

Agnieszka BAŃKOWSKA, Michał WASILEWICZ

Katedra Inżynierii Wodnej i Rekultywacji Środowiska SGGW

Department of Hydraulic Engineering and Environmental Recultivation WULS

Przegląd działań realizowanych w celu poprawy stanu Jeziora Zdworeskiego

Undertakings review of the ecological condition improvement in the Zdworeskie Lake

Słowa kluczowe: renaturyzacja, jezioro zdegradowane, Jezioro Zdworeskie

Key words: restoration of the lake, degraded lake, Zdworeskie lake

Wprowadzenie

Jezioro Zdworeskie jest największym naturalnym zbiornikiem wodnym w województwie mazowieckim. Położone jest w gminie Łąck, w powiecie płockim. Jezioro to ma duże znaczenie w kształtowaniu turystyki i rekreacji, a tym samym rozwoju powiatu płockiego.

W 2003 roku Kotlinę Płocką dotknęła długotrwała susza. Spowodowała ona obniżenie poziomu wody w Jeziorze Zdworeskim o 41 cm w stosunku do poziomu normalnego (do rzędnej 78,89 m n.p.m.). Objętość zbiornika zmniejszyła się o 1360 tys. m³ (Wojewódzki..., 2007), tj. o 18% w stosunku do objętości przy normalnym stanie wody. Ubytki wody spotęgowały zjawiska związane z eutrofizacją wód – wskutek masowe-

go rozwoju sinic wystąpiła konieczność zamknięcia kąpielisk i zakazu kąpieli. Latem 2003 nastąpiła w zbiorniku kłęska ekologiczna – masowe śnięcie ryb. Badania wykazały, że przyczyną zagłady ryb, głównie węgorzy, było zajęcie ich skrzel przez kolonie bakterii uniemożliwiający pobranie tlenu.

Znaczne ubytki wody stwierdzono także w innych jeziorach, leżących w gminie Łąck. Katastrofalny stan niektórych z nich, w tym Jeziora Zdworeskiego, zadecydował o podjęciu kroków, mających na celu przeciwdziałanie degradacji tych zbiorników. W 2004 roku władze województwa mazowieckiego, zainteresowane lokalne samorządy oraz liczne instytucje zawarły porozumienie w sprawie renaturyzacji jezior w gminie Łąck, którego celem będzie przywrócenie utraconej retencji wodnej, poprawa jakości wód, właściwe zagospodarowanie przestrzeni wokół jezior. Zlecenie przeprowadzenia renaturyzacji zbiorników otrzymał Wojewódzki Zarząd Melioracji i Urządzeń Wodnych, Oddział

w Płocku. W ramach porozumienia podjęto badania nad wyjaśnieniem przyczyn znacznych ubytków wody w Jeziorze Zdrowskim oraz procesów składających się na jego eutrofizację, jak również właściwe prace renaturyzacyjne. Charakterystyka tych działań jest przedmiotem niniejszej pracy.

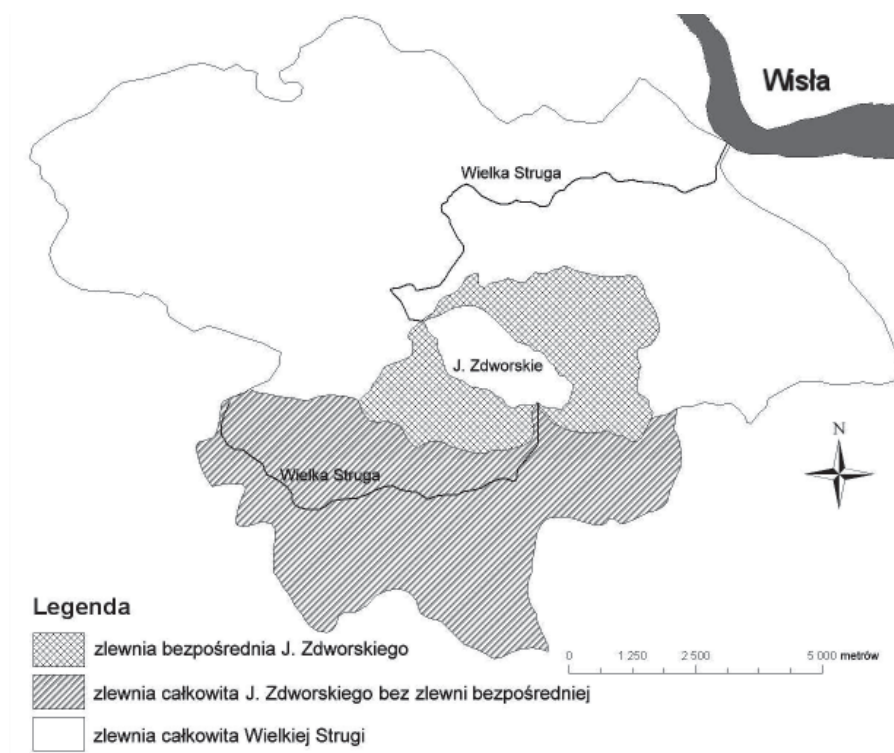
Charakterystyka Jeziora Zdrowskiego i przyczyny jego degradacji

Według regionalizacji Kondrackiego (2002), Jezioro Zdrowskie znajduje się na pograniczu dwóch mezoregio-

nów – Równiny Kutnowskiej i Kotliny Warszawskiej, które są częścią Niziny Środkowomazowieckiej. Jezioro i większa część zlewni bezpośredniej objęte są prawną formą ochrony w ramach Gostynińsko-Gąbińskiego Obszaru Chronionego Krajobrazu. Według podziału administracyjnego, jezioro znajduje się w gminie Łąck, w powiecie płockim.

Zlewnia całkowita jeziora jest równa 47,1 km², natomiast zlewnia bezpośrednia zajmuje powierzchnię 20 km² (rys. 1).

Jest to jezioro przepływowe, przez które przepływa ciek Wielka Struga. Lokalizacja ujścia i odpływu – niemal na przeciwległych brzegach, wzdłuż dłuższej osi jeziora – zapewniają rów-



RYSUNEK 1. Zlewnia Jeziora Zdrowskiego
FIGURE 1. The Zdrowskie Lake drainage basin

nomierną wymianę wody. Jezioro jest dodatkowo okresowo zasilane od strony północno-wschodniej przez trzy ciekiby bez nazwy.

Powierzchnia akwenu wynosi 342,9 ha przy ustalonej w 2005 roku linii brzegowej, a objętość około 7326 tys. m³. Średnia głębokość jeziora to 2,13 m, a maksymalna 4,55 m (parametry morfometryczne określone przy rzędnej lustra wody 79,20 m n.p.m.). Długość linii brzegowej wynosi 9970 m, a wskaźnik jej rozwinięcia 1,47 (Wojewódzki..., 2007). Jezioro pod względem genezy zaliczane jest do grupy jezior glacialnych rynnowych. Zbiornik według klasyfikacji rybackiej zaliczono do typu leszczowego.

Z uwagi na małą głębokość Jezioro Zdwońskie posiada dużą podatność na degradację (III kategoria podatności według Systemu Oceny Jakości Jezior). Mała głębokość warunkuje polimiktyczny charakter zbiornika, sprzyjający szybkiej eutrofizacji wód. Utrata znacznej części retencji wodnej w 2003 roku znacznie pogorszyła warunki środowiskowe panujące w jeziorze i uczyniła je jeszcze bardziej wrażliwym na oddziaływanie zewnętrzne.

Badania nad przyczynami znacznego obniżenia poziomu wody w zbiorniku wykazały, że jego główny dopływ – Wielka Struga, uchodząca do jeziora w południowo-zachodniej części, prowadziła wodę jedynie wiosną, a latem w rejonie ujścia przepływał w cieku zanikał. Dokumentacja geologiczna wykonana dla doliny Wielkiej Strugi wyjaśniła podłoże tego zjawiska. W dolinie cieku w rejonie przyjeziornym stwierdzono specyficzną budowę geologiczną: przypowierzchniowe piaski wodonośne

(posiadające więź hydrauliczną z jeziorem), odizolowane są od „suchych” w stropie piasków głębszego, podglinowego poziomu wodonośnego jedynie cienką i nieciągłą warstwą glin piaszczystych oraz namulów jeziornych. W takich warunkach wody Wielkiej Strugi odprowadzane są do głębszego poziomu wodonośnego, nieposiadającego kontaktu hydraulicznego z jeziorem. Badania geologiczne w rejonie ujściowym cieku wykazały także wyższy poziom wody w jeziorze w stosunku do poziomu wody w piaskach przyjeziornych, co oznacza, że wody ze zbiornika infiltrują w osady przyjeziorne. Jest to obszar gęstej zabudowy rekreacyjnej wsi Zofiówka, a przyczyną odprowadzania wody w tym kierunku może być, poza specyficzną budową geologiczną, także zagospodarowanie i użytkowanie tego terenu, jak osuszanie gruntów wokół budynków, wykopy studzienne, szamba (Dokumentacja..., 2006).

Badania jakości wód Jeziora Zdwońskiego wykonane przez WIOŚ Płock w latach 2004–2005 wskazywały na pozaklasowy charakter tego zbiornika (wg Systemu Oceny Jakości Jezior; tab. 1). W toni wodnej stwierdzono dużą koncentrację związków azotu, bardzo duże nagromadzenie materii organicznej i nieorganicznej. Obserwowano niezwykle wysoką produktywność jeziora, objawiającą się silnym rozwojem fitoplanktonu i bardzo małą przezroczystością wód. W fitoplanktonie jeziora latem i jesienią dominowały sinice, a przezroczystość wody latem nie przekraczała 0,5 m. W jeziorze panowały bardzo dobre warunki tlenowe, a koncentracje fosforu były nieznaczne. Nie obserwowano wyraźnego zróżnicowania przestrzennego

TABELA 1. Wybrane wskaźniki jakości wód Jeziora Zdrowskiego (Ocena jakości..., 2004, 2005)
TABLE 1. The chosen indices of water quality in Zdrowskie Lake

Wskaźniki (wartości maksymalne) Indices (maximum values)	Warstwa powierzchniowa wiosną Surface layer in spring	Warstwa powierzchniowa latem Surface layer in summer
Fosforany [mg P·l ⁻¹] Phosphates	0,020	–
Fosfor całkowity [mg P·l ⁻¹] Total phosphorus	0,049	0,090
Azot mineralny [mg N·l ⁻¹] Mineral nitrogen	1,31	–
Azot całkowity [mg N·l ⁻¹] Total nitrogen	2,92	2,90
Przewodność elektrolityczna właściwa [μS·cm ⁻¹] Electrolytic conductivity	472	–
Chlorofil „a” [mg·m ⁻³] Chlorophyll „a”	22,4	74,8
ChZT [mg O ₂ ·l ⁻¹] COD	–	80,4
BZT ₅ [mg O ₂ ·l ⁻¹] BOD ₅	–	9,0
Widzialność krążka Secchiego [m] (wartość minimalna) Secchi disc transparency (minimum value)	0,7	0,4

jakości wód w jeziorze, okresowo notowano jednak nieco gorsze parametry jakościowe zbiornika w rejonie głównego dopływu – Wielkiej Strugi oraz w południowo-wschodniej części jeziora (Ocena jakości..., 2004, 2005).

Badania hydrobiologicznego stanu wód jeziora, wykonane przez WIOŚ Płock, wykazały, że jedną z przyczyn utrzymywania się dużej koncentracji sestonu jest mała liczebność zooplanktonu, w tym filtratorów zawiesziny takich jak wioślarki. Organizmy te w procesie pobierania pokarmu przesączają przez układ pokarmowy wodę, odfiltrowując z niej zawiesinę, przez co odgrywają istotną rolę w przetwarzaniu sestonu

– przy dużym zagęszczeniu wioślarki mogą przefiltrować objętość epilimnionu w ciągu doby (Kajak 1998). Filtratory mogą także utrzymywać liczebność sinic na niskim poziomie, nawet przy zaawansowanej trofii wód (Kajak 1998). Badania planktonu Jeziora Zdrowskiego wykazały bardzo małą liczebność wioślarek (stanowiących 3–10% liczebności zooplanktonu) przy zdecydowanej dominacji wrotków (87–96%) – Ocena..., (2004, 2005). Taka struktura zooplanktonu jest typowa dla jezior o zaawansowanej eutrofii (Kajak 1998) i sprzyja utrzymywaniu się w toni wodnej dużej ilości zawiesziny.

Jedną z przyczyn dużej koncentracji zawiesiny w jeziorze jest ogromna ilość zgromadzonych osadów i ich charakter. Sedymenty składają się głównie z gytii oraz półpłynnego maceratu torfowego i roślinnego. Ich miąższość sięga nawet 11,5 m (Wyniki..., 2006). Badania wykazały także silne uwodnienie osadów oraz ich nieznaczną konsolidację. Ze względu na małą głębokość zbiornika osady denne są łatwo podrywane i unoszą się w toni wodnej. Największy stopień uwodnienia osadów obserwuje się w północno-zachodniej części zbiornika. Ponadto osady zawierają ogromne ilości materii organicznej (40–50%), co sugeruje istnienie dużego obciążenia jeziora materią organiczną pochodzącą ze zlewni lub/i małą efektywność mineralizacji materii. Stwierdzono także małą pojemność sorpcyjną osadów względem fosforu, dalece niewystarczającą dla efektywnej dezaktywacji tego pierwiastka w sedymentach. Odnotowano wyraźne zróżnicowanie jakości osadów – ich najgorsze parametry jakościowe obserwuje się m.in. w rejonie ujścia Wielkiej Strugi, a najmniejszą pojemność sorpcyjną w stosunku do fosforu w głębozku oraz strefie ujścia głównego dopływu (Wyniki..., 2006).

Badania jakości wód Wielkiej Strugi wykazały znaczne obciążenie tego cieku nutrietami oraz materią organiczną – całkowita koncentracja azotu sięgała 11,27 mg N·l⁻¹, a wskaźnik ChZT oznaczany metodą dwuchromianową – 34,9 O₂·l⁻¹ (Ocena..., 2004, 2005). Informacje o niekorzystnych parametrach jakościowych dopływu potwierdzają także wyniki badań prowadzonych zimą 2007/2008 roku rzez Katedrę Inżynierii Wodnej i Rekultywacji Środowiska SGGW w ramach mo-

nitoringu zasilania Jeziora Zdrowskiego (maksymalna koncentracja azotanów w Wielkiej Strudze w rejonie ujścia do jeziora wynosiła 50,93 mg NO₃·l⁻¹, a azotu ogólnego 12,68 mg N·l⁻¹; wartości wskaźnika ChZT oznaczanego metodą dwuchromianową sięgały 31 mg O₂·l⁻¹).

Ładunki materii organicznej i związków biogenych wprowadzane z wodami tego cieku istotnie oddziałują na stan jeziora, co objawia się gorszymi parametrami jakościowymi wód i osadów zbiornika w rejonie dopływu.

Renaturyzacja Jeziora Zdrowskiego

W ramach renaturyzacji Jeziora Zdrowskiego podjęto dotychczas działania, mające na celu zapobieganie obniżaniu się poziomu wody w jeziorze oraz poprawę jakości wód zbiornika.

Prace związane z podnoszeniem stanu wody w jeziorze objęły zahamowanie odpływu, odbudowę zasilania wodami Wielkiej Strugi oraz sztuczne zasilanie wodą z Kanału Dobrzykowskiego.

Obliczono, że straty na parowanie z powierzchni jeziora są większe niż opad w okresie od maja do września. Dla zbilansowania strat, wynikających z parowania w tym okresie, niezbędny jest dodatkowy dopływ wody w ilości 23–60 l·s⁻¹ (Koncepcja..., 2005).

W 2005 roku na cieku Wielka Struga poniżej jeziora wybudowano stały próg przelewowy w celu ograniczenia odpływu wód ze zbiornika i ustabilizowaniu zwierciadła wody na rzędnej 79,3 m n.p.m. (rys. 2).



RYSUNKI 2. Lokalizacja działań renaturyzacyjnych prowadzonych na Jeziorze Zdworskim
 FIGURE 2. The location of the restoration work conducted in Zdworskie Lake

W 2005 roku rozpoczęto sztuczne zasilanie jeziora wodą ze zbiornika wyrównawczego pompowni Dobrzyków za pośrednictwem Kanału Dobrzykowskiego i rurociągu łączącego jezioro z kanałem. Pierwotnie rurociąg ten zasilał Jezioro Ciechomickie w celu odbudowy jego zasobów wodnych. Obecnie jest on wykorzystywany także na potrzeby zasilania Jeziora Zdworskiego. Rurociąg wprowadza wodę do jeziora w jego północno-zachodniej części w ilości około $45 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$ (około $1,5 \text{ mln m}^3\cdot\text{rok}^{-1}$). Obliczono, że przy takiej ilości pompowanej wody czas podwyższenia poziomu wody w Jeziorze Zdworskim o 40 cm wyniesie około 800 dni, a więc ponad 2 lata (przy założeniu występowania opadu o 100 mm niższego niż średni z wielo-

lecia i uwzględnieniu strat na parowanie oraz strat na wsiąkanie w skarpy i podwyższeniu poziomu wód gruntowych) – Glinka i inni (1994).

Po wybudowaniu progu przelewowego oraz sztucznego zasilania w 2005 roku poziom wody w jeziorze ustalił się na rzędnej 79,5 m n.p.m., a więc 20 cm powyżej poziomu normalnego. Latem 2006 roku poziom wody w zbiorniku obniżył się do rzędnej 79,3 m n.p.m., odpowiadającej poziomowi normalnemu. W 2007 roku woda utrzymywała się na poziomie normalnym, poza przełomem lata i jesieni, kiedy to zanotowano obniżenie stanu wody mniej więcej o 12 cm (Wojewódzki..., 2007).

W celu doprowadzenia wód Wielkiej Strugi do jeziora od 2005 roku prowa-

dzono w korycie roboty konserwacyjne związane z jej udrożnieniem. Zimą 2006/2007 roku uszczelniono koryto ciek w rejonie ujścia do akwenu, dzięki czemu zapewniono całoroczny dopływ wód do jeziora. Prace uszczelniające z zastosowaniem maty bentonitowej zrealizowano na odcinku ujściowym długości około 900 m (Wojewódzki..., 2007). W ten sposób wyeliminowano zanikanie przepływu w Wielkiej Strudze – głównego źródła zasilania jeziora.

W 2007 roku w rejonie progę przelewowego, wzdłuż drogi Łąck – Wincentów, wybudowano przesłonę przeciwfiltracyjną, dodatkowo zapobiegającą odpływowi wód z akwenu.

Zła jakość wód Jeziora Zdworskiego objawia się przede wszystkim zakwitami wód, wysoką koncentracją sestonu, małą przezroczystością wody. Są to zjawiska znacznie ograniczające możliwości rekreacyjnego użytkowania akwenu. Dlatego też dotychczasowe działania z zakresu poprawy jakości wody w jeziorze skoncentrowano na przeciwdziałaniu tym objawom eutrofizacji. Podstawą wyznaczenia kierunków działań było stwierdzenie dopływu do jeziora dużych ładunków zanieczyszczeń wraz w wodami Wielkiej Strugi i silnego uwodnienia osadu dennego, przy jednoczesnej niewielkiej liczbie filtratorów zawiesziny.

W związku z dużym obciążeniem Wielkiej Strugi materią organiczną i nutrietami pierwsze działania ochronne ukierunkowano na zahamowanie dopływu do zbiornika zanieczyszczeń wprowadzanych z wodami tego ciek. W tym celu na jeziorze w rejonie ujścia Wielkiej Strugi założono w 2007 roku tzw. fitobarierę. Tworzy ją kilkaset rozet, z których każda składa się z kilkunastu

plastikowych elementów w formie ażurowych rur, połączonych w okrąg umocniony przewodem odbojowym. Rozety tworzą zakotwiczoną i jednocześnie pływającą barierę długości około 600 m. W każdej rozecie w ażurowych elementach na podłożu keramzytowym nasadzono kępy makrofitów, głównie pałki (Jędryka i Maciejewski 2007).

Korzenie i kłącza makrofitów pełnić mają funkcję biofiltra, pochłaniającego z wody związki biogenne. Bardzo istotną funkcją fitobarier jest także zahamowanie przemieszczania się osadów oraz przyspieszenie procesu ich kompaktowania. Ma to ogromne znaczenie w renaturyzacji Jeziora Zdworskiego, w którym stwierdzono bardzo wysokie uwodnienie osadów oraz niski stopień ich konsolidacji. Ponadto korzenie i kłącza makrofitów nasadzonych w rozetach tworzą maceczniki dla rozwoju bezkręgowców, w tym filtratorów zawiesziny, których obecność zwiększa możliwości biologicznego samooczyszczania wód (Jędryka i Maciejewski 2007).

Fitobarierę długości około 200 m (wydłużoną następnie o kolejne 400 m) zainstalowano także w rejonie odpływu z jeziora, tj. w północno-zachodniej części zbiornika, gdzie stwierdzono największy stopień uwodnienia osadu dennego. W tym rejonie głównym zadaniem fitobarier jest przyspieszenie procesu konsolidacji osadu. Planowane jest wykonanie badań weryfikujących oddziaływanie barier na jakość wód Jeziora Zdworskiego.

W związku z nagromadzeniem w Jeziorze Zdworskim dużej ilości osadu dennego o dużym udziale materii organicznej w strukturze osadu (Wyniki..., 2006) podjęto także działania, mające na celu ograniczenie biomasy podlegającej

rozkładowi w zbiorniku. Rozpoczęto wykaszanie makrofitów i ich usuwanie z misy jeziora, a także eksploatację płatów szuwaru trzciniowego.

Opad makrofitów i ich dekompozycja stanowią źródło dużych ilości materii podlegającej w jeziorze rozkładowi (wydajność szuwaru trzciniowego w przeliczeniu na siano wynosi 0,8–0,9 kg·m⁻² (Konceptja..., 2005). Badania prowadzone nad oddziaływaniem makrofitów na stan ekosystemów jeziornych wskazują także, że wydzielają one przyzyciowo znaczne ilości substancji biogennej, a ich opadanie i rozkład w okresie jesienno-zimowym powoduje wzbogacanie ekosystemu w nutriety. Pula fosforu zawarta w biomacie makrofitów sięga kilku procent całkowitej zawartości fosforu w jeziorach, jednak usuwanie makrofitów z jezior płytkich i silnie zarośniętych może mieć znaczący udział w eliminacji fosforu poza ekosystem zbiornika (Kajak 1985, 1998, Wiśniewski 2000).

Na Jeziorze Zdrowskim wykaszanie trzciny prowadzi się, począwszy od jesieni 2005 roku. Pas szuwarów został podzielony na 18 kompleksów, z których 9 podlega eksploatacji. Rocznie wykasza się około 15 ha szuwaru, co odpowiada około 700 t biomasy. Trzcina wykaszana jest za pomocą specjalnej łodzi koszącej, a biomasa makrofitów usuwana jest poza ekosystem jeziora i kompostowana (Wojewódzki..., 2007).

Szczególnie uciążliwym objawem degradacji Jeziora Zdrowskiego był intensywny rozwój sinic. Aby ograniczyć zakwity cyjanobakterii, których wydzieliny w przypadku niektórych gatunków są silnie toksyczne, skorzystano z doświadczeń angielskich naukowców. Ich badania wykazały, że spośród różnych

materiałów roślinnych słoma jęczmienia wpływa skutecznie i długotrwale na ograniczenie rozwoju sinic. Mechanizm oddziaływania słomy jęczmiennej na rozwój cyjanobakterii polega na wydzielaniu substancji wywołujących zakłócenia podczas podziałów komórkowych tych organizmów. Nie potwierdzono dotychczas, jakie związki pełnią rolę inhibitora. Przypuszcza się, że takie działanie może mieć kwas garbnikowy zawarty w słomie oraz produkty jego rozkładu bądź związki chemiczne uwalniane przez grzyby podczas rozkładu słomy. Parametrem, który istotnie wpływa na intensywność wydzielania związków ze słomy, jest temperatura wody – im wyższa, tym proces przebiega wydajniej (Maehl 2000).

Bariery ze słomy stosuje się na Jeziorze Zdrowskim od 2006 roku. Wykorzystuje się do tego sprasowane kostki słomy o wymiarach 50 × 50 × 80 cm. Każdą oplata się siatką i obciąża 30-kilogramowym obciążnikiem. Tak przygotowane elementy zatapia się w odstępach co 2–3 m, tworząc półkolistą strukturę. Dotychczas bariery ze słomy zastosowano w sześciu miejscach w rejonie zorganizowanych i dzikich kąpielisk w celu ich ochrony przed zakwitami sinic. Bariery są sukcesywnie wymieniane, aby zachować zadowalający efekt ich działania oraz aby nie zużywały zasobów tlenu w wodzie podczas rozkładu. W sezonie letnim stwierdzono wyraźne oddziaływanie barier, przejawiające się brakiem zakwitów wód i ich większą przezroczystością (Wojewódzki..., 2007).

W celu ograniczenia rozwoju sinic w północno-zachodniej części Jeziora Zdrowskiego uruchomiono także urządzenie do eliminacji zakwitów wód, zwane aeratorem falowym (tarczowym).

Zadaniem aeratora jest zapewnienie radialnego ruchu powierzchniowej warstwy jeziora, który jest czynnikiem ograniczającym rozwój sinic. Aerator rozprowadza na powierzchni jeziora wodę pompowaną rurociągiem z Kanału Dobrzykowskiego, która wcześniej była wprowadzana do zbiornika przy jego północno-wschodnim brzegu. Rurociąg został wydłużony o 600 m w toń wodną jeziora w celu doprowadzenia wody do aeratora (Wojewódzki..., 2007).

Aerator falowy ma kształt tarczy rozplywowej o średnicy około 60 cm, zamontowanej na zakończeniu rurociągu tłoczego o średnicy 225 mm. Tarcza umieszczona jest przy powierzchni jeziora. Promienie rozplywu wody wypływającej z urządzenia utrzymują burzliwą formę przepływu. Ważnym elementem w utrzymaniu stabilności przepływu falowego jest utrzymanie tarczy tuż pod poziomem lustra wody (Jeznach i Bajkowski 2006). Aerator uruchomiono na Jeziorze Zdrowskim zimą 2007 roku. Ze względu na fakt, że aerator działa dotychczas poza okresem wegetacyjnym, nie zweryfikowano jego oddziaływania na rozwój sinic.

Poza wymienionymi zabiegami renaturyzacyjnymi w Jeziorze Zdrowskim prowadzi się badania nad celowością zastosowania metody biomanipulacji oraz chemicznej dezaktywacji fosforu. Pracami nad zastosowaniem w zbiorniku reintrodukcji racicznicy oraz metody dezaktywacji fosforu zajmuje się zespół Pracowni Hydrobiologii Stosowanej UMK pod kierunkiem prof. dr. hab. Ryszarda Wiśniewskiego.

Metoda biomanipulacji poprzez introdukcję w zbiorniku filtratorów może przynieść znaczną poprawę jakości

wody wskutek zwiększonej filtracji sestonu. W jeziorze prowadzi się prace nad zaszczepieniem małża racicznicy zmiennej (*Dreissena polymorpha*). Jest to jeden z najważniejszych, oprócz wioślarek, filtratorów zawieszyny. Eksperymentalna introdukcja racicznicy w zbiorniku wykazała dużą przeżywalność małży, nie przyniosła jednak pożądanego efektów redukcji ilości zawieszyny. Jedną z przyczyn małej wydajności filtrowania są prawdopodobnie małe rozmiary zaszczepionych osobników. Planowane jest powtórzenie eksperymentu z osobnikami większych rozmiarów.

Ze względu na małą pojemność sorpcyjną osadów dennych Jeziora Zdrowskiego w stosunku do fosforu prowadzone są także próby chemicznej dezaktywacji fosforu w osadzie podczas jego resuspensji. Próby prowadzono jak dotąd z wykorzystaniem koagulantu żelazowego i lantanowego w specjalnie wydzielonych zagrodach. Obydwa koagulanty wykazują wysoką efektywność strącania fosforu. Jednak ze względu na nietrwałość w warunkach beztlenowych fosforanu żelaza, powstającego wskutek strącania fosforu koagulantem żelazowym, planowane jest zastosowanie tego środka na stanowiskach płytszych zbiornika, gdzie nie występuje ryzyko zawiązania się deficytów tlenowych. W rejonach głębszych, gdzie takie ryzyko istnieje, planuje się zastosowanie koagulantu lantanowego, trwale wytrącającego fosfor (informacje uzyskane podczas zebrania zespołu koordynującego renaturyzację Jeziora Zdrowskiego).

Z uwagi na zadowalające efekty strącania fosforu za pomocą koagulantu żelazowego w zagrodach eksperymentalnych związek ten jest obecnie dozowany

do wód jeziora w jego północno-zachodniej części. Wykorzystano w tym celu aerator tarczowy. Koagulant dawkowy jest do wody pompowanej ze zbiornika w Dobrzykowie. Dzięki małej konsolidacji osadów dennych w rejonie aeratora koagulant ten może dezaktywować zarówno fosfor zawarty w toni wodnej, jak i w wodzie interstycjalnej i osadzie. Nie zbadano dotychczas efektów chemicznego strącania fosforu w rejonie aeratora.

W ramach renaturyzacji Jeziora Zdworskiego planowane jest ponadto bagrowanie części osadu dennego zgromadzonego w zbiorniku.

Poza zabiegami renaturyzacyjnymi, prowadzonymi w Jeziorze Zdworskim, podejmowane są przedsięwzięcia, obejmujące całą zlewnię tego zbiornika. Zgodnie z porozumieniem w sprawie renaturyzacji jezior łęckich realizuje się m.in. zadania z zakresu porządkowania gospodarki wodno-ściekowej (poprzez budowę i rozbudowę kanalizacji w zlewni), budowy, kontroli i usprawnienia funkcjonowania oczyszczalni ścieków oraz przeciwdziałania nielegalnym poborom wód z Wielkiej Strugi. Planowane jest uszczelnienie kolejnego odcinka koryta tego ciek. Prowadzone są także prace badawcze i projektowe, dotyczące zagospodarowania przestrzennego bezpośredniego otoczenia jeziora w celu jego ochrony. Prace te realizuje Katedra Inżynierii Wodnej i Rekultywacji Środowiska SGGW.

Podsumowanie

Renaturyzacja Jeziora Zdworskiego jest przedsięwzięciem kompleksowym, obejmującym wiele działań, odnoszących się nie tylko do elementów eko-

systemu jeziornego (sieci troficznych, chemicznej jakości wód i osadów dennych, zasobów wodnych zbiornika), ale także do całego układu zlewnia-jezioro. W celu poprawy stanu i funkcjonowania jeziora realizowane są zabiegi z zakresu inżynierii wodnej, hydrobiologii, planowania przestrzennego i innych dziedzin. Należy jednak zaznaczyć, że większość z zabiegów zastosowanych dotychczas w Jeziorze Zdworskim dla poprawy jakości wód pozwala jedynie na przeniesienie zanieczyszczeń z jednego elementu ekosystemu do innego (np. fosforu z toni wodnej do osadu w przypadku wytrącania fosforu; z produkcji pierwotnej do biomasy makrofitów tworzących fitobarierę itd.) lub są to zabiegi przeciwobjawowe (eliminacja sinic za pomocą słomy i aeratora tarczowego). Wśród zastosowanych zabiegów jedynie wykaszanie trzciny stwarza możliwość trwałego usuwania materii organicznej i nutrietów poza ekosystem jeziora. Znaczną poprawę stanu zbiornika może przynieść także selektywne bagrowanie osadu.

Działania związane z poprawą charakterystyk hydrologicznych Jeziora Zdworskiego pozwoliły na zahamowanie procesu utraty wody przez zbiornik i skuteczną odbudowę jego zasilania. Stosowane doraźne bariery ze słomy jęczmiennej zabezpieczają kąpieliska przed zakwitami wód, dzięki czemu możliwe jest stałe rekreacyjne użytkowanie jeziora. Jednak brak danych o efektach pozostałych elementów renaturyzacji (zastosowania fitobarier, aeratora falowego, strącania fosforu) nie pozwala obecnie na pełną ocenę skuteczności tych przedsięwzięć. Szczególnie istotne wydaje się rozpoznanie oddziaływania fitobarier, które stanowią czynnik zabezpie-

czający jezioro przed dopływem materii ze zlewni Wielkiej Strugi. Konieczne jest także podjęcie działań na rzecz poprawy jakości wód Wielkiej Strugi, stanowiącej obecnie jedno z głównych zagrożeń dla jakości wód Jeziora Zdwońskiego.

Literatura

- Dokumentacja geologiczna określająca warunki hydrogeologiczne dla Doliny Wielkiej Strugi, 2006. Maszynopis. Zakład Badań i Robót Inżynierskich GEOBAD, Słupno.
- GLINKA A., PRYKIEWICZ S., MARCINIAK W. 1994: Koncepcja rozbudowy systemu dopływowego z przepompowni Dobrzyków. Odcinek Ludwików – Jezioro Zdwońskie. Maszynopis. Gostynin.
- JEZNACH J., BAJKOWSKI S. 2006: Opinia funkcjonalności urządzenia do eliminacji zakwitów sinic na Jeziorze Zdwońskim. Maszynopis. SGGW, Warszawa.
- JĘDRYKA E., MACIEJEWSKI S. 2007: Rekultywacja Jeziora Zdwońskiego. Część 2. Możliwości rekultywacji. *Wiadomości Melioracyjne i Łąkarskie* 50, 2.
- KAJAK Z. 1985: Warunki i metody restauracji zbiorników wodnych. I Konferencja Naukowo-Techniczna „Ochrona jezior ze szczególnym uwzględnieniem metod rekultywacji”. Grudziądz.
- KAJAK Z. 1998: *Hydrobiologia – Limnologia. Ekosystemy wód śródlądowych*. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.
- Koncepcja renaturyzacji Jeziora Zdwońskiego, 2005. Maszynopis. Biuro Konsultacyjne „Inżynieria Środowiska”, Warszawa.
- KONDRACKI J. 2002: *Geografia regionalna Polski*. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.
- MAEHL P. 2000: Poradnik rekultywacji jezior dla województwa Sønderjylland. Ramboll Danmark, Tønder.
- Ocena jakości Jeziora Zdwońskiego w roku 2004, 2004. Maszynopis. Wojewódzki Inspektorat Ochrony Środowiska Delegatura w Płocku, Płock.
- Ocena jakości Jeziora Zdwońskiego w roku 2005, 2005. Maszynopis. Wojewódzki Inspektorat Ochrony Środowiska Delegatura w Płocku, Płock.
- WIŚNIEWSKI R. 2000: Metody rekultywacji zbiorników wodnych – stan obecny i perspektywy. IV Międzynarodowa Konferencja Naukowo-Techniczna „Ochrona jezior ze szczególnym uwzględnieniem metod rekultywacji”. Przysiek.
- Wojewódzki Zarząd Melioracji i Urządzeń Wodnych, Oddział w Płocku – WZMiUW o/Płock, 2007. Materiały niepublikowane.
- Wyniki badań jakości Jeziora Zdwońskiego w roku 2006, 2006a. Maszynopis. PROTE Technologie dla Środowiska Sp. z o.o.
- Wyniki badań osadów w dnie Jeziora Zdwońskiego w gm. Łąck, pow. płocki dla potrzeb jego renaturyzacji, 2006b. Maszynopis. Zakład Badań i Robót Inżynierskich GEOBAD, Słupno.

Summary

Undertakings review of the ecological condition improvement in the Zdwońskie Lake. The paper presents restoration work conducted in Zdwońskie Lake after ecological disaster. Reparation work were concentrated on restoration of water supply and chemical quality in the lake. Increasing of water supply were achieved by constructing: broad-crested weir on the outflow for rising up the water table, bentonite structure for filling the riverbed of the main inflow, artificial alimentation by connecting Dobrzykowski canal with the lake. Improvement of the chemical quality of the water should be achieved by: removing macrophytes biomass, placing bales of barley straw around watering-places, constructing floating containers with macrophytes, phosphorus inactivation in the sediments, biomanipulation using the Zebra mussel *Dreissena polymorpha*.

Authors' address:

Agnieszka Bańkowska, Michał Wasilewicz
Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego
Katedra Inżynierii Wodnej i Rekultywacji Środowiska
ul. Nowoursynowska 159, 02-776 Warszawa
Poland