

Marian STANI, Andrzej PONCET

Wydział Ochrony Środowiska  
Urząd Miasta Lublin

## ROLA I ZNACZENIE MONITORINGOWYCH BADAŃ DLA POPRAWY STANU EKOLOGICZNEGO ZBIORNIKA ZEMBORZYCKIEGO W LUBLINIE

### THE IMPORTANCE OF MONITORING STUDIES IN MANAGEMENT OF THE UPGRADE OF THE WATER QUALITY IN THE ZEMBORZYCKI RESERVOIR

*the zemborzycki reservoir (zr) is a shallow 282 ha impoundment constructed 35 years ago. The zr is located within the boundaries of the city of lublin, in the south in valley of bystrzyca river. continued algal blooms and unsatisfactory conditions in the zr led the city of lublins department of environmental protection to initiate the process of reclamation of the reservoir. The main emphasis was on decreasing the rate of eutrophication and decrease of the blooms by cyanophytae bacteria (blue green algae). Monitoring was conducted during the reclamation work and included physical – chemical water parameters, phyto and zoological studies, studies of the dynamics of the toxic impact of blue – green algae growth and emissions of toxins in the reservoir. The work included a balance of nutrients and the assessment of the organic loads. The studies are necessary to establish the direction of changes in the zr which should lead to effective measures of halting the accelerating eutrophication. The main goal of the studies is to obtain water quality in the reservoir that would be acceptable and appreciated by the tourists and local inhabitants searching for rest and relaxation by the water side.*

## 1. Wprowadzenie - polityka wodna w Unii Europejskiej

Woda jest niezbędnym czynnikiem warunkującym życie ludzi, zwierząt i roślin.

Postępujący rozwój cywilizacji spowodował, że konieczne stało się racjonalne gospodarowanie tym cennym źródłem. Państwa Unii Europejskiej podjęły kroki prawne mające na celu zapewnienie obecnym i przyszłym pokoleniom dostęp do wody dobrej jakości oraz korzystania z niej przez różne sektory, tj. rolnictwo, przemysł, przy jednoczesnej ochronie środowiska naturalnego.

Zintegrowanym aktem prawnym ustanawiającym ramy wspólnotowego działania w dziedzinie polityki wodnej jest Dyrektywa 2000/60/WE, która weszła w życie z dniem

opublikowania w Dzienniku Urzędowym UE nr 327, 23 grudnia 2000 r. zwana Ramową Dyrektywą Wodną (RDW).

Parlament Europejski i Rada Unii Europejskiej stoją na stanowisku, że woda nie jest produktem handlowym takim jak każdy inny, ale raczej dziedzicznym dobrem, które musi być chronione, bronię i traktowane jako takie.

Ramowa Dyrektywa Wodna zawiera wykaz substancji stanowiących poważne zagrożenie dla środowiska wodnego, a za pośrednictwem wody również dla ludzi.

Wymóg ten stawia przed zarządcami wód zadania nie tylko utrzymywanie zbiorników wodnych w dobrym stanie, ale też w przypadku degradacji konieczność podjęcia prób rekultywacji.

RDW wprowadza ekologiczne podejście do oceny stanu wód i planowania gospodarowania wodami na obszarach dorzeczy zgodnie z zasadami zrównoważonego rozwoju oraz pomocniczości. Ustanawia ramy działań na rzecz ochrony śródlądowych wód powierzchniowych, wód przejściowych, przybrzeżnych oraz podziemnych.

Dyrektywa ta nakłada na państwa Unii Europejskiej obowiązek gospodarowania zasobami wód powierzchniowych w taki sposób, żeby do 2015 r. osiągnęły one dobry stan ekologiczny. Państwa członkowskie mają chronić zasoby wód bez względu na dzielące je granice administracyjne. Dlatego planowanie w gospodarowaniu wodami odbywa się w granicach naturalnych jednostek hydrograficznych, jakimi są obszary dorzeczy w układzie tzw. jednolitych części wód przez które rozumiemy np. jeziora lub inne naturalne, sztuczne zbiorniki wodne, rzeki, strumienie czy kanały.

Dobry stan wód powierzchniowych definiowany jest na podstawie parametrów takich jak:

- > ogólny stan ekologiczny
- > elementy biologiczne (m.in. występowanie glonów, roślin wodnych, bezkręgowców, ryb)
- > elementy hydromorfologiczne
- > parametry fizyko – chemiczne wód

### **1.1. Zbiornik Zemborzycki – uwarunkowania środowiskowe – rozpoczęcie rekultywacji**

Zbiornik Zemborzycki zaliczany jest do niewielkich, miejskich, nizinnych zbiorników wodnych. Zajmuje obszar 282 ha, powierzchnia użytkowa 278 ha, maksymalna długość ok. 4000m, szerokość 1800m. Średnia głębokość wynosi ok. 2m, maksymalna ok. 6m, przy zaporze czołowej 4m. Powstał w 1974 r. poprzez spiętrzenie wód środkowego odcinka rzeki Bystrzycy Lubelskiej. Administracyjnie leży w granicach miasta Lublin na południowym skraju zajmując obszar naturalnej pradoliny Bystrzycy.

Zlewnia pośrednia zbiornika (obszar, z którego wszystkie wody opadowe poprzez system rzeczny trafiają do zbiornika) obejmuje powierzchnię 725 km<sup>2</sup>, w 70% użytkowana jest rolniczo i dlatego bardzo widoczny jest jej wpływ na skład chemiczny wody w zbiorniku w tym również na dostawę związków eutrofizujących.

Zbiornik zlokalizowany w otoczeniu kompleksu leśnego Dąbrowa i Stary Las jest intensywnie wykorzystywany jako miejsce rekreacji. Znajdują się tu plaże i kąpieliska z dostępem do węzłów sanitarnych oraz usług gastronomicznych, przystanie żeglarskie, tor regatowy o długości ok. 2 km, wyciąg nart wodnych.

Zbiornik Zemborzycki spełnia bardzo ważną rolę dla aglomeracji lubelskiej. Stabilizuje poziom wód powierzchniowych i gruntowych, chroni przed powodzią, pełni funkcję ujęcia wody na potrzeby Elektrociepłowni Lublin – Wrotków, żeglowne i wędkarskie.

Z uwagi na swoją budowę jako typowy zbiornik zaporowy jest bardzo podatny na eutrofizację czyli na proces polegający na wzbogacaniu wody biogenami w szczególności związkami fosforu i azotu powodującymi przyspieszony wzrost glonów oraz wyższych form życia roślinnego w wyniku którego następują niepożądane zakłócenia biologicznych stosunków w środowisku wodnym oraz pogorszenie jakości wody.

Pojawiły się zakwity zielenic, okrzemek, ale najgroźniejsze były masowe zakwity sinic (cyjanobakterii) utrzymujące się od wiosny do jesieni.

Nazwa sinice związana jest z barwnikami obecnymi w ich komórkach: oprócz zielonego chlorofilu – a występują również niebieskie fikocyjaniny i czerwone fikoerytryny. Cyjanobakterie są najstarszą samożywną grupą organizmów na Ziemi (obecne były już w erze prekambryjskiej, ponad 2,5 mld lat temu) i jedną z najlepiej przystosowanych do skrajnie różnych warunków środowiska. Zimują na osadach dennych w formie przetrwalnej (akinetu) lub w formie wegetatywnej i mogą rozwijać się w kolejnych sezonach, gdy wzrośnie temperatura i stężenie związków biogennych.

Produkowane przez nie toksyny mogą stanowić bezpośrednie zagrożenie dla ludzi korzystających rekreacyjnie ze zbiornika, np. kąpiących się, uprawiających sporty wodne, nawet spacerujących. Ze względu na możliwość kumulacji cyjanotoksyn w rybach, pośrednio mogą one zagrażać ludziom jako konsumentom.

Toksyczne sinice mogą stanowić również bezpośrednie zagrożenie dla zwierząt wodnych, w tym roślinożernych zwierząt planktonowych i ryb.

Pogarszający się stan ekologiczny zbiornika, utrzymujące się przez długi okres czasu zakwity sinic spowodowały konieczność rozpoczęcia działań naprawczych zmierzających do poprawy jakości wody, tym bardziej, że w 2003 r. ze względu na wysokie stężenie toksyn, Państwowy Powiatowy Inspektor Sanitarny w Lublinie wydał decyzję o nieprzydatności wody do kąpieli w kąpieliskach zlokalizowanych nad zbiornikiem.

W 2004 r. Wydział Ochrony Środowiska UM Lublin wykorzystując metody biologiczne rozpoczął rekultywację Zbiornika Zemborzyckiego.

Wszystkie działania zostały ukierunkowane na:

- > spowolnienie tempa eutrofizacji
- > poprawę przezroczystości wody
- > wyeliminowanie zakwitów sinic

Zastosowana metoda biomanipulacji czyli ochrona jakości wody przy pomocy odpowiedniego składu gatunkowego ryb (do zbiornika były wpuszczane dwa gatunki ryb drapieżnych szczupak i sum) przyczyniła się do zmniejszenia liczebności ryb karpiowatych co jest zabiegiem bardzo pożądanym w celu powstrzymania eutrofizacji zbiornika. Dodatkowo wykonywane były tarliska dla sandaczy z gałęzi drzew iglastych i faszyny.

Rozpoczęliśmy kompleksowe działanie w celu wytworzenia zwartych zespołów roślinności krzewiastej wzmacniającej skarpy zbiornika, dzięki czemu ograniczony został spływ biogenów i substancji rumoszonej, a jednocześnie brzeg zbiornika został ochroniony przed abrazją. Dodatkowo odtworzony pas makrofitów dostarczył schronienia przed rybami skorupiakom planktonowym, dzięki czemu mogły się one rozwijać, usuwając z wody fitoplankton, którym odżywiały się na drodze filtracji, a to miało bezpośredni wpływ na zmniejszenie zakwitu fitoplanktonu.

W latach 2004 – 2006 zainstalowaliśmy na jednym z kąpielisk pływające elementy bariery biologicznej. Nie stanowiła ona jednolitej konstrukcji przestrzennej, tylko składała się z wielu modułów zakotwionych do dna zbiornika. Korzenie i kłącza nasadzonych na nich wielu gatunków roślinności wynurzonych wydzielają do wody szereg związków chemicznych aktywnych biologicznie, a te z kolei hamowały wzrost i namnażanie glonów w bezpośrednim otoczeniu. Jednocześnie pobierały one z wody związki biogenne stwarzając refugia dla zooplanktonu i ryb umożliwiając zadziałanie metody biomanipulacji.

### 1.1.1. Cel, zakres i metodyka wykonywanych badań

Równoległe z prowadzoną rekultywacją wykonywane były w systemie monitoringowym liczne badania.

W tym celu Wydział Ochrony Środowiska nawiązał współpracę z:

- Centrum Badań Ekologicznych Polskiej Akademii Nauk w Dziekanowie Leśnym, Stacja Badawcza w Lublinie
- Uniwersytetem Przyrodniczym w Lublinie, Zakład Ekologii Krajobrazu i Ochrony Przyrody
- Uniwersytetem Przyrodniczym w Lublinie Katedra Hydrobiologii Pracownia Rybactwa
- Instytutem Agrofizyki im. Bohdana Dobrzańskiego Polskiej Akademii Nauk w Lublinie
- Katolickim Uniwersytetem Lubelskim Wydział Matematyczno – Przyrodniczy Katedra Fizjologii i Ekotoksykologii
- Uniwersytetem Mikołaja Kopernika w Toruniu Wydział Biologii i Nauk o Ziemi
- Powiatową Stacją Sanitarno – Epidemiologiczną w Lublinie

Od 2000 r. prowadzone były badania w zakresie monitoringu rozwoju sinic i produkcji cyjanotoksyn w Zbiorniku Zemborzyckim z określeniem:

- parametrów fizyko – chemicznych wód Zbiornika Zemborzyckiego: temperatura wody, pH, zawartość azotu i fosforu, przezroczystość wody w wybranych punktach mających znaczenie dla masowego rozwoju sinic.
- składu gatunkowego i liczebności sinic w wybranych punktach pomiarowych istotnych dla zjawiska zakwitów sinic w zbiorniku.
- próby ustalenia korelacji między czynnikami środowiskowymi, a masowymi pojavami sinic i produkcji toksyn w zbiorniku.
- pomiaru stężeń toksyn produkowanych przez sinice podczas masowego ich pojawu tj. hepatotoksyn (mikrocystyn) oraz neurotoksyny (anatoksyna-a).

Próbki wody powierzchniowej pobierano z miejsc uprzednio wytypowanych, w których istniało największe zagrożenie tj. z kąpielisk Marina i Wrotków, a prowadzone badania nie miały rutynowego charakteru i wymagały dogłębnej znajomości fykologii i ekotoksykologii.

W badaniach wykorzystana została metoda wysokociśnieniowej chromatografii cieczowej (HPLC) i dostępnych w handlu ich wzorców, oraz chromatografii gazowej sprzężonej ze spektrometrią masową (GC – MS).

Celem badań było:

1. ustalenie zależności pomiędzy panującymi warunkami środowiskowymi, a występowaniem zakwitów sinicowych i obserwacja dynamiki rozwoju gatunków sinic (niezbędne do opracowania strategii ograniczania zakwitów).
2. oszacowanie zagrożeń spowodowanych obecnością w wodach zbiornika produkowanych przez sinice cyjanotoksyn.

Stwierdzono występowanie populacji toksycznych sinic z rodzajów: *Aphanizomenon* spp, *Anabaena* spp, *Microcystis* spp, *Planktothrix agardhii*, przy czym dominacja gatunkowa w okresie kiedy były wykonywane badania charakteryzowała się dużą zmiennością w poszczególnych miesiącach letnich i latach.

Udokumentowane zostały coroczne masowe pojawy sinic w wodzie zbiornika produkujących silną neurotoksynę (anatoksynę-a) oraz występujące w małej ilości potencjalne promotory nowotworów wątroby – mikrocystyny (hepatoksyny).

W 2009 r. po raz pierwszy rozwój sinic w zbiorniku był słabszy niż w latach wcześniejszych. Nie stwierdzono obecności mikrocystyn, a pewne zagrożenie mogła stanowić jedynie anatoksyna-a, jednak jej stężenie w wodzie nie przekroczyło 1 µg/l.

Dla porównania w 2001 r. stężenie anatoksyny-a w wodzie kąpieliska Marina wyniosło 13 µg/l.

Analizy składu chemicznego wód Zbiornika Zemborzyckiego potwierdziły rokrocznie znaczny stopień ich eutrofizacji sprzyjający powstawaniu zakwitów, ale w 2009 r. zauważalna była poprawa jakości wody (spadek stężenia fosforanów i jonów amonowych).

Zaobserwowany został spadek zagęszczenia sinic oraz zmiana dynamiki rozwoju producentów anatoksyny-a jakimi są różne gatunki sinic z rodzaju *Anabaena*.

W ramach prowadzonego monitoringu zakwitów sinic oraz stężeń cyjanotoksyn w wodach Zbiornika Zemborzyckiego nie były nigdy uwzględniane testy toksyczności, mówiące o sile bezpośredniego oddziaływania sinic na organizmy żywe. Dlatego tutaj Wydział w 2007 r. podjął się wykonania tego zadania.

Do oceny toksyczności zastosowano:

- > test toksyczności ostrej na skorupiakach Daphtoxkit F magna
- > test toksyczności ostrej na wrotkach Rotoxkit F
- > test toksyczności chronicznej na pierwotniakach Protoxkit
- > test toksyczności chronicznej na wrotkach Rotoxkit F

Przedstawiciele skorupiaków i pierwotniaków (*Daphnia pulex* oraz *Tetrahymena thermophila*), poddano działaniu ekstraktów uzyskanych z komórek sinic pobranych z kożucha powstałego podczas zakwitów na terenie kąpieliska Wrotków.

W wyniku badań stwierdzono silne działanie toksyczne, zarówno ostre jak i chroniczne, ekstraktu uzyskanego z komórek sinic w stosunku do użytych organizmów testowych. Ekstrakt ten, oraz jego 50% rozcieńczenie, spowodowały śmierć całej ekspozowanej populacji skorupiaków *Daphnia pulex* po 24 h. Przy kolejnych użytych rozcieńczeniach wielkość efektu toksycznego, czyli śmiertelności i immobilizacji, była odwrotnie proporcjonalna do stopnia rozcieńczenia ekstraktu.

O ile najniższe użyte stężenie ekstraktu wywołało efekt toksyczny u 10% eksponowanej populacji, w związku z czym można traktować je jako rozcieńczenie już nietoksyczne, to po 48 h przy wszystkich użytych rozcieńczeniach ekstraktu obserwowano bardzo wysoką toksyczność.

Przeprowadzone badania bezspornie wykazały, że toksyny sinic, uwalniane z komórek podczas zakwitów w Zbiorniku Zemborzyckim, mogą silnie toksycznie oddziaływać na zooplankton, jak również na inne zwierzęta wodne, co ma poważne ekologiczne konsekwencje dla całego ekosystemu wodnego oraz może stanowić zagrożenie dla ludzi mających kontakt z wodą podczas zakwitów sinic.

Równoległe przez cały sezon letni prowadzone były badania jakości wody w kąpieliskach „Marina” i „Wrotków”. Badania wykonywała Sekcja Higieny Komunalnej Powiatowej Stacji Sanitarnej – Epidemiologicznej w Lublinie w miejscach w których występowało największe dzienne zagęszczenie kąpiących się osób. Próbkę były pobierane z dwóch stanowisk na każdym kąpielisku, z głębokości 30 cm pod powierzchnią wody, z częstotliwością 1 raz na dwa tygodnie. W przypadku, gdy kąpielisko było wyłączone z użytkowania w sezonie letnim przez okres dłuższy niż dwa kolejne lata, próbki były pobierane z dwukrotnie większą częstotliwością.

W miejscu poboru próbek wody określana była temperatura wody, powietrza. Jednocześnie oceniany był wygląd, zapach, przezroczystość wody, ewentualnie obecność plam na powierzchni, osadów smolistych, pływających przedmiotów, trwałej piany oraz zakwit sinic.

W latach 2004 – 2008 prowadzone były monitoringowe badania cech fizykochemicznych, biocenotycznych oraz hydrobiologicznych wód.

Zakres badań obejmował wykonanie:

- > próby bilansu biogenów
- > analizy zawartości związków organicznych zwłaszcza węglowodanów w wodach i w wierzchniej warstwie osadów dennych ze zbiornika z określeniem ich roli w rozwoju mikroorganizmów wodnych
- > badań fitoplanktonu
- > badań struktury zbiorowisk i różnorodności gatunkowej makrofitów
- > badań wrotków planktonowych pelagialu
- > analizy osadu i zawiesiny z określeniem zawartości węgla organicznego, woda interstycjalna
- > analizy wody in situ (pH, temperatura, zawartość tlenu) z określeniem BZT<sub>5</sub>
- > syntezy właściwości fizykochemicznych
- > badań hydrochemicznych i hydrobiologicznych w 3 seriach pomiarowych w ciągu sezonu wegetacyjnego tj, wiosna, lato, jesień, w 5 ustalonych punktach pomiarowych tj przy wlocie rzeki Bystrzycy do zbiornika gł. 0,7 m, litoral zachodniej strefy zbiornika gł. 0,5 m, pelagial/profundal w środkowej strefie gł. 2,5 m, litoral we wschodniej strefie zbiornika gł. 0,5m, pelagial /profundal przy zaporze czołowej

Wnioski wypływające z przeprowadzonych badań wskazują, że wody zbiornika o odczynie alkalicznym cechuje wysoka mineralizacja, charakterystyczna dla wód ze zlewni zbudowanych ze skał wapiennych i lessowych, bardzo mała przezroczystość i

wysoka zawartość zawiesiny. Wysoki poziom natlenienia wód utrzymujący się w całym zbiorniku latem i jesienią świadczy o intensywnej produkcji pierwotnej zachodzącej w wodzie.

Jednocześnie zawartość związków biogenych w powierzchniowych warstwach wody była bardzo niska. Może świadczyć to o tym, że zły stan ekologiczny może być wynikiem intensywnego zasilania wewnętrznego (z rozkładających się osadów dennych).

Uzyskane wyniki wskazują, że cały dopływający rzeką do zbiornika ładunek biogenów był bardzo szybko zużywany przez masowo rozwijające się w powierzchniowych warstwach wody drobne organizmy wodne (bakterie, sinice i glony planktonowe).

Obliczono, że dobowy ładunek biogenów podlegających akumulacji i wbudowaniu w biomasę organizmów wodnych w 2007 r. wynosił:

- > 139 – 333 kg związków azotowych
- > 1464 – 2141 kg związków amonowych
- > 15,7 – 30,2 kg fosforu ogólnego

Obumarłe szczątki organizmów wodnych po opadnięciu na dno zbiornika zwiększały pulę osadów organicznych. Dodatkowo do dostarczonego z wodą ładunku biogenów dochodziła masa organiczna (głównie węglowodany) wrzucana do zbiornika w postaci zanęty przez wędkarzy, w ilości od 100 – 400 kg dziennie.

Badania fitoplanktonu wskazywały na eutroficzny charakter wód zbiornika, z okresowymi masowymi pojawami okrzemek i sinic, a o ich dominacji decydowała głównie temperatura wody. Okrzemki pojawiały się w chłodniejszej wodzie, a ich dominacja związana była z wyższymi stężeniami azotu azotanowego.

Zbiorowiska makrofitów wodnych w zbiorniku są słabo rozwinięte, ze względu na wybetonowanie znacznej części brzegów oraz na duży udział ryb roślinożernych w ichtiofaunie. Najbogatsze występują w rejonie wpływu rzeki Bystrzycy do zbiornika, gdzie odgrywają bardzo ważną rolę w procesach samooczyszczania wód. W porównaniu z wynikami badań z lat 80, XX wieku zaobserwowano wyraźne zubożenie zbiorowisk makrofitów w całym akwenu, co jest zjawiskiem bardzo niekorzystnym dla jego stanu ekologicznego.

Zbiornik zasiedlało 10 zbiorowisk roślinnych obejmujących 56 gatunków. Zajmowały one powierzchnię 72 ha, co stanowiło zaledwie 26% powierzchni zbiornika. W zachodniej i południowej części akwenu fitolitoral zajmował aż 58 ha co stanowiło 80% całego fitolitoralu. We wschodniej i północnej części pokrywał on jedynie 19,2 ha co stanowiło ok. 19,7%. Nierównomierne ich rozmieszczenie związane było z morfologicznym ukształtowaniem pobraża, które umożliwiała zasiedlanie makrofitów.

Największe ich zróżnicowanie jakościowe i ilościowe występowało w południowej i zachodniej części akwenu zwłaszcza wśród makrofitów wynurzonych, czyli tam gdzie brzegi były względnie naturalne i łagodnie schodziły do lustra wody.

W 2009 r. we wrześniu zostały wykonane jesienne badania stanu ichtiofauny. Zakres prac obejmował określenie:

- > struktury gatunkowej z uwzględnieniem stanu gatunków chronionych oraz gatunków cennych i niepożądanych
- > liczebności poszczególnych populacji z określeniem struktury wiekowej
- > struktury dominacji
- > proporcji ryb spokojnego żeru do ryb drapieżnych

- wieku i tempa wzrostu następujących gatunków: leszcz, płoć, jaź, okoń, sandacz, szczupak, sum
- składu pokarmu wybranych gatunków ryb łącznie z analizą treści przewodów pokarmowych ryb drapieżnych i spokojnego żeru

W czasie prowadzenia odłowów stwierdzono występowanie 8 gatunków ryb. Ichtyofauna zbiornika została zdominowana przez leszcza, płoć i sandacza. Ryby cenne gospodarczo stanowiły w badanym okresie 42% udziału liczbowego (leszcz stanowił 34%).

W 2009 r. wystąpiły bardzo korzystne zmiany w strukturze ichtyofauny. Ponad 49% masy odłowionych ryb stanowiły ryby drapieżne.

Badania zespołu narybkowego potwierdziły korzystne zmiany w ichtyofaunie zachodzące w trakcie sezonu (ograniczenie liczebności młodzieży ryb będących głównym konsumentem zooplanktonu). Prowadzone intensywne i systematyczne zarybianie gatunkami cennymi gospodarczo (szczupak i sum – gatunki te są wprowadzane do zbiornika metodą biomanipulacji) wzmacniają naturalną rekrutację pożądaných gatunków.

Analiza tempa wzrostu badanych gatunków ryb wskazała, że jest ono równomierne ze średnimi lub stałymi przyrostami długości ciała. Tempo wzrostu leszcza w akwencie było bardzo wolne, co wynika z nadmiernego zagęszczenia tego gatunku. Brak regularnych odłowów gospodarczych tego gatunku spowodowało przegęszczenie populacji, spadek wzrostu i w efekcie spadek atrakcyjności wędkarskiej. Stwarza to poważny problem w gospodarowaniu rybostanem zbiornika.

Ze względu jednak na jedнокrotność próby i wyjątkowo niestabilne w tym czasie warunki pogodowe, które wstrzymały aktywność ryb spokojnego żeru stwierdzony i opisany stan nie może być ostateczny. Niezbędne będzie zebranie prób w okresie wiosennym i letnim w celu uwzględnienia w strukturze ichtyofauny zmian sezonowych aktywności poszczególnych gatunków i zminimalizowanie wpływu anomalii pogodowych na uzyskane wyniki. Dlatego badania będą kontynuowane w 2010 r. i dopiero wtedy możliwe będzie ustalenie dalszych szczegółowych zaleceń gospodarczych w stosunku do ichtyofauny zbiornika.

W 2009 r. przeprowadzone zostały również zimowe badania stanu ekologicznego polegające na wykonaniu odwiertów osadów dennych łącznie z analizą struktury i składu.

Program badań obejmował:

- wykonanie z pokrywy lodu 5 wierceń geologicznych w mineralno – biologicznych osadach dennych zbiornika wraz z poborem rdzeni o niezaburzonej strukturze (stanowiska badawcze zostały założone w tych miejscach w których był prowadzony monitoring hydrobiologiczny)
- wykonanie geofizycznych pomiarów profilu poprzecznego zbiornika
- wykonanie analiz struktury osadów dennych i badań geochemicznych
- pobranie prób i wykonanie badań hydrochemicznych i hydrobiologicznych
- pobranie prób i wykonanie analiz zawartości węglowodanów w powierzchniowych warstwach osadów dennych

Dla 15 prób osadów biogenicznych i biogeniczno – mineralnych z 5 odwiertów pobranych z dna zbiornika (po 3 z każdego rdzenia wiertniczego) wykonano analizy geochemiczne:

- suchej masy, zawartości popiołu i substancji organicznej
- węgla wapnia



- > azotu i fosforu ogólnego
- > wapnia, magnezu, żelaza, sodu ogólnego

Głównym celem badań było uzyskanie odpowiedzi na pytania:

- > jak szybko wypłyca się zbiornik oraz w jakim stopniu osady dennego mogą być źródłem zagrożeń stanu ekologicznego
- > w jakim stopniu wprowadzana do zbiornika masa zanęty wędkarskiej może mieć wpływ na zły stan ekologiczny akwenu

Dodatkowo wykonanie zimowych badań hydrochemicznych i hydrobiologicznych oraz porównanie ich wyników ze stanem zbiornika w sezonie wegetacyjnym i rekreacyjnym mogło pomóc w odpowiedzi na pytanie: czy zimowa przerwa w rekreacyjnym użytkowaniu zbiornika ma wpływ na jego stan ekologiczny.

Zimowe badania stanu ekologicznego nie były dotąd wykonywane i dlatego uzyskane wyniki miały szczególne znaczenie dla całej dotychczasowej historii badań geologicznych.

Przeprowadzone badania wykazały, że w strukturze osadów dennych występują 3 wyraźne warstwy:

- > torf zielny silnie rozłożony (humotorf)
- > torf zielny zagięty (redeponowany)
- > gytia ilasto – wapienna (produkt współczesnej sedymentacji)

Tempo wypełniania się zbiornika osadami dennymi było bardzo zróżnicowane w zależności od strefy zbiornika i kształtowało się od 0,6 do 2,5 cm/rok. Średnie tempo sedymentacji wyniosło 1,9 cm/rok.

W ciągu 35 lat istnienia głębokość akwenu zmniejszyła się o 60 cm.

Na podstawie średniej miąższości osadów dennych (0,66 m) i powierzchni zbiornika (2,8 km<sup>2</sup>) obliczono, że całkowita wielkość dotychczasowej akumulacji wynosi 1,85 mln m<sup>3</sup>. Przy założeniu ciężaru właściwego namulów 1,3g/cm<sup>3</sup> daje to 2,4 mln Mg, czego substancji organicznej jest ok. 0,2 mln Mg.

Jeżeli takie tempo akumulacji utrzyma się przez następne 35 lat, w środkowej części zbiornika, gdzie głębokość wynosi obecnie ok. 2m, zmniejszy się ona o 1/3, a tym samym walory rekreacyjne zbiornika zostaną znacznie zagrożone, jednocześnie dojdzie do zmniejszenia pojemności zbiornika oraz jego powierzchni użytkowej.

W składzie osadów substancja organiczna stanowiła tylko 7 – 10%, a zdecydowanie przeważał materiał mineralny (90 – 93%), którego połowę stanowił węglan wapnia. Zawartość fosforu ogólnego była umiarkowana, natomiast bardzo wysoka była zawartość azotu ogólnego, a to niestety było czynnikiem sprzyjającym eutrofizacji wód zbiornika. Niewęglanowa substancja mineralna czyli głównie materiał pylasto – ilasty dostarczany był przez wody rzeki Bystrzycy jako produkt erozji. Natomiast zgromadzony w osadach węglan wapnia i związki fosforu były produktem procesów biochemicznych, zachodzących w organizmach wodnych, a ich głównym pierwotnym źródłem były prawdopodobnie związki mineralne rozpuszczone w rzece.

Badania powierzchniowej warstwy osadów dennych wykazały, że nie ma w nich zdeponowanych węglowodanów, półpłynna masa zawierała jedynie cukry redukujące, będące produktami rozkładu węglowodanów. Można założyć, że niezjedzona przez ryby część zanęty wędkarskiej stawała się bardzo szybko pożywką dla mikroorganizmów (głównie bakterii i grzybów wodnych), które dzięki niej znacząco zwiększały swoją liczebność.

Zimą ogólny stopień zanieczyszczenia wód biogenami był tylko nieznacznie mniejszy, niż w okresie letnio – jesiennym, jednak wyższym niż na wiosnę, kiedy znaczącą część biogenów pochłaniają szybko rozwijające się organizmy fotosyntetyzujące – glony i makrofity. Gdyby zbiornik był bardziej bogaty w zbiorowiska roślinności wyższej pochłaniałyby one dużą część biogenów, tym samym poprawiając czystość wody, a jednocześnie ograniczając skalę rozwoju glonów. Jednak wybetonowanie ponad 60% obwodu zbiornika skutecznie uniemożliwiło rozwój roślinności litoralowej, a zwłaszcza szuwarowej.

Zimowe badania fitoplanktonu wykazały zdecydowaną dominację okrzemek (50% wszystkich gatunków) i zielenic (38% gatunków). Wśród okrzemek dominował gatunek *Stephanodiscus hantzschii* co należy traktować jako wskaźnik znacznego użyźnienia wód zbiornika ponieważ gatunek ten preferuje dla swojego rozwoju wody silnie zeutrofizowane, a niekiedy znacznie zanieczyszczone.

Badanie skorupiaków planktonowych wykazały, że liczba gatunków jak i liczebność osobników w okresie zimowym w niewielkim stopniu odbiegała od wyników uzyskanych w zbiorniku w kwietniu 2006 r. i 2008 r. O ile niska liczebność i bardzo ubogie zróżnicowanie gatunkowe w okresie zimowym może nie budzić zdziwienia, to niewielka ich ilość w okresie wiosennym może świadczyć o złych warunkach środowiskowych akwenu. Długie nici komórek glonów planktonowych mogą uniemożliwić zooplanktonowi skorupiakowemu odżywianie się, a występujące w fitoplanktonie Cyanophyta mogą mieć dla zwierząt znaczenie toksyczne.

Próba bilansu osadów dennych sporządzona została w oparciu o fragmentaryczne dane. W przyszłości należałoby dokonać dokładnego rozpoznania jakościowo – ilościowego osadów dennych z wykorzystaniem profilowania georadarowego jak również szczegółowego określenia ich cech geochemicznych w ujęciu przestrzennym i czasowym. Badania powinny być uzupełnione przez rozpoznanie osadów w strefie litoralnej (brzegowej) oraz monitoring dostawy substancji mineralnej (zawieszanej i rozpuszczonej).

Wskazane byłoby rozpoznanie dynamicznej cyrkulacji wody (zależnej od dynamiki atmosfery), wpływającej na przebieg i zróżnicowanie tempa sedymentacji.

Analiza wyników badań szczegółowych, które należałoby przeprowadzić w ciągu 2 – 3 lat, pozwoliłaby na tle dostępnych, wieloletnich danych meteorologicznych i hydrologicznych – na sporządzenie bilansu geochemicznego osadów dennych oraz umożliwiłaby prognozę dalszej ewolucji zbiornika.

### 1.1.1.1 Podsumowanie i wnioski końcowe

Wykonywane badania monitoringowe są bardzo ważnym elementem prowadzonej przez Wydział Ochrony Środowiska Urzędu Miasta Lublin rekultywacji Zbiornika Zemborzycznego w Lublinie. Podjęte wysiłki zmierzające do poprawy stanu ekologicznego zbiornika i osiągnięcie dobrej jakości wody poprzez wyeliminowanie zakwitów sinic przynoszą pierwsze efekty.

W 2008 r. Państwowy Powiatowy Inspektor Sanitarny prowadząc badania wody w zbiorniku w okresie 02. 06. 2008 r. - 16. 08. 2008 r. na podstawie uzyskanych wyników oraz oceny organoleptycznej po raz pierwszy od wielu lat dopuścił do rekreacyjnego użytkowania cały obszar zbiornika. Woda pobierana do badania odpowiadała warunkom określonym w rozporządzeniu Ministra Zdrowia z dnia 16 października 2002 r. w sprawie wymagań jakim powinna odpowiadać woda w kąpieliskach (Dz. U. Nr 183, poz.1530).

Stan ten utrzymał się również w 2009 r. i ponownie zbiornik mógł być wykorzystywany rekreacyjnie przez cały rok.

Przeprowadzone monitoringowe badania w dużym stopniu przyczyniły się do poznania przyczyn i kierunków zmian zachodzących w strukturze ekologicznej zbiornika oraz były podstawą do wyznaczenia kierunków niezbędnych działań zmierzających do przywrócenia jego wysokich walorów przyrodniczych i sportowo rekreacyjnych.

Zaprzestanie prowadzenia dalszej rekultywacji i działań mających na celu utrzymanie osiągniętych efektów oraz dalszej poprawy stanu czystości ekologicznej może doprowadzić do powtórnej degradacji Zbiornika Zemborzyckiego i katastrofy ekologicznej.

## Bibliografia

- [1] Shapiro, J., V.La. Marra, and M. Lynch. 1975. Biomanipulation: An ecosystem approach to lake restoration. In P.L. Brezonik and J. L. Fox, eds, *Water Quality Management through Biological Control*, Gainesville, FL: Dept. of Env. Eng. Sciences, Univ. Florida, 85 – 96
- [2] Shapiro, J., B.Forsberg, V.La Marra, G.Lidmark, M. Lynch, E.Smeltzer, and G.Zoto, 1982. *Experiments and Experiences in Biomanipulation*, Interim Rept. No. 19, Limnological Research Center, Univ. Of Mennesota, Minneapolis, Minn.
- [3] Zalewski M., Frankiewicz P. 1994. Biomanipulacja jako metoda poprawy jakości wody w zbiornikach zaporowych.
- [4] Moss B., 1998, *Shallow Lakes, Biomanipulation and Eutrophication*. Scope Newsletter, 29.
- [5] Pawlik – Skowrońska B., Skowroński T., Pirszel., Adameczyk A. 2004 – Relationship between cyanobacterial bloom composition and anatoxin – a and microcystin occurrence in the eutrophic dam reservoir (SE Poland) – *Polish Journal of Ecology* 52: 479 – 490.

