



75
LET

vodní hospodářství®

www.vodnihospodarstvi.cz

ročník 75

12
2025

Fontana®



*Přejeme všem našim
obchodním partnerům příjemné prožití vánočních svátků
a těšíme se na spolupráci v novém roce 2026 **Fontana R s.r.o.***

29.–30. 1. Vodárenská biologie. Konference. Praha. Info: klara.kanska@ekomonitor.cz, www.ekomonitor.cz

Řešení „extrémních požadavků“ na čištění odpadních vod. Viz cirkulář vložený v časopise.

23.–24. 4. Konference Podzemní vody ve vodárenské praxi 2026. Konference. Rychnov nad Kněžnou.
Info: studio@studioaxis.cz

Probiotické bakterie pro akceleraci rozkladu organických sedimentů vodních nádrží

Blahoslav Maršálek, Eliška Maršálková, Štěpán Zezulka, Klára Odehnalová, Marcela Pavlíková

Abstrakt

Sedimenty vodních nádrží jsou materiál, který je nadějí na recyklaci živin, především fosforu, ale také hrozbou pro akumulaci farmak, pesticidů nebo mikropolutantů, které omezují jejich recyklaci a další využití. Zanášení vodních nádrží sedimenty nejen zmenšuje jejich retenční kapacitu, ale je hrozbou pro uvolňování velkých množství metanu a dalších skleníkových plynů, čímž se dostávají do pozornosti globálně sledovaných biogeochemických procesů. Tento článek se zabývá možností, jak zmenšit objem organických sedimentů a omezit negativní procesy v sedimentech pomocí mikroorganismů aplikovaných do vodních ekosystémů. Na příkladu reálných nádrží, kde byly po tříleté aplikaci naměřeny úbytky objemu sedimentů o 23–25 %, a na detailních mezokosmových experimentech, kde jsou popisovány principy a mechanismy působení mikrobiálního přípravku na snížení TOC v sedimentech a snížení uvolnění forem dusíku a fosforu do vody, je demonstrována možnost ošetření sedimentů přírodně šetrnou cestou bez použití chemických látek. Srovnávací studie prokázala, že na trhu je velké množství nefunkčních přípravků; pouze šest přípravků z 27 poskytlo alespoň nějaké vlivy na kvalitu vody a zároveň byl prokázán reálný růst bakterií obsažených v přípravku. Tato metoda by mohla mít v blízké budoucnosti využití ke snížení objemu sedimentů nádrží, a tak ušetřit značné prostředky při těžbě sedimentů a údržbě vodních nádrží, ve kterých z důvodů finančních nebo např. z důvodu ochrany lokality těžba není možná.

Klíčová slova

ošetření sedimentů – bakteriální kultury – mineralizace sedimentů

Úvod

Sedimenty vodních nádrží tvoří plaveniny a splaveniny z povodí nad nádrží, ale také veškerý minerální a organický materiál z břehů, spadu na hladinu a také sedimentovaná biomasa makrofyt, zooplanktonu, fytoplanktonu, rybí exkrementy apod. V minulých stoletích byl rybníční sediment využíván formou deputátu, který dostávali poddaní jako hnojivo na zúrodnění svých polí, což je v 21. století situace těžko představitelná, protože sedimenty nádrží představují v naší civilizaci zrcadlo životního stylu, který používá tisíce farmak, pesticidů, toxických látek nebo mikroplastů [1].

Nadlimitní objem sedimentů, především pak organických, nepředstavuje jen snížení objemu nádrže, což je důležité nejen u protipovodňových nádrží, ale má i vliv na metabolické procesy v sedimentech a také ve vodním sloupci. V této souvislosti se bavíme především o vlivu na kyslíkovou a živinovou bilanci, redox potenciál a s ním související formy dusíku, fosforu, uhlíku a síry. Anaerobní procesy v sedimentech nádrží mají nejen vliv na uvolňování fosforu nebo produkci sirovodíku, který je možno cítit například v letních měsících, ale jde také o tvorbu metanu [2]. Metan a oxidy dusíku produkované ze sedimentů vodních nádrží a oceánů svým objemem pravděpodobně předčí neřízené metanogenní procesy v odpadních vodách nebo u mediálně známých přežvýkavců. Ostatně v rámci projektu Copernicus byla letos vypuštěna družice Sentinel, která sbírá data o metanu v atmosféře, a sedimenty oceánů a vodních nádrží jsou detekovány jako významný producent metanu.

U nás i v zahraničí je známo a používáno mnoho metod odstranění a ošetření sedimentů vodních nádrží, které lze přehledně rozlišit do následujících kategorií: upraveno dle [3, 4, 5].

Fyzikální odstranění sedimentu

Dredging (bagrování): Zahrnuje mechanické odstraňování sedimentu z nádrží pomocí bagrů. Technologie s touto metodou se soustředí na

účinnost různých typů bagrů, jako například sacích bagrů, minimalizaci ekologických dopadů a zajištění stability nádrže.

Flushing (proplachování): Metody udržující vysoký průtok vody, který odstraňuje sedimenty hydrologicky níže, mimo citlivou oblast. Testuje se například vliv frekvence proplachování a rychlosti průtoku na účinnost odstranění sedimentu.

Bubblers (vzduchové systémy): Tyto systémy vytvářejí víry, které zamezují usazování sedimentu nebo ho zvedají do vyšších vrstev vody, kde může být snáze odváděn mimo sedimentační prostor nádrže.

Chemické ošetření sedimentu

Stabilizace chemickými látkami: Experimenty, projekty a technologie zkoumají, jak mohou chemikálie, jako jsou flokulanty a koagulanty, sloučeniny hliníku a železa nebo kombinace extrudovaných jílu dopovaných lantanoidy, usnadnit shlukování a metabolismus sedimentu, čímž se omezí negativní vliv na vodní sloupec a zlepší možnosti jeho odstranění.

Neutralizace toxických látek: Chemikálie a látky jako extrudované jíly, aktivní uhlí nebo biouhel mohou sloužit k neutralizaci potenciálně škodlivých látek v sedimentu, což může být zásadní pro snížení ekologického rizika při odstranění sedimentu.

Biologické metody

Bioremediace: Experimenty a technologie využívají vliv mikroorganismů nebo rostlin, které rozkládají organickou hmotu včetně organických polutantů nebo absorbují těžké kovy v sedimentu. Tyto metody jsou zvláště užitečné pro biodegradaci mikropolutantů a především pro mineralizaci organických sedimentů.

Fytoremediace: Využívá rostliny ke stabilizaci sedimentu nebo k odbourávání škodlivých látek. Tento přístup je ekologicky šetrný, ale obvykle vyžaduje delší čas pro dosažení výsledků a speciální know-how pro podporu růstu a sklizení především submerzní vodní vegetace.

Matematické a simulační modely

Experimenty využívají počítačové simulace, AI algoritmy a specifické matematické modely pro predikci sedimentačních procesů a testování různých přístupů k odstraňování sedimentu. Modelování zahrnuje například odhad vlivu průtoku vody, změny klimatu nebo změny v krajinném využití na sedimentaci v nádržích.

Geotechnická stabilizace sedimentu

Stabilizace sedimentu pomocí mechanických prostředků, například přidáním stabilizačních materiálů biodegradovatelné textilie a síťoviny a s příměsí probiotických bakterií, jílu, vápna apod., které zvyšují soudržnost sedimentu a brání jeho přenosu v průběhu povodní.

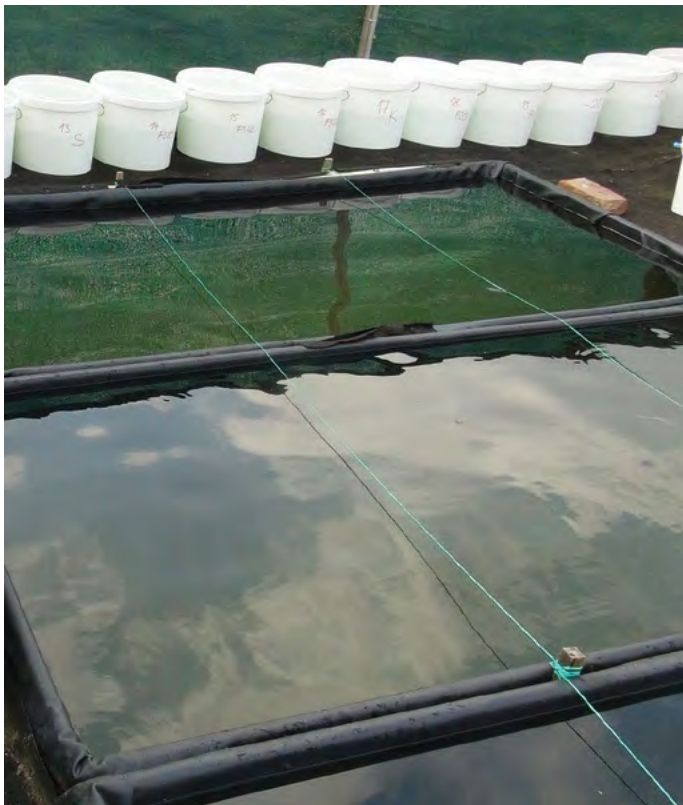
Tento článek se zabývá u nás dosud málo využívanou biotechnologií – **biotizací sedimentů** s cílem stabilizovat kyslíkový a živinový režim a odstranit biodegradovatelné organické látky ze sedimentů, aby se minimalizoval jejich objem, a to na příkladu mezokosmových experimentů s přírodními sedimenty a na praktické aplikaci v přírodních nádržích.

Materiál a metody

Uspořádání mikrokosmových a mezokosmových experimentů: Do mezokosmů o rozměrech 120 × 240 cm a hloubky 60 cm, naplněných přírodní rybníční vodou (**obr. 1**), byly umístěny nádoby s 2 l sedimentu a 3 l rybníční vody (**obr. 2**). Do mezokosmů bylo umístěno celkem 21 nádob. Bylo sledováno 6 přípravků (každý ve třech opakování) a kontrola, rovněž ve třech opakování bez aplikace přípravku.

V dalším pokusu pak byly vybrány a aplikovány tři přípravky, dvěma způsoby, do větších nádob o celkovém objemu 85 l (**obr. 3a, 3b**) (20 l sedimentu a 60 l rybníční vody). Tři nádoby sloužily jako kontrola bez aplikace přípravků. V prvním způsobu aplikace byly přípravky rozpuštěny ve vodě a aplikovány do vodního sloupce. V druhém způsobu aplikace bylo stejné množství přípravku smícháno s křemičitým pískem a umístěno do PVA sáček (60 × 120 mm) pro rybáře, které se rozpustí ve vodě a mikroorganismy se postupně uvolňují. Aplikací do konkrétních míst se dosáhne postupného množení bakterií a aplikace přímo na sediment. Tímto způsobem by bylo možné řešit „hotspoty“ v nádržích.

Voda byla obohacena živinami (model eutrofizované vody), poté bylo stanoveno skutečné množství dusíku a fosforu pomocí testů Hach LCK 339 a LCK 349 na spektrofotometru DR 2800. Průběžně byla



Obr. 1. Experimentální prostor pro mikrokosmy a mezokosmy

sledována kvalita vody z pohledu rozvoje fytoplanktonu a vzhledu a úbytku sedimentu. Na konci sezóny bylo analyzováno množství celkového organického uhlíku v sedimentech.

V případě reálných aplikací byl přípravek aplikován celoplošně formou aktivované suspenze z lodí s aplikačním rámem, a to třikrát za sezonu v období červen až srpen.

Výsledky a diskuze

Naše zkušenosti s používáním mikrobiálních přípravků k řízení kvality vody a ošetření sedimentů vodních nádrží jsou více než desetileté. Protože to byla doba, kdy nebyly dostatečné podklady a hydrobiologické studie ani hydrochemická data kauzálně provazující pozorované efekty s aplikovanými přípravky, realizovali jsme monitoring kvality vody a sedimentů z projektových prostředků. Prošli jsme několika slepými cestami, kde se ukázalo, že na trhu je nemálo přípravků, které neobsahují životaschopné bakterie, ale pouze enzymy, které působí velmi krátkodobě, tedy 2–3 týdny. V roce 2015 jsme se podíleli na výzkumu, kde byla vytvořena kompozice bakteriálních kultur, které jsou schopny se aktivně množit v přírodních ekosystémech, svým aktivním růstem poutat fosforečnany, dusičnany a amoniak a tím konkurovat řasám a sinicím, a především jsou schopné rozkládat organické látky v sedimentech. Tento přípravek byl použit na několika lokalitách, z nichž vybíráme pro tento článek příklad z nádrže Rosnička ve Svitavách a ze šterkovitého Jazero v Košicích. Po dobu tří let byly provedeny každoročně 2–3 aplikace ve vegetační sezoně a výsledky jsou viditelné na **obr. 4a** – stav před aplikací a **obr. 4b** – po tříleté aplikaci v nádrži Rosnička. Batygrafie ukazuje úbytek o 27–30 %, pokud jde o mocnost sedimentů. Úbytek organických látek (vyjádřených jako TOC) z horních 15 cm sedimentů byl 40–55 %. Společně s tím, jak ubývá organických látek v sedimentech, zhoršují se podmínky pro uchování inokula sinic ve svrchní vrstvě sedimentů. V případě nádrže Rosnička došlo k úbytku sinic rodu *Microcystis* (tehdy dominující sinice) v sedimentech o 35–40 %. Výsledky z aplikací stejného přípravku v Košicích jsou vidět na **grafu 1**, kde je porovnáno množství sedimentů před a po tříleté aplikaci. **Graf 2** ukazuje srovnání množství inokula sinic v sedimentech, ze kterého je na první pohled patrné, že z 3–3,5 milionů buněk sinic v každém mililitru sedimentu v roce



Obr. 2. Mikrokosmy

2015 je po třech letech v sedimentech 0,1–0,25 milionů buněk. Jde o snížení zásoby sinic více než o dva řády. Zde je korektní zmínit, že jde o lokalitu, kde je díky intenzivnímu zakrmování rybářů neobvykle vysoká koncentrace biologicky lehce degradovatelných organických látek, ve kterých přebývá neobvykle vysoké množství sinic, takže když byly tyto látky (škroby, granule, obilniny) rozloženy, pro sinice rodu *Microcystis* zde již nebyly vhodné podmínky pro přezimování.

Tyto výsledky nás vedly k závěru, že jde o velmi perspektivní metodu, a mysleli jsme si, že všechny přípravky, které jsou na trhu, budou vykazovat podobné výsledky. Realita byla ovšem velmi jiná, aplikace dalších přípravků nepřinesla prakticky žádné výsledky, a proto jsme realizovali srovnávací studii přípravků.

Realizovali jsme srovnávací studii 27 přípravků, jejichž názvy zde z důvodů propagačních či dehonestačních neuvádíme, ale podstatný je fakt, že pouze šest přípravků z 27 poskytl alespoň nějaké vlivy na kvalitu vody a zároveň byl prokázán reálný růst bakterií obsažených v přípravku. Těchto šest přípravků jsme použili k testování v mikrokosmech, kde bylo cílem prokázat v řízených a kontrolovaných podmínkách, zda může aplikace přípravků zlepšit kvalitu vody a zda může snížit podíl organických látek v sedimentech.

Výsledky sloužily k selekci finálních tří přípravků, která proběhla v mezokosmech s reálnými sedimenty a rybníční vodou. Výsledky jsou uvedeny v **tab. 1**.

Z **tab. 1** vyplývá, že v mezokosmových experimentech došlo za sledované období ke snížení obsahu organického podílu vyjádřeného parametrem „celkový organický uhlík“ a také fakt, že se účinnost přípravků liší podstatně, ač byly vybrány přípravky, které v předpokusech přinášely nejlepší výsledky. Co se týče úbytku objemu sedimentu, hodnoty se

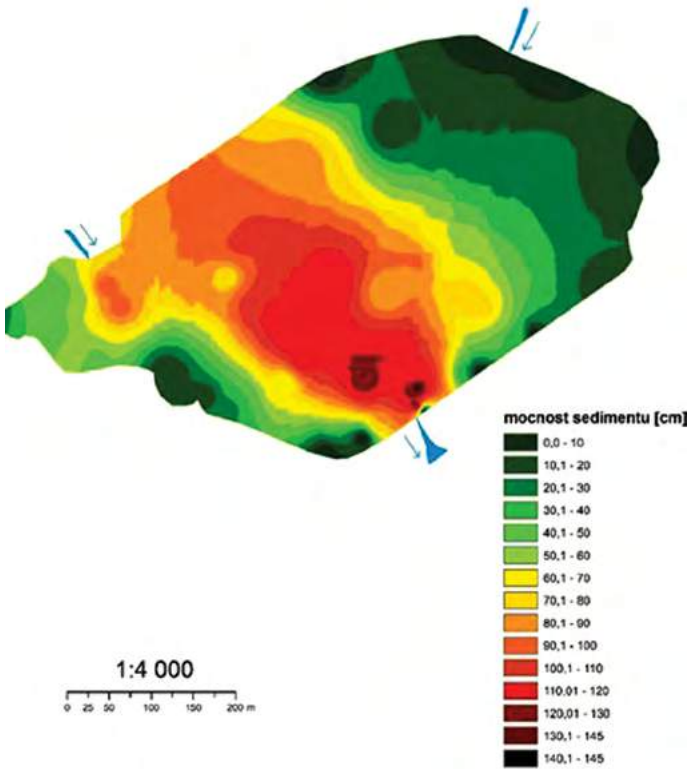
Tab. 1. Úbytek celkového organického uhlíku v sedimentech mezokosmů v % ve srovnání s původní hodnotou, která byla 5,26 % suš.

Celkový organický uhlík	Přípravek 1 úbytek %	Přípravek 2 úbytek %	Přípravek 3 úbytek %
nasazeno	0	0	0
1 měsíc	0	4	3
3 měsíce	3	8	4
6 měsíců	5	15	8



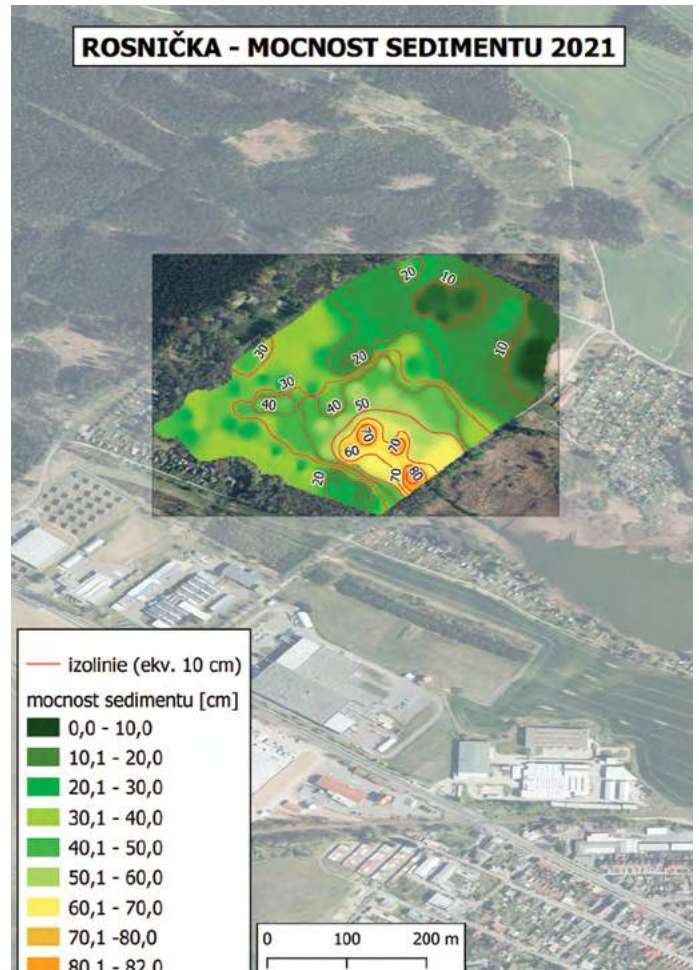
Obr. 3a, 3b. Mezokosmy

ROSNIČKA - MOCNOST SEDIMENTU 2018



Obr. 4a (nahore). Rozložení sedimentů v nádrži Rosnička, květen 2018

Obr. 4b (vpravo). Mocnost sedimentů v nádrži Rosnička v roce 2021, tři roky aplikace bakteriálního přípravku

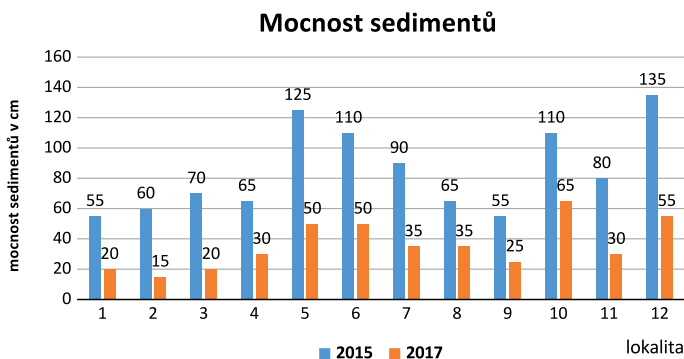


v jednotlivých nádobách (sledováno u menších nádob) pohybovaly mezi 4 až 15 %. Mezokosmové pokusy také ukázaly, že nástup účinnosti, tedy snížení organických látek v sedimentech, je u přírodních prostředků založených na živých bakteriálních populacích pozvolný, což je přirozené. Rychlý nástup, ale časově omezený (cca tři týdny), lze čekat jen u přípravků, které jsou dominantně založeny na enzymech.



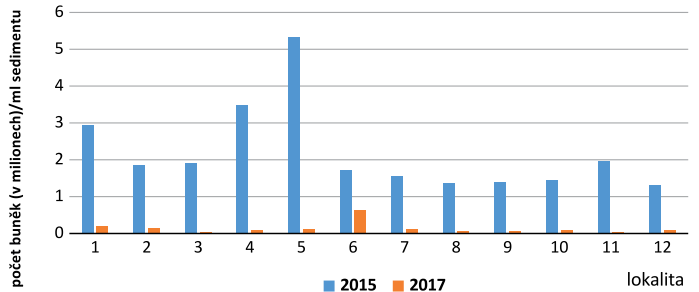
Výrobci a distributoři těchto přípravků také tvrdí, že přípravky působí proti masovému rozvoji sinic. Princip, na jakém to funguje, jsme se ale nedozvěděli, proto jsme v rámci mezokosmových experimentů měřili také koncentrace fosforečnanů, dusičnanů a amoniaku ve vodním sloupci.

Výsledky uvedené v grafu 3 ukazují, že počáteční koncentrace po založení experimentu se v kontrole udržovaly prakticky další měsíce,

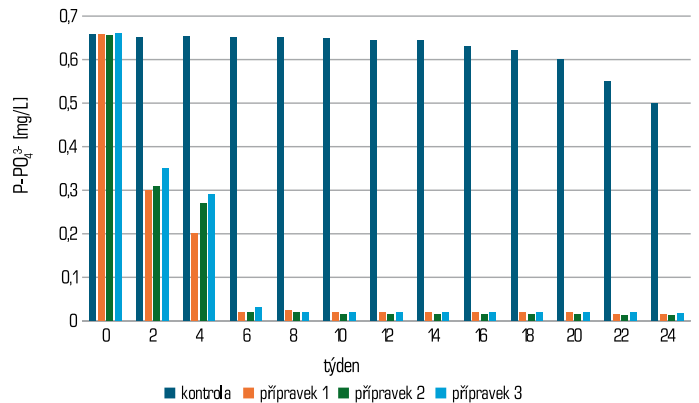


Graf 2. Porovnání množství sinic v sedimentech Jazera v roce 2015 a v roce 2017

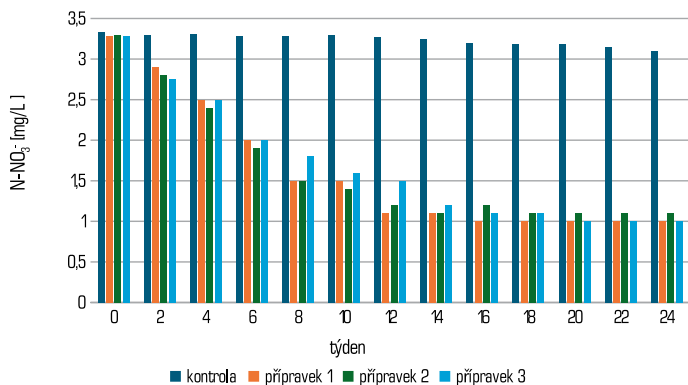
Množství inokula sinic v sedimentu



Graf 1. Porovnání mocnosti sedimentů v nádrži Jazero v Košicích v roce 2015 a 2017 v průběhu 3leté aplikace bakteriálního přípravku



Graf 3. Koncentrace fosforečnanů ve vodním sloupci mezokosmových experimentů



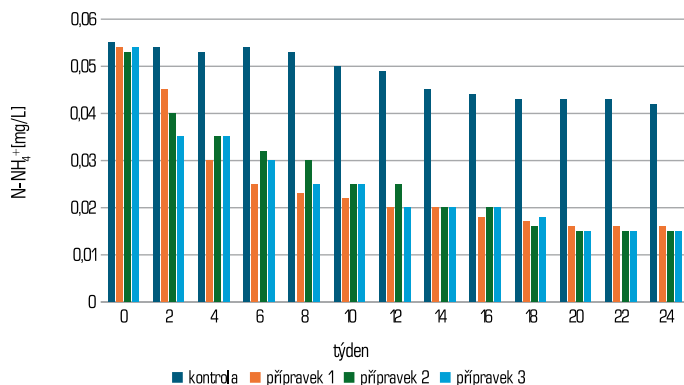
Graf 4. Koncentrace dusičnanů ve vodním sloupci mezokosmových experimentů

ale ve variantách ošetřených bakteriálními přípravky se snížily koncentrace všech sledovaných parametrů po cca 2–4 týdnech a zůstaly nízké po další měsíce. S těmito daty koresponduje také koncentrace chlorofylu jako parametr rozvoje fytoplanktonu, který se začal zvedat v kontrole od 3. týdne pokusu a prakticky po celou dobu experimentu byla měřena koncentrace chlorofylu mezi 45 až 97 mikrogramy na litr, s maximem v srpnu 135 $\mu\text{g/l}$. V ošetřených variantách s bakteriálními přípravky byla naopak koncentrace chlorofylu minimální, což bylo vidět pouhým okem, kdy se zřetelně barevně odlišovaly zelené kontroly od ošetřených variant s vodou s průhledností na dno. Z těchto pokusů vyplývá, že:

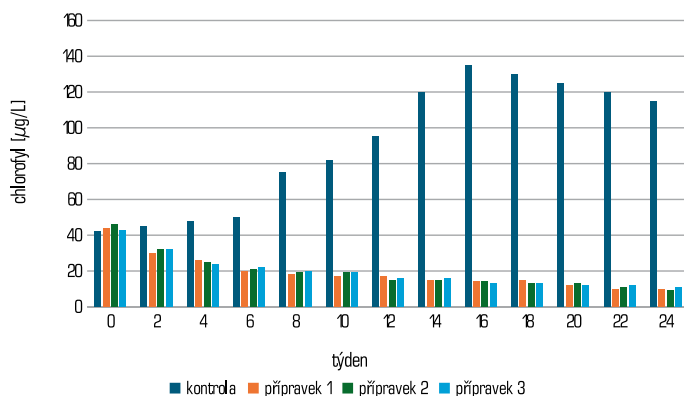
- 1) Variabilita mezi opakováními byla minimální, a to přesto, že šlo o pokusy v přírodních podmínkách, kde je větší variabilita běžná. Prokazuje to, že když se dobře připraví pokusy (především homogenizují sedimenty a exaktně všude se plní stejnou vodou na počátku), nádoby se zakryjí a chrání proti spadu a nečistotám v průběhu pokusu, tak mezokosmy poskytují dobré experimentální prostředí, blízké reálným ekosystémům.
- 2) Přípravky vybrané v předpokusech se lišily schopností rozkládat organické látky v sedimentech (snížovat TOC), ale prakticky všechny 3 vybrané přípravky byly schopny snížit koncentrace fosforečnanů, dusičnanů a amoniaku ve vodním sloupci nad sedimenty poté, co dojde k rozvoji bakterií, což je cca 2–3 týdny po aplikaci. Pak jsou bakterie schopny držet živiny ve svém populačním cyklu a v kompetici o živiny jsou pravděpodobně aktivnější než řasy a sinice, které mají delší buněčný cyklus než bakterie. Tato měření korespondují také s publikovanými výsledky [6].
- 3) Fakt, že snížená koncentrace živin ve vodním sloupci v ošetřených variantách po 2 až 3 týdnech koresponduje se snížením koncentrace chlorofylu, a tedy rozvojem fytoplanktonu ve vodním sloupci, může vést k závěru, že jde o kompetici o živiny, což bylo vidět na zbarvení tří zelených kontrol. Při podrobnějším sledování stěn experimentálních nádob bylo pozorováno, že ač je v ošetřených variantách čirá voda, nedošlo k silnějšímu rozvoji fyto-bentosu a mikrobiálního biofilmu. Tento fenomén bude dobré dále zkoumat, protože může být vyslovena hypotéza, že



Obr. 5a. Kontrolní sedimenty



Graf 5. Koncentrace amoniakových iontů ve vodním sloupci mezokosmových experimentů



Graf 6. Koncentrace chlorofylu ve vodním sloupci mezokosmových experimentů

nejde jen o kompetice o živiny, ale že jde o produkci přírodních antibiotických, algicidních nebo cyanocidních látek v rámci mikrobiální komunikace, což zmiňují také Verschuere, Rombaut et al. [7].

Pokud jsou v přípravku aktivní a životaschopné bakterie, které se postupně rozrůstají, tak působí nejen ve vodním sloupci, ale, jak ukázaly zkušenosti, především v sedimentech. To je také rozdíl v tom, jak jsou tyto přípravky nabízeny, protože v návodech je dominantně zmiňován vliv na omezení rozvoje sinic, případně na snížení koncentrací amoniaku ve vodním sloupci.

Z výsledků srovnávací studie tedy vyplynulo, že je potřeba dobře vybírat použitý bakteriální přípravek, protože lze koupit funkční i zcela nefunkční přípravky. Výběr konkrétního typu bakteriálního přípravku bude záviset na podmínkách nádrže, typu a množství sedimentu a požadovaných výsledcích. Vždy je pro dosažení optimálních výsledků vhodné kombinovat metodu akcentované mikrobiální mineralizace organických sedimentů s dalšími způsoby, jako jsou



Obr. 5b. Sedimenty po třech letech ošetřeny

například fyzické odstranění sedimentu nebo řízení přítoku plavenin a splavenin do nádrže apod.

Mineralizace sedimentu vede k snížení množství sedimentu, tedy ke snížení objemu pro fyzické odstranění sedimentu, pokud je plánováno, a vede tedy k podstatnému šetření investičních prostředků, což by mohla být nadějí pro desítky nádrží, které se dlouhá desetiletí neodbahňovaly z finančních a provozních důvodů, ač by to bylo pro většinu lokalit velmi přínosné, a především pro kvalitu vody ve vodních ekosystémech.

Závěr

V zahraničí jsou přípravky na bázi bakteriálních kultur používány jak k ošetření sedimentů nádrží, tak na řízení kvality vody vodních ekosystémů nebo například aquakultur [7]. V ČR jsou tyto přípravky používány privátní sférou, a to především v oblasti koupacích biotopů, malých vodních nádrží nebo rybochovných či návesních rybníků. Zdá se, že více zkušeností má v tuto chvíli praxe, než má

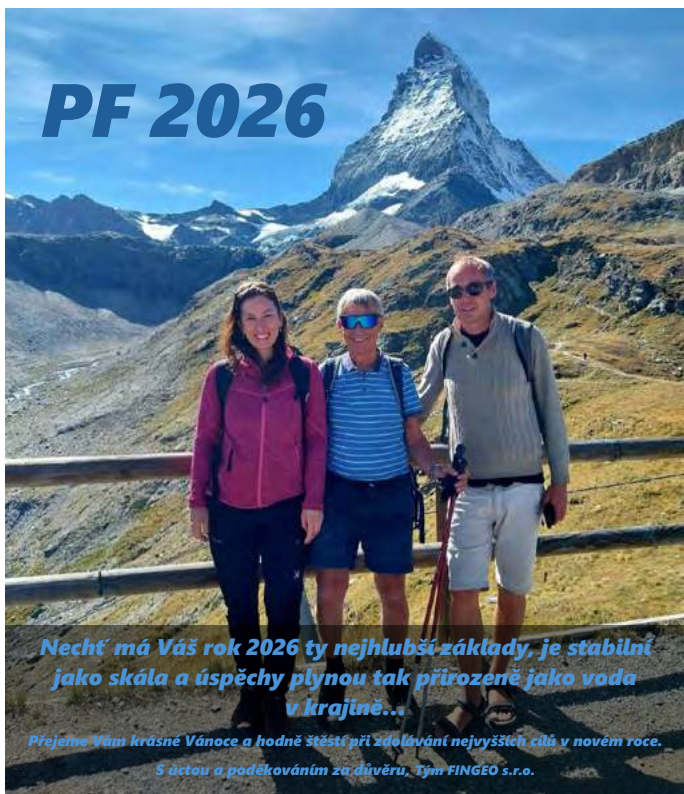
dat univerzitně-akademická sféra. Náš tým má více než desetileté zkušenosti v této oblasti, které jsou značně různorodé. První závěr je tedy varování, že ne všechny přípravky jsou funkční, tedy obsahují aktivně životaschopné bakterie. Obsahují-li enzymy, nedoporučujeme je používat. Vzhledem k nedostatku exaktních dat v odborné literatuře jsme realizovali mikrokosmové a mezokosmové experimenty s reálnými rybníčními sedimenty a s rybníční vodou. Všechny tři přípravky vybrané do finálních mezokosmů byly schopny snížit koncentrace fosforečnanů, dusičnanů a amoniaku a na rozdíl od kontroly, kde byl značný rozvoj fytoplanktonu, v ošetřených variantách byla voda průhledná na dno. V případě schopnosti rozkládat organické látky v sedimentech (vyjádřeno parametrem TOC) prokázal účinek pouze jeden přípravek. Společně s faktem, že k tomuto tématu není bohatá ani impaktovaná literatura, je na místě otázka, proč existuje tolik protichůdných informací v této technologicko-vědní oblasti. Naše experimenty naznačují odpověď: a) na trhu je příliš mnoho zcela nefunkčních přípravků, b) mechanismy účinků jsou stále ne zcela objasněny, c) experimenty, které budou ekologicky a technologicky relevantní, tedy budou se co nejvíce blížit reálným situacím je náročné realizovat a d) výsledky je doporučeno z důvodu ochrany výrobců a jiných zájmů nekonkretizovat a nespojovat s názvy výrobků, což je dle nás škoda jak pro dobré výrobce, tak především pro zájemce používat tyto přírodně blízké metody řízení kvality vody a ošetření sedimentů vodních nádrží.

Přes mnohá úskalí a rozporuplné zkušenosti doporučujeme se těmto technologiím věnovat jak v praxi, tak především z hlediska výzkumného, protože by mohly být nadějí pro lokality, kde by bylo potřeba ošetřit sedimenty, snížit jejich objem v nádržích a omezit negativní vliv organických sedimentů na kvalitu vody ve vodních nádržích.

Poděkování: Tato práce vznikla v rámci projektu NAKI III DH23P03O-VV063 Autonomní systémy pokročilých a přírodě blízkých opatření pro režim péče a zlepšení kvality vody v památkách zahradního umění.

Literatura/References

- [1] Ziajahromi, S., D.; Drapper, A.; Hornbuckle, L.; Rintoul, F.; Leusch D. L. (2020). "Microplastic pollution in a stormwater floating treatment wetland: Detection of tyre particles in sediment." *Science of the Total Environment* **713**.
- [2] Shaw, D. R.; Ali, M.; Katuri, K. P.; Gralnick, J. A.; Reimann, J.; Mesman, R. van Niftrik, L.; Jetten M. S. M.; P. E. Saikaly (2020). "Extracellular electron transfer-dependent anaerobic oxidation of ammonium by anammox bacteria." *Nature Communications* **11**(1).
- [3] Liu, G. R.; Ye, C. S.; He, J. H.; Qian, Q.; Jiang H. (2009). "Lake sediment treatment with aluminum, iron, calcium and nitrate additives to reduce phosphorus release." *Journal of Zhejiang University-Science A* **10**(9): 1367–1373.
- [4] Akcil, A.; Erust, C.; Ozdemiroglu, S.; Fonti V.; Beolchini F. (2015). "A review





Flos Aquae z.s.

Kunešova 261/6
643 00 Brno, Chrlice

www.sinice.cz



of approaches and techniques used in aquatic contaminated sediments: metal removal and stabilization by chemical and biotechnological processes." *Journal of Cleaner Production* **86**: 24–36.

- [5] Cao, J. X.; Sun, Q.; Zhao, D. H.; Xu, M. Y.; Shen, Q. S.; Wang, D.; Wang Z.; Ding S. M. (2020). "A critical review of the appearance of black-odorous waterbodies in China and treatment methods." *Journal of Hazardous Materials* **385**.
- [6] Hu, X.; Xu, Y. Su, H.; Xu, W.; Wen, G.; Xu, C.; Yang, K.; Zhang S.; Cao Y. (2023). "Effect of a Bacillus Probiotic Compound on Penaeus vannamei Survival, Water Quality, and Microbial Communities." *Fishes* **8**(7).
- [7] Verschuere, L., Rombaut, G.; Sorgeloos P.; Verstraete W.(2000). "Probiotic bacteria as biological control agents in aquaculture." *Microbiology and Molecular Biology Reviews* **64**(4): 655-+.

prof. Ing. Blahoslav Maršálek, CSc. (autor pro korespondenci)
Ing. Eliška Maršálková, Ph.D.
RNDr. Štěpán Zezulka, Ph.D.
Ing. Klára Odehnalová, Ph.D.
Ing. Marcela Pavlíková, Ph.D.
Botanický ústav AVČR, v. v. i.
oddělení experimentální fykologie a ekotoxikologie
Lidická 25
602 00 Brno
blahoslav.marsalek@ibot.cas.cz

Probiotic bacteria for accelerating the decomposition of organic sediments in water reservoirs (Maršálek, B.; Maršálková, E.; Zezulka, Š.; Odehnalová, K.; Pavlíková, M.)

Sediments in water reservoirs offer hope for the recycling of nutrients, especially phosphorus. However, they also pose a threat due to the accumulation of pharmaceuticals, pesticides and micropollutants, which limits their recycling and further use. Not only does the silting up of water reservoirs reduce their retention capacity, it also poses a threat of releasing large amounts of methane and other greenhouse gases, thereby bringing them to the attention of globally monitored biogeochemical processes. This article discusses ways to reduce the volume of organic sediments and limit negative sediment processes using microorganisms in aquatic ecosystems. Using real reservoirs as an example, where a 23–25% reduction in sediment volume was measured after three years of application, and mesocosm experiments, which describe the principles and mechanisms of action of a microbial preparation that reduces TOC in sediments and the release of nitrogen and phosphorus into water, demonstrate the possibility of environmentally friendly sediment treatment without chemicals. A comparative study has shown that many products on the market are ineffective, with only six out of twenty-seven having at least some effect on water quality while demonstrating real growth of the bacteria they contain. In the near future, this method could be used to reduce the volume of reservoir sediments, saving considerable resources in sediment extraction and maintenance of water reservoirs where extraction is not possible for financial reasons or for reasons of site protection, for example.

Key words

sediment treatment – bacterial cultures – sediment mineralisation

INFORMUJEME



Kolaps ekosystémů vodních toků, rybníků a nádrží v České republice: Fosfor jako hlavní hybatel krize

Antonín Tůma

Článek je zoufalou reakcí nad lidskou lhostejností vůči poškozování kvality života ve vodních tocích a nádržích a vyjádřením bezmoci nad neschopností zhoršení stavu zpomalit, natož nežádoucí stav odstranit. Voda je to nejvzácnější, co nejenom my lidé, ale i příroda a živočišné od předešlých generací dědíme, a necítíme žádnou odpovědnost tuto vodu, vodní zdroje, pro další generace zachovat. Máme pro to ten největší potenciál, všechny zdroje u nás pramení, žádný sousední stát nám je neznehodnocuje. Jen my sami, občané České republiky, jsme rezignovali na neseni odpovědnosti za své odpadní vody a nedostatečně čištění, či nečištění, vypouštíme do našich vodních zdrojů. Povrchové vody jsou pro více než polovinu obyvatel České republiky zdrojem pitné vody, protože kvalitní podzemní voda je dostupná jen pro 50 % populace.

V posledních letech nám stále přibývá v letních měsících havarijních stavů na vodních tocích, rybnících i nádržích, kde v rámci celé České republiky hynou stovky tun ryb. Do podvědomí se dostávají zejména ty, které jsou medializovány, například poslední velká havárie na Dyji z přelomu června a července letošního roku, kde bylo k likvidaci odlověno 30 tun ryb. Úhyny však bývají mnohem větší, všechny mrtvé ryby se nepodaří vždy vylovit, některé odplavou, určité množství se nevyhoří a část se rozpadne dříve, než je vy-

lovena. Mrtvé ryby jsou jen vrcholem ledovce, havárie poškozují celý ekosystém, který není pro veřejnost tak viditelný, jako jsou viditelné mrtvé ryby. Vždy jsou úhyny ryb spojovány s nedostatkem kyslíku, ale každý úhyn má jiné příčiny, které vedou k vyčerpání kyslíku. Již čtrnáct dní po havárii se v Břeclavi sešlo 51 odborníků na danou problematiku ze státní správy, od ministerstev, přes krajský úřad, obce s rozšířenou působností, ze samosprávy, z akademických, vědeckých pracovišť, ale i zájmových a dalších skupin. Cílem bylo nastavit procesy k vyhodnocení příčin havárií, aby následně mohla být realizována opatření organizační, technická či jejich kombinace, které by pomohly dopady dalších havárií mírnit, případně snížit jejich četnost.

Přesně a výstižně dokázali shrnout celkovou situaci oba ministři, v jejichž gesci je ochrana množství a kvality vod – Petr Hladík za Ministerstvo životního prostředí a Marek Výborný za Ministerstvo zemědělství: „**Je to důsledek 37 let nedostatečného odvádění a čištění odpadních vod a benevolentní legislativy, která umožňovala vypouštět odpadní vody u menších měst a obcí bez nutnosti odstraňovat fosfor, dokonce ho ani sledovat.**“ I když pracovní skupina odborníků dokončí vyhodnocení příčin havárií až na počátku příštího roku a předloží návrhy opatření ke zmírnění příštích dopadů, důvody masové eutrofizace, masového rozvoje toxických sinic, jsou po

desetiletí jasné – více než desetinásobné koncentrace fosforu v povrchových vodách, které mají hlavní zdroj v komunálních vodách. I když čistírny odpadních vod velkých měst dokáží fosfor z odpadních vod s vysokou účinností odstranit, velké množství nečištěných odpadních vod, a tedy i fosforu, se dostává do toků systémem jednotných kanalizací, kde přívalové srážky propláchnou kanalizace a dešťové oddělovače před čistírnou tyto koncentrované odpadní vody odlehčí přímo do toku. Nemluvě o nefunkčních třetích stupních ČOV pro odstraňování fosforu u menších měst a obcí, které legislativně nemají povinnost fosfor odstraňovat. Samostatnou kapitolou je rezignace na odkanalizování částí měst a obcí, kde jsou navrhovány systémy i 100 a více domovních čistíren, což projektantovi umožňuje snížit celkové náklady tím, že kanalizační vůbec nepostaví a vyčištěné odpadní vody nechá zasakovat. Domovní čistírny v laboratorních podmínkách dokáží při rovnoměrném zatížení znečištění odstranit, ale v praxi jsou zatěžovány nerovnoměrně, většinou jen ve večerních hodinách. Bez důsledného odkanalizování není možné ochránit podzemní vody a nelze efektivně znečištění a živiny odstranit.

Výsledkem nedostatečně čištěných odpadních vod je v konkrétním případě řeky Dyje, roční přítok 160 tun čistého fosforu do soustavy nádrží vodního díla Nové Mlýny, což přepočteno pro představu představuje 800 tun hnojiva superfosfátu, který byste do nádrží vysypali. Nemůžeme se vymlouvat na zemědělce, na splachy ze zemědělské půdy, protože zemědělci se naučili s tak drahou surovinou hospodařit. Portál Intersucho prof. Miroslava Trnky a jeho kolegů dává zemědělcům informace nejen kdy zasít, ale kdy aplikovat postřiky a hnojiva tak, aby je přijímaly rostliny v maximální míře a nedošlo k neefektivnímu splachu. Navíc jsou tyto živiny pro masové rozvoje sinic těžko využitelné.

Je to masový rozvoj oživení, zejména sinicemi, který sice v rámci denní fotosyntézy kyslík