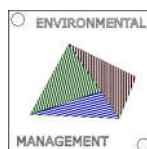


## DNOVÝ SEDIMENT TRNAVSKÝCH RYBNÍKOV AKO POTENCIÁLNY ZDROJ ŽIVÍN SPOSOBUJÚCICH ICH EUTROFIZÁCIU

Maroš SIROTIK – Anna MICHALÍKOVÁ – Lenka BLINOVÁ

## BOTTOM SEDIMENT FROM TRNAVA PONDS AS A POTENTIAL SOURCE OF NUTRIENTS CAUSING THE EUTROPHICATION



### ABSTRAKT

Cieľom práce je posúdenie kvality dnových sedimentov Trnavských rybníkov z hľadiska ich potenciálu spôsobovať zvýšenú eutrofizáciu. Celkovo bolo odobratých 6 vzoriek. Miesta odberu boli lokalizované tak, aby pokryli predpokladanú distribúciu zlúčenín fosforu a dusíka v sedimente. Z anorganického fosforu v sedimente prevláda fosfor ťažko viazaný na vápnik (približne 80 %), približne 15 % je vo forme na vápnik ľahko viazanej. Iba malá časť je viazaná na oxidy a oxi-hydroxidy kovov (Al-Fe). Z anorganických foriem dusíka v sedimente Trnavských Rybníkov prevláda amoniakálny dusík. Dusičnany boli vo väčšine vzoriek pod detekčným limitom, ale obsah dusitanov, indikujúci redukčné procesy bol významný. Obsah organického uhlíka v sedimente môžeme považovať za veľmi priaznivý a sediment za silne humózný.

**KLÚČOVÉ SLOVÁ:** dnový sediment, Trnavské rybníky, fosfor, dusík, organický uhlík, eutrofizácia

### ABSTRACT

The aim of this study is bottom sediments quality assessment of the Trnava ponds in terms of their potential to cause increased eutrophication. It was collected 6 samples located so as to cover the expected distribution of phosphorus and nitrogen compounds in the sediment. From inorganic phosphorus in sediment prevails the phosphorus hardly bound to the calcium (about 80 %), about 15 % is in the weak bound form. Even a small part of phosphorus is bonded to the iron and aluminium oxides and hydroxides. From inorganic nitrogen prevails the ammonia cations. Nitrates in most samples were below the detection limit, but the content of nitrite, indicating reduction processes was significant. Organic carbon in the sediment can be considered very favourable and sediment is humic.

**KEY WORDS:** bottom sediment, Trnava ponds, phosphorus, nitrogen, organic carbon, eutrophication

### ÚVOD

Dusík a fosfor patria medzi najdôležitejšie biogénne prvky. Zúčastňujú sa na všetkých biochemických procesoch živých organizmov. Sú to živiny (nutrienty), ktoré sa počas svojho kolobehu dostávajú do vôd, kde ich nadmerné množstvo môže zmeniť jej trofiu. Nadmerné obohatovanie vôd nutrientami spôsobuje eutrofizáciu, čo je prirodzený dej, ktorý sa znásobil antropogénnou činnosťou. Jej vplyvom v spodných vrstvách vodného telesa dochádza k nadmernej spotrebe kyslíka, rozvoju autotrofných organizmov a znižovaniu biodiverzity. Dnové sedimenty sú jednou z najvýznamnejších zložiek životného prostredia, pretože mnohé látky (napríklad kontaminanty a živiny) dokážu významne akumulovať, a potom pri zmene podmienok ich uvoľňovať a spôsobiť napríklad eutrofizáciu. V prípade že je množstvo týchto látok v sedimente priveľké, je nutné túto situáciu riešiť. Jedným z možných riešení je použitie prírodných materiálov na tzv. stabilizáciu dnových sedimentov. Tým sa napríklad nutrienty stávajú neprístupnými pre autotrofné organizmy, ktoré následne nemajú dostatok živín aby sa mohli nekontrovateľne množiť.

## DUSÍK A FOSFOR V PRÍRODNÝCH VODÁCH

Najdôležitejšie formy dusíka sú amoniakový dusík ( $\text{N-NH}_4^+$ ), dusitanový dusík ( $\text{N-NO}_2^-$ ) a dusičnanový dusík ( $\text{N-NO}_3^-$ ). [1]

- Hlavným zdrojom znečistenia vody dusitanmi je poľnohospodárstvo (prírodné, priemyselné hnojivá), splaškové vody a priemyselný odpad (napr. odpadové vody z výroby niektorých farbív alebo zo strojárnských závodov, kde sa pracuje s procesnými kvapalinami na chladenie obrábacích strojov). Dusitany sa vo vode dobre rozpúšťajú (okrem  $\text{AgNO}_2$ ), no aj tak sa vo vode vyskytujú len v stopových alebo veľmi malých koncentráciách. V podzemných a povrchových vodách vznikajú biochemickou oxidáciou amoniaku. V neznečistených podzemných a povrchových vodách sa nachádzajú obvyčajne len v stopových množstvách. Vyššie koncentrácie sa môžu nachádzať v rašelinových vodách (rádovo desiatiny  $\text{mg l}^{-1}$ ) a v znečistených vodách (nad  $1 \text{ mg l}^{-1}$ ).  $\text{NO}_2^-$  sú v pitnej vode nebezpečné, u ľudí (najmä dojčiat) spôsobujú methemoglobinémiu (prednostná väzba  $\text{NO}_2^-$  na hemoglobín) a tvorbu karcinogénnych N-nitrozoamínov. [2, 3]
- Dusičnany sa vyskytujú vo všetkých druhoch vôd, ale v rôznych koncentráciách, a to od desiatín až jednotiek  $\text{mg l}^{-1}$  v zrážkových vodách, jednotiek až desiatok  $\text{mg l}^{-1}$  v podzemných a povrchových vodách, až po stovky  $\text{mg l}^{-1}$  v niektorých odpadových priemyselných vodách. Ich koncentrácia v prírodných vodách neustále vzrastá v dôsledku vzrastajúceho počtu obyvateľov a poľnohospodárskych činností (hnojenie poľnohospodárskych pôd dusíkatými hnojivami). Dusičnany sú konečným produktom rozkladu organicky viazaného dusíka. Sorpčná schopnosť dusičnanov je v porovnaní s kationom  $\text{NH}_4^+$  malá, preto ľahko prenikajú pôdnym sorpčným komplexom. V prírodných vodách sa koncentrácia dusičnanov mení v závislosti od vegetačného obdobia. Maximálna koncentrácia dusičnanov je v zimnom období. V letnom období sú naopak odčerpávané vegetáciou. Hladina dusičnanov v povrchových vodách a v studniach niekedy prevyšuje hygienické normy a spôsobuje riziko pre ľudské zdravie.  $\text{NO}_3^-$  sám osebe nie je zdravotne závadný, ale v gastrointestinálnom trakte človeka sa môže redukovať na toxický  $\text{NO}_2^-$  s vyššie uvedenými dôsledkami. Ich koncentrácia v pitnej vode je limitovaná na  $50 \text{ mg l}^{-1}$  (podľa Nariadenia vlády SR 496/2010 Z. z., ktorým sa mení a dopĺňa nariadenie vlády Slovenskej republiky č. 354/2006 Z. z., ktorým sa ustanovujú požiadavky na vodu určenú na ľudskú spotrebu a kontrolu kvality vody určenej na ľudskú spotrebu) pre dospelých ľudí. [1, 2] Väčšie množstvá dusičnanov vo vodách môžu byť indikátorom staršieho fekálneho znečistenia, v povrchových vodách sú dusičnany ukazovateľom priebehu samočistiacich procesov. V podzemných vodách sa používajú na posúdenie charakteru mineralizačných procesov pri filtrácii vody pôdnymi vrstvami. Do prírodných vôd sa dostávajú aj zavlažovaním a vylúhovaním z pôdy. Veľké množstvá dusičnanov obsahujú niektoré priemyselné odpadové vody.
- Amoniakálny dusík je časťou dusíkového cyklu a je potrebný na tvorbu novej biomasy mikroorganizmov. Vzniká ako produkt mikrobiálneho rozkladu organických dusíkatých látok, najmä bielkovín v redukčnom prostredí. Amoniakálny dusík obsahujú odpadové vody (z priemyselných exhalátov) a môžu ho obsahovať aj pitné vody dezinfikované chlóramináciou. Vzniká tiež rozkladom rastlinných a živočíšnych organických látok. [2, 3] Koncentrácia sa pohybuje v desiatkach  $\text{mg l}^{-1}$ . Predpokladá sa, že amonné zlúčeniny môžu vznikáť sekundárne vo väčších hĺbkach v podzemných vodách, a to chemickou redukciou dusičnanov pri styku s minerálmi obsahujúcimi  $\text{Fe}^{2+}$  a  $\text{Mn}^{2+}$ . Minerály sa ako jednoduché amonné soli v prírode nevyskytujú. Amoniakálny dusík sa vyskytuje vo všetkých typoch vôd. Z foriem výskytu prichádza do úvahy buď nedisociovaný amoniak  $\text{NH}_3$ , ktorý je vo vode hydratovaný, alebo kation  $\text{NH}_4^+$ . Pomerné zastúpenie oboch foriem závisí od pH. Pri  $\text{pH} \sim 9,3$  je pomer molárnych koncentrácií zhruba 1 : 1. Pri vyššom pH uniká vo forme  $\text{NH}_3$ , čo sa niekedy využíva v technológiách čistenia odpadových vôd. Na rozdiel od biochemickej oxidácie je chemická oxidácia pomerne ťažká. Amoniakálny dusík pôsobí veľmi toxicky na ryby. Toxicita do značnej miery závisí od hodnoty pH vody, pretože toxický účinok má nedisociovaná molekula  $\text{NH}_3$ . Amoniakálny dusík je z hygienického hľadiska veľmi významný, pretože je jedným z primárnych produktov rozkladu organických dusíkatých látok. Je preto dôležitým chemickým indikátorom znečistenia podzemných vôd živočíšnymi odpadmi (indikátor fekálneho znečistenia) hlavne vtedy, keď dôjde k náhlemu zvýšeniu jeho koncentrácie. V koncentráciách, v akých sa amoniakálny dusík vyskytuje v pitných vodách, nemôže mať vplyv na zdravie obyvateľstva. Jeho koncentrácia by mala byť udržiavaná na čo najnižších úrovniach. [3]

Celkový fosfor sa vo vodách vyskytuje vo forme buď anorganických zlúčenín, alebo v organických zlúčeninách. Anorganický fosfor sa dostáva do vôd najmä z minerálov, napr. apatitu, hydroxylapatitu atď., ich rozpúšťaním, zvetrávaním a vylúhovaním. O tom, ktorá forma fosforečnanov vo vode prevláda, rozhoduje pH. [2, 3] Sú to hlavne ortofosforečnany a polyfosforečnany. Najčastejšou formou výskytu sú ortofosforečnany ( $\text{PO}_4^{3-}$ ,  $\text{HPO}_4^{2-}$ ,  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  a  $\text{H}_3\text{PO}_4$ ). Rozlišujeme tieto formy výskytu: anorganické ortofosforečnany, polyfosforečnany s

reťazovitou štruktúrou (di-, tri- a tetrafosforečnany), polyfosforečnany s cyklickou štruktúrou (trimetafosforečnany) a organicky viazaný fosfor. Zdrojmi orto- a polyfosforečnanov je používanie práškov, čistiacich a odmasťovacích prostriedkov.

Fosfor organického pôvodu sa dostáva do podzemných a povrchových vôd rozkladom odumretej organickej hmoty, z poľnohospodársky obrábanej pôdy, ako i odpadovými vodami z niektorých druhov priemyslu a splaškovými odpadovými vodami. V dôsledku chemických, biochemických a sorpčných procesov dochádza v stojatých vodách k stratifikácii fosforu s periodickými zmenami počas roka. Fosforečnany sa významne adsorbujú na dnových sedimentoch, avšak za určitých podmienok môže naopak dôjsť k uvoľneniu zlúčenín fosforu späť do kvapalnej fázy. V pôde sa ľahko zadržujú chemickými procesmi a adsorpciou, vzrast ich koncentrácie má značnú indikačnú hodnotu. S kovmi tvorí málo rozpustné fosforečnany, a preto je koncentrácia fosforu v minerálnej vode veľmi malá. Vyššie koncentrácie fosforečnanov v povrchových vodách sú nežiaduce, pretože podporujú nadmerný rozvoj rias, siníc a vyšších rastlinných foriem a podieľajú sa na eutrofizácii, čím môže dôjsť k nežiaducemu zhoršovaniu biologickej rovnováhy a kvality tejto vody. Povrchové vody nádrží a jazier s koncentráciou rozpusteného reaktívneho fosforu pod  $10 \mu\text{g l}^{-1}$  možno považovať za oligotrofné. V podzemných vodách majú fosforečnany indikačný význam. Ak ich koncentrácia v týchto vodách náhle vzrastie, svedčí to o možnosti fekálneho znečistenia, príp. znečistenia fosforečnými hnojivami. [3]

## EUTROFIZÁCIA, MOŽNOSTI JEJ VYUŽITIA ALEBO ELIMINÁCIE

Eutrofizáciou vody rozumieme jej nadmerné obohacovanie zlúčeninami fosforu a dusíka a následný rozvoj autotrofných organizmov (sinice, riasy, vodné makrofyty). Je sprevádzaná intenzívnou fotosyntézou spojenou s vysokou produkciou kyslíka a vzrastom pH. Vytvorená organická hmota sa čiastočne rozkladá a čiastočne sa ukladá na dne, kde intenzívnym rozkladom vyčerpáva kyslík a následnými anaeróbnymi procesmi vznikajú viaceré toxické produkty (napríklad sulfán).

Eutrofizáciou vody sa teda rozumie súhrn procesov spôsobených nadmerným množstvom živín, ktorých výsledkom je:

- nízka priehľadnosť vody následkom rozvoja siníc, rias alebo vodných makrofytov,
- výkyvy v koncentrácii kyslíka a pH a to ako v čase (deň/noc), tak aj rozložením medzi dnom (anaerobióza) a hladinou (presýtenie kyslíkom a vysoké asimilačné pH).

Vodné útvary postihnuté eutrofizáciou je možné obnoviť viacerými spôsobmi, napríklad:

- intenzívnym pestovaním vodných makrofytov (napríklad vodných hyacintov, žaburinky, trstiny a pod.), ktoré z vody odčerpávajú nadbytočné živiny s následným odstraňovaním biomasy (možno spojiť s produkciou biopalív) [4],
- chovom vybraných druhov rýb – využívajú sa viaceré druhy rýb, ktoré dokážu sinice účinne obmedziť v počiatkovej fáze ich vývoja. Medzi najúčinnejšie bylinožravé ryby patrí tolstolobik biely. Po znížení počtu siníc dochádza k zvýšeniu rozvoja makrofytov. Na obmedzenie rozvoja makrofytov sa vysadzuje tolstolobik biely v kombinácii s amurom bielym v pomere 1:3. Vysádzanie rýb je postupné počas 3 rokov. Pokiaľ je však v nádrži veľké množstvo rýb živiaciach sa planktónom, zooplanktón je natoľko utláčaný, že na účinné redukovanie siníc ho je málo. Efekt vysadzovania dravých rýb ako nástroj v boji proti siniciam je založený v obmedzení počtu planktonožravých rýb. Najčastejšie vysádzované dravé ryby sú šľuky a zubáče. [4]
- vytváraním „biologických zón“ – pracujú na princípe koreňových čistiarní odpadových vôd a sú pomerne bežne konštruované aj v prírodných kúpaliskách. Koreňové čistiarne odpadových vôd sú definované ako umelé mokrade vytvorené komplexom zvodneného alebo plytko zaplaveného lôžka so skupinou emerzných, submerzných alebo plávajúcich rastlín, živočíchov a samozrejme (odpadovej) vody, ktoré napodobňujú prirodzené mokrade používané pre praktické využitie pri čistení znečisťujúcich látok. [5, 6] Základným princípom tohto spôsobu čistenia je horizontálny prietok odpadovej vody priepustným substrátom, ktorý je osadený mokradňou vegetáciou. Substrát musí byť dostatočne priepustný, aby nedochádzalo k jeho upchávaniu a následnému povrchovému odtoku. Pri prechode odpadovej vody substrátom dochádza k čisteniu, ktoré sa uskutočňuje komplexom chemických, fyzikálnych a biologických procesov.
- rozptýleným prevzdušňovaním – stlačený vzduch sa uvoľňuje cez otvory v perforovanej trubici umiestnenej na dne alebo tesne nad povrchom dna jazera. Unikajúce bubliny vzduchu vyvolávajú vertikálne prúdenie. K prenosu kyslíka dochádza pri uvoľňovaní bublín z otvorov, pri ich pohybe vodným stĺpcom nahor k vodnej hladine a potom pri ich vybublani na vodnej hladine. K ďalšej oxidácii z atmosféry dochádza vďaka indukovanej turbulencii. Vzduch je vháňaný kompresorovým zariadením umiestneným na brehu jazera. Výhodné je použitie perforovaných polyetylénových trubíc, ktoré sa ľahko prevrtávajú a nie je nutné použitie

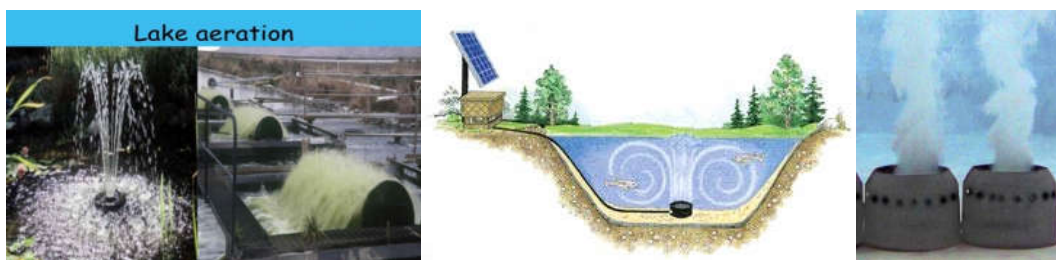


nákladných trysiek. S trubicami sa ľahko manipuluje aj pod vodou, ale musí sa nechať pustený kompresor, aby sa nezaliali vodou. Metódou sa však naruša teplotná stratifikácia a preto nie je vhodná na prevzdušňovanie hypolimnia bohatého na živiny a organické látky. [7]

- prevzdušňovaním hypolimnia – vykonáva sa zvonovitým zariadením, tvoreným napríklad dvoma sústrednými valcami, ktorých dĺžka je zhodná s hĺbkou vody v mieste, kde je jednotka umiestnená, celá jednotka je trvalo ukotvená ku dnu. Kompresorom sa privádza vzduch ku dnu a na princípe hydropneumatického čerpadla stúpa voda od dna nahor valcom a pritom sa prevzdušňuje, voľne padá späť a usadzuje sa opäť v hypolimniu. Prevzdušnená voda zostáva na dne, pretože sa v priebehu prevzdušňovania nezvýšila jej teplota. Kyslík sa v studenej vode veľmi dobre rozpúšťa. Prevzdušňovacie zariadenie sa často uvádza do prevádzky v období jarnej cirkulácie a činnosť je možné obnoviť aj v zime, zariadenie môže pracovať aj pod ľadom. Prevzdušňovaním sa rýchlo znižuje koncentrácia fosforu v hypolimniu a súčasne sa rýchlo znižuje koncentrácia železa a mangánu, pretože ich oxidované ióny sa zrážajú fosfátmi. Zlepšuje sa teda aj upraviteľnosť na pitnú vodu. [7]
- odstránením na živiny bohatého sedimentu z nevratne poškodených jazier sa považuje za najradikálnejší a konečný spôsob obnovy jazier. Táto metóda sa aplikuje hlavne v plytkých jazerách alebo v plytkých zátokách, kde sa nahromadilo väčšie množstvo eutrofného sedimentu v množstve, ktoré umožňuje ťažbu. Pred tým než sa pristúpi k ťažbe sedimentov, je nutné od začiatku rozhodnúť, aký bude ich ďalší osud. Vzorky sedimentu je potrebné odobrať z celej plochy určenej pre ťažbu. Je nutné posúdiť množstvo (hrúbku vrstvy) sedimentu, vykonať chemický rozbor, vopred konzultovaný s príslušným správnym orgánom, ktorý bude povoľovať ďalšie zaobchádzanie s vytáženým sedimentom. Bežne sa stanovujú živiny, ťažké kovy, PCB, ropné produkty, celkový obsah organických (spáliteľných) látok a ďalej sa vykonávajú analýzy látok podľa charakteru povodia (napr. fluoridy ak je v povodí skláreň). [7]
- Medzi ďalšie metódy obnovy eutrofizovaných nádrží patria napríklad: imobilizácia fosforu vo vodnom stĺpci, priama aplikácia chemikálií do sedimentu, vyhrňovanie, bagrovanie a odsávanie sedimentu. [7]



Obr. 1: Odstraňovanie vodných makrofytov, biologické zóny a ťažba dnového sedimentu

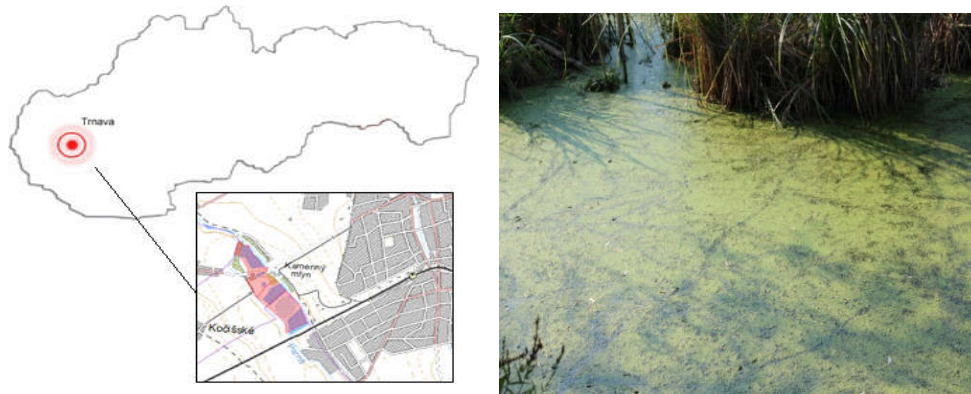


Obr. 2: Rôzne spôsoby prevzdušňovania vody vo vodných útvaroch

## TRNAVSKÉ RYBNÍKY

Chránený areál Trnavské rybníky sa nachádza na rozhraní katastrálnych území Trnavy a Hrnčiaroviec nad Parnou. Predstavuje významný typ vodného a močiarného biotopu na Trnavskej pahorkatine, ktorý výrazne ovplyvnil zloženie živočíšnych druhov, predovšetkým vtáctva tohto regiónu. Hoci prvá zmienka o tejto lokalite pochádza zo 16. storočia, celú rybníčnú sústavu dobudovali až v rokoch 1955 a 1956. Okolie rybníkov lemujú zvyšky lužného lesa. Prírodné bohatstvo Trnavských rybníkov je veľmi rozmanité. Rôznorodosť rastlinstva a charakter územia majú vplyv aj na veľkú druhovú pestrosť tamojšej fauny. Najväčšiu pozornosť si zaslúžia vtáky, najmä z hľadiska výskytu a hniezdenia. V areáli rybníkov sa vyskytuje až 150 chránených druhov vtákov, čo predstavuje takmer 80 % z celkového počtu tu zistených druhov. Chránený areál Trnavské rybníky zaberá

plochu viac ako 38 ha. Systém rybníkov slúži aj ako študijná plocha považskej migračnej línie vodného vtáctva. Hniezdia tu vzácne druhy ako chochlačka sivá, chochlačka vrkočatá, sokol sťahovavý, strakoš červenohlavý, chriašť bodkovaný a iné. Územie vyhlásili za chránený areál v roku 1974. V blízkosti chráneného areálu sa nachádza prímestská rekreačná oblasť Kamenný mlyn. [8]



Obr. 3: Lokalizácia Trnavských rybníkov a prejavy eutrofizácie v nich

Sústavu rybníkov tvoria ich 4 väčšie a 3 menšie rybníky s plochou 0,61 km<sup>2</sup> a celkovým zásobným objemom 517 tis. m<sup>3</sup>. Slúžia prevažne na rybochovné účely, dva rybníky vyhlásené za chránený areál. V minulosti boli využívané aj malé rybníky, ktoré sú v súčasnosti vypustené, prípadne slúžia na rekreáciu (v jednom z nich je kúpalisko). V opustených rybníkoch prebieha sekundárna sukcesia – zarastajú pôvodnými druhmi drevín a ich vývoj smeruje k lužnému lesu. [9]

## MATERIÁL A METÓDY

Miesta odberu boli lokalizované tak, aby pokryli predpokladanú distribúciu fosforu a zlúčenín dusíka v sedimente. Dňa 27.11.2015 sa odobralo šesť vzoriek dnového sedimentu a to vzorky 1 – 4 v najspodnejšom rybníku a vzorky 5 a 6 v príahlom rybníku rybníčnej sústavy (Obrázok 4). Sediment mal vo všetkých prípadoch tmavohnedú farbu, bol lepkavý, hrudkový a všetky odobraté vzorky mali približne rovnakú konzistenciu. Odoberali sa ručne pomocou nerezovej jadrovnice, ihneď po odbere preniesli do 0,7l sklenených nádob a uchovali pri teplote 5 °C. Časť z každej z nich sa nechala voľne sušiť, rozdrvila a zhomogenizovala. Následne sa vzorky umiestnili na suché a tmavé miesto.



č.v.	GPS	č.v.	GPS
1	48°21'33.1"N 17°33'19.6"E	4	48°21'32.1"N 17°33'32.1"E
2	48°21'36.9"N 17°33'30.1"E	5	48°21'36.1"N 17°33'15.3"E
3	48°21'28.2"N 17°33'24.3"E	6	48°21'41.8"N 17°33'15.6"E

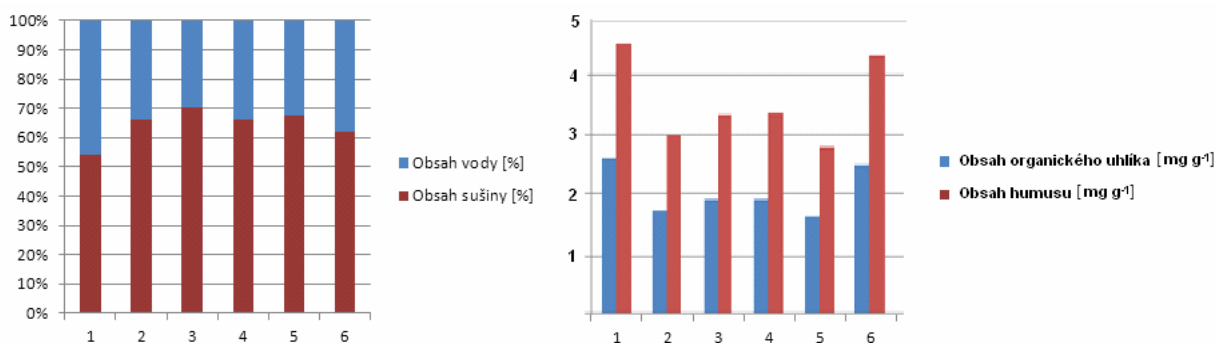
Obr. 4: Trnavské rybníky po vypustení, orientačná mapka a GPS súradnice miest odberu

Vo vzorkách sa stanovila sušina, obsah amónneho dusíka, dusičnanového dusíka, dusitanového dusíka spektrofotometricky, frakcie anorganického fosforu podľa Scharafata (fosfor ľahko viazaný na hliník a železo, ťažko viazaný na hliník a železo, ľahko viazaný na vápnik, ťažko viazaný na vápnik), organického uhlíka podľa Ťurina v modifikácii Nikitina a obsah humusu výpočtom podľa postupov uvedených v [10, 11].

## VÝSLEDKY A DISKUSIA

Priemerný podiel sušiny vo vzorkách sedimentu je 64,27 %. Najväčšie množstvo sušiny obsahovala vzorka z odberového miesta č. 3 a to 70,09 % a najmenšie vzorka z odberového miesta č. 1 a to 54,11 %. Obsah organického uhlíka sa pohybuje od 1,62 mg g<sup>-1</sup> pri vzorke č. 5 do 2,63 mg g<sup>-1</sup> pri vzorke č. 1 a v priemerná hodnota je 2,06 mg g<sup>-1</sup>. Obsah organického uhlíka teda môžeme považovať za veľmi priaznivý.

Priemerný obsah humusu v sedimente je 3,55 mg g<sup>-1</sup>. Najmenší obsah humusu sa nachádza vo vzorke č. 5, t.j. 2,79 mg g<sup>-1</sup> a najväčší vo vzorke č. 1, t.j. 4,54 mg g<sup>-1</sup>. Sediment je silne humóznny, stanovené hodnoty zodpovedajú hodnotám typickým pre čiernice a glejové čiernice – teda pôdy, ktoré vznikli v miestach s kvalitnou organickou hmotou, avšak vysokou hladinou podzemnej vody prípadne v miestach bývalých mŕtvych ramien nížinných riek.

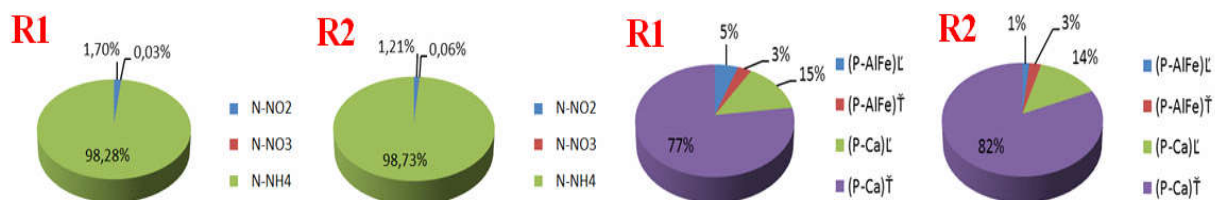


Obr. 5: Percentuálne zastúpenie sušiny obsah organického uhlíka vo vzorkách sedimentu

Z anorganických foriem dusíka v sedimente Trnavských rybníkov prevláda amoniakálny dusík. Dusičnanový dusík bol pri väčšine vzoriek pod detekčným limitom. Stanoviť sa ho podarilo iba pri vzorkách č. 1 a 5. Tieto vzorky tiež obsahujú najväčšie množstvá amoniakálneho dusíka. Vzorka č. 1 ho obsahuje 772,76 mg kg<sup>-1</sup> sedimentu a vzorka č. 5 ho obsahuje 693,26 mg kg<sup>-1</sup> sedimentu. Tieto vzorky ležia blízko seba teda môžeme predpokladať že sa v ich okolí vyskytuje zdroj organického znečistenia pretože ako amoniakálny dusík tak aj dusičnany sú jeho významným indikátorom (najmä fekálneho). Anorganický dusík vo forme dusitanov sa väčšinou vyskytuje v redukčných podmienkach.

Naopak anorganický dusík vo forme dusičnanov sa vyskytuje hlavne v oxidačných podmienkach. Keďže je obsah anorganického dusíka vo forme dusitanov v sedimente väčší môžeme predpokladať že sa v sedimente je redukčné prostredie.

Dusitanový dusík dosahoval najväčšiu hodnotu vo vzorke č. 1 a to 19,37 mg kg<sup>-1</sup>. Organický dusík sa nestanovoval.



Obr. 6: Percentuálne zastúpenie nutrientov vo vzorkách sedimentu v dvoch rybníkoch rybničnej sústavy



Obsah fosforu je na rozdiel od dusíka pre procesy eutrofizácie limitujúcim faktorom. Anorganický fosfor sa dostáva do sedimentu najmä rozkladom minerálov, napr. apatitu (hydroxyapatitu), ich zvetrávaním a vylúhovaním. Omnoho viac fosforu sa do sedimentu dostane rozkladom organicky viazaného fosforu. Uvoľnený fosfor rozpustený vo vode môže byť vyzrážaný iónmi vápnika, železa alebo hliníka a v suspendovanej forme sa ukladá na dno vodných tokov a nádrží. V sedimente z Trnavských rybníkov prevláda anorganický fosfor viazaný na vápnik. Pre vzorky z rybníka R1 je to 77 % a pre vzorky z rybníka R2 je to 82 %. Menšie množstvo fosforu, približne 15 % je vo forme ľahko viazanej na vápnik. Predpokladáme, že je to v dôsledku charakteru okolitých pôd – černoziemí a hnedozemí, ktoré vznikli na karbonátových sprašiach. Tieto pôdy zapríčiňujú tvrdosť povrchových aj podzemných vôd, zvýšený obsah vápenatých kationov vo vodách zas umožňuje precipitáciu a vznik málo rozpustných vápenatých fosforečnanov. Iba malá časť anorganického fosforu je viazaná na oxidy a oxí-hydroxidy kovov (Al-Fe). Množstvo anorganicky ťažko viazaného fosforu na hliník a železo predstavuje 3 %. Obsah anorganického fosforu ľahko viazaného na hliník a železo predstavuje pre vzorky z rybníka R1 okolo 5 % a pre vzorky z rybníka R2 okolo 1 %.

## ZÁVER

Trnavské rybníky sú významným krajinným prvkom prímestskej oblasti Trnavy. Okrem mnohých prírodných hodnôt, pre ktoré boli zaradené do kategórie chránených území sú aj miestom voľnočasových aktivít Trnavčanov. Je preto žiaduce, aby boli procesy eutrofizácie v nich monitorované a prípadné zdroje znečistenia nutrientami eliminované. Ukazuje sa, že sediment rybníkov, aj napriek vyšším obsahom nutrientov nepredstavuje závažné riziko. Kľúčový prvok – fosfor je v nich silne viazaný a teda hlavným zdrojom znečistenia nutrientami je voda pritekajúca do rybníčnej sústavy a menšie rybníky, v ktorých prebieha prirodzená sukcesia (tá potom môže byť prirodzeným zdrojom amoniakálneho dusíka). Obsah organického uhlíka a zistené koncentrácie nutrientov naznačujú, že sediment z Trnavských rybníkov po vyčistení a kontrole na prítomnosť toxických látok by mohol byť výhodný pre aplikáciu v pôdohospodárstve.

## ZOZNAM BIBLIOGRAFICKÝCH ODKAZOV

- [1] MOLNÁROVÁ, M., ŠMELKOVÁ, M., KRAMÁROVÁ, Z. Antropogénne vplyvy na atmosféru, hydrosféru a pedosféru. Bratislava: Univerzita Komenského v Bratislave vo Vydavateľstve UK, 2009. 237 s. ISBN 978-80-223-3112-8.
- [2] ILAVSKÝ, J., BARLOKOVÁ, D., BISKUPIČ, F. Chémia vody a Hydrobiológia. Bratislava: Vydavateľstvo STU, 2011. 304 s. ISBN 978-80-227-2930-7.
- [3] PITTEK, P. 1999: Hydrochemie. - Vydavateľstvi VSCHT Praha. Druhé vydání. 568 s. ISBN 80-03-00525-6.
- [4] VRÁNA, K., BERAN, J. Rybníky a účelové nádrže. Praha: Ediční středisko ČVUT. 150s. ISBN 80-01-01713-3
- [5] SAUDHAMI, S. Ecoideaz. What's a Root Zone Waste Water Treatment. [cit. 2016-03-13]. Dostupné na internete: <http://www.ecoideaz.com/innovative-green-ideas/whats-a-root-zone-waste-water-treatment>
- [6] Slovenská agentúra životného prostredia Banská Bystrica. Vegetačné koreňové čistiare odpadových vôd. [cit. 2016-03-13]. Dostupné na internete: <http://www.sazp.sk/slovak/struktura/crzo/VKCOV.htm>
- [7] POKORNÝ, J. Hospodaření s vodou v krajině - funkce ekosystému. Ústí n. Labem: Univerzita J. E. Purkyně, Fakulta životního prostředí, 2014. 101 s. ISBN 978-80-7414-886-6.
- [8] Vitajte v Trnave: Trnavské rybníky (Trnava, Hrnčiarovce nad Parnou). [cit. 2016-02-13]. Dostupné na internete: <http://www.vitajtevtrnave.sk/sk/register/trnavske-rybniky-trnava-hrnčiarovce-nad-panou>
- [9] Trnava. Životné prostredie. [cit. 2016-02-13]. Dostupné na internete: <http://www.trnava.sk/sk/clanok/zivotne-prostredie>
- [10] SIROTIK, M., MICHALÍKOVÁ, A. Environmentálna Chémia: Návody na cvičenia. Trnava: Materiálovotechnologická fakulta STU, 2015. 224 s. ISBN 978-80-8096-222-7.
- [11] BARTOŠOVÁ, A., MICHALÍKOVÁ, A., SIROTIK, M., SOLDÁN, M. Comparison of Two Spectrophotometric Techniques for Nutrients Analyses in Water Samples. In: Research Papers of Faculty of Materials Science and Technology, Slovak University of Technology. January 2013. Vol.20., Issue 32. pp. 8 - 19. ISSN 1338-0532



**ADRESY AUTOROV:**

**Maroš SIROTIÁK, RNDr., PhD.**

Slovenská technická univerzita v Bratislave, Materiálovotechnologická fakulta Trnava, Ústav integrovanej bezpečnosti, Botanická 49, 917 01 Trnava, Slovenská republika

e-mail: >maros.sirotiak@stuba.sk<

**Anna MICHALÍKOVÁ, Ing. CSc.**

Slovenská technická univerzita v Bratislave, Materiálovotechnologická fakulta Trnava, Ústav integrovanej bezpečnosti, Botanická 49, 917 01 Trnava, Slovenská republika

e-mail: >anna.michalikova@stuba.sk<

**Lenka BLINOVÁ, Ing., PhD.**

Slovenská technická univerzita v Bratislave, Materiálovotechnologická fakulta Trnava, Ústav integrovanej bezpečnosti, Botanická 49, 917 01 Trnava, Slovenská republika

e-mail: >lenka.blinova@stuba.sk<

***RECENZIA TEXTOV V ZBORNÍKU***

*Recenzované dvomi recenzentmi, členmi vedeckej rady konferencie. Za textovú a jazykovú úpravu príspevku zodpovedajú autori.*

***REVIEW TEXT IN THE CONFERENCE PROCEEDINGS***

*Contributions published in proceedings were reviewed by two members of scientific committee of the conference. For text editing and linguistic contribution corresponding authors.*