

*Jacek Gurwin, Józef Kryza*

Zakład Hydrogeologii Stosowanej, Instytut Nauk Geologicznych Uniwersytetu Wrocławskiego

*Lech Poprawski*

Biuro Pełnomocnika Rządu RP ds. Programu dla Odry-2006

*Artur Skowronek*

Geoconsult Skowronek & Wrobel GbR

## ZINTEGROWANA KAMPANIA BADAWCZA DLA OKREŚLENIA EKOLOGICZNEGO STANU ZBIORNIKA RETENCYJNEGO „JEZIORO TURAWSKIE” ZGODNIE Z ZASADAMI ZRÓWNOWAŻONEGO ROZWOJU

## THE INTEGRATED RESEARCH CAMPAIGN FOR DETERMINATION OF ECOLOGICAL STATE OF THE STORAGE RESERVOIR „JEZIORO TURAWSKIE” IN ACCORDANCE TO THE RULES OF BALANCED DEVELOPMENT

**Słowa kluczowe:** Jezioro Turawskie, monitoring środowiska wodnego, ekologia zbiorników zaporowych, zanieczyszczenia.

**Streszczenie:** W artykule przedstawiono cele badawcze interdyscyplinarnego projektu dotyczącego ekologicznego stanu zbiornika retencyjnego „Jezioro Turawskie”. Z uwagi na zaawansowane procesy eutrofizacji priorytetowym celem kampanii badawczej jest określenie stanu zanieczyszczenia oraz wskazanie skutecznej metody renaturyzacji zbiornika. W ramach zadania uruchomiony został monitoring wód podziemnych i powierzchniowych oraz kampania opróbowania osadów dennych dla zebrania niezbędnych danych.

**Key words:** Turawa Lake, water environment monitoring, ecology of artificial reservoirs, pollution.

**Summary:** The basic aims of multidisciplinary Turawa Lake Project are presented in the paper. The project is focused on ecological condition of the reservoir. The Turawa Lake is undergoing rapid anthropogenic eutrophication, that's why the priority in investigations is given to assessing the pollution and to choose an effective method of remediation of the reservoir. The groundwater and surface water monitoring system has been developed and sediment sampling campaign as well to obtain sufficient data.

## WSTĘP

Biuro Pełnomocnika Rządu do Spraw „Programu dla Odry – 2006” podjęło się organizacji i koordynacji kampanii badawczej stopnia zanieczyszczenia Jeziora Turawskiego celem opracowania koncepcji i wyboru metody remediacji zbiornika.

W ramach planowanego na szeroką skalę programu pod nazwą „Stan ekologiczny zbiorników retencyjnych i wybranych jezior dorzecza Odry” turawski zbiornik retencyjny wytypowany został na projekt pilotażowy spośród 14 obiektów w zlewni Odry. Realizacja projektu możliwa jest dzięki wsparciu finansowemu Biura Programu dla Odry 2006 oraz Wojewódzkiego Funduszu Ochrony Środowiska w Opolu.

Wybór zbiornika Turawa na „poligon doświadczalny”, który posłuży wypracowaniu standardowej metodologii pomiarowo-badawczej i laboratoryjnej, wynika z bogatych informacji archiwalnych i doświadczeń zdobytych w latach osiemdziesiątych w ramach kampanii badawczej na temat oceny procesów sedymentacyjnych, przeprowadzonej przez Instytut Nauk Geologicznych Uniwersytetu Wrocławskiego na tym zbiorniku [Teisseyre A. K., 1984]. Oszacowano wtedy między innymi miąższość mułu sapropelowego, schemat sedymentacji, przyrost osadów i bilans ilościowy.

Po realizacji nowego projektu badawczego, który (w porównaniu do tego sprzed dwudziestu lat) rozwinięty będzie przede wszystkim o wszechstronne i bogate analizy chemiczne, biologiczne i toksykologiczne, badania archiwalne posłużą jako materiał porównawczy do sprecyzowania dynamiki zmian zachodzących w zbiorniku.

Głównym celem działań monitoringowo-badawczych zaplanowanych dla określenia stanu ekologicznego zbiorników retencyjnych i wybranych jezior dorzecza Odry jest opracowanie podstaw naukowych na temat długotrwałych procesów zachodzących w zbiornikach wód powierzchniowych. Badania te posłużą za podstawę w racjonalnym gospodarowaniu i utrzymaniu obiektów istniejących, jak również planowaniu funkcjonalności nowych zbiorników retencyjnych, prognozowaniu dynamiki rozwoju w czasie, ich wpływu na środowisko naturalne oraz przewidywaniu i kalkulacji przyszłych zabiegów pielęgnacyjnych gwarantujących racjonalną, długotrwałą, i zgodną z unijnymi standardami ochrony środowiska gospodarkę obiektów. Pozostałe zbiorniki dorzecza Odry planowane do włączenia w prace badawcze to: Dzierżno Duże, Kanał Gliwicki, Jezioro Nyskie i Otmuchowskie, Zbiorniki Pilchowice, Lubachów, Mietków, Jeziorsko, Zamecko, Dąbie oraz Zalew Szczeciński i Zatoka Pomorska.

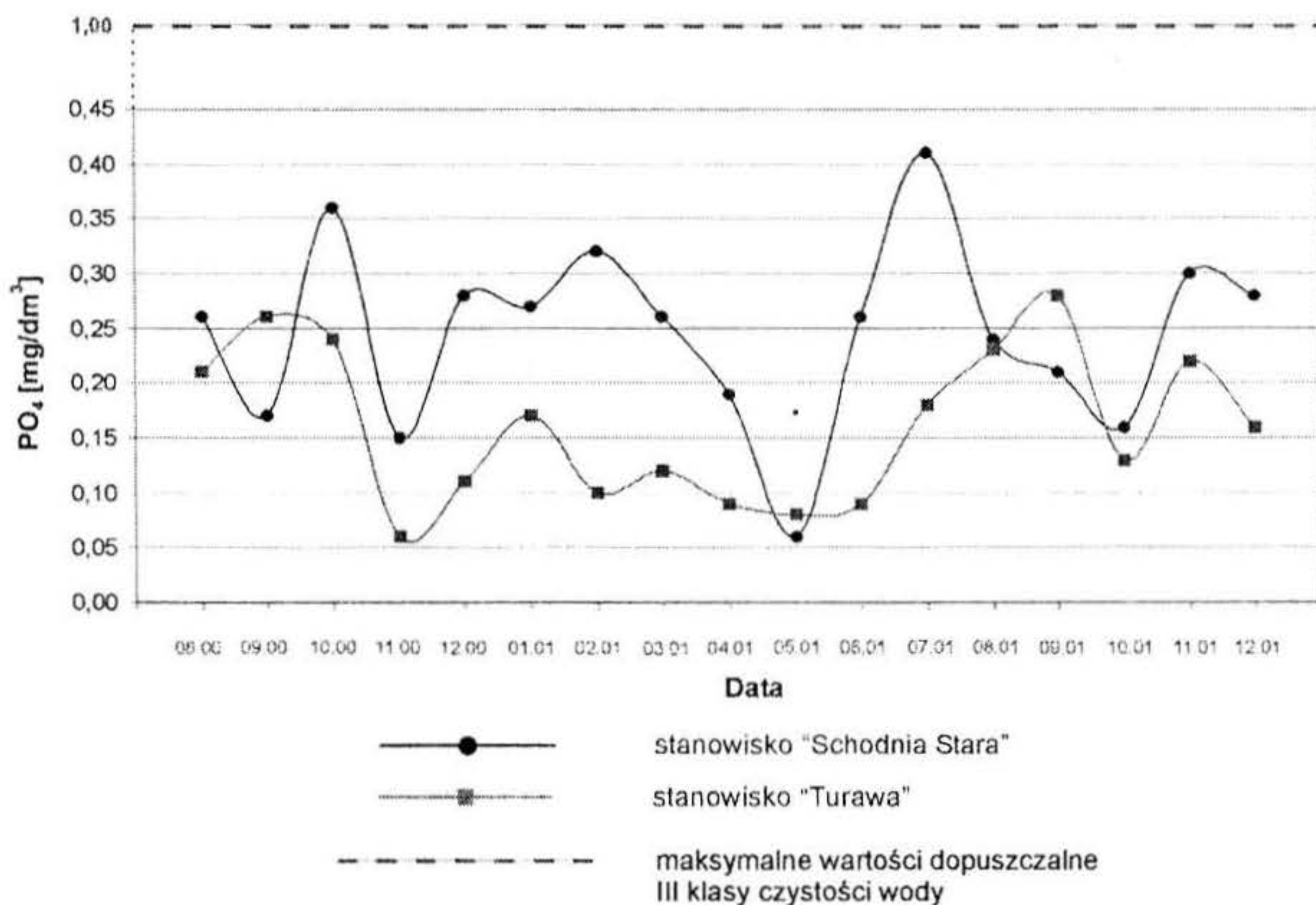
## JEZIORO TURAWSKIE – KRÓTKA CHARAKTERYSTYKA

Jezioro Turawskie jest nizinnym zbiornikiem retencyjnym na rzece Mała Panew, którego powierzchnia wynosi ponad 2000 ha, a maksymalna pojemność retencji 106 mln m<sup>3</sup>. Średnia głębokość przy maksymalnym spiętrzeniu wody wynosi około 4-5 m. Zlewnia Małej Panwi leży na obszarach Wyżyny Śląskiej i Równiny Opolskiej, średni przepływ wody w środkowym biegu rzeki wynosi ok. 10 m<sup>3</sup>/s.

Potencjalnymi źródłami zanieczyszczeń wód Małej Panwi jest działalność rolnicza, ścieki komunalne i odpady przemysłowe. Działalność przemysłowa (również historyczna) w zlewni rzeki obejmuje między innymi: eksploatację i hutnictwo srebra, cynku i ołowiu, produkcję celulozy, produkcję chemiczną (w tym barwników dla przemysłu włókienniczego i materiałów wybuchowych), hutnictwo żelaza oraz hutnictwo szkła.

Zakwity sinic w Jeziorze Turawskim notowane są corocznie w miesiącach letnich od 1998 r., czyli po „wielkiej powodzi '97“. Prawdopodobnie doszło wtedy do kumulacji na dnie zbiornika bogatego w substancje odżywcze (biogeny) materiału. Wskutek braku funkcjonującego zbiornika wstępnego spływ rzeczny miał otwartą drogę w głąb misy jeziornej, która posłużyć mogła za swoistą pułapkę sedymentacyjną rzeki Mała Panew.

Substancją biogeniczną regulującą rozwój glonów i umożliwiającą eutrofizację są przede wszystkim związki fosforu. Pomiary zawartości fosforanów w rzece Mała Panew bezpośrednio przed Jeziorem Turawskim (stanowisko Schodnia Stara) oraz za zbiornikiem (stanowisko Turawa) (rys. 1) wykazują tendencję spadku obciążenia wody fosforanami na wypływie ze zbiornika.



**Rys. 1. Zmiany zawartości fosforanów w wodach na dopływie i odpływie ze zbiornika od sierpnia 2000 r. do stycznia 2001 r. (na podstawie danych WIOŚ Opole)**

Potwierdza to funkcję naturalnej podczyszczalni rzeki Mała Panew, którą (kosztem własnej kondycji ekologicznej) spełnia Jezioro Turawskie. Dodatkową informacją

wynikającą z tego zestawienia jest fakt, że zawartości fosforanów w głównym dopływie Jeziora Turawskiego nie przekroczyły w tym czasie wartości granicznej dla III klasy czystości wód, a problemy eutrofizacji w miesiącach letnich 2000 r. były poważne, co sugerować może, że potencjalne źródło biogenów znajduje się w osadach dennych.

Obok prawdopodobnego obciążenia wód i sedymentów biogenami (eutrofizacja), istnieje obawa kontaminacji toksynami, w tym metalami ciężkimi, zwłaszcza kadmem, którego niepokojące zawartości wykazane zostały zarówno podczas rozpoznania wstępnego sedymentów zbiornika [Skowronek, 2002], jak i w osadach górnej Małej Panwi [Ciszewski, Malik, 2003; Ciszewski et al., 2004]. Jedno z najwyższych obciążeń Małej Panwi tym metalem ciężkim potwierdza również „Atlas Geochemiczny Polski” [Lis, Pasieczna, 1995]. Istnieje zatem bezwzględna konieczność szczegółowego rozpoznania stężeń i przestrzennego rozkładu całej gamy potencjalnych zanieczyszczeń w masie osadu dennego.

## ZAKRES BADAŃ

Planowany zakres prac badawczych Jeziora Turawskie obejmuje: charakterystykę przyrodniczą i zagospodarowanie przestrzenne obszarów zasilania, rekonstrukcję warunków geologicznych, charakterystykę biomasy, odtworzenie cyklu obiegu wody i substancji, petrografię, geochemię i toksykologię osadów, rozpoznanie warunków geologiczno-inżynierskich dla robót hydrotechnicznych i składowania urobku oraz określenie rozwoju środowiska zbiornika.

W tym celu zaprojektowano serie monitoringu wód powierzchniowych oraz bogatą kampanię wiertniczą, obejmującą serię odwiertów hydrogeologicznych wokół zbiornika jak również siatkę otworów rozpoznawczych wewnątrz misy jeziornej. Uzyskane próbki wód powierzchniowych, wód podziemnych oraz osadów poddane zostaną wszechstronnym analizom chemicznym i toksykologicznym. Obok tradycyjnej analityki chemicznej realizowane będą w osadach dennych badania izotopowe (niepromieniotwórcze, lekkie izotopy trwałe), oraz pomiary cezu 137. W celu obserwacji dynamicznych zmian warunków hydrogeologicznych zaprojektowano i wykonano sieć piezometrów wokół zbiornika oraz zainstalowano automatyczną stację hydrogeologiczno-meteorologiczną Skye-ADAS (Automatic Data Acquisition System), rejestrującą dane z czujników rozmieszczonych w profilu glebowym, piezometrach i na dwóch wysokościach w atmosferze.

Badania strefy dennej zbiornika uzupełnione zostaną serią zdjęć georadarowych oraz pomiarami batymetrycznymi. Dodatkowo planowane są doświadczenia nad biologiczną utylizacją osadów organicznych przy zastosowaniu mikroorganizmów.

Jakościowa i ilościowa charakterystyka biomasy ma na celu określenie ogólnej kondycji biologicznej i stopnia ewentualnej degradacji biosfery. Dotyczy to analizy fitoplanktonu, makrobentosu, koncentracji chlorofilu-*a* i faeofityn, liczby bakterii *E. Coli*, *E. Coli* typu kałowego oraz sporządzenia oceny stanu ekologicznego na podstawie badań fitoplanktonu i makrobentosu uzupełnionego pozostałymi parametrami biologicznymi.

Do najważniejszych zadań projektu należy rozpoznanie cyklu obiegu wody i dróg migracji substancji w niej rozpuszczonych. Odtworzenie dróg zasilania i drenażu wód zbiornika nastąpi w oparciu o symulację na numerycznym modelu filtracji (MODFLOW). Model pozwoli ustalić wpływ zbiornika na układ hydrodynamiczny systemu wodonośnego w jego otoczeniu. Określenie parametrów przesączania i współczynnika filtracji osadów dennych będzie podstawą obliczeń oporności filtracyjnej w dnie zbiornika, decydującej o wymianie wody z poziomem wód gruntowych. Ocena elementów bilansu wodnego zostanie przeprowadzona na regionalnym modelu filtracji. Analizowane będą zmiany w bilansie wodnym w zależności od stopnia napełnienia zbiornika. Transport substancji rozpuszczonych będzie poddany analizie na modelu transportu masy, bazującym na numerycznym modelu filtracji, uwzględniając adwekcyjno-dyfuzyjny schemat obliczeniowy.

Innym istotnym celem planowanej kampanii badawczej jest określenie ilości naniesionego materiału terygenicznego (sedymentu) przez dopływy powierzchniowe w ostatnich dwudziestu latach. Ponadto konieczne jest zbadanie dynamiki zmian morfologicznych dna zbiornika, zbilansowanie poszczególnych typów sedymentu (osadów piaszczystych i mułu sapropelowego) oraz zbilansowanie i ustalenie rozkładu przestrzennego zanieczyszczonych partii osadu dennego, będących potencjalnym źródłem biogenów lub substancji toksycznych. W tym celu planowane jest zastosowanie nowoczesnego oprogramowania komputerowego z branży geologiczno-górnictwa (SURPAC), gwarantującego wysoką precyzję obliczeniową. Trafne wymodelowanie przestrzenne osadów (w tym ustalenie rozkładu przestrzennego obciążonych partii materiału) współdecydować będzie o zbilansowaniu substancji biogenych i toksycznych, a tym samym wpłynie znacząco na wybór technologii remediacji Jeziora Turawskiego.

## REALIZACJA PROJEKTU

Prace badawcze na zbiorniku Turawa rozpoczęte zostały jesienią ubiegłego roku przy współpracy następujących instytucji: (1) Akademia Rolnicza w Szczecinie, Katedra Toksykologii, (2) Geoconsult Skowronek & Wrobel GbR, Niemcy, (3) Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej, Zakład Badania Jakości Zasobów Wodnych, (4) ITC – International Institute for Aerospace Survey and Earth Science, Holandia, (5) Państwowa Wyższa Szkoła Zawodowa w Legnicy, (6) Politechnika Gdańska, Wydział Chemiczny, (7) Uniwersytet Opolski, Instytut Chemii i Katedra Biologii Molekularnej i Eksperymentalnej (8) Uniwersytet Wrocławski, Instytut Nauk Geologicznych (9), Zakład Usług Geologicznych „GRUNT” s.c. Opole, (10) Wojewódzki Inspektorat Ochrony Środowiska w Opolu.

Do tej pory wykonano jedną kampanię opróbowania wód powierzchniowych i gruntowych, serię odwiertów i instalację piezometrów wokół zbiornika oraz część odwiertów w jego czaszy. Przeprowadzono również testy badań georadarowych, wstępne rozpoznanie batymetryczne i badania stabilności dna zbiornika w celu wyboru techniki wiertniczej, a także pierwsze analizy biomasy. W odległości około 2 km od Jeziora Turawskiego, jak już wspomniano, uruchomiono automatyczną stację

pomiarową ADAS. Na podstawie materiałów archiwalnych przeprowadzono uproszczone modelowanie przestrzenne osadów dennych, którego wyniki posłużą później za materiał porównawczy w obliczaniu dynamiki wypełnienia misy jeziornej materiałem terygenicznym. Równolegle do wyszczególnionych powyżej zadań przeprowadzono różnorodne badania laboratoryjne i testy toksykologiczne. Zebrane materiały kartograficzne i ich cyfrowa obróbka pozwoliły zestawić numeryczną mapę zbiornika w skali 1:10 000 oraz mapę zlewni Małej Panwi w skali 1:50 000. Na tej bazie powstaną mapy tematyczne przy opracowywaniu wyników projektu. Zgromadzone dane z monitoringu jakości wód podziemnych i powierzchniowych wykorzystywane będą w ramach Państwowego Monitoringu Środowiska [GIOŚ, 2004] przez Wojewódzki Inspektorat Ochrony Środowiska w Opolu, co zainicjowało funkcjonowanie sieci monitoringu wód podziemnych wokół zbiornika Turawa. Sieć obejmuje 8 wykonanych w ramach projektu otworów piezometrycznych oraz 10 istniejących otworów lub studni adaptowanych do funkcjonowania w sieci.

## WYKORZYSTANIE WYNIKÓW PROJEKTU

Wyniki projektu, czyli stwierdzenie stanu ekologicznego Jeziora Turawskiego posłuży w pierwszej kolejności jako baza informacji do opracowania metodyki i harmonogramu remediacji zbiornika oraz trwałego zabezpieczenia przed ewentualnym powtórным zachwianiem jego równowagi ekologicznej. Po ustaleniu źródeł zanieczyszczeń, zbilansowaniu masy substancji transportowanej ciekami powierzchniowymi i w wodach gruntowych oraz po określeniu potencjału remobilizacji z osadów dennych opracowany zostanie szczegółowy, optymalny dla Jeziora Turawskiego plan usunięcia lub neutralizacji substancji biogenych i szkodliwych znajdujących się w zbiorniku. Docelowym efektem musi być skuteczne i trwałe ograniczenie ich powtórnego dopływu z zewnątrz.

Prawdopodobnie najskuteczniejszym, ale równocześnie najdroższym i stwarzającym szereg problemów technicznych i ekologicznych zabiegiem dla redukcji biogenów i związków organicznych, byłoby wydobycie osadów dennych i ich zdeponowanie oraz trwałe zabezpieczenie na powierzchni.

Do zabiegów remediacji bez usunięcia obciążonych sedymentów poza zbiornik (tak zwanych zabiegów *in situ*) należą dla przykładu:

- napowietrzanie wód przydennych,
- chemiczne wytrącenie i „zablokowanie” związków fosforu substancjami chemicznymi (tlenkiem glinu, tlenkiem żelaza lub węglanem wapnia) czy też
- biomanipulacja przy użyciu szczepów mikroorganizmów.

W ramach zabiegów ograniczających transport biogenów ciekami powierzchniowymi zaprojektowane mogą zostać w pierwszej fazie rozwiązania doraźne, poprzedzające trwałe i kompleksowe zmniejszenie poziomu zrzutów punktowych lub liniowych w zlewni Jeziora Turawskiego. Zabiegi takie, zrealizowane krótkoterminowo przed finalną rozbudową instalacji kanalizacyjnej, polegać mogą na stosunkowo prostych inwestycjach hydrotechnicznych prowadzących do naturalnej redukcji ładunku biogenów poprzez roślinność wodną (zasada hydrobotanicznej

oczyszczalni ścieków, ekoton mokradeł). Taką inwestycją może być przebudowa zbiornika wstępnego na ujściu rzeki Mała Panew (w ramach i tak nieodzownych prac remontowych na tym obiekcie) oraz odpowiednie wyprofilowanie ujścia rzeki Libawy. Dalszym rozwiązaniem dla zanieczyszczonych, ale stosunkowo niewielkich cieków powierzchniowych może być zainstalowanie tymczasowo działających stacji uzdatniania wody. Projekt zmierza ku wypracowaniu standardowej, optymalnej metodologii badawczo-monitoringowej i podstaw naukowych dla rozpoznania stopnia zanieczyszczenia i stanu technicznego innych zbiorników wodnych w zlewni Odry, które planowane są w dalszym etapie programu pn. „Stan ekologiczny zbiorników retencyjnych i wybranych jezior dorzecza Odry“.

Wprowadzone niedawno w życie nowe prawodawstwo z zakresu gospodarki wodnej i polityki ekologicznej Państwa obliguje do diametralnych zmian również w polityce zasobami wodnymi.

Nowe regulacje prawne takie jak „Prawo ochrony środowiska“, „Prawo wodne“, „Ustawa o odpadach“, „Rozporządzenie Ministra Środowiska w sprawie standardów jakości gleby oraz standardów jakości ziemi“ czy też „Rozporządzenie Ministra Środowiska w sprawie rodzajów stężeń substancji, które powodują, że urobek jest zanieczyszczony“ nie tylko zaostrzają wiele fizyko-chemicznych parametrów granicznych, ale również definiują zupełnie nowe obowiązki (i prawa) użytkowników wód.

Zgodnie z polityką Unii Europejskiej gospodarowanie zasobami wodnymi musi spełniać wymogi zasad „równoważonego rozwoju“ (Sustainable Development), które w myśl „Agendy 21“ przyjęte zostały przez kraje członkowskie za najważniejszy element polityki rozwoju społeczno-gospodarczego początku XXI wieku.

## LITERATURA

- CISZEWSKI D., MALIK I., 2003: Zapis XX-wiecznej historii zanieczyszczenia rzeki Małej Panwi metalami ciężkimi w jej osadach. *Przegląd Geologiczny*, 51 (2), Warszawa.
- CISZEWSKI D., MALIK I., WARDAS M., 2004: Uwarunkowania geomorfologiczne migracji metali ciężkich w osadach fluwialnych: dolina Małej Panwi. *Przegląd Geologiczny*, 52 (2), Warszawa.
- GIOŚ, 2004: Państwowy Monitoring Środowiska, <http://www.gios.gov.pl/index7.php>.
- KRYZA J., POPRAWSKI L., SKOWRONEK A., 2003: Badania stanu ekologicznego wybranych zbiorników wód stojących dorzecza Odry. *Problemy ochrony zasobów wodnych w dorzeczu Odry*. Duszniki Zdr., maj 2003, Wyd. RZGW Wrocław.
- LIS J., PASIECZNA A., 1995: Atlas Geochemiczny Polski. Wyd. PIG, Warszawa.
- SKOWRONEK A., 2002: Projekt zintegrowanych prac pomiarowo-badawczych dla określenia obciążenia zbiornika wodnego zanieczyszczonymi osadami dennymi (na przykładzie zbiornika Turawa). *Problemy ochrony zasobów wodnych w dorzeczu Odry – 2002*, Szklarska Poręba, maj 2002, Wyd. RZGW Wrocław.
- TEISSEYRE A. K., 1984: Osady dennie Jeziora Turawskiego w świetle badań geologicznych. *Geologia Sudetica*, 18 (1), Wrocław.