

Historia rozwoju dwóch torfowisk mszarnych w Borach Tucholskich

Mariusz Lamentowicz*, Milena Obremska*, Edward A.D. Mitchell**,***



M. Lamentowicz M. Obremska E. A. D. Mitchell

Developmental history of two kettle-hole mires in Tuchola Pinewoods (N Poland). *Prz. Geol.*, 54: 76–80.

S u m m a r y. Our research confirmed the value of kettle-hole mires for reconstructing Holocene environmental changes. The multi-proxy approach in which three palaeoecological methods were used (analyses of testate amoebae, plant macrofossils and pollen) improved the interpretation potential. We studied two *Sphagnum* mires situated in Tuchola Pinewoods (N Poland). In Tuchola mire 9000 years of environmental changes (groundwater level and pH) were recorded. Water table changes inferred from Tuchola mire show patterns similar to regional hydrological changes recorded in Polish lakes and mires as well as in other European sites.

*Jelenia Wyspa mire recorded changes in local vegetation and palaeohydrology during the last 1500 years. A rise in the groundwater table, caused by deforestation in the catchment area, allowed *Sphagnum* to expand. Consequently, the peatland evolved into an oligotrophic mire dominated by peat mosses. Approx. 200 years ago water pH increased and subsequently decreased, the lowest value being associated with the deforestation maximum. Furthermore, the planting of pine probably also caused an acidification of Jelenia Wyspa mire.*

Key words: kettle-hole mire, *Sphagnum* mire, testate amoebae, pollen, plant macrofossils, palaeohydrology, terrestrialization, weighted averaging, quantitative reconstruction

Badania z wykorzystaniem wielu danych pośrednich są coraz bardziej popularne w paleoekologii i paleolimnologii (Mann i in., 1998; Lotter, 2003; Blundell & Barber, 2005; Caseldine & Gearey, 2005; Selby i in., 2005). Ma to szczególne znaczenie w badaniach paleoklimatycznych, gdzie poszczególne zmienne nawzajem się uzupełniają, dając wyraźniejszy obraz zmian warunków środowiskowych.

Wśród osadów biogenicznych torfy pełnią wyjątkową rolę. Są one istotnymi archiwami zawierającymi dane na temat autogenicznych i alogenicznych zmian torfowisk (Blackford, 2000; Hendon i in., 2001; Charman, 2002), które w zależności od uwarunkowań hydrologicznych są w różny sposób zapisane w osadzie. Zmiany autogeniczne powodowane m.in. sukcesją i łądowaniem zbiornika wodnego mają mniejsze znaczenie w badaniach paleoklimatu, chociaż makroszczątki roślinne będące ich odzwierciedleniem są wykorzystywane z powodzeniem do rekonstrukcji wilgotności atlantyckich torfowisk wysokich (Barber, 1981; Blundell & Barber, 2005).

Badania prowadzone na torfowiskach mszarnych Pomorza (w tym Borów Tucholskich) stanowią ważną bazę do rozważań na temat nie tylko lokalnej i regionalnej historii szaty roślinnej, ale także zmian klimatu (Tobolski, 1983, 2003).

W niniejszym opracowaniu prezentujemy wyniki badań dwóch torfowisk z południowej części Borów Tucholskich — Tuchola i Jelenia Wyspa. Wnioskowanie

oparte jest na wynikach analizy makroszczątkowej, palinologicznej, ameb skorupkowych i datowaniach radiowęglowych. Metoda ameb skorupkowych była wykorzystana początkowo do jakościowych (Lamentowicz, 2003; Lamentowicz, 2005), a następnie do ilościowych rekonstrukcji opartych na poszerzonym zbiorze testowym.

Dane paleośrodowiskowe mają strategiczne znaczenie w prognozowaniu zmian klimatycznych. W naszych badaniach próbujemy odpowiedzieć na trzy kluczowe pytania:

1. Jak zmieniła się wilgotność klimatu w późnym Holocenie?

2. Czy możemy odróżnić zapis wpływu czynników klimatycznych od antropogenicznych?

3. Jakie są autogeniczne i alogeniczne uwarunkowania rozwoju torfowisk mszarnych?

Celem opracowania jest zestawienie wyników trzech analiz: palinologicznej, ameb skorupkowych i makroszczątków roślinnych w celu odtworzenia historii rozwoju torfowisk; rozważenie zmian autogenicznych (sukcesji roślinności i łądowania zbiornika wodnego) i alogenicznych (wpływu klimatu i działalności człowieka) w badanych torfowiskach; przetestowanie analizy kopalnych ameb skorupkowych (*Rhizopoda*, *Testacea*) w ilościowych rekonstrukcjach paleośrodowiskowych.

Materiał i metody

Torfowiska Tuchola i Jelenia Wyspa będące przedmiotem badań leżą w południowej części Borów Tucholskich, na pograniczu dwóch mezoregionów Dolina Brdy i Bory Tucholskie (Kondracki, 1998). Pod względem hydrogenetycznym (Succow & Joosten, 2002) można je zaklasyfikować jako torfowiska kotłowe.

Prace terenowe polegały na pobraniu rdzeni do badań laboratoryjnych za pomocą świdra torfowego typu Instorf. Próbkę do analizy palinologicznej i ameb skorupkowych pobrano w odstępach 5 cm. Analizę makroszczątkową

*Zakład Biogeografii i Paleoekologii, Uniwersytet im. Adama Mickiewicza, ul. Dziegielowa 27, 61-680 Poznań; mariuszl@amu.edu.pl

**Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL), Laboratoire des Systèmes Ecologiques, CH-1015 Lausanne, Switzerland; edward.mitchell@epfl.ch

***Swiss Federal Research Institute WSL, Antenne Romande, Station 2, CH 1015 Lausanne, Switzerland

wykonano na podstawie próbek pobranych z rdzeni w odstępach 5 cm (Tuchola) i 10 cm (Jelenia Wyspa).

Uzyskano w sumie 9 dat radiowęglowych: 5 dla torfowiska Tuchola i 4 dla torfowiska Jelenia Wyspa. Wszystkie daty kalibrowano za pomocą aplikacji komputerowej OxCal 3.9 (Bronk Ramsey, 1995; 2001). Diagram palinologiczny z torfowiska Tuchola skorelowano z diagramem opublikowanym przez Milecką i Szeroczyńską (2005) dzięki czemu można było uszczegółowić oś czasu przedstawioną w latach.

Pobierano próbki powierzchniowe (złożone z żywej, stropowej części mchów torfowców — ok. 5 cm) z torfowisk mszarnych w celu utworzenia testowego zbioru danych dla ameb skorupkowych. W każdym ze stanowisk mierzono poziom wody gruntowej (w stosunku do powierzchni torfowiska), pH i przewodność elektrolityczną (Lamentowicz, 2005; Lamentowicz & Mitchell, 2005; Lamentowicz, dane niepubl.).

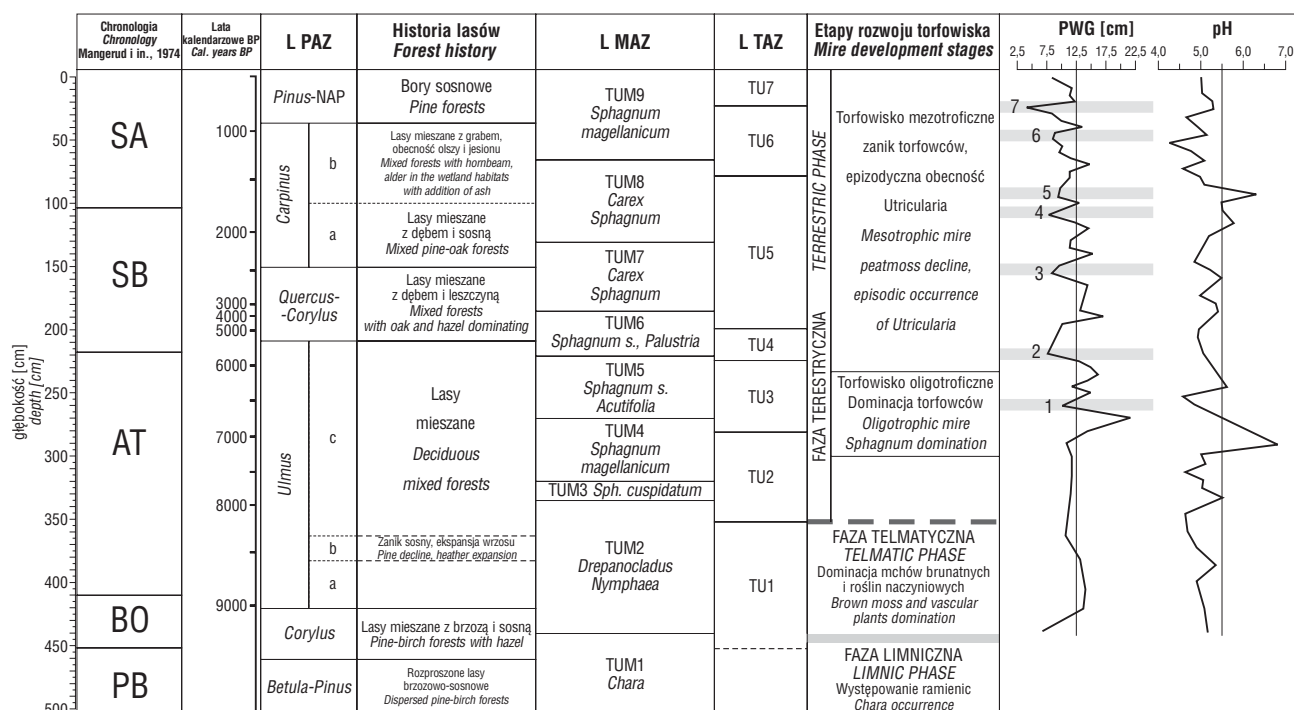
Zastosowano wyniki wcześniej wykonanych analiz: ameb skorupkowych, makroszczątków roślinnych i ameb skorupkowych poparte datowaniami radiowęglowymi. Do rekonstrukcji poziomu wody i pH wykorzystano zbiór testowy ameb skorupkowych, czyli zestaw gatunków wraz z wybranymi parametrami środowiskowymi (np.: poziom wody gruntowej) na podstawie, którego zrekonstruowano warunki środowiska za pomocą dostępnych modeli statystycznych, np.: WA i WA(tol) (Birks, 1998). Baza danych powstała z próbek powierzchniowych, zebranych na torfowiskach mszarnych w Borach Tucholskich i na Kujawach. Obliczenia statystyczne wykonano za pomocą aplikacji

komputerowej C2 (Juggins, 2003). Odtworzono poziomy lustra wody gruntowej i pH na torfowiskach Tuchola — w okresie ostatnich 9000 lat i Jelenia Wyspa w okresie ostatnich 1500 lat. Następnie zestawiono je z rezultatami analizy makroszczątkowej i palinologicznej.

Torfowisko Tuchola

Zestawienie wyników analiz prezentuje ryc. 1. W historii torfowiska zarejestrowano 7 wyraźnych wilgotnych okresów. Wahania krzywej poziomu wody są bardzo gwałtowne. Należy pamiętać jednak, że przy stosunkowo niskiej miąższości torfowiska takie wahnięcie może oznaczać kilkadziesiąt lat. Wyniki badań subfosylnych ameb skorupkowych dostarczają względne wartości poziomu lustra wody gruntowej. Zakres wieku reprezentowany przez próbkę może być różny i pozostawać w zależności od stopnia rozkładu i kompaktacji torfu. Niemniej obecność poszczególnych wskaźnikowych taksonów w próbkach ma duże znaczenie bioindykacyjne. Gwałtowne wahania krzywej PWG (poziomu wody gruntowej) mogą świadczyć o czułości tego torfowiska na zmiany wilgotności i temperatury przeszłości. Schoning i in. (2005) sugerują, że w warunkach kontynentalnych (w odróżnieniu od torfowisk zlokalizowanych w klimacie oceanicznym) najważniejszym czynnikiem odpowiedzialnym za akumulację masy torfowej jest temperatura.

Znaczne zmiany poziomu wody wiosną zaobserwowane współcześnie mogą przemawiać za podatnością torfowiska na zalewanie spowodowane wiosennymi roztopami i



Ryc. 1. Zestawienie wyników analiz: ameb skorupkowych, pyłkowej i makroszczątków roślinnych torfowiska Tuchola. LPAZ — Pollen Assemblage Zones (poziomy pyłkowe), MAZ — Macrofossils Assemblage Zones (poziomy makroszczątkowe), TAZ — Testacea Assemblage Zones (poziomy testacea), PWG — poziom wody gruntowej (Lamentowicz 2005, zmienione)

Fig. 1. Comparison of results of palaeoecological analyses of: testate amoebae, pollen and plant macrofossils of Tuchola mire. LPAZ — Pollen Assemblage Zones, MAZ — Macrofossils Assemblage Zones, TAZ — Testacea Assemblage Zones, PWG — groundwater level (Lamentowicz 2005, changed)

opadami. Wskaźnikiem zalewania torfowiska w przeszłości jest ameba *Diffflugia urceolata*, której obecność świadczy jednocześnie o eutrofizacji. Ten gatunek jest obserwowany także w innych rdzeniach torfowisk Polski.

Torfowisko kotłowe Tuchola stanowi interesujące źródło informacji o zmianach lokalnej roślinności i działalności człowieka. Można przypuszczać, że odczytaliśmy sygnały klimatyczne, tj. wilgotne wahnięcia, które są zbieżne z wydarzeniami hydrologicznymi w innych częściach Polski i Europy.

Fluktuacje poziomu wody na torfowisku mogą być także spowodowane działalnością człowieka, którego aktywność w Borach Tucholskich do czasów historycznych jest jednak niewielka. Świadczą o tym niskie wartości procentowe roślinnych wskaźników antropogenicznych, których udział wzrósł w osadach reprezentujących ostatnie 200–300 lat.

Istotnym problemem badawczym jest odróżnienie zmian zachodzących pod wpływem człowieka od wpływu klimatu. Zmiany troficzne i hydrologiczne mogły być częściowo wywołane przez lokalne osadnictwo nieprzejawiające się do czasów historycznych w ekstensywnych odlesieniach.

Wyniki badań pozwalają na następujące podsumowanie:

□ Wpływ człowieka jest słabo zaznaczony w południowej części Borów Tucholskich od początku holocenu do czasów historycznych (Lamentowicz, 2005), przez co „głębokie” torfowiska kotłowe (w typie torfowiska Tuchola) mogą zawierać istotne informacje o historii klimatu,

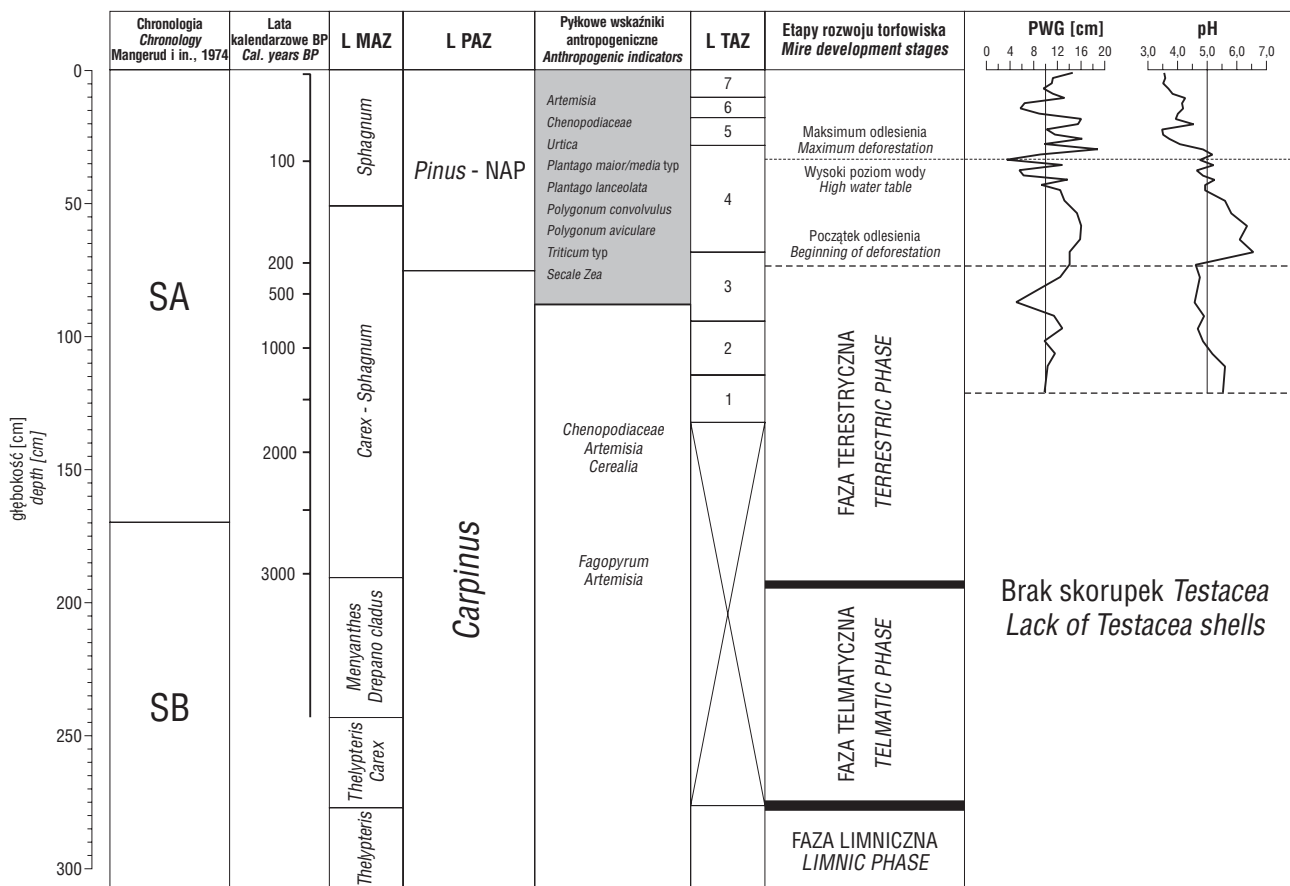
□ Torfowisko Tuchola zaczęło akumulować torf znacznie wcześniej niż Jelenia Wyspa, przez co może zawierać wyraźniejszy zapis paleoklimatyczny od momentu zładowienia (ok. 9000 lat temu),

□ Zmiany wilgotności zapisane w torfowisku kotłowym Tuchola są porównywalne z regionalnymi zmianami hydrologicznymi w Polsce, jak również w skali Europy.

Torfowisko Jelenia Wyspa

W torfowisku odtworzono zmiany środowiskowe, jakie zaszły okresie ostatnich 1500 lat. Działalność człowieka miała duży wpływ na akumulację osadów w obrębie tego obiektu. Zestawienie wyników analiz prezentuje ryc. 2. Wyniki z torfowiska Jelenia Wyspa zlokalizowanego w rezerwacie Bagna nad Stążką przedstawiają późnoholoceniską historię sukcesji roślinności i presji antropogenicznej na ten zbiornik.

Współczesna forma torfowiska jest rezultatem procesu zarastania jeziora. Pokrywa roślinności zamknięta taflę



Ryc. 2. Podsumowanie wyników analiz paleoekologicznych (ameb skorupkowych, pyłkowej i makroszczątków roślinnych) torfowiska Jelenia Wyspa. Objaśnienia do ryciny — jak na ryc. 1 (Lamentowicz, 2005, zmienione)

Fig. 2. Comparison of results of palaeoecological analyses of: testate amoebae, pollen and plant macrofossils of Jelenia Wyspa mire. Description for the figure — fig.1 (Lamentowicz, 2005, changed)

jeziora dopiero ok. 2000 lat temu. Ten sposób ładowienia zbiornika powodował różnorodność akumulowanych w nim osadów. Na głębokości 275–195 cm stwierdzono niewielkie ilości sporomorf. Jest to poziom telmatyczny rozwoju zbiornika. Na krawędzi i pod nim gromadziły się szczątki, początkowo roślin naczyniowych, później także mszaków. To dynamiczne siedlisko powodowało, że pyłek przypuszczalnie opadał na powierzchnię roślinności, był deponowany w niewielkiej ilości w tzw. detrytus torfowy odkładający się pod kożuchem roślinnym. Osad rejestrujący fazę telmatyczną (bez sporomorf) jest w dużej części złożony z właśnie takiej materii roślinnej.

Wyniki analizy palinologicznej (Lamentowicz, 2005) charakteryzują się kulminacją graba przy wyraźnym spadku frekwencji sosny. Można to interpretować jako wymianę gatunków drzew w zbiorowisku leśnym na obszarze sandrowym. Grab nie występuje tutaj w bardzo wysokiej frekwencji (ok. 10%), chociaż taka wymiana gatunków sugeruje jego lokalną obecność na sandrze lub w strefie krawędziowej moreny dennej. Pamiętać trzeba, że analizowane torfowisko to mały śródlęśny zbiornik rejestrujący głównie lokalne zmiany roślinności.

Zestawienie wyników trzech analiz paleoekologicznych (ameb skorupkowych, makroszczątków roślinnych i palinologicznej) prezentuje silny wpływ odlesień na charakter roślinności i wahania wody na torfowisku. Wpływ gospodarki leśnej na wahania poziomu wody gruntowe w zbiornikach jeziornych i torfowiskowych nie był wcześniej w Polsce szeroko opisywany. Mikrofosylia ameb skorupkowych pozwoliły na wyznaczenie momentu spadku odczynu siedliska oraz rekonstrukcję parametru pH wody. Zjawisko wzrostu dominacji torfowców — widoczne w diagramie palinologicznym i makroszczątkowym (Lamentowicz, 2005), jest zbieżne z lokalnym odlesieniem oraz wzrostem udziału sosny w drzewostanie.

Wyniki analizowanego torfowiska prezentują złożoną historię jego rozwoju. Będzie on przedmiotem przyszłych szczegółowych opracowań.

Zestawienie danych pozwala wyciągnąć następujące wnioski:

□ Odlesienie (mające początek ok. 500 lat BP) wydaje się być najistotniejszym czynnikiem kształtującym hydrologię i roślinność torfowiska Jelenia Wyspa.

□ Przekształcenia drzewostanu w zlewni torfowiska spowodowały podniesienie się poziomu wody gruntowej.

□ Wzrost poziomu wody gruntowej wspomógł ekspansję torfowców, następstwem był autogeniczny rozwój torfowiska pod wpływem zakwaszających siedlisko mchów torfowców.

□ Ok. 200 lat temu nastąpił wzrost pH, następnie stopniowy jego spadek aż do minimum (ok. 3,5) przy maksimum odlesienia. Przypuszczalnie Wpływ na spadek pH miało także wprowadzenie monokultur sosnowych.

Podsumowanie

1. Uzyskane wyniki z torfowisk kotłowych powinny być porównane z danymi zebranymi na bałtyckich torfowi-

skach wysokich, których rozwój jest teoretycznie zależny głównie od opadów atmosferycznych. Porównanie rezultatów pozwoli przetestować torfowiska kotłowe jako źródła informacji o przeszłości klimatu.

2. Mając do dyspozycji współczesne dane klimatologiczne możemy próbować odpowiedzieć na pytanie, jakie są relacje zmian temperatury do opadów w procesie rozwoju torfowisk w klimacie Pomorza (Schoning i in., 2005).

3. Zależność „klimat — człowiek — zmiany autogeniczne” będziemy mogli wyjaśnić porównując ze sobą zapis z osadów wielu stanowisk oraz dane otrzymane z równoległych rdzeni pobrane z różnych miejsc tego samego torfowiska. Istnieje potrzeba uszczegółowienia chronologii zjawisk paleohydrologicznych, które mogą mieć bezpośredni związek ze zmianami klimatycznymi w skali regionalnej. Na obecnym etapie badań trudno jest wyciągać daleko idące wnioski, jednak torfowisko Tuchola może być ważnym punktem wyjścia do rozważań na temat paleohydrologii torfowisk Polski północnej.

4. Niezbędna jest większa ilość zbadanych stanowisk dla rozróżnienia informacji o wpływach antropogenicznych i klimatycznych w danych paleoekologicznych na Pomorzu,

5. Duży potencjał interpretacyjny analizy ameb skorupkowych powoduje, że istnieje potrzeba wprowadzenia tej metody jako integralnej części badań ekologii i paleoekologii środowisk torfowiskowych (Charman, 2001).

Uprzejmie dziękujemy panu profesorowi Kazimierzowi Tobolskiemu za udostępnienie wyników badań palinologicznych i wsparcie w czasie realizacji badań oraz recenzentowi za cenne uwagi, które wzbogaciły niniejszy artykuł.

Badania finansowane z grantu naukowego finansowanego przez Ministerstwo Nauki i Informatyzacji: Nr 3P04G04323 pt. *Rozwój i geneza torfowisk w dolinie Stążki w Tucholskim Parku Krajobrazowym*. Prace kontynuowane są w ramach obecnie realizowanego projektu badawczego finansowanego przez Ministerstwo Nauki i Informatyzacji Nr 2P04G03228 pt. *Zmiany klimatyczne w ostatnim tysiącleciu na podstawie badań pomorskich torfowisk w oparciu o analizy o dużej rozdzielczości*.

Literatura

- BARBER K. E. 1981 — Peat stratigraphy and climatic change. A palaeoecological test of the theory of cyclic bog regeneration. A.A., Balkema, Rotterdam.
- BIRKS H.J.B. 1998 — Numerical tools in palaeolimnology — Progress, potentialities, and problems. *J. Paleolimnology*, 20: 307–332.
- BLACKFORD J. 2000 — Palaeoclimatic records from peatbogs. *Tree* 15: 193–198.
- BLUNDELL A. & BARBER K. 2005 — A 2800 — year palaeoclimatic record from Tore Hill Moss, Strathspey, Scotland: the need for a multi-proxy approach to peat-based climate reconstructions. *Quatern. Sci. Rev.*, 24: 1261–1277.
- BRONK RAMSEY C. 1995 — Radiocarbon Calibration and Analysis of Stratigraphy: The OxCal Program. *Radiocarbon*, 37: 425–430.
- BRONK RAMSEY C. 2001 — Development of the Radiocarbon Program OxCal. *Radiocarbon*, 43: 355–363.
- CASELDINE C. & GEAREY B. 2005 — A multiproxy approach to reconstructing surface wetness changes and prehistoric bog bursts in a raised mire system at Derryville Bog, Co. Tipperary, Ireland. *The Holocene*, 15: 585–601.
- CHARMAN D.J. 2002 — Peatlands and environmental change. Chichester, John Wiley & Sons.

- CHARMAN D.J. 2001 — Biostratigraphic and Palaeoenvironmental Applications of Testate Amoebae. *Quatern. Sci. Rev.*, 20: 1753–1764.
- HENDON D., CHARMAN D.J. & KENT M. 2001 — Palaeohydrological records derived from testate amoebae analysis from peatlands in northern England: within-site variability, between-site comparability and palaeoclimatic implications. *The Holocene*, 11: 127–148.
- JUGGINS S. 2003 — C2 User guide. Software for ecological and palaeoecological data analysis and visualisation. Newcastle upon Tyne, UK, University of Newcastle.
- KONDRACKI J. 1998 — Geografia regionalna Polski. Warszawa, PWN.
- LAMENTOWICZ M. 2003 — Zmiany roślinności i zespołów korzeniów skorupkowych Testacea (Protozoa) w późnym Holocenie na torfowisku mszarnym Jelenia Wyspa w rezerwacie Bagna nad Stążką (Tucholski Park Krajobrazowy). *Litologia, Stratygrafia i Geneza Utworów Czwartorzędowych*. Tom IV. A. Kostrzewski. Poznań, Wydawnictwo Naukowe UAM: 231–242.
- LAMENTOWICZ M. 2005 — Geneza torfowisk naturalnych i seminaturalnych w Nadleśnictwie Tuchola. Pr. Zakładu Biogeografii i Paleoekologii UAM. Poznań. Bogucki Wydawnictwo Naukowe.
- LAMENTOWICZ M. & MITCHELL E.A.D. 2005 — The ecology of testate amoebae (Protists) in Sphagnum in north-western Poland in relation to peatland ecology. *Microbial Ecology*, 50: 48–43.
- LOTTER A. 2003 — Multi-proxy climatic reconstructions. Global change in the Holocene. A. Mackay, R. W. Battarbee, H. J. B. Birks, F. Oldfield: 373–383.
- MANGERUD J., ANDERSON S.T., BERGLUND B.E. & DANNER J.J. 1974 — Quaternary Stratigraphy of Norden, a Proposal for Terminology and Classification. *Boreas*, 3: 109–127.
- MANN M.E., BRADLEY R.S. & HUGHES M.K. 1998 — Global-scale temperature patterns and climate forcing over the past six centuries. *Nature*, 392.
- MILECKA K. & SZEROCZYŃSKA K. 2005 — Changes in macrophytic flora and planktonic organisms in lake Ostrowite, Poland as a response of climatic and trophy fluctuations. *The Holocene*, 15: 74–84.
- SCHONING K., CHARMAN D.J. & WASTEGARD S. 2005 — Reconstructed Water Tables from Two Ombrotrophic Mires in Eastern Central Sweden Compared with Instrumental Meteorological Data. *The Holocene*, 15: 111–118.
- SELBY K.A., O'BRIEN C.E., BROWN A.G. & STUIJTS I. 2005 — A multi-proxy study of Holocene lake development, lake settlement and vegetation history in central Ireland. *J. Quatern. Sci.*, 20: 147–168.
- SÜCCOW M. & JOOSTEN H. (red.) 2002 — *Landschaftsökologische Moorkunde*. Stuttgart, Schweizerbart.
- TOBOLSKI K. 1983 — Wprowadzenie do postglacjalnej historii roślinności na Pomorzu Zachodnim. *Problemy Epoki Kamienia na Pomorzu*: 61–76.
- TOBOLSKI K. 2003 — Stan badań paleoekologicznych w Borach Tucholskich. *Botanical Guidebooks*, 26: 95–103.