

Dlaczego bioremediacja mikrobiologiczna?

Kompleksowa bioremediacja mikrobiologiczna w porównaniu z klasycznymi metodami rekultywacji jezior najczęściej stosowanymi w Polsce

Prof. dr hab. Ryszard J. Chróst

**Zakład Ekologii Mikroorganizmów i Biotechnologii Środowiskowej, Uniwersytet Warszawski
Biorem Ekoserwis: Bioremediacja i Monitoring Zbiorników Wodnych**

Skutki eutrofizacji wód

- **Wysokie stężenia N i P w wodzie** (w szczególności P mineralnego wiosną i P organicznego w okresie letnim)
- **Kumulacja biogenów w osadach dennych (głównie P i materii organicznej)**
 - „internal loading” kolumny wody biogenami z osadów dennych
- **Masowe zakwity fitoplanktonu:**
 - dominacja cyjanobakterii (sinic)
 - wytwarzanie cyjanotoksyn

Jeziro Suskie



5 sierpień 2014 r.

Skutki eutrofizacji wód

- **Nadprodukcja materii organicznej w ekosystemie:**
 - wzrost stężenia rozpuszczonych w wodzie substancji organicznych
 - podwyższenie ilości zawiesiny organicznej w wodzie
 - wzrost zawartości materii organicznej w osadach → wzrost miąższości osadów dennych → wypływanie zbiornika
 - Spadek przezroczystości wody
 - pogorszenie warunków fotosyntetycznego natleniania wody

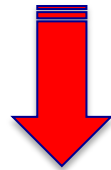
Skutki eutrofizacji wód

- Deficyty tlenowe w wodzie i osadach dennych
 - spadek odczynu pH oraz redox środowiska
 - przewaga mikrobiologicznych procesów anaerobowych
 - zahamowanie mineralizacji materii organicznej
 - wzrost ilości toksycznego siarkowodoru
- Niekorzystne zmiany w biocenozie:
 - spadek bioróżnorodności gatunkowej
 - zmniejszenie bioróżnorodności funkcjonalnej
 - zakłócona równowaga ekologiczna homeostazy

Skutki eutrofizacji wód

Znaczne ograniczenie przydatności zbiornika wodnego do celów:

- **gospodarczych** (rybołówstwo, aquakultury, przemysł przetwórczy, źródła wody pitnej, rolnictwo, itp.)
- **rekreacyjnych** (wędkarstwo)
- **sportowych** (pływanie, kajakerstwo, żeglarstwo, surfing)
- **turystycznych** (agroturystyka)



Spadek dochodów mieszkańców !

Metody rekultywacji jezior


Nadrzędnym celem stosowanych metod rekultywacji zbiorników wodnych jest poprawa jakości ekologicznej wód i osadów dennych oraz podwyższenie lub przywrócenie utraconych walorów gospodarczych, sportowo-turystycznych i rekreacyjnych.

Metody rekultywacji jezior


Wszystkie stosowane metody rekultywacji zbiorników wodnych polegają głównie na **ograniczeniu przyczyn i skutków hypereutrofizacji** zbiorników wodnych poprzez:

- ograniczeniu dopływu zanieczyszczeń zewnętrznych do zbiornika (biogenów, w szczególności P i N, materii organicznej)
- przeciwdziałaniu wzrostu nadmiernej biomasy fitoplanktonu (ograniczenie produkcji pierwotnej na skutek ograniczenia biodostępności biogenów w wodzie i osadach dennych)
- usunięciu ze środowiska niekorzystnych cech i skutków eutrofizacji wód i osadów dennych

Metody rekultywacji jezior

- Selektywne usuwanie wód hypolimnionu
- Sztuczne napowietrzanie jezior 
- Usuwanie osadów dennych (bagrowanie) 

- Inaktywacja fosforu 
- Metody biologiczne
 - bioremediacja mikrobiologiczna
 - biomanipulacja ichtiofauną 
 - biofiltracja 
 - fitoremediacja 

Używane najczęściej
w Polsce 

Sztuczne napowietrzanie jezior

Główne wady metody

- Metoda bardzo energochłonna przez co **bardzo kosztowna**
- Efektywność napowietrzania i **poprawa jakości ekologicznej** zbiornika (wzrost jakości wody, poprawa bioróżnorodności, itp.) **jest procesem bardzo długim, wieloletnim**
- **Zaprzestanie** napowietrzania powoduje **bardzo szybkie pogorszenie jakości ekologicznej zbiornika** do stanu pierwotnego

Usuwanie osadów dennych (bagrowanie)



Usuwanie osadów dennych (bagrowanie)

Główne wady metody

- **Metoda bardzo droga**
- Konieczność składowania osadów i ich kompostowania (kosztowne, niebezpieczne dla środowiska)
- **Katastrofa ekologiczna dla zbiornika**
 - Wraz z osadami usuwa się mikro- i makroorganizmy bentosowe
 - Duża mętność wody → brak fotosyntezy glonów → brak tlenu
 - Przyducha i masowe śnięcie ryb
- **Nieprzewidywalne skutki bagrowania** dla funkcjonowania zbiornika i jakości jego wód
 - Klarowanie wody trwa wiele miesięcy, w tym okresie jezioro nie spełnia żadnych funkcji gospodarczych i rekreacyjnych
 - Ustabilizowanie się jeziora jest okresem bardzo długim, kilkuletnim

Inaktywacja fosforu

Wytrącenie fosforu mineralnego (ortofosforanowego) z wody i/lub wody interstycjalnej osadów dennych przez chemiczne koagulanty.

W zależności od zastosowanego koagulantu wytrącony na powierzchnię osadów dennych fosfor mineralny jest krócej lub dłużej immobilizowany i niedostępny biologicznie.

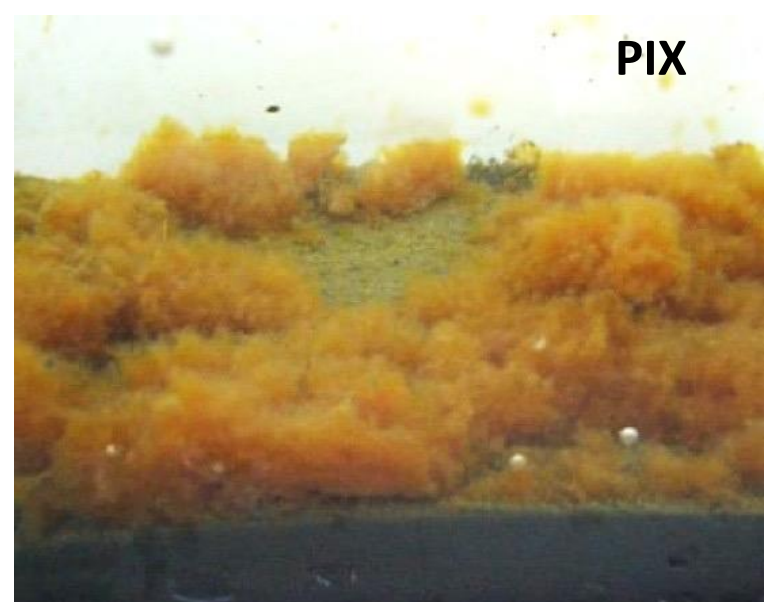
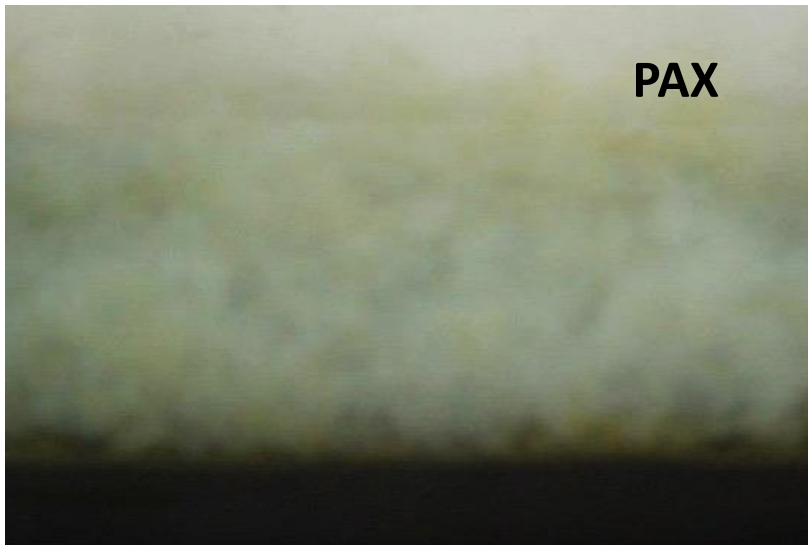
Metoda wyłącznie pomocna w kontroli biomasy fitoplanktonu w zbiornikach limitowanych fosforowo.

Często stosowana w Polsce z małą efektywnością !

Inaktywacja fosforu

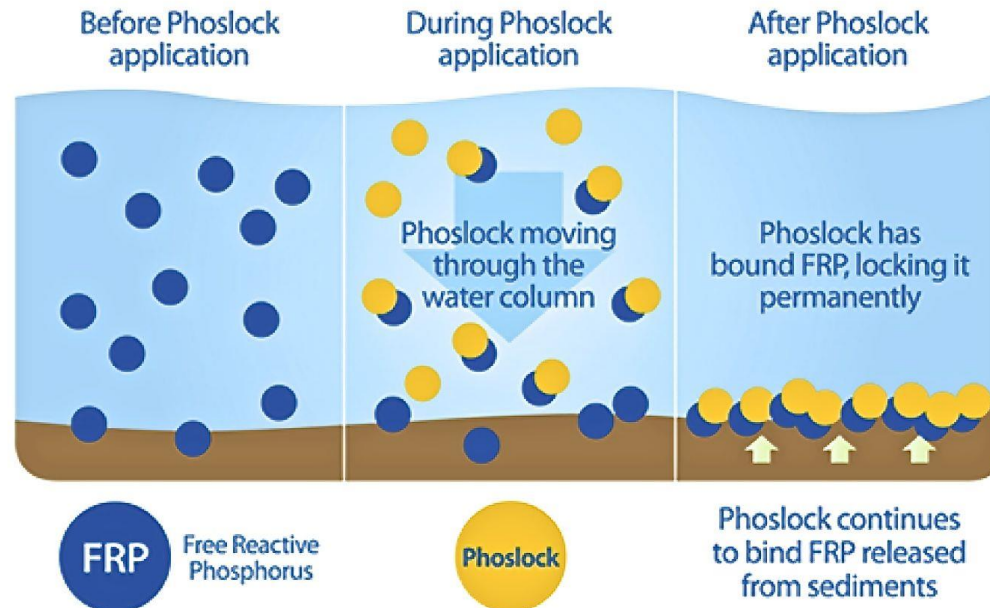
W Polsce najczęściej stosowane są koagulanty oparte na wiązaniu fosforu mineralnego przez związki żelaza (PIX) lub aluminium (PAX).

Wytrącone z wody i osadzone na powierzchni dna kompleksy fosforu z żelazem lub aluminium są nierozpuszczalne i stabilne wyłącznie w środowisku dobrze natlenionym, stają się rozpuszczalne w odtlenionych środowiskach i ponownie uwalniają fosfor do wody i osadów dennych.



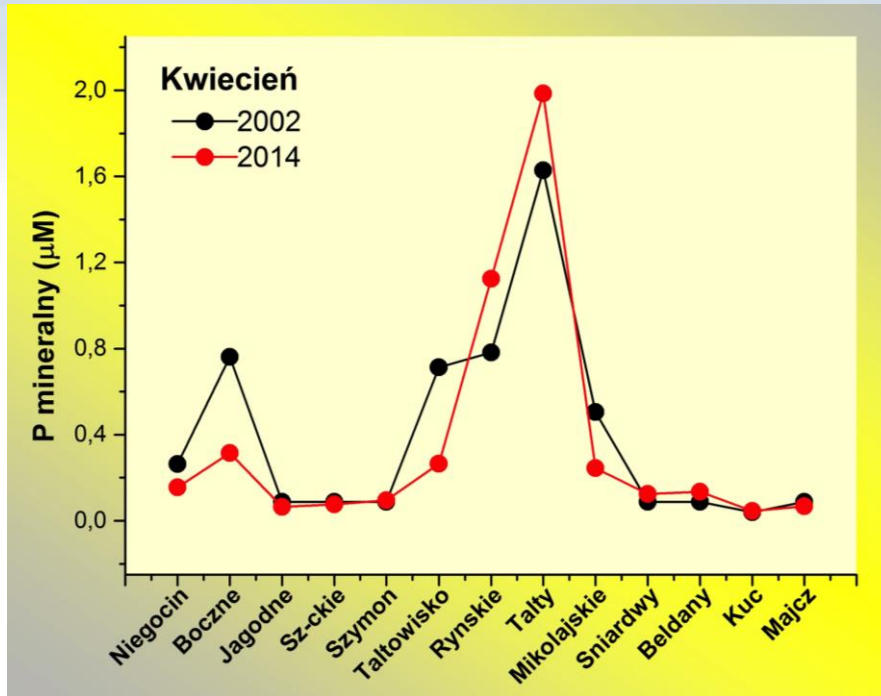
Inaktywacja fosforu

Najlepszym koagulantem do inaktywacji fosforu jest preparat **Phoslock** (opatentowany w 1998 r. w Australii, rzadko stosowany w Polsce) oparty na naturalnej glince kaolinicznej wzbogaconej w lantan. **Połączenie fosforu mineralnego z lantanem jest bardzo trwałe i nie zależy od stopnia natlenienia środowiska.**

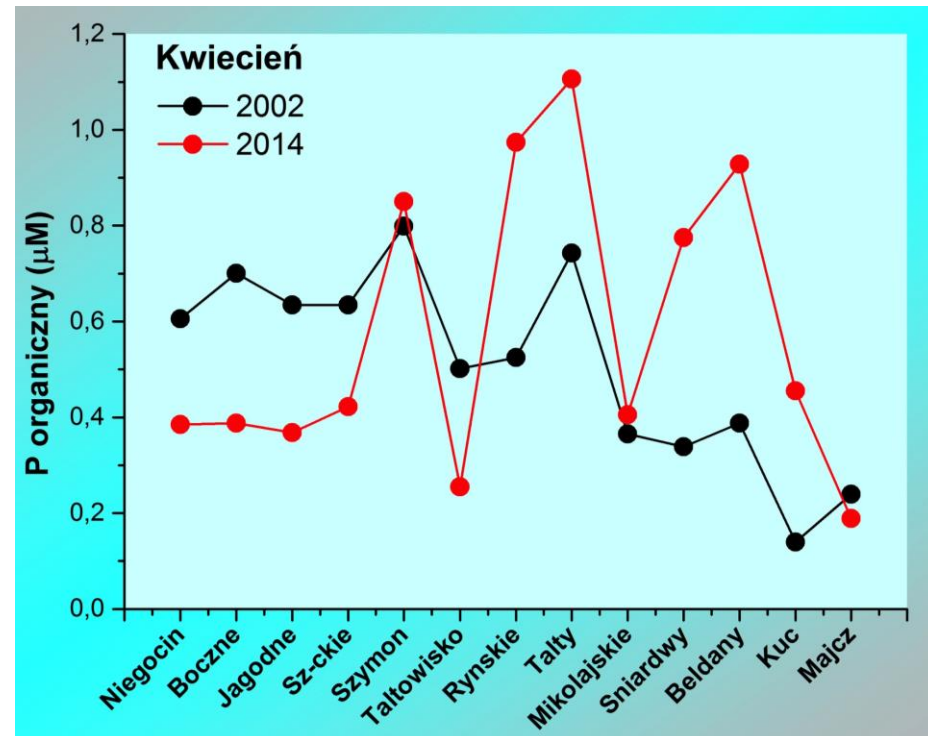


Schemat działania Phoslock w jeziorach

Czy inaktywacja fosforu jest wystarczająca? (Wiosna)

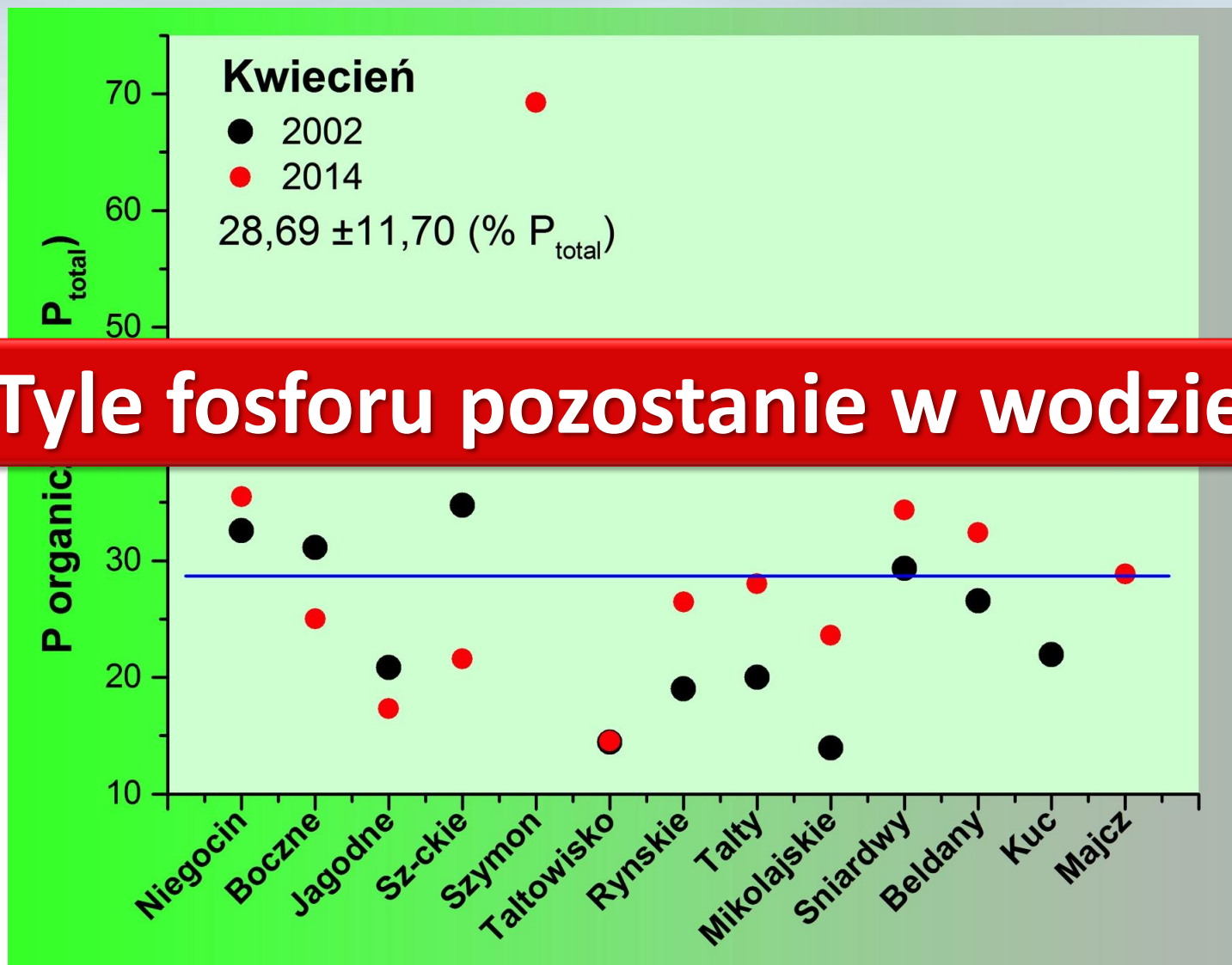


Ta forma fosforu pozostanie w wodzie

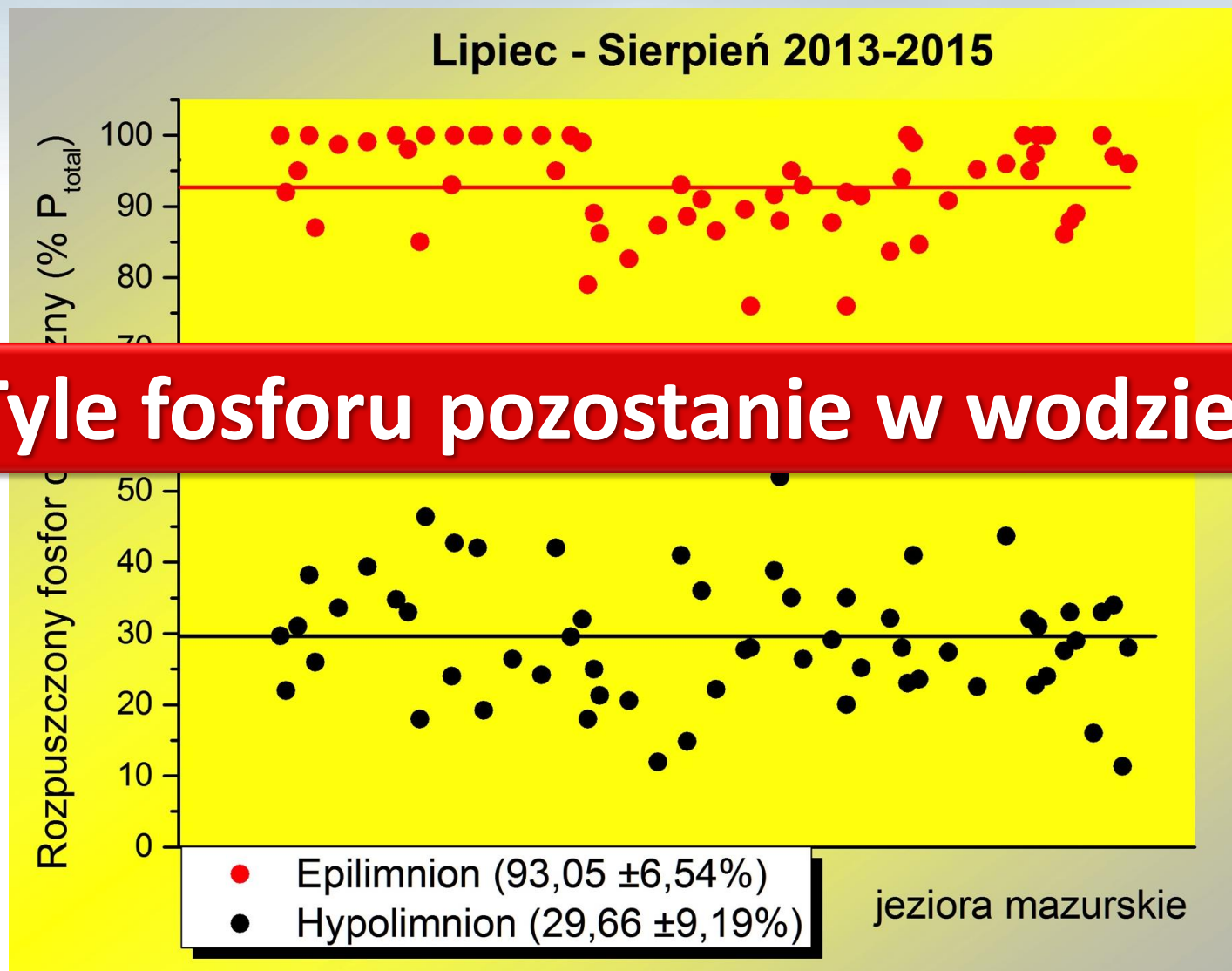


Ta postać fosforu możliwa
jest do inaktywacji

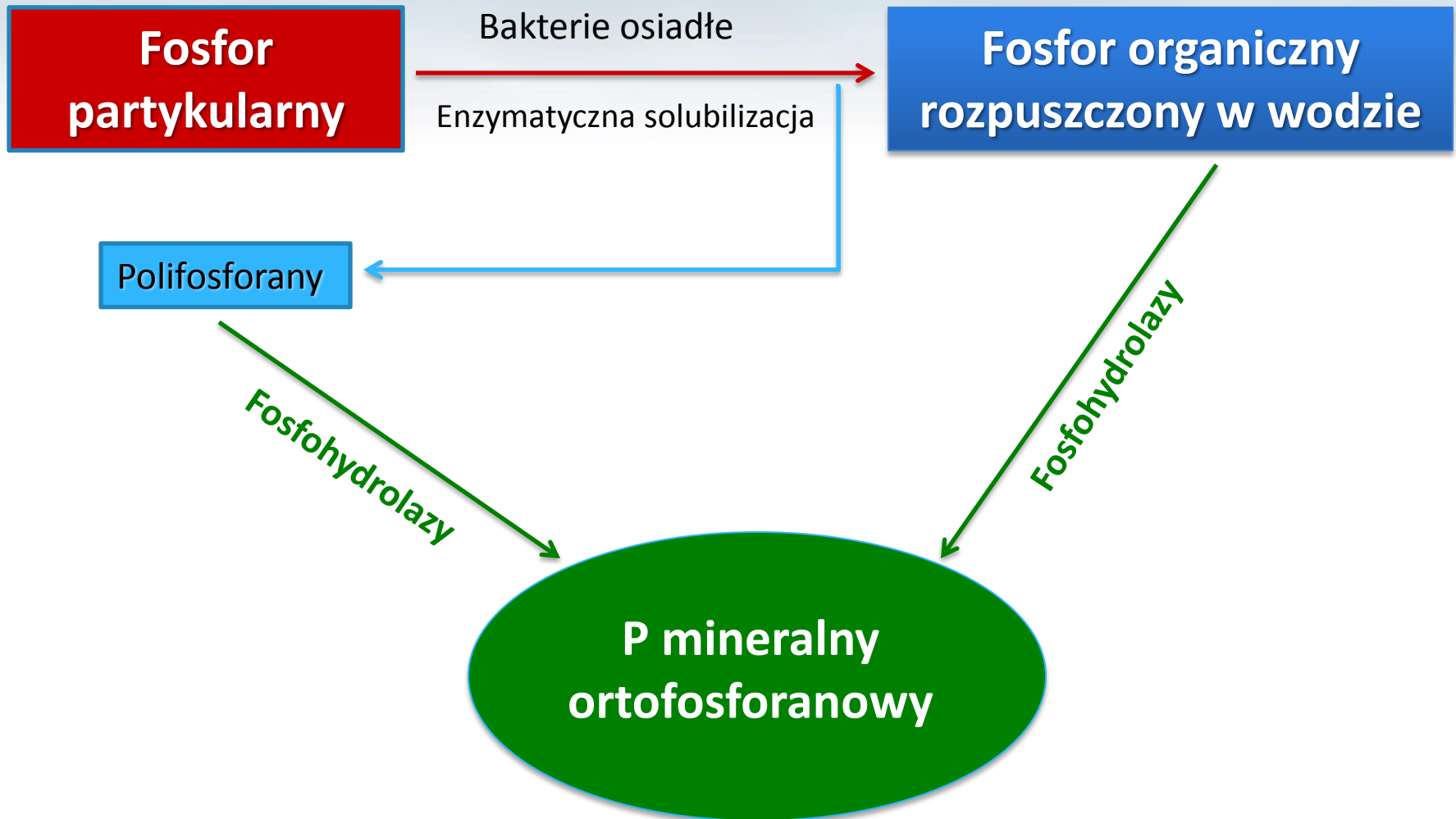
Czy inaktywacja fosforu jest wystarczająca? (Wiosna)



Czy inaktywacja fosforu jest wystarczająca? (Lato)



Przemiany fosforu organicznego



Inaktywacja fosforu

Inaktywacja fosforu jako główna i jedyna metoda rekultywacji jest mało przydatna w jeziorach !

- Koagulant może unieczynnić wyłącznie pulę fosforu mineralnego.
- Fosfor zawarty w związkach organicznych nie zostanie zablokowany! jego transformacja ponownie uwolni do wody i osadów ogromne ilości fosforu mineralnego stanowiąc pożywkę dla nadmiernego wzrostu biomasy fitoplanktonu

Metody biologiczne

Zalety

- Oparte na ekologicznych prawach funkcjonowania ekosystemów wodnych
- Stosunkowo mało inwazyjne
- Wykorzystujące naturalne właściwości i interakcje międzygatunkowe
- Dostyc długotrwały efekt końcowy

Wady

- ◆ Wymagają długiego czasu stosowania i kontroli
- ◆ Wymagają profesjonalnej wiedzy podczas kontrolowania zabiegów

Metody biologiczne

- Zmiany struktury gatunkowej ryb w piramidzie troficznej zbiornika (biomanipulacja)
- Struktury biologiczne o dużej filtracji zawiesiny (np. Dreisena polymorpha), lub dużej powierzchni czynnej porośniętej peryfitonem i biofilmami asymilującymi biogeny z wody
- Fitoremediacje
- Naturalne algicydowe (antyglonowe) właściwości słomy jęczmiennej – zapory balotowe

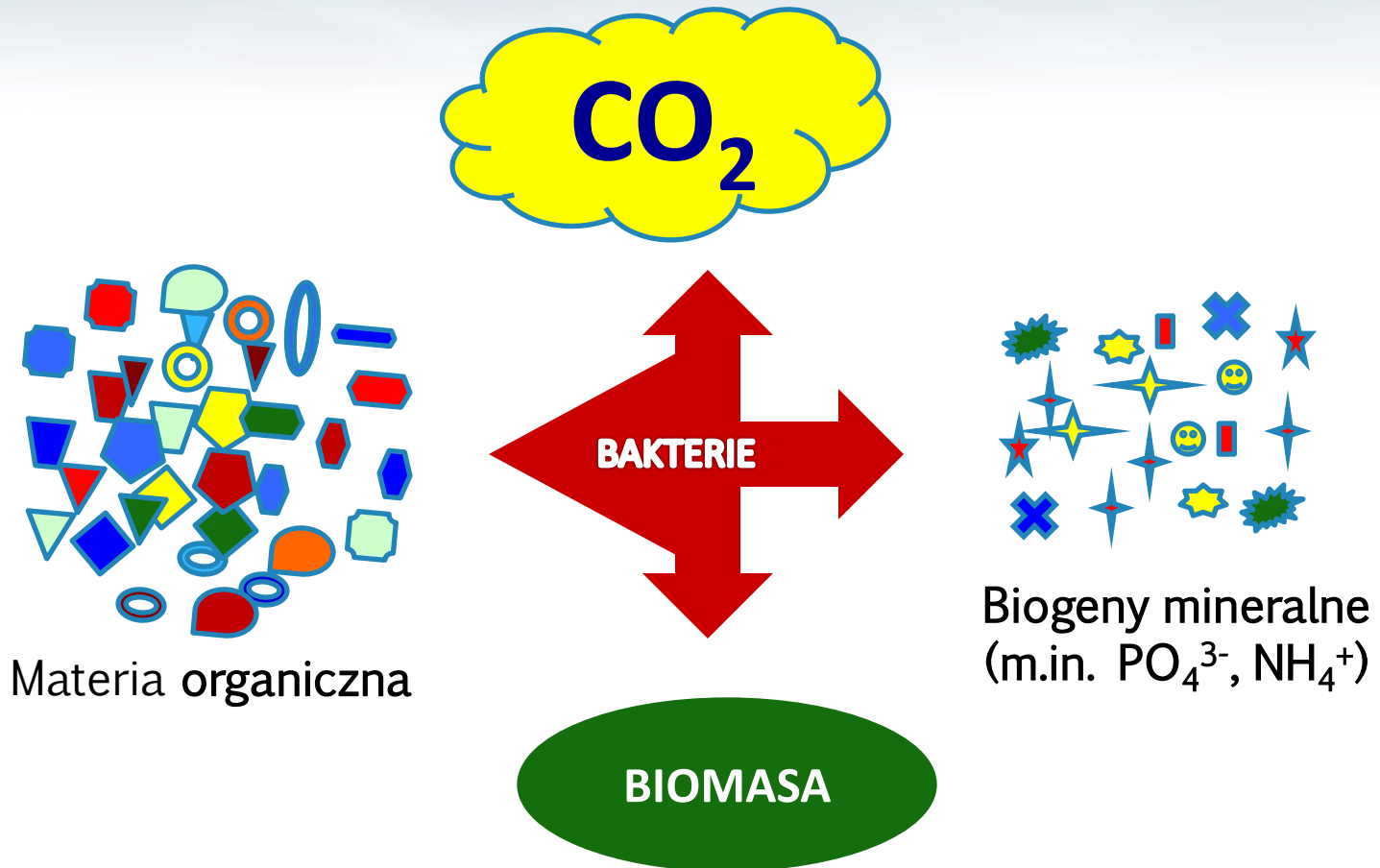
Metody wspomagające jedynie efekt podstawowej technologii rekultywacji zbiornika wodnego i wydłużające jego okres trwałości. Zbyt mało efektywne jako samodzielne technologie rekultywacji wód.

Metody biologiczne

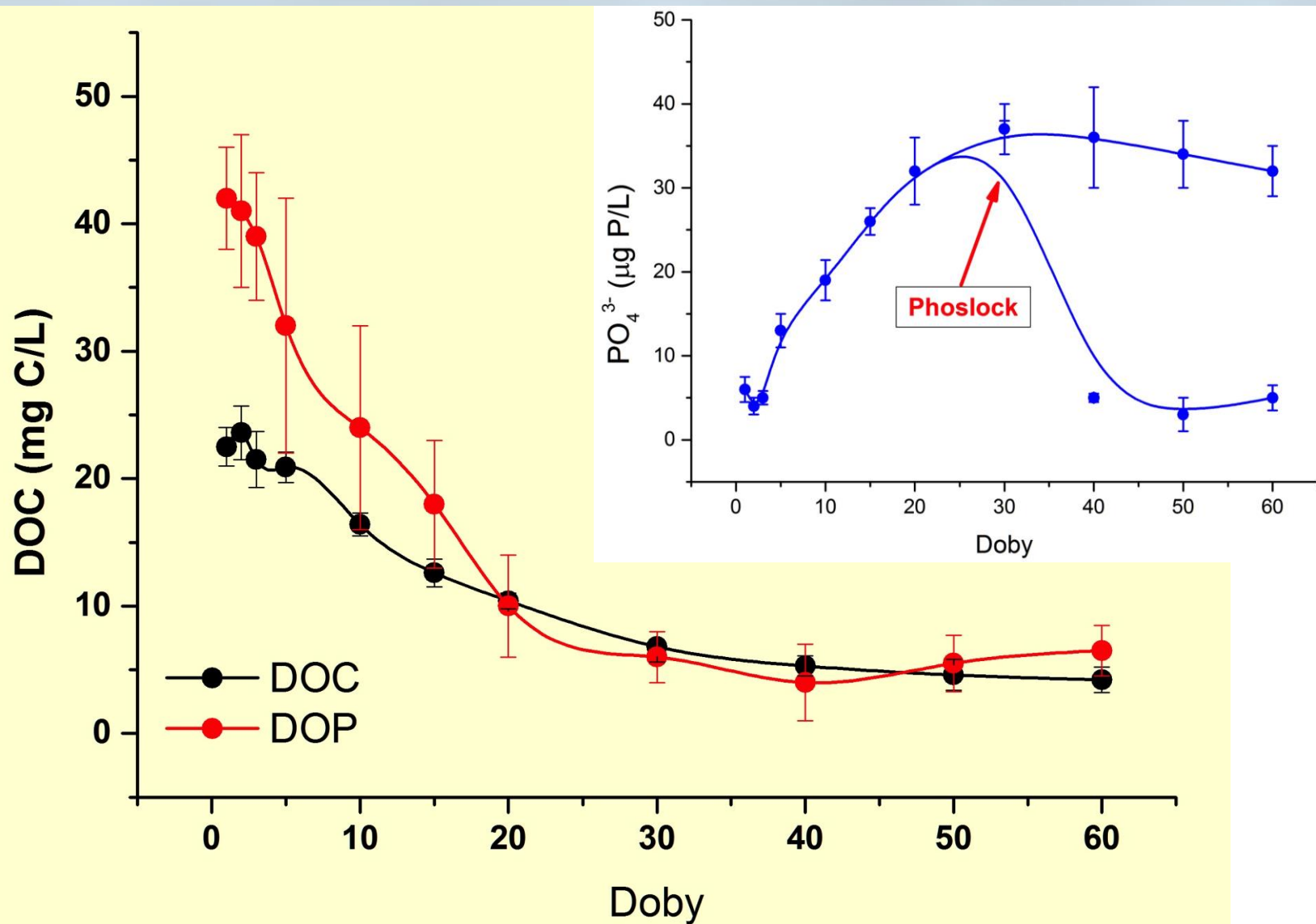
- **Bioremediacja mikrobiologiczna**
- **Technologia oparta na wykorzystywaniu naturalnych właściwości degradacyjnych specjalnie dobranych zespołów mikroorganizmów o dużym potencjale biochemiczno-metabolicznym do rozkładu i wykorzystywania substancji organicznych**
- Nieinwazyjna i bezpieczna w środowisku
- Działa zarówno na degradację zanieczyszczeń w wodzie jak i w osadach dennych
- Oparta na procesach i interakcjach mikrobiologicznych w ekosystemie
- Stosowana w zbiornikach wodnych od kilkunastu lat na świecie
- W Polsce stosowana dopiero od 3-4 lat

Bioremediacja mikrobiologiczna

Jak działa przyroda?

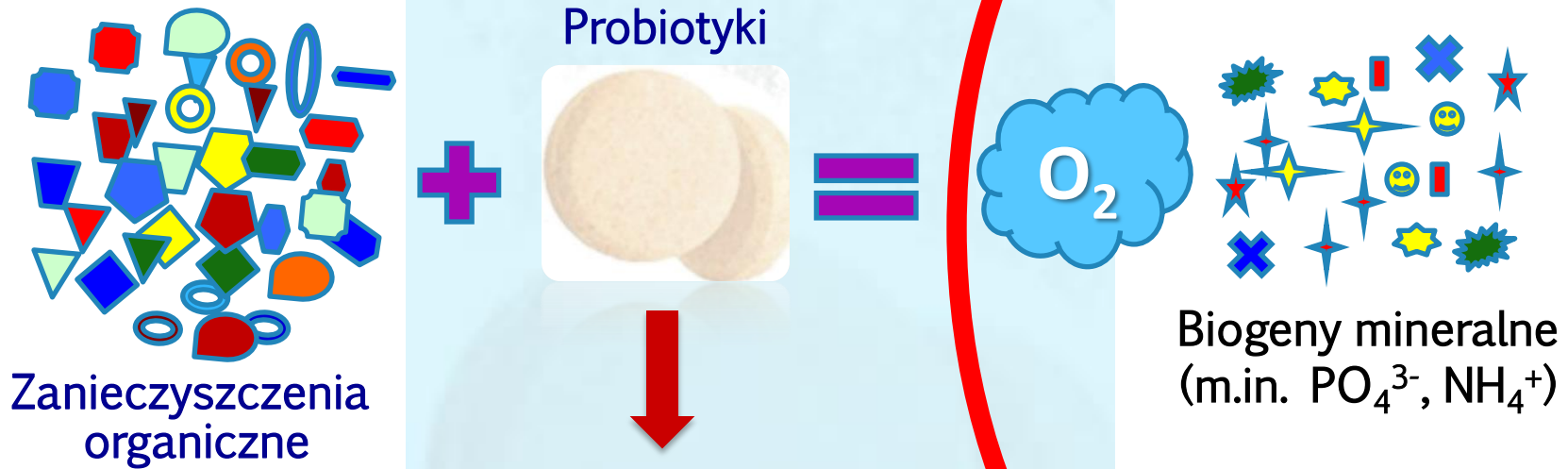


Kompleksowa Bioremediacja Mikrobiologiczna (Eksperyment mezokosm)



Bioremediacja mikrobiologiczna

Na czym polega bioremediacja ?



Stymulują i przyspieszają naturalne procesy obiegu materii organicznej i mineralnej w środowisku

Kompleksowa Bioremediacja Mikrobiologiczna (Etapy wstępne)

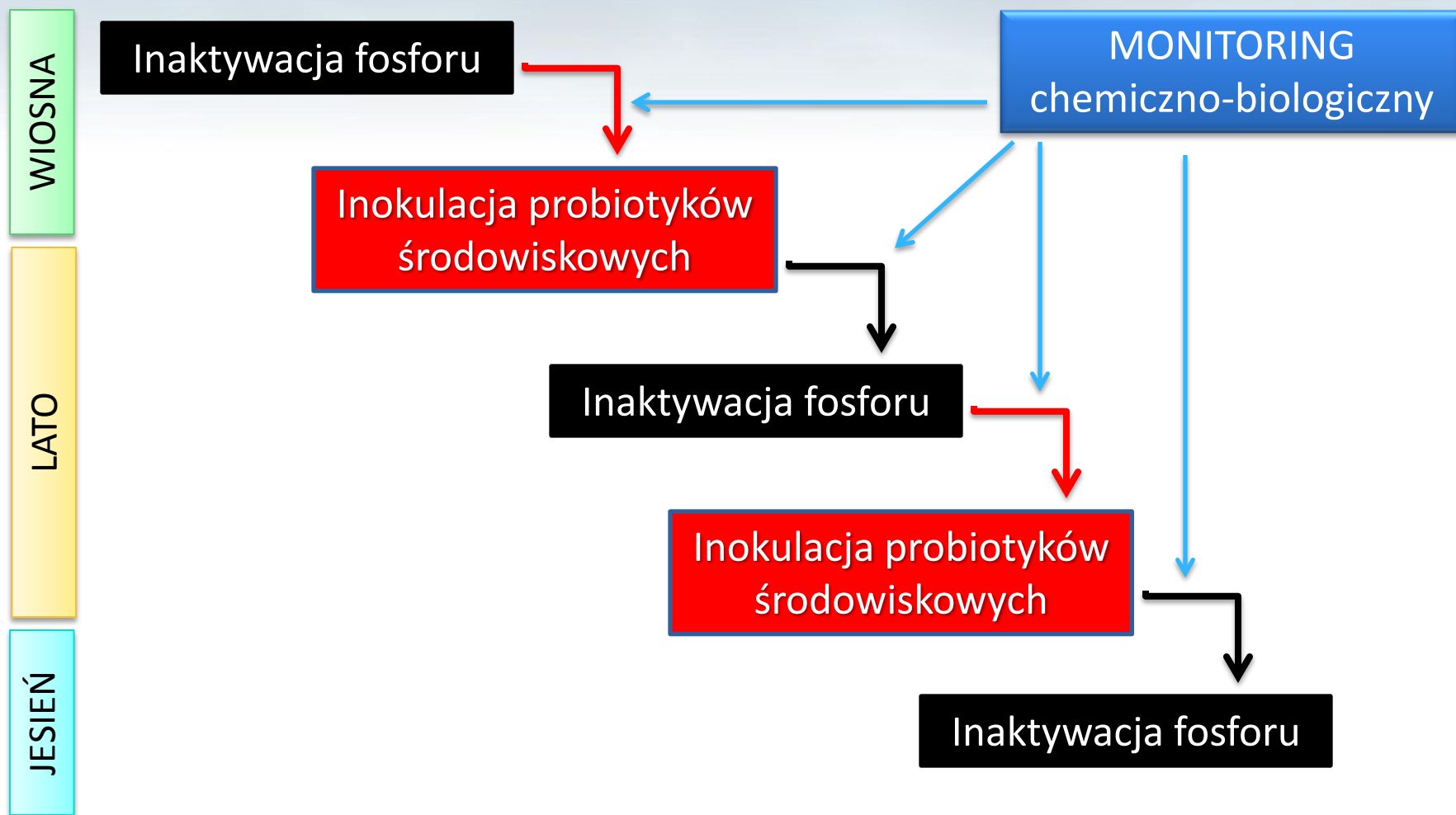
Rozpoznanie i określenie zewnętrznych źródeł biogenów i zanieczyszczeń doptywających do zbiornika wodnego

```
graph TD; A[Rozpoznanie i określenie zewnętrznych źródeł biogenów i zanieczyszczeń doptywających do zbiornika wodnego] --> B[Analiza dynamiki zmian sezonowych podstawowych parametrów fizyko-chemicznych, biologicznych i mikrobiologicznych wody i osadów dennych]; B --> C[Kalibracja zbiornika w skali mikrokosmosu w celu optymalizacji zabiegów kompleksowej bioremediacji mikrobiologicznej];
```

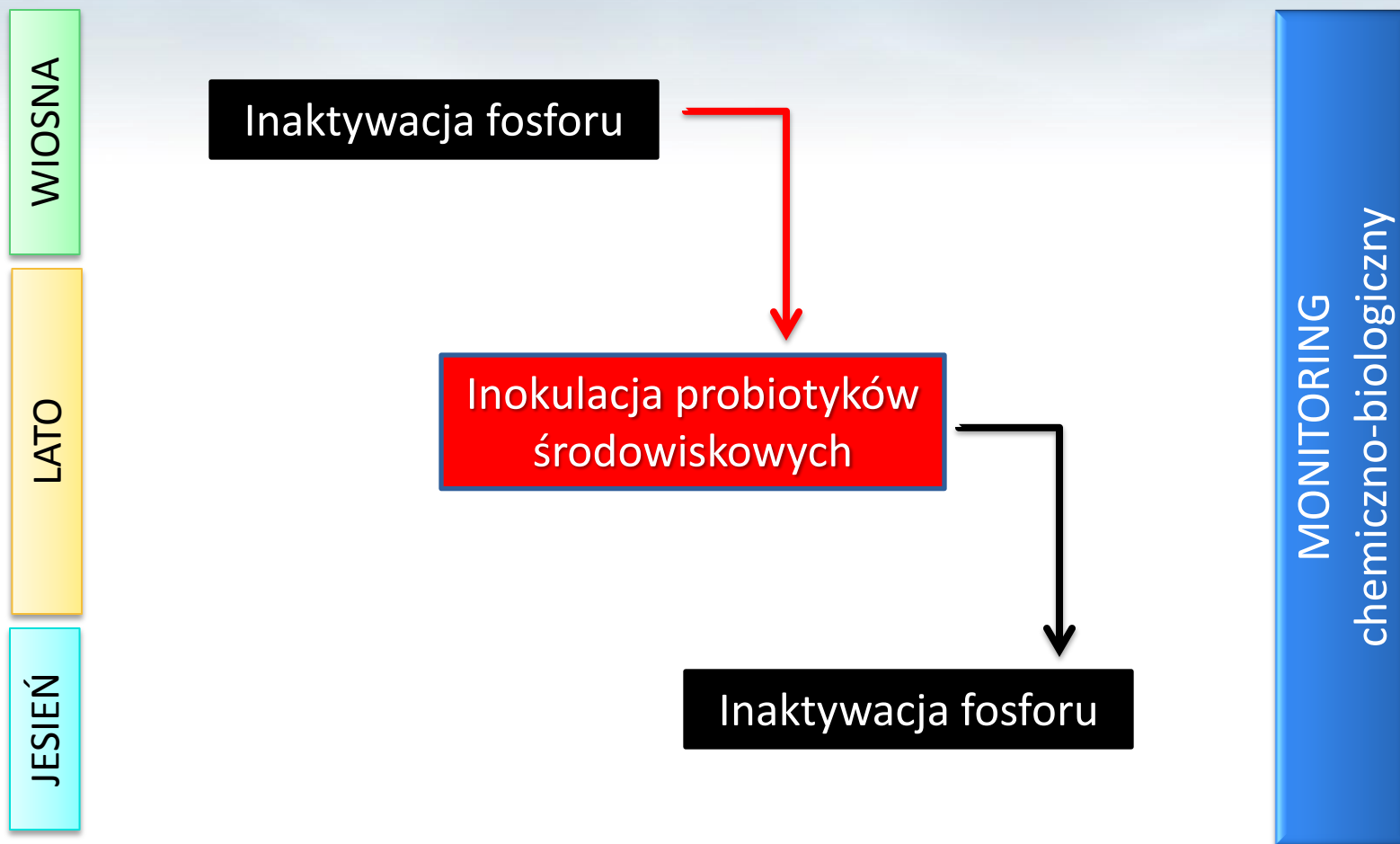
Analiza dynamiki zmian sezonowych podstawowych parametrów fizyko-chemicznych, biologicznych i mikrobiologicznych wody i osadów dennych

Kalibracja zbiornika w skali mikrokosmosu w celu optymalizacji zabiegów kompleksowej bioremediacji mikrobiologicznej

Kompleksowa Bioremediacja Mikrobiologiczna (Etap I)



Kompleksowa Bioremediacja Mikrobiologiczna (Etap II)



Kompleksowa Bioremediacja Mikrobiologiczna (KOBIOMIK)



Technologia KOBIOMIK podlega zastrzeżeniu patentowemu

Bioremediacja mikrobiologiczna

Czy probiotyki są skuteczne w bioremediacji jeziora ?



Suskie, kąpielisko,
5 sierpień 2014 r. ←

Suskie, kąpielisko, →
18 sierpień 2014 r.



Bioremediacja mikrobiologiczna

Czy probiotyki są skuteczne w bioremediacji Jeziora Suskiego ?

Tabela 1. Zmiany wartości analizowanych parametrów jakości wody w okresie 6 sierpień – 2 październik 2014 r.

Parametr	JEZIORO				ZAGRODA EcoTabs			
	06.08.	18.08.	03.09.	02.10.	06.08.	18.08.	03.09.	02.10.
Chlorofil _a (µg/L)	352	290	144	159	352	177	128	85
Fosfor całkowity (mg/L)	0,425	0,370	0,275	0,294	0,425	0,240	0,215	0,147
Fosfor organiczny (mg/L)	0,389	0,367	0,268	0,288	0,389	0,227	0,165	0,145
Fosfor mineralny (mg/L)	0,036	0,003	0,002	0,000	0,036	0,002	0,001	0,000
Azot amonowy (mg/L)	0,0469	0,0418	0,0238	0,0135	0,0469	0,0051	0,0080	0,0073
Mętność wody*	74	58	62	64	74	26	35	42

* mętność wody oznaczana nefelometrycznie, podana w jednostkach NTU

Bioremediacja mikrobiologiczna

Czy probiotyki są skuteczne w bioremediacji Jeziora Suskiego ?

Tabela 2. Procentowa zmiana wartości analizowanych parametrów jakości wody w porównaniu ze stanem początkowym (100% w dniu 06.08.2014 r.)

Parametr	abs
Chlorofil	* 02.10. 24,1
Fosfor ca	34,6
Fosfor o	37,3
Fosfor m	0,0
Azot am	15,6
Mętność	56,7

TAK !!!

Testowane w bioremediacji mikrobiologicznej probiotyki Eco-Tabs okazały się bardzo skuteczne w poprawie jakości wody Jeziora Suskiego w okresie 6.08.- 2.10.14 r. (ok. 8 tygodni).

* cz.
eksperymentalnej

Bioremediacja mikrobiologiczna

Dlaczego stosować kompleksową bioremediację mikrobiologiczną?

- ★ Naukowe podstawy bioremediacji mikrobiologicznej oparte są na naturalnych procesach samooczyszczania się wód
- ★ Jest skuteczna w jeziorze
- ★ Biotechnologia kompleksowej bioremediacji mikrobiologicznej jest bezpieczna dla środowiska i jego użytkowników, nie wprowadza do środowiska naturalnego mikroorganizmów patogennych i genetycznie zmodyfikowanych. Probiotyki zawierają bakterie stymulujące i przyspieszające przebieg naturalnych procesów samorzutnie zachodzących w środowiskach wodnych
- ★ Kompleksowa bioremediacja mikrobiologiczna zbiorników wodnych nie powoduje niepożądanych skutków ubocznych dla środowiska naturalnego

Bioremediacja mikrobiologiczna

Dlaczego stosować kompleksową bioremediację mikrobiologiczną?

- ★ Wprowadzenie wspomagających technologii podczas kompleksowej bioremediacji mikrobiologicznej wyzwała synergistyczny dodatni efekt końcowy i wydłuża trwałość skutków rekultywacji jeziora (polepszenie jakości ekologicznej wód, wzrost atrakcyjności turystycznej i użytkowej, itp.)

Dziękuję za uwagę