

PROBLEMY EKOLOGICZNE ZBIORNIKÓW RETENCYJNYCH W ASPEKCIE ICH WIELOFUNKCYJNOŚCI

TRACZEWSKA T.M.

Politechnika Wrocławska, Instytut Inżynierii Ochrony Środowiska, 50-370 Wrocław Wyb. Wyspiańskiego 27, Polska
e-mail : teodora.traczewska@pwr.wroc.pl

Streszczenie : Budowa sztucznych jezior, utworzonych przez przegrodzenie rzek lub podpiętrzenie jezior stanowi integralną część rozwoju cywilizacyjnego, jednakże skutkuje zachwianiem równowagi w środowisku przyrodniczym i ograniczenie jego zdolności homeostatycznych. Zbiorniki zaporowe posiadają wiele cech odróżniających je od jezior naturalnych lub rzek, stąd stanowią odmienną kategorię wodnych zbiorników powierzchniowych.

Ekosystem, jakim jest zbiornik retencyjny, należy rozpatrywać na poziomie kreatywnej sukcesji wtórnej, czyli takiej, która prowadzi do powstania w danym miejscu zbiorowiska końcowego odmiennego od pierwotnie występującego. Zainicjowanie nowego układu, powoduje wytworzenie zespołu reakcji, mających na celu utrzymanie obiegu materii i przepływu energii. Jednocześnie towarzyszy temu presja, jakiej podlegają wszystkie inne zbiorniki – wpływ działalności człowieka.

Celem budowy zbiorników zaporowych obok regulacji stosunków wodnych, pozyskiwanie energii, gospodarki rybnej, ochrony przeciwpowodziowej jest pobór wody do picia, budowa kąpielisk, rozwój rekreacji i turystyki wodnej. W tak wykorzystywanym akwenie obserwuje się wzrost zanieczyszczeń co wypacza funkcjonowanie ekosystemu i osłabia procesy samoregulacji oraz samooczyszczania środowiska wodnego, obniżając jakość wody powodując między innymi nasilenie się zjawiska „zakwitów” wód powierzchniowych. Stąd cele te pozostają w sprzeczności ze sobą i nie istnieje możliwość ich pełnej realizacji na jednym obiekcie.

Eksploatacja kompleksowych zbiorników zaporowych, przysparza wiele trudności. Dlatego też w istniejącym stanie zbiornika retencyjnego, nie istnieje możliwość pełnej realizacji na tym obiekcie wszystkich projektowanych zadań. Zaleca się ukierunkować eksploatację na funkcję dominującą i podporządkować jej inne cele. W przypadku zbiorników używanych do celów wodociagowych konieczne jest podniesienie skuteczności przeciwdziałania zakwitom glonów przy uwzględnieniu procesów biologicznych, czynników hydrologicznych, hydrochemicznych jak również charakterystyki biotycznej ekosystemu.

Słowa kluczowe: zbiornik retencyjny, ekosystem, zanieczyszczenia, charakterystyka bioetyczna

Abstract : Building artificial lakes by damming rivers or lakes is integral part of civilizational development, however, it results in disturbing the balance in the natural environment and limiting its homeostatic capacity. Dammed reservoirs demonstrate a lot of features distinguishing them from natural lakes or rivers, and that is why they belong in a different group of surface water reservoirs.

The ecosystem created by the impounding reservoir should be seen as a creative secondary succession which results in creating in a specific place a reservoir ultimately different than the original one. Initiating a new system triggers a chain of reactions aiming at maintaining the matter cycle and flow of energy. At the same time, this is accompanied by the pressure which affects all other reservoirs – influence of human activity.

Apart from regulating water relations, generating energy, fishing industry and protection against floods, the objective of building dammed reservoirs is drinking water intake, building bathing resorts, development of water recreation and tourism. The contamination of the bodies of water used in such a way grows, which distorts the functioning of the ecosystem, impairs the self-regulation process, and self-cleaning of water environment, decreasing the quality of water and intensifying for instance the occurrence of surface water 'blooms'. Consequently, these objectives are contrary to one another and it is impossible to fully achieve them in one facility.

The use of comprehensive dammed reservoirs causes numerous problems and that is why, taking into account the existing condition of the impounding reservoir, it is impossible to fully meet all design objectives in that facility. It is recommended that its use should be dedicated to the dominant function and other objectives should be subordinate to it. In the case of reservoirs used for the municipal water purposes, it is necessary to increase the efficiency of preventing the occurrence of algal blooms, taking into account the biological processes, hydrological and hydrochemical factors as well as the biotic characteristics of the ecosystem.

Keywords: impounding reservoir, ecosystem, contamination, biotic characteristics

Wstęp

Budowa sztucznych jezior, utworzonych przez przegrodzenie naturalnych rzek, stanowi integralną część rozwoju cywilizacyjnego społeczeństw prowadząc jednocześnie do nieodwracalnych zmian w ekosystemach lokalnych. Realizacja przedsięwzięć hydrotechnicznych związanych z zarządzaniem ryzykiem powodziowym, a także realizacja szeregu innych przedsięwzięć hydrotechnicznych zawsze skutkuje trwałymi negatywnymi zmianami ekologicznego stanu wód [1].

Zbiorniki zaporowe różnią się od jezior naturalnych asymetrią misy zbiornika, która jest najgłębsza przy tamie, a najpłytsza przy dopływie stąd reżim hydrologiczny w górnej części jest właściwy rzekom, w dolnej – jeziorom.

Główne cechy różniące zbiorniki zaporowe od jezior to:

- większy (zwykle dziesiątki i więcej razy) stosunek powierzchni zlewni do powierzchni zbiornika, a w efekcie większy ładunek substancji, w tym biogenych (i obciążenie) na jednostkę powierzchni),
- krótszy czas retencji wody,
- częstsze (i niekiedy znaczne) zmiany poziomu wody, powodujące naprzemienne odsłanianie i zalewanie dużych nieraz obszarów dna, z czego wynika brak lub słaby rozwój typowej strefy litoralnej, w tym roślinności wyższej,
- niższy procent substancji organicznej w osadach dennych (ze względu na donoszenie przez rzeki znacznych ilości zawiesiny mineralnej), szczególnie w strefie dopływowej,
- zmiany od góry ku dołowi zbiornika głębokości i ewentualnie stratyfikacji, charakteru osadów dennych, często także chemizmu wody oraz sestonu.

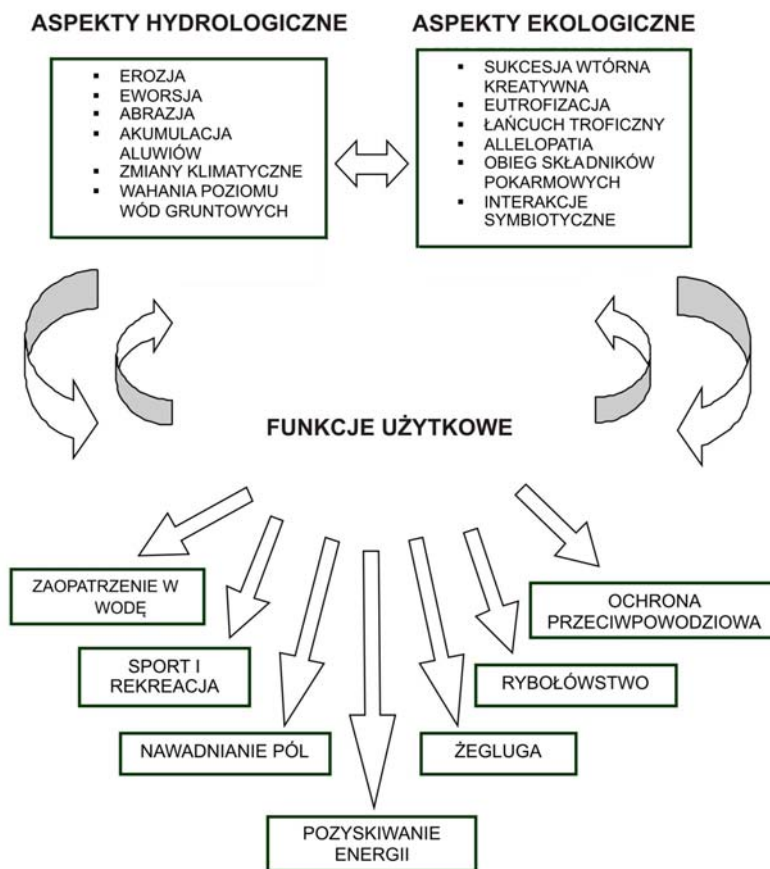
W Polsce jest ponad 90 sztucznych zbiorników wodnych. Ich wody są przeważnie silnie zanieczyszczone. Głównymi przyczynami zanieczyszczenia zbiorników retencyjnych są:

- dopływy termiczne,
- dopływy substancji toksycznych z przemysłu i rolnictwa,
- kwaśne deszcze,
- zanieczyszczenia nutrienami (głównie rolnictwo i wody ściekowe oraz dewastacje i zanieczyszczenia wynikające z wykorzystania rekreacyjnego) [2].

Tak jak wszystkie akweny powierzchniowe zbiorniki zaporowe są również odbiornikami ścieków bytowo-gospodarczych i przemysłowych, jeśli nawet nie bezpośrednio to poprzez zlewnię. Pozostają również pod wpływem obszarowych źródeł zanieczyszczeń wynikających choćby z działalności rolniczej czy hodowlanej. Dodatkowe obciążenie zanieczyszczeniami powoduje wykorzystanie zbiorników do celów rekreacyjnych. Stąd w ich wodach, obok zanieczyszczeń chemicznych, występują środowiskowe czynniki zakaźne takie jak: wirusy, bakterie, grzyby pasożytnicze, pasożyty oraz o etiologii nie zakaźnej, np. pewne substancje toksyczne pochodzenia roślinnego.

Obecnie dąży się do tego, aby każde jezioro zaporowe było wielozadaniowe (kompleksowe), to znaczy powinno uwzględniać obok regulacji stosunków wodnych jednocześnie kilka celów tj. ochronę przeciwpowodziową, pozyskiwanie energii, gospodarkę rybną, pobór wody do celów komunalnych, budowę kąpielisk, rozwój rekreacji i turystyki wodnej.

ZBIORNIK ZAPOROWY

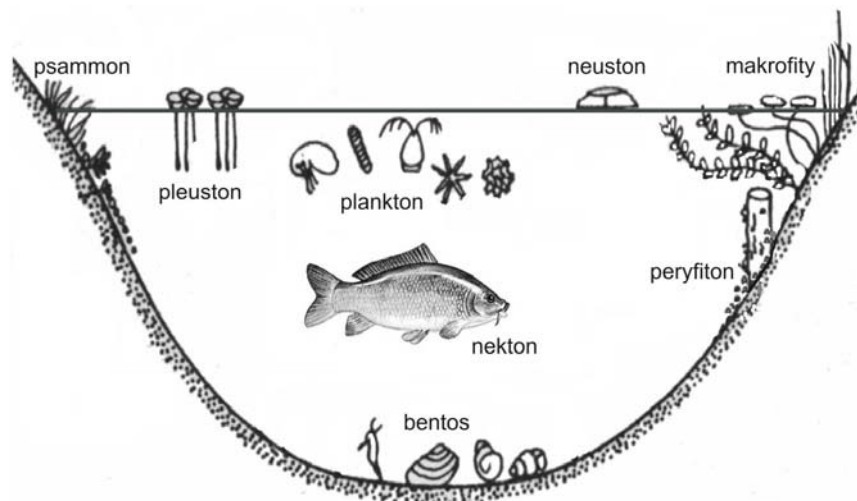


Rys. 1. Wzajemne zależności aspektów hydrobiologicznych i ekologicznych oraz funkcji użytkowych zbiorników zaporowych.

Jednakże cele te pozostają w sprzeczności ze sobą i nie istnieje możliwość ich pełnej realizacji na jednym obiekcie.

1. Zbiornik zaporowy jako ekosystem

W ekosystemach wód śródlądowych zróżnicowane warunki abiotyczne stwarzają dużą różnorodność siedlisk, czego rezultatem jest wykształcenie zespołów organizmów charakterystycznych dla nich.



Rys. 2. Główne zespoły ekologiczne w jeziorach.

Wszelkie zmiany w środowisku zaburzają funkcjonowanie biocenozy w wyniku uniemożliwiania egzystencji i rozwoju populacjom gatunków o określonych wąskich granicach tolerancji. Równowaga ekosystemu związana z obiegiem materii i przepływem energii wynika z wzajemnych relacji pomiędzy trzema podstawowymi poziomami troficznymi biocenozy: producentami, konsumentami i reducentami, wzajemnych powiązań (korelacji i interakcji) wielu czynników środowiskowych oraz od morfologii i hydrologii zbiornika wodnego.

Ekosystem, jakim jest zbiornik retencyjny należy rozpatrywać na poziomie kreatywnej sukcesji wtórnej, czyli takiej która prowadzi do powstania w danym miejscu układu ekologicznego odmiennego od pierwotnie występującego. Zainicjowanie nowego układu, powoduje uruchomienie zespołu reakcji (sukcesji) zmierzających do osiągnięcia maksimum równowagi ekologicznej poprzez zmiany struktury gatunkowej i procesów biocenotycznych.

Podstawowym problemem dotyczącym jakości wody w zbiornikach zaporowych jest praktycznie niemożliwy do osiągnięcia stan równowagi homeostatycznej ekosystemu z uwagi na utrzymywanie układu, w rezultacie jego eksploatacji, w stadium wczesnych stadiów serialnych.

2. Wpływ zbiorników zaporowych na czynniki abiotyczne środowiska

Intensywność zmian klimatycznych, wywołanych utworzonym jeziorem zaporowym, zależy od rzeźby otaczającego terenu, wielkości jeziora, przede wszystkim jego pojemności, oraz rodzaju szaty roślinnej. Im wyższe są brzegi, tym szybciej zanika ten wpływ, a im większa jest masa retencjonowanej wody, tym dalej sięga jego oddziaływanie. Zasadnicze zmiany w klimacie miejscowym to:

- zwiększenie bilansu promieniowania (wiosną jezioro zaporowe ochładza strefę brzegową, a w drugiej połowie lata i jesienią, aż do pojawienia się lodu, działa ocieplająco),
- osłabienie cech kontynentalizmu poprzez zmniejszenie dobowej amplitudy zmian temperatury powietrza i różnicy między skrajnymi temperaturami miesięcznymi i rocznymi,
- zmiany cyrkulacji mas powietrza co sprzyja zwiększeniu się częstotliwości i szybkości wiatrów oraz zmniejszaniu się liczby dni z ciszami,
- znaczny wzrost wilgotności, zarówno bezwzględnej jak i względnej w rezultacie zwiększonego parowania z wolnej powierzchni wodnej.

Wybudowanie zapory i utworzenie jeziora zaporowego powoduje wzmożenie erozji głównie liniowej oraz eworsji poniżej obiektu piętrzącego i zmniejszenie się jej powyżej. Natężenie tego procesu zależy od masy spływającej wody, wysokości zrzutu i rodzaju materiału budującego dno rzeki i jej brzegi. Zjawisko erozji liniowej i eworsji obok zmian w strukturze zbiornika, może powodować podmywanie jej fundamentów i zagrozić jej stateczności.

Silny spływ wody poniżej budowli powoduje erozję boczną, niszczącą brzegi doliny. W konsekwencji tych procesów powstają także obrywy, osuwiska i inne zjawiska geodynamiczne. Powyżej przegrody, w granicach jeziora, obserwuje się abrazję wywołaną falowaniem wiatrowym oraz prądami brzegowymi. W pewnych warunkach proces ten może być spotęgowany sufozją [4]. Prowadzi to do powstawania obrywów i osypisk, a także splezywania gruntu i osuwisk. Osuwiska mogą powstawać również wskutek infiltracji wody jeziornej w pory i szczeliny, a także przez wsiąkanie wody opadowej, która nawilża podatne na poślizg warstwy. Oprócz abrazji typu mechanicznego, znane są przypadki abrazji chemicznej, występującej wskutek wylugowania nisz abrazyjnych na brzegu, gdzie występują utwory rozpuszczalne (wapień, gips).

Spiętrzenie rzeki i utworzenie jeziora zaporowego pociąga za sobą intensyfikację akumulacji aluwów (rumowiska) niesionych przez nurt co powoduje stopniowe zmniejszenie jego pojemności. Materiał gruboziarnisty stanowiący nieznaczną część całej masy rumowiska osadza się on na

początku cofki jeziora, natomiast drobnoziarnisty dociera do zapory, a nawet przedostaje się poniżej piętrzenia.

Kluczowym i często niekorzystnym zjawiskiem, towarzyszącym budowie sztucznych akwenów, jest podniesienie się zwierciadła wód gruntowych w ich otoczeniu i zależy od rzeźby strefy brzegowej, budowy geologicznej, a także wysokości piętrzenia i reżimu gospodarowania wodą, tzn. piętrzenia i spuszczenia wody. Zapobieganie temu negatywnemu zjawisku jest trudne, kosztowne i nie zawsze daje pozytywne wyniki, dlatego też na terenach przyległych potrzebne są racjonalne rozwiązania melioracyjne.

3. Wpływ zmiennych czynników abiotycznych na kształtowanie biocenozy zbiorników zaporowych

Niewielka głębokość i duża powierzchnia czynią zbiorniki specyficznymi układami, w których czynniki abiotyczne decydują o funkcjonowaniu biocenozy, niejednokrotnie uniemożliwiając utrzymanie równowagi homeostatycznej. W zbiornikach tych, zwłaszcza rozległych, szerokich, zróżnicowanych woda nie płynie jednolicie całą powierzchnią tworząc obszary zastoiskowych, lenitycznych, a im strumień większy obszar przybiera charakter przepływowy, lotyczny.

Rzeczno-jeziorowy charakter zbiorników retencyjnych wpływa na ich cechy fizyczno-chemiczne i biologiczne dlatego w składzie gatunkowym oraz liczebność roślin i zwierząt w górnej części przeważają zgrupowania organizmów właściwych rzekom, w dolnej – jeziorom.

Po utworzeniu zbiornika plankton rozwija się szybko, gdyż ma dość krótki cykl rozwojowy i szybko się namnaża. W części przybrzeżnych jest znacznie bogatszy i cechują go inne stosunki ilościowe poszczególnych grup i gatunków niż w części centralnej. Rozwój planktonu w sztucznych akwenach zależy, w decydującej mierze od żyzności wody a także od czasu retencji. W niewielkiej, zwłaszcza szybko płynącej rzece warunki do tego są przeważnie niesprzyjające, rozwój zaczyna się więc dopiero w zbiorniku zaporowym. Dla rozwoju fitoplanktonu wystarczający może być okres kilku dni, dla zooplanktonu, zwłaszcza skorupiaków (które mają odpowiednio dłuższy czas rozwoju niż wrotki czy pierwotniaki) – rzędu 2 tygodni.

Bentos wkrótce po zalaniu zbiornika jest ubogi jakościowo; trzeba kilku i więcej lat, aby się wzbogacił i ustabilizował, zwłaszcza aby się rozwinęły gatunki z grup hololimnicznych. Natomiast gatunki merolimniczne zasiedlają teren szybko i mogą występować bardzo obficie. Grupy organizmów hololimnicznych wkraczają i rozwijają się powoli i stopniowo opanowują coraz to nowe rejony. Udział ich w ogólnej masie bentosu rośnie z wiekiem zbiornika. Natomiast zmiana trofii, a w związku z tym biomasa fitoplanktonu oraz bentosu zależy od sytuacji. Jeśli wody dopływów są ubogie w związki azotu i fosforu, to trofia, po wyczerpaniu zasobów roślinno-glebowych zalanego ładu maleje, jeśli dopływy są żyzne – trofia i biomasa rośnie. Największy udział biomasy, zwłaszcza bentosu, obserwuje się w strefie okresowo osuszanej i zalewanej (jeśli okres osuszenia jest dostatecznie długi dla rozwoju roślinności lądowej, która w wodzie rozkłada się i dostarcza pokarmu faunie wodnej), w strefach głębszych, w tym dawnych korytach rzek, gdzie gromadzi się więcej osadów dennych oraz w innych miejscach o większej żyzności – np. w pobliżu żyznych dopływów lub okolicach żyznych zatok z bogatą roślinnością.

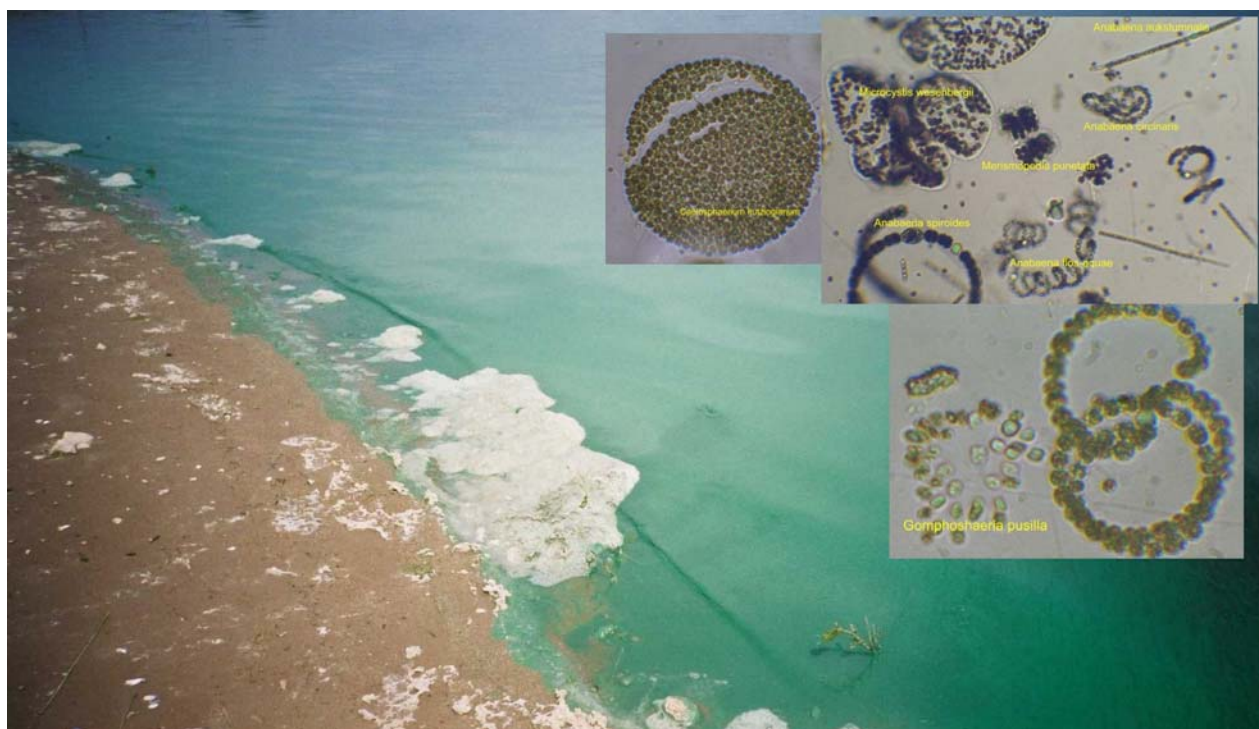
Populacje ryb w zbiornikach znajdują się początkowo w znikomym zagęszczeniu, a proces zwiększenia ilości populacji może trwać wiele lat. W okresie tym zanikają gatunki rzeczne, wykształcają się zespoły ichtiofauny typowe dla zbiorników, zwykle z dominacją leszcza i płoci. W zbiornikach zaporowych retencyjnych występują bardzo znaczne wahania poziomu wód. Znacznymi, długotrwałymi zmianami poziomu wód w cyklu rocznym charakteryzują się górskie zbiorniki zaporowe np. w Solinie 10 m. Płytkie zbiorniki np. Myczkowiecki wykazują dobowe zmiany poziomu lustra wody sięgające 2 m [3]. Zmienny poziom wody skutkuje słabym rozwojem lub brakiem roślinności litoralnej. W tych warunkach ikra ryb drapieżnych ulega zniszczeniu,

uniemożliwiając utrzymanie liczebności drapieżców na odpowiednim poziomie. Ponadto brak roślinności szuwarowej pozbawia narybek miejsca schronienia i żerowania i zaburza obieg pierwiastków w ekosystemie wodnym. Niejednokrotnie dla ustabilizowania znaczną część skarpy odwodnej pokrywa się płytami betonowymi co całkowicie eliminuje ten układ ekologiczny (np. zbiorniki Bledzewski i Siemianówka). Podobnie jak w zbiornikach wykorzystywanych do celów energetycznych duża amplituda wahań lustra wody wywołuje ten sam efekt.

Eutrofizacja jest najczęstszym i najbardziej brzemiennym w skutki antropogenicznym zakłóceniem funkcjonowania ekosystemów wodnych. Wody charakteryzują się różnym stanem troficznym określającym intensywność produkcji pierwotnej. Eutrofizacja to naturalny lub sztucznie uruchomiony proces wzbogacania wód w mineralne składniki pokarmowe oraz stymulowany przez te składniki masowy rozwój roślin wodnych, a także wynikający z tego wzrost produkcji pierwotnej. Za przyczyny eutrofizacji należy uznać wszystkie czynniki sprzyjające lub powodujące nadmierną produkcję substancji organicznych w wodzie. Obok decydującej roli pierwiastków biogennych pochodzenia naturalnego i antropogenicznego efekt użyźniania mogą wywoływać również mikroelementy, witaminy, hormony, a także światło, ruch wody i jej temperatura a więc wszystkie czynniki, które stymulują produkcję pierwotną [5]. W ekstremalnie produktywnych zbiornikach następstwem eutrofizacji są zakwity glonów, wpływające na zmniejszenie wartości użytkowej wód. Na skutek nadmiernego dopływu substancji organicznych lub mineralnych do zbiornika równowaga ekosystemu może zostać zachwiana, a efektem jest zawyżony rozwój reducentów (przy dopływie związków organicznych) lub producentów (przy dopływie biogennych substancji mineralnych). Konsumenci reagują wzrostem biomasy i do pewnego stopnia mogą regulować ten proces modyfikując liczebność pozostałych grup [6].

Eksploatacja kompleksowych zbiorników zaporowych przysparza wiele trudności i zawsze skutkuje trwałymi negatywnymi zmianami ekologicznego stanu [1].

Dowodem są liczne doniesienia o występowaniu zakwitów glonów i sinic w większości eksploatowanych w Polsce zbiorników zaporowych [7,8, 9].



Fot. 1. Zakwit sinic w zbiorniku Siemianówka.

W przypadku wykorzystywania wód zbiorników retencyjnych do celów komunalnych czy rekreacyjnych zjawisko zakwitów sinicowych pociąga za sobą skutki nie tylko ekologiczne ale i zdrowotne, technologiczne oraz ekonomiczne. Obok kaskady skutków ekologicznych wynikających z masowego rozwoju glonów upośledzeniu ulegają wartości użytkowe wody poprzez zmianę jej cech organoleptycznych (zapach, smak, mętność itp.) i chemicznych. Wiele organizmów wodnych wydziela do środowiska substancje biologicznie czynne. Należą do nich związki toksyczne produkowane przez sinice i grzyby, substancje antybiotyczne produkowane przez liczne rodzaje glonów i grzybów, związki allopatyczne produkowane przez rośliny naczyniowe i wiele różnych związków organicznych powstających jako produkty pośrednie metabolizmu lub w wyniku biotransformacji ksenobiotyków [10].

4. Podsumowanie

Realizowana wielofunkcyjność zbiorników zaporowych opóźnia bądź uniemożliwia zrównoważenie ekologiczne jeziora. Typowymi cechami zbiorników retencyjnych jako niezrównoważonych układów są oscylacje zawartości tlenu rozpuszczonego, liczebności i składzie gatunkowym organizmów planktonowych, stężeń pierwiastków biogennych, temperatury wody itp. Wpływa to na ograniczenie bądź uniemożliwia prawidłowy przebieg procesów samooczyszczania. Stąd podejmowane są próby uzdrawiania sztucznych akwenów wodnych poprzez biomanipulację [11,12]. Bez kompleksowych rozwiązań obejmujących nie tylko zbiornik, ale i jego zlewnię oraz podniesienia świadomości i wiedzy ekologicznej społeczeństwa nie jest możliwe osiągnięcie pozytywnych rezultatów. Działania prowadzące do uzyskania jak najlepszej jakości wody powinny obejmować:

a) ograniczenie ilości dopływających substancji biogennych przez:

- renaturyzację koryta rzecznej, polegającą na zwiększeniu różnorodności ekologicznej doliny rzecznej,
- tworzenie stref buforowych wzdłuż koryta rzecznej oraz linii brzegowej zbiornika,
- uporządkowanie gospodarki ściekowej w obrębie zlewni zbiornika,
- uporządkowanie infrastruktury turystycznej,
- tworzenie porośniętych makrofity polderów sedymentacyjnych,
- trwałe zatrzymywanie fosforu w osadach dennych oraz stopienia natlenienia wód przydennych.

b) przeciwdziałanie resuspensji osadów przez:

- usuwanie ich z miejsc silnej kumulacji,
- konsolidowanie przy pomocy zakorzenionej roślinności wodnej,
- uwzględnienie roli filtracyjnej przez zasiedlające dno małże.

c) przeciwdziałanie skutkom falowania wody i podniesienie heterogenności środowiska przez sztuczne kreowanie i utrzymywanie obszarów porośniętych makrofity wodnymi.

d) wstrzymanie transportu substancji niebezpiecznych przez czasę zbiornika.

e) prowadzenie biomanipulacji, jako procesu wspomagającego rekultywację zbiornika.

- zarybianie gatunkami drapieżnymi i usuwanie ryb planktonożernych,
- stały monitoring gatunków zwierząt zajmujących poszczególne piętra piramidy troficznej,
- ograniczenie rybołówstwa i wędkowania.

f) stały monitoring składu i jakości wody.

Pomimo korzyści ekonomicznych dla regionu jakie może przynieść okolicznym gminom budowa wielofunkcyjnego zbiornika zaporowego, z uwagi na skutki ekologiczne należy rozważyć rozwiązania alternatywne jak renaturyzacja ekosystemów rzecznych i dolinowych zwiększających retencję (rozsuwanie obwałowań w dolinach rzek, odtwarzanie bocznych koryt i starorzeczy) lub budowę suchych zbiorników retencyjnych [1].

BIBLIOGRAFIA

- [1] Załącznik 1 Wytyczne do ekspertyzy w zakresie oceny wpływu/oddziaływania przedsięwzięcia na cele ochrony wód w rozumieniu art. 4.1. w związku z art. 4.7. Ramowej Dyrektywy Wodnej.
- [2] Kulikowska-Karpińska E, Klusewicz K.: Ocena chemicznych zanieczyszczeń wód sztucznego zbiornika w Siemianówce w latach 2007–2008, *Ochrona Środowiska i Zasobów Naturalnych*, nr 40, 2009, 497–504.
- [3] Prus T., Prus M., Prus P., Ozimek T.: Charakterystyka ekologiczna zbiorników zaporowych Solina i Myczkowce na Sanie, *Mat. Konf. Nauk. Techn. „Błękitny San”*, 2006, 33–47.
- [4] Filipowicz B., Sobkowiak J.: Procesy sufozyjne – w jakiej sytuacji mogą wystąpić, *Mat. Konf. „Ekologia a Budownictwo”*, Bielsko-Biała 2007, /geotechnika.edu.pl/publikacje/bielsko-biala 2007 – procesy sufozyjne.pdf/
- [5] Jezierska-Madziar M, Pińskwar P.: Zagrożenia dla gospodarki rybackiej wynikające z postępującej eutrofizacji śródlądowych wód Powierzchniowych, *Użytkownik Rybacki-Nowa Rzeczywistość*, PZW, 2008 70–77.
- [6] Bochnia T., Wójcik W., Ocena trofii Zbiornika Dobczyckiego w latach 1995–2000, *Materiały Ogólnopolskiej Konferencji Naukowo-Technicznej „Aktualne zagadnienia w uzdatnianiu i dystrybucji wody”*, Szczyrk 2001.
- [7] Mej E. Lechowski Z.: Wpływ czynników zewnętrznych na wzrost sinic i syntezę toksyn, *Wiadomości Botaniczne*, nr 44, 2000, 35–49.
- [8] Gałczyński Ł., Ociepa A.: Charakterystyka toksyn produkowanych przez sinice Proceedings of EC Opole 2, 1. 2008, 177–179.
- [9] Kabziński A.K.M.: Badanie obecności toksyn sinicowych w wodach powierzchniowych Polski, *Przegląd Geolog* 53, 2005, 1067–1068.
- [10] Traczewska T.M.: Wpływ bioróżnorodności środowiska wodnego na właściwości organoleptyczne wody, *Ochrona Środowiska*, 4, 2005, 13–18.
- [11] Górniak A. Ekosystem zbiornika Siemianówka w latach 1990–2004 i jego rekultywacja, Uniwersytet w Białymstoku, 2006.