

**Małgorzata Mielczarek** (malgorzatomielczarek1995@gmail.com)

*Studenckie Koło Naukowe Geomonitoringu Uniwersytetu Łódzkiego, ul. Narutowicza 88, 90-139 Łódź*

## **Analiza zmian środowiska przyrodniczego torfowiska Ługi (woj. łódzkie) w ciągu ostatnich kilkadziesiąt lat funkcjonowania**

### **Changes in the environment of the Ługi peatland (Łódzkie voivodeship) in the last several dozen years of development**

#### **STRESZCZENIE**

Praca przedstawia wyniki analiz badań nad zmianami środowiska przyrodniczego torfowiska Ługi. Badaniem objęto rdzeń pobrany bezpośrednio z obszaru torfowiska. Zbadano parametry fizykochemiczne – pH, straty na prażeniu oraz przewodność osadu a także dokonano analizy subfosylnej fauny *Cladocera*. Uzyskane wyniki pozwoliły na zaobserwowanie zmian zachodzących w torfowisku Ługi oraz w jego najbliższym otoczeniu w ciągu ostatnich kilkadziesiąt lat funkcjonowania. Wyniki analiz wskazują na wpływ czynników antropogenicznych jako głównych czynników inicjujących zmiany.

#### **SUMMARY**

In this article presents the results of research conducted on the environmental changes in Ługi peatland. The study was based on core collected directly from the bog. The research focused on physico-chemical parameters – pH, loss of ignition and the conductivity of the sediment – as well as analysis of sub-fossil *Cladocera* fauna. The obtained results allowed to observe changes in Ługi peatland and in its immediate vicinity over the last several decades. The results of the analyses underline the impact of anthropogenic factors as the main factor contributing to changes.

**Słowa kluczowe:** dolina Warty, osady biogeniczne, parametry fizykochemiczne, *Cladocera*, antropopresja

**Key words:** Warta river valley, biogenic deposits, physicochemical parameters, *Cladocera*, human impact

#### **WPROWADZENIE**

Na obszarze Polski torfowiska zajmując powierzchnię 1,3 mln ha stanowią około 4% powierzchni kraju. Ze względu na właściwości geologiczno-hydrologiczne, sposób funkcjonowania i szatę roślinną obszary te należą do najbardziej złożonych i unikatowych ekosystemów. Od dawna były one również eksploatowane w celu pozyskiwania surowca energetycznego (torfu), a także meliorowane i przekształcane w pastwiska oraz łąki. W wyniku tych zabiegów systematycznie malała ich powierzchnia i różnicowanie, zarówno w Polsce jak i na świecie.

Ślady tego procesu są widoczne także w przypadku zbadanego w artykule torfowiska Ługi, położonego w dolinie Warty w województwie łódzkim. Jego naturalny charakter został w większej części zniszczony przez długoletnie wydobywanie torfu, które zostało zakończone w pierwszej połowie XX wieku. Skutki tych działań są widoczne do dziś w postaci grobli i wykopów. Jeszcze 30 lat temu torfowisko otaczały obszary potorfi przeobrażone w pola uprawne oraz łąki. Aktualnie ze względu na niską produktywność zostały porzucone i zalesione (także w wyniku sukcesji naturalnej), głównie przez gatunki olcha czarna i sosna zwyczajna. Na dawnych groblach rozwijają się szuwały turzycowe oraz brzozy (Woziwoda 2011).

W pracy wykorzystano rdzeń torfu powstałego już po zakończeniu wydobycia. Najstarsza, najgłębiej położona część rdzenia może mieć około 70-80 lat – wydobywanie torfu trwało jeszcze podczas II wojny światowej (informacja przekazana podczas wywiadu środowiskowego wśród mieszkańców). Pobrany osad charakteryzował się jednostajnym, brunatnym zabarwieniem, zawiera rozłożoną substancję humusową oraz nierozłożone szczątki roślinne.

Odkładanie się nierozkładającej się materii organicznej (torfu) na torfowisku ma duże znaczenie w badaniach paleoekologicznych. Zakumulowane w ten sposób szczątki roślin i zwierząt można wciąż rozpoznać, co stanowi podstawę do dalszych analiz. Badanie składu gatunkowego roślin i zwierząt (zwłaszcza bezkręgowców) pozwala wnioskować o przeszłości torfowiska i jego otoczenia w zakresie:

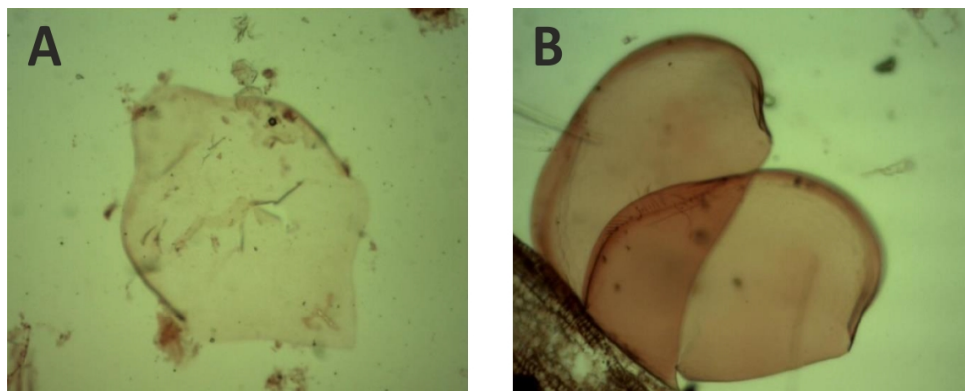
- zmian klimatu;
- stosunków hydrologicznych
- parametrów fizykochemicznych;
- stanu ekologicznego i kondycji mokradła.

W badaniach wykorzystuje się oznaczanie pozostałości po organizmach roślinnych i zwierzęcych, które zostały zachowane w osadzie. Duże znaczenie ma obecność m.in. (Tobolski 2000):

- glonów (*Pediastrum*, *Chlorooccales*);
- okrzemek (*Diatomae*, *Baccillariophyta*)
- małżoraczków (*Ostracoda*);
- mięczaków (*Mollusca*);
- wioślarek (*Cladocera*).

Ostatnia grupa organizmów została wykorzystana do analizy osadów biogenicznych z obszaru torfowiska Ługi.

Rodzina *Cladocera* to wodne bezkręgowce, które tworzą grupę drobnych skorupiaków. Żyją głównie w wodach słodkich, jedynie dwa gatunki mogą żyć w wodzie słonej. Znajdują się zarówno w strefie litoralnej, jak i otwartej toni wodnej zbiorników wodnych. Stanowią bardzo ważny element wodnego ekosystemu jako składnik zooplanktonu, stanowiąc pokarm dla ryb i innych organizmów planktonicznych. Ciało wioślarek można podzielić na trzy główne części: głowę (Ryc. 1A), tułów oraz odwłok (Ryc. 1B).



Ryc.1. Przykłady szczątków gatunków *Cladocera* z osadów torfowiska ługi: A – *Alona quadrangularis* (tarczka głowowa), B – *Chydorus sphaericus* (skorupka tułowiowa). (źródło: opracowanie własne)

Fig.1. Examples of *Cladocera* remains from Ługi peatland sediments. A – *Alona quadrangularis* (head shield); B – *Chydorus sphaericus* (shell). (source: own elaboration)

Tarczki głowowe, karapaks (pancerzyk) i postabdomen (dwa odwłoki) wioślarek zachowują się w osadzie, co umożliwia rozpoznanie gatunku. Poszczególne gatunki *Cladocera* wyróżniają się kształtem, wielkością, budową oraz ornamentacją chitynowych osłon ciała. Wiele z nich ma unikatową liczbę i rozmieszczenie otworów, które umożliwiają ich precyzyjne rozpoznanie. Drugą ważną właściwością wioślarek jest fakt, że poszczególne gatunki rozwijają się i lepiej znoszą różne warunki ekologiczne w zbiorniku.

Wiedza dotycząca wymagań różnorodnych gatunków *Cladocera* i analiza składu gatunkowego umożliwia rekonstrukcje paleoekologiczne stanu trofii, zmian temperatury i pH, odzwierciedla także wahania poziomu wody w przeszłości. Wykorzystanie tej metody w analizie w przypadku młodszych osadów często obrazuje też wpływ działalności człowieka na ekosystem torfowiska (Szeroczyńska 1985).

## TEREN BADAŃ

Torfowisko Ługi znajduje się w województwie łódzkim, w północnej części powiatu sieradzkiego (Ryc. 2). Położone jest w odległości 7 km na północny-wschód od miasta Warta. W podziale fizycznogeograficznym Polski obszar ten należy do Nizin Środkowopolskich, będących częścią Niziny Południowowielkopolskiej (Kondracki 2011). W pobliżu torfowiska, w 1986 roku utworzono sztuczny zbiornik zaporowy Jeziorsko.



Ryc.2. Położenie obszaru badań. (źródło: opracowanie własne)  
Fig.2. Location of study area. (source: own elaboration)

Torfowisko Ługi należy do torfowisk niskich. Jego powierzchnia wynosi około 100 ha. Zasoby wodne są w nim odnawiane głównie przez dostawy wód gruntowych. Odczyn tych wód jest obojętny lub lekko kwaśny. Obszar charakteryzuje się wysokim poziomem trofii, ma znaczną zawartość substancji odżywczych.

Torfowisko Ługi powstało na odcinku porzuconej doliny rzecznej (Forysiak 2013). W czasie od recesji lądolodu warciańskiego przebiegała tamtędy trasa odpływu wód proglacialnych. Następnie aż do końca górnego plenivistulianu funkcjonowała w jego miejscu odnoga Warty (Klatkova, Załoba 1991). Torfowisko powstało w obniżeniu na miejscu dawnego koryta tej rzeki. W jego najgłębszej części początkowo powstał zbiornik jeziorny, przekształcony następnie w część torfowiska.

Torfowisko znajduje się na wysokości 123,1-123,7 m n.p.m. W obrębie paleokoryta znajdują się inne niewielkie mokradła. Torfowisko Ługi sąsiaduje z podmokłym dnem doliny pokrytym cienką warstwą osadów organicznych. Od zachodu torfowisko otaczają pola piasków eolicznych oraz fragmenty dawnej terasy wysokiej Warty. Południowa część torfowiska graniczy z wyniesioną częścią doliny rzecznej. Dalej w kierunku południowym znajdują się dwie przekształcone wydmy paraboliczne. Na obszarze torfowiska występują licznie niewielkie zbiorniki potorfowe, o głębokości dochodzącej do 1 m (Forysiak 2012).

## MATERIAŁY I METODY

Materiał do badań uzyskano z jednego ze zbiorników poeksploatacyjnych w obrębie środkowej części torfowiska. Pobrano go za pomocą próbnika Instorf. Następnie rdzeń został zabezpieczony. Pobieranie próbek z rdzenia odbywało się w warunkach laboratoryjnych.

### Oznaczenie strat na prażeniu

Z materiału usunięto korzenie i inne makroskopowe części roślin, zaś same próbki umieszczono na naczyniach do suszenia i prażenia – parowniczkach. Następnie próbki osuszono w suszarce w temperaturze 105°C. Po osuszeniu wszystkie próbki zostały zważone, a potem poddane prażeniu w piecu muflowym w temperaturze 550°C przez około 4 godziny (Myślińska 1998). Po ostudzeniu próbki ponownie zważono. Straty na prażeniu obliczono ze wzoru:

$$I_z = \frac{m_{st} - m_u}{m_{st} - m_t} 100\%$$

,gdzie:

$I_z$  – strata po prażeniu (%);

$m_{st}$  – masa parowniczkki z próbką gruntu wysuszoną do stałej masy (g);

$m_u$  – masa parowniczkki z próbką gruntu wyprażoną do stałej masy (g)

$m_t$  – masa parowniczkki (g).

### Oznaczanie odczynu i konduktywności

Odczyn pH oraz konduktywność zostały oznaczone w zawiesinie sproszkowanego osadu w wodzie destylowanej. Zostały one oznaczone przy pomocy elektrod ph-metrycznej i konduktometrycznej.

### Analiza subfosylnej fauny *Cladocera*

Do wykonania ilościowej i jakościowej analizy wioślarek (*Cladocera*) użyto 10 próbek osadu o objętości 1 cm<sup>3</sup>. Materiał ten pobrano ze rdzenia w odstępach co 4 cm. Próbki następnie zostały poddane obróbce termicznej, która objęła podgrzewanie osadu dodanego do 10-procentowego roztworu wodorotlenku potasu do temperatury 60°C (KOH) (Frey 1986). Tak otrzymany roztwór próbki odwirowano przy pomocy mieszadła magnetycznego przez 20 min. Następnie rozcieńczono go w wodzie destylowanej i pozostawiono na 24 h.

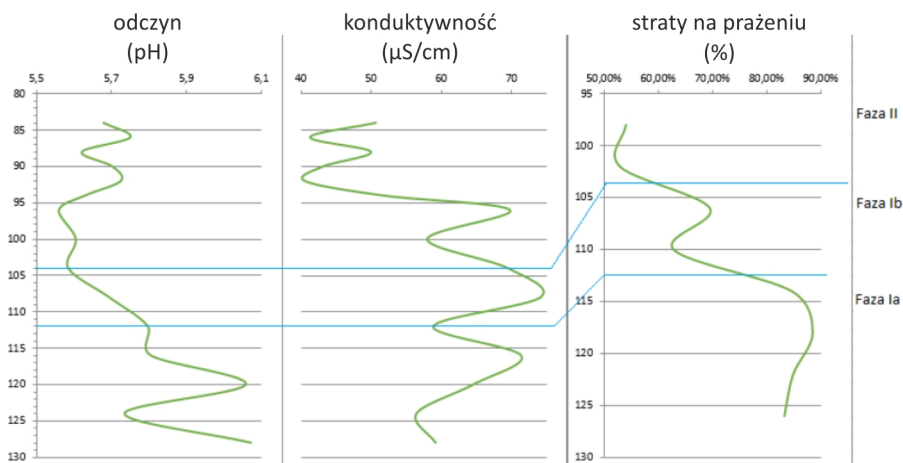
Po upływie tego czasu próbkę przepłukano wodą destylowaną na sicie 38µm. Powstałe rezzydum umieszczono w plastikowych fiolkach, które

przechowywano w lodówce. Przed liczeniem i oznaczaniem wioślarek do fiołki dodawano safraninę, która miała za zadanie zabarwić szczątki *Cladocera* (Szeroczyńska, 1985). Do analizy mikroskopowej pobierano próbki o objętości 0,1 ml. Każdą próbkę analizowano jednokrotnie, natomiast próbki o małej liczebności analizowano dwukrotnie (to dwie próbki, pochodzące z głębokości 92 cm oraz 104 cm). Pod mikroskopem liczono skorupki tułowiowe oraz tarczki głowowe. Oznaczenia gatunków dokonano na podstawie klucza do oznaczania wioślarek z obszaru Europy Centralnej (Szeroczyńska, Saemaja-Korjonen 2007).

## WYNIKI

### Odczyn, konduktywność, straty na prażeniu

Wyniki oznaczania parametrów fizykochemicznych i wynikające z nich zróżnicowane cech analizowanych osadów przedstawiono na rycinie 3.



Ryc.3. Zmiany parametrów fizykochemicznych osadów w rdzeniu z torfowiska Ługi. (źródło: opracowanie własne)

Fig.3. Changes of physico-chemical parameters of sediments of the Ługi peatland. (source: own elaboration)

Wartości pH w całym badanym profilu wahają się od 5,59 do 6,07 (Ryc. 3). Jest to odczyn charakterystyczny dla lekko kwaśnych utworów występujących na torfowiskach niskich (Myślińska 1998). Konduktywność przyjmuje wartości od 40,58  $\mu\text{S}$  do 74,14  $\mu\text{S}$ . Wartości materii organicznej mieszczą się w przedziale 53,00%-88,53%. Opisane poniżej fazy wydzielono na podstawie zmienności składu szczątków *Cladocera*.

Faza Ia (1,30-1,12 m) charakteryzuje się wahaniem odczynu między kwaśnym a lekko kwaśnym. Początkowo następuje spadek odczynu z poziomu 6,07 do 5,73 pH. Następnie wartość pH wzrasta do poziomu przekraczającego 6,00, po czym maleje do 5,79. W przypadku konduktywności zauważalny jest początkowy wzrost z 59,23  $\mu\text{S}/\text{cm}$  do 71,42  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , a następnie spadek do 58,92  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Wahania te utrzymują się do głębokości 0,95 m, gdzie następuje znaczne obniżenie tego parametru. W fazie I udział materii organicznej wynosił średnio ponad 80%. Najwyższą wartość udokumentowano na głębokości 1,18 m i wynosi ona 88,53%.

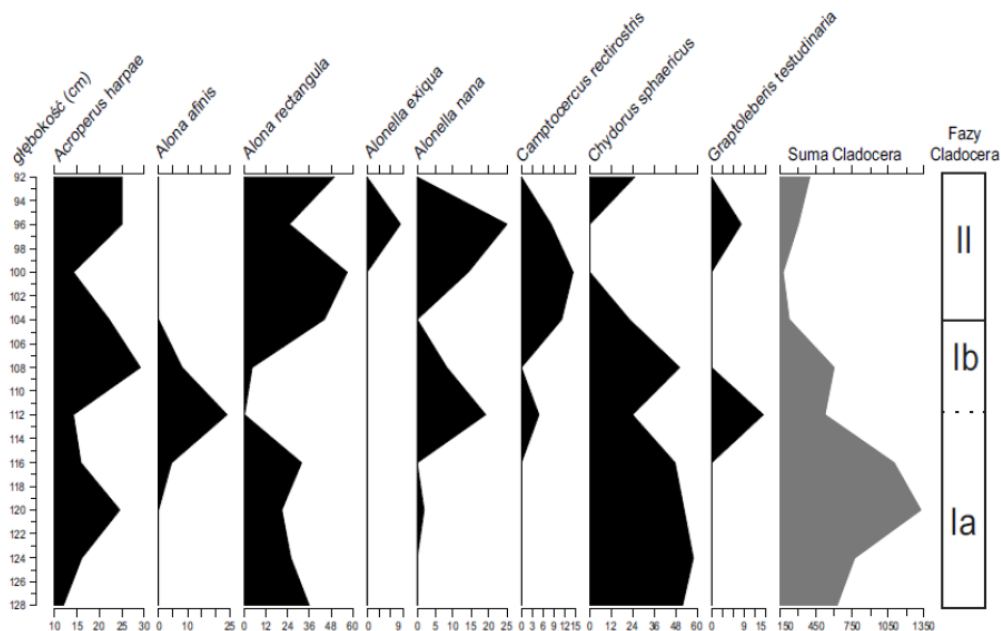
W fazie Ib (1,12-1,04 m) wartości odczynu maleją od 5,8 do 5,58 pH, ma ona nieco wyższą kwasowość niż Ia. Konduktywność początkowo rośnie (z poziomu 60  $\mu\text{S}/\text{cm}$  na głębokości 112 cm do 74  $\mu\text{S}$  na poziomie 107 cm), a następnie znów opada (do wartości poniżej 70  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ). Badania wskazują na mniejszą zawartość materii organicznej w próbkach, która w tej fazie wynosiła poniżej 60%.

Faza II (1,04-0,83 m) cechuje się niewielkimi wahaniami odczynu w przedziale 5,56-5,70 pH. Większą rozbieżnością odznacza się konduktywność. Początkowo wynosi około 70  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , a potem następuje znaczący spadek do poziomu 40  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . W końcowym etapie oscyluje między 40-50  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . W fazie II zanotowano dalszy spadek udziału materii organicznej, do poziomu 53-54%.

## **Analiza Cladocera**

Łącznie w próbkach odnotowano 8 gatunków wioślarek z rodziny *Chydoridae* (Ryc. 4). Ich skład gatunkowy wskazuje, iż woda, w której żyły miała niskie pH, co potwierdza badanie laboratoryjne osadów. Biorąc pod uwagę występowanie poszczególnych gatunków wioślarek, rozwój torfowiska ługi w ostatnich 70-latach funkcjonowania można podzielić na 2 główne fazy I i II. Fazę I podzielono dodatkowo na podfazy a i b.

W fazie Ia (1,28-1,12 m) stwierdzono szczątki wioślarek należące do 7 gatunków. Odnotowano także największą liczbę osobników w 1  $\text{cm}^3$  osadu. Wszystkie te gatunki należą do gatunków litoralnych. W fazie Ia dominuje *Chydorus sphaericus*, który jest gatunkiem kosmopolitycznym, bardzo odpornym na niekorzystne warunki środowiskowe. Jego udział procentowy wahał się od 50% do 60%. Towarzyszą mu *Acroperus harpae* (jego udział procentowy waha się w granicach 12-25%) oraz *Alona rectangula* (0-36%). W osadzie, od głębokości 1,20 m pojawiają się przedstawiciele gatunku *Alonella nana*, której początkowo jest niewiele (około 5%), dalej jej liczebność wzrasta (do 15%). Od tej głębokości pojawiają się przedstawiciele gatunku *Alona affinis*.



Ryc.4. Diagram procentowej zawartości osobników fauny Cladocera w 1 cm<sup>3</sup> osadu torfowiska ługi. (źródło: opracowanie własne)

Fig.4. Percentage diagram of Cladocera species composition in 1 cm<sup>3</sup> sediment of ługi peatland. (source: own elaboration)

Na przetłomie faz Ia i Ib swoją największą liczebność notują przedstawiciele *Alona affinis*, *Graptoleberis testudinaria* oraz pojawia się *Camptocercus rectirostris*. Znacząco zwiększa się udział *Alonella nana*. Obecność osobników *Graptoleberis testudinaria* może świadczyć podniesieniu poziomu wód i zalaniu torfowiska.

W fazie Ib (1,12-1,04 m) najliczniej reprezentowany był gatunek *Chydorus sphaericus* (około 50% populacji) oraz *Acroperus harpae*, który w początkowej części tej fazy stanowił około 30% ogółu wioślarek. W tej fazie, od głębokości 1,08 m następuje znaczący spadek liczby osobników w 1 cm<sup>3</sup>. Przykładowo na głębokości 1,04 m stwierdzono obecność jedynie 225 osobników. W okresie tym wzrósł udział procentowy gatunku *Alona rectangula*

Faza II (1,04-0,92 m) reprezentuje najmłodszy przebadany osad, charakteryzuje się występowaniem 7 gatunków wioślarek oraz stopniowym wzrostem liczby zanotowanych osobników w 1cm<sup>3</sup> osadu. Na głębokości 1,00 m odnotowano minimalną liczbę wioślarek, która wyniosła 175. Na mniejszych głębokościach wartość ta wzrasta do 400 osobników (0,92 m). Na początku tej fazy dominuje *Alona rectangula*, której populacja osiągnęła 50% ogólnej liczby Cladocera. Następnie duży udział procentowy prezentowały gatunki: *Alona affinis* (nawet 25% w osadzie z głębokości 0,96 m) oraz *Acroperus harpae* (blisko 30%). Występuje również



*Camptocercus restirostris*, którego populacja w końcowym okresie całkowicie zanika (udział spada z 12 do 0%).

Warunki środowiskowe zarejestrowane w osadzie na głębokości 1,04-1,00 m przypadają na okres tworzenia zbiornika zaporowego Jeziorsko. Spowodowało to znaczne obniżenie wód gruntowych okolicznych terenów, w tym na obszarze torfowiska ługi. Wraz z postępującym procesem zarastania pogarszały się warunki siedliskowe dla wioślarek. Od głębokości 1,00 m pojawiają się w rdzeniu szczątki *Alonella exigua* wraz z *Graptoleberis testudinaria*, co świadczyć może o zwiększonej ilości materii organicznej oraz spadku odczynu wody. W najmłodszych osadach (od 0,96 m do stropu) skład gatunkowy wykazuje duże podobieństwo do składu zaobserwowanego w najstarszych przebadanych osadach.

## PODSUMOWANIE

Analiza kilkudziesięcioletniej serii osadów torfowiska ługi wykazała, że:

- Duże wahania wartości pH, konduktywności oraz strat na prażeniu na całej długości rdzenia wskazują na częste zmiany warunków środowiska badanego obiektu.
- Największe wahania dotyczą udziału materii organicznej – w ostatnim okresie odnotowywany jest znaczący spadek na rzecz osadów mineralnych.
- Konduktywność zmienia się w niewielkim zakresie, osiągając swoje najniższe wartości w najmłodszych osadach. Zmniejszenie ilości jonów w wodach zbiornika może wskazywać na zwiększający się wpływ zasilania opadowego w stosunkach wodnych torfowiska.
- Skład gatunkowy wioślarek w zakumulowanych osadach z okresu po eksploatacji torfu niewiele się zmienił. W tym czasie panowały warunki niekorzystne dla większości gatunków. Rozwijały się jedynie te bardzo odporne na wahania poziomu wody i innych warunków środowiskowych. W końcowym okresie fazy Ib i w fazie II uwidoczniła się spadek liczby osobników *Cladocera* spowodowany powstaniem i funkcjonowaniem zbiornika Jeziorsko (czego skutkiem było m.in. obniżenie poziomu wód gruntowych, częściowa zmiana sposobu zasilania torfowiska w wodę).

## LITERATURA

- Forysiak J. (2012). *Zapis zmian środowiska przyrodniczego późnego vistulianu i holocenu w osadach torfowisk regionu łódzkiego*. Acta Geographica Lodziensia, (t. 99): 30-36.
- Forysiak J. (2013). *Jeziorna przeszłość torfowisk regionu łódzkiego*. Acta Universitatis Lodzensis. Folia Geographica Physica (nr 12/2013): 3-15.
- Frey D.G. (1986). *Cladocera analysis*. W: B.E. Berglund (red.): Handbook of Holocene palaeoecology and palaeohydrology. Wyd. John Wiley & Sons Ltd: 667-692

- Klatkova H., Załoba M. (1991). *Kształtowanie budowy geologicznej i rzeźby południowego obrzeża Basenu Uniejowskiego*. W: W. Stankowski (red.): *Przemiany środowiska geograficznego obszaru Konin-Turek*, Wyd. UAM, Poznań: 33-44
- Kondracki J. (2011). *Geografia regionalna Polski*. Wyd. PWN, Warszawa.
- Myślińska E. (1998). *Laboratoryjne badania gruntów*. Wyd. PWN, Warszawa: 193-194.
- Szczeroczyńska K. (1985). *Cladocera jako wskaźnik ekologiczny w późnoczwartorzędowych osadach jeziornych Polski północnej*. *Acta Palaeontologica Polonica*. (t. 30/1-2): 3-69.
- Szczeroczyńska K., Sarmaja-Korjonen K. (2007). *Atlas of Subfossil Cladocera from Central and Northern Europe*. Wyd. Friends of the Lower Vistula Society.
- Tobolski K. (2000). *Przewodnik do oznaczania torfów i osadów jeziornych*. Wyd. PWN, Warszawa.
- Woziwoda B., Michalska-Hejduk D. (2008). *Badania szaty roślinnej obszarów leśno-torfowiskowych w sąsiedztwie zbiornika retencyjnego „Jezioro” w dolinie rzeki Warty*. *Studia i Materiały Centrum Edukacji Przyrodniczo-Leśnej*, (r. 10. z. 2/18): 140-148.