

## **WYBÓR NAJSKUTECZNIEJSZEJ METODY REKULTYWACJI ZBIORNIKÓW WODNYCH Z WYKORZYSTANIEM METODY AHP**

Joanna Chmist, Mateusz Hämmerling

Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

**Streszczenie.** Problem z jakością wód w zamkniętych zbiornikach jest znany od lat. Poprawa parametrów jakości wody w jeziorze zwiększa możliwości jego wykorzystania. Obecnie istnieje wiele metod rekultywacji zbiorników wodnych. Wybór odpowiedniej uwarunkowany jest zarówno oddziaływaniem różnorodnych czynników powodujących stopniową degradację jezior, jak i kosztami rekultywacji czy typem zbiornika. W artykule zaprezentowano praktyczne zastosowanie metody AHP w rozwiązaniu wielokryterialnych problemów rekultywacji zbiorników wodnych. Metoda ta umożliwia uwzględnienie wielu aspektów dotyczących danego problemu i znalezienie poszukiwanego rozwiązania zarówno na podstawie parametrów mierzalnych, jak i ocen ekspertów.

**Słowa kluczowe:** rekultywacja jezior, AHP, jakość wody

### **WSTĘP**

Zjawisko eutrofizacji na przestrzeni ostatnich kilku dekad, ze skali lokalnej nabrało rangi problemu globalnego. W związku z pogarszającymi się warunkami środowiskowymi, państwa członkowskie Unii Europejskiej uchwaliły w 2000 r. Ramową Dyrektywę Wodną. Dyrektywa zobligowała kraje do osiągnięcia „dobrego stanu” wód powierzchniowych i podziemnych do roku 2015. Z uwagi na możliwości techniczne, czasowe oraz finansowe założony termin przesunięto. Ze względu na niespełnienie stawianych wymogów w określonym czasie przez Polskę, w obrębie województw oraz gmin, położony został duży nacisk na przywrócenie takiego stanu jezior i zbiorników wodnych, który uznawany jest za dobry.

Zachowanie odpowiedniej czystości wód w dobie urbanizacji i przy postępującym ograniczeniu zasobów wodnych wymaga stosowania wysoce zaawansowanych tech-

---

Adres do korespondencji – Corresponding authors: mgr inż. Joanna Chmist, dr inż. Mateusz Hämmerling, Katedra Inżynierii Wodnej i Sanitarnej Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu, ul. Piątkowska 94 A, 60-649 Poznań, e-mail: [mhammer@up.poznan.pl](mailto:mhammer@up.poznan.pl), [joanna.chmist@op.pl](mailto:joanna.chmist@op.pl).

© Copyright by Wydawnictwo Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie, Kraków 2016

nologii oczyszczania. Wybór metody rekultywacji bywa trudny z uwagi na szereg czynników pośrednich, wpływających na jej skuteczność. Przy podejmowaniu decyzji można wykorzystać metodę uwzględniającą wiele zmiennych np. Analityczny Proces Hierarchiczny (AHP).

Metoda AHP ułatwia wybór najlepszego rozwiązania poprzez podzielenie złożonego problemu na poszczególne elementy, oraz wykorzystanie oceny ekspertów z danej dziedziny. Dane literaturowe potwierdzają skuteczność modelowania za pomocą hierarchicznej analizy problemu, zwłaszcza, gdy istnieje możliwość oszacowania efektów praktycznych [Tułeczki i Król 2007].

## **MATERIAŁY I METODY**

Szeroko pojęte zagadnienie rekultywacji jezior dotyczy nie tylko odnowy zdegradowanych zbiorników, lecz również zatrzymania lub spowolnienia procesów eutrofizacji. Pojęcie to bywa mylone z zagadnieniem ochrony wód, obejmujących obszar całej zlewni, a nie jak w przypadku rekultywacji, wyłącznie misy jeziora [Gawrońska i in. 2003].

Metody rekultywacji można podzielić na następujące grupy:

- rekultywacja mechaniczna/techniczna (m.in. usuwanie osadów dennych, natlenianie warstw przydennych),
- rekultywacja chemiczna (m.in. inaktywacja fosforu),
- rekultywacja biologiczna (m.in. biomanipulacja, biostruktury).

### **Usuwanie osadów dennych**

Usuwanie osadów dennych, częściej nazywane bagrowaniem, polega na mechanicznym usuwaniu powierzchniowej warstwy osadów. Metoda ta uznawana jest za jedną z bardziej skutecznych, szczególnie w przypadku występowania wysokich stężeń metali ciężkich, pierwiastków biogennych – głównie fosforu, oraz trwałych zanieczyszczeń organicznych, takich jak WWA i PCB. Bagrowanie jest metodą z jednej strony skuteczną, z drugiej strony bardzo kosztowną i wiąże się z dwoma zasadniczymi problemami.

Pierwszy dotyczy składowania i utylizacji wydobytych osadów dennych. Drugi stanowi fakt, że ilość osadów dennych wewnątrz jezior w Polsce jest porównywalna z ilością zgromadzonej wody. Wydobicie ich na powierzchnię może prowadzić do niekontrolowanego wzburzenia oraz przedostania się zmagazynowanego do tej pory w głębokich warstwach fosforu. Dodatkowo bagrowanie jest gwałtowną ingerencją w naturalny ekosystem jezior. Niewłaściwe przeprowadzenie procesu może nieść ze sobą daleko idące negatywne skutki [Wyżga i in. 2010, Gawrońska i in. 2003].

### **Natlenienie warstw przydennych**

Działania oparte na sztucznym napowietrzeniu wód mają na celu polepszenie warunków tlenowych, poprzez bardziej równomierne jego rozmieszczenie. W literaturze wyszczególnione zostały dwa przypadki – sztuczne napowietrzanie z destryfikacją termiczną oraz bez niszczenia warstw termicznych [Małecki 2007].

Pierwsza z metod zakłada całkowite wymieszanie mas wody wewnątrz jeziora, czego skutkiem jest usunięcie warstwy termokliny, izolującej wody ciepłe od zimnych.

Nieprawidłowo przeprowadzony zabieg może powodować wzburzenie osadów dennych oraz uwolnienie zmagazynowanych pokładów fosforu. Koszty metody związane są głównie z pracą sprzężarek [Gawrońska i in. 2003].

Drugą z metod jest natlenienie wód hypolimnionu. Zakłada się, że termoklina nie ulegnie likwidacji – zachowane zostaną naturalne uwarstwienia termiczne. Sztuczne napowietrzanie, bez zaburzenia układów termicznych, jest procesem uznawanym za bardziej „naturalny” niż omówiony wcześniej odpowiedni [Małecki 2007].

Oba warianty metody nie gwarantują trwałego efektu. Zrezygnowanie z napowietrzania skutkuje szybkim pogorszeniem jakości ekologicznej zbiornika oraz powrotem jego parametrów do stan pierwotnego.

### **Inaktywacja fosforu**

Ideą metody jest usuwanie nadmiaru fosforu z wody poprzez strącanie oraz zahamowanie jego uwalniania z osadów dennych. Inaktywacja fosforu jest zalecana w szczególności dla jezior polimiktycznych oraz dimiktycznych, charakteryzujących się wysokim stężeniem związków biogennych uwalnianych z osadów dennych. Do przeprowadzenia procesów wykorzystuje się sole metali, przede wszystkim glinu, żelaza oraz wapnia [Helman-Grubba 2006].

Dane literaturowe wskazują, że metoda ta wpływa na znaczne obniżenie zawartości fosforu w wodzie oraz zmniejszenie produkcji pierwotnej tego pierwiastka. Ponadto inaktywacja fosforu jest jedną z najbardziej efektywnych oraz najtańszych technik rekultywacji, umożliwiającą osiągnięcie zakładanych efektów, przy jednoczesnej ochronie życia biologicznego [Małecki 2007].

### **Biomanipulacja**

Metody biologiczne są szeroko opisywane w literaturze i traktowane często jako uzupełnienie innych technik [Zdanowski 2008]. Biomanipulacja charakteryzuje się stworzeniem optymalnych warunków życia dla wioślarek. Organizmy z rodzaju *Daphnia* w sposób naturalny ograniczają nadmierny rozwój fitoplanktonu. Efekt ten można również uzyskać poprzez odpowiednią zmianę ilościową gatunków ryb oraz wprowadzenie do ekosystemu gatunków drapieżnych. Podstawą sukcesu omawianej metody jest stworzenie i utrzymanie odpowiednich warunków rozrodczych dla ichtofauny, a także przestrzeganie właściwych limitów połowów [Horppila i in. 1998, Rechulicz i Plaska 2013]. Wybór gatunku drapieżnego uwarunkowany jest typem zbiornika. Zazwyczaj wykorzystywane są szczupaki *Esox lucius* i sandacze *Sander lucioperca* [Drenner i Hambright 1999].

Uzyskany efekt rekultywacji jest trudny do przewidzenia. Pomimo że poprawa struktury troficznej następuje w krótkim czasie, długotrwały efekt będzie niekorzystny, jeżeli nie dojdzie do naturalnego rozrodu drapieżników [Rechulicz i Plaska 2013].

### **Biostruktury**

Biostruktury są to odpowiednio uformowane podłoża, wykonane z tworzywa sztucznego, których zakładanym celem jest poprawa jakości wody, poprzez rozwój peryfitonu. Wyróżniono dwa typy oddziaływań danych struktur, mechaniczno-fizyczne oraz biologiczne.

Pierwszy z przypadków dotyczy podłoża absorbującego różne cząstki, takie jak np. rozpuszczone związki organiczne. W drugim na powierzchni struktury dochodzi do zagęszczenia materii organicznej i namnażania bakterii. Na powstałej błonie biologicznej zachodzą procesy umożliwiające eliminację rozpuszczonych w wodzie związków biogennych [Szlauer i in. 2001].

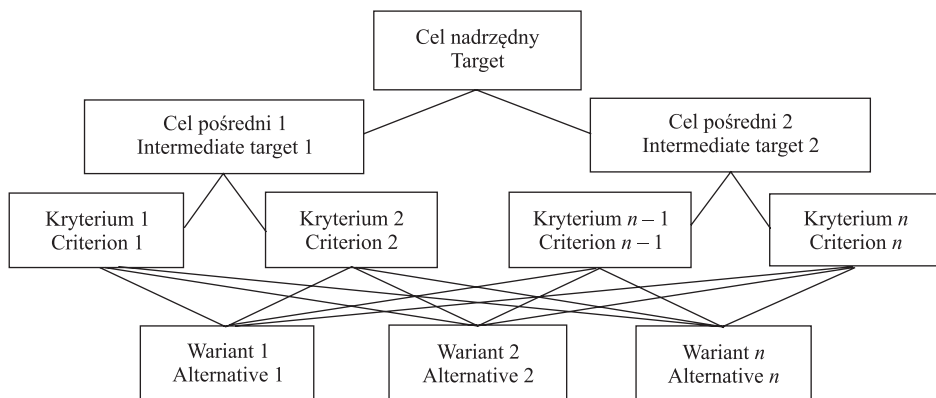
Wieloletnie obserwacje dowiodły jednak, że stosowane w Polsce biostruktury spełniają rolę wysp zasiedlanych przez ptaki, skutkiem czego jest dodatkowe obciążenie jeziora.

### Tworzenie modelu AHP

Metoda Analitycznego Procesu Hierarchicznego, jest powszechnym narzędziem wykorzystywanym w procesach podejmowania złożonych decyzji, na podstawie znacznej liczby kryteriów i parametrów. W artykule wykorzystano tę metodę do wyboru najbardziej skutecznego sposobu rekultywacji jezior. Drzewo hierarchiczne wraz z wariantami rozwiązań zostało przygotowane na podstawie doświadczeń własnych oraz dostępnych danych literaturowych.

### Hierarchizacja problemu

Podjętą analizę wyboru metody rekultywacji, w pierwszym etapie stworzono graficzny model hierarchii celów (ryc. 1), zawierający szczegółowy opis problemu. Przeprowadzono dekompozycję problemu poprzez ustalenie celu nadrzędnego, kryteriów, podkryteriów oraz rozważanych wariantów [Fabisiak i Ziemia 2011].



Ryc. 1. Schemat struktury hierarchicznej

Fig. 1. Diagram of hierarchical structure

Następnie ustalono kryteria oceny ze względu na typ zbiornika, powód degradacji, czas niezbędny do przeprowadzenia procesu rekultywacji, koszty przedsięwzięcia oraz źródła zanieczyszczeń (ryc. 2). Do każdego z powyższych założeń dodatkowo przypisano podkryteria, mające za zadanie uszczegółowienie oceny.

Zbiorniki podzielono ze względu na typ. Do analizy wybrano jeziora dimiktyczne, polimiktyczne, oligomiktyczne oraz monomiktyczne, różniące się między sobą wiel-



kością oraz okresem mieszania poszczególnych warstw wody. W przypadku kryterium powodu degradacji za główne przyczyny uznano dopływ substancji biogennych i substancji trudno biodegradowanych. Czas przeprowadzenia rekultywacji podzielono na kilkuletni, długotrwały – zakładający konieczność ciągłego przeprowadzania procesów, oraz prace, które przynoszą natychmiastowy efekt. Koszty podzielono ze względu na energochłonność metody, wydatki związane z użyciem specjalistycznego sprzętu i nakłady pieniężne na składowanie wydobytych osadów. Ostanie z kryteriów, dotyczące źródła zanieczyszczeń odnosi się do degradacji jezior na skutek intensywnej hodowli ryb, rolniczego zagospodarowania terenu i stopnia zurbanizowania.

Jako warianty wybrano omawiane we wstępie najczęstsze sposoby rekultywacji zbiorników wodnych.

### Względna ocena ważności

W kolejnym etapie pracy, utworzono macierze względnej ważności kryteriów oraz dokonano serii porównań parami, wszystkich członów umieszczonych na każdym poziomie modelu hierarchicznego. Porównanie dwóch elementów, pochodzących z jednakowego poziomu wskazuje na istniejącą dominację jednego z nich w kontekście preferencyjnym. W celu określenia przewagi wykorzystano zaproponowaną przez Saatięgo dziewięciostopniową skalę preferencji [Fabisiak i Ziemia, 2011].

Tabela 1. Oceny liczbowe i werbalne w metodzie AHP [Miszczyński 2007]

Table 1. Numerical and verbal evaluation in AHP method [Miszczyński 2007]

Skala ocen	
Wartość	Ocena elementu A względem B
9	Element A jest ekstremalnie preferowany
7	Element A jest bardzo silnie preferowany
5	Element A jest silnie preferowany
3	Element A jest słabo preferowany
1	Element A jest równoważny z elementem B

Dodatkowo stosowano wartości pośrednie – 2, 4, 6, 8, oraz odwrotne, w przypadku gdy element B jest bardziej preferowany niż element A.

Skuteczność metod rekultywacji określono poprzez porównanie parami wszystkich kryteriów ocen oraz podkryteriów; umożliwiło to stworzenie macierzy  $A = [a_{ij}]$ , o wymiarach  $n \cdot n$ , w których dokonano  $n(n - 1)/2$  porównań.

$$A = \begin{bmatrix} 1 & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ 1/a_{12} & 1 & \dots & a_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ 1/a_{1n} & 1/a_{2n} & \dots & 1 \end{bmatrix}$$

Wykorzystując powyższe założenia, wykonano ocenę w odniesieniu do kryteriów, podkryteriów i wariantów decyzyjnych.

Przy wykorzystywaniu metody wspierającą podejmowanie decyzji AHP ważnym etapem analiz jest sprawdzenie spójności porównania kryteriów. Z uwagi na częściowy brak obiektywizmu w przypadku dokonywanych ocen, wyliczono współczynnik niespójności  $IR$ .

$$IR = \frac{CI}{RI}$$

gdzie:

$IR$  – współczynnik niespójności,

$CI$  – współczynnik rozbieżności,

$RI$  – współczynnik losowych zgodności.

Ocenę ważności uważa się za spójną, jeżeli wartość wyliczonego współczynnika  $IR$  nie przekracza 0,2 [Miszczyński 2007, Tułeczki i Król 2007].

Współczynnik rozbieżności wyznaczany jest zgodnie ze wzorem:

$$CI = \frac{\lambda_{sr} - n}{n - 1} < 0,1$$

gdzie:

$n$  – liczba kryteriów (wierszy macierzy),

$\lambda_{sr}$  – współczynnik spójności.

Współczynnik losowych zgodności  $RI$  zależy od wymiaru macierzy porównań.

Tabela 2. Wartości współczynnika  $RI$  [Miszczyński 2007]

Table 2. Value of  $RI$  factor [Miszczyński 2007]

$n$	1	2	3	4	5	6	7	8
$RI$	0	0	0,52	0,89	1,11	1,25	1,35	1,4

## WYNIKI

Badaniu poddano pięć, najczęściej stosowanych metod rekultywacji zbiorników. Pod uwagę wzięto skuteczność zabiegów z uwagi na powód degradacji, indywidualny typ zbiornika, niezbędny czas potrzebny do przeprowadzenia procesu, koszty prac oraz źródła zanieczyszczeń wpływających na jakość wody w zbiorniku.

Charakterystyki badanych metod rekultywacji pod względem wymienionych kryteriów oceny przedstawiono na poniższych rycinach 3–8.

Podczas porównywania poszczególnych kryteriów parami, bazując na danych literaturowych [Gawrońska i in. 2003, Helman-Grubba 2006, Rechulicz i Płaska 2013], za

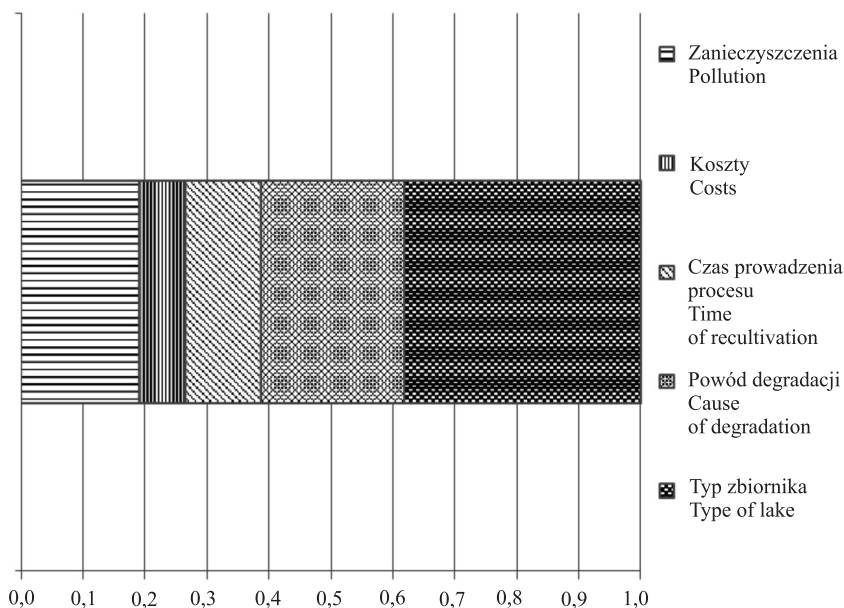


najważniejszy czynnik uznano typ miktyczny zbiornika. Ustalenie głębokości jeziora, częstotliwości oraz zasięgu mieszania mas wód jest kluczowe dla wyboru metody rekultywacji. Drugim istotnym kryterium jest powód degradacji. Techniki unieszkodliwiania zanieczyszczeń są ściśle zależne od rodzaju dopływających zanieczyszczeń.

Z uwagi na typ miktyczny zbiornika dla każdego z analizowanych przypadków najsukuczniejszą metodą była inaktywacja fosforu (ryc. 4). W przypadku płytkich zbiorników polimiktycznych najgorsze efekty przynosi stosowanie natlenienia warstw przydennych, co potwierdzają dane literaturowe [Gawrońska i in. 2003].

Ze względu na powód degradacji zbiornika, w przypadku dopływu substancji biogenych największą skutecznością odznaczają się metody oparte na inaktywacji fosforu (ryc. 5). Z kolei przy zanieczyszczeniach substancjami toksycznymi wykorzystanie soli glinu nie przynosi oczekiwanych rezultatów i najlepszą z technik rekultywacji w tym przypadku jest bagrowanie [Helman-Grubba 2006].

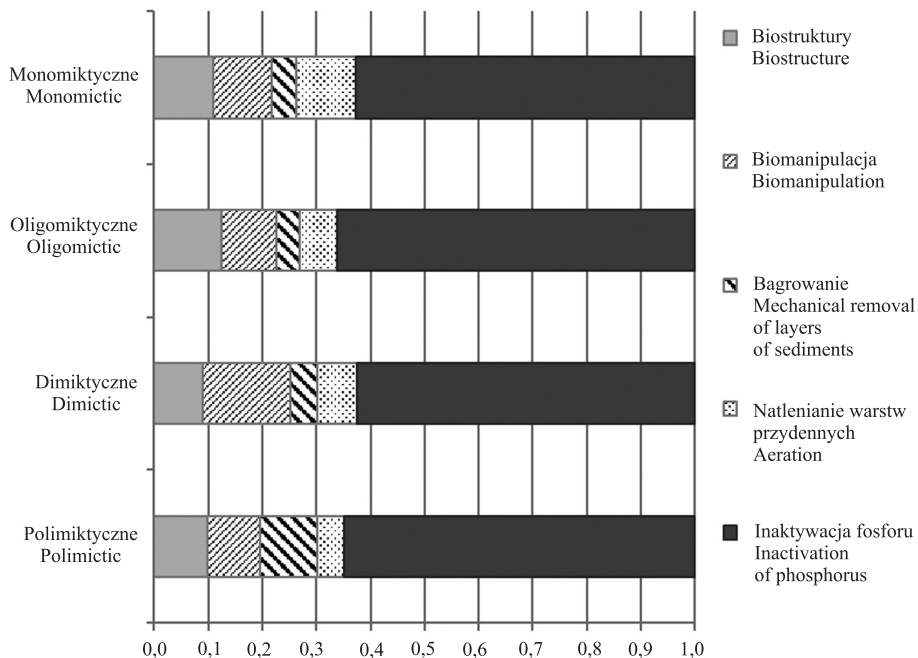
Gdy chodzi o skuteczność rekultywacji z uwagi na całkowity czas potrzebny do osiągnięcia zamierzonego efektu, natychmiastowy efekt gwarantuje poprawnie przeprowadzenie usuwania osadów dennych. Perspektywa osiągnięcia sukcesu na przestrzeni kilku lat jest realna przy zastosowaniu inaktywacji fosforu [Helman-Grubba 2006]. W przypadku zaistnienia konieczności ciągłej rekultywacji danego zbiornika wodnego, zarówno biomanipulacja, jak i biostruktury uznano za jedne z bardziej skutecznych. Poprawę jakości uzyskać można również, stosując długotrwałe natlenianie warstw przydennych.



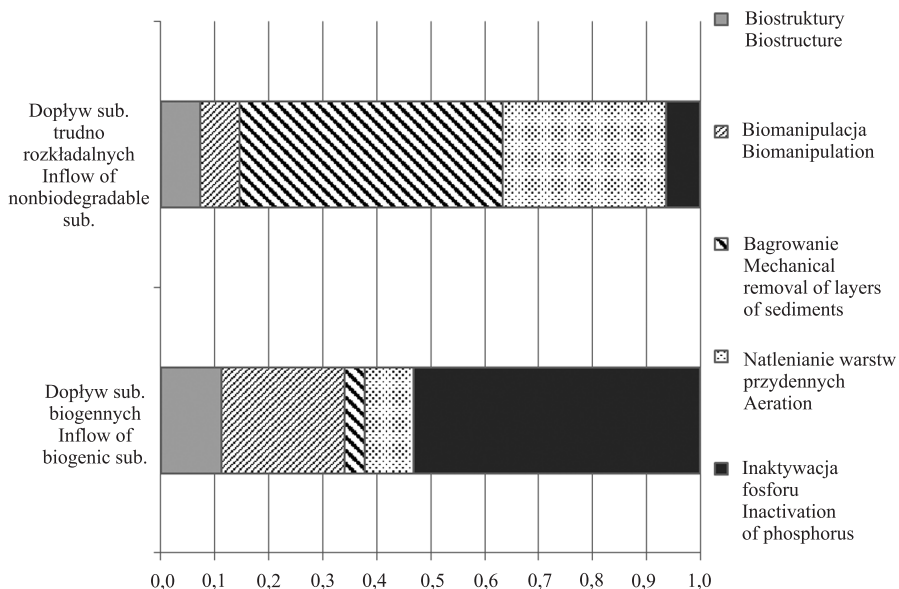
Ryc. 3. Kryterium warunkujące wybór metody

Fig. 3. Criterion conditioning the choice of method

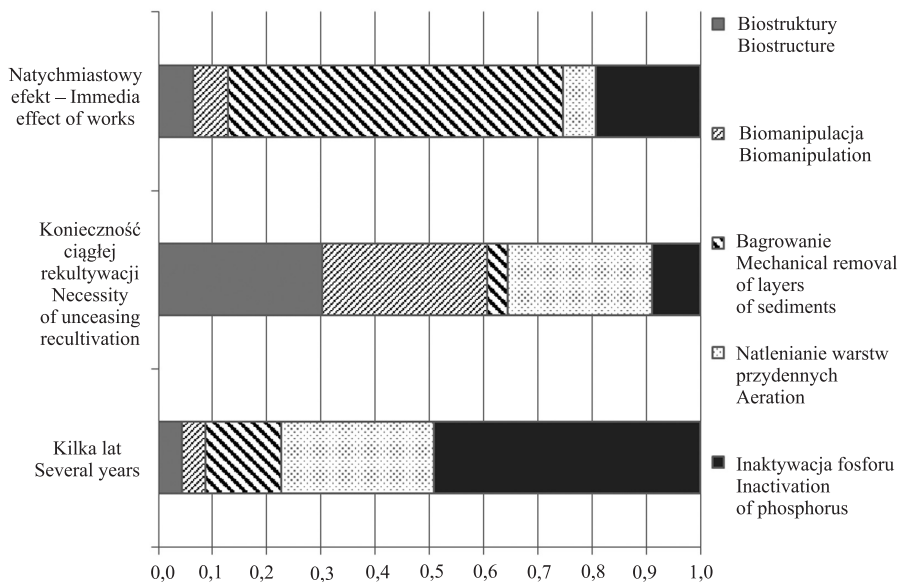




Ryc. 4. Skuteczność metody rekultywacji ze względu na typ miktyczny zbiornika  
 Fig. 4. The effectiveness of the recultivation method depending on the mictic type of lake



Ryc. 5. Skuteczność metody rekultywacji ze względu na powód degradacji  
 Fig. 5. The effectiveness of the recultivation method depending on the degradation cause

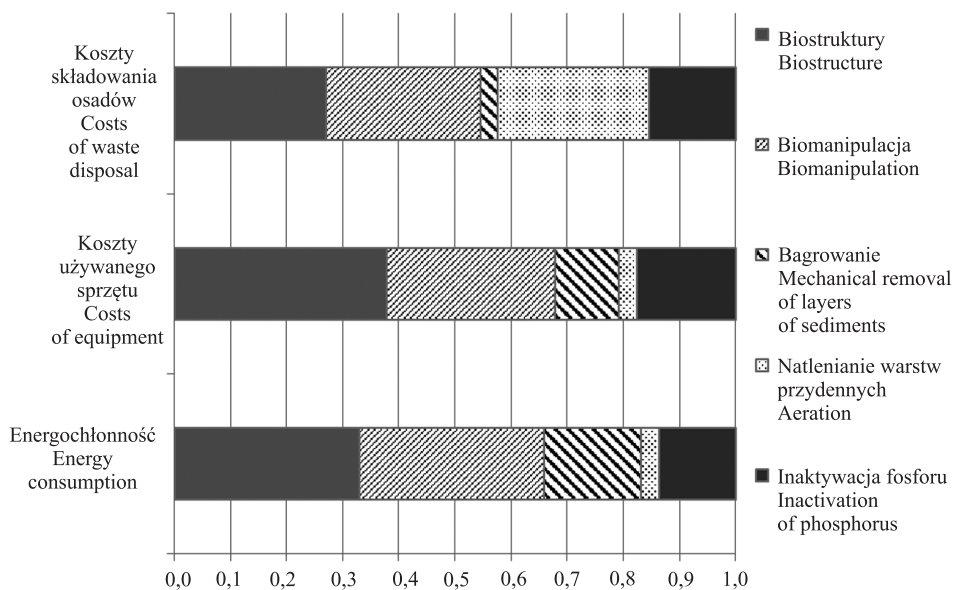


Ryc. 6. Skuteczność metody rekultywacji ze względu na czas trwania procesu  
 Fig. 6. The effectiveness of the recultivation method depending on the recultivation time

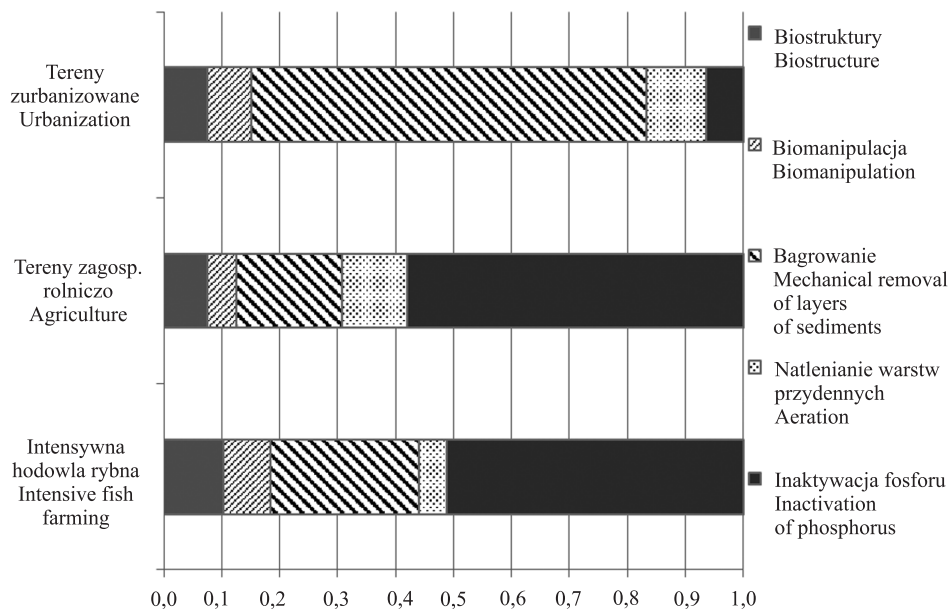
Proces rekultywacji związany jest z generowaniem różnorodnych kosztów (ryc. 7). W artykule wzięto pod uwagę energochłonność, nakłady pieniężne związane z wykorzystywaniem podczas prac sprzętem oraz opłaty za składowanie odpadów. Dla pierwszego i drugiego z kryteriów, największe koszty generuje natlenienie warstw przydennych. Konieczność ciągłej aeracji wymaga znacznych wydatków energii. W ostatnich latach prowadzone były badania nad możliwością wykorzystania energii wiatru. Przy eksploatacji elektrowni wiatrowych zalecane jest natlenianie tylko wód hypolimnionu, z uwagi na możliwe przerwy w działaniu silnika. Okresy bezwietrzne stwarzają niebezpieczeństwo szybkiego odtlenienia wód głębinowych [Gawrońska i in. 2003]. Z uwagi na składowanie osadów metoda oparta na bagrowaniu wymaga zagospodarowania usuwanych osadów dennych. Koszty związane z transportem i utylizacją są często niewspółmierne do osiągniętych efektów rekultywacyjnych.

Ze względu na zanieczyszczenia pochodzące zarówno z hodowli ryb, jak i z terenów zagospodarowanych rolniczo najlepsze rezultaty przynosi inaktywacja fosforu (ryc. 8). Znaczny dopływ substancji biogennych, wzbogacających żyzność ekosystemu, wymaga natychmiastowego zmniejszenia ilości fosforu poprzez jego strącenie i zahamowanie uwalniania z osadów dennych [Helman-Grubba 2006]. Tereny zurbanizowane dostarczają zanieczyszczenia trudno rozkładalne na drodze biologicznej oraz nieulegające większym przemianom chemicznym. Wymagają one zastosowania metod głównie mechanicznych, takich jak bagrowanie.

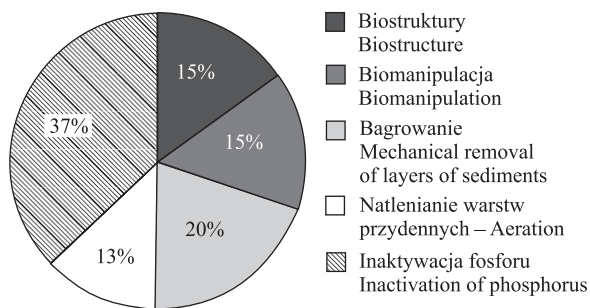
Biorąc pod uwagę ogólną ocenę, za najlepszą z metod rekultywacji uznano inaktywację fosforu (37%), która zdobyła znaczącą przewagę nad innymi rozwiązaniami. Drugą w kolejności skuteczności było bagrowanie (20%), trzecią zaś biomanipulacja i biostruktury (15%) (ryc. 9).



Ryc. 7. Skuteczność metod rekultywacji ze względu na koszty  
 Fig. 7. The effectiveness of the recultivation methods depending on the costs



Ryc. 8. Skuteczność metod rekultywacji ze względu na źródła zanieczyszczeń  
 Fig. 8. The effectiveness of the recultivation method depending on pollution sources



Ryc. 9. Procentowy podział poszczególnych metod rekultywacji  
Fig. 9. Percentage breakdown of individual methods of recultivation

## PODSUMOWANIE

W artykule wykorzystano metodę wielokryterialnego podejmowania decyzji do określenia najbardziej skutecznej metody rekultywacji jezior. Przedstawione w niniejszym artykule techniki przeprowadzenia rekultywacji jezior, w połączeniu z metodą AHP, umożliwiły dokonanie wyboru najlepszego sposobu poprawy jakości wody w jeziorach. Podejmując się analizy wyboru metody rekultywacji, w pierwszym etapie stworzono graficzny model hierarchii celów, zawierający szczegółowy opis problemu. Badaniu poddano pięć najczęściej stosowanych metod rekultywacji zbiorników (biostruktury, biomanipulację, bagrowanie, natlenianie warstw przydennych, inaktywacja fosforu). Pod uwagę wzięto skuteczność zabiegów z uwagi na powód degradacji, indywidualny typ zbiornika, niezbędny czas potrzebny do przeprowadzenia procesu, koszty prac oraz źródła zanieczyszczeń wpływających na jakość wody w zbiorniku. Inaktywacja fosforu okazała się najskuteczniejszą metodą rekultywacji jezior. Metoda ta była najskuteczniejsza niezależnie od typu miktycznego zbiornika, jeżeli źródłem zanieczyszczeń są biogeny, a jej koszty niewielkie. Inaktywacja fosforu przynosi również najlepsze efekty dla terenów zagospodarowanych rolniczo oraz obszarów o intensywnej hodowli ryb.

## PIŚMIENNICTWO

- Drenner, W., Hambright, K. T. (1999). Biomanipulation of fish assemblages as a lake restoration technique. *Archiv für Hydrobiologie*, 146, 2: 129–165.
- Fabisiak, L., Ziemia, P. (2011). Wybrane metody analizy wielokryterialnej w ocenie użyteczności serwisów internetowych. *Zesz. Nauk. Uniw. Szczeciń., Studia Informatica*, 28, 21–33.
- Gawrońska, H., Lossow, K., Łopata, M. (2003). Jeziora – metody ochrony i rekultywacji ze szczególnym uwzględnieniem Jeziora Głębock w Tucholi. Opracowanie dla celów dydaktycznych, Olsztyn.
- Helman-Grubba, M. (2006). Rekultywacja zdegradowanych akwenów przez inaktywację fosforanów za pomocą preparatu zawierającego lantan. *Przegl. Komunal.*, 9, 70–71.
- Horppila, J., Peltonen, H., Malinen, T., Luokkanen, E., Kairesalo, T. (1998). Top-down or bottom-up effects by fish: issues of concern in biomanipulation of lakes. *Restorat. Ecol.*, 6, 1, 20–28.

- Małecki, Z. (2007). Koncepcja rekultywacji zbiornika retencyjnego Pokrzywnica k/Kalisza. Inżyn. Ekol., 113–122.
- Miszczyński, M. (2007). Wielokryteriowa optymalizacja dyskretna. Wybrane metody. Uniwersytet Łódzki, Łódź.
- Rechulicz, J., Plaska, W. (2013). Wstępne wyniki badań dotyczących liczebności sandacza, *Sander lucioperca* (L.) w pierwszym roku po biomanipulacji w płytkim eutroficznym jeziorze. Komunikaty Rybackie 1, 1–5.
- Szlauer, L., Szlauer, B., Szlauer-Lukaszewska, A. (2001). Niekonwencjonalne metody oczyszczania wód. Nauka – Gospodarce. Wydawnictwo AR, Szczecin.
- Tulecki, A., Król, S. (2007). Modele decyzyjne z wykorzystaniem metody Analytic Hierarchy Process (AHP) w obszarze transportu. Probl. Eksploatacji, 2, 171–179.
- Wyźga, B., Hajdukiewicz, H., Radecki-Pawlik, A., Zawiejska, J. (2010). Eksploatacja osadów z koryt rzek górskich – skutki środowiskowe i procedury oceny. Gospod. Wodna, 6, 243–249.
- Zdanowski, B. (2008). Ograniczenia rozwoju akwakultury w warunkach degradacji środowiska. Komunikaty Rybackie 3, 1–6.

## SELECTING THE MOST EFFECTIVE METHOD OF RECULTIVATION OF WATER RESERVOIRS USING THE AHP METHOD

**Abstract.** The problems with the quality of water in closed tanks have been known for years. The improvement of water quality parameters in the lake increases its possible uses. Nowadays there are many methods of recultivation of water reservoirs. Choosing the suitable one is conditioned by the interaction of various factors that cause gradual degradation of lakes, as well as the recultivation costs and the type of tank. The article presents the practical application of the AHP method in solving multicriterial problems of recultivation of water reservoirs. This method makes it possible to take into account many aspects of the problem and find their solutions both on the basis of measurable parameters and expert evaluations.

**Key words:** recultivation of lakes, AHP, water quality

*Zaakceptowano do druku – Accepted for print: 16.06.2016*

Do cytowań – For citation: Chmist, J., Hämmerling, M. (2016). Wybór najskuteczniejszej metody rekultywacji zbiorników wodnych z wykorzystaniem metody AHP. Acta. Sci. Pol., Formatio Circumiectus, 15(2), 27–39.