

## Zastosowanie koncepcji ekohydrologii do redukcji zanieczyszczeń pochodzenia rolniczego w systemach rzecznych

Paweł Jarosiewicz, Katedra UNESCO Ekohydrologii i Ekologii Stosowanej, WBiOŚ, UŁ

### Streszczenie w języku polskim

Dostęp do dobrej jakości zasobów wodnych stanowi jeden z głównych Celów Zrównoważonego Rozwoju Organizacji Narodów Zjednoczonych, a pośrednio dotyczy co najmniej sześciu innych. W związku z rosnącym zapotrzebowaniem na żywność oraz rozwojem technologicznym rolnictwa, wzrasta presja na ekosystemy wodne, związana m.in. ze stosowaniem nawozów oraz substancji pestycydowych. Na intensywność transportu zanieczyszczeń wpływ ma również zmieniający się klimat, który destabilizuje cykl hydrologiczny. W strefie umiarkowanej, na terytorium Europy centralnej, konsekwencją ocieplenia klimatu, może być zwiększona mobilność zanieczyszczeń w sezonie zimowym oraz dłuższe okresy przesuszania gleb w okresie ciepłym, co sprzyja procesowi erozji. Szczególnie narażone na zanieczyszczenia są małe rzeki (I-III rzędowe) zlokalizowane w zlewniach sadowniczych i rolniczych. Z drugiej strony, małe cieki posiadają potencjał do samooczyszczania, kontrolowany przez kontinuum czynników abiotyczno-biotycznych, przez co mogą zdecydowanie ograniczać transfer zanieczyszczeń. W świetle rosnącej presji na zasoby wodne, niezbędne jest wprowadzenie spójnej i systemowej polityki ograniczania zanieczyszczeń przy jednoczesnym zwiększaniu odporności ekosystemów. Elementem tej strategii powinny być Ekohydrologiczne Rozwiązania Bliskie Naturze (EH-RBN), wykorzystujące naturalne procesy w celu intensyfikacji samooczyszczania w systemach rzecznych. Dalszy rozwój i optymalizacja tych technologii jest zależna od precyzyjnego rozpoznania czasoprzestrzennej dynamiki występowania zanieczyszczeń w ujęciu zlewniowym.

Realizując niniejszą pracę, analizie poddano relację pomiędzy występowaniem zanieczyszczeń w systemach rzecznych a czynnikami decydującymi o presji, takimi jak użytkowanie przestrzenne i opad. Jednocześnie badano procesy regulujące przemieszczanie zanieczyszczeń wewnątrz kontinuum rzeczno-ekotonowego. Udowodniono, że występowanie zanieczyszczeń pestycydowych jest skorelowane z udziałem sadów w strukturze zlewni, przy czym oddziaływanie to może być buforowane przez strefy ekotonowe. Wpływ sadownictwa uwypuklił się również w transporcie fosforu ogólnego, którego obecność w ciekach była dodatkowo skorelowana z opadami, co ma związek ze zwiększoną erozją. Określono również, że re-mobilizacja fosforu w korycie rzeczno-ekotonowym, w formie mineralnej, jest skorelowana z przepływem ( $r = 0,67$ ). Zidentyfikowano łącznie 30 substancji pestycydowych o zróżnicowanym charakterze działania, których wykrycia notowano w 89% pobieranych prób, przy czym największą presję wykryto w górnej części zlewni użytkowanej sadowniczo. Efektywność usuwania zanieczyszczeń fosforanowych i pestycydowych była powiązana z temperaturą, co świadczy o znaczącej roli czynników biotycznych. Jednocześnie obserwowano niższy potencjał rzek do

samooczyszczania w okresie zimowym. W świetle powyższych obserwacji, określono, że rozwój EH-BRN, na terenach narażonych na presję sadownictwa i rolnictwa, powinien obejmować optymalizację procesów związanych z sorpcją zanieczyszczeń, posiadających efektywność również okresie zimowym.

Na tej podstawie, opracowano i przetestowano nową technologię BioKer w zakresie usuwania fosforanów i substancji pestycydowych. W badaniach laboratoryjnych, określono efektywność preparatu wobec jonów fosforanowych na poziomie  $51,29 \text{ mg P-PO}_4 \text{ kg}^{-1}$ , przy efektywności tradycyjnie stosowanego dolomitu osiągającej  $14,07 \text{ mg P-PO}_4 \text{ kg}^{-1}$ . Dodatkowo, określono kinetykę procesu adsorpcji wobec  $\text{P-PO}_4$ , która stanowi wypadkową procesów chemicznych i fizycznych, prawdopodobnie na skutek jednoczesnego oddziaływania biopolimeru i substancji wymiennej. Jednocześnie udowodniono, że w wyniku kontaktu z wodą, efektywność preparatu jest zachowana, a dominujące znaczenie zaczyna odgrywać sorpcja prowadzona przez biopolimer. Przeprowadzono również proces optymalizacji, z najskuteczniejszym wariantem uzupełnianym  $\text{Ca(OH)}_2$ , który osiągnął efektywność na poziomie  $113,42 \text{ mg P-PO}_4 \text{ kg}^{-1}$ . Efektywność wobec najczęściej wykrywanego w badanych zlewniach herbicydu, MCPA, wyniosła  $23,3 \text{ } \mu\text{g MCPA g}^{-1}$ , przy zastosowaniu modyfikacji węglem aktywnym. Materiał w wersji podstawowej, uzupełniany kalcylem, testowano w mezoskali, wykorzystując infrastrukturę badawczą Stacji Terenowej Wydziału Biologii i Ochrony Środowiska, Uniwersytetu Łódzkiego w Treście, wykazując wysoką pojemność sorpcyjną ( $411 \text{ mg P-PO}_4 \text{ kg}^{-1}$ ) oraz ograniczenia w stosowaniu w wodach płynących, co ma znaczenie dla przyszłych prac wdrożeniowych.

Opracowany preparat może przyczynić się do optymalizacji EH-RBN, szczególnie na obszarach małych zlewni rolniczych, przyczyniając się do ograniczania zanieczyszczeń fosforanowych i pestycydowych, a co za tym idzie przyczynić się do osiągnięcia celów Ramowej Dyrektywy Wodnej.



## Streszczenie w języku angielskim

Access to the good quality water resources is one of the United Nations' Sustainable Development Goals and indirectly refers to at least six others. Due to the growing demand for food and agriculture industrialization, the pressure on aquatic ecosystems is increasing, and can be related to the growing consumption of fertilizers and pesticides. The intensity pollutants movement in the environment is influenced by the climate change, which alters the hydrological cycle. In the temperate zone of central Europe, climate warming will result in increased mobility of pollutants in the winter season and longer periods of soils drying out in the warm period, which is conducive to the erosion process. Small rivers (1st – 3rd order) located in rural catchments are particularly vulnerable to pollution. On the other hand, small watercourses have a self-cleaning potential, controlled by a continuum of abiotic-biotic factors, and therefore they can significantly reduce the transfer of pollutants. In light of the increasing pressure, it is necessary to introduce a coherent and systemic policy to reduce pollution while increasing the resilience of ecosystems. An element of this strategy should be Ecohydrological Nature Based Solutions (EH-NBS), using natural processes to intensify self-purification in river systems. Further development and optimization of these technologies depends on the precise recognition of the spatio-temporal dynamics of the pollutants in relation to the catchment.

Herein, the relationship between the occurrence of pollution in rivers and factors determining pressure, such as spatial use and precipitation, was analyzed. At the same time, the processes regulating the movement of pollutants within the river continuum were investigated. It has been proved that the occurrence of pesticide contamination is correlated with the participation of orchards in the catchment structure, and that the impact may be buffered by ecotones. The influence of orchards was also emphasized in the transport of total phosphorus, which was additionally correlated with rainfall, related to increased erosion. It was also determined that the re-mobilization of phosphorus in the river bed in the mineral forms is correlated with the river discharge ( $r = 0.67$ ). A total of 30 pesticide substances with various types of action were identified, and the detection of which was recorded in 89% of the collected samples, with the highest pressure detected in the upper part of the catchment under orchard use. The efficiency of removing phosphate and pesticide pollutants was related to the temperature, which proves the significant role of biotic factors. At the same time, a lower potential of rivers for self-cleaning in winter was observed. In the light of the above observations, it was determined that the development of EH-NBS in areas exposed to the pressure of orchards and agriculture should include the optimization of processes related to the sorption mechanism, which are also effective in the winter period.

Following those results, the BioKer technology for the removal of phosphates and pesticides was developed and tested. In laboratory scale, the effectiveness of the BioKer against phosphate ions was determined at the level of 51.29 mg P-PO<sub>4</sub> kg<sup>-1</sup>, compared to the effectiveness of the traditionally used dolomite reaching 14.07 mg P-PO<sub>4</sub> kg<sup>-1</sup>. In addition, the kinetics of the adsorption process towards P-PO<sub>4</sub>, was the resultant of chemical and physical sorption, probably due to the simultaneous interaction

of the biopolymer and the exchangeable factor. At the same time, it has been proven that as a result of contact with water, the effectiveness of the BioKer is maintained, and sorption carried out by the biopolymer begins to play a dominant role. The optimization process was also carried out with the most effective variant supplemented with  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , which achieved efficiency at the level of  $113.42 \text{ mg P-PO}_4 \text{ kg}^{-1}$ . The effectiveness against the most frequently detected herbicide in the studied catchments, MCPA, was  $23.3 \text{ } \mu\text{g MCPA g}^{-1}$ , with the use of activated carbon modification. The material in the basic version, supplemented with calcite, was tested at the mesoscale, using the research infrastructure of the Tresta Field Station of the Faculty of Biology and Environmental Protection, University of Łódź, showing high sorption capacity ( $411 \text{ mg P-PO}_4 \text{ kg}^{-1}$ ). During the experiment a limitation connected to the hydraulic resistance have been found which is important for future implementation.

The BioKer may contribute to the optimization of EH-NBS, especially in the areas of small agricultural catchments, contributing to the reduction of phosphate and pesticide pollution and therefore facilitates the Water Framework Directive goals achievement.

---



A handwritten signature in black ink, appearing to be 'A. W. W. W. W.', located in the lower right quadrant of the page.