

## Konferencja Naukowa RevitaLife 2018

*pod honorowym patronatem wiceminister Środowiska Małgorzaty Golińskiej*

# Biotechnologie ekohydrologiczne dla ograniczenia zanieczyszczenia wód w obszarach rolniczych

Agnieszka BEDNAREK<sup>1,2</sup>, Joanna MANKIEWICZ-BOCZEK<sup>1,2</sup>,  
Liliana SERWECIŃSKA<sup>1</sup>, Sebastian SZKLAREK<sup>1</sup>, Arnaldo Font Nájera<sup>1,2</sup>, Edyta Kiedrzyńska<sup>1,2</sup>, Jerzy Mirosław KUPIEC<sup>3</sup>,  
Włodzimierz ŻELEŹNIK<sup>4</sup>, Maciej ZALEWSKI<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Europejskie Regionalne Centrum Ekohydrologii PAN, ul. Tylna 3, 90-364 Łódź

<sup>2</sup>Kat. Ekologii Stosowanej, Wydz. Biologii i Ochrony Środowiska Uniwersytetu Łódzkiego, ul. Banacha, 12/13, 90-237 Łódź

<sup>3</sup>Kat. Ekologii i Ochrony Środowiska, Wydz. Inżynierii Środowiska i Gospodarki Przestrzennej, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu, ul. Piątkowska 94C, 60-649 Poznań

<sup>4</sup>Mikronatura Środowisko Sp. z o.o., ul. Wachowiaka 8/B, 60-681 Poznań

## Nieodpowiednia infrastruktura do przechowywania nawozów naturalnych

Zgodnie z badaniami z 2014:

- 72% przebadanych gospodarstw posiadało zbyt małą płytę obornikową
- 85% miało niewystarczające zbiorniki na płynne odchody

była to jedna z przyczyn składowania obornika bezpośrednio na polu

(Kupiec, 2014)



1. <https://www.agrofoto.pl/forum/gallery/image/594693-pryzma-obornika-pod-rzepak/>;
2. <https://nawozy.eu/wiedza/porady-ekspertow/gleba/kiedy-i-jak-nawozic-obornikiem.html>;
3. <https://www.swiatkwiatow.pl/poradnik-ogrodniczy/obornik--jak-i-kiedy-stosowac-id1287,g2.html> ;23.08.18

# Prawo wodne

Zgodnie z Ustawą z dnia 20 lipca 2017 r. Prawo wodne (Dz. U. 2018 ):

**Art. 10.** Zarządzanie zasobami wodnymi służy zaspokajaniu potrzeb ludności i gospodarki oraz ochronie wód i środowiska związanego z tymi zasobami, w szczególności w zakresie:

(...)

3) ochrony zasobów wodnych przed zanieczyszczeniem oraz niewłaściwą lub nadmierną eksploatacją;

4) utrzymywania lub poprawy stanu ekosystemów wodnych i zależnych od wód

## USTAWA

z dnia 20 lipca 2017 r.

**Prawo wodne<sup>1), 2)</sup>**

### DZIAŁ I

Zasady ogólne

Rozdział I

Przepisy ogólne

**Art. 1.** Ustawa reguluje gospodarowanie wodami zgodnie z zasadą zrównoważonego rozwoju, w szczególności kształtowanie i ochronę zasobów wodnych, korzystanie z wód oraz zarządzanie zasobami wodnymi.

Opracowano na podstawie: Dz. U. z 2017 r. poz. 1566, 2180, z 2018 r. poz. 650, 710.



Organizacja Narodów  
Zjednoczonych do Spraw  
Oświaty, Nauki i Kultury



Europejskie Regionalne  
Centrum Ekohydrologii  
pod auspicjami UNESCO



POLSKA AKADEMIA NAUK

KES

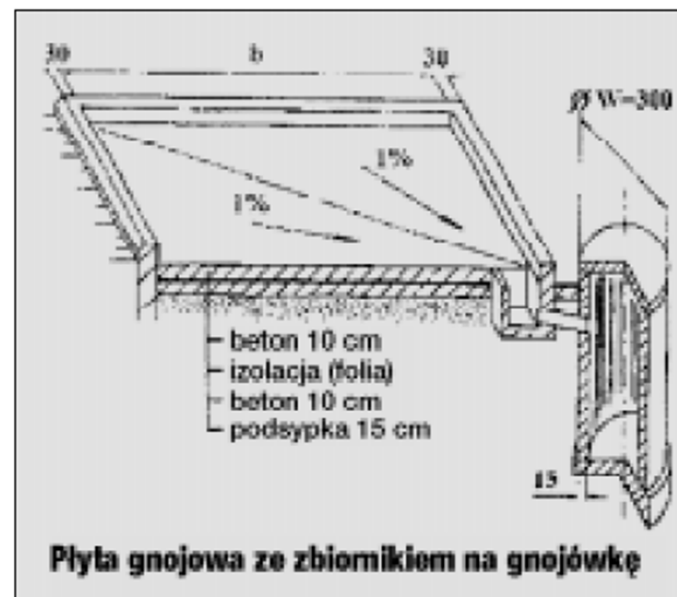


WYDZIAŁ BIOLOGII  
I OCHRONY ŚRODOWISKA  
Uniwersytet Łódzki

# Infrastruktura do przechowywania nawozów naturalnych (gnojowicy, gnojówki, obornika, pomiotu ptasiego)

Zgodnie z Rozporządzeniem Rady Ministrów z dnia 5 czerwca 2018 r. w sprawie przyjęcia „Programu działań mających na celu zmniejszenie zanieczyszczenia wód azotanami pochodzącymi ze źródeł rolniczych oraz zapobieganie dalszemu zanieczyszczeniu (Dz. U.2018 poz. 1339) **miejsce do przechowywania nawozów naturalnych** oznacza:

„zbiorniki na płynne nawozy naturalne (gnojówkę lub gnojowicę), płyta ze zbiornikiem na odciek i instalacją odprowadzającą odciek z płyty do zbiornika lub inne miejsce przechowywania obornika lub pomiotu ptasiego **specjalnie przygotowane w tym celu z materiałów szczelnych i nieprzepuszczalnych, zabezpieczających przed przedostawaniem się odcieków do wód lub gruntu**”.



(Kodeks dobrej praktyki rolniczej, 2004)

# Obowiązkowe opłaty za nieprawidłowości

Zgodnie z Ustawą z dnia 20 lipca 2017 r. Prawo wodne, Rozdz. 4, Art. 109:

5. Maksymalne stawki opłaty, o której mowa w ust. 1, wynoszą:

- 1) **2000 zł** za stosowanie nawozów niezgodnie z przepisami wydanymi na podstawie art. 106 ust. 4;
- 2) **3000 zł** za przechowywanie odchodów zwierzęcych niezgodnie z przepisami wydanymi na podstawie art. 106 ust. 4;
- 3) **500 zł** za prowadzenie dokumentacji realizacji programu działań niezgodnie z przepisami wydanymi na podstawie art. 106 ust. 4 albo za jej brak;
- 4) **500 zł** za brak planu nawożenia azotem, jeżeli jest wymagany zgodnie z przepisami wydanymi na podstawie art. 106 ust. 4.

# Bariery denitryfikacyjne jako narzędzie Ekohydrologii

Źródła węgla:

Trociny sosnowe



Słoma owsiana



Węgiel brunatny



Paździerz lniane



(wszystkie fotografie KES UŁ)

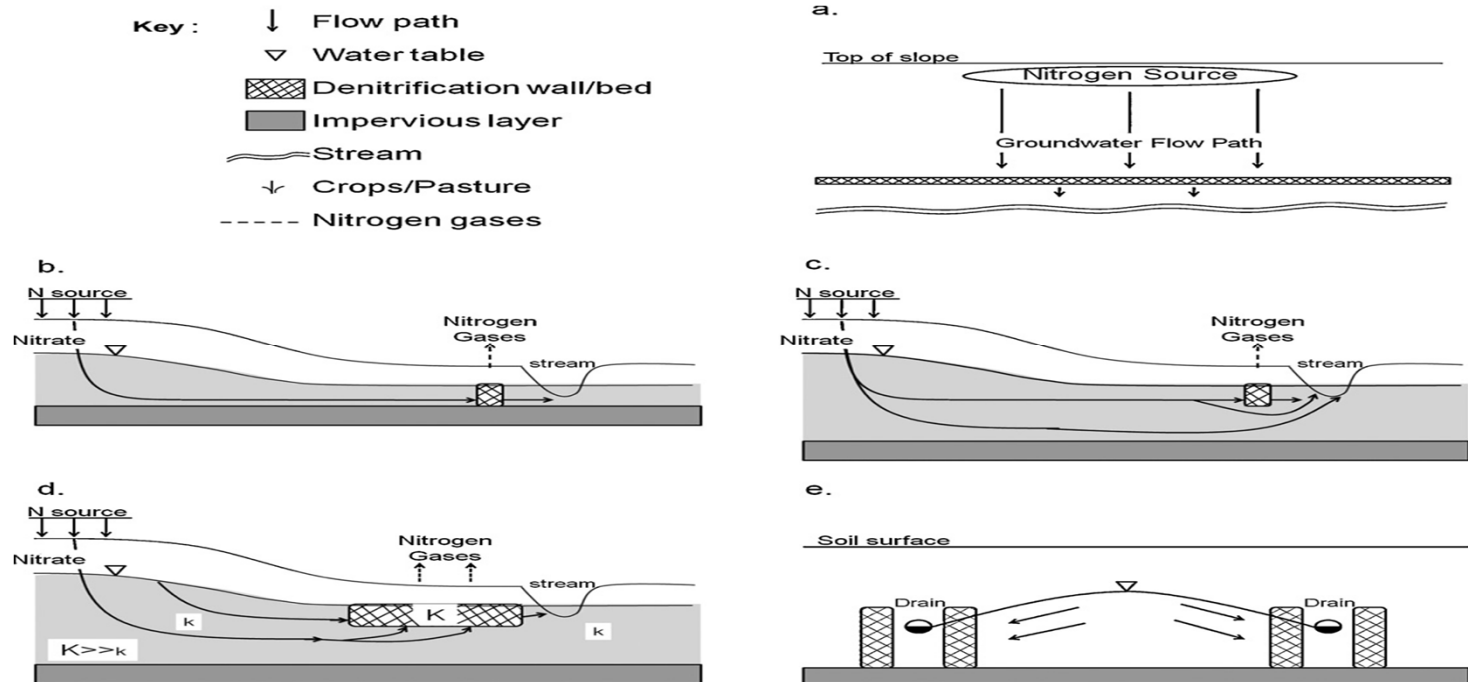
**DENITRYFIKACJA** → dostępność węgla organicznego....



Produkt końcowy zależy od pH w złożu:

> 7,3                       $\text{N}_2$

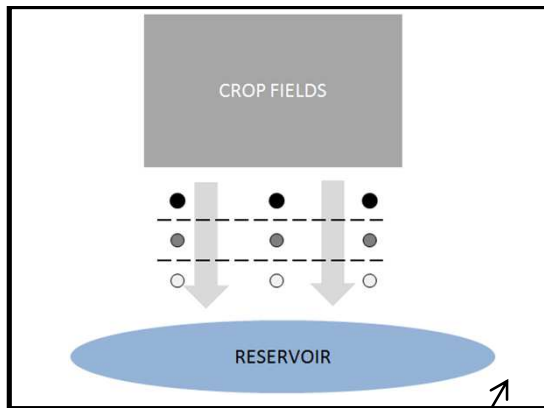
< 7,3                       $\text{NO}$  i  $\text{N}_2\text{O}$



(Schipper et al., 2008; 2010; Bednarek et al., 2010; 2014 )

MANURE STORAGE PIGGERY

**Źródła punktowe – Uniejów**



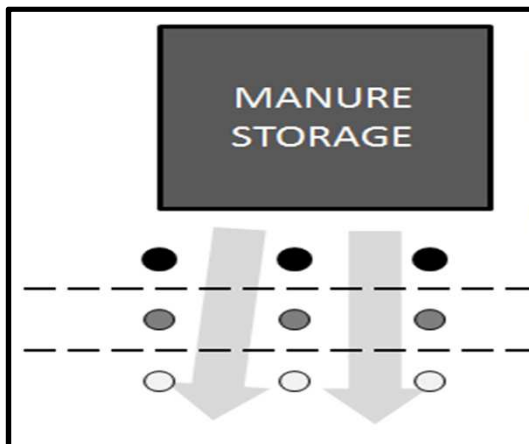
**Źródła obszarowe – zb. Czarnocin**



SMALL RIVER

FARM BUILDINGS

**Źródła obszarowe – Tresta**



**Źródła punktowe – Jerwonice - A**

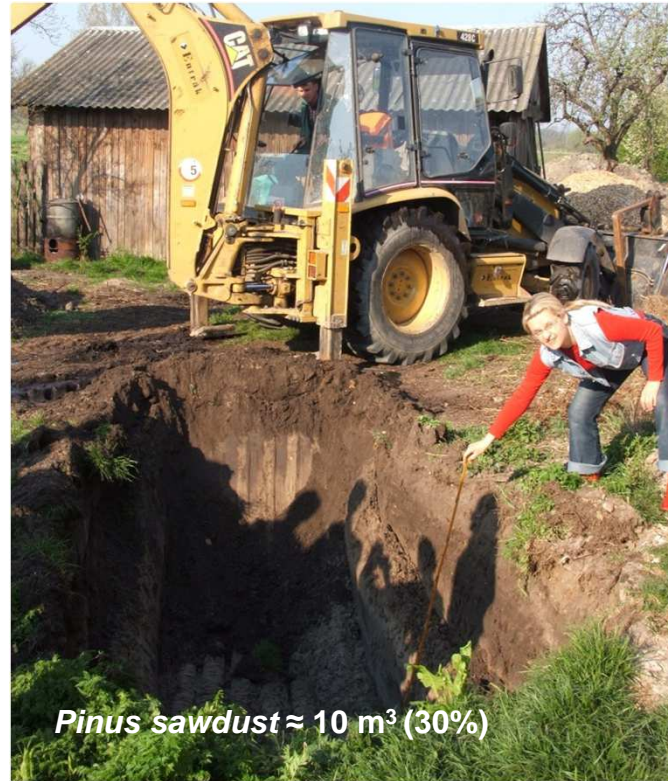
MANURE STORAGE

**Źródła punktowe – Jerwonice - B**

(wszystkie fotografie KES UŁ)

N R14 0061 06/ 2009 GEOWŁÓKNA; NCBR

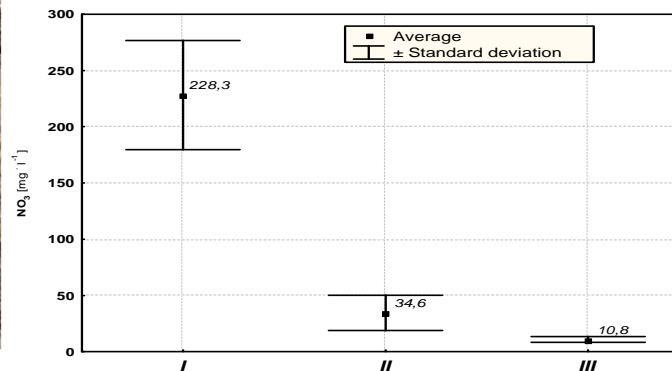
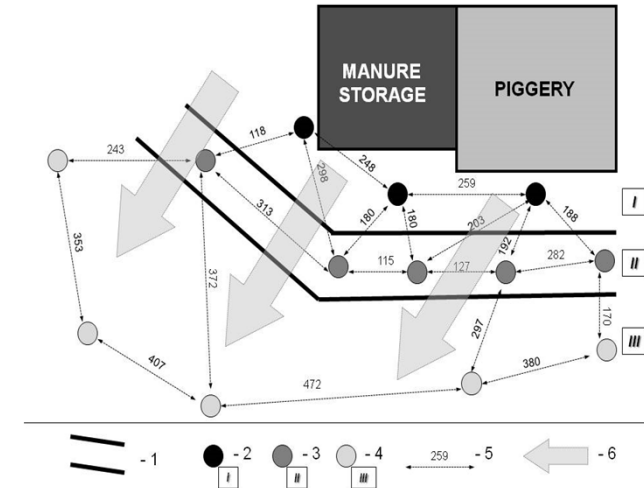
# Konstrukcja pierwszej bariery denitryfikacyjnej Uniejów 2007



*Pinus sawdust ≈ 10 m<sup>3</sup> (30%)*



(wszystkie fotografie KES UŁ)



(Bednarek i in. 2010)

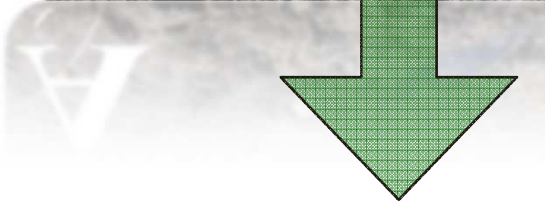
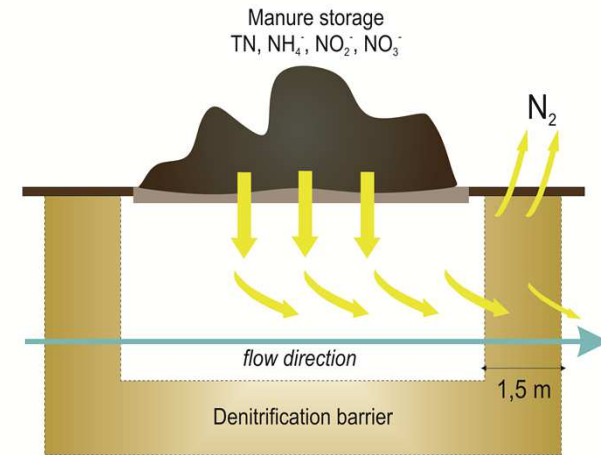
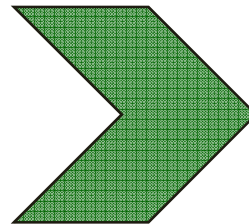
# Problem!

# składowanie obornika bezpośrednio na powierzchni gruntu



Odciek ze składowiska obornika

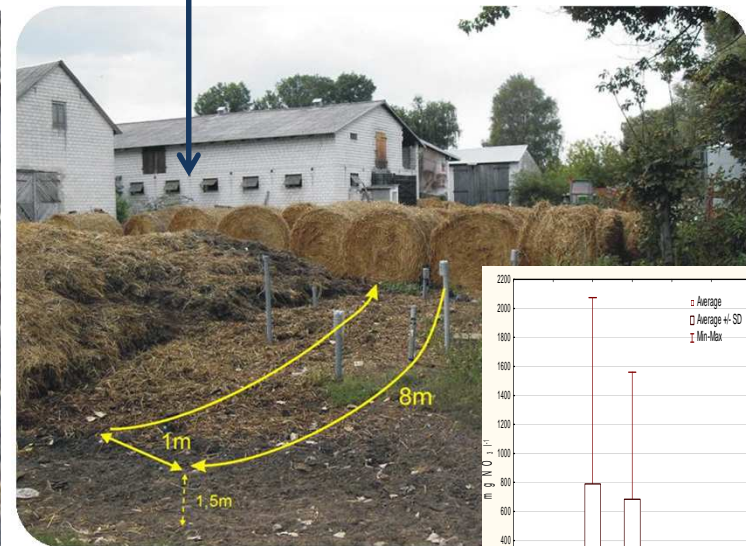
Rozwiązanie...



**Stężenie ( $\text{NO}_3^-$ )  
w wodzie gruntowej  
300 mg/l to 2000 mg/l**



(wszystkie fotografie KES UŁ)



(Bednarek i in., 2014)





## Zbiornik Czarnocin

NO<sub>3</sub><sup>-</sup> 46,8 mg/l

NO<sub>3</sub><sup>-</sup> 90,8 mg/l



(fot. własność KES UŁ)

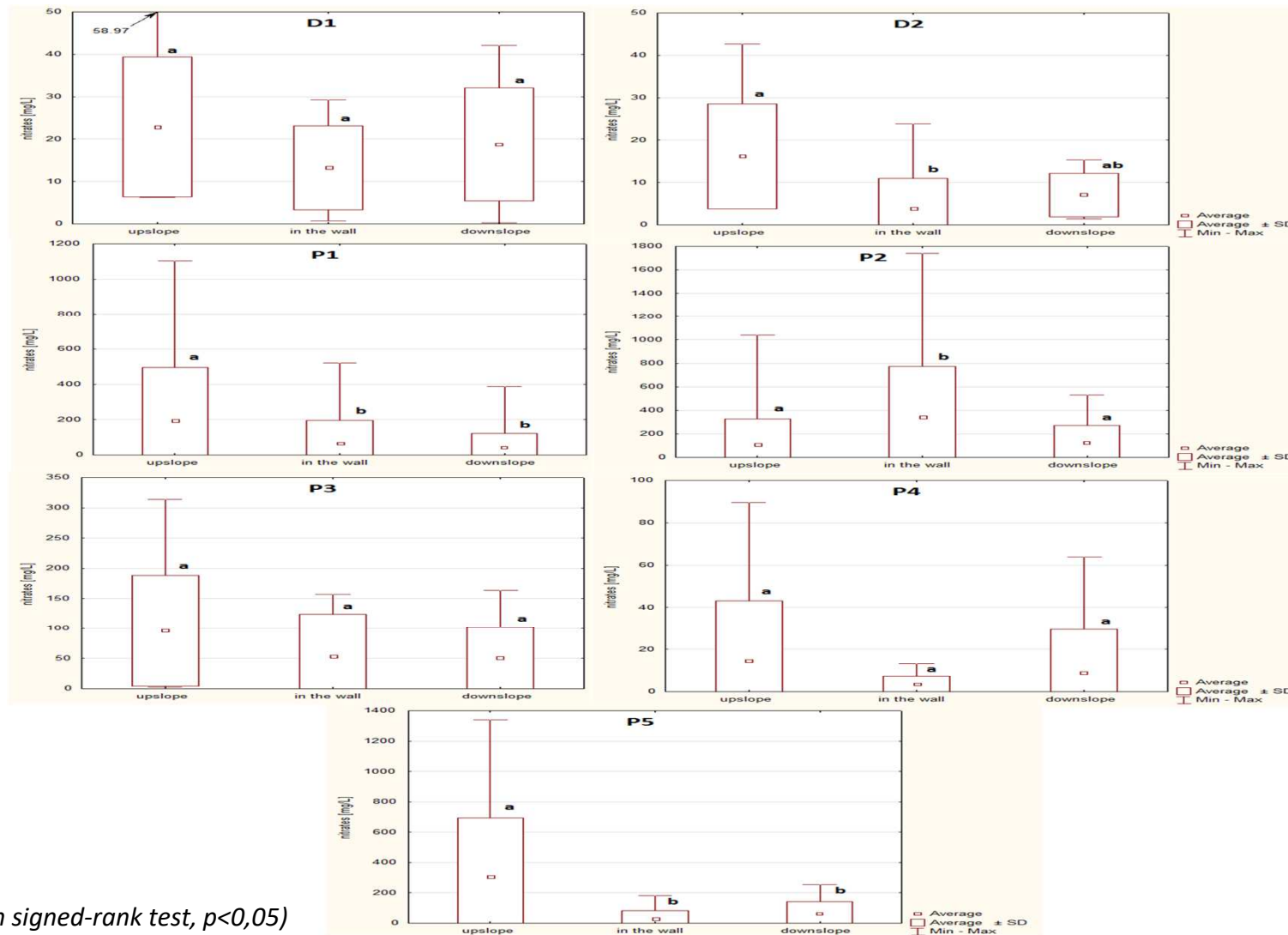


(wszystkie fotografie KES UŁ)

Lokalizacja	Zanieczyszczenie		Źródło węgla
	Typ	Źródło	
UNIEJÓW	punktowe	obornik świński	trociny sosnowe
JERWONICE A		obornik krowi	węgiel brunatny
JERWONICE B		obornik krowi/koński	paździerze lniane
TRESTA	obszarowe	gospodarstwo rolne	trociny sosnowe + słoma owsiana
CZARNOCIN		poła uprawne	paździerze lniane

Złoże	Średnie stężenie NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> [mg/L]	Redukcja [%]	Maksymalne stężenie NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> [mg/L]
UNIEJÓW	243,21	82%	1105,18
JERWONICE A	279,34	67%	2073,78
JERWONICE B	143,08	71%	313,99
TRESTA	22,51	23%	58,97
CZARNOCIN	46,13	56%	112,66

## Średnie stężenia azotanów ( $\text{NO}_3^-$ ) - zestawienie dla wszystkich źródeł



(Wilcoxon signed-rank test,  $p < 0,05$ )

## Zależność pomiędzy parametrami fizycznymi wody a efektywnością redukcji azotanów z wody gruntowej przepływającej przez złoże denitryfikacyjne

Parametry fizyczne wewnątrz złoża	Redukcja azotanów [ $\Delta$ mg $\text{NO}_3^-/\text{L}$ ]	
	D1-D2 DWs	P1-P5 DWs
Temperatura [ $^{\circ}\text{C}$ ]	$r = 0.1317$ (n=19)	$r = -0.0531$ (n=59)
Poziom wody gruntowej [m]	$r = 0.1655$ (n=17)	$r = -0.5523^*$ (n=57)
Tlen [ $\text{mg O}_2/\text{L}$ ]	$r = 0.0316$ (n=19)	$r = -0.1208$ (n=46)
pH	$r = -0.3266$ (n=19)	$r = -0.5381^*$ (n=44)

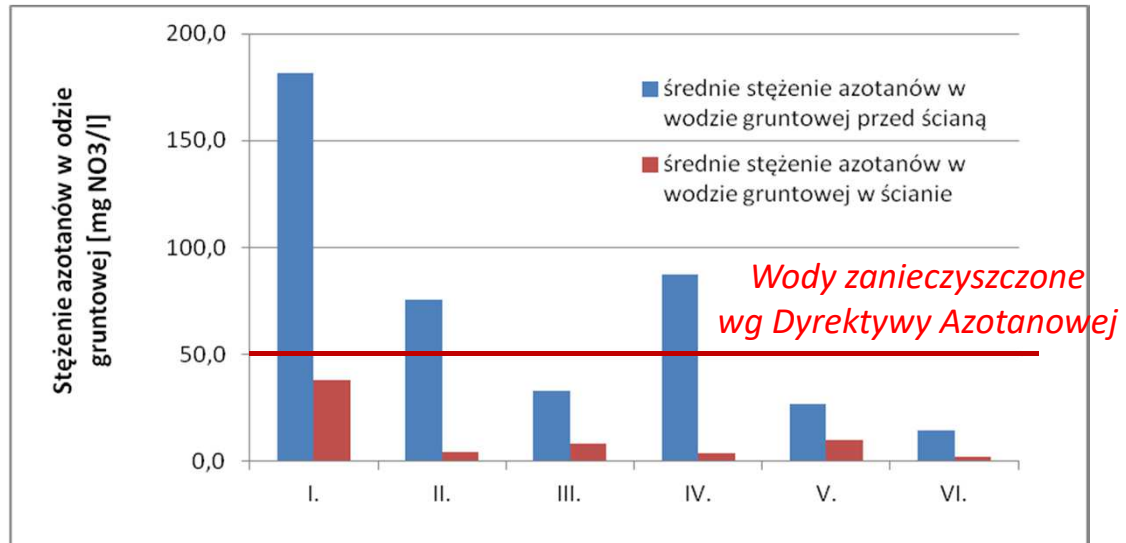
Wsp. Korelacji Spermmana \*  $p < 0,05$

## Wysokoefektywna strefa buforowa (roślinne pasy wzmocnione ścianą denitryfikacyjną) narzędziem dla redukcji zanieczyszczeń azotanowych

PRZED:



Po:

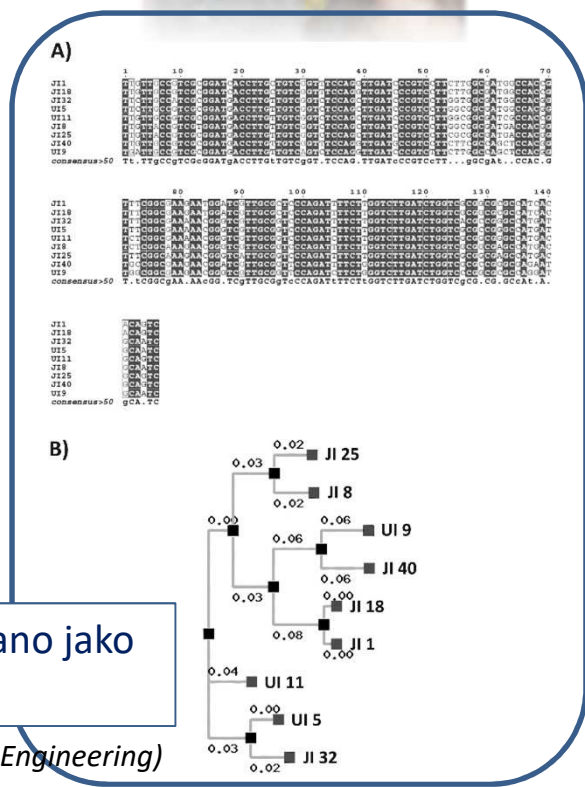


# Mikrobiologiczne aktywizatory w złożach denitryfikacyjnych stosowanych do oczyszczania zanieczyszczeń azotanowych dla wdrażania Ramowej Dyrektywy Wodnej i Dyrektywy Azotanowej

W ramach projektu opracowano:

- optymalny skład substratu węglowego umożliwiający redukcję zarówno azotanów jaki i jonów amonowych
- I. Aktywizator mikrobiologiczny na bazie wyselekcjonowanych hodowalnych bakterii denitryfikacyjnych
- II. Aktywizator mikrobiologiczny na bazie mikrobioty złóż pobranych z aktywnie pracujących barier denitryfikacyjnych

mieszanka węgiel/słoma



Hodowalne bakterie sklasyfikowano jako *Pseudomonas fluorescens*

(Mankiewicz-Boczek et al., 2017, Ecological Engineering)

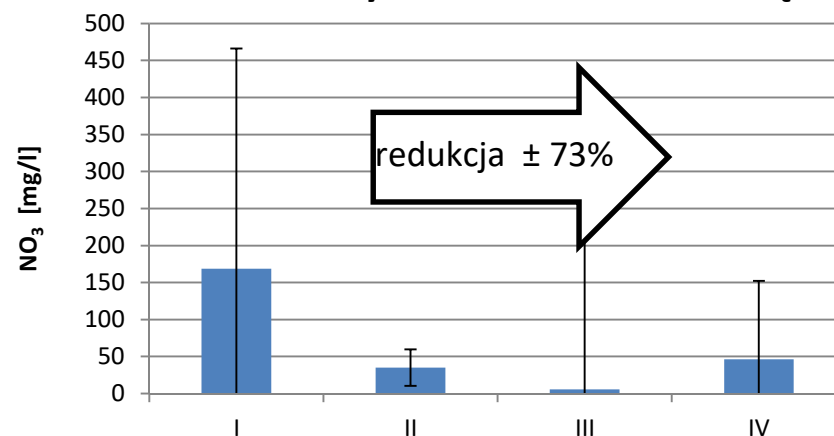
## Optymalizacja pracy złoż – weryfikacja w terenie



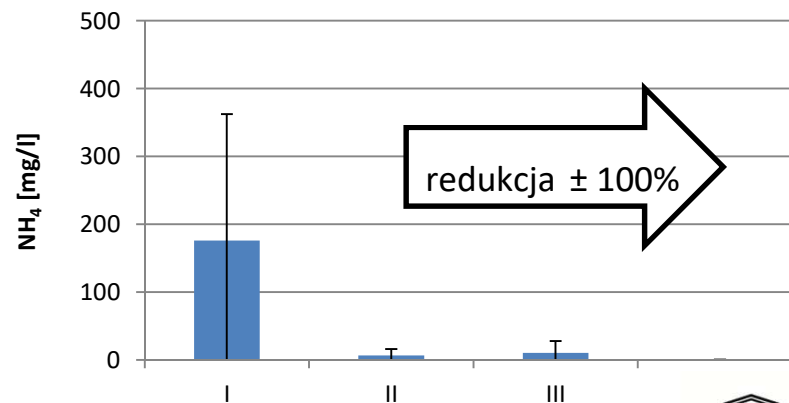
jakość odcieku za 1) składowiskiem, 2) w złożu i 3) za złożem

(wszystkie fotografie ERCE PAN)

Aktywność OPO, I-IV miesiąc

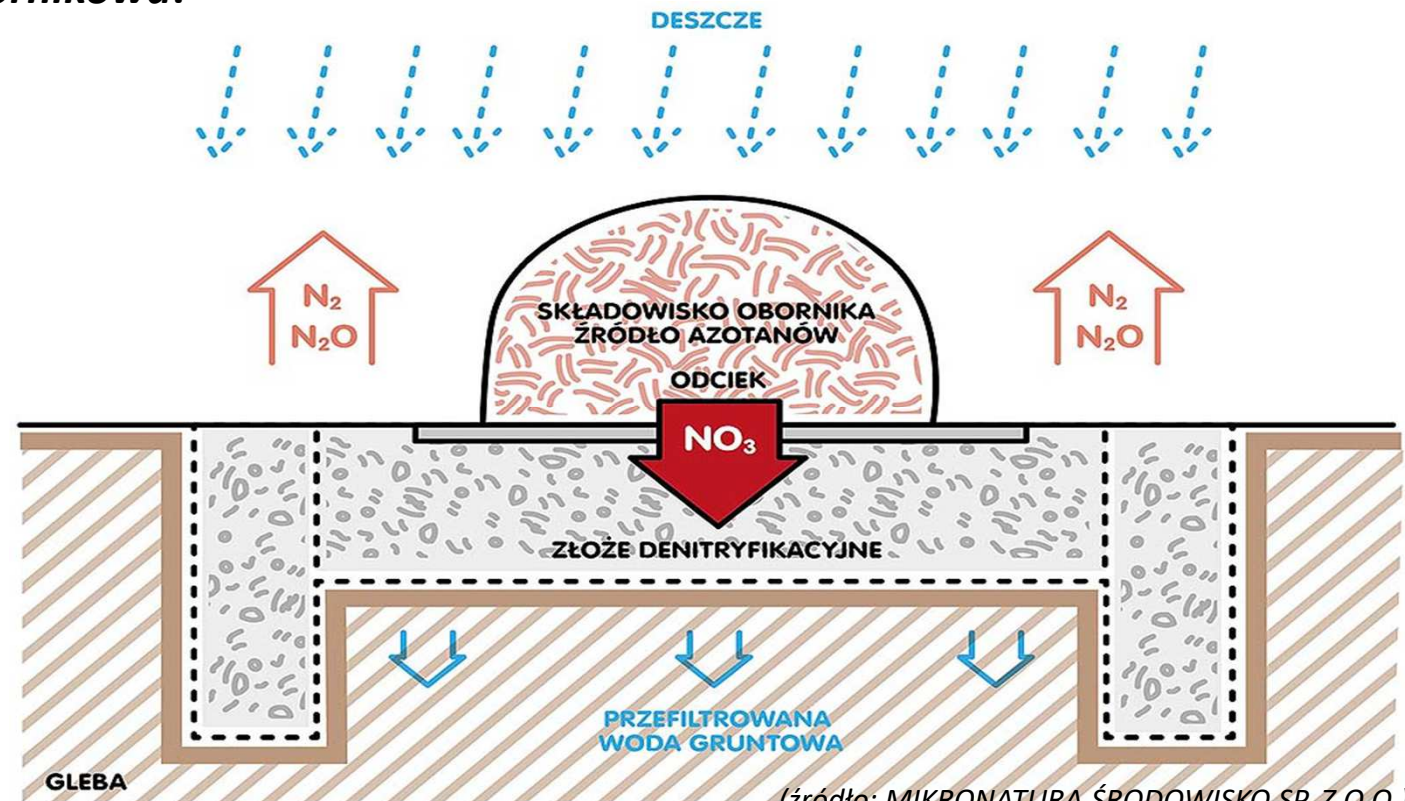


Aktywność OPO, I-IV miesiąc



# Biotechnologie ekohydrologiczne w oparciu o proces denitryfikacji

Zgłoszenie patentowe P.418169:  
*Organiczna płyta obornikowa.*

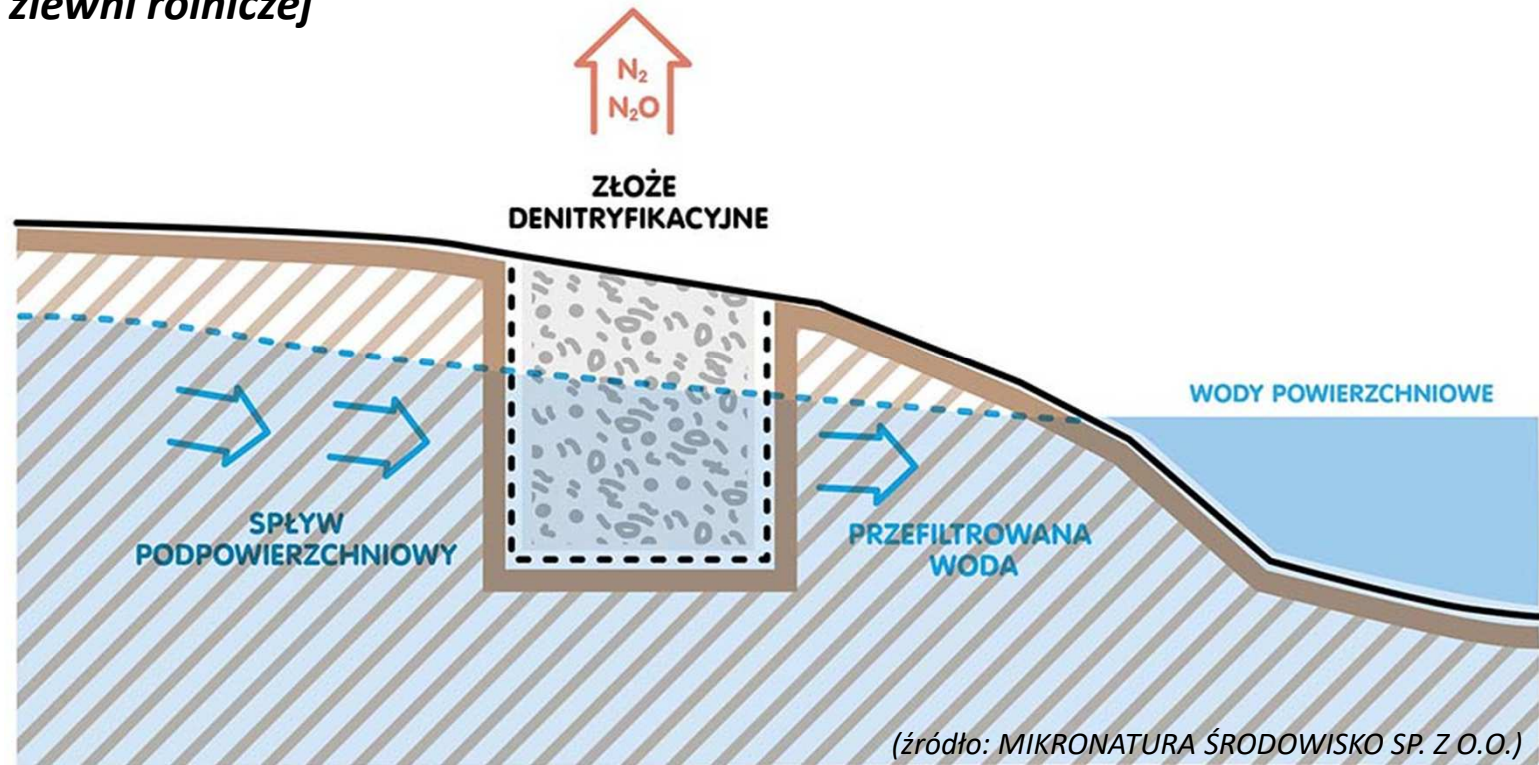


(źródło: MIKRONATURA ŚRODOWISKO SP. Z O.O.)

# Biotechnologie ekohydrologiczne w oparciu o proces denitryfikacji

Zgłoszenie patentowe P.404407:

*Złoże denitryfikacyjne do redukcji zanieczyszczeń obszarowych w zlewni rolniczej*





Narodowe Centrum  
Badań i Rozwoju



MIKRONATURA  
ŚRODOWISKO



„Konstrukcja i optymalizacja systemu biofiltracyjno-sedymentacyjnego, ze strefą aktywacji mikrobiologicznej w celu ograniczenia doływu nutrientów do Jez. Jelonek”  
projekt NCBR GEKON no. GEKON2/03/267948/21/2016



# Zastosowanie systemu sedymencyjno-biofiltracyjnego jako hybrydowego biotechnologicznego rozwiązania

Lokalizacja stanowisk monitoringowych na Strudze Gnieźnieńskiej



Zgłoszenie patentowe nr P.422056

(wszystkie fotografie wykonano w ramach projektu)

# Identyfikacja, izolacja i charakterystyka bakterii denitryfikacyjnych ze źródeł wykorzystywanych w sekwencyjnych systemach sedymentacyjno-biofiltracyjnych

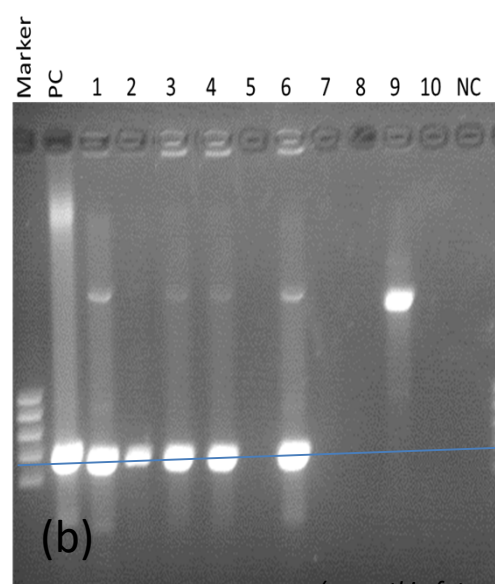
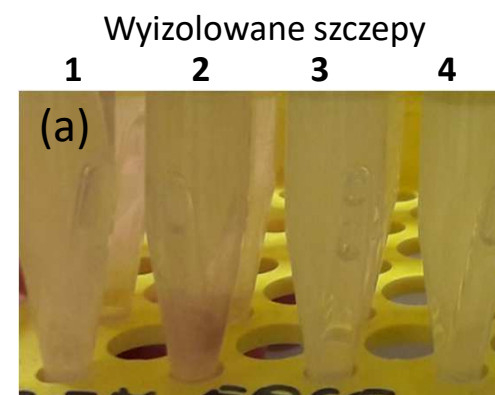
## Identyfikacja hodowalnych szczepów bakterii na podstawie genu 16s rRNA

Szczep no.	Analizowane nukleotydy	Identyczność (%)	Wyniki
1	838	99	<i>Hydrogenophaga taeniospiralis</i> NBRC 102512
2	898	99	<i>Hydrogenophaga taeniospiralis</i> NBRC 102512
3	812	99	<i>Pseudomonas marincola</i> JCM 14761
4	1394	99	<i>Hydrogenophaga taeniospiralis</i> NBRC 102512
5	1406	99	<i>Bacillus pumilus</i> SH-B9
6	823	99	<i>Acidovorax radicans</i> N35
7	632	99	<i>Rugamonas rubra</i> ATCC 43154
8	753	99	<i>Acidovorax radicans</i> N35

- Wyizolowano 8 szczepów bakterii
- Zidentyfikowano reprezentantów 5 różnych rodzajów: *Hydrogenophaga*, *Pseudomonas*, *Bacillus*, *Acidovorax*, *Rugamonas*.

## Charakterystyka denitryfikantów:

- (a) wzrost w podłożu Giltaya – przemiany azotanów i azotynów;
- (b) wykrywanie genu *nosZ* (700 pz) uczestniczącego w redukcji podtlenku azotu.



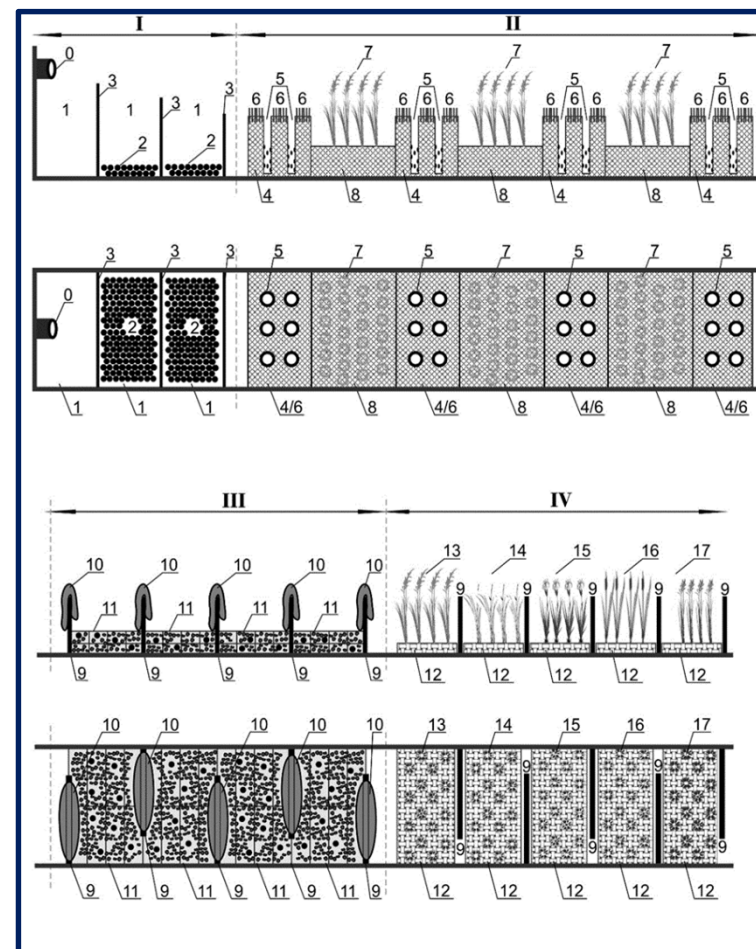
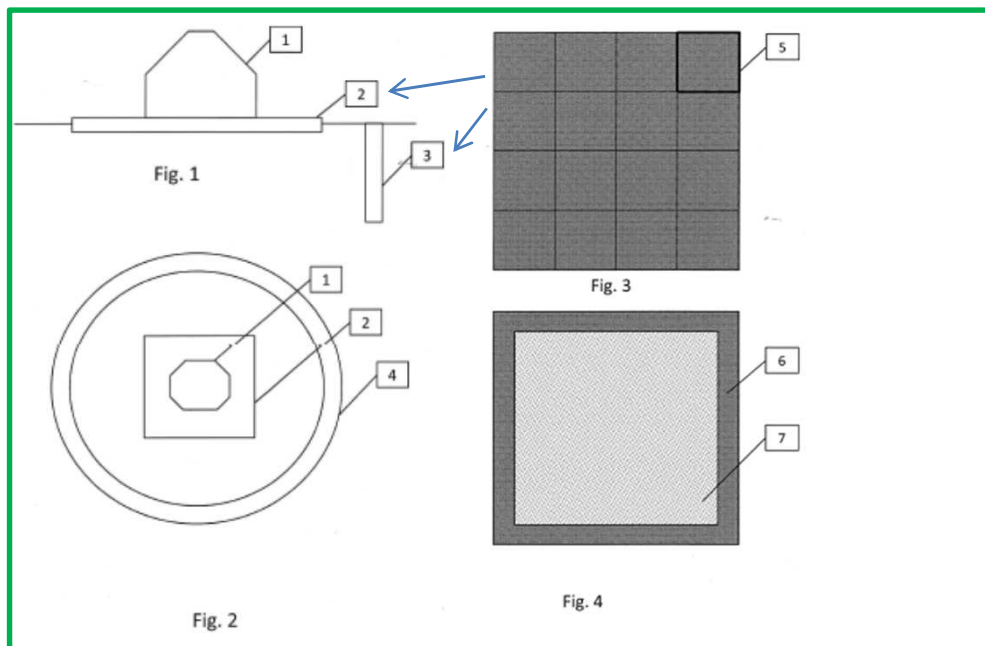
(wszystkie fotografie ERCE PAN)

## Opracowanie i wdrożenie innowacyjnych produktów biotechnologicznych dla rolnictwa i gospodarki ściekowej w celu ograniczenia zanieczyszczenia wód „AZOSTOP”

Przygotowano dwa zgłoszenia patentowe :

1. Modułowa Organiczna Płyta Obornikowa, P.426506

2. Sekwencyjny System Biofiltracji Ścieków , P.426509



## Pozyskano partnerów zainteresowanych współuczestnictwem w projekcie i komercjalizacją wyników badań



Firma zainteresowaną dalszym wdrożeniem proponowanego rozwiązania OPO do swojej oferty handlowej – **Mikronatura Środowisko Sp. z o.o.**



Firmę zainteresowaną dalszym wdrożeniem proponowanego rozwiązania SSBŚ do swojej oferty handlowej – **Zielone Oczyszczalnie**

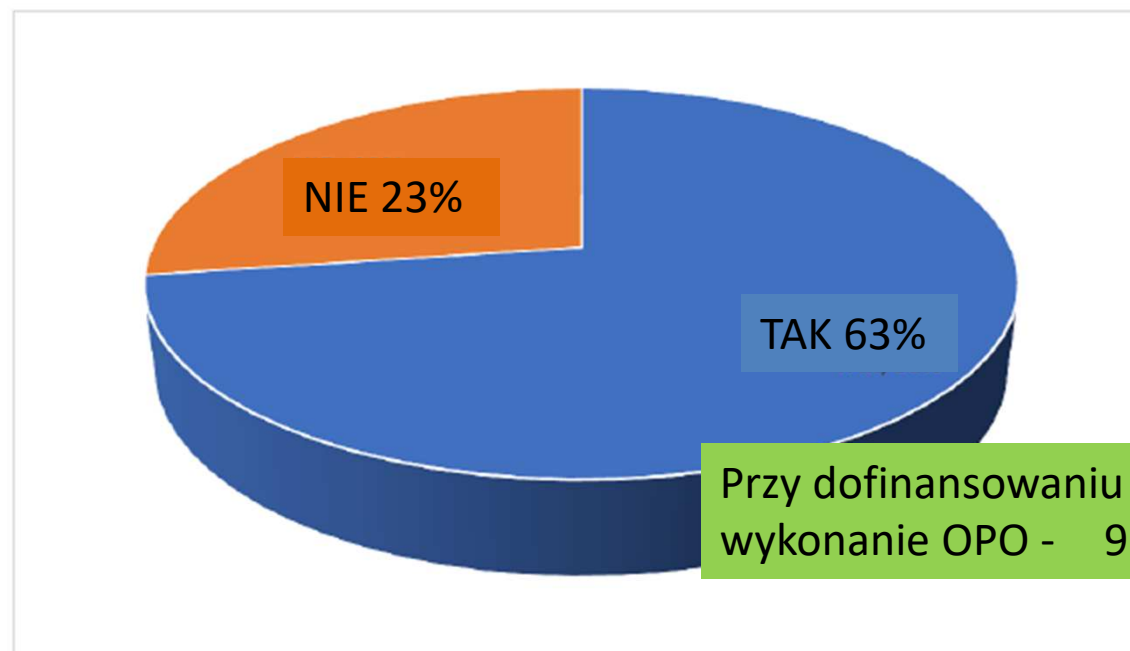
## Plan rozwoju i strategia marketingowa wdrożenia Organicznej Płyty Obornikowej (OPO)

Pytanie brzmiało:

*Jeżeli na wykonanie OPO nie będzie dofinansowań, to czy wykonałbyś budowę tej płyty samodzielnie (mając na uwadze omówione wcześniej aspekty – m.in. jej pozytywny wpływ na środowisko, jakość wód i gleb w twoim gospodarstwie i regionie, itd.?)*

- Tak,
- Nie, dlaczego

Spośród badanych, którzy udzielili odpowiedzi na to pytanie bardzo wysoki odsetek – bo aż 63% odpowiedziało, że wykonałoby OPO. 23% odpowiedziało, że nie wykonałoby płyty podając przyczyny: „ponieważ mam płytę betonową”; „ograniczenie finansowe”.



Przy dofinansowaniu chętnych na wykonanie OPO - 92%



Ministerstwo Rozwoju

Dofinansowanie z Ministerstwa Rozwoju na realizację projektu (nr umowy: POIR.02.01.00-00-0222/16-00) „Wsparcie otoczenia i potencjału przedsiębiorstw do prowadzenia działalności B+R+I”, w ramach działania 2.1, Program Operacyjny Inteligentny Rozwój 2014-2020 pt. “Utworzenie Centrum Badawczo-Rozwojowego Rekultywacji i Ochrony Ekosystemów Wodnych”. Lider: Advanced Phosphorus Removal Solutions Sp. z o.o.



Projekt zakłada budowę hali produkcyjnej, w której zostanie zlokalizowana linia technologiczna do wytwarzania ziół denitryfikacyjnych wzbogaconych mikroorganizmami. Planowana linia ma umożliwić przeprowadzenie szeregu procesów technologicznych, których celem będzie wytworzenie złoży, a tym samym wdrożenia innowacji technologicznej.

## Podsumowanie – zalety proponowanego produktu OPO

---

- aktywacja procesu denitryfikacji oraz nitryfikacji zwiększa efektywności ochrony wód gruntowych w skali ekosystemu, zwłaszcza w okresie zimowym
- największą efektywność denitryfikacji zaobserwowano w złożach zbudowanych wokół źródeł punktowych np. składowisk obornika (nawet powyżej 95% redukcji azotu)
- w przypadku konstrukcji barier do usuwania związków azotu nie występują deformacje krajobrazu
- aktywatory mikrobiologiczne przyspieszają aktywację złoża i wspomagają jego funkcjonowanie zwłaszcza po okresie suszy
- proponowana modułowa OPO to alternatywne, przyjazne dla środowiska, rozwiązanie w kontekście budowy płyt betonowych

---

# Konferencja Naukowa RevitaLife 2018

*pod honorowym patronatem wiceminister Środowiska Małgorzaty Golińskiej*

Dziękuję za uwagę