska w okresie 3 300–1 650 BP, podczas gdy wyniki analiz paleobotanicznych nie dostarczyły takich danych (Lamentowicz i in. 2019).

Na Pojezierzu Kaszubskim torfowisko bałtyckie **Stążki** również zostało przebadane przez Lamentowicza z wykorzystaniem analizy subkopalnych ameb skorupkowych (Lamentowicz i in. 2008, 2010). Badane osady akumulowane w okresie ostatnich 6 250 lat przeanalizowano z rozdzielczością 5 cm, natomiast odcinek profilu odpowiadający ostatnim 1 200 lat historii torfowiska zbadano z rozdzielczością 1 cm. Rekonstrukcje okresów wilgotnych i suchych na torfowisku wykonano w oparciu o dane z analizy ameb skorupko-

wych oraz analizy izotopowe $\delta^{13}C$. Rekonstrukcje paleohydrologiczne dla okresu ostatnich 4 000 lat przeprowadzono również na torfowisku **Kusowskie Bagno** leżącego na Pojezierzu Zachodniopomorskim przy zastosowaniu analizy subkopalnych ameb skorupkowych (Lamentowicz i in. 2015).

Na stanowisku **Mukrza** analizę subkopalnych ameb skorupkowych dla osadów torfowiskowych wykonano dla okresu liczącego zaledwie 73 lata (1 929–2 002 AD) z rozdzielczością 2 cm. Celem analiz była ocena wpływu działalności człowieka na zgrupowania ameb skorupkowych w wyniku spiętrzenia pobliskiej rzeki. Wykonano rekonstrukcje poziomu wód oraz pH na torfowisku, które potwierdziły zmiany wywołane działalnością człowieka w dolinie rzeki Wdy (Lamentowicz, Obremska 2010).

Istotnym wskaźnikiem paleoekologicznym analizowanym w ostatnich latach w osadach biogenicznych z Pojezierza Pomorskiego są szczątki larw muchówek z rodziny ochotkowatych (Diptera: Chironomidae). Dzięki zaawansowanym analizom biostatystycznym szczątków ochotkowatych możliwe było opracowanie rekonstrukcji ilościowych średnich paleotemperatur lipca dla obszaru Pojezierza Drawskiego, Borów Tucholskich i Pojezierza Północnokrajńskiego oraz warunków paleoekologicznych panujących w badanych jeziorach. Badania takie przeprowadzono dotychczas dla jeziora Spore (Pleskot i in. 2020, 2022) i jeziora Jelonek (Kramkowski i in. 2023) oraz niewielkich subkopalnych zbiorników w Ostrowitem na Pojezierzu Północnokrajńskim (Leszczyk 2023).

Dla osadów jeziora **Spore** położonego na Pojezierzu Zachodniopomorskim wykonane zostały wielowskaźnikowe analizy paleoekologiczne obejmujące ostatnie 4 500 lat (Pleskot i in. 2020, 2022). Celem badań była rekonstrukcja w oparciu o wskaźniki paleobotaniczne i paleozoologiczne zmian paleośrodowiskowych podczas eventu klimatycznego około 4 200 BP. Analizy fauny ochotkowatych i wioślarek nie wskazały znaczących zmian zgrupowań fauny podczas ochłodzenia 4 200 BP. Także rekonstrukcje paleotemperatur lipca wykonane za pomocą zespołów testowych ochotkowatych nie wskazały znaczącego spadku średnich temperatur lata w badanym okresie. Ochłodzenie takie udokumentowane zostało w wynikach analiz paleobotanicznych. Zmiany temperatur dla ostatnich 4 500 lat wykonane dla osadów jeziora Spore w oparciu o dane uzyskane w analizach subkopalnych szczątków Chironomidae zostały zestawione i porównane z wynikami

paleohydrologicznymi blisko położonego torfowiska Kusowskie Bagno (Pleskot i in. 2022). Opracowane rekonstrukcje wskazują na powiązanie przebiegu średnich temperatur powietrza i wahań poziomu wody na torfowisku.

Dla osadów jeziora **Jelonek**, poza wspomnianą analizą subkopalnych wioślarek, zostały w ostatnim czasie przeprowadzone analizy wieloskaźnikowe (Kramkowski i in. 2023). Badania paleozoologiczne obejmowały analizy subkopalnych szczątków ochotkowatych i wioślarek z osadów okresu preborealnego wykonane z rozdzielczością 2 cm. Uzyskane rekonstrukcje średnich paleotemperatur lipca bazujące na zmianach zbiorowisk subkopalnych szczątków ochotkowatych dowodzą ochłodzenia klimatu podczas okresu preborealnego o 2–1,5°C. Wyniki analizy szczątków wioślarek wskazały na zmiany trofii i fluktuacje poziomu wody w jeziorze Jelonek w badanym okresie. Wyniki paleozoologiczne dowiodły, że zgrupowania ochotkowatych wyraźnie zareagowały na zmiany temperatury powietrza w okresie preborealnym, zaś na zgrupowania wioślarek silniej wpłynęły czynniki lokalne (degradacja permafrostu, okresy ze wzmożonymi pożarami) (Kramkowski i in. 2023).

Dla osadów z dwóch zagłębień wytopiskowych położonych w sąsiedztwie jeziora **Ostrowite** na Pojezierzu Północnokrajewskim w ostatnim czasie wykonano szereg analiz paleoekologicznych. Zastosowano przy tym analizy paleobotaniczne (pyłkowa i makroskopowych szczątków roślinnych), paleozoologiczne (Cladocera, Chironomidae, Mollusca), geochemiczne i sedimentologiczne oraz geochronometryczne bazujące na datowaniach radiowęglowych metodą AMS. Uzyskane wyniki pozwoliły na odtworzenie ewolucji niewielkich zbiorników jeziornych funkcjonujących od allerødu po okres atlantycki, kiedy uległy przekształceniu w torfowiska. Zrekonstruowano także średnie roczne temperatury powietrza lata oraz zmiany głębokości jednego ze zbiorników wodnych od allerødu do okresu preborealnego przy wykorzystaniu analizy subkopalnych szczątków ochotkowatych (Leszczyk 2023). Rekonstrukcja paleotemperatur lipca została porównana z wynikami z jeziora Spore i jeziora Jelonek, które wskazały podobne trendy zmian temperatury schyłku okresu glacialnego i początku holocenu (Leszczyk 2023).

Analiza porównawcza stanowisk

Analizowane stanowiska badawcze różnią się od siebie ich położeniem, wykonanymi analizami,

zakresem chronologicznym badanych osadów, rozdzielczością analiz czy celami badań.

Badania osadów biogenicznych wykorzystujące analizy paleozoologiczne na obszarze Pojezierza Pomorskiego dotyczą głównie stanowisk zlokalizowanych na obszarach sandrowych Równiny Charzykowskiej i Borów Tucholskich. Na sandrze Brdy znajdują się stanowiska: jezioro Suszek, jezioro Ostrowite, Jezioro Charzykowskie, jezioro Sierzywk, torfowisko Jelenia Wyspa i torfowisko Tuchola (Miotk-Szpiganowicz 1992; Lamentowicz 2005; Szeroczyńska, Zawisza 2011; Milecka i in. 2011; Słowiński i in., 2017) (tab. 1; rys. 1). Z kolei na sandrze Wdy zlokalizowane są jeziora Jelonek i Głębocek, torfowisko Mukrza, a także paleojezioro Trzechowskie, zaś na sandrze Gwdy – jezioro Spore. Stanowiska badane przez Błaszkiwicza (2005) zlokalizowane są w rynnach subglacialnych doliny Wierzycy i Wietcisy na pograniczu obszarów sandrowych i wysoczyzn morenowych. Jedynie torfowisko Stążki, Kusowskie Bagno oraz paleojezioro Rzecino są stanowiskami znajdującymi się w strefie morenowej w zasięgu fazy pomorskiej zlodowacenia wisły (Lamentowicz i in. 2010, 2015; Niska i in. 2015). Dwa stanowiska paleoekologiczne zlokalizowane w sąsiedztwie stanowisk archeologicznych (w Nowym Objezierzu i w Ostrowitem na Pojezierzu Północnokrajewskim) znajdują się w podobnej sytuacji geomorfologicznej. Stanowisko w Nowym Objezierzu zlokalizowane jest na wysoczyźnie morenowej, wokół której są powierzchnie sandrowe (Czerniak i in. 2023), na granicy zasięgu fazy pomorskiej zlodowacenia wisły. Stanowisko w Ostrowitem na Pojezierzu Północnokrajewskim również zlokalizowane jest w strefie morenowej, jednak na przedpolu moren fazy pomorskiej.

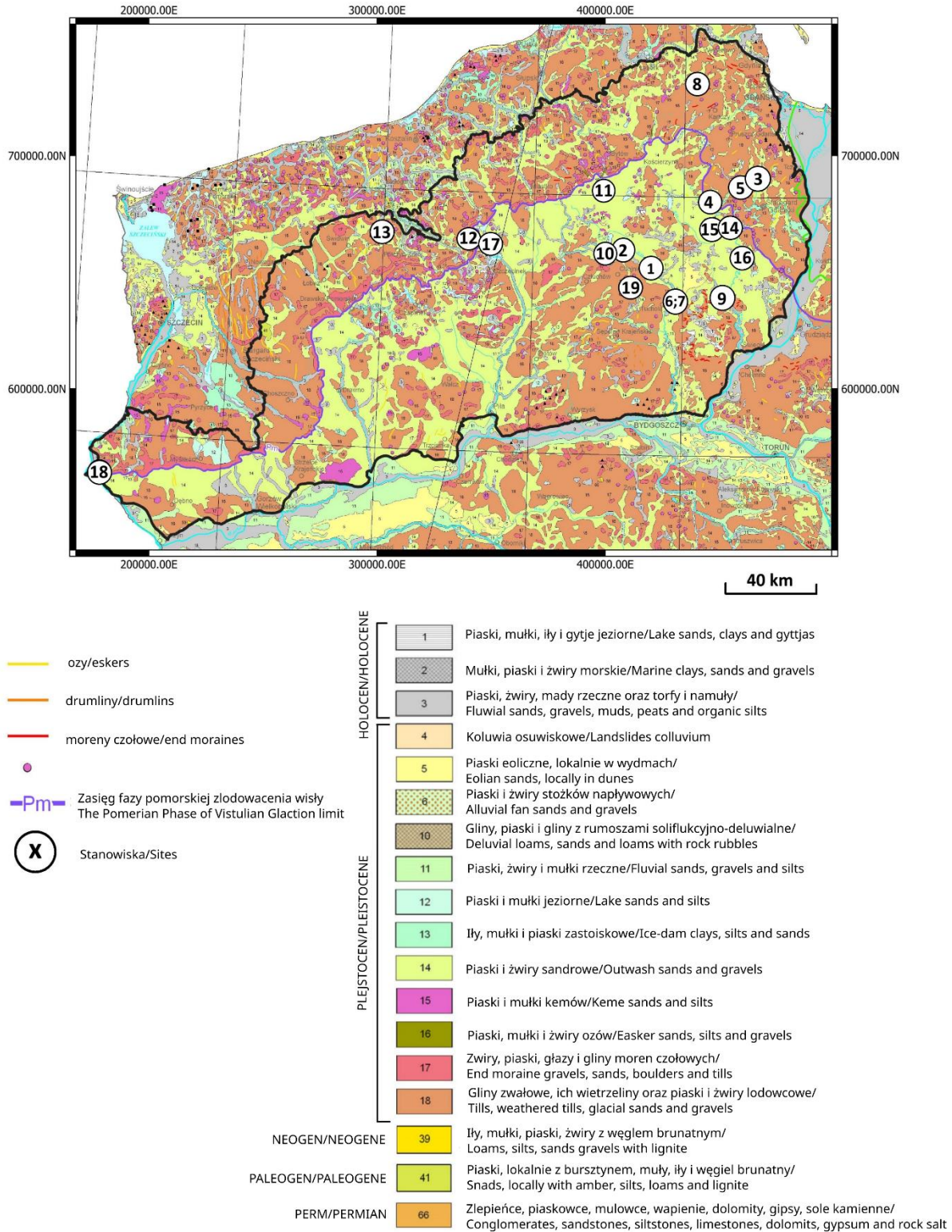
Zaletą analiz osadów biogenicznych wykonywanych z dużą rozdzielczością jest możliwość dokładnego prześledzenia zmian paleośrodowiskowych, które mogą skupiać się na krótkich epizodach zmian klimatu. Fazy rozwoju torfowiska Stążki, analizowanym z rozdzielczością 1 cm, zostały podzielone na okresy nawet 100-letnie, podczas których wyróżnić można było okresy wilgotniejsze i bardziej suche (Lamentowicz i in. 2008). Przykładem innego stanowiska, na którym starano się uchwycić krótkie epizody zmian klimatycznych i odpowiedzi ekosystemu wodnego, jest jezioro Jelonek. Skupiono się w szczególności na 300-letnim okresie ochłodzenia podczas okresu preborealnego (11 450–11 150 BP) (Kramkowski i in. 2023). Osady jeziora Spore również zostały przebadane pod kątem krótkiego ochłodzenia mającego miejsce w trakcie epizodu klimatycznego

Tabela 1

Stanowiska badań paleośrodowiskowych osadów biogenicznych z wykorzystaniem metod paleozoologicznych na obszarze Pojezierza Pomorskiego

Sites with palaeozoological analysis of biogenic sediments on Pomerania Lakeland area

Nazwa stanowiska (numer stanowiska jak na rys. 1)/ <i>Site (number of site as in Fig. 1)</i>	Bibliografia/ <i>References</i>	Wykonane analizy paleozoologiczne/ <i>Palaeozoological analysis</i>
Jezioro Suszek (1)	Miotk-Szpiganowicz 1992	Wioślarki (Cladocera)
Jezioro Ostrowite (2)	Milecka, Szeroczyńska 2002; Gąsiorowski, Szeroczyńska 2004; Milecka, Szeroczyńska 2005; Szeroczyńska, Zawisza 2011	Wioślarki (Cladocera)
Jeziora w rynnach subglacjalnych: k. Skarszew (dolina Wietcisy) (3), k. Więckowych (dolina Wierzycy) (5); jezioro w rynnice końcowej k. Starej Kiszewy (dolina Wierzycy) (4)	Błaszkiwicz 2005	Mięczaki (Mollusca)
Torfowisko Jelenia Wyspa (6); Torfowisko Tuchola (7)	Lamentowicz 2005; Lamentowicz i in. 2006	Ameby skorupkowe (Testacea)
Torfowisko Stążki (8)	Lamentowicz i in. 2008; Lamentowicz i in. 2010	Ameby skorupkowe (Testacea)
Torfowisko Mukrza (9)	Lamentowicz, Obremska, 2010	Ameby skorupkowe (Testacea)
Jezioro Charzykowskie (10)	Szeroczyńska, Zawisza 2011	Wioślarki (Cladocera)
Jezioro Sierzywk (11)	Milecka i in. 2011	Wioślarki (Cladocera)
Torfowisko Kusowskie Bagno (12)	Lamentowicz i in. 2015	Ameby skorupkowe (Testacea)
Paleojezioro Rzecino (13)	Niska, Mirosław-Grabowska, 2015	Wioślarki (Cladocera)
Paleojezioro Trzechowskie (14)	Słowiński i in. 2017	Wioślarki (Cladocera)
Torfowisko Głębozeczek (15)	Lamentowicz i in. 2019	Ameby skorupkowe (Testacea)
Jezioro Jelonek (16)	Filbrandt-Czaja 2009; Zawisza i in. 2016; Kramkowski i in. 2023	Wioślarki (Cladocera), ochotki (Chironomidae)
Jezioro Spore (17)	Pleskot i in. 2020, 2022	Wioślarki (Cladocera), ochotki (Chironomidae)
Nowe Objezierze (18)	W trakcie badań; Czerniak i in. 2023	Wioślarki (Cladocera)
Paleozbiorniki w Ostrowitem (Pojezierze Północnokrajńskie) (19)	W trakcie badań; Leszczyk 2023	Wioślarki (Cladocera), ochotki (Chironomidae), mięczaki (Mollusca)



Rys. 1. Położenie stanowisk wykorzystujących metody paleozoologiczne w badaniach paleośrodowiskowych rdzeni osadów biogenicznych na podkładzie Mapy Geologicznej Polski (Marks i in. 2006, zmienione)
Oznaczenia stanowisk jak w tab. 1

Study sites with paleozoological analyses in paleoenvironmental studies of biogenic cores on the Geological Map of Poland (Marks *et al.* 2006, modified)
Site numbers as in Tab.1

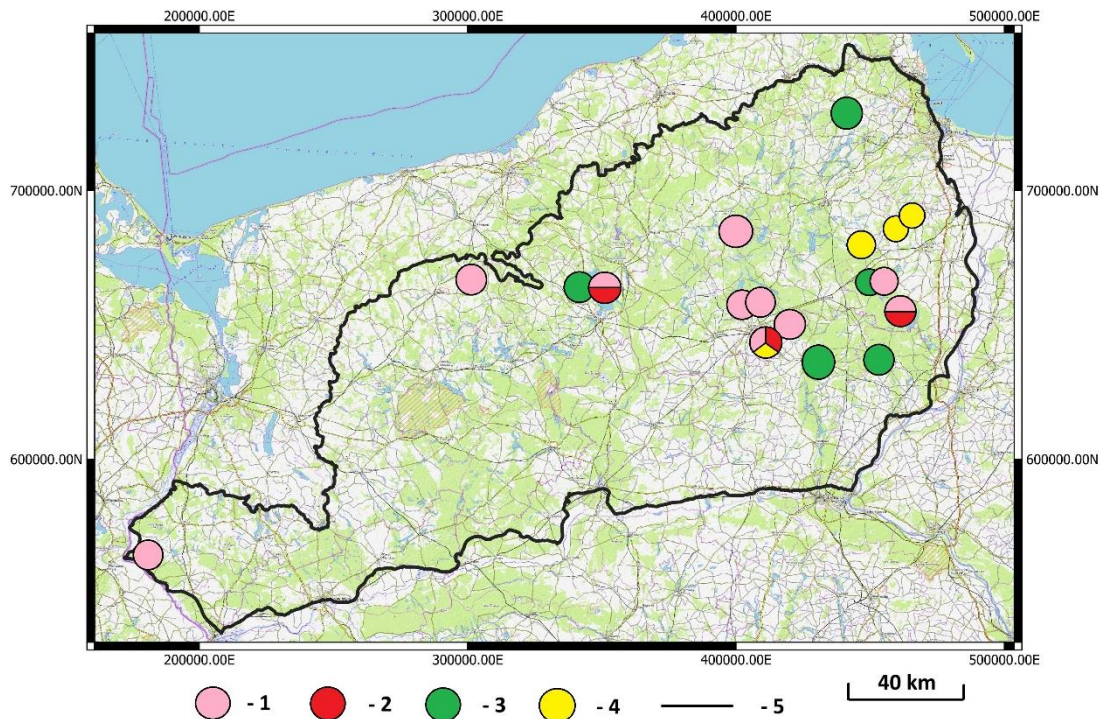
około 4 200 BP, a analizy paleośrodowiskowe wykonano dla okresu liczącego 700 lat (Pleskot i in. 2020).

Z kolei analizy dłuższych okresów mają zazwyczaj mniejszą rozdzielczość i stanowią przeważnie wyniki starszych badań. Rekonstrukcje zmian paleohydrologicznych z Suszka obejmują ostatnie 5 000 lat i wykonane zostały z rozdzielczością 10 cm (Miotk-Szpiganowicz 1992). Analizy wioślarek z jeziora Ostrowitego na Równinie Charzykowskiej dokumentują również długą, 8 000-letnią ewolucję jeziora (Gąsiorowski, Szeroczyńska 2004; Milecka, Szeroczyńska 2005). Najdłuższy odcinek historii paleośrodowiskowej zbadano w osadach paleojeziora Rzecino, które obejmuje okres od końca zlodowacenia odry stadiału warty, cały interglacjał eemski (MIS 5e) oraz początek vistulianu. Tu również analiza wioślarek została wykonana co 10 cm dla odcinka rdzenia o długości 470 cm (Niska, Mirosław-Grabowska 2015).

Analizy subkopalnych wioślarek dostarczają dotychczas dane o charakterze jakościowym i nie wskazują konkretnych wartości głębokości zbiorników (Miotk-Szpiganowicz 1992; Filbrand-Czaja 2009; Zawisza i in. 2016). Dla zbiornika

w Ostrowitem rekonstrukcja zmian poziomu wody o charakterze ilościowym jest pierwszą wykonaną na obszarze Pojezierza Pomorskiego przy użyciu danych dla subkopalnych szczątków ochotkowatych (Leszczyk 2023). Dane ilościowe dotyczące poziomu wody, ale z kolei wykorzystywane tylko dla torfowisk, dostarczają wyniki badań ameb skorupkowych. Dla torfowisk Kusowskie Bagno, Stążki, Głębocek i Jelenia Wyspa wyniki zmian poziomu wody dotyczą jedynie okresu środkowego i późnego holocenu (Lamentowicz i in. 2006, 2008, 2010, 2015, 2019).

W badaniach osadów biogenicznych obszaru Pojezierza Pomorskiego dominują analizy paleobotaniczne. Jeziora Spore, Jelonek oraz zagłębienie wytopiskowe w okolicach Ostrowitego jako jedyne zostały przebadane z wykorzystaniem więcej niż jednej analizy paleozoologicznej (rys. 2). Dla osadów tych jezior zastosowano bowiem badania subkopalnych szczątków wioślarek i ochotkowatych, a dla Ostrowitego także analizę mięczaków, jako wzajemnie się uzupełniające informacje o ewolucji jezior i zmianach klimatycznych schyłku vistulianu i holocenu (Pleskot i in. 2020, 2022; Kramkowski i in. 2023; Leszczyk 2023).



Rys. 2. Metody paleozoologiczne wykorzystane w badaniach osadów biogenicznych na stanowiskach Pojezierza Pomorskiego

1 – wioślarki (Cladocera), 2 – ochotkowate (Chironomidae), 3 – ameby skorupkowe (Testacea), 4 – mięczaki (Mollusca), 5 – granica Pojezierza Pomorskiego

Paleozoological methods used in the study of biogenic sediments at Pomeranian Lakeland's sites

1 – water fleas (Cladocera), 2 – chironomid midges (Chironomidae), 3 – testate amoebae (Testacea), 4 – molluscs (Mollusca), 5 – border of the Pomeranian Lakeland

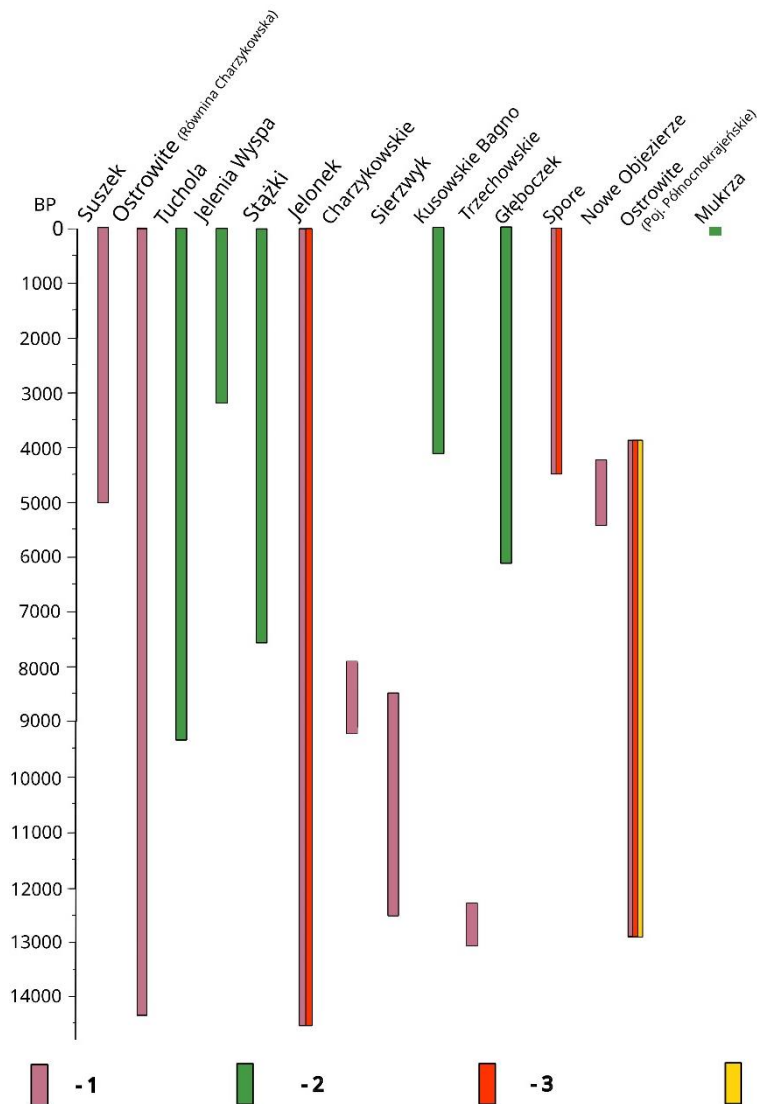
Kierunki i cele badań osadów biogenicznych ulegały zmianom wraz z rozwojem metod badawczych. Opracowania starsze skupiały się na rekonstrukcjach etapów rozwoju jezior, zmian eutrofizacji czy poziomu wody jezior metodami jakościowymi (Miotk-Szpiganowicz 1992; Błaszkie-wicz 2005). Następnie podejmowane były próby rozdzielenia wpływu czynników lokalnych (takich jak zmiany zalesienia zlewni, antropopresja, pożary) od czynników globalnych (zmiany klimatyczne) na ekosystemy wodne (Lamentowicz i in. 2006; Pleskot i in. 2020; Kramkowski i in. 2023) oraz opracowywane były rekonstrukcje zmian hydrologicznych i klimatycznych o charakterze ilościowym. Analizy w tym kierunku wykonane zostały dla osadów torfowisk mszarnych w Borach Tucholskich, jezior Spore i Jelonek oraz paleozbiornika w Ostrowitem (Lamentowicz i in. 2006, 2015, 2019; Pleskot i in. 2020; Kramkowski i in. 2023; Leszczyk 2023).

Zakres chronologiczny analiz paleozoologicznych na Pojezierzu Pomorskim jest zróżnicowany na poszczególnych stanowiskach (rys. 3). Najstarsze osady jeziorne zostały przebadane na stanowisku Rzecino, którego chronologia obejmuje okres eemu i wczesnego vistulianu (Niska, Mirosław-Grabowska 2015). Stanowiska badane przez Błaszkie-wicza (2005) obejmują osady przedallerødzkie. Analizy paleojeziora Trzechowskiego obejmują osady wieku późnoglacialnego – allerødzkie i z okresu młodszego dryasu (Słowiński i in. 2017). Znaczna część analizowanych rdzeni dotyczy przejścia z okresu późnego glacjału do holocenu. Przykładem jest jezioro Ostrowite na Równinie Charzykowskiej, w którego przypadku stratygrafia rdzenia obejmuje okres od młodszego dryasu po okres subatlantycki (Milecka, Szeroczyńska 2005), a także jeziora Jelonek i Sierzywk oraz paleojezioro w Ostrowitem (Pojezierze Północnokrajewskie) (Filbrant-Czaja 2009; Milecka i in. 2011; Leszczyk 2023). Analizy paleozoologiczne Jeziora Charzykowskiego obejmowały osady o chronologii wczesno- i środkowoholocenijskiej (Szeroczyńska, Zawisza 2011). Osady jeziorne o wieku środkowo- i późnoholocenijskim przebadano na stanowiskach: jezioro Suszek, jezioro Spore i Nowe Objezierze. Badane torfowiska Pojezierza Pomorskiego obejmują głównie osady ze środkowego lub późnego holocenu, wyjątkiem jest torfowisko Tuchola, dla któ-

rego wykonano analizy ameb skorupkowych ostatnich 9 000 lat oraz współczesne osady torfowiska Mukrza (Lamentowicz 2005; Lamentowicz, Obremska 2010).

Większość rekonstrukcji paleośrodowiskowych ze stanowisk z osadami biogenicznymi z Pojezierza Pomorskiego nie odnosi się szerzej do reliktywów dawnej sieci osadniczej w otoczeniu badanych stanowisk. Rekonstrukcje wpływu człowieka na zmiany środowiskowe generalnie odnoszą się do warunków panujących w szerszym otoczeniu badanych obiektów, nie na obszarze samego stanowiska. Dla jeziora Ostrowite położonego w Borach Tucholskich oraz jeziora Jelonek zapis antropopresji został zrekonstruowany na podstawie wyników analizy palinologicznej i analizy szczątków wioślarek. Dla stanowisk Stążki, Kusowskie Bagno, Głębocek wpływ działalności człowieka został skorelowany ze zmianami hydrologii torfowisk na podstawie wyników analizy ameb skorupkowych, ale także wykorzystano dane palinologiczne i znaleziska mikrowęgli jako danych o przeszłych pożarach (Lamentowicz i in. 2008, 2015, 2019). Dla stanowiska Jelenia Wyspa i Tuchola wpływ antropopresji został zrekonstruowany na podstawie danych palinologicznych (Lamentowicz i in. 2006).

Występowanie stanowisk archeologicznych w otoczeniu badanych stanowisk paleoekologicznych zostało wspomniane jedynie w trzech publikacjach. W bezpośrednim sąsiedztwie jeziora Suszek udokumentowano luźne, pojedyncze znaleziska z okresu mezolitycznego i epoki brązu (Miotk-Szpiganowicz 1992). W okolicach torfowiska Głębocek w odległości kilku kilometrów znane są stanowiska archeologiczne z okresu epoki kamienia, epoki brązu, wczesnego i późnego średniowiecza (Lamentowicz i in. 2019). Z kolei stanowisko badań paleoekologicznych w Ostrowitem (Pojezierze Północnokrajewskie) jest położone w bezpośrednim sąsiedztwie (około 250–300 metrów) od wielofazowego i wielokulturowego kompleksu archeologicznego, co stanowi wyjątek w skali Pojezierza Pomorskiego. Badania paleoekologiczne przeprowadzone w pobliżu stanowiska archeologicznego miały również miejsce w Nowym Objezierzu. Rdzeń do badań paleoekologicznych został pobrany z jeziora zlokalizowanego około 2 kilometry od neolitycznego stanowiska archeologicznego (Czeraniak i in. 2023).



Rys. 3. Chronologia wybranych rdzeni osadów biogenicznych wraz z wykonanymi analizami paleozoologicznymi

1 – wioślarki (Cladocera), 2 – ameby skorupkowe (Testacea), 3 – ochotkowate (Chironomidae), 4 – mięczaki (Mollusca)

Chronology of selected cores with paleozoological analysis

1 – water fleas (Cladocera), 2 – testate amoebae (Testacea), 3 – chironomid midges (Chironomidae), 4 – molluscs (Mollusca)

Wnioski

Wieloskaźnikowe analizy osadów biogenicznych są powszechnie stosowane w badaniach paleoekologicznych na obszarze Pojezierza Pomorskiego. Ich wyniki pozwalają na szczegółowe rozpoznanie zapisu zmian środowiskowych, które są czasami niezauważalne w przypadku zastosowania tylko jednej metody badawczej. Również zwiększająca się rozdzielczość analiz pozwala na dostrzeżenie gwałtownych, lecz krótkotrwałych zmian klimatycznych i środowiskowych.

Dotychczas niewiele poświęcono uwagi zapisowi antropopresji w badaniach paleozoologicznych rdzeni osadów biogenicznych na obszarze

Pojezierza Pomorskiego i jak dotąd nie realizowano takich analiz w bezpośrednim sąsiedztwie dobrze rozpoznanych stanowisk czy kompleksów archeologicznych. Podejście takie daje bowiem potencjalnie możliwość wieloaspektowego przesłedzenia wpływu człowieka na komponenty środowiska przyrodniczego w kolejnych fazach osadniczych i zbadania zmian paleoekologicznych, które następowały pod wpływem czynników naturalnych i zmieniającej się antropopresji.

Na stosunkowo dobrze przebadanym pod względem paleoekologicznym obszarze Pojezierza Pomorskiego wciąż niewiele jest stanowisk, na których wykorzystane zostały subkopalne szczątki ochotkowatych (Chironomidae). Brakuje

także badań wykorzystujących szczątki małżoraczków (Ostracoda) w analizach osadów późnoglacialnych i holocenijskich. Stanowi to lukę badawczą, której wypełnienie pozwoli poznać zmiany w zgrupowaniach tej grupy organizmów w północnej Polsce, a także lepiej zrozumieć zmiany klimatyczne i środowiskowe minionych tysięcy lat.

Serdeczne podziękowania dla Olgi Antczak-Orlewskiej oraz Piotra Kittela za merytoryczne wsparcie oraz wskazówki udzielone podczas pisania artykułu. Podziękowania kieruję również do Recenzentów, którzy podzielili się cennymi uwagami dotyczącymi pracy.

Literatura

- Alexandrowicz W. 2013. Late Glacial and Holocene Molluscan Assemblages in Deposits Filling Palaeolakes in Northern Poland. *Studia Quaternaria* 30 (1): 5-17.
- Błaszkiwicz M. 2005. Późnoglacialna i wczesnoholocenijska ewolucja obniżeń jeziornych na Pojezierzu Kociewskim (wschodnia część Pomorza). *Geographical Studies* 201, Polska Akademia Nauk, Warszawa.
- Błaszkiwicz M. 2007. Geneza i ewolucja mis jeziornych na młodoglacjalnym obszarze Polski – wybrane problemy. *Studia Limnologica et Telmatologica* 1: 5-16.
- Błaszkiwicz, M., Krzysińska J. 1992. The late-glacial lake stage in the Wierzyca Valley. *Przegląd Geograficzny* 64: 369-380.
- Bogaczewicz-Adamczak B. 1990. Paleolimnologia jezior Borów Tucholskich w świetle badań kopalnych okrzemek. *Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Gdańskiego, Rozprawy i monografie* 150, Gdańsk.
- Czerniak L., Pędziszewska A., Święta-Musznicka J., Goslar T., Matuszewska A., Niska M., Podlasiński M., Tylmann W. 2023. The Neolithic ceremonial centre at Nowe Objezierze (NW Poland) and its biography from the perspective of the palynological record. *Journal of Anthropological Archaeology* 72: 1-14.
- Filbrandt-Czaja A. 2009. Studia nad historią szaty roślinnej i krajobrazu Borów Tucholskich. Wyd. Naukowe Uniwersytetu Mikołaja Kopernika, Toruń.
- Gąsiorowski M., Szeroczyńska K. 2004. Abrupt changes in *Bosmina* (Cladocera, Crustacea) assemblages during the history of the Ostrowite Lake (northern Poland). *Hydrobiologia* 526: 137-144.
- Grzelakowska E., Balwierz Z. 1985. Przyczynę do problematyki dynamiki osadnictwa w okolicach Leśna w Borach Tucholskich. *Acta Universitatis Lodzianis – Folia Archaeologica* 7: 3-13.
- Hjelmroos-Ericsson M. 1981. Holocene development of Lake Wielkie Gacno area, Northwestern Poland. University of Lund, Lund.
- Hjelmroos-Ericsson M., Bogaczewicz-Adamczak B., Miotk G. 1990. The human impact in Bory Tucholskie, North Poland. A Polish-Swedish palaeoecological research project. *Acta Universitatis Lodzianis – Folia Archaeologica* 13: 3-11.
- Kępczyński K. 1958. Roślinność i historia torfowiska Siwe Bagno w Borach Tucholskich. *Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Mikołaja Kopernika, Nauki Matematyczno-Przyrodnicze* 2: 87-116.
- Kondracki J. 1946. Regiony geograficzne Polski. *Czasopismo Geograficzne* 17: 281-286.
- Kowalewski G. 2007. Analiza makroszczątkowa w badaniach paleolimnologicznych. *Studia Limnologica et Telmatologica* 1 (1): 67-82.
- Kowalewski G. 2014. Alogeniczne i autogeniczne składowe zarastania jezior: hipoteza wahań poziomu wody. *Studia Limnologica et Telmatologica, Monographie* 1. Bogucki Wyd. Naukowe, Poznań.
- Kramkowski M., Filbrandt-Czaja A., Zawisza E., Rządziejewicz M., Kotrys B., Mirosław-Grabowska J., Błaszkiwicz M., Szweczyk K., Słowiński M. 2023. Preboreal oscillation in the light of multiproxy analyses – Early Holocene in Lake Jelonek (North Poland). *The Holocene* 33(8): 998-1011.
- Lamentowicz M. 2005. Geneza torfowisk naturalnych i seminaturalnych w Nadleśnictwie Tuchola. Bogucki Wyd. Naukowe, Poznań.
- Lamentowicz M., Obremska M. 2010. A rapid response of testate amoebae and vegetation to inundation of a kettle hole mire. *Journal of Paleolimnology* 43: 499-511.
- Lamentowicz M., Obremska M., Mitchell A.D. 2006. Historia rozwoju dwóch torfowisk mszarnych w Borach Tucholskich. *Przegląd Geologiczny* 54 (1): 76-80.
- Lamentowicz M., Cedro A., Gałka M., Goslar T., Miotk-Szpiganowicz G., Mitchell A.D., Pawlyta J. 2008. Last millennium palaeoenvironmental changes from a Baltic bog (Poland)

- inferred from stable isotopes, pollen, plant macrofossils and testate amoebae. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 265 (1–2): 93-106.
- Lamentowicz M., Jęsko M., Miotk-Szpiganowicz G., Goslar T. 2010. Paleohydrologia torfowiska bałtyckiego Stażki (Pojezierze Kaszubskie) w okresie 5300 BC – 950 AD – rozwój torfowiska i zmiany klimatyczne. *Studia Limnologica et Telmatologica* 4 (1): 13-27.
- Lamentowicz M., Gałka M., Lamentowicz Ł., Obremaska M., Kühl N., Lücke A., Jassey V.E.J. 2015. Reconstructing climate change and ombrotrophic bog development during the last 4000 years in northern Poland using biotic proxies, stable isotopes and trait-based approach. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 418: 261-277.
- Lamentowicz M., Kołaczek P., Mauquoy D., Kittel P., Łokas E., Słowiński M., Jassey V.E.J., Niedziółka K., Kajukało-Drygalska K., Marcisz K. 2019. Always on the tipping 53 point – A search for signals of past societies and related peatland ecosystem critical transitions during the last 6500 years in N Poland. *Quaternary Science Reviews* 225: 1-21.
- Leszczyk A. 2023. Paleogeographical development of a small lake basin in Ostrowite based on subfossil chironomid analysis. Maszynopis pracy magisterskiej. Uniwersytet Łódzki, Łódź.
- Makowiecki D. 2003. Historia ryb i rybołówstwa w holocenie na Niżu Polskim w świetle badań archeoichtiologicznych. Instytut Archeologii i Etnologii Polskiej Akademii Nauk, Poznań.
- Makowiecki D., Stach A. 2007. Ssaki wolno żyjące w holocenie Polski – aspekty środowiskowe i gospodarcze. W: M. Makohonienko, D. Makowiecki, Z. Kurnatowska Z. (red.) *Studia interdyscyplinarne nad środowiskiem i kulturą w Polsce*, Bogucki Wyd. Naukowe, Poznań: 155-170.
- Marks L. 2012. Timing of the Late Vistulian (Weichselian) glacial phases in Poland. *Quaternary Science Reviews* 44: 81-88.
- Marks L., Gałązka D., Woronko B. 2016. Climate, environment and stratigraphy of the last Pleistocene glacial stage in Poland. *Quaternary International* 420: 259-271.
- Marks L., Ber A., Gogołek W., Piotrowska K. 2006. Mapa geologiczna Polski 1:500 000, Państwowy Instytut Geologiczny, Warszawa.
- Mielczarek K., Brykalski W. 1931. Analiza pyłkowa torfowiska w Iwcu (Bory Tucholskie). *Sprawozdania Komisji Fizjograficznej Polskiej Akademii Umiejętności* 65: 107-112.
- Milecka K., Szeroczyńska K. 2002. Tymczasowa informacja o paleoekologii i paleolimnologii jeziora Ostrowite na podstawie głębokowodnego rdzenia (z SW części Zbiornika). W: J. Banaszak, K. Tobolski (red.), *Park Narodowy „Bory Tucholskie”*, Homini: 61-74.
- Milecka K., Szeroczyńska K. 2005. Changes in macrophytic flora and planktonic organisms in Lake Ostrowite, Poland, as a response to climatic and trophic fluctuations. *The Holocene* 15(1): 74-84.
- Milecka K., Bogaczewicz-Adamczak B. 2006. Zmiany żyzności trofii w ekosystemach miękkowodnych jezior Borów Tucholskich. *Przegląd Geologiczny* 54 (1): 81-86.
- Milecka K., Bogaczewicz-Adamczak B., Bubak I. 2002. Przeszłość jeziora Nierybno i jego otoczenia w późnym glacie i starszym holocenie na podstawie analizy pyłkowej i okrzemek kopalnych. W: J. Banaszak, K. Tobolski (red.) *Park Narodowy Bory Tucholskie na tle projektowanego rezerwatu biosfery*. Homini: 75-98.
- Milecka K., Kowalewski G., Szeroczyńska K. 2011. Climate-related changes during the Late Glacial and early Holocene in northern Poland, as derived from the sediments of Lake Sierzywk. *Hydrobiologia* 676: 187-202.
- Miotk G. 1986. Badania palinologiczne osadów z północnego obrzeża jeziora Godziszewskiego koło Tczewa (woj. gdańskie). *Badania Fizjograficzne nad Polską Zachodnią. A: Geografia Fizyczna* 36: 123-136.
- Miotk-Szpiganowicz G. 1992. The history of the vegetation of Bory Tucholskie and the role of man in the light of palynological investigations. *Acta Paleobotanica* 32 (1): 39-122.
- Niska M., Mirosław-Grabowska J. 2015. Eemian environmental changes recorded in lake deposits from Rzecino (NW Poland): Cladocera, isotopic and selected geochemical data. *Journal of Paleolimnology* 53: 89-105.
- Paszewski A. 1934. Uwagi o historii lasów na Pomorzu w świetle analizy pyłkowej. *Acta Societatis Botanicorum Polonide* 11: 263-284.
- Pleskot K., Apolinarska K., Kołaczek P., Suchora M., Fojutowski M., Joniak T., Kotrys B., Kramkowski M., Słowiński M., Woźniak M., Lamentowicz M. 2020. Searching for the 4.2

- ka climate event at Lake Spore, Poland, *Catena* 191: 1-13.
- Pleskot K., Apolinarska K.E., Cwynar, L.C., Kotrys, B., Lamentowicz, M.G. 2022. The late Holocene relationship between peatland water table depth and summer temperature in northern Poland, *Palaeogeography Palaeoclimatology Palaeoecology*: 1-8.
- Płóciennik M. 2005. Zastosowanie subfosylnych szczątków ochotkowatych (Diptera: Chironomidae) w badaniach nad paleoklimatem i rekonstrukcją zmian w środowisku. *Kosmos* 54: 401-406.
- Richling A., Solon J., Macias A., Balon J., Borzyszkowski J., Kistowski M. 2021. Regionalna geografia fizyczna Polski. Bogucki Wyd. Naukowe, Poznań.
- Słowiński M., Zawiska I., Ott F., Noryśkiewicz A.M., Plessen B., Apolinarska K., Rzodkiewicz M., Michczyńska D.J., Wulf S., Skubała P., Kordowski J., Błaszkiwicz M., Brauer A. 2017. Differential proxy responses to late Allerød and early Younger Dryas climatic change recorded in varved sediments of the Trzechowskie palaeolake in Northern Poland, *Quaternary Science Reviews* 158: 97-106.
- Solon J. 2019. Rozwój poglądów Jerzego Kondrackiego na temat regionalizacji fizyczno-geograficznej. W: R. Wiśniewski, E. Regulaska (red.) *Tradycja i współczesność geografii w Polsce. Przegląd Geograficzny*. Państwowa Akademia Nauk, Warszawa: 51-59.
- Szeroczyńska K. 2006. The significance of subfossil Cladocera in stratigraphy of Late Glacial and Holocene. *Studia Quaternaria* 23: 37-45.
- Szeroczyńska K., Zawisza E. 2011. Records of the 8200 cal BP cold event reflected in the composition of subfossil Cladocera in the sediments of three lakes in Poland. *Quaternary International* 233: 185-193.
- Thomaschewski M. 1933. Historia lasów na Pomorzu w świetle analizy pyłkowej, *Roczniki Nauk Rolniczych i Leśnych* 29: 19-44.
- Tobolski K. 2000. Przewodnik do oznaczania torfów i osadów jeziornych. PWN, Warszawa.
- Tylmann K., Uścińowicz S. 2022. Timing of the last deglaciation phases in the southern Baltic area inferred from Bayesian age modelling, *Quaternary Science Reviews* 287: 1-11.
- Van Geel B. 2001. Non-pollen palynomorphs. W: J.P. Smol, H.J.B. Birks, W.M. Last (red.) *Tracking environmental change using lake sediments 3: Terrestrial, Algal and Siliceous indicators*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht: 1-17.
- Wojciechowski A. 1995. Holocene deposits and molluscan assemblages in Lake Lebsko, Gardno-Leba Plain. W: K. Rotnicki (red.) *Polish Coast: Past, Present and Future. Journal of Coastal Research* 22: 237-243.
- Wojciechowski A. 1999. Late Glacial and Holocene lake-level fluctuations in the Kórnik-Zaniemyśl lakes area, Great Poland Lowland. *Quaternary Studies in Poland* 16: 81-101.
- Wojciechowski A. 2008. Ewolucja jezior przybrzeżnych Niziny Gardzieńsko-Łebskiej na tle rozwoju środkowego wybrzeża Bałtyku w świetle badań malakologicznych. *Landform Analysis* 7: 154-171.
- Wojciechowski A. 2012. Malacofauna of the Late Glacial freshwater sediments in the Orzechowo cliff. W: W. Florek (red.) *Geologia i geomorfologia Pobrzeża południowego Bałtyku* 9: 219-229.
- Wysota W., Molewski P. 2011. Chronologia i zasięgi nasunięć lądolodu na obszarze lobu Wiśły podczas stadiału głównego ostatniego zlodowacenia. *Przegląd Geologiczny* 59 (3): 214-225.
- Zawisza E. 2008. Zapis holocenijskich zmian ekologicznych i klimatycznych w składzie zespołów Cladocera w osadach jezior północnej Polski. Maszynopis pracy doktorskiej. Instytut Nauk Geologicznych PAN, Warszawa.
- Zawisza E., Filbrandt-Czaja A., Correa-Metrio A. 2016. Subfossil Cladocera and pollen as indicators of natural and anthropogenic trophic changes of Lake Jelonek (Tuchola Forest, N Poland) during the Holocene, *Advances in Oceanography and Limnology* 7 (2): 157-170.

Summary

The paper aims to summarize palaeozoological studies of sites in the Pomerania Lakeland. In this region, numerous palaeoecological analyses have been conducted in recent years, but palaeozoological studies have been conducted only infrequently. The Pomerania Lakeland is promising for palaeoenvironmental research due to its numerous lakes and depressions filled with organic sediments. The paper focuses on sites in the Pomerania Lakeland for which palaeozoological studies have analysed biogenic sediments dating from the Warthanian to modern times.

The history of palaeoecological research in the Pomerania Lakeland area dates back to pre-war times. Initially, they were palynological studies of peat bog sediments in the Tuchola Forest aiming to develop knowledge about the history of vegetation and the role of human activities. The first palaeozoological studies reconstructed the natural environment qualitatively. The latest papers present the results of quantitative analyses using Testacea and Chironomidae remains.

A significant proportion of Pomerania Lakeland sites use Cladocera analysis to reconstruct palaeoenvironmental conditions in lakes, changes in water level and trophy. Cladocera analyses have been conducted for biogenic sediments of Lakes Suszek, Jelonek, Ostrowite, Charzykowskie and Sierzywk, the Rzecino palaeolake, the Trzechowskie palaeolake and the Nowe Objezierze site. Analyses of Mollusca have been carried out for Wietcisa Valley, Wierzyca Valley and Ostrowite site. Peatlands of Jelenia Wyspa, Tuchola, Głębozec, Stażki, Kusowskie Bagno and Mukrza have been studied by Lamentowicz using Testacea (Tab. 1, Fig. 2). Results of Testacea analyses provided for a quantitative reconstruction of the water table depth and pH of peatlands. In recent years in the Pomerania Lakeland, analyses of Chiro-

nomidae have been performed for lake sediments of Lake Spore, Lake Jelonek and closed depressions in Ostrowite (North Kraina Lakeland) (Tab. 1, Fig. 2) with quantitative reconstructions of past mean July temperature.

Sites with palaeozoological analysis are located mostly on outwash plains and, rarely, on moraine plateaus (Fig. 1). The aims of studies changed with the development of research methods. Currently, attempts are being made to disentangle local factors from regional ones affecting aquatic ecosystems. The latest research uses quantitative methods to perform reconstructions using training sets. The resolution of analyses depends on length of the analyzed time of the studied sediments. To capture brief climate events or palaeoenvironmental changes, cores are examined at high resolution. For longer time intervals, analyses are performed at lower resolution. The chronological range of studied sediments varies. The oldest studied biogenic sediments were from a core of the Rzecino palaeolake and are dated to the Eemian and Early Vistulian. Generally, the youngest biogenic sediments (studied by Lamentowicz) were from peat bogs (Fig. 3). There are almost no archaeological sites in the immediate vicinity of locations for which palaeoecological research has been conducted using palaeozoological analyses on Pomeranian Lakeland. The exceptions are Nowe Objezierze and Ostrowite (North Kraina Lakeland) sites, where palaeoecological research has been carried out along with archaeological excavations. Each palaeozoological analysis provides different palaeoenvironmental information about the studied area. Although the area is well recognized in terms of palaeoenvironment, there is still little analysis of Chironomidae remains. Beyond qualitative reconstruction of palaeoenvironment, the Chironomidae analysis provides for quantitative reconstruction of past climate, which should be emphasised in research on the Pomeranian Lakeland.