PROTE
Technologie dla Środowiska Sp. z o.o.

PROTE-Fos

Kompleksowa rekultywacja jezior

Inaktywacja fosforu bezpośrednio w osadach dennych

Spis Treści

O firmie 3

1. Wstęp 4

2. Zjawisko eutrofizacji 4

3. Schemat kompleksowej rekultywacji 5

4. Rozpoznanie 7

4.1. Zlewnia 7

4.2. Badania wody i osadów dennych 7

5. Projekt prac rekultywacyjnych 7

5.1. Wybór metod rekultywacji 8

5.1.1. Dozowanie substancji chemicznych 8

5.1.1.1. PROTE-Fos - Innowacyjna metoda inaktywacji fosforu bezpośrednio w osadach dennych 8

5.1.1.2. Dozowanie substancji z powierzchni 10

5.1.2. Bagrowanie 12

5.1.3. Metody uzupełniające 12

5.2. Uzyskanie niezbędnych pozwoleń wymaganych prawem 13

5.3. Dobór substancji chemicznych blokujących fosfor 14

5.4. Dobór dawki substancji chemicznych. 15

6. Prace rekultywacyjne 15

6.1. PROTE-Fos - Inaktywacja fosforu bezpośrednio w osadach dennych 15

6.2. PROTEUS - Innowacyjna, dwu-modułowa jednostka pływająca do realizacji metody PROTE-Fos 17

7. Monitoring efektów 19

8. Osiągane efekty metodą PROTE-Fos 20

9. Podsumowanie 20

FORMULARZ KONTAKTOWY 22

O firmie

PROTE Technologie dla Środowiska Sp. z o.o. jest firmą działającą na rzecz poprawy jakości wody i ochrony środowiska naturalnego w Polsce od 1995 r. W piętnastoletniej działalności naszej firmy uzyskaliśmy rekomendację Polskiego Zrzeszenia Inżynierów i Techników Sanitarnych, staliśmy się członkiem wspierającym Polskie Towarzystwo Inżynierii Ekologicznej, zostaliśmy powołani do grona ekspertów UNIDO-ICS, otrzymaliśmy Certyfikat Wielkopolska Jakość, w 2009 wyróżnienie „Lider Polskiej Ekologii", Złote Medale na Targach POLEKO w 2001, 2004 i 2010 r. oraz TIWS Kielce 2008, a także HydroSilesia w 2015 r., nasze produkty zostały wyróżnione certyfikatem Zielona Marka 2009. Dla pełnej satysfakcji naszych Klientów z realizacji powierzonych nam zadań wdrożyliśmy zintegrowany system zarządzania zgodny z normą EN ISO 9001:2008, ISO 14001:2004 oraz OHSAS 18001: 2007.

Specjalizujemy się w kompleksowej realizacji projektów likwidacji skażeń środowiska gruntowo-wodnego, wykorzystując Technologię Intensywnej Bioremediacji TIB. Posiadamy wykonanych ponad 200 projektów w zakresie badań i likwidacji skażeń od dużych katastrof po rekultywacje terenów stacji benzynowych. Za rekultywację środowiska gruntowo - wodnego przy wykorzystaniu technologii TIB w 2007 roku otrzymaliśmy nagrodę „TERAZ POLSKA" w kategorii najlepsza usługa.

Dostrzegając pojawiający się problem utrzymania odpowiedniej jakości wody w sieci, na drodze między stacją uzdatniania, a odbiorcą, wdrożyliśmy usługę kompleksowego oczyszczania i utrzymania sieci wodociągowej w należytym stanie sanitarnym. W tym zakresie współpracujemy z kilkudziesięcioma wodociągami w Polsce, osiągając efekt likwidacji wtórnego zanieczyszczenia wody w sieci oraz poprawy jej parametrów organoleptycznych, przy jednoczesnym wydłużeniu okresu eksploatacji sieci wodociągowej. W 2009 roku otrzymaliśmy wyróżnienie w Konkursie „TERAZ POLSKA" w kategorii najlepsza usługa – kompleksowe oczyszczanie sieci wodociągowej.

Do poprawy bezpieczeństwa ujęcia wody oferujemy System Biomonitoringu SYMBIO – układ wczesnego ostrzegania przed nagłym zanieczyszczeniem ujęcia wody pitnej. System ten jako jedyny na rynku informuje o toksyczności wody co 1 sekundę. Za System Biomonitoringu SYMBIO w 2008 roku otrzymaliśmy nagrodę „TERAZ POLSKA" w kategorii najlepszy produkt oraz Złote Medale na MTP POLEKO 2004, TIWS Kielce 2008 oraz HydroSilesia 2015 w Sosnowcu, a także wyróżnienie w konkursie Panteon Polskiej Ekologii w listopadzie 2009 r.

Coraz większym problemem staje się również jakość wód w zbiornikach wodnych gdzie w przeważającej części mamy do czynienia z postępującą ich degradację. Jako jedyni w Polsce posiadamy efektywną metodę rekultywacji zbiorników wodnych, którą szerzej opisaliśmy w niniejszym opracowaniu.

Informacje na temat oferowanych przez nas produktów i usług znajdą Państwo w materiałach oraz broszurach informacyjnych oraz na naszej stronie internetowej www.prote.pl.

1. Wstęp

„Woda nie jest tylko towarem komercyjnym,
jak inne dobra, lecz w większym stopniu dziedzictwem, które musi być chronione,
bronione i traktowane podmiotowo." (Ramowa Dyrektywa Wodna)

Pomimo ważnej funkcji wody zarówno w życiu samego człowieka, jak i otaczającej go natury, ekspansywna gospodarka względem zasobów naturalnych doprowadziła do sytuacji, w której znaleźliśmy się w chwili obecnej, czyli występowania coraz większych deficytów czystej wody, ze względu na niezrównoważoną gospodarkę zasobami wodnymi.

Jednym z najbardziej podatnych na degradację ekosystemów są powierzchniowe zbiorniki wodne. Coraz częściej możemy spotkać się z sytuacją, gdzie niegdyś czyste zbiorniki - rekreacyjne lub gospodarcze, doprowadzone zostały do stanu uniemożliwiającego ich dotychczasowe użytkowanie. Najczęstszy, widoczny efekt degradacji jezior – zakwity glonów – stają się coraz istotniejszym problemem. W szczególności groźne stają się zakwity sinicowe stanowiące nie tylko mankament estetyczny, ale również problem toksykologiczny – sinice potrafią produkować groźne dla zdrowia toksyny.

Dodatkowo postępująca degradacja uniemożliwia wykorzystywanie powierzchniowych źródeł wody słodkiej jako ujęć wody pitnej. Obecnie w Polsce w przypadku struktury ilościowej produkowanej wody ujęcia powierzchniowe stanowią ok. 80%. Taka struktura udziału ujęć powierzchniowych, choć trudniejszych, stanowi istotny element zasobów produkowanej wody i zapewne będzie się zwiększać wraz ze wzrostem jakości wody w zbiornikach powierzchniowych.

Problem związany z degradacją zbiorników wodnych stał się na tyle istotną sprawą w skali Europy, iż w 2000 roku Parlament Europejski ustanowił ramowe działania względem polityki wodnej na terenie Unii Europejskiej. Zgodnie z uchwaloną Dyrektywą 2000/60/WE Parlamentu Europejskiego i Rady Unii Europejskiej z dnia 23 października 2000 r. (tzw. Dyrektywa Wodna), ustanawiającą ramy wspólnotowego działania w dziedzinie polityki wodnej, państwa członkowskie zostały zobowiązane do racjonalnego wykorzystywania i ochrony zasobów wodnych, w myśl zasady zrównoważonego rozwoju. Głównym celem tej Dyrektywy jest osiągnięcie dobrego stanu wszystkich wód powierzchniowych.

2. Zjawisko eutrofizacji

Eutrofizacja jest to naturalny proces starzenia się zbiorników wodnych polegających na ich sukcesywnym zarastaniu i wypłycaniu. Proces ten w wyniku antropopresji w wielu przypadkach uległ przyspieszeniu, głównie przez spływ nadmiernej ilości biogenów (m.in. fosforu i azotu). Skutkiem tego przyspieszenia jest gwałtowne pogorszenie się jakości wody w wielu zbiornikach wodnych przejawiających się m.in.:

- zakwitami – masowym rozwojem glonów, zwłaszcza sinic,
- pogorszeniem warunków świetlnych, warunkujących zachodzenie fotosyntezy,

- stopniowym zanikiem roślinności wodnej zasiedlającej dno zbiornika,
- spadkiem bioróżnorodności – zubożeniem gatunkowym fauny i flory,
- wyczerpaniem zasobów tlenu.

Mając na uwadze niekorzystne aspekty postępującego gwałtownie procesu eutrofizacji jezior, podejmuje się wiele działań, mogących doprowadzić do poprawy stanu wód powierzchniowych – przede wszystkim walorów użytkowych, ale także rekreacyjnych i turystycznych, warunkując tym samym wzrost atrakcyjności wielu miejscowości. .Zgodnie z uchwaloną Dyrektywą wodną Polska jest zobowiązana do osiągnięcia dobrego stanu wszystkich wód, cel ten może zostać osiągnięty między innymi poprzez prowadzenie prac rekultywacyjnych skutkujących poprawą jakości wód i stanu ekosystemów zdegradowanych przez działalność człowieka. Niestety z aktualnego raportu o stanie środowiska naturalnego w Polsce, opublikowanego przez Główny Inspektorat Ochrony Środowiska w 2004 roku wynika, że osiągnięcie co najmniej dobrego stanu wód w Polsce jest odległe. Stan ten pośrednio wynika z faktu, iż działania, które były dotąd podejmowane przez różne podmioty i instytucje zmierzające do przywrócenia dobrego stanu zbiorników wodnych, sprowadzały się jedynie do osłabienia pojedynczego elementu z grupy niekorzystnych zjawisk występujących w ekosystemach wodnych, a nie do przywrócenia równowagi biologicznej w całym ekosystemie, co powinno być nadrzędnym celem działań rekultywacyjnych.

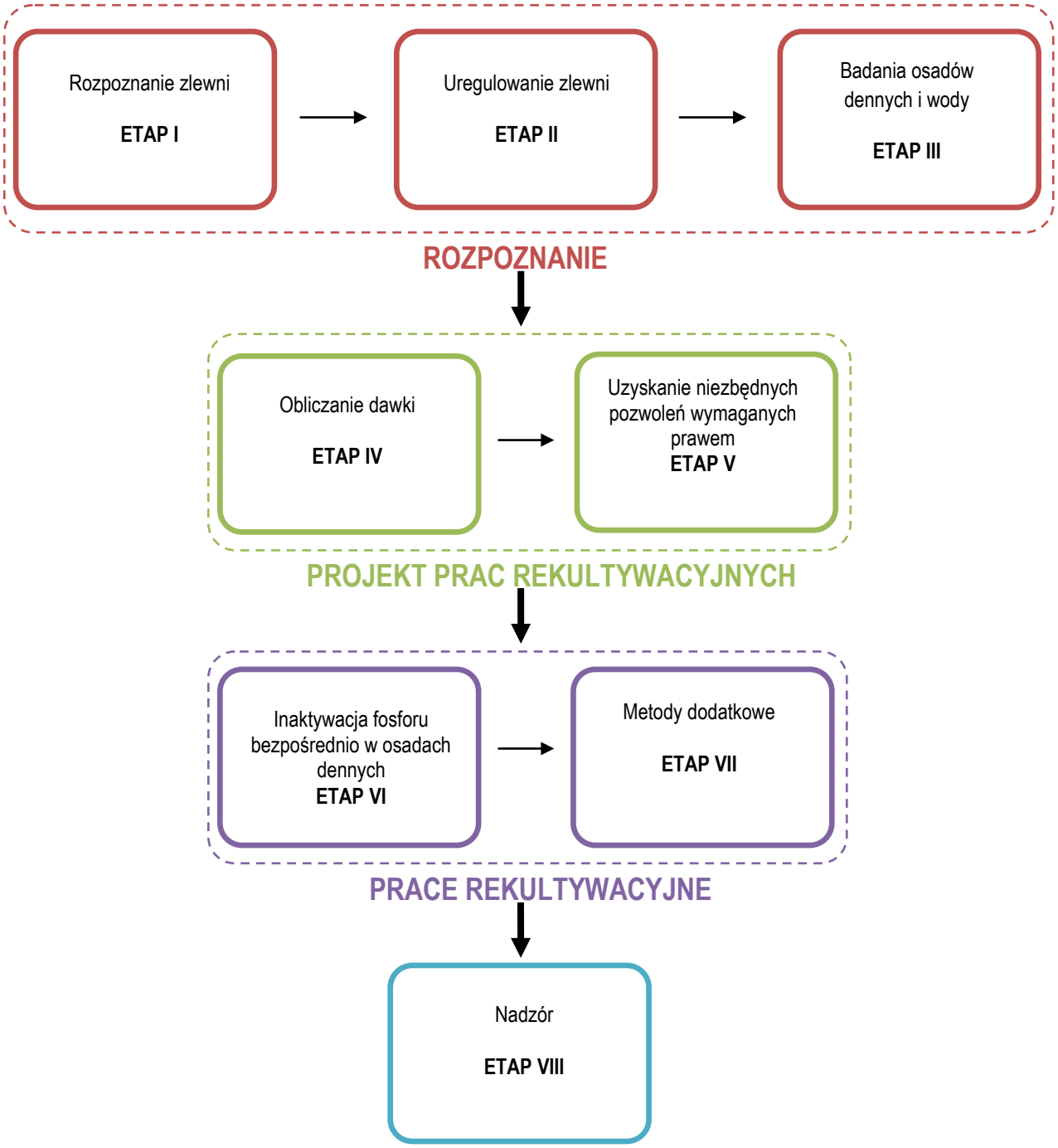
W proponowanym przez PROTE kompleksowym podejściu, obiektem zabiegów rekultywacyjnych jest cały ekosystem wodny, a głównym celem jest uzdrowienie sytuacji ekologicznej z wykorzystaniem metody PROTE-Fos. W aspekcie uregulowania skomplikowanych zależności pomiędzy poszczególnymi elementami organizmu, możemy porównać jezioro do chorego pacjenta. W pierwszej kolejności diagnozujemy źródło problemu, a następnie musimy spowodować zatrzymanie postępujących procesów degradacji zbiornika, czyli uregulować sytuację w zlewni, m.in. poprzez ograniczenie spływu zanieczyszczeń, szczególnie tych bogatych w biogeny. Dopiero te elementy pozwalają nam rozpocząć zabiegi rekultywacyjne, których celem jest przywrócenie stanu zbiornika sprzed zdegradowania - ograniczenie lub nawet zlikwidowanie zakwitów glonów, w szczególności sinic, a co za tym idzie poprawa jakości wody, widoczna m.in. przez wzrost przezroczystości.

3. Schemat kompleksowej rekultywacji

Firma PROTE, jako jedyna w Polsce i na świecie, proponuje kompleksowe podejście selektywnie wybranych metod, jako wsparcie głównej metody rekultywacji zbiorników wodnych - inaktywacji fosforu bezpośrednio w osadach dennych. Zastosowanie odpowiednich metod i ich proporcji jest ściśle skorelowane z wnioskami z badań stanu wyjściowego wody, osadów. Wspólnie z prof. Ryszardem Wiśniewskim, który prowadzi nadzór naukowy nad całym procesem, opracowaliśmy schemat współpracy w celu osiągnięcia efektu ekologicznego.

Zaproponowany przez naszą firmę schemat podejmowanych działań odnosi się do zbiorników, które charakteryzują się wysoką trofią, a w konsekwencji częstymi zakwitami glonów i sinic, a najczęściej dotykający je

problem to kwitnienie zbiornika. Wysoki poziom trofii nie jest jedynym problemem który może występować w zbiorniku wodnym, dlatego też poniżej podany schemat postępowania może ulec nieznacznym modyfikacjom, w celu dopasowania naszego postępowania do zaistniałej sytuacji.



Rys.1. Schemat kompleksowej rekultywacji

4. Rozpoznanie

4.1. Zlewnia

Przed przystąpieniem do jakichkolwiek zabiegów rekultywacyjnych należy, w pierwszej kolejności przeprowadzić rozpoznanie zlewni jak i jej uregulowanie polegające na dokładnym poznaniu wszelkich źródeł zanieczyszczeń, zarówno punktowych jak i obszarowych, oraz na uporządkowaniu gospodarki ściekowej i rolnej w obrębie zlewni. Kolejnym krokiem jest odcięcie punktowych zanieczyszczeń i maksymalne ograniczenie ładunku biogenów dopływających do zbiornika.

Równolegle z rozpoznaniem sytuacji należy przeprowadzić badania wody i osadów dennych, tak aby z kolei móc ocenić w jakiej kondycji jest zbiornik. Dopiero te działania stanowią, podstawę do podjęcia dalszych prac w zakresie rekultywacji zbiornika. Daje to pewnego rodzaju gwarancję, że zastosowane metody w obrębie już samego zbiornika będą skuteczne, ich efekty trwałe, a zainwestowane fundusze nie zostaną zmarnowane.

4.2. Badania wody i osadów dennych

Wykonanie wszechstronnych badań parametrów fizycznych, chemicznych i biologicznych osadów dennych oraz wody jest niezmiernie ważnym aspektem. Dzięki temu można przeanalizować parametry bezwzględnie decydujące o dynamice procesów związanych z uwalnianiem fosforu z osadów dennych (stężenia Fe, Mn, Ca, stosunek Fe:P) oraz wpływu na te procesy takich czynników jak: pH, przewodnictwa elektrolitycznego, potencjału redoks i stężenia tlenu. Natomiast jednej z najbardziej wartościowych informacji w aspekcie prowadzenia przyszłej rekultywacji, dostarcza wyznaczenie następujących parametrów - EPC-0 oraz udziału frakcji mobilnych i niemobilnych fosforu w osadach dennych.

EPC-0, czyli pojemność sorpcyjna osadów względem fosforanów, pozwala ocenić zdolność osadów dennych do zatrzymywania fosforu i nieuwalniania go w procesie tzw. zasilania wewnętrznego. Natomiast udział frakcji fosforu w osadach dennych dzielimy na frakcje mobilne i niemobilne. Frakcje mobilne odpowiadają ściśle za proces zasilania wewnętrznego i to właśnie ich udział należy zmniejszyć przez dozowanie substancji chemicznych bezpośrednio do osadów.

Przebadanie wody pod kątem parametrów fizycznych i chemicznych, jak np.: pH, przewodnictwo, stężenie tlenu, widoczność, jest równie ważne, jak badanie parametrów biologicznych, czyli np.: stężenia chlorofilu, składu ilościowego i jakościowego planktonu (zoo- i fitoplanktonu).

5. Projekt prac rekultywacyjnych

Uzyskanie ww. informacje, a także dokładne rozpoznanie zlewni i przede wszystkim uzyskanie danych morfometrycznych zbiornika wodnego, pozwala dopiero sporządzić kompleksowy projekt rekultywacji, zawierający główną metodę z uzasadnieniem jej zastosowania oraz plan przeprowadzenia wszelkich działań wspomagających i uzupełniających.

5.1. Wybór metod rekultywacji

Decydując się na wybór metody rekultywacji, należy wziąć pod uwagę następujące elementy: stopień jej ingerencji w system ekologiczny danego zbiornika, następnie czas potrzebny na przeprowadzenie prac, a przede wszystkim trwałość oczekiwanych efektów, jakie może przynieść zastosowana metoda. Kluczowym jest, kompleksowe podejście do procesu, czyli rekultywacja zbiornika z zastosowaniem metod ją wspomagających. Zastosowanie bowiem tylko jednego rodzaju działań, sprowadza się zwykle do usunięcia, bądź czasowego osłabienia pojedynczego elementu z grupy niekorzystnych zjawisk występujących w eutroficznym zbiorniku, a nie do przywrócenia równowagi biologicznej w całym ekosystemie, co powinno być głównym celem działań rekultywacyjnych.

W skali światowej jest wiele metod uważanych za metody rekultywacji zbiorników wodnych, a wśród nich:

- napowietrzanie warstw wody przydennej,
- biomanipulacja,
- usuwanie wody z warstw przydennych,
- usuwanie osadów dennych,
- dozowanie substancji chemicznych do toni wodnej.

Działania, które były dotąd podejmowane przez różne podmioty i instytucje, zmierzające do przywrócenia dobrego stanu zbiorników wodnych, sprowadzały się jedynie do osłabienia pojedynczego elementu z grupy niekorzystnych zjawisk występujących w ekosystemach wodnych, a nie do przywrócenia równowagi biologicznej w całym ekosystemie, co powinno być nadrzędnym celem działań rekultywacyjnych. Dotychczas podjęte działania nie rozwiązywały problemu kompleksowo. Stosowane samodzielnie metody rekultywacji zbiorników wodnych przynosiły jedynie doraźny, często nietrwały efekt ekologiczny.

5.1.1. Dozowanie substancji chemicznych

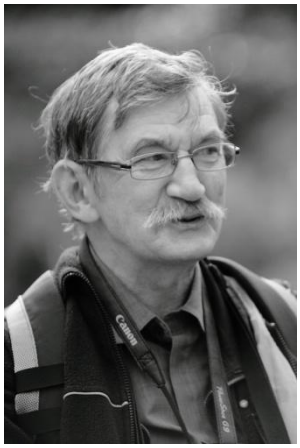
W aspekcie dozowania substancji chemicznych blokujących fosfor w zbiorniku, najważniejsze jest miejsce, do którego są one dostarczane – to przede wszystkim osady, a ewentualnie, jako wsparcie można zastosować dozowanie do toni wodnej. Należy podkreślić, że naturalnym repozytorium biogenów w każdym zbiorniku wodnym są osady denne, a nie toń wodna. To one w głównej mierze mają zdolność magazynowania biogenów, w tym fosforu, dostającego się do zbiornika ze zlewni, ale też fosforu znajdującego się już w toni wodnej.

5.1.1.1. PROTE-Fos - Innowacyjna metoda inaktywacji fosforu bezpośrednio w osadach dennych

Wiodącą metodą rekultywacji proponowaną przez nasza firmę, jest innowacyjna w skali świata metoda PROTE- Fos polegająca na blokowaniu (inaktywacji) fosforu bezpośrednio w osadach dennych, przy użyciu odpowiednich substancji chemicznych (koagulantów), prowadząca w konsekwencji do zmniejszenia ilości fosforu w toni wodnej dostępnego np. dla sinic, czy glonów fitoplanktonowych mogących generować zakwity.

Technologia PROTE-Fos jest zmodyfikowaną metodą Riplox [Ripl, 1976]. Podobieństwo między metodami polega na tym, że w obydwu przypadkach równocześnie podaje się powietrze i koagulant do osadów dennych zbiornika wodnego. Innowacyjna zaś modyfikacja w naszej metodzie polega na wywołaniu intensywnej lecz kontrolowanej resuspensji osadów i aplikowaniu koagulantu bezpośrednio do osadów dennych.

Autorem metody PROTE-Fos jest prof. Ryszard Wiśniewski z Zakładu Hydrobiologii UKW w Bydgoszczy, który pełni również nadzór naukowy nad realizacją naszych projektów rekultywacji zbiorników wodnych.



Rys.2. Doktor habilitowany Ryszard Wiśniewski – prof. UKW

W proponowanej przez nas metodzie PROTE-Fos bardzo ważne jest miejsce dozowania, jak i wywoływanie sztucznej resuspensji osadów dennych. Tego rodzaju działania pozwalają dozowanej substancji chemicznej wniknąć w zewnętrzną warstwę osadów – tę najbardziej aktywną w procesie zasilania wewnętrznego, a więc uczestniczącą w obiegu biogenów, w tym fosforu, między osadem a wodą.

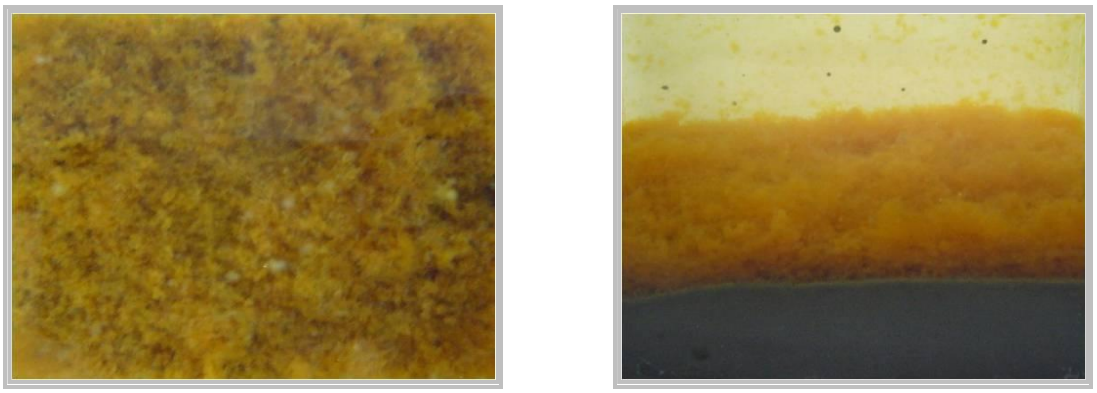
Zabieg podawania związków chemicznych, bezpośrednio do osadów dennych oprócz związania fosforu występującego już w osadach pozwala na poprawienie ich kondycji. Oznacza to, iż osady mogą odzyskać lub poprawić swoją zdolność magazynowania fosforu, a tym samym doprowadzić także do spadku jego stężenia w toni wodnej i kontrolować stężenie tego pierwiastka w dłuższym okresie. Nasza metoda zatem wpływa na dynamikę obiegu fosforu w zbiorniku. Zmniejszając zasilanie wewnętrzne, czyli uwalnianie fosforu skumulowanego w osadach dennych do toni wodnej, a będącego przyczyną do samoczynnego podtrzymywania się wysokiej trofii i występowania zakwitów w zbiorniku. Inaktywacja fosforu bezpośrednio w osadach dennych możliwa jest dzięki skonstruowanemu przez naszą firmę jednostki pływającej – PROTEUS – jedynej takiego w skali świata. PROTEUS składa się z dwóch modułów, szczegółowy opis budowy oraz jego pracy został zawarty w dalszej części.

Rys.3. Przebieg resedymentacji osadów dennych po podaniu koagulantu bezpośrednio do wzburzonych osadów w czasie 5, 10, 30, 60 minut. Już po 10 minutach widać praktycznie czystą wodę, a osad ponownie zalega na dnie.

5.1.1.2. Dozowanie substancji z powierzchni

Podawanie koagulantu do toni wodnej przynosi zazwyczaj szybki i krótkotrwały efekt – oczyszczenie wody z fosforu oraz przyspieszenie sedymentacji cząstek materii znajdujących się w wodzie. Powoduje to, że wzrasta przezroczystość wody, a ilość biodostępnego fosforu maleje. Działania te powodują wrażenie, iż efekt ekologiczny, czyli przywrócenie zbiornika do stabilnego stanu czystowodnego został osiągnięty. Niestety wrażenie to jest mylne, gdyż efekt jest krótkotrwały. Dozując substancje chemiczne do toni wodnej, można zablokować tylko niewielką część fosforu, która w danym momencie znajduje się w toni wodnej. Dodatkowo, tego typu blokowanie fosforu, może być utrudnione, gdyż organizmy fitoplanktonowe, a w tym sinice, bardzo szybko potrafią go wykorzystać i namnożyć się, często do skali określanej mianem zakwitów, jeszcze zanim substancje chemiczne zablokują ten fosfor.

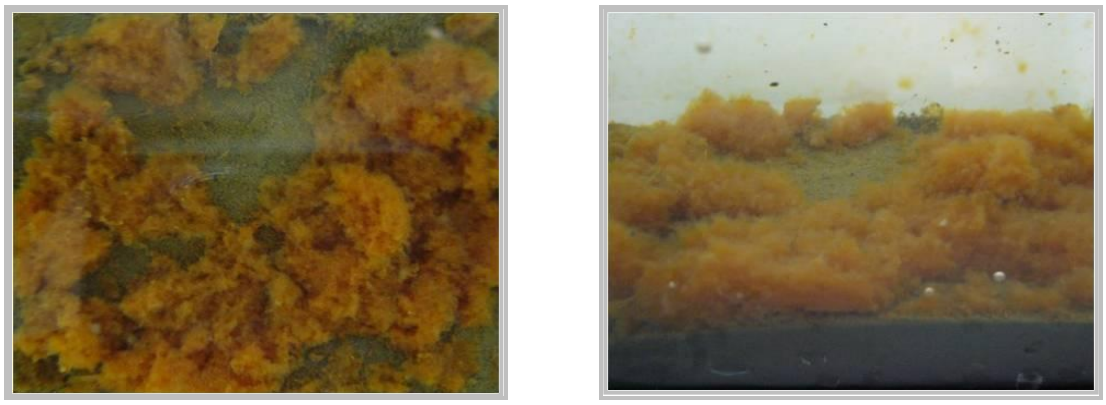
Dozowaniu koagulantu z powierzchni towarzyszy sytuacja wytworzenia przez tą substancję warstwy izolującej osady denne i rzekomo blokującej migrację tego biogenu z osadów do toni wodnej (Rys.4). Powstanie takiej warstwy możliwe byłoby jedynie gdyby, zabieg dozowania był wykonany jednocześnie, w tym samym czasie, na całym obszarze zbiornika. Woda zbiornika w tym momencie nie powinna ulegać żadnym ruchom np. wynikającym z falowania. Nie trudno zatem o wniosek, że zabieg taki jest niewykonalny w warunkach terenowych, a na dnie nie ukształtuje się żadna równomierna warstwa izolująca.



Rys.4. Jednolita warstwa koagulantu po opadnięciu na powierzchnię osadów dennych – warunki laboratoryjne (akwarium 10x10x20 cm), niemożliwe do osiągnięcia w skali zbiornika naturalnego.

Dodatkowo wytworzona w ten sposób warstwa koagulantu jest nietrwała (Rys. 5) ze względu na:

- aktywność przyżyciową organizmów żyjących w osadach,
- żerowanie w osadzie niektórych gatunków ryb,
- ruch wody wywołany wiatrem,
- ruch wody wywołany dopływającymi do jeziora ciekami,
- ewentualny silny ruch wody wywołujący resuspensję osadów, a więc ich ponowne wyniesienie do toni wodnej.



Rys.5. Naruszona warstwa koagulantu poprzez działanie ww. czynników (na prawej fotografii widoczne pęcherzyki gazu wydobywające się z osadów i naruszające jednolitość warstwy koagulantu).

W opisanych w literaturze naukowej przypadkach aplikacji koagulantu z powierzchni do toni wodnej, zamiast dotrzeć do powierzchni osadów, utworzył on grubą warstwę na powierzchni wody przemieszczając się z wiatrem ku brzegom jeziora - sytuacja ta może mieć miejsce, gdy powierzchniowa warstwa ma temperaturę wyższą o ok. 0,5 ^{o}C niż warstwy głębiej położone.

W przypadku jezior głębokich, jeśli podczas aplikacji koagulantu istnieje już termoklina, jest bardzo prawdopodobne, że koagulant posiadający minimalną negatywną pływalność, zatrzyma się w tej tzw. warstwie skokowej, zmieniając istniejące warunki chemiczne w tej warstwie, a w konsekwencji nie docierając do dna.

Metoda dozowania substancji z powierzchni jest przez nas wykorzystywany jedynie jako wsparcie metody PROTE-Fos w celu związania puli fosforu, który znajduje się w toni wodnej.

5.1.2. Bagrowanie

Jedynym alternatywnym sposobem dla stosowania naszej innowacyjnej metody PROTE-Fos bezpośrednio w osadach dennych, jest bagrowanie jeziora, czyli mechaniczne usuwanie powierzchniowej warstwy osadów. Jest to technologia dająca równie dobre rezultaty, ale bardzo kosztowna, długotrwała i niosąca za sobą dwa poważne problemy.

Pierwszy z nich to składowanie i dalsza utylizacja wydobytych osadów. Miejsce składowania nie może znajdować się w obrębie zlewni jeziora, aby wody odciekowe wraz z ładunkiem biogenów nie mogły wrócić do zbiornika. Byłoby to niezmiernie niekorzystne, gdyż pula biogenów w zbiorniku gwałtownie by wzrosła, natomiast brakowałoby osadów, które mogłyby tę pulę pochłonąć i związać. Z kolei utylizacja osadów łączy się z koniecznością znalezienia ich odbiorcy, transportem itd.

Drugim problemem jest gwałtowna ingerencja w funkcje jakie ma pełnić osad w jeziorze. Osady denne są integralną częścią ekosystemu jeziornego, tak samo jak toń wodna, czy zasiedlające go organizmy. Pozbawienie ekosystemu jednej z jego integralnych części, może mieć bardzo szeroko posunięte negatywne implikacje.

W świetle tych problemów oraz niesionych przez nie kosztów, nasza metoda PROTE-Fos jest znacznie mniej kosztowna, nieporównywalnie szybsza w zastosowaniu oraz mniej inwazyjna dla ekosystemu. Często podawane przez nas substancje chemiczne uzupełniają naturalną pulę pierwiastków odpowiedzialnych za kontrolowanie fosforu. Zatem wspomagają one naturalne procesy w osadach zbiornika, a co najważniejsze, dają efekt wiązania fosforu w osadach oraz zmniejszenia stężenia fosforu w wodzie. Bagrowanie osadów dennych jest przez nas wykonywane jako metoda dodatkowa do metody PROTE- Fos, jedynie na wydzielonym obszarze, w sytuacji gdy osady z wydzielonego fragmentu danego zbiornika wymagają usunięcia poza zlewnię.

5.1.3. Metody uzupełniające

W zależności od specyfiki danego jeziora oprócz metody głównej, w projekcie prac rekultywacyjnych mogą zostać zaproponowane metody wspomagające. Są one silnie zindywidualizowane w zależności od: charakteru zbiornika, problemów jakie zostaną zdiagnozowane oraz terminarza realizacji projektu (pór roku), a należą do nich m.in.:

- *Biomanipulacja*. Polega ona na wpływaniu na zależności troficzne w zbiorniku, najczęściej poprzez ingerowanie w skład gatunkowy ryb. Metoda ta wymaga dokładnego poznania parametrów fizycznych i chemicznych wód, osadów zbiornika oraz jego różnorodności biologicznej. W konsekwencji należy ograniczyć liczebności ryb bentoso- i zoo planktonożernych, tak aby przywrócić wystarczającą liczebność i skład gatunkowy zooplanktonu, by ten z kolei mógł skutecznie kontrolować ilość fitoplanktonu, przez żerowanie na nim i tym samym nie dopuszczać do nadmiernego rozmnażania glonów – zakwitów.
- *Nasadzanie makrolitów.* W wydzielonych partiach zbiorników nasadza się makroglony oraz rośliny zanurzone i wynurzone, efektywnie pobierające biogeny np. pałkę wodną. W konsekwencji, następuje między innymi: intensyfikacja pobierania biogenów z toni wodnej, konsolidacja osadów dennych, tworzenie siedlisk dla innych organizmów – wzrost bioróżnorodności, a im ekosystem jest bogatszy

w liczne gatunki roślin i zwierząt tym jest on bardziej stabilny i odporny na negatywne czynniki pochodzenia antropogenicznego.

- *Biofiltracja*. W wybranych częściach zbiorników instaluje się sztuczne podłoża z małżami, w zależności od gatunku występowania w danym zbiorniku obecnie lub w przeszłości, przez co następuje zwiększenie liczebności ich populacji. W konsekwencji powoduje to intensyfikację odfiltrowywania zawiesiny z toni wodnej, i tym samym wzrost przezroczystości wody, tak ważny z punktu widzenia użytkowników zbiornika oraz roślin, które mogą intensyfikować procesy fotosyntezy.
- *Instalacja słomy jęczmiennej. W* wyznaczonych obszarach zbiornika, często na dopływach, bądź w strefach wykorzystywanych rekreacyjnie (np.: kąpieliskach), instaluje się baloty słomy jęczmiennej, której rozkład powoduje uwalnianie substancji zwanej algistatykami, ograniczających rozwój glonów fitoplanktonowych oraz sinic.
- *Sezonowe wykaszanie nadmiaru roślinności tworzącej trzcinowiska*. W ten sposób, co roku można wyprowadzić poza ekosystem zbiornika wodnego znaczące ilości biogenów wbudowane w tkanki roślin. W przeciwnym wypadku rośliny te obumierając opadają na dno i ulegają rozkładowi ponownie zasilając ekosystem w biogeny.
- *Dozowanie z powierzchni substancji chemicznych.* Pozwala to na przyśpieszenie sedymentacji zawieszonej w toni wodnej materii martwej (mineralnej i organicznej), a w szczególności tej drobnocząsteczkowej, która sedymentuje bardzo wolno lub wcale. Dodatkowo w czasie takiego zabiegu następuje wiązanie tej puli fosforu, która pozostała jeszcze w toni wodnej, następnie przyspieszenie jego „opadania" do osadów, gdzie podczas głównego zabiegu dozowania substancji chemicznych do osadów, fosfor ten zostanie dodatkowo zblokowany,
- *Bagrowanie.* Wybieranie osadów z wydzielonego fragmentu dna danego zbiornika wraz z ich usunięciem poza zlewnię.

5.2. Uzyskanie niezbędnych pozwoleń wymaganych prawem

W zależności od rodzaju zaproponowanych działań w projekcie prac rekultywacyjnych niezbędnym jest uzyskanie decyzji wymaganych prawem m.in.

- pozwolenia wodno-prawnego
- operatów rybackich
- decyzję zatwierdzającą program gospodarki odpadami.

W aspekcie dozowania substancji chemicznych blokujących fosfor w zbiorniku, niezbędnym jest uzyskanie pozwolenia wodno prawnego, w którym na podstawie uzyskanych wyników badań wody i osadów dennych, wskazywana jest maksymalna dawka substancji chemicznej wraz ze wskazaniem jej rodzaju.

5.3. Dobór substancji chemicznych blokujących fosfor

W przypadku stosowania poszczególnych środków chemicznych należy zwrócić szczególną uwagę na ich dobór. Stosowanie związków glinu jak i siarczanów niesie za sobą bardzo wiele niebezpiecznych konsekwencji, bezpośrednio zagrażających zdrowiu ludzkiemu.

Glin podany do jeziora w postaci polichlorku glinu, pod wpływem wody dysocjuje na jony. W przypadku kiedy pH wody przechodzi w kierunku kwaśnego zaczyna wzrastać toksyczność jonów Al^{3+} oraz $Al(OH)^{2+}$, natomiast w przypadku zmiany pH w kierunku alkalicznego (co zachodzi podczas intensywnego rozwoju glonów - zakwitów) wzrasta toksyczność jonu $Al(OH)^{4-}$.

Poniżej przedstawiamy informacje bibliograficzne trzech prac naukowych dotyczących spadku efektywności wiązania fosforu przez glin wraz z mijającym czasem oraz o działaniu jonów glinu jako neurotoksykantów powodujących między innymi rozwój choroby Alzheimera:

1. *Berkowitz, Jacob, Michael A. Anderson, Christopher Amrhein. 2006**. Influence of aging on phosphorus sorption to alum floc in lake water**. Water Research, 40: 911 – 916.*
2. *Flaten, Trond Peder. 2001**. Aluminium as a risk factor in Alzheimer's disease, with emphasis on drinking water**. Brain Research Bulletin, Vol. 55, No. 2, pp. 187–196,*
3. *Edited by Christopher Exley, **Aluminium and Alzheimer's Disease The Science that Describes the Link,** Birchall Centre for Inorganic Chemistry and Materials Science, School of Chemistry and Physics, Keel University, ELSEVIER 2001*

Natomiast wykorzystywanie siarczanów niesie za sobą niebezpieczeństwo, że w warunkach obniżonej zawartości tlenu w osadach lub jego braku, zacznie być wytwarzany (poprzez aktywność bakterii beztlenowych) siarkowodór, bardzo toksyczny gaz, dobrze rozpuszczalny w wodzie. Obecność tego toksycznego gazu w osadach może powodować powstawanie „martwych stref" dna, w których nie będą mogły występować, praktycznie żadne organizmy żywe, oprócz niektórych bakterii beztlenowych. Dalszą niekorzystną konsekwencją dostarczania „siarki" do ekosystemu jeziornego będzie reakcja siarkowodoru ze zredukowanym do Fe(II) w warunkach beztlenowych jonem żelazowym Fe(III), a w konsekwencji tej reakcji tworzenie siarczku żelaza – czarny osad, nierozpuszczalny w wodzie. Reakcja ta powoduje wiązanie jonów żelaza w formy nieaktywne, które wcześniej stanowiły naturalny czynnik mogącym wiązać fosfor w zbiornikach wodnych. Zatem nie dość, że wprowadzając siarczany można doprowadzić do intensyfikacji powstawania siarkowodoru, to także do ograniczenia naturalnego mechanizmu kontroli stężenia fosforu poprzez unieczynnienie jonów żelaza w postaci siarczków żelaza, który staje się bezużyteczny w procesie wiązania fosforu.

Wyżej wymienione rodzaje substancji chemicznych nigdy nie były i nie będą zastosowane przez naszą firmę do realizacji projektów rekultywacji zbiorników wodnych. Dobór substancji przez nas stosowanych stanowi nasze know-how i nie będzie tutaj szerzej omawiane. Jednak każdy Klient współpracujący z nami otrzymuje taką informację w momencie uzyskania pozwolenia wodno - prawnego.

5.4. Dobór dawki substancji chemicznych.

Z podawaniem środków chemicznych mających blokować fosfor, nierozerwalnie wiąże się sposób obliczania dawki oraz dane w oparciu, o które dawka ta została wyliczona.

Obliczenie dawki powinno zostać wykonane w oparciu o dane dotyczące stężenia fosforu w osadach dennych (dla warstwy o określonej miąższości) oraz dla wody. Dopiero tak obliczona dawka koagulantów może być efektywna w skali czasu oraz w skali jeziora. Dlatego też tak ważne są badania zbiornika, o których wspominaliśmy wcześniej, a szczególnie EPC-0 oraz frakcje fosforu. Z kolei sam algorytm obliczania dawki, wyboru punktów pomiarowych w jeziorze, wyznaczanie stref w jeziorze, w których odpowiednie substancje będą dozowane, stanowi nasze know-how i nie będzie szerzej omawiane w niniejszym opracowaniu.

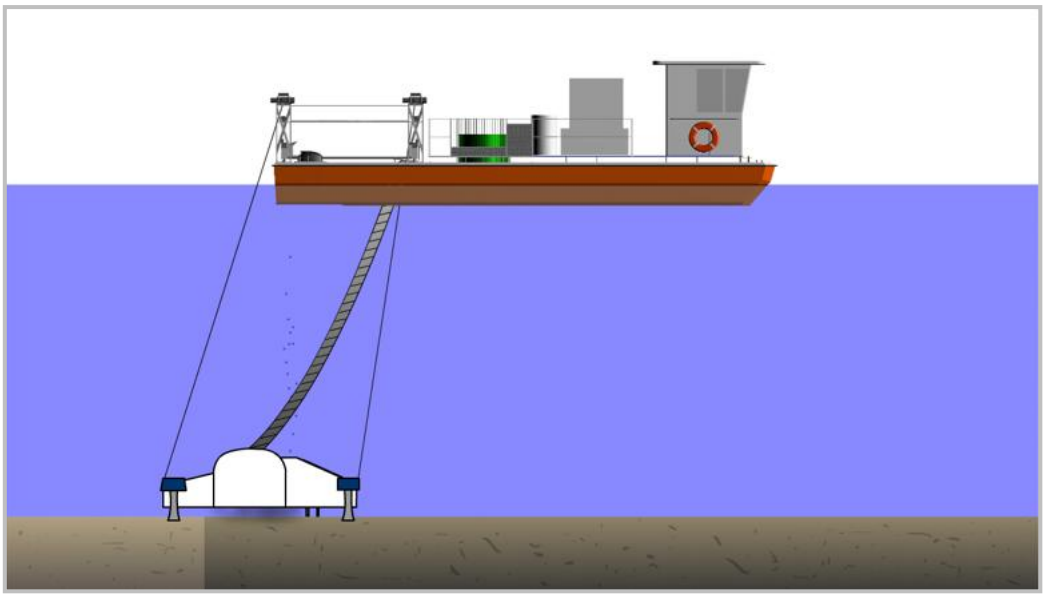
6. Prace rekultywacyjne

Jako jedyni w Polsce i na świecie, proponujemy kompleksowe podejście do metody rekultywacji zbiorników wodnych. Zastosowanie odpowiednich metod i ich proporcji jest ściśle skorelowane z wnioskami z badań stanu wyjściowego wody. Wspólnie z prof. Ryszardem Wiśniewskim, który prowadzi nadzór naukowy nad całym procesem, opracowaliśmy schemat współpracy w celu osiągnięcia efektu ekologicznego. Niezależnie od w/w działań przed właściwym rozpoczęciem prac rekultywacyjnych, niezbędne jest właściwe rozpoznanie i uregulowanie zlewni, w którym możemy udzielić pomocy. Dopiero takie kompleksowe podejście do problematyki pozwala na osiągnięcie zakładanego efektu ekologicznego.

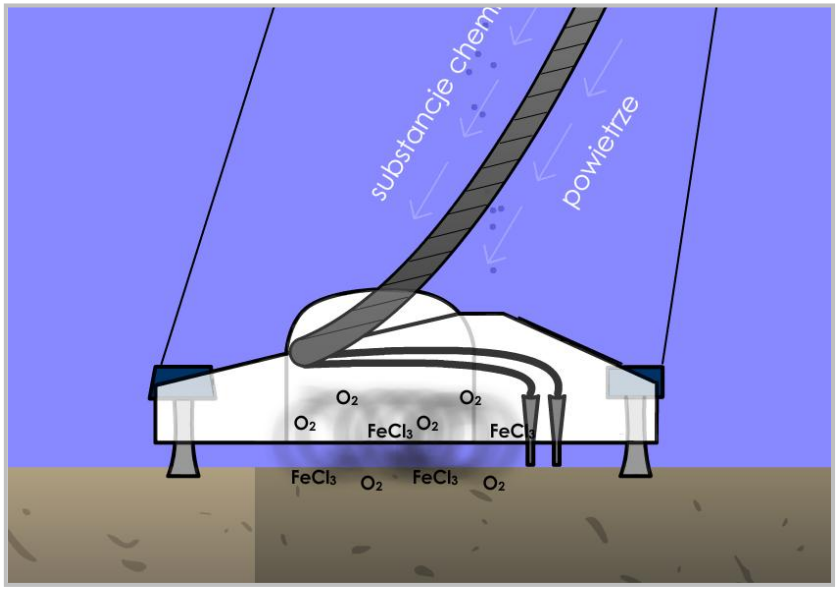
6.1. PROTE-Fos - Inaktywacja fosforu bezpośrednio w osadach dennych

Zabieg inaktywacji fosforu jest wykonywany przy pomocy dwu-modułowego urządzenia (jednostki pływającej) wykonującego aplikację substancji chemicznej (koagulantów) do określonej warstwy osadów przy jednoczesnym ich wzburzeniu (resuspensji) i napowietrzeniu. Część podwodna jednostki pływającej zostaje opuszczana bezpośrednio nad osady i podczas pracy przemieszcza się tuż nad nimi. Zestaw czujników pozwala kontrolować przemieszczanie się jednostki i zagłębienie dysz dozujących substancje chemiczne do osadów, reagując na zmiany głębokości dna co z kolei pozwala na utrzymywanie jednostki bezpośrednio nad wierzchnią warstwą osadów. W zamkniętej objętości modułu podwodnego, zachodzi za pomocą tłoczonego z powierzchni powietrza wymuszona resuspensja osadów. W momencie wywołania resuspensji poprzez napowietrzenie osadów zestawem dysz, następuje także podanie substancji chemicznej blokującej fosfor.

Dzięki temu zachodzi proces koagulacji zawiesiny z jednoczesnym blokowaniem fosforu. Po przejściu jednostki podwodnej mieszanina osadów dennych i koagulantu opada bardzo szybko, ze względu na zwiększenie powierzchni cząstek przez łączenie ich w większe ‘kłaczki’, nie powodując tym samym zjawiska niekontrolowanej resuspensji osadów w zbiorniku.



Rys.6. Wizualizacja zespołu dwóch jednostek pływających – powierzchniowej (nadrzędnej) i podwodnej realizującej bezpośrednio pracę w osadach



Rys.7. Wizualizacja modułu podwodnego z widocznymi czujnikami osadu oraz dyszami tłoczącymi powietrze i wybrany koagulant.

Aplikacja środków chemicznych pozwala na stworzenie stosunkowo grubej warstwy ochronnej osadów, izolującej głębsze warstwy osadów od toni wodnej. W tej warstwie ochronnej zablokowany zostaje fosfor, a stworzenie odpowiednich warunków tlenowych powoduje trwałość powstałych struktur oraz umożliwia osadom dalsze chłonięcie i wiązanie tego pierwiastka także z toni wodnej. W ten sposób unieczynniony fosfor w osadach przestaje mieć wpływ na trofię wody w akwenie.

6.2. PROTEUS - Innowacyjna, dwu-modułowa jednostka pływająca do realizacji metody PROTE-Fos

W celu umożliwienia praktycznego zastosowania naszej metody PROTE-Fos stworzyliśmy jednostkę pływającą, służącą do przeprowadzenia zabiegu dozowania substancji chemicznych do osadów dennych. To innowacyjne urządzenie, o nazwie PROTEUS, (Rys.6-10) składa się z dwóch modułów. PROTEUS jest jedynym dostępnym – **w skali świata** – opatentowanym urządzeniem pozwalającym na precyzyjne dawkowanie substancji bezpośrednio do osadów dennych przy jednoczesnej kontrolowanej, resuspensji osadów.

Rys.8. Moduł nawodny zespołu jednostek pływających zacumowany przy jeziorze Jelonek w Gnieźnie

Rys.9. Moduł nawodny zespołu jednostek pływających zacumowany na jeziorze Zdworskim koło Płocka.

Moduł nawodny odpowiada za:

- przemieszczanie całego zespołu. Odbywa się to dzięki dwóm silnikom zainstalowanym na każdym z pływaków jednostki nawodnej (katamaranu). Każdy silnik może być obsługiwany niezależnie oraz realizować ciąg do przodu bądź wsteczny,
- transport substancji chemicznych używanych w procesie rekultywacji. Jednostka nawodna może przewozić obciążenie do ok. 3 ton, zarówno w postaci sypkiej jak i płynnej,
- precyzyjne i kontrolowane dawkowanie substancji chemicznych. Jednostka wyposażona jest w zespół specjalistycznych opomiarowanych pomp, z pełną cyfrową kontrolą przepływu mediów, a więc tempa dozowania substancji do osadów,
- tłoczenie powietrza do osadów dennych. Na jednostce znajduje się wydajna sprężarka, odpowiednio cicha by nie generować hałasów uciążliwych dla środowiska, a na tyle wydajna by móc wtłaczać na odpowiednią głębokość powietrze, natleniające osady denne i wymuszające ich resuspensję,
- precyzyjną nawigację po zbiorniku i kontrolę jego dna. Nawigację umożliwia zainstalowanie na jednostce dwóch sprzężonych ze sobą systemów GPS. Jeden współpracuje z naziemną stacją referencyjną i dzięki temu uzyskuje dokładność pozycjonowania jednostki w granicach 1-2 cm oraz drugiego, który w czasie rzeczywistym informuje o położeniu jednostki, dryfie i rzeczywistym kierunku jej przemieszczania. Z kolei kontrola dna jest realizowana dzięki tworzeniu, dokładnej, cyfrowej mapy dna zbiornika w ramach każdego projektu oraz obrazu sonarowego. Umożliwiają one wspólnie, precyzyjną i bezpieczną pracę w osadach poprzez unikanie kolizji z zatopionymi obiektami,
- przemieszczanie i sterowanie pracą jednostki podwodnej. W konstrukcji jednostki nawodnej znajduje się obszar określany dokiem, w obrębie którego moduł podwodny może zostać wyciągnięty z wody dzięki pracy czterech wciągarek, wykonanych tak, by były odporne na warunki pogodowe, z kolei same wciągarki są oprogramowane i sterowane z komputera, który umożliwia pracę w trzech trybach (praca automatyczna, półautomatyczna i sterowanie ręczne wciągarek).

Moduł podwodny (Rys.10) odpowiada za:

- dostarczanie informacji o swoim położeniu względem osadów poprzez wykorzystanie systemu multi-czujników optycznych. Informacje te, pozwalają odpowiednio sterować systemem wciągarek oraz prowadzić nawigację całego zespołu jednostek,
- wywołanie kontrolowanej resuspensji osadów w swojej zamkniętej przestrzeni. Jednostka podwodna ma kształt rozpłaszczonego dzwonu z pionowymi statecznikami stabilizującymi tor płynięcia. Wewnątrz przestrzeni tworzonej przez ten moduł po opadnięciu na osady denne

wywoływana jest resuspensja aby, zwiększyć powierzchnię kontaktu osadów ze środkiem chemicznym,

- natlenienie osadów dennych. Wymuszona resuspensja jest wywoływana dzięki tłoczonemu powietrzu, które dodatkowo natlenia osady denne,
- podawanie za pomocą zespołu dysz odpowiednio dobranych substancji chemicznych do wiązania fosforu,
- koagulację i ponowną sedymentację osadów pod wpływem działania substancji chemicznych.

Rys.10. Jednostka pływająca z widocznym modułem podwodnym zawieszonym na doku modułu nawodnego. Z uwagi na niską przeźroczystość wody w trakcie prowadzenia prac niemożliwe jest przedstawienie zdjęć modułu podwodnego w trakcie prowadzonej aplikacji

7. Monitoring efektów

We współpracy z instytucją, której dany zbiornik wodny podlega, prowadzony jest nadzór oraz badania monitoringowe, w zakresie i czasie ustalonym indywidualnie w każdym z przypadków. Badania monitoringowe powinny obejmować newralgiczne punkty zbiornika, stwierdzone podczas wcześniejszych badań lub powszechnie uznawane za newralgiczne (np. dopływy, odpływy, głęboczki, osłonięte zatoki, miejsca wykorzystywane rekreacyjnie, bliskie sąsiedztwo intensywnego przemysłu, gospodarki rolnej itp.). Zakres badań powinien obejmować większość wskaźników i parametrów badanych przed rozpoczęciem rekultywacji, tak aby móc te dane porównywać ze sobą w skali mijającego czasu. Z kolei częstotliwość badań nie powinna być mniejsza jak przynajmniej raz w każdej porze roku. W trakcie wykonywania prac rekultywacyjnych jak i po ich zakończeniu sporządzane są przez nas raporty obrazujące przebieg wykonywanych zadań jak i osiągane efekty. Zakres i częstotliwość takich opracowań jest indywidualnie dopasowana do potrzeb danego Klienta.

8. Osiągane efekty metodą PROTE-Fos

W efekcie zastosowania proponowanej przez nas metody inaktywacji fosforu bezpośrednio w osadach dennych umożliwiamy osiągnięcie m.in.:

- związania fosforanów w osadach dennych (likwidacja tzw. zasilania wewnętrznego),
- redukcji stężenia fosforanów w wodzie,
- braku zakwitów sinicowych,
- wzrostu przezroczystości wody – główne przez ograniczenie liczebności fitoplanktonu w tym sinic, ale też przez zmniejszenie ilości zawiesiny mineralnej i organicznej w toni wodnej,
- zasiedlenia dna przez makroglony i rośliny wodne – możliwe dopiero po wzroście przeźroczystości wody. Dają one z kolei osłonę dla osadów, które rzadziej są podrywane przez ruch wody. Wzrasta też urozmaicenie siedliskowe i produkcja tlenu w procesie fotosyntezy,
- konsolidacji osadów dennych – dzięki związaniu ich przez podane substancje chemiczne, a w konsekwencji poprawa przeźroczystości wody, dalej zachodząca konsolidacja przez porastające dno makroglony i roślin wodne,
- poprawy bilansu tlenowego w zbiorniku – dzięki napowietrzeniu osadów, ale głównie przez pojawiające się (lub celowo wprowadzane) makroglony i rośliny wodne,
- wzrostu bioróżnorodności – dzięki wszystkich ww. zmianom, a w szczególności poprzez poprawę warunków tlenowych i pojawienie się (lub wprowadzenie) makroglonów czy roślin wodnych zwiększa się różnorodność siedliska, a za nią wzrasta różnorodność gatunków zasiedlających ekosystem.

9. Podsumowanie

Proponowana przez nas metoda PROTE-Fos, poprzedzona odpowiednio ukierunkowanymi badaniami, pozwala na skuteczną i relatywnie szybką oraz tanią poprawę jakości wody. Środki chemiczne przez nas stosowane minimalnie ingerują w system ekologiczny. Są one całkowicie bezpieczne dla ekosystemu, składają się ze związków naturalnie występujących w jeziorach, bądź o pochodzeniu naturalnym.

Niemniej jednak, aby osiągnięty efekt ekologiczny był trwały w czasie, niezbędna jest ciągła kontrola samego zbiornika wodnego jak i jego zlewni.

Według wcześniej omawianego schematu realizacji przez nas kompleksowej usługi rekultywacji zbiorników wodnych, prowadzone zostały prace na dwóch jeziorach w Gnieźnie. Na uwagę zasługuje fakt, że na ten cel została uzyskana dotacja z funduszy Unii Europejskiej, z programu „Life+", gdzie eksperci unijni docenili innowacyjność naszej metody.

Gwarancją naszego profesjonalizmu są referencje od naszych Klientów, a także pozytywne rekomendacje wystawione przez Ministra Ochrony Środowiska oraz liczne nagrody i wyróżnienia, w tym m.in. przyznanie Godła Promocyjnego TERAZ POLSKA, uzyskanie Certyfikatu Ministerstwa Środowiska GreenEvo, a także Złoty Medal Międzynarodowych Targów Poznańskich POLEKO.

Przedstawione w niniejszym opracowaniu wiadomości związane z technologią, nasze ponad 20 letnie doświadczenie jakie zdobyliśmy w zakresie realizacji projektów lub aplikacji nowych wdrożeń z zakresu ochrony środowiska, pozwalają na stwierdzenie, iż jesteśmy pewnym i sprawdzonym partnerem, a na wykonane prace udzielamy pełnej gwarancji.

W przypadku jakichkolwiek pytań lub wątpliwości, służymy naszą pomocą. Problemy z jakimi się Państwo spotykacie, często wymagają bezpośrednich konsultacji, dlatego też na Państwa życzenie zorganizujemy spotkanie w dogodnym terminie, aby omówić Państwa problem.

W celu jak najlepszego przygotowania się do spotkania z Państwem, prosimy o wypełnienie załączonego formularza i przesłanie go na adres: prote@prote.pl

Zapraszamy do współpracy!

FORMULARZ KONTAKTOWY

Prosimy o wypełnienie formularza zaznaczając „ X ” we właściwym polu oraz odpowiadając na pytania w wyznaczonych miejscach.

I Jezioro - informacje ogólne

1.Nazwa

2.Miejscowość

3. Dominujący rodzaj brzegów jeziora:

wysokie **skarpy** ☐

niski brzeg (łatwy dostęp) ☐

4. Właściciel jeziora

5. Administrator jeziora (dzierżawca, zarządca, inny)

6. Powierzchnia [ha]

7. Głębokość średnia [m]

8. Głębokość max [m]

II. Czy do jeziora dopływają cieki wodne ?

Tak ☐ Nie ☐

III. Czy jezioro jest użytkowane turystyczno – rekreacyjnie?

Tak ☐ Nie ☐

IV. Czy występują zakwity wody?

Tak ☐ Nie ☐

Jeśli „Tak” to w jakich miesiącach ?

V. Czy w obrębie jeziora podejmowano jakiekolwiek działania rekultywacyjne?

Tak ☐ Nie ☐

VI. Czy dysponują Państwo jakimikolwiek wynikami badań tego jeziora (np. analizy wody, osadów, skład gatunkowy ryb, skład fitoplanktonu itp.)

Tak ☐ Nie ☐

Jeśli „Tak" to prosimy o załączenie wyników do ankiety.

VII. Dane kontaktowe

Imię i nazwisko

Stanowisko

Nazwa reprezentowanej jednostki.

Adres

Telefon kontaktowy / fax

adres e-mail

Dziękujemy za wypełnienie powyższego formularza.

Wypełniony dokument prosimy wysłać załączając do *Formularza kontaktowego* w zakładce *Kontakt*.

.