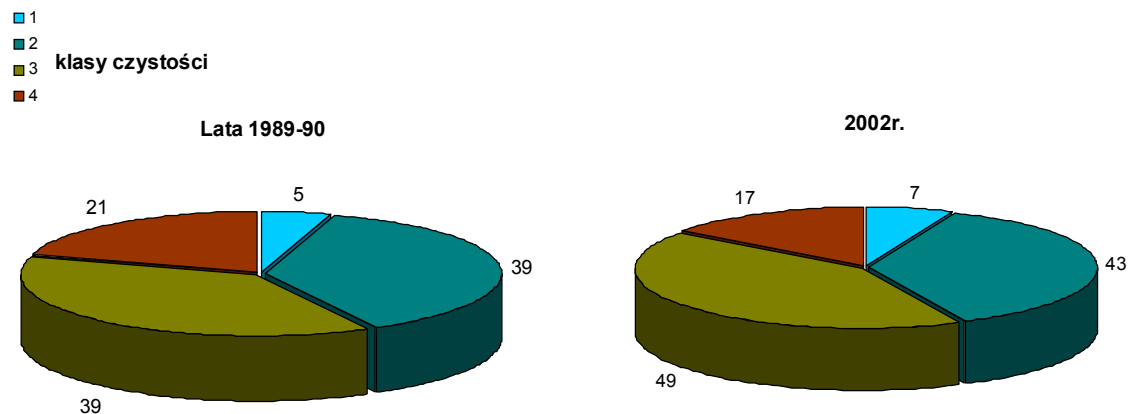


Prof. UZ dr hab. inż. Zofia Sadecka – Uniwersytet Zielonogórski
mgr inż. Janusz Waś - Biopax PL Sp. z o.o.

NIEINWAZYJNE METODY POPRAWY JAKOŚCI ZBIORNIKÓW WODNYCH - PERSPEKTYWA

1. WSTĘP

Działalność cywilizacyjna człowieka w znacznym stopniu przyczynia się do wyraźnej degradacji wód powierzchniowych w tym jezior. Zanieczyszczenia dostają się do wód głównie poprzez źródła punktowe i obszarowe. Pierwsze z nich stanowią ścieki miejskie i przemysłowe, natomiast zanieczyszczenia obszarowe pochodzą ze spływów z terenów wiejskich oraz wymywania i erozji gleb. Udział zanieczyszczeń obszarowych i punktowych dostających się do wód, zmienia się w bardzo dużym stopniu w zależności od rodzaju zlewni i np. usytuowania jeziora. Analizując aktualne dane dotyczące jakości wód powierzchniowych należy stwierdzić, że jakość wód poprawia się nieznacznie, wciąż jednak niewielki jest udział wód o dobrej i bardzo dobrej jakości: jedynie 3,3% długości powierzchniowych wód płynących monitorowanych przez służby Inspekcji Ochrony Środowiska spełnia wymagania stawiane wodom wykorzystywanym do zbiorowego zaopatrzenia w wodę do picia, a aż 31,9% długości monitorowanych wód jest nadmiernie zanieczyszczonych. Stan czystości jezior w ostatnich latach ulega powolnej ale systematycznej poprawie (rys.1). Z ogólnej liczby 120 badanych jezior w 2002r. do klasy I zakwalifikowano 7 jezior, w II klasie było 43, a w klasie III 49 jezior. Wody 17 jezior zakwalifikowano jako pozaklasowe.



Rys. 1. Stan czystości jezior w Polsce w latach 1989-2002

W latach 60 ubiegłego wieku podjęto próby rekultywacji zdegradowanych jezior. Nie dysponowano odpowiednim zasobem wiedzy wynikającej z doświadczeń z tego rodzaju działalności tym bardziej, że każdy akwen wodny funkcjonuje w innych warunkach wewnętrznych i zewnętrznych.

Obecnie stan tej wiedzy i dalszy rozwój w innych dziedzinach nauki, nie koniecznie w sferze nauk przyrodniczych, doprowadziły do momentu, kiedy na podstawie zdobytej praktyki można zacząć rozwijać mocne podstawy teoretyczne związane z rekultywacją zbiorników wodnych.

2. Układy dynamiczne

W zrozumieniu zjawisk dynamicznych, które są charakterystyczne dla wszelkich ekosystemów, a środowisk wodnych w szczególności, dużą pomocą jest matematyka.

W ostatnich latach zwrócono uwagę, że doskonałym narzędziem w obserwacji jakości i kierunków przemian stale występujących w biologii jest teoria zachowania układów dynamicznych.

Wszystkie układy dynamiczne występujące naturalnie w przyrodzie charakteryzują się nieuporządkowanym zachowaniem cząstkowych układów deterministycznych.

Od czasu, kiedy takie zachowania zaobserwowano w dziedzinie mechaniki w odniesieniu do układów nieliniowych o niewielkiej liczbie stopni swobody, ta gałąź matematyki zaczęła się dynamicznie rozwijać, aż do powstania bardzo rozbudowanej teorii chaosu deterministycznego.

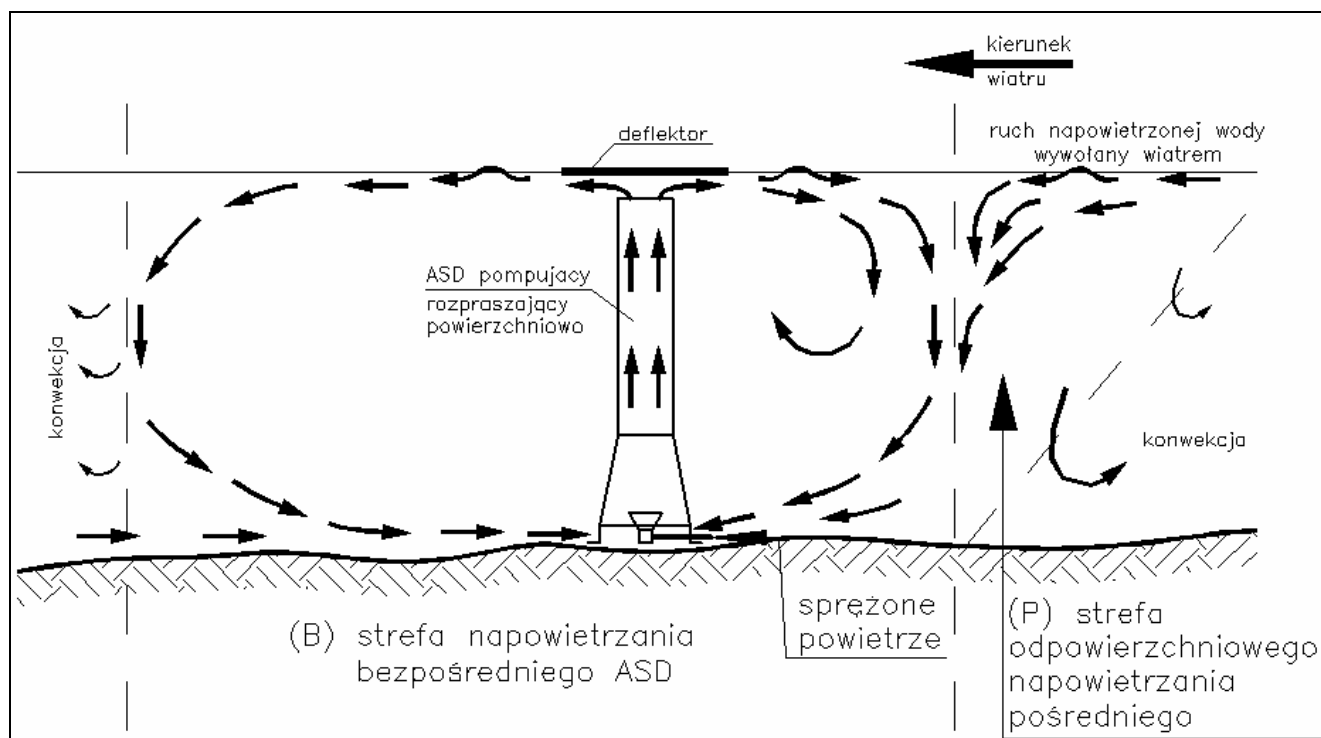
Jeśli szereg występujących zmiennie w czasie zdarzeń można opisać w postaci funkcji, to w bardzo złożonych układach chaotycznych można zaobserwować ich „gromadzenie” w pewnych miejscach przestrzeni. Takie punkty bądź zbiory są atraktorami. W związku z tym chcąc prognozować proces, lub nawet wpływać na jego przebieg należy poszukiwać atraktorów, bowiem są one ukrytym uporządkowaniem procesów.

Jeśli uznamy, np., że jednym z najprostszych atraktorów w odniesieniu do ruchu ciał fizycznych poruszających się w polu grawitacyjnym jest powierzchnia planety, to nie trudno zauważyć, że można operować procesem chaotycznym, celowo wprowadzając czynniki/bodźce generujące atraktory skupiające w określony sposób trajektorie przebiegu pożądaných procesów cząstkowych.

Należy jednak liczyć się z tym, że bodziec musi być zaaplikowany z określoną intensywnością, adekwatną do aktualnego stopnia nieuporządkowania.

Chodzi o to, żeby wprowadzone nowe zakłócenie procesu zdominowało i wymusiło w czasie inny kształt i przebieg poszczególnych trajektorii stanu wyjściowego.

Przykładem takiego działania może być wprowadzenie do toni jeziora punkowego aeratora ASD (Aerator Strumieniowy Denny) pracującego na zasadzie pompy mamut.



Rys. 2 Wpływ wiatru na pracę aeratora ASD.

Uporządkowanie początkowego, chaotycznego układu linii prądów występujących w jeziorze po uruchomieniu ASD pokazano schematycznie na rys. 2. Dla łatwiejszej oceny zjawiska, pokazano najprostszy przypadek, który potwierdza możliwość ingerencji operatora w chaos – czyli wygenerowania zamierzonych atraktorów.

Badania modelowe przeprowadzono w stawie stabilizacyjnym o pow. 2,7 ha i średniej głębokości 2,0 m. Zasięg i kształt strefy B oraz strefy P zależy od wydajności pneumatycznej i hydraulicznej aeratora ASD oraz siły i kierunku wiatru.

W rzucie z góry strefa (B) przy wiejącym wietrze ma kształt zbliżony do paraboli, przy pogodzie bezwietrznej kształt koła.

Dla rozkładu linii prądów, ale również, co jest bardziej istotne, linii natlenienia profilu (kształt i rozkład podobny do linii prądów), aerator ASD (lub zbiór punktów w bezpośredniej przestrzeni wokół niego) jest atraktorem dla trajektorii tych zjawisk.

Nie jest to atraktor jednopunktowy, ponieważ występują tu pewne wahania, ale o dającej się określić amplitudzie. W związku z tym można przyjąć, że jest to atraktor kilkupunktowy, lecz na pewno nie fraktal (dziwny atraktor).

Z obserwacji działania modelu można również wysnuć wniosek, że im silniejsze jest działanie deterministycznego ASD, tym uporządkowanie trajektorii jest wyraźniejsze i zwiększa się zasięg działania tego atraktora. Zmniejsza się też wrażliwość nowo wytworzonego układu na zakłócenia zewnętrzne.

Z powyższego wynika, że wprowadzając do nieuporządkowanego dynamicznie środowiska, układ - element o wysterowanej dynamice wyższej od otaczającego środowiska, możemy lokalnie uzyskać określone uporządkowanie procesów. Takie uporządkowanie procesów również w ekosystemach wodnych, jest możliwe przez wprowadzenie odpowiednio dobranego elementu- atraktanta.

Używając tego określenia autorzy mają na myśli zespół atrakcyjnych i w szerokim zakresie najkorzystniejszych w stosunku do danego otoczenia warunków bytowania dla określonych gatunków organizmów. Czyli generalnie atraktant może być atraktorem, ponieważ z całą pewnością porządkuje dyslokacje gatunków i wpływa na rozwój określonych populacji w ustalonych siedliskach.

3. KRYTERIA INWAZYJNOŚCI

Degradacja jakości zbiorników wodnych jest wynikiem nieprzemyślanego, beztroskiego i destrukcyjnego działania człowieka. Działania takie należy uznać za powolną inwazję, działanie negatywne.

Z reguły, jeśli zbiornik wodny wymaga rekultywacji to jest to jednoznaczne z tym, że jego ekosystem, inwazyjnie przekształcony został w niekorzystny stan stabilny. Jak wykazały liczne obserwacje, nawet powstrzymanie inwazji destruktywnej np. odcięcie dopływu ścieków do jeziora, nie wpływa znacząco na poprawę jego stanu.

Utrwalenie niekorzystnych stanów stabilnych często jest tak duże, że obserwuje się również zjawisko odporności na zabiegi rekultywacyjne, które w pewnym sensie są również swoistą inwazją.

Dowodzi to, że stan ustalony inwazją powolną ingerującą bardzo głęboko w przebudowę ekosystemu, właśnie poprzez ową „głębokość” jest bardzo odporny na czynniki inwazji szybkiej, w praktyce często niepełnej i zbyt powierzchownej.

Rekultywacja zbiorników wodnych jest więc zagadnieniem trudnym, ponieważ jeśli ma być trwała i skuteczna musi wpisać się niejako w cykl adaptacyjny ekosystemu wodnego.

Należy sobie zdać sprawę z tego, że aktualny stan jakościowy zbiornika wodnego nie powstał na drodze naturalnej ewolucji. W związku z tym bez ukierunkowanej ingerencji zewnętrznej, nawet po odcięciu dopływu zanieczyszczeń, ewolucja ekosystemu nie pójdzie po pętli jaka byłaby realizowana, gdyby zbiornik wodny uległ naturalnej degradacji.

Wydaje się, a właściwie jest to pewne, że najmniejszą odprężność na zabiegi rekultywacyjne uzyskamy wtedy, kiedy nasze działania będą zbieżne, bądź prawie tożsame z mechanizmami, które wystąpiłyby naturalnie w fazie odnowy i regeneracji, gdyby destrukcja nie została wywołana sztucznie.

Należy więc dążyć do tego, żeby linia naturalnej pętli była atraktorem trajektorii procesów wywołanych zabiegami rekultywacyjnymi, a zastosowane metody i zabiegi rekultywacyjne nie będą wtedy metodami inwazyjnymi.

4. DZIAŁANIA PRAKTYCZNE

W uproszczonym schemacie przyjmujemy następujący ciąg procesów i zjawisk w czasie, które doprowadzają do nakręcającej się spirali degradacji zbiornika wodnego:

- stan początkowy, stabilny – czysta woda,
- nienaturalny dopływ zanieczyszczeń w tym związków biogenych i zawiesiny (np. ścieki),
- powstaje „nadwyżka” pokarmowa z jednoczesnym zmętnieniem wody,
- zachwianie ogólnej równowagi troficznej,
- kurczy się strefa fotyczna, zaczyna cofać się strefa bentosu, głównie fitobentosu,
- zwiększony rozwój sinic,
- następuje przerwanie łańcucha pokarmowego i zwiększenie zawartości chlorofilu w wodzie,
- gwałtowny wzrost ilościowy i jakościowy planktonu - zwiększona mętność ogólna,
- dalsze zmniejszenie strefy fotycznej ze względu na j.w. oraz przez nadal trwający dopływ zanieczyszczeń,
- dalsze obumieranie bentosu i związany z tym wzrost ilości osadów dennych, za to ekwiwalentnie poszerza się populacja planktonu - głównie fitoplanktonu, zwiększa się mętność,
- spada stężenie tlenu w wodzie, głównie przy dnie, w wyniku wzrostu ilości obumierającej materii organicznej i ciągłego dopływu zanieczyszczeń,
- stężenie tlenu przy dnie spada do zera ,
- poza stale działającym w/w ciągiem procesów uruchamia się intensywna wewnętrzna przemiana związków biogenych.

Od tego momentu degradacyjna spirala zaczyna nakręcać się ze zwiększoną prędkością i dalsze przemiany wg. opisanego wyżej scenariusza zmierzają do osiągnięcia przez zbiornik równowagi stabilnej, która odpowiada parametrom zbiorników zdegradowanych, nawet po odcięciu negatywnych czynników zewnętrznych.

4.1 Wybór działań

Dokładna analiza zaprezentowanej spirali degradacji, nasuwa rozwiązania inżynierskie do których należą:

- a. odcięcie lub maksymalne ograniczenie dopływu zanieczyszczeń. Jeśli jest to niemożliwe, można tego dokonać w zbiorniku (np. przez zastosowanie barier biologicznych),
- b. dążyć do polepszenia jakości wody oraz ograniczenie uwalniania (resuspensji) osadów zalegających na dnie zbiornika ,

- c. ograniczyć stężenie związków biogenych w wodzie,
- d. unieruchomić zasilanie wewnętrzne (alimentację) poprzez intensywne napowietrzanie toni i warstw przydennych.

Zgodnie z zasadą przyrostu entropii, jeśli jakiś proces się odbył, to do jego odwrócenia, czy przemodelowania, trzeba wydatkować porcję energii adekwatną do zamierzonego „wycofania” zmian. Nie oznacza to wcale i zdaniem autorów przyjęcie takiego założenia byłoby dużym błędem, że czas trwania akcji naprawczej musi być również adekwatny do czasu trwania destrukcji.

Aby uniknąć rozpraszania energii działań w niepożądanych kierunkach (w procesie napowietrzania dosłownie), akcja musi być bardzo intensywna i dobrana zarówno ilościowo jak i jakościowo do jakości i rozmiarów zbiornika wodnego.

Chcąc uzyskać wyraźny efekt utlenienia materii organicznej zgromadzonej w jeziorze (w tym osadów dennych), należy liczyć z tym, że wydajność aeratorów pompujących (np. ASD) musi być taka, żeby przepompowały one co najmniej całą objętość jeziora w jednym sezonie nieproduktywnym (listopad - kwiecień), względnie kilkakrotnie w ciągu całego roku. Oznacza to, że wydajność aeratorów lub ich zespołu powinna być liczona w tysiącach metrów sześciennych na godzinę, a nie jak można wnioskować z danych literaturowych opisujących zastosowanie minifloksów, kilkadziesiąt metrów sześciennych na godzinę.

Tylko takie działanie w dynamicznym, chaotycznym środowisku wywoła ukierunkowany i pożądany ciąg zdarzeń.

4.2 Urządzenia

Aby uzyskać efektywne zmiany w zbiorniku wodnym należy dokładnie znać rodzaj i możliwości urządzeń, które możliwe są do zastosowania w rozwiązaniu tego problemu. Dotyczy to również konfiguracji i kombinacji układów oraz skutków jakie wywołają różne warianty.

4.2.1 Aerator strumieniowy denny (ASD)

Aerator ASD pracuje hydraulicznie wg zasady działania pompy mamut. W różnych wariantach składa się z:

- dyszy powietrza,
- stożka iniekcyjnego,
- rury pionowej (wznoszącej),
- deflektora tłumiąco - rozpraszającego,
- płaszcza powrotnego (szerokiego bądź wąskiego),
- rury głębokiego ssania (dla jezior głębokich).

Nominalna wydajność hydrauliczna ASD zależy od średnicy rury pionowej i ilości podawanego powietrza. Ilość podawanego do ASD powietrza przy pracy w jeziorze powinna mieścić się w granicach $650 \div 950 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{h}$ przekroju rury pionowej. Wtedy średnia wydajność pompowa wyniesie $2 \div 4 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{s}$, przy głębokości nie mniejszej niż 5,0 m.

Przykład obliczeniowy

Przy założeniu, że aerator ustawiony jest na głębokości 5,0 m, a średnica rury pionowej wynosi 1,0 m wydajność hydrauliczna ASD będzie wynosiła:

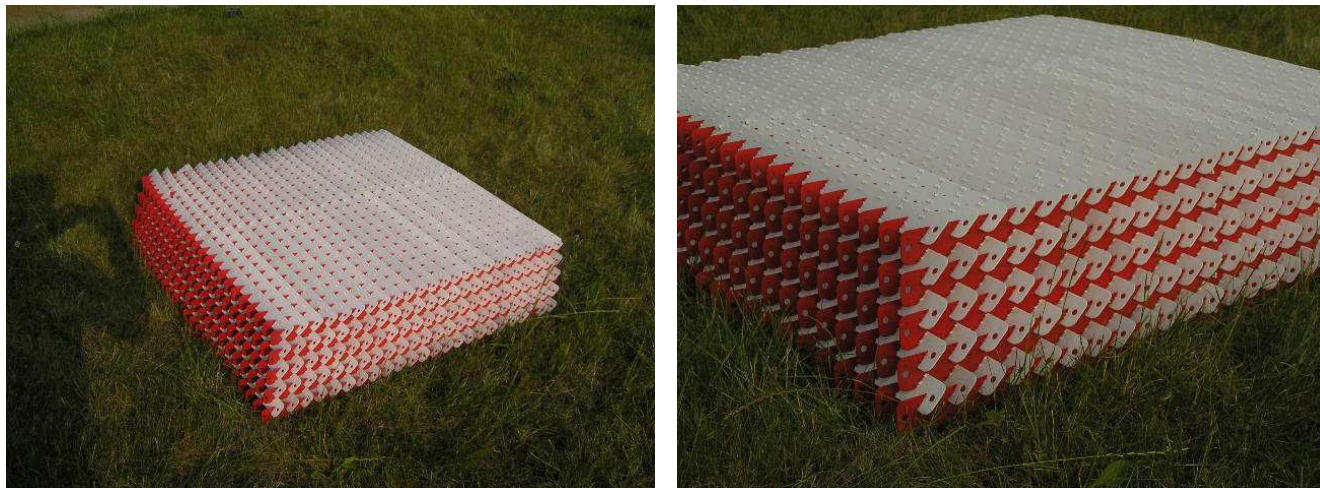
$$Q_w = 2,355 \text{ m}^3/\text{s} = 8478 \text{ m}^3/\text{h} = 203472 \text{ m}^3/\text{dobę} = 6104160 \text{ m}^3/\text{miesiąc}.$$

Ażeby osiągnąć ten efekt, do ASD należy podać powietrze w ilości około:

$$Q_p = 628 \text{ m}^3/\text{h}.$$

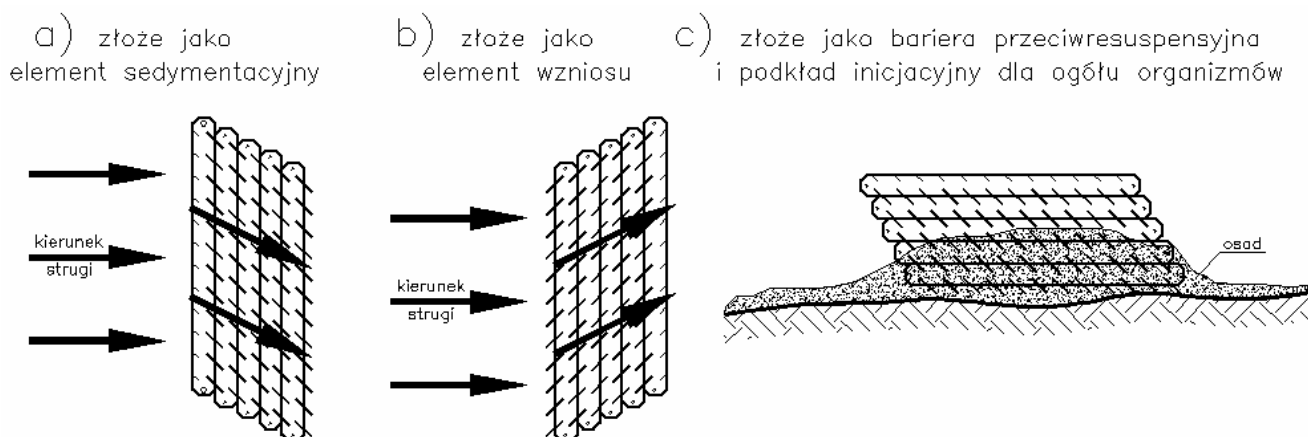
4.2.2 Struktura bio-hydro (wypełnienie złoża biologicznego)

Elementy wypełnienia (stosowane również w oczyszczalniach ścieków) wykonywane są w standardzie jako panele o wymiarach 106 x 106 x 20cm. Jest to pięciowarstwowa krata skonstruowana z pasków o szerokości 4 cm i wymiarach pojedynczego oczka 4 x 4cm. Każda następna warstwa w stosunku do poprzedniej przesunięta jest w dwóch kierunkach o pół modułu oczka (fot.1).



Fot. 1 Panele złoża biologicznego

Jeśli taki pakiet ustawimy w pionie, to płaszczyzna pasków pionowych jest prostopadła do płaszczyzny panela. Natomiast płaszczyzna pasków poziomych pochylona jest w stosunku do płaszczyzny panela pod kątem 45°. Taki układ geometryczny pozwala na kierowanie strugi w górę lub w dół zależnie od kierunku przepływu. W związku z tym, taką strukturę można użyć np. jako element sedymentacyjny, element wzniosu lub jako barierę przeciwresuspensyjną i podkład inicjacyjny dla ogółu organizmów roślinnych (fitobentos) i zwierzęcych (zoobentos) zasiedlających dno zbiorników wodnych (rys. 3).



Rys. 3 Przykłady funkcji struktur bio-hydro (złóż biologicznych)

Powierzchnia pasków jest chropowata (moletowana) i wykonana z chemicznie obojętnego tworzywa sztucznego co umożliwia porostanie różnego rodzaju gatunków osiadłych.

Pomimo tego, że powierzchnia rozwinięta takich złóż wynosi $122 \text{ m}^2/\text{m}^3$, to złożo to ma niski stopień tłumienia przepływu i stosunkowo dużą wolną przestrzeń wewnętrzną. Dzięki temu, po wstawieniu do toni wodnej, bardzo szybko staje się ono siedliskiem peryfitonu w bardzo szerokim zakresie.

Stanowiąc swoistą niszę ekologiczną jest jednocześnie atraktantem dla wielu gatunków osiadłych, ale również dla narybku. Ponad tonią wodną, samoistnie, na górnych elementach paneli zasiedla się cała gama roślin wodolubnych (fot. 2).



Fot. 2 - Bariery biologiczne na jeziorze Rybnickim (listopad)

W latach 80-tych w firmie Biotechnika badano stopień zarastania takich złóż na jeziorach Karczemne i Klasztorne. Średnio jeden standardowy panel porastał biomasą w ilości ok.70 kg.

Jeśli tak porośnięte złożo usuniemy w odpowiednim czasie z akwenu, to wraz z biomasą usuniemy wbudowany w nią ładunek związków biogennych.

Czyli bez usuwania osadów i stosowania chemicznego strącania, możemy usunąć z akwenu bezpowrotnie określone ładunki związków biogennych. Jest to więc sposób pewny i nieinwazyjny. Pewność osiągniętego efektu w stosunku do np. metod chemicznych polega na tym, że zastosowanie strącania chemicznego nie daje gwarancji, że w określonych warunkach (pH, potencjał redox) nie zostaną zniszczone zdolności sorpcyjne metali w zastosowanych koagulantach.

Jak wykazują dane, bardzo często tak się właśnie dzieje i wtedy poza nie rozwiązany nadal problemem usuwania fosforu mamy dodatkowy ładunek „obcy” w postaci związków metali w wodzie. Mamy wtedy do czynienia z **nowym zjawiskiem zdolności dopasowywania** się układu do nowych warunków, które na dodatek przebiegać może w kompletnie nie znanym kierunku.

4.3 Zastosowania proponowanych urządzeń

4.3.1 Warianty zastosowania aeratora ASD

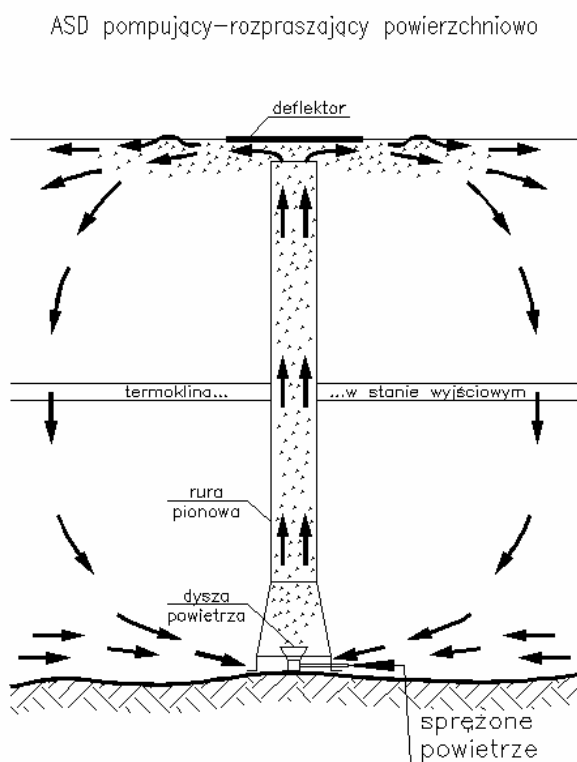
Projektując system i sposób napowietrzania jeziora, należy wziąć pod uwagę następujące czynniki:

A. Stężenie tlenu w wodzie i przy dnie zbiorników wodnych, które zależy od:

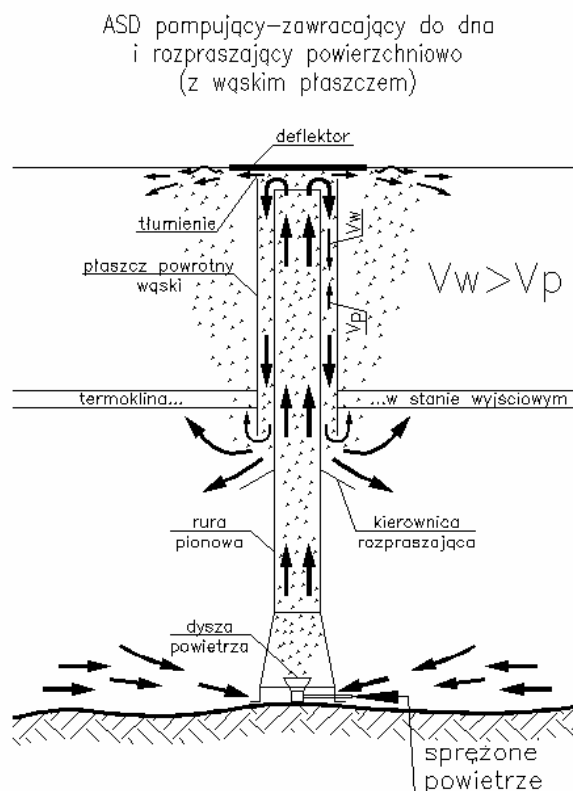
- stopnia eutrofizacji zbiornika wodnego,
- wielkości deficytu tlenowego w osadach dennych z ewentualnym uwzględnieniem uwalniania (resuspensji) osadów,
- temperatury,
- intensywności cyrkulacji wiosennej, jesiennej, ewentualnie na skutek falowania.

B. Nominalny efekt działania aeratora, który zależy od:

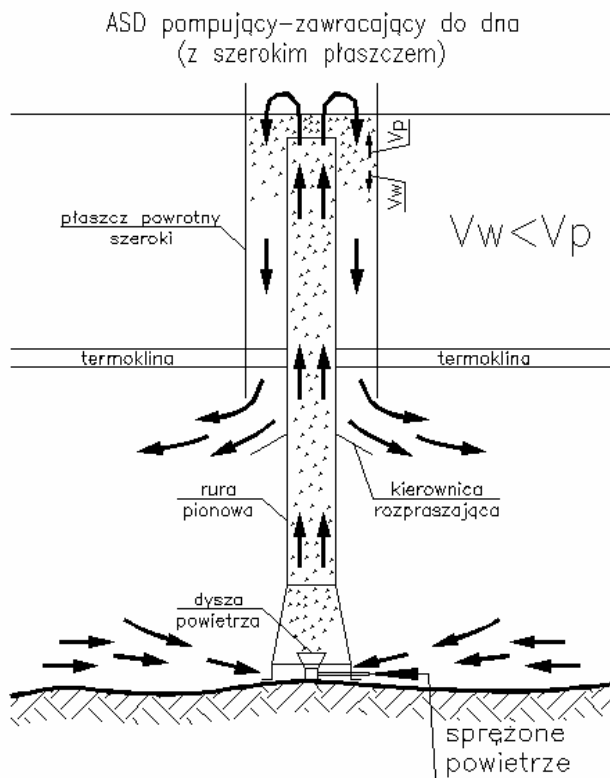
- całkowitej nominalnej wydajności hydraulicznej,
- głębokości akwenu w miejscu jego ustawienia,
- rozległości akwenu,
- ilości powietrza podawanego do aeratora,
- rodzaju konstrukcji aeratora w zależności od typu:
 - √ ASD pompujący - rozpraszający powierzchniowo (rys.4) ,
 - √ ASD pompujący - zawracający do dna (z szerokim płaszczem) (rys.6),
 - √ ASD pompujący - zawracający do dna i rozpraszający powierzchniowo (z wąskim płaszczem) (rys.5),
 - √ ASD pompujący głębokiego ssania (rys.7) - w każdym z powyższych typów.



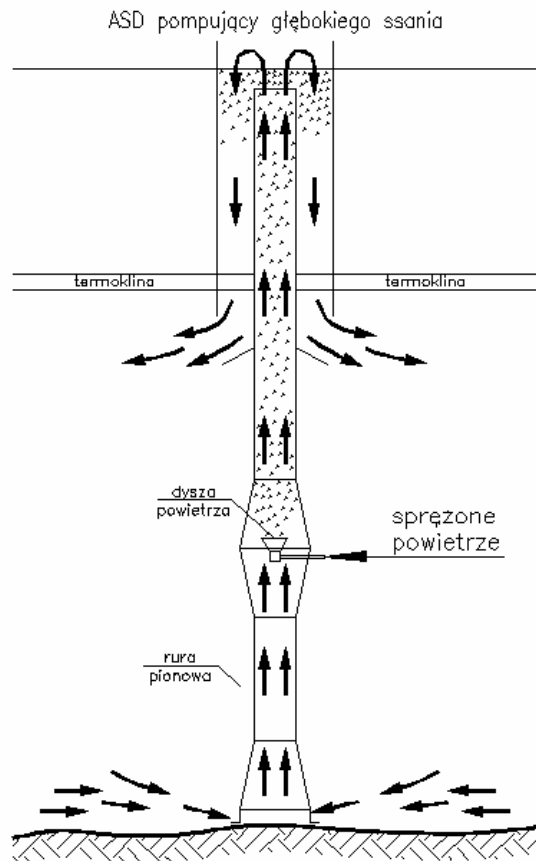
Rys. 4 ASD pompujący rozpraszający powierzchniowo.



Rys. 5 ASD pompujący zawracający i rozpraszający.



Rys.6 ASD pompujący zawracający do dna



Rys. 7 ASD głębokiego ssania (tu: zawracający do dna)

Na rysunkach oznaczono wektor prędkości bąbelka powietrza w wodzie jako V_p , a wektor prędkości strugi wody jako V_w .

C. Ogólne zmiany warunków tlenowych i dynamicznych w miejscu ustawienia ASD, czyli efektywność rzeczywista, zależna od:

- typu jeziora,
- wyboru trybu pracy (konstrukcji) ASD

Dla jezior dymiktycznych, mero i bradymiktycznych możliwe warianty pracy, to:

- WARIANT I: napowietrzanie wyłącznie hypolimnionu
ASD pompujący - zawracający do dna (z szerokim płaszczem),
- WARIANT II: częściowa destratyfikacja
ASD pompujący - zawracający do dna i rozpraszający powierzchniowo (z wąskim płaszczem),
- WARIANT III: całkowita destratyfikacja
ASD pompujący - rozpraszający powierzchniowo.

Dla jezior bez wyraźnej stratyfikacji możliwe warianty pracy, to :

- WARIANT I: Napowietrzanie z wymianą wody przy dnie
ASD pompujący - rozpraszający powierzchniowo
- WARIANT II: Napowietrzanie całego profilu z częściową wymianą wody przy dnie
ASD pompujący - zawracający do dna i rozpraszający powierzchniowo (z wąskim płaszczem)

Dla jezior bardzo płytkich (polimiktycznych) praktycznie jedyny możliwy warianty pracy, to:

- Napowietrzanie we współpracy z barierami biologiczno - mechanicznymi
ASD pompujący - rozpraszający powierzchniowo,

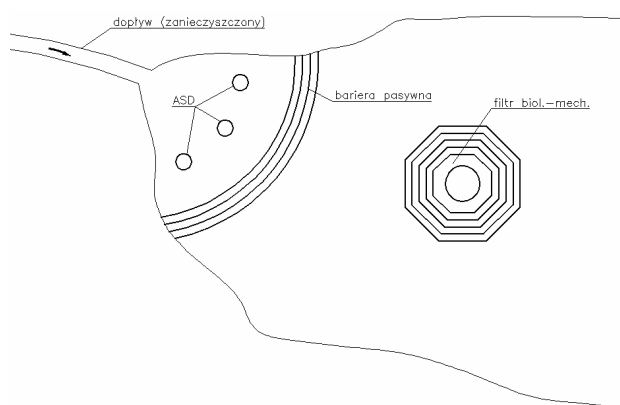
Dokonując wyboru sposobu i metody z uwzględnieniem wszystkich wymienionych uwarunkowań należy również odpowiedzieć na pytanie jaki bezpośredni efekt ma dać zastosowanie napowietrzania, ponieważ sam zabieg napowietrzania, tylko w nielicznych przypadkach może przynieść pozytywne rezultaty. Napowietrzanie w zestawieniu z barierami bio-hydro przedstawiono w p. 4.3.2.

4.3.2 Warianty zastosowania barier bio-hydro

A. Bariery biologiczne pasywne

Na rys. 3 pokazano tylko podstawowe, w zasadzie wyłącznie mechaniczne funkcje barier biologicznych.

Jeżeli do jeziora wpada silnie zanieczyszczony ciek wodny to ujście tego cieku możemy odgrodzić od pozostałego obszaru jeziora barierą (najlepiej kilkuwarstwową - rys. 8) zbudowaną ze struktur bio-hydro ustawionych łącznie jak na rys. 3 a i b (zgodnie z kierunkiem strugi - najpierw w dół, a potem w górę). Zestaw taki mechanicznie będzie pełnił rolę bariery sedimentacyjnej i w bardzo krótkim czasie, ze względu na samoistne zasiedlenie również, a może przede wszystkim, stanie się barierą biologiczną.



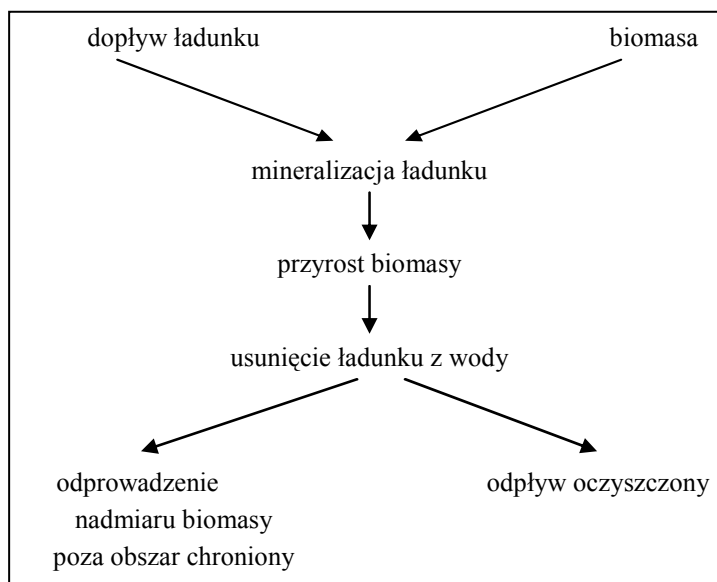
Rys. 8 Przykład zastosowania barier bio-hydro i aeratorów ASD

Dzięki swojej budowie, mimo początkowej pasywności, w miarę zasiedlania staje się atrakcyjnym dla coraz szerszego spektrum gatunków, w większości korzystnych dla dalszego rozwoju biocenozy zbiornika i dalszych zabiegów rekultywacyjnych. W trakcie obserwacji takiej bariery ustawionej na jeziorze Rybnickim (fot. 3) zauważono, że stała się ona „matecznikiem” inicjującym zmianę populacji zarówno w świecie zwierzęcym jak i roślinnym. Osiągnięto podwójny pozytywny efekt – dopływający ładunek zanieczyszczeń degradujący jezioro został włączony do pracy nad korzystną odnową zbiornika.

W jeziorze Rybnickim pozytywny efekt działania barier był widoczny już po pierwszym roku pracy. Pozytywne wyniki badań jakości wody przywróciły walory rekreacyjne zbiornika i po wieloletnim zakazie, Sanepid zezwolił na kąpiel. Badania tych barier niezależnie przeprowadził również WIOŚ w Łodzi (mat. nie publikowane).

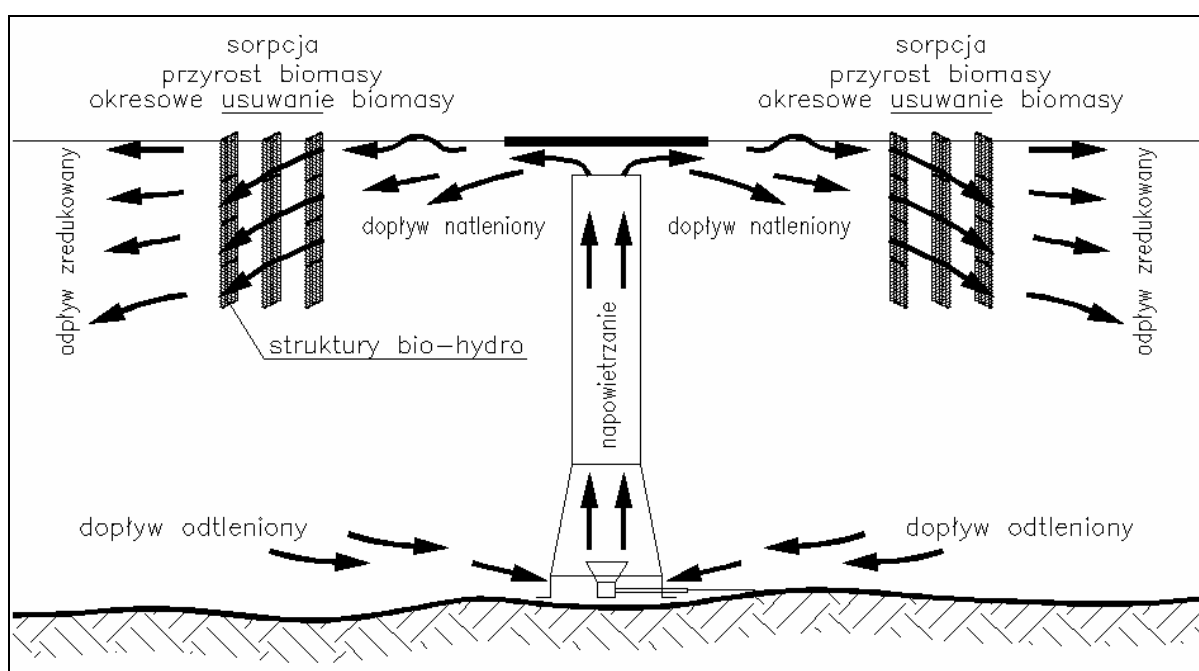
B. Bariery i filtry biologiczno - mechaniczne aktywne

W biologicznych metodach oczyszczania ścieków cykl przemian zachodzi zgodnie ze schematem przedstawionym na rys.8:



Rys. 8 Cykl oczyszczania ścieków

W otwartym zbiorniku wodnym można spowodować, podobnie jak w oczyszczalniach ścieków, przebieg procesów mineralizacji i przyrostu biomasy.



Rys. 9 Bariera biologiczno - mechaniczna (przekrój)

Rozwiązanie polegające na zastosowaniu w jeziorze odpowiedniego napowietrzania oraz barier biologiczno-mechanicznych (rys.9), jest dokładnym odwzorowaniem cyklu przedstawionego na rys. 8. Projektując taki system możemy doświadczalnie, lub teoretycznie ustalić jaki ładunek związków biogenych (i nie tylko) zostanie wbudowany (zaabsorbowany) przez biomasę wytwarzającą się na określonej ilości struktur. Stąd można dość precyzyjnie ustalić ile takich barier i w jakim czasie obniży nam ładunek biogenów w jeziorze do pożądanego poziomu.

Jeśli do tego dodamy sorpcję fosforu przez naturalnie znajdujące się w wodzie żelazo oraz uwzględniając potrzeby tlenowe związane z rozkładem wcześniej obumarłej masy fitoplanktonu (deficyt depozytu) można ustalić zapotrzebowanie na powietrze, które musi być dostarczone do zespołu ASD pracujących w danym akwenie (w zestawie z filtrami lub bez).

Muszą to być ilości uwzględniające zarówno wymienione wyżej potrzeby tlenowe, jak i napędzające zdolności pompowe aeratorów. Tylko takie podejście pozwoli zlikwidować w postępowaniu elementy niepewności i przypadkowości.

Dla większych akwenów zestaw takich segmentów ustawionych w odpowiedni sposób może tworzyć aktywną barierę biologiczną.

Przy dużych płytkich akwenach (np. Jezioro Jamno) rozciągniętych wzdłuż kierunku wschód - zachód, ustawiając kilka takich barier w poprzek jeziora można wykorzystać naturalny, transportujący w kierunku bariery, ruch wody.

C. Struktury bio-hydro jako bariery resuspensyjne dennie i podkład inicjacyjny dla rozwoju bentosu.

Dużym problemem w jeziorach bardzo płytkich (polimiktycznych) jest problem uwalniania osadów dennych. Poruszone na skutek falowania osady dennie wznosząc się do toni wywołują szybkie i nieprzewidywalne deficyty tlenowe oraz zwiększają mętność wody zmniejszając znakomicie konkurencyjność bentosu. W wielu płytkich jeziorach o dużym depozycie osadowym bentos praktycznie wyginął.

W proponowanych rozwiązaniach można częściowo unieruchomić osady przy dnie tworząc jednocześnie korzystne siedliska dla rozwoju bentosu. W hydrotechnice dla wygaszenia energii przepływającej strugi od bardzo dawna stosuje się elementy/ bariery zwane szykanami (znaleziono takie rozwiązania w kanałach nawadniających budowanych przez Inków). Układając struktury bio-hydro na dnie jeziora tworzymy system takich właśnie szykan. Duża powierzchnia rozwinięta i labiryntowa budowa wygasza skutecznie energię ruchu wody pochodzącą od falowania, a lokalne minizastoiska umożliwiają rozwój i dobre zakorzenienie zarówno makro- jak i mikrofitów oraz całego zespołu organizmów zwierzęcych właściwego dla bentosu. Tworzą się również ostoje dla narybku i innych organizmów sestonu.

Zespół takich struktur ułożonych stosunkowo blisko brzegu może być też barierą biologiczną zarówno dla wymiany powierzchniowej jak i podpowierzchniowej. Ze względu na rozmiary pojedynczego panela również i dla tego typu rozwiązania można okresowo wyjmować z wody poszczególne elementy i usuwać z nich biomasę, w miejscu znajdującym się poza strefą bezpośredniego oddziaływania na zbiornik.

Usuwana z jezior biomasa może być w okresie zimowym składowana na wolnym powietrzu, a po wysuszeniu można ją zagospodarować jako nawóz na gruntach ornych, nieużytkach, spalić etc.

5. PODSUMOWANIE

Zaprezentowane rozwiązanie dotyczące poprawy jakości wód powierzchniowych w tym jezior wraz z problematyką osadów dennych jest rozwiązaniem innowacyjnym. Przedstawione zagadnienia teoretyczne i metody realizacji przyjętych technologii wskazują na możliwość uzyskania pozytywnych efektów, bez inwazyjnej ingerencji człowieka w ekosystem.

Literatura:

1. H.G. Schuster - „Chaos deterministyczny” Warszawa 1993 r.
2. H. Gawrońska, K. Lossow, J. Grochowska „Rekultywacja Jeziora Długiego metodą sztucznego napowietrzania z destratyfikacją” - „Ochrona i rekultywacja Jezior” materiały konferencyjne pod redakcją A. Gizińskiego i Sz. Buraka, Przysiek 2000 r.
3. Ryszard Wiśniewski - „Rekultywacja zbiorników wodnych. Od praktyki do teorii” - „Ochrona i rekultywacja jezior” materiały konferencyjne pod redakcją R. Wiśniewskiego i J. Jankowskiego - Grudziądz 2004 r.
4. Zofia Sadecka - „Biologiczne tlenowe oczyszczanie ścieków - rzeczywistość i perspektywa” - materiały z konferencji w Gorzowie Wielkopolskim X.2006 r.
5. Dane statystyczne dot. ochrony środowiska za rok 2004, Informacja GUS
6. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 24 lipca 2006r. w sprawie warunków, jakie należy spełnić przy wprowadzaniu ścieków do wód lub do ziemi, oraz w sprawie substancji szczególnie szkodliwych dla środowiska wodnego. (Dz.U. Nr 137 poz. 984)

Artykuł został zamieszczony na str. 247 pozycji: „Oczyszczanie ścieków i przeróbka osadów ściekowych” pod redakcją naukową prof. Zofii Sadeckiej i dr Sylwi Myszograj - Zielona Góra 2008.

Pozycja wydrukowana przez Oficynę Wydawniczą Uniwersytetu Zielonogórskiego.

Recenzenci: Andrzej Jędrzak, Marlena Piontek, Zofia Sadecka.

ISBN 978-83-7481-169-9