

Sposób analizy stanu wód w śląskich jeziorach

Identyfikacja przyczyn złego stanu wód zbiorników wymaga szczegółowego sprawdzenia stanu środowiska, sposobu zagospodarowania zlewni oraz rozpoznania i oceny presji oddziałujących na analizowany obszar. Metodą, która porządkuje sposób postępowania przy takiej analizie, jest procedura DPSIR.

Metoda DPSIR zalecana jest przez Europejską Agencję Środowiska (EEA). Konieczność analizy presji zanieczyszczeń antropogenicznych wynika z art. 5 Ramowej Dyrektywy Wodnej (2000/60/WE). Metoda DPSIR opiera się na wyodrębnieniu pięciu elementów: Driver – czynniki sprawcze zmian środowiskowych, np. warunki społeczno-gospodarcze, demograficzne, meteorologiczne czy hydrologiczne, Pressure – presje na środowisko, generowane przez działania prowadzone w zlewni i obciążenia środowiskowe, bezpośredni skutek czynnika sprawczego, np. emisje zanieczyszczeń, State – stan środowiska, wynikający z działania czynników zarówno naturalnych, jak i antropogenicznych, Impact – skutek oddziaływania presji na środowisko i gospodarkę z uwzględnieniem stanu środowiska (efekt ekologiczny i ekonomiczny prowadzonej działalności) i Response – reakcja społeczeństwa na obserwowane zjawiska, czyli działania pozwalające na utrzymanie lub poprawienie stanu środowiska (rys. 1).

Metodę DPSIR należy traktować jako model pracy, który pomaga uzyskać kompleksowy obraz stanu środowiska. Daje ona dużą swobodę doboru narzędzi pozyskiwania i przetwarzania danych oraz dopasowania poziomu szczegółowości analiz do wymaganych potrzeb, co umożliwia prowadzenie analiz w różnych perspektywach czasowych: może to być analiza stanu środowiska, predykcja stanu środowiska wynikająca ze zmian presji czy ocena stanu środowiska na podstawie scenariuszy.

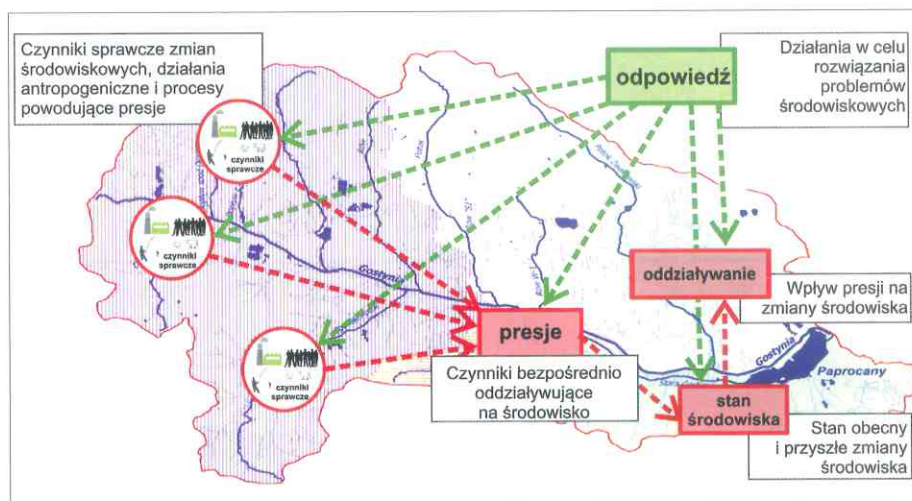
Zbiorniki wodne: Goczałkowicki, Kozłowa Góra, Paprocany, Rogoźnik (I-II) i Sosina to zbiorniki antropogeniczne. Zbiorniki Paprocany, Rogoźnik (I-II) oraz Sosina znajdują się na obszarach podlegających silnej antropopresji, związanej głównie z przemysłem wydobywczym. Pełnią one obecnie znacznie więcej funkcji niż zakładano podczas ich budowy, co powoduje, że analiza problemów wynikających z ich funkcji oraz generowanych w ich zlewniach presji wymaga specyficznego podejścia do oceny ich stanu.

Dane do analizy DPSIR zwykle pochodzą z ogólnie dostępnych źródeł zarówno aktualnych, jak i archiwalnych: Państwowego Monitoringu Środowiska, Głównego Urzędu Statystycznego, Banku Danych Lokalnych, bazy Corine Land Cover, lokalnych jednostek administracji samorządowej itd. Można je także uzyskać w trakcie wizji terenowych oraz podczas badań uzupełniających.

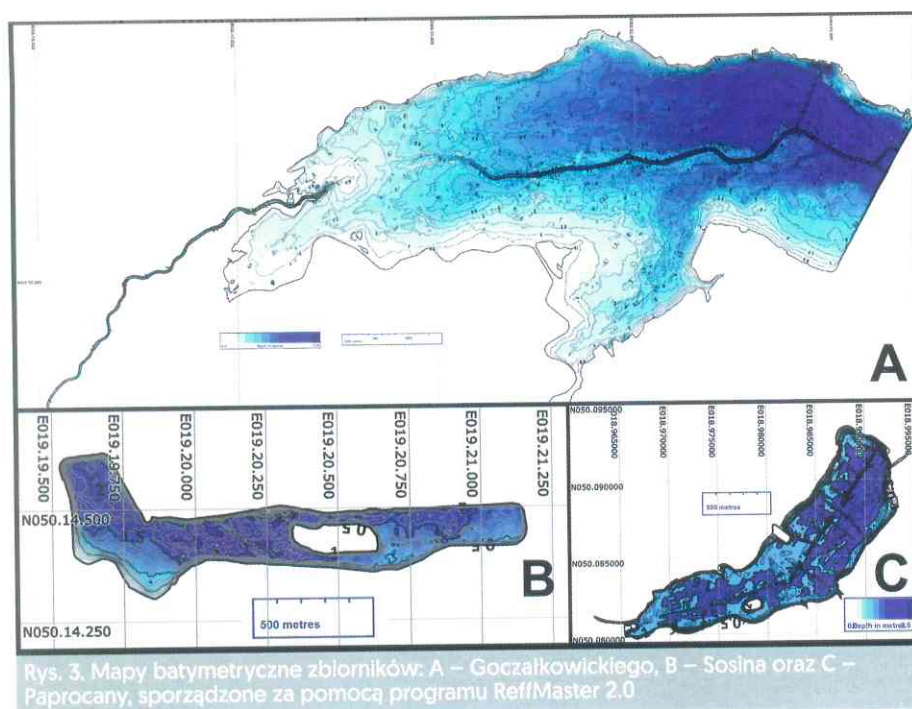
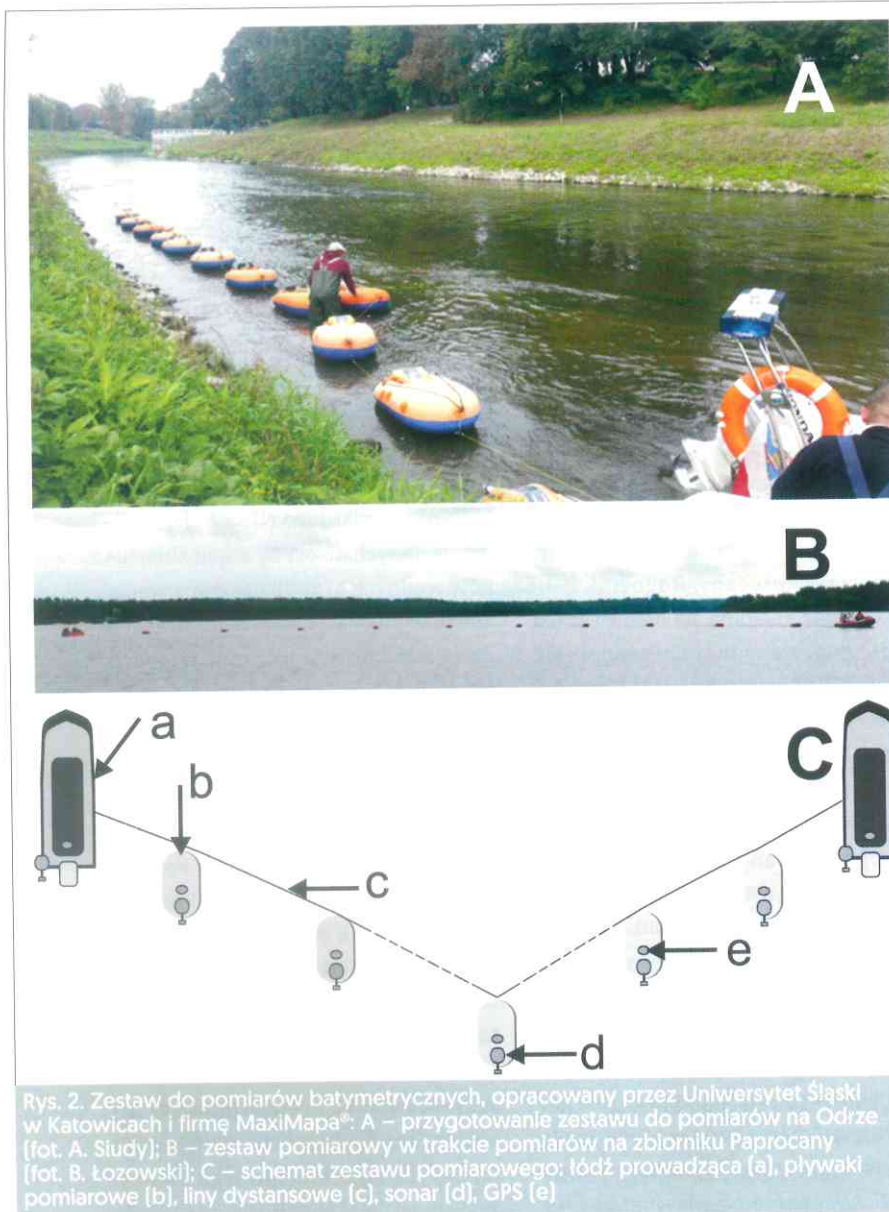
W artykule zostało przybliżonych kilka niestandardowych metod uzyskiwania danych do oceny stanu zbiorników wodnych oraz do prognozowania zmian wynikających z proponowanych działań naprawczych, modernizacji zbiorników czy zmiany użytkowania terenów zlewni. Są to pomiary sonarograficzne, wielkoobszarowe analizy fizykochemiczne, modele matematyczne ekosystemów zbiorników wodnych, dane z logowania telefonów komórkowych, badania kwestionariuszowe wędkarzy oraz osób korzystających z wypoczynku nad zbiornikiem.

Modele czaszy zbiorników wodnych

Podstawowym elementem prowadzonej analizy stanu zbiornika jest budowa numerycznego modelu jego czaszy. Taki model umożliwia wykonanie analiz numerycznych przepływów wód, zmian biotycznych i abiotycznych zachodzących w ekosystemach zbiornika wodnego.



Rys. 1. Model analizy przyczynowo-skutkowej DPSIR wg OECD z 1993 r. (obecnie zmieniony)



go, a także wyznaczenie sieci punktów pomiarowych do fizykochemicznych badań wielkoobszarowych. Pomiarów sonarograficznych (batymetrycznych) do oceny głębokości wykonano przy użyciu systemu pomiaru akwenów, opracowanego przez Uniwersytet Śląski w Katowicach i firmę MaxiMapa (rys. 2).

Mapowanie dna za pomocą zestawów Lowrance HDS-5X Gen2, z szybkością do 100 ha h⁻¹, pozwala na prowadzenie pomiarów w zbiornikach o małej głębokości oraz na uzyskanie informacji o twardości dna i rozmieszczeniu roślinności zanurzonej. Na rys. 3 przedstawiono sporządzone tą metodą mapy batymetryczne zbiorników Goczałkowickiego, Sosina oraz Paprocany.

Modelowanie matematyczne zbiorników wodnych

Wykorzystanie modeli matematycznych w procesie zarządzania zasobami wodnymi umożliwia weryfikację skuteczności planowanych działań. Zaletą stosowania modeli matematycznych ekosystemów jest możliwość uzupełnienia informacji pochodzących z monitoringu środowiska przez symulację dynamiki zmian jakości wody, przepływu wód, biomasy zoo- i fitoplanktonu w ekosystemach wodnych, interakcji pomiędzy organizmami (począwszy od bakterii, przez organizmy planktonowe, bentosowe i roślinność zanurzoną, aż po ryby), warunków meteorologicznych i działalności mogącej oddziaływać na środowisko, o informacje na temat zależności (relacji) pomiędzy tymi elementami.

Informacje te są niezbędne do oceny lub prognozy wpływu poszczególnych presji na zasoby wodne (w tym planowanych inwestycji) lub do planowania odpowiednich działań w przypadku wystąpienia niepożądanego stanu środowiska (ocena skuteczności działań rekultywacyjnych).

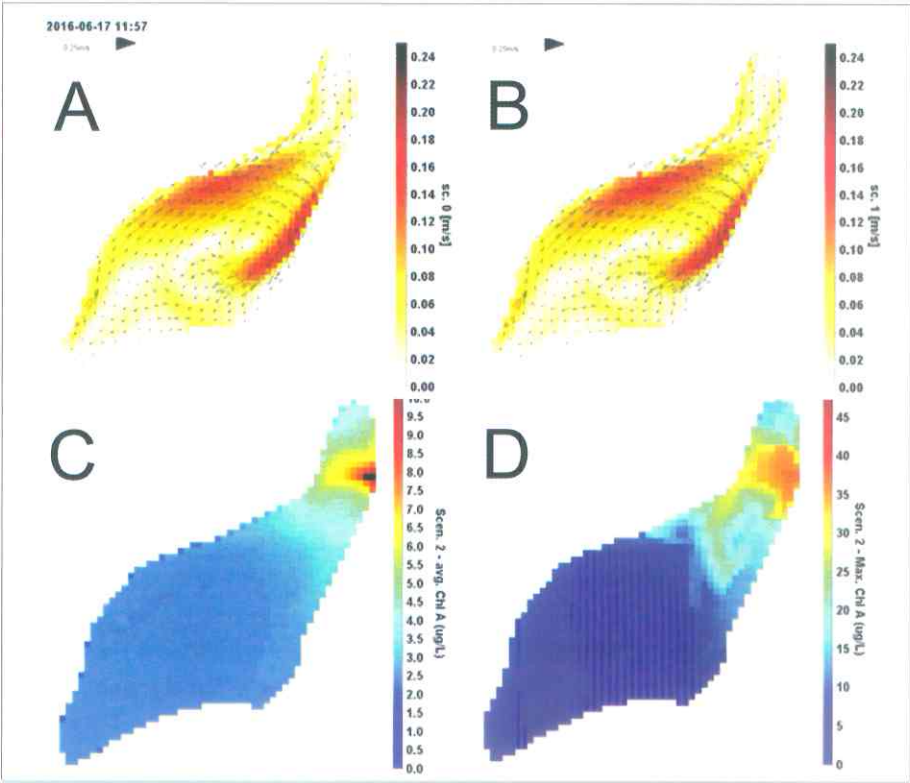
Istnieje ponad 1,5 tys. narzędzi do modelowania matematycznego, wśród których są modele jednowymiarowe stosowane do analizy procesu mieszania oraz jakości wody; modele dwuwymiarowe używane do symulacji procesów

zachodzących wzdłuż cieków lub wąskich zbiorników wodnych oraz modele trójwymiarowe 3D, w których możliwy jest wybór liczby analizowanych wymiarów zależnie od celu zastosowania aplikacji.

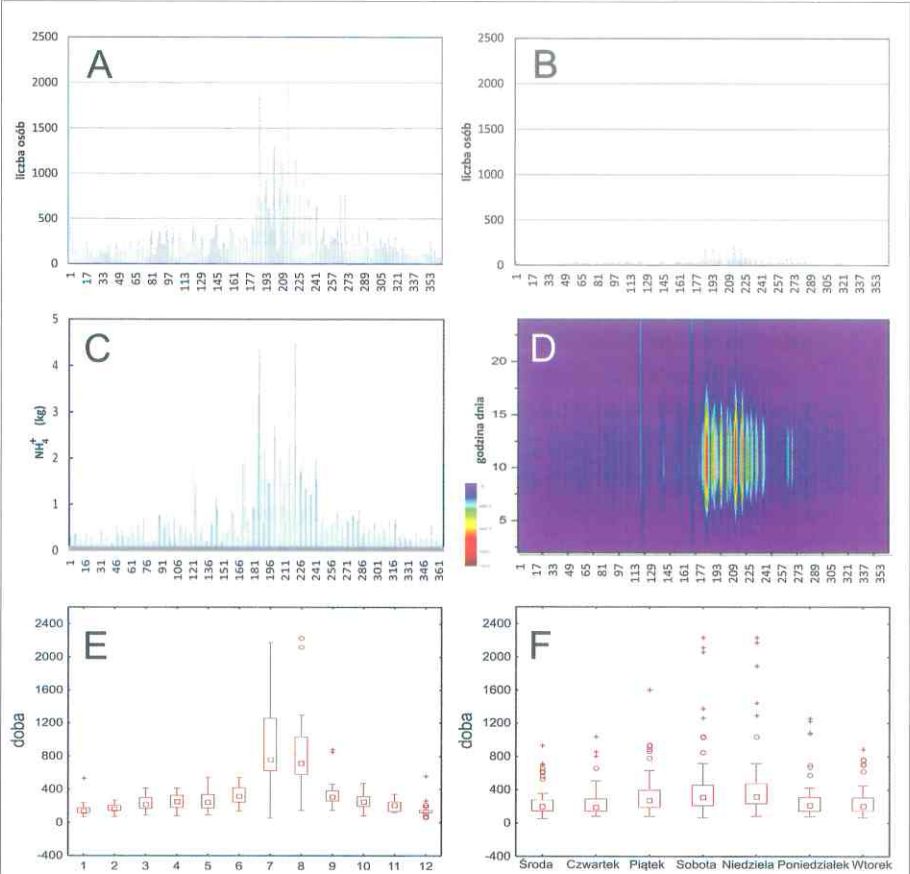
Model 3D – AEM3D pozwala na symulację przepływu wody, temperatury i gęstości (z uwzględnieniem stratyfikacji) oraz cyklu obiegu węgla, azotu, fosforu, krzemu, tlenu rozpuszczonego, a także zawiesin nieorganicznych. Pozwala też na symulację dynamiki wzrostu bakterii, fitoplanktonu, zooplanktonu, ryb, parametrów fizykochemicznych, odczynu, materii organicznej, stężenia wybranych jonów i metali. Na rys. 4 przedstawiono modele szybkości przepływu wody (rys. 4 – A i B) oraz modelowane stężenie chlorofilu A (rys. 4 – C i D) w wodach zbiornika Rogoźnik I.

Presja turystyczna

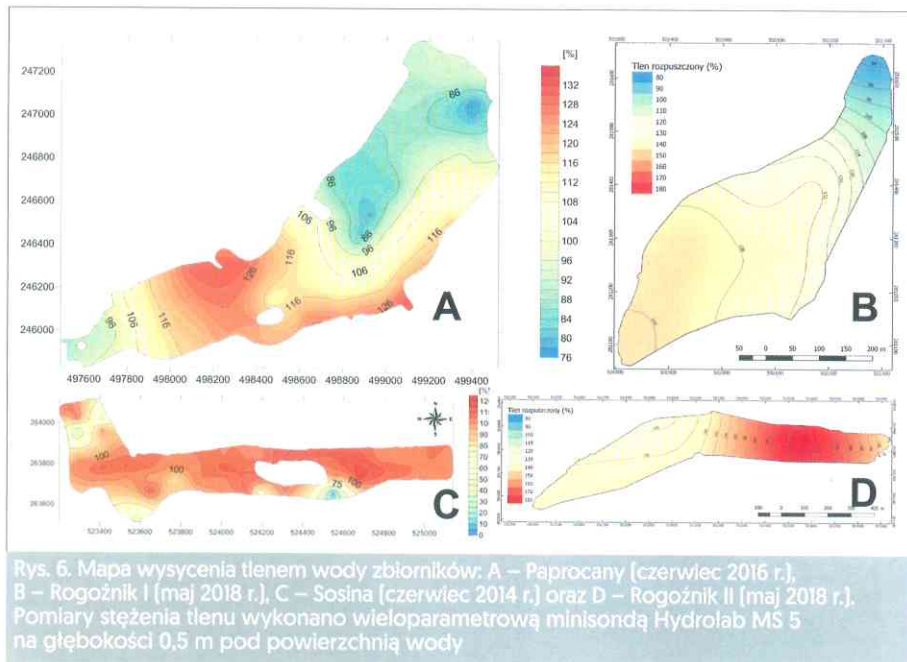
Istotny wpływ na jakość wody w akwenach na obszarach zurbanizowanych mają presje związane z turystyką i rekreacją, których oszacowanie jest bardzo trudne. W 2014 r. do określenia liczby osób przebywających wokół zbiornika Sosina wykorzystano dane ze stacji BTS (ang. base transceiver station), zlokalizowanych w jego sąsiedztwie. Liczbę osób pojawiających się w otoczeniu zbiornika przedstawiono na rys. 5. Dane te wskazują, że strefa zagospodarowana (rys. 5 – A i B) jest znacznie częściej odwiedzana i tam koncentruje się ruch osobowy, a jednocześnie ta część zbiornika poddawana jest największej presji. Uzyskane ze stacji BTS informacje pokazały, że zbiornik Sosina jest głównie miejscem jednodniowego wypoczynku weekendowego (rys. 5 – D, E), a nasilone wykorzystanie zbiornika ma miejsce w czasie „długich weekendów” i w miesiącach letnich (rys. 5 – F). W 2014 r. największą frekwencję wypoczywających nad zbiornikiem Sosina zanotowano w lipcu – wynosiła ona 2233 osoby. Obraz rozkładu dobowego pobytu osób wypoczywających nad zbiornikiem Sosina umożliwił oszacowanie ilości azotu pozostawionego w otoczeniu zbiornika. Przyjęto, że człowiek wydala średnio ok. 1,5 litra moczu na dobę. Zawiera on



Rys. 4. Średnia roczna prędkość i kierunek przepływu wody w okresie wilgotnym [A] i suchym [B] oraz średnia roczna zawartość chlorofilu w wodzie w okresie wilgotnym [C] i suchym [D]



Rys. 5. Obciążenie turystyczne zbiornika Sosina w 2014 r. Liczba osób w strefie 1 zbiornika [A], liczba osób w strefie 2 zbiornika [B], szacowana depozycja amonu na zbiorniku Sosina [C], rozkład dzienny/dobowy pobytu na zbiorniku Sosina [D], rozkład liczby odwiedzin na zbiorniku Sosina w układzie miesięcznym [E], rozkład liczby odwiedzin na zbiorniku Sosina w układzie tygodniowym [F]



9,1 mg mocznika (4,25 mg N). Można więc przyjąć, że gdyby osoby przebywające nad zbiornikiem w 2014 r. nie korzystały z toalet, to wraz z moczem wprowadziłyby do zbiornika i jego otoczenia 214 kg azotu. W okresie największego nasilenia rekreacji mogłoby to być nawet do ok. 3,5 kg mg azotu amonowego dziennie (rys. 5 – C).

Pomocne w formułowaniu działań związanych z poprawą jakości wody oraz zagospodarowaniem rekreacyjno-wypoczynkowym wokół zbiornika Sosina były wywiady kwestionariuszowe, które przeprowadzono z osobami wypoczywającymi nad zbiornikiem w 2015 r. w weekendy (5.07, 31.07, 2.08, 28.08). Dostarczyły one informacji dotyczących częstości i długości czasu pobytu, pory roku, formy rekreacji i wypoczynku, fragmentów zbiornika najbardziej atrakcyjnych dla wypoczywających, oczekiwań związanych z poprawą jakości wody i zagospodarowania otoczenia zbiornika, infrastruktury sanitarnej, rekreacyjnej i sportowej czy dodatkowych wydarzeń kulturalnych.

Analiza stanu środowiska

Analizę stanu środowiska można przeprowadzić, wykorzystując dane Państwowego Monitoringu Środowiska dla jednolitych części wód powierzchniowych. Dodatkowych danych mogą

dostarczyć pomiary parametrów fizykochemicznych w sieci pomiarowej 2D i 3D z użyciem sond wieloparametrowych. Obecnie dostępne są na rynku sondy wieloparametrowe pozwalające na pomiary m.in. odczynu, potencjału redoks, przewodności elektrolitycznej wody, zasolenia, stężenia jonów amonowych, azotanowych i chlorkowych, temperatury wody i stężenia tlenu rozpuszczonego. Oparta na tych pomiarach analiza statystyczna metodą krygingu pozwala na uzyskanie map chemicznych zbiorników wodnych. Na rys. 6 przedstawiono rozkład nasycenia wody tlenem w zbiornikach Paprocany, Rogoźnik I, Sosina oraz Rogoźnik II. Na mapach chemicznych wyraźnie widoczne są obszary hipersaturacji wody tlenem, wskazujące na wzmożoną fotosyntezę.

Presja wędkarska

Ważnym elementem utrzymania dobrego stanu środowiska wodnego są gospodarka rybacka i wędkarska. Duże zainteresowanie mieszkańców wędkowaniem powoduje, że gospodarka wędkarska stanowi istotną presję na środowisko. Analizy działalności rybackiej i wędkarskiej wykazały, że istotne presje środowiskowe stanowią: wzmożona eksploatacja łowisk, nieodpowiednia struktura zarybień, „dzikie” usuwa-

nie szuwarów i roślinności wodnej, niszczenie miejsc lęgowych ptaków oraz nieprzestrzeganie regulaminów Polskiego Związku Wędkarskiego przez wędkarzy (śmieci na stanowiskach).

W 2015 r. do oceny presji wędkarskiej na zbiorniku Sosina wykorzystano wyniki badania kwestionariuszowego przeprowadzonego wśród wędkarzy. Pozwoliły one uzyskać m.in. informacje o najczęściej wybieranych miejscach wędkowania, odławianych gatunkach ryb, a także o występowaniu i wielkości negatywnego wpływu wędkarzy na środowisko. Były również przydatne do oceny dostępności infrastruktury turystyczno-rekreacyjnej w otoczeniu zbiornika oraz do wskazania zmian w zagospodarowaniu terenu wokół zbiornika, istotnych dla tej grupy użytkowników.

Kompleksowe działanie

Przedstawione w artykule metody umożliwiają kompleksowe podejście do problemów środowiskowych. Pozytkiwanie danych o środowisku można prowadzić wieloma, mniej lub bardziej zaawansowanymi metodami badawczymi, jednak najważniejsza jest ich integracja. Jest ona trudna m.in. z powodu dużej różnorodności danych, wymagających uporządkowania przestrzenno-czasowego w postaci relacyjnych baz danych. Dopiero tak uporządkowane dane można wykorzystać do wyodrębnienia istotnych środowiskowo wskaźników stanowiących podstawę analizy DPSIR, prowadzenia analiz statystycznych, budowania modeli predykcyjnych ekosystemów czy w końcu w zarządzania środowiskiem.

dr hab. Andrzej Woźnica,
dr Bartosz Łozowski,
dr Andrzej Pasierbiński,
Andrzej Siudy,
dr inż. Marcin Libera,
dr hab. Damian Absalon

Śląskie Centrum Wody Uniwersytetu Śląskiego
 w Katowicach

Wanda Jarosz

Instytut Ekologii Terenów Uprzemysłowionych
 w Katowicach