

Nowe stanowiska laminowanych osadów jeziornych na Pojezierzu Kaszubskim

Wojciech Tylmann¹, Magdalena Zawadzka¹



W. Tylmann

M. Zawadzka

New sites of laminated lake sediments in Kashubian Lakeland. *Prz. Geol.*, 56: 000–000.

Abstract. Annually laminated lake sediments are a very valuable source of paleoecological information because they provide a precise timescale in calendar years and limited post-depositional disturbances. They are formed in specific conditions that enable not only the formation but also preservation of lamination, hence they rarely occur. The goal was to find lakes with annually laminated sediments in Kashubian Lakeland which can provide new high-resolution paleoenvironmental and paleoclimatic data for this part of Europe. Based on statistical analyses including catchment geology and topography, morphometric lake basin features and hydrological parameters, a pre-selection of 22 lakes with water depths ranging from 15 to 35 m was carried out. Gravity cores (30–90 cm long) were obtained from 18 of these lakes during a field survey in 2006. The cores were split lengthwise, photographed digitally and

examined carefully. Four of the lakes studied show distinct alternations of pale and dark laminae. For three lakes (Kramsko Duże, Kramsko Małe and Borowo Wielkie) such laminations were restricted to sections of the cores only. Lake Suminko was deemed the most promising site with its laminations covering the entire taken core. In all the cases, biochemical varves were developed with pale spring/summer layers composed of autochthonous carbonates and dark fall/winter layers made of organic detritus and minerogenic particles.

Keywords: laminated lake sediments, annual lamination, Kashubian Lakeland

Właściwa rekonstrukcja zmian środowiska przyrodniczego w przeszłości wymaga przede wszystkim zidentyfikowania obiektów, w których zapis tych zmian jest kompletny i istnieje możliwość odtworzenia ich precyzyjnych ram czasowych. Na kontynentach takimi obiektami są m.in. jeziora z rocznie laminowanymi osadami dennymi (Bradbury & Dean, 1993; Bradley, 1996; Brauer, 2004; Schettler i in., 2006) i to zarówno współczesne, jak i kopalne, np. plejstocenyjskie zbiorniki zastoiskowe. Rocznie laminowane osady stanowią naturalne archiwa, których największą zaletą jest możliwość uzyskania ciągłej skali czasowej w latach kalendarzowych. To z kolei umożliwia weryfikację różnych metod datowania (Enters i in., 2007; Hajdas i in., 2000; Lang & Zolitschka, 2001; Lamoureux, 2001; Oldfield i in., 1994; Zolitschka i in., 2000) oraz precyzyjną interpretację zmian cech osadu w czasie. Rocznie laminowane osady jeziorne powstają jako efekt:

- sezonowej zmienności produktywności jeziora;
- zmian wielkości dostawy materiału allochtonicznego ze zlewni w ciągu roku.

Zmienność warunków klimatycznych powoduje, że w różnych porach roku deponowane są osady o różnym składzie. Wśród najczęściej występujących rodzajów laminacji wyróżnia się laminację klastyczną i biogeniczną, zwaną też biochemiczną lub organiczną (O'Sullivan, 1983; Lotter & Sturm, 1994; Tobolski, 2000; Zolitschka, 2003, 2006).

Sezonowa zmienność struktury osadu jest jednak bardzo łatwo niszczone przez prądy wodne, bioturbację lub zaburzenia wywołane uwalnianiem się gazów w trakcie rozkładu materii organicznej w osadzie. W rezultacie jest bardzo niewiele współczesnych jezior, w których stwierdza się dobrze zachowane rocznie laminowane osady. Jeszcze w latach 80. XX wieku sądzono, że są one unikatowe w skali światowej (Więckowski, 1991). Do najlepiej poznanych w Europie należą dokładnie zbadane osady jezior

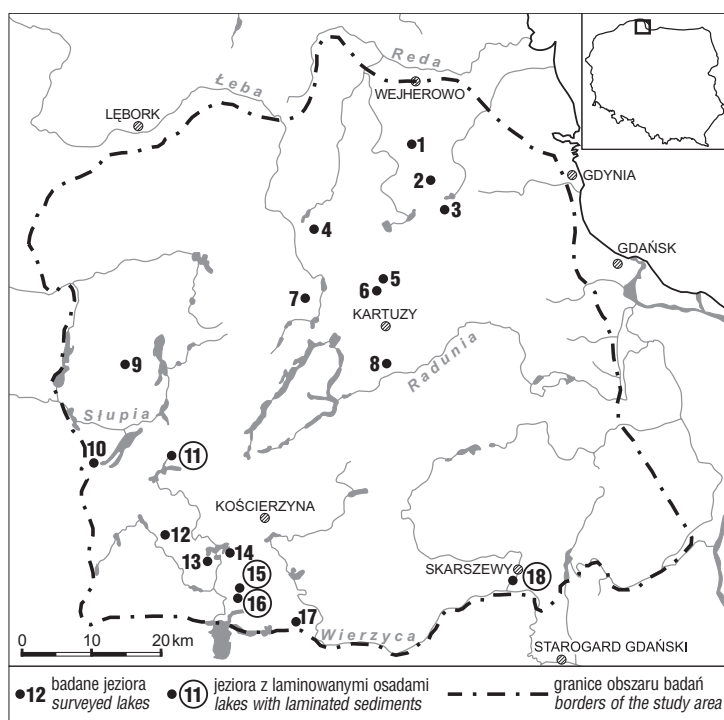
maarowych z obszaru Niemiec (Brauer i in., 1999; Litt & Stebich, 1999; Negendank & Zolitschka, 1993; Zolitschka i in., 2000), jezior alpejskich w Szwajcarii (Lotter, 1989) oraz jezior z obszaru Skandynawii (Saarnisto, 1985, 1986; Wohlfarth i in., 1998; Ojala, 2001).

W Polsce już wielokrotnie przedstawiano analizy osadów laminowanych plejstocenyjskich zbiorników kopalnych (m.in. Paluszkiwicz, 2004; Błaszkiwicz & Gruszka, 2005), jeśli zaś chodzi o ciągłe sekwencje rocznie laminowanych osadów współczesnych jezior, to do tej pory jedynym udokumentowanym stanowiskiem jest jezioro Gościąg. Laminacja osadów tego jeziora odzwierciedla zmiany roczne i obejmuje okres ostatnich około 12,5 tys. lat. Jest to jedna z dłuższych sekwencji osadów laminowanych na terenach objętych ostatnim zlodowaczeniem w Europie (Goslar, 1995; Ralska-Jasiewiczowa i in., 1998). W kilku innych polskich stanowiskach stwierdzono roczną laminację tylko w częściach profili, zwykle w osadach spągowych, pochodzących z późnego glacjału i wczesnego holocenu (Bałaga i in., 1998; Więckowski, 1978). Ich wartość jest jednak ograniczona, osady te są bowiem przykryte osadami młodszymi o masywnej strukturze (niekiedy wielometrowej miąższości), co uniemożliwia skonstruowanie ciągłej chronologii warwowej.

Ponieważ rozpoznanie występowania w Polsce stanowisk postglacjałnych laminowanych osadów jeziornych jest dalekie od zadowalającego, w roku 2005 rozpoczęto ich systematyczne poszukiwania, których pierwsze efekty, dotyczące obszaru północno-wschodniej Polski, przedstawił Tylmann i in. (2006). Opisane w niniejszym artykule prace, mające na celu zlokalizowanie stanowisk laminowanych osadów jeziornych na Pojezierzu Kaszubskim (ryc. 1), są więc kontynuacją wcześniej podjętych badań.

Pojezierze Kaszubskie charakteryzuje się doskonale wykształconym krajobrazem młodoglacjałnym. Dominującą formą akumulacyjną tego pojezierza są wysoczyzny połodowcowe, a w południowej i zachodniej części również sandry. Bardzo ważnym elementem rzeźby jest sieć rynien jeziornych, tworząca wielokilometrowe ciągi wcięte w podłoże

¹Wydział Biologii, Geografii i Oceanologii, Uniwersytet Gdański, Dmowskiego 16a, 80-264 Gdańsk; geowt@univ.gda.pl



Ryc. 1. Granice obszaru badań (Augustowski, 1979) i lokalizacja obiektów badawczych. Jeziora z laminowanymi osadami oznaczono kółkami. Badane jeziora: 1 — Wygoda, 2 — Zawiat, 3 — Marchowo Wschodnie, 4 — Miłoszewskie, 5 — Czarne, 6 — Białe, 7 — Osuszyno, 8 — Duże, 9 — Chojnackie, 10 — Półcenko, 11 — Suminko, 12 — Skrzynki Duże, 13 — Sominko, 14 — Mielnica, 15 — Kramsko Duże, 16 — Kramsko Małe, 17 — Kotel, 18 — Borowo Wielkie

Fig. 1. Borders of the study area (Augustowski, 1979) and lakes location studied. Lakes with laminated sediments are marked with circles. Lakes studied are: 1 — Wygoda, 2 — Zawiat, 3 — Marchowo Wschodnie, 4 — Miłoszewskie, 5 — Czarne, 6 — Białe, 7 — Osuszyno, 8 — Duże, 9 — Chojnackie, 10 — Półcenko, 11 — Suminko, 12 — Skrzynki Duże, 13 — Sominko, 14 — Mielnica, 15 — Kramsko Duże, 16 — Kramsko Małe, 17 — Kotel, 18 — Borowo Wielkie

na głębokość około 40 metrów. Pojezierze Kaszubskie cechuje się również bardzo dużym, jak na obszary niżowe, zróżnicowaniem wysokościowym, np. w okolicach Wzgórz Szymbarskich deniwelacje dochodzą do 160 m (Gołębiewski i in., 2005). Charakterystyczną cechą obszaru badań jest jego duża jeziorność. Znajduje się tu ponad 500 jezior różnej genety większych od 1 hektara. Jeziora zajmują 3,65% ogólnej powierzchni Pojezierza Kaszubskiego (Drwal, 1979). Rozmieszczenie jezior nie jest równomierne — największą jeziornością cechują się okolice Kartuz i Kościerzyny, najmniejszą zaś północna i wschodnia część badanego obszaru.

Metody badań

Strategię poszukiwań oparto na poborze krótkich rdzeni stropowych osadów jeziornych, co jest czynnością stosunkowo łatwą, niezbyt czasochłonną i tanią. W odróżnieniu od metody głębokich wierceń pobór krótkich rdzeni umożliwia objęcie badaniami dużej grupy jezior, dzięki czemu daje spore szanse na odnalezienie odpowiednich stanowisk. Zastosowanie tej metody uzasadnia również fakt, iż stwierdzenie laminacji w osadach powierzchniowych oznacza duże prawdopodobieństwo (choć nie pewność), że pełna sekwencja osadów danego jeziora jest laminowana (Larsen & MacDonald, 1993).

Postępowanie badawcze wzorowano na wcześniejszych pracach (Ojala i in., 2000) oraz doświadczeniach autorów (Tylmann i in., 2006). Składało się ono z kilku podstawowych etapów: 1) wybór jezior spełniających kryteria morfometryczne, 2) redukcja liczby wybranych jezior na podstawie analizy dostępnych informacji dotyczących jezior i ich zlewni, 3) prace terenowe i 4) opracowanie uzyskanych wyników.

Podstawowym kryterium wyboru jezior były ich cechy morfometryczne, takie jak powierzchnia i głębokość. Wyniki wcześniejszych prac dowodzą (Ojala i in., 2001; Saarnisto, 1986), że osady laminowane najczęściej zachowują się w jeziorach o niewielkich powierzchniach i znacznej głębokości. Takie ukształtowanie masy jeziornej zwiększa możliwość spokojnego, niezaburzonego gromadzenia się osadów. Duża średnia głębokość jeziora może powodować niekompletne mieszanie się jego wód i tym samym możliwość występowania odizolowanych obszarów przydennych z utrzymującymi się przez większą część roku warunkami beztlenowymi, co zdecydowanie ogranicza możliwość bioturbacji.

Źródłem informacji o cechach morfometrycznych jezior Pojezierza Kaszubskiego był *Atlas jezior Polski* (Jańczak, 1997), w którym znajduje się 189 planów batymetrycznych jezior położonych w granicach obszaru badań. Pierwszy etap selekcji polegał na wyszukaniu jezior o długości < 1 km i maksymalnej głębokości > 15 m. Wartości te zostały przyjęte na podstawie doświadczeń uzyskanych w trakcie poszukiwań w północno-wschodniej Polsce (Tylmann i in., 2006). W ten sposób zbiór jezior ograniczono do 27 obiektów odpowiadających ustalonym kryteriom morfometrycznym. Następnie stworzono bazę danych zawierającą szczegóły dotyczące położenia wytypowanych jezior, ich podstawowych cech morfometrycznych, typu hydrologicznego oraz budowy geologicznej zlewni, a także informacji o prowadzonych wcześniej pracach badawczych. Na podstawie analizy tych informacji wyeliminowano niektóre jeziora, np. takie, z których wcześniej były pobierane osady denne i nie stwierdzono w nich laminacji, i ostatecznie do prac terenowych wybrano 22 jeziora. Jednak rdzenie pobrano tylko z 18 wytypowanych jezior, ponieważ na badanie 2 zbiorników nie uzyskano pozwolenia od właścicieli, a 2 kolejnych nie zbadano z powodu innych zdarzeń losowych.

Punkty poboru osadów z dna jeziora lokalizowano zawsze w miejscach maksymalnej głębokości jeziora i określano ich współrzędne za pomocą systemu GPS (GARMIN eTREX). Poboru osadu dokonywano z pontonu za pomocą próbnika grawitacyjnego własnej konstrukcji (Tylmann, 2007), z tubą pleksiglasową o długości 1 m i średnicy wewnętrznej 94 mm. Użyty próbnik umożliwia pobór rdzeni

osadów przydennych o miąższości kilkudziesięciu centymetrów, nawet z głębokich jezior, i zapewnia nienaruszoną strukturę rdzenia.

Bardzo zawodnione osady przypowierzchniowe (zwykle do 15–20 cm poniżej powierzchni dna) zostały poddane tylko wizualnej ocenie występowania laminacji. Lepiej skonsolidowane rdzenie po wypchnięciu z próbnika przecinano wzdłuż, oczyszczano i odsłonięte powierzchnie poddawano bardziej szczegółowej ocenie pod kątem występowania i jakości zachowania lamin. Miąższość pobranych rdzeni osadów wahała się od 31 do 91 cm. Pobrane osady były klasyfikowane jako: masywne (nie wykazujące laminacji), laminowane tylko w częściach profili lub laminowane w całości. Sporządzono także dokumentację fotograficzną wszystkich pobranych rdzeni. Z jezior, w których stwierdzono występowanie laminacji w osadach, pobrano dodatkowe rdzenie i poddano je szczegółowym oględzinom w warunkach laboratoryjnych.

Wyniki

Na podstawie obliczeń statystycznych podstawowych cech morfometrycznych jezior objętych badaniami terenowymi (tab. 1) stwierdzono, że pod względem poszczególnych parametrów jeziora te są zróżnicowane i położone w dosyć szerokich, jak na warunki pojezierne, granicach wysokości nad poziom morza. Oprócz cech morfometrycznych, które były podstawowym kryterium wyboru obiektów badań (powierzchnia, długość maksymalna, głębokość maksymalna), określono również głębokość średnią jezior i wskaźnik odsłonięcia.

Największą głębokością średnią, obliczaną jako stosunek pojemności jeziora do jego powierzchni, charakteryzują się jeziora niewielkie i głębokie. Teoretycznie, wysokie wartości głębokości średniej mogą być wskaźnikiem występowania warunków sprzyjających tworzeniu się osadów laminowanych. W analizowanym zbiorze średnia głębokość jezior była znacznie zróżnicowana, wahała się od 3,3 do 13,4 m, a średnia arytmetyczna głębokość badanego zbioru jezior była niewiele wyższa od średniej dla Pojezierza Pomorskiego, która wynosi 6,84 m (Choiński, 1995).

Wskaźnik odsłonięcia, czyli stosunek powierzchni jeziora do jego głębokości średniej, pozwala wnioskować o potencjalnym wpływie warunków zewnętrznych (np. wiatru) na cyrkulację wód w jeziorze. Wysokie wartości wskaźnika odsłonięcia są charakterystyczne dla jezior podatnych na działanie czynników zewnętrznych, niskie natomiast mogą świadczyć o odizolowaniu głębszych partii jeziora. Rozpiętość wartości tego wskaźnika jest w analizowanym zbiorze znaczna, ale wszystkie wartości mieszczą się zdecydowanie poniżej średniej dla jezior polskich, która wynosi około 30 (Choiński, 1995).

Laminację osadów stwierdzono w rdzeniach pobranych z dna 4 jezior (tab. 2), których spójną cechą morfometryczną jest niewielka powierzchnia (< 20 ha) i bardzo małe wartości wskaźnika odsłonięcia. Wyniki analizy parametrów 18 zbadanych jezior nie wskazują na zależność występowania osadów laminowanych od maksymalnej i średniej głębokości akwenu. Jeziora, w których stwierdzono laminację w osadach, nie wyróżniają się pod względem tych cech na tle całej zbiorowości.

Tab. 1. Podstawowe parametry statystyczne wybranych cech badanego zbioru jezior

Table 1. Basic statistical parameters of the chosen features of lakes under study

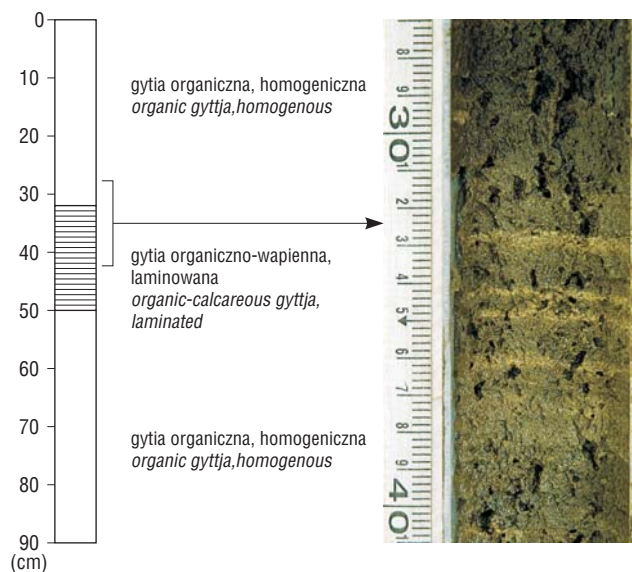
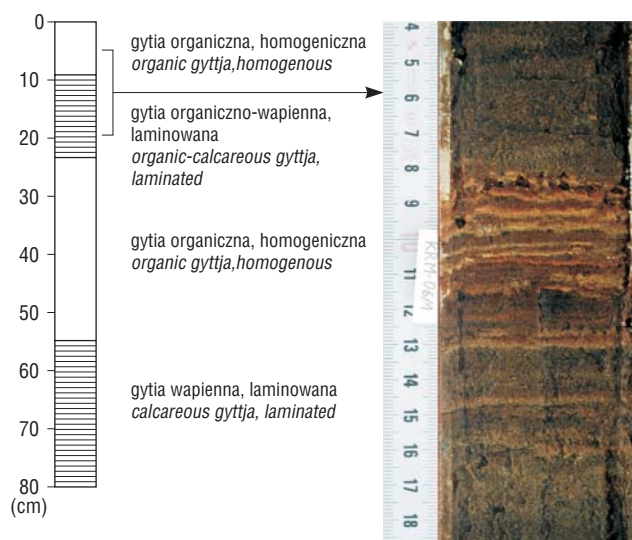
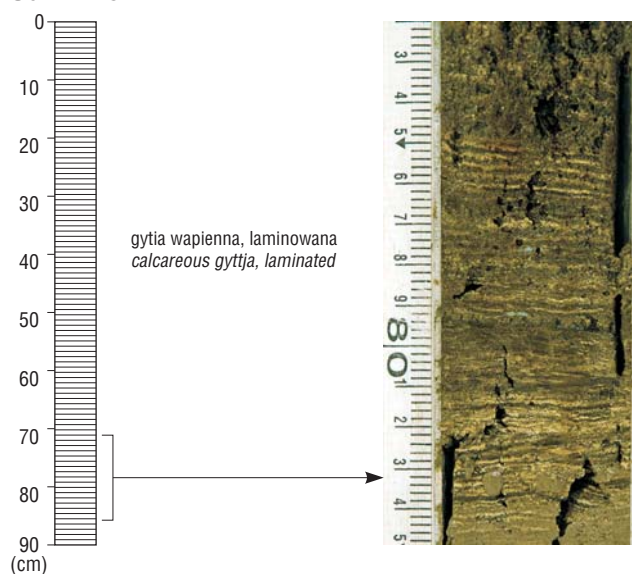
	Średnia arytmetyczna <i>Mean</i>	Mediana <i>Median</i>	Wartość minimalna <i>Minimum value</i>	Wartość maksymalna <i>Maximum value</i>
Wysokość [m n.p.m.], <i>Altitude [m a.s.l.]</i>	157,3	152,3	115,8	205,0
Powierzchnia [ha], <i>Surface area [ha]</i>	21,9	18,5	10,2	51,2
Długość maksymalna [km], <i>Maximum length [km]</i>	0,8	0,7	0,5	1,3
Głębokość maksymalna [m], <i>Maximum depth [m]</i>	22,1	19,2	15,5	35,2
Głębokość średnia [m], <i>Mean depth [m]</i>	7,2	7,2	3,3	13,4
Wskaźnik odsłonięcia, <i>Exposure index</i>	3,6	2,7	0,9	10,4

Tab. 2. Podstawowe cechy jezior z osadami laminowanymi

Table 2. Basic features of lakes with laminated sediments

Nazwa jeziora <i>Lake name</i>	Wysokość [m n.p.m.] <i>Altitude</i> [m a.s.l.]	Powierzchnia [ha] <i>Surface area</i> [ha]	Długość [km] <i>Length</i> [km]	Głębokość [m] <i>Depth</i> [m]	Głębokość średnia [m] <i>Mean depth</i> [m]	Wskaźnik odsłonięcia <i>Exposure index</i>	Obecność dopływu do jeziora <i>Presence of</i> <i>inflow to lake</i>	Główne utwory powierzchniowe w zlewni <i>Catchment</i> <i>geology</i>
Borowo Wielkie	115,8	15,3	1,03	19,8	7,2	2,1	–	fg
Kramsko Duże	140,8	18,6	0,72	24,6	7,5	2,5	+	fg
Kramsko Małe	140,2	10,2	0,52	19,2	7,6	1,3	+	fg
Suminko	163,0	15,0	0,66	18,0	7,8	1,9	+	fg, c

fg — piaski i żwiry wodnolowcowe, *fluvio-glacial sand and gravel*; c — ility i mułki, *clay and silt*

Borowo Wielkie**Kramsko Małe****Suminko**

Ryc. 2. Przykłady zachowania lamin w osadach badanych jezior
Fig. 2. Examples of laminae preservation in sediments of the lakes investigated

Mięszość osadów laminowanych i jakość zachowania laminacji w pobranych rdzeniach były zróżnicowane (ryc. 2). Tylko w rdzeniu z jeziora Suminko osady laminowane wypełniały cały profil osadów, w rdzeniach pobranych z pozostałych trzech jezior laminacja była nieciągła. W rdzeniach z jezior Kramsko Duże i Kramsko Małe osady laminowane były poprzedzielane osadami homogenicznymi, a w rdzeniu pobranym z jeziora Borowo Wielkie laminację stwierdzono jedynie w przewarstwieniu o miąższości ok. 20 cm.

Dokładne określenie wewnętrznej struktury lamin wymaga zwykle szczegółowych badań mikrostrukturalnych, jednakże na podstawie obserwacji oczyszczonej powierzchni osadu o dobrym stanie zachowania laminacji można wstępnie ocenić jej typ. We wszystkich analizowanych rdzeniach struktura lamin była bardzo podobna, różnice dotyczyły tylko ich miąższości. Wyraźnie widoczne były dwa rodzaje lamin — jaśniejsze laminy, zbudowane głównie z węglanu wapnia, oraz ciemniejsze, zbudowane z detrytusu organicznego z domieszką materiału mineralnego. Taka struktura jest charakterystyczna dla laminacji biogenicznej (Lotter & Sturm, 1994), nazywanej też organiczną (Zolitschka, 2006). Lamina jaśniejsza powstaje w wyniku wytrącania się węglanu wapnia w sezonie wiosenno-letnim, a ciemna to głównie efekt sedymentacji detrytusu organicznego podczas jesieni i zimy. Można więc założyć, że obserwowana laminacja odzwierciedla zapis roczny i możliwe będzie na jej podstawie opracowanie chronologii w latach kalendarzowych.

W osadach jezior Kramsko Duże, Kramsko Małe i Borowo Wielkie miąższość poszczególnych lamin była stosunkowo duża (1–2 mm), a laminacja — bardzo nieregularna. W osadach jeziora Suminko miąższość pojedynczych lamin była zdecydowanie mniejsza — 0,5–1 mm (tylko w przypowierzchniowej warstwie > 1 mm), a laminacja — regularna. Wstępna ocena miąższości lamin wskazuje na dużą rozpiętość tempa sedymentacji w tych jeziorach. Na tym etapie badań, na podstawie obserwacji powierzchni osadu i zdjęć cyfrowych precyzyjne policzenie lamin nie było możliwe, ale analiza wybranych fragmentów pozwala oszacować, że rdzeń (o długości 91 cm) pobrany z dna jeziora Suminko zawiera ok. 1500 pojedynczych lamin.

Wnioski

Dzięki przeprowadzonym badaniom terenowym na Pojezierzu Kaszubskim zlokalizowano cztery stanowiska występowania laminowanych osadów jeziornych — w dnie jezior Suminko, Kramsko Duże, Kramsko Małe i Borowo Wielkie. Jednakże tylko jedno z nich, jezioro Suminko, wydaje się obiecującym obiektem badawczym w kontekście możliwości uzyskania ciągłej skali czasowej w latach kalendarzowych, niezbędnej do opracowania rekonstrukcji paleolimnologicznej o wysokiej rozdzielczości czasowej. Przerwy i nieregularność laminacji osadów w pozostałych trzech stanowiskach uniemożliwiają prowadzenie w nich takich badań.

Wyniki uzyskane na Pojezierzu Kaszubskim, podobnie jak rezultaty poszukiwań terenowych w północno-wschodniej Polsce (Tylmann i in., 2006), stanowią wkład w rozpoznanie osadów współczesnych jezior Polski, który jest daleki od zadowalającego (Rutkowski, 2007). Sugerują

one możliwość częstszego, niż dotychczas sądzono, występowania rocznie laminowanych osadów w jeziorach północnej Polski. Stwarza to możliwość opracowania w przyszłości dokładnie osadzonych w czasie rekonstrukcji paleoklimatycznych i paleoekologicznych dla tej części Europy.

Autorzy składają podziękowania prof. dr. hab. Leszkowi Markowski, dr. Józefowi Lewandowskiemu oraz anonimowemu recenzentowi za krytyczną dyskusję i uwagi zawarte w recenzjach, które przyczyniły się do powstania ostatecznej wersji artykułu. Praca została dofinansowana z projektu MNiSW DFG/46/2007 pt. Badania osadów laminowanych jezior północnej Polski (NORPOLAR).

Literatura

- AUGUSTOWSKI B. (red.) 1979 — Pojezierze Kaszubskie. Wyd. GTN, Gdańsk.
- BAŁAGA K., GOSLAR T. & KUC T. 1998 — A comparative study on the Late-Glacial/early Holocene climatic changes recorded in laminated sediments of Lake Perespilno — introductory data. [W:] Ralska-Jasiewiczowa M., Goslar T., Madeyska T. & Starkel L. (eds.), Lake Gościąg, Central Poland. A Monographic Study. Part 1. W. Szafer Institute of Botany, Polish Academy of Sciences, Kraków: 175–180.
- BŁASZKIEWICZ M. & GRUSZKA B. 2005 — Development and infill of Vistulian glacial Lake Gniew (N Poland): a sedimentological analysis. *Geol. Quart.*, 49: 449–462.
- BRADBURY J.P. & DEAN W.E. 1993 — Elk Lake, Minnesota: Evidence for rapid climate change in the north-central United States. *Geological Society of America Sp. Paper*, 276: 1–336.
- BRADLEY R.S. (ed.) 1996 — The Taconite Inlet lakes project. *J. Paleolimnology*, 16: 97–255.
- BRAUER A. 2004 — Annually laminated lake sediments and their palaeoclimatic relevance. [W:] Fischer H., Kumke T. & Lohmann G. (red.), The climate in historical times — Towards a synthesis of Holocene proxy data and climate models. Springer Verlag, Berlin: 109–128.
- BRAUER A., ENDRES C. & NEGENDANK J.F.W. 1999 — Lateglacial calendar year chronology based on annually laminated sediments from Lake Meerfelder Maar, Germany. *Quatern. Intern.*, 61: 17–25.
- CHOIŃSKI A. 1995 — Zarys limnologii fizycznej Polski. Wyd. UAM, Poznań.
- DRWAL J. 1979 — Charakterystyka hydrograficzna. [W:] Augustowski B. (red.), Pojezierze Kaszubskie. Wyd. GTN, Gdańsk: 121–138.
- ENTERS D., KIRCHNER G., DÖRFLER W. & ZOLITSCHKA B. 2007 — Establishing a chronology for lacustrine sediments using a multiple dating approach — a case study from Frickenhauser See, central Germany. *Quatern. Geochron.*, 1: 249–260.
- GOŁĘBIEWSKI R., DWORNICZAK J., TYLMANN W. & WOŹNIAK P.P. 2005 — Rzeźba zlewni górnej Raduni. [W:] Lange W. (red.), Jeziora górnej Raduni i ich zlewnia w badaniach z udziałem stacji w Borucinie. *Bad. Limnolog.*, 3: 59–73.
- GOSLAR T. 1995 — Rocznie laminowane osady jeziorne. [W:] Mycielska-Dowgiałło E. & Rutkowski J. (red.), Badania osadów czwartorzędowych. Wybrane metody i interpretacja wyników. WGiSR UW, Warszawa: 236–248.
- HAJDAS I., BONANI G. & ZOLITSCHKA B. 2000 — Radiocarbon dating of varve chronologies: Soppensee and Holzmaar lakes after ten years. *Radiocarbon*, 42: 349–353.
- JĄNCZAK J. (red.) 1997 — Atlas jezior Polski, t. 2. Wyd. IMGW, Warszawa.
- LAMOUREUX S. 2001 — Varve chronology techniques. [W:] Last W.M. & Smol J.P. (red.), Tracking environmental change using lake sediments: Physical and geochemical techniques. *Developments in Paleoenvironmental Research*, 2. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht: 247–260.
- LANG A. & ZOLITSCHKA B. 2001 — Optical dating of annually laminated lake sediments. A test case from Holzmaar, Germany. *Quatern. Sc. Rev.*, 20: 737–742.
- LARSEN C.P.S. & MACDONALD G.M. 1993 — Lake morphometry, sediment mixing and the selection of sites for fine resolution palaeoecological studies. *Quatern. Sc. Rev.*, 12: 781–791.
- LITT T. & STEBICH M. 1999 — Bio- and chronostratigraphy of the Lateglacial in the Eifel region, Germany. *Quatern. Intern.*, 61: 5–16.
- LOTTER A.F. 1989 — Evidence of annual layering in Holocene sediments of Soppensee, Switzerland. *Aquatic Sciences*, 51: 19–30.
- LOTTER A.F. & STURM M. 1994 — The study of environmental dynamics by means of laminated sediments: results from Switzerland. *PACT*, 41: 15–24.
- NEGENDANK J.F.W. & ZOLITSCHKA B. (red.) 1993 — Paleolimnology of European maar lakes. *Lecture Notes in Earth Sciences*, 49. Springer Verlag, Berlin: 1–513.
- OJALA A. 2001 — Varved lake sediments in southern and central Finland: long varve chronologies as a basis for Holocene paleoenvironmental reconstructions. *Geological Survey of Finland, Espoo*: 1–41.
- OJALA A., SAARINEN T. & SALONEN V.P. 2000 — Preconditions for the formation of annually laminated lake sediments in southern and central Finland. *Boreal Environment Research*, 5: 243–255.
- OLDFIELD F., CROOKS P.R.J., APPLEBY P.G. & RENBERG I. 1994 — The use of laminated sediments to test methods of dating and paleoenvironmental reconstruction. *PACT*, 41: 57–62.
- O’SULLIVAN P.E. 1983 — Annually laminated lake sediments and the study of Quaternary environmental changes. *Quatern. Sc. Rev.*, 1: 245–313.
- PALUSZKIEWICZ R. 2004 — Warunki sedymentacji osadów rytmicznie warstwowanych w zastoisku złocenieckim na Pojezierzu Drawskim. Pr. Komis. Geogr.-Geol. PTPN, Poznań.
- RALSKA-JASIEWICZOWA M., GOSLAR T., MADEYSKA T. & STARKEL L. (red.) 1998 — Lake Gościąg, central Poland. A monographic study. W. Szafer Institute of Botany, Kraków.
- RUTKOWSKI J. 2007 — Osady jezior w Polsce. Charakterystyka i stan rozpoznania, metodyka badań, propozycje. *Stud. Limnol. Telmatol.*, 1: 17–24.
- SAARNISTO M. 1985 — Long varve series in Finland. *Boreas*, 14: 133–137.
- SAARNISTO M. 1986 — Annually laminated lake sediments. [W:] Berglund B.E. (red.), Handbook of Holocene palaeoecology and palaeohydrology. John Wiley & Sons, Chichester: 343–370.
- SCHETTLER G., LIU Q., MINGRAM J., STEBICH M. & DULSKI P. 2006 — East-Asian monsoon variability between 15,000 and 2000 cal. yr BP recorded in varved sediments of Lake Sihailongwan (northeastern China, Long Gang volcanic field). *Holocene*, 16: 1043–1057.
- TOBOLSKI K. 2000 — Przewodnik do oznaczania torfów i osadów jeziornych, PWN, Warszawa.
- TYLMANN W. 2007 — Pobór i oprobowanie powierzchniowych, silnie uwodnionych osadów jeziornych o nienaruszonej strukturze — uwagi metodyczne i stosowany sprzęt. *Prz. Geol.*, 55: 151–156.
- TYLMANN W., WOŹNIAK P.P., CZARNECKA K. & JAŻWIECKA M. 2006 — New sites with laminated lake sediments in north-eastern Poland: preliminary results of field survey. *Limnol. Rev.*, 6: 283–288.
- WIĘCKOWSKI K. 1978 — Bottom deposits in lakes of different regions of Poland (their characteristics, thickness and rates of accumulation). *Polskie Archiwum Hydrobiologii*, 25: 483–489.
- WIĘCKOWSKI K. 1991 — Rola laminowanych osadów jeziornych w badaniach paleolimnologicznych. *Prz. Geogr.*, 63: 325–340.
- WOHLFARTH B., HOLMQUIST B., CATO I. & LINDERSON H. 1998 — The climatic significance of clastic varves in the Angermanälven Estuary, northern Sweden, AD 1860 to 1950. *Holocene*, 8: 521–534.
- ZOLITSCHKA B. 2003 — Dating Based on Freshwater- and Marine-Laminated Sediments. [W:] Mackay A., Battarbee R., Birks J. & Oldfield F. (red.), Global Change in the Holocene. Arnold, London: 92–106.
- ZOLITSCHKA B. 2006 — Varved lake sediments. [W:] Elias S.A. (red.), Encyclopedia of Quaternary Science. Elsevier, Amsterdam: 3105–3114.
- ZOLITSCHKA B., BRAUER A., STOCKHAUSEN H., LANG A. & NEGENDANK J.F.W. 2000 — Annually dated late Weichselian continental palaeoclimate record from the Eifel, Germany. *Geology*, 28: 783–786.

Praca wpłynęła do redakcji 13.12.2007 r.

Po recenzji akceptowano do druku 04.04.2008 r.