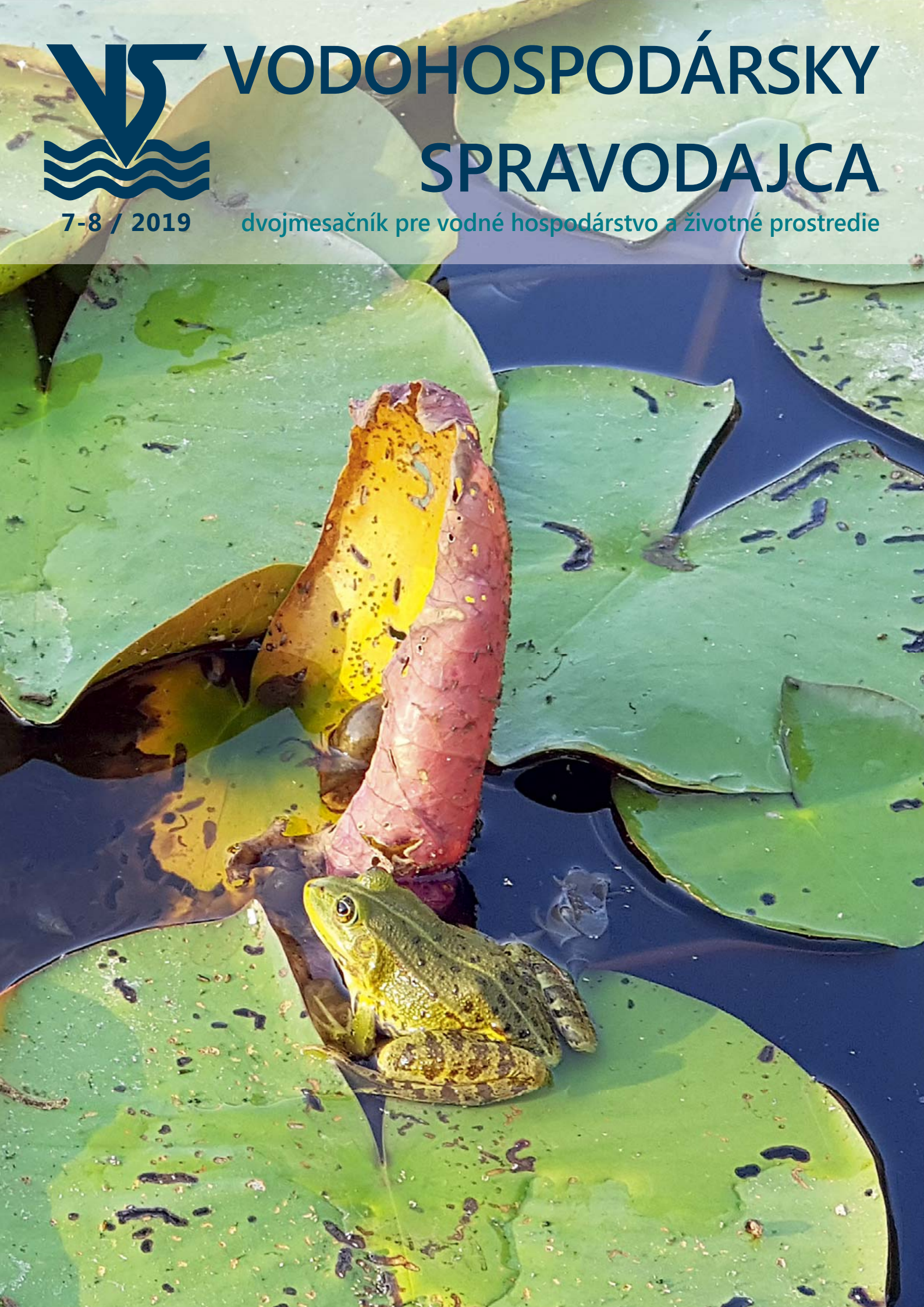




# VODOHOSPODÁRSKY SPRAVODAJCA

7-8 / 2019

dvojmesačník pre vodné hospodárstvo a životné prostredie

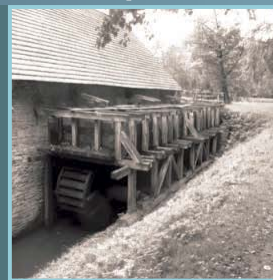




Medzi energiou a spotrebiteľom



**KNOW - HOW  
ZO SKÚSENOSTÍ**



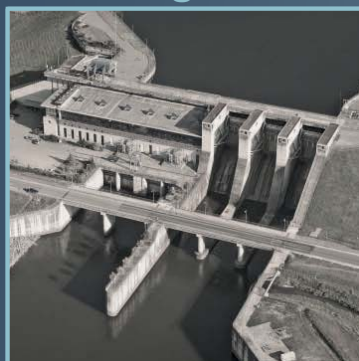
Myšlienka, návrh, projekt

Inžinierska, projektová  
a dodávateľská spoločnosť  
pre oblasť  
Technológií  
Monitoringu, merania,  
regulácie a riadenia  
technologických procesov

**energetika**

**životné prostredie**

**inžinierske siete**



**hydrotechnika**



Voda je život, chráňme si ju



**doprava**



**riadenie budov**

Regotrans, spol. s r.o.  
Pluhová 2  
831 03 Bratislava

Partner Rittmeyer, AG. Baar/CH-6341

**TEL/FAX:**

+421-2-444 61612

+421-2-443 71766

**E-mail:**

office@regotrans.sk

www.regotrans.sk

Milí čitatelia,

leto je obvykle čas zameraný na cestovanie, poznávanie iných krajín – ich kultúr, pamiatok, prírody. My vodohospodári, pozerajúc sa z výšky, či už lietadla, vrcholov hôr alebo vyššie položených hradov a zámkov, podvedome vnímame aj vodstvo – rieky a ich meandrovité toky. Mnohí z nás si položia otázku, ako asi funguje vodohospodársky sektor tej-ktorej krajiny. Tí, ktorí spolupracujú na rôznych medzinárodných projektoch alebo pri prípravách pomoci krajinám mimo Európskej únie, už určité povedomie nadobudli.

O čom tieto projekty sú? O spájaní na pohľad vzdialených krajín, rozvíjaní spoločných tém, o tom, ako si byť vzájomne nápomocní, o hľadaní ľudí, ktorí sú zapálení pre spoluprácu. Hoci musia prekonať často komplikovanú politickú situáciu, nejasné kompetencie, podhodnotené personálne a prístrojové zabezpečenie, sú otvorení novým prístupom, metódam alebo novej legislatíve. Pre krajiny, ktoré podpísali asociačné dohody s EÚ, je ich naplnenie nevyhnutnosťou vo všetkých oblastiach, vodný manažment nevynímajúc. Práve v oblasti vôd sú skúsenosti našich i európskych odborníkov pre prístupujúce krajiny neoceniteľné. Nielen do určitej miery spoločná minulosť, ale aj podobné podmienky prechodného obdobia sú pri implementácii spoločných projektov, predovšetkým v Moldavsku, Gruzínsku, na Ukrajine, ale aj v Čiernej Hore, nezanedbateľné.

Pomoc však nie je možná bez finančného zabezpečenia. Prostredníctvom mechanizmu Slovenskej agentúry pre medzinárodnú rozvojovú spoluprácu a UNDP (United Nations Development Programme) experti v oblasti vodného hospodárstva od roku 2011 spolupracujú na implementácii projektov zameraných predovšetkým na zavedenie princípov Rámcovej smernice o vode, Smernice o hodnotení a manažmente povodňových rizík a Smernice o čistení komunálnych odpadových vôd do legislatívy nečlenských štátov.

Cenným prínosom pre príjemcov pomoci – zvyčajne štátne inštitúcie alebo mimovládne organizácie, sú praktické výstupy, ktoré podporujú zvýšenie kvalifikácie inštitúcií, zvýšenie úrovne poznatkov v danej oblasti, zavedenie nových metodických postupov alebo prípravu podkladov na vyhlášky a nariadenia. Mohli by sme menovať ďalšie projekty alebo témy pomoci, ktorých nie je málo. Chceli sme však poukázať najmä na to, že tak ako voda hladko preteká územiami, i v oblasti vodohospodárskej spolupráce je snaha o postupné stieranie hraníc. A môžeme povedať, že táto odborná a efektívna výmena skúseností, osobné vzťahy a priateľstvá utvrdzujú účastníkov v tom, že veci sa posúvajú správnym smerom a sú obojstranne prospešné. Je to aj preto, že vzájomná spolupráca obohacuje odborne aj ľudsky.

Redakcia

---

© Vodohospodársky spravodajca  
dvojmesačník pre vodné hospodárstvo a životné prostredie / ročník 62

**Vydavateľ:** Združenie zamestnávateľov vo vodnom hospodárstve na Slovensku, Nábr. arm. gen. L. Svobodu 5, 812 49 Bratislava, IČO: 30 841 721, tel.: +421 (0)2 59 343 336, [www.zzv.sk](http://www.zzv.sk)

**Redakcia:** Nábr. arm. gen. L. Svobodu 5, 812 49 Bratislava, tel.: +421 (0)2 59 343 322, mobil: +421 905 594 435, e-mail: [hucko@vuvh.sk](mailto:hucko@vuvh.sk), [maria.rimarcikova@vuvh.sk](mailto:maria.rimarcikova@vuvh.sk)

**Redakčná rada:** Ing. Marián Bocák, Ing. Stanislav Dobrotka, Ing. Ivica Galléová, Ing. Ingrid Grundová, Ing. Pavel Hucko, CSc. (predseda), doc. Ing. Ľuboš Jurík, PhD., Ing. Juraj Jurica, Ing. Danica Lešková, PhD., RNDr. Oľga Majerčáková, CSc., Ing. Jana Poárová, PhD., Ing. Peter Rusina, Ing. Andrej Šille, prof. RNDr. Ivona Škultétyová, PhD., Ing. Gabriel Tuhý, Dr. Ing. Antonín Tůma, RNDr. Andrea Vranovská, PhD.

**Dátum vydania:** júl 2019

**Zodpovedný redaktor:** Ing. Mária Rimarčíková

**Grafické spracovanie a tlač:** Polygrafické centrum, [www.polygrafcentrum.sk](http://www.polygrafcentrum.sk)

Príspevky sú recenzované.

Ďalšie šírenie článkov alebo ich častí je dovoľené iba s predchádzajúcim súhlasom vydavateľa.

Pravidlá písania do Vodohospodárskeho spravodajcu nájdete na [www.zzv.sk](http://www.zzv.sk)

Informácie o spracúvaní osobných údajov poskytované podľa čl. 13 a 14 Nariadenia nájdete na stránke [www.zzv.sk](http://www.zzv.sk)

Evidenčné číslo: EV 3499/09

ISSN: 0322-886X

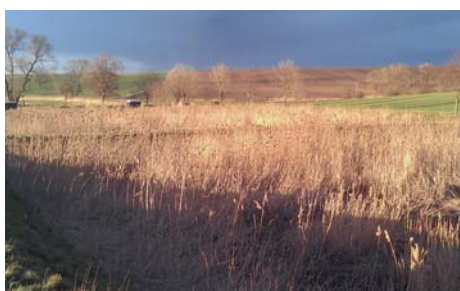


Foto na 1. a 4. strane obálky:  
Podvečer letného dňa v biobazéne,  
M. Rimarčíková

### 3 Úvodník

Editorial  
Redakcia

### 5 Konferencia Sedimenty vodných tokov a nádrží 2019

Conference "Sediments of Watercourses and Reservoirs 2019"  
P. Hucko

### 9 Oslava veľťoku Dunaj – DANUBE DAY

Danube Day celebration  
D. Zlatošová

### 11 Degradácia roztoku Reactive Orange 12 pomocou pokročilých oxidačných procesov

Degradation of the Reactive Orange 12 solution using advanced oxidation processes  
M. Marton

### 14 Prienik liečiv a ich metabolitov do povrchových vôd Slovenska

Penetration of pharmaceuticals and their metabolites into surface waters of Slovakia  
I. Horáková

### 18 Koreňové čistiarnie – progresívny spôsob odstraňovania drog, liečiv a ich metabolitov z odpadových vôd

Root zone wastewater treatment system – progressive method for the removal of drugs, pharmaceuticals and their metabolites from wastewater  
D. Žabka

### 22 Energetická bilancia ČOV s využitím LCA analýzy

WWTP energy balance by using the LCA analysis  
M. Dubcová, I. Škultétyová, R. Csicsaiová

### 25 Zmeny klímy a využívanie vody pre poľnohospodárstvo v povodí jazera Urmia – Irán

Climate change and water use for agriculture in the basin of Lake Urmia - Iran  
Ľ. Jurík, M. E. Banihabib, A. Mohammadi

### 32 História úpravy Moravy na Slovensko–Rakúskej hranici

History of the Morava River regulation on the Slovak-Austrian border  
V. Slaninka

### 38 Normy STN

Slovak technical standards  
D. Borovská

# Konferencia Sedimenty vodných tokov a nádrží 2019

**Ing. Pavel Hucko, CSc.**

Slovenská vodohospodárska spoločnosť pri VÚVH Bratislava, člen ZSVTS  
Výskumný ústav vodného hospodárstva

V dňoch 22. – 23. mája 2019 sa v priestoroch hotela Kormorán v Šamoríne-Čilistovo konala pod záštitou podpredsedu vlády a ministra životného prostredia SR László Sólymosa v poradí už IX. konferencia s medzinárodnou účasťou **Sedimenty vodných tokov a nádrží 2019**. Konferenciu usporiadala Slovenská vodohospodárska spoločnosť, člen Zväzu slovenských vedeckotechnických spoločností (ZSVTS), v spolupráci so Slovenským vodohospodárskym podnikom, štátnym podnikom, Ministerstvom životného prostredia SR, Slovenskou vodohospodárskou spoločnosťou pri VÚVH, členom ZSVTS, Výskumným ústavom vodného hospodárstva, Združením zamestnávateľov vo vodnom hospodárstve na Slovensku, Slovenskou asociáciou vodárenských expertov, Zväzom slovenských vedeckotechnických spoločností, Slovenským národným komitétom IWA, Českou vedeckotechnickou vodohospodárskou spoločnosť, z. s., a OS Vodárenství při Asociaci pro vodu ČR. Na príprave a samotnom priebehu konferencie sa aktívne podieľal Slovenský vodohospodársky podnik, štátny podnik.

Konferencia bola zameraná na celú šírku problematiky týkajúcej sa sedimentov (analýzy, kvalita sedimentov a jej hodnotenie, vplyv sedimentov na kvalitu vôd, využiteľnosť a nakladanie so sedimentmi z vodných tokov a nádrží, sedimentačné procesy v tokoch a nádržiach, legislatíva). Vytvoril sa priestor na prezentáciu poznatkov v uvedenej oblasti zo Slovenska a zo zahraničia, na odbornú diskusiu a výmenu názorov medzi účastníkmi konferencie. Zazneli odborné príspevky autorov zo Slovenska, Čiech a Poľska.

Počas dvoch rokovacích dní bolo prednesených 22 prednášok a prezentovaných 5 posterov. Konferencie sa zúčastnili reklamní partneri Helicop, s. r. o., Stará Turá a PROGROUPE sediment removal, a. s., Bratislava, ktorí prezentovali svoje aktivity v oblastiach týkajúcich sa problematiky sedimentov a sedimentačných procesov, a 151 zaregistrovaných účastníkov.

Mediálnymi partnermi boli časopisy Vodohospodársky spravodajca a Vodní hospodářství.

Účastníci konferencie si z rokovania odniesli množstvo zaujímavých informácií, ktoré budú môcť využiť vo svojej práci. Už tradične sa prvý večer stretli všetci na neformálnej diskusii.

V nasledujúcom texte sú uvedené prezentované prednášky a postery so stručnou anotáciou.

## PREDNÁŠKY

**Porovnanie prístupov v ochrane lesa v chránených územiach a ich vplyv na lesnatosť a vodný režim** (J. Slivinský, Štátne lesy TANAP-u, Zvolen, SR). Príspevok je zameraný na hodnotenie a výsledky dvoch rozdielnych prístupov k ochrane lesa.

Okrem histórie TANAP-u sa v príspevku prezentujú aj dlhoročné skúsenosti lesníkov overené praxou s postupmi a zásadami úspešného likvidovania podkôrníkových kalamít v minulosti i v súčasnosti. Súčasný stav porastov predmetných chránených území jednoznačne poukázal na správnosť a oprávnenosť lesníckeho prístupu k riešeniu kalamitného premnoženia lykožrúta smrekového. Na druhej strane sa plne potvrdili prognózy lesníkov o nevhodnosti, resp. škodlivosti zásad pasívnej ochrany. Výrazné zníženie ekologickej stability z dôvodu odumretých lesov sa prejavuje aj v početných negatívnych erózných a odtokových procesoch.

**Vplyv erózie na zanášanie vodných nádrží v pôsobnosti Správy povodia Bodrogu Trebišov** (A. Šoltísová, E. Kolesárová, Slovenský vodohospodársky podnik, š. p., Odštepny závod Košice, Správa povodia Bodrogu, Trebišov, SR). Príspevok analyzuje súčasný stav malých vodných nádrží (MVN) v čiastkovom povodí Bodrogu a poukazuje na problém ich zanášania dnovými sedimentmi. Dobré fungujúca sústava MVN pomáha vyrovnávať odtok vody z povodia, stabilizovať erózne procesy a umožňuje racionálne hospodáriť s povrchovými vodnými zdrojmi. V príspevku sa hodnotí údržba vybraných vodných nádrží a opatrenia na ich komplexnú ochranu.

**Vyhodnocení kvality a množství sedimentů v zemědělsky využívaném povodí Jickovického potoka** (Š. Marval, A. Zajíček, T. Hejduk, K. Dušková, M. Tomek, T. Vybíral, Fakulta životního prostředí, Česká zemědělská univerzita v Praze, Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, v. v. i., Praha, Vodohospodářský rozvoj a výstavba, a. s., Praha, GEOREAL, spol. s r. o., Plzeň, ČR). Príspevok analyzuje súčasný stav znalostí problematiky sedimentov v rybníkoch z pohľadu ich kvality, prezentuje poznatky vplyvu okolitého prostredia na kvalitu sedimentov a rozoberá možnosti opakovanej aplikácie sedimentov na poľnohospodársku pôdu. V príspevku sú prezentované čiastkové výsledky, ktoré sú sumarizované postupne od roku 2017 pre pilotné územie Jickovického potoka. Ide o výsledky laboratórnych analýz odobraných vzoriek rybníčných sedimentov a pôd z príslušných pozemkov. Prezentované výsledky sa vzťahujú výhradne na poznatky z analýz rizikových prvkov.

**Problematika sedimentov očami prevádzkovateľa vodných stavieb a vodných tokov na území OZ Piešťany – história – súčasnosť** (M. Mičuda, A. Šille, Slovenský vodohospodársky podnik, š. p., Odštepny závod Piešťany, SR). V príspevku sú zosumarizované skúsenosti so zanášaním vodných nádrží a tokov sedimentmi v povodí Váhu. Autori popisujú historický vývoj a súčasný stav zanášania vybraných vodných stavieb sedimentmi na Vážskej kaskáde, malých vodných nádržiach a vodných tokoch. Príspevok taktiež informuje



o vynaložených finančných prostriedkoch na ťažbu sedimentov v priebehu rokov 2014 – 2018. Množstvo minutých peňazí je alarmujúce a je potrebné nájsť riešenia na zmiernenie procesov zanášania vodných tokov a nádrží.

**Vodárenská nádrž Málílec, sedimentačné procesy v nádrži od jej napustenia** (I. Ďuriška, Slovenský vodohospodársky podnik, š. p., Odštepny závod Banská Bystrica, Správa povodia horného lpla, Lučenec, SR). Príspevok je zameraný na hodnotenie prevádzky vodnej stavby Málílec z pohľadu prebiehajúcich sedimentačných procesov v nádrži a jej zanášania. Riešením problémov spojených s eróznymi procesmi v povodí vodárenskej nádrže je vybudovanie prehrádzok na prítokoch, ako aj na lpli na zachytávanie splavenín. Za 25 rokov prevádzky VS Málílec sa zamedzilo zaneseniu nádrže z prítokov v objeme okolo 18 000 m<sup>3</sup> splavenín. Celkový objem usadených splavenín v zátope bol približne 25 000 m<sup>3</sup>. Z uvedeného možno konštatovať, že vďaka prehrádzkam sa podarilo zachytiť až okolo 40 % splavenín.

**Skúsenosti s vývojom eróžno-sedimentačných procesov na východnom Slovensku** (D. Mydla, Slovenský vodohospodársky podnik, š. p., Odštepny závod Košice, SR). S vývojom eróžno-sedimentačných procesov majú v Slovenskom vodohospodárskom podniku, š. p., Odštepny závod Košice pomerne bohaté skúsenosti plynúce z rôznorodosti morfolologickej stavby územia. Cieľom príspevku je vyhodnotiť podiel základných činností správcu vodných tokov zameraných na čistenie korýt vodných tokov a vynaložených nákladov na stabilizáciu korýt. Za referenčné obdobie bol zvolený časový rad medzi rokmi 1997 – 2018, v ktorom boli rozčlenené celkové ročné náklady na opravy a údržbu dlhodobého hmotného majetku a porovnaný ich vzájomný pomer.

**Použití ekotoxikologických testů sedimentů v praxi právní úpravy ČR** (V. Bláha, EMPLA AG, spol. s r. o., Hradec Králové, ČR). Príspevok sa venuje problematike testovania sedimentov pre potreby ďalšieho nakladania s nimi vo vzťahu k predpisom, ktoré definujú rozsahy analýz alebo testov. Poukazuje na skutočnosť, že rozsah požadovaný pri testoch sedimentov v ČR je veľmi vysoký. Možný rozsah potenciálne testovaných látok, nielen v sedimentoch, je veľmi vysoký a prakticky nie je možné zahrnúť všetky do testovacieho rozsahu. Z hľadiska platnej legislatívy v ČR je zrejme, že nastáva odklon od využívania akvatických testov, čo je trend, ktorý je u sedimentov podľa výsledkov vykonaných testov oprávnený. Mimo dnes už zahrnutých testov ekotoxicity (v legislatíve ČR) možno potenciálne nájsť veľmi široké spektrum rôznych variantov ekotoxikologických testov.

**Předpokládaná koncentrace rizikových prvků v zemědělské půdě po aplikaci sedimentu** (L. Kubík, Ph.D., Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský, Brno, ČR). Príspevok prezentuje porovnanie obsahov rizikových prvkov medzi sedimentmi a poľnohospodárskymi pôdami a zaoberá sa stanovením predpokladanej zmeny koncentrácií rizikových prvkov v pôde po aplikácii sedimentu. Obsahy sledovaných rizikových prvkov v sedimentoch sú v ČR preukázateľne vyššie než v poľnohospodárskych pôdach. Podľa obsahu v sedimente sa rizikové prvky môžu rozdeliť do štyroch skupín, a to do skupiny s obsahom vyšším než 30 %, do skupiny s obsahmi v rozmedzí 15 – 30 % a do skupiny s obsahom menším ako 15 %.

V poslednej skupine je iba As, ktorého obsah je v sedimentoch nižší než v poľnohospodárskych pôdach.

**Aktuální problematika sedimentů na českém Labi** (J. Medek, Povodí Labe, státní podnik, Hradec Králové, ČR). Príspevok podáva prehľad o monitoringu pevných matric z hydrosféry vrátane sedimentov, ktorý je štandardnou súčasťou monitorovacích programov v českom povodí Labe i Medzinárodného programu merania Labe. Ďalej sú v príspevku uvedené príklady významných lokalít na nakladanie so sedimentmi na českom Labi, na ktoré je prioritne zameraná pozornosť v rámci manažmentu sedimentov Povodí Labe, štátneho podniku. Taktiež sú v príspevku uvedené príklady revitalizačných akcií, ktorých súčasťou bolo nakladanie so sedimentmi.

**Simulace pohybu písčitých sedimentů a zanášení plavební dráhy na soutoku Odry a Warty na 2D numerickém modelu** (P. Jiřinec, L. Ziolkowski, DHI, a. s., Praha, ČR, DHI Polska Sp., z o. o., Kraków, Poľsko). Príspevok prezentuje využitie 2D numerického modelu na kvantifikáciu morfologických procesov v oblasti sútoku Odry s Wartou a na overenie, či realizácia pozdĺžnej koncentračnej stavby vo variante „KRC-W5“ prispieje k dosiahnutiu požadovanej hĺbky vody v plavebnej dráhe Odry. Navrhovaná úprava, pozdĺžna koncentračná stavba na pravom brehu v dĺžke cca 1 400 m v záujmovom úseku rieky Odry na sútoku s riekou Wartou, nezaistí trvalo požadovanú plavebnú hĺbku. 2D numerický model preukázal, že aj po realizácii koncentračnej stavby dochádza k tvorbe nánosov v plavebnej dráhe a že plavebnú hĺbku bude i naďalej potrebné udržiavať bagrovaním.

**VS Velké Kozmálovce – vplyv zanesenia na minimálnu prevádzkovú hladinu** (P. Ivan, Slovenský vodohospodársky podnik, š. p., Odštepny závod Banská Bystrica, Správa povodia dolného Hrona a dolného lpla, Levice, SR). Tento príspevok obhajuje aktuálne dianie na VS Velké Kozmálovce z hľadiska riešenia problémov vyplývajúcich zo zanášania zdrže. Príspevok bližšie popisuje konsolidáciu prebiehajúcej stavby rybovodu s odstraňovaním sedimentov pred objektu čerpacej stanice jadrovej elektrárne v Mochovciach (EMO) a kontinuálne zabezpečenie dodávky vody pre EMO. Všetky aktivity prebiehajú pri zníženej prevádzkovej hladine v intenciách manipulačného poriadku.

**Vplyv erózií v povodí na protipovodňové opatrenia** (P. Ivan, J. Jurica, P. Pahulyi, Slovenský vodohospodársky podnik, š. p., Odštepny závod Banská Bystrica, Správa povodia dolného Hrona a dolného lpla, Levice, SR). Príspevok sa zameriava na popisovanie vykonaných opráv a údržieb na vybraných piatich vodných tokoch v správe Odštepneho závodu Banská Bystrica na Správe povodia dolného Hrona a dolného lpla. Závažnosť erózných procesov potvrdzuje aj priemerná ročná strata objemu zdrže vodnej stavby Velké Kozmálovce v dôsledku zanášania sedimentmi za obdobie rokov 1990 – 2006 v objeme približne 78 200 m<sup>3</sup>/rok.

**Monitoring posunov sedimentov na rieke Dunaj** (L. Gažurová, R. Terek, P. Virág ml., Slovenský vodohospodársky podnik, š. p., Odštepny závod Bratislava, SR). Príspevok je zameraný na monitoring posunov sedimentov, ktorý zohráva hlavnú a veľmi významnú úlohu pri navrhovaní vodohospodárskych činností a opatrení na zachovanie splavnosti a bezpečnosti na plavebnej ceste na rieke Dunaj. V príspevku sa konštatuje,

že postupne dochádza k zvýšenému zanášaniam rieky Dunaj sedimentmi a naplaveninami, čo spôsobuje znižovanie retenčnej schopnosti vodného diela Gabčíkovo. Uvedený stav zhoršuje možnosť bezpečnej a plynulej plavby a plavebných manévrov a ďalšie problémy spojené s vodohospodárskou činnosťou. Z uvedeného dôvodu je monitoring posunu sedimentov dôležitou a neodmysliteľnou súčasťou vodohospodárskej činnosti. V príspevku sú ďalej popísané použité meracie systémy, postupy, spracovanie a interpretácia meraní.

**Odstraňovanie sedimentov z plavebnej dráhy v zdrži Hrušov SVD Gabčíkovo** (I. Dvořák, Z. Kozel, P. Ščasný, Slovenský vodohospodársky podnik, š. p., Odštepny závod Bratislava, Závod Dunaj, SR). Príspevok sa venuje problematike sedimentov v zdrži Hrušov z pohľadu potreby zabezpečenia plynulej a bezpečnej plavby na Dunaji, ktorú zabezpečuje Závod Dunaj, SVP, š. p., OZ Bratislava. Činnosti pozostávajú z bagrovania brodov, opráv brehových opevnení a smerových stavieb, vytyčovania plavebnej dráhy, umiestňovania a údržby plavebných a brehových znakov. Pre udržiavanie plavebnej dráhy je v súčasnej dobe najväčším problémom množstvo sedimentov, ktoré sa usádza v celej zdrži. Vyťažovaný materiál zo zdrže Hrušov sa v minulosti ukladal na rôzne lokality, ako napr. na brehovú nadzemnú skládku nad haľou v inundácii, ale aj v rámci samotnej zdrže. Je známe, že lokality v zdrži Hrušov majú obmedzenú kapacitu na ukladanie tohto materiálu. Do budúcnosti bude nutné uvažovať, kde bude vyťažovaný materiál uskladnený, alebo sa využije na druhotné spracovanie.

**Zanášanie VD Gabčíkovo** (R. Rajniak, Slovenský vodohospodársky podnik, š. p., Odštepny závod Bratislava, Závod VD Gabčíkovo, SR). V príspevku je prezentovaná problematika zanášania priestoru VD Gabčíkovo ako dôsledok trvalého transportu plavenín a splavenín, ktoré Dunaj so sebou prináša. Uvedením vodného diela do prevádzky prišlo k zmene sedimentačných procesov, ako aj k zmene morfológie koryta Dunaja. Tieto zmeny sa prejavujú vo väčšej alebo menšej miere na všetkých objektoch VD. Vplyvom zníženia unášacích rýchlostí začala hlavne v zdrži sedimentácia transportovaného materiálu. Z dôvodu zabezpečenia požadovaných plavebných podmienok SVP, š. p. začal od roku 2001 v zdrži Hrušov odstraňovať sedimenty z plavebnej koryty. Okrem prác v plavebnej koryte prebiehali bagrovacie práce aj nad objektmi stupňa Čunovo. Odstraňovanie sedimentov sa rieši aj na objektoch plavebných komôr stupňa Gabčíkovo. Pravidelné odstraňovanie sedimentov sa vykonáva aj po zahradení dolného, resp. horného zhlavia plavebných komôr. Na trvalé plnenie úloh vyplývajúcich z poslania VD Gabčíkovo je nevyhnutné aj komplexné riešenie problematiky sedimentov na jednotlivých objektoch VD.

**Dopady erózných a sedimentačných procesov koryta Váhu v lokalite Piešťany – Nové Mesto nad Váhom** (L. Kočvarová, L. Glinda, Slovenský vodohospodársky podnik, š. p., Odštepny závod Piešťany, SR). Príspevok prezentuje činnosti správcu na vybranom úseku toku Váh. Práce reagujú na erózo-akumulačné procesy prebiehajúce v koryte toku. Účelom vykonaných úprav bolo stabilizovať riečne koryto a zamedziť alebo obmedziť škodlivé účinky neupraveného toku, zabezpečiť ochranu poľnohospodárskych pozemkov, sídlisk, obcí, komunikácií či mostov, výškou vody v riečisku upraviť pomery podzemnej

vody na okolitých pozemkoch. Úprava tiež sledovala účel zmeniť trasovanie koryta tak, aby na ostrých zákrutách nevznikali ľadové zápchy, hlboké výmole a koncentrovať odtok vody do jednotného koryta najmä za nízkych stavov vody.

**Sapropel – jeho vlastnosti, možnosti ťažby a strojného odvodnenia** (P. Mončeková, PROGROUPE sediment removal, a. s., Bratislava, SR). Príspevok sa zaoberá teoretickými a praktickými znalosťami a skúsenosťami s prácou so špecifickým druhom sedimentu – sapropelom. Popísané sú vlastnosti a charakteristiky tohto druhu sedimentu, podmienky jeho vzniku a jeho možné využitie po ťažbe a spracovaní. Opísané sú praktické skúsenosti s ťažbou a strojným spracovaním sapropelu z jazera Karasu v Národnom parku Burabaj v severnej časti Kazachstanu.

**Kvalita sedimentov vybraných vodných tokov Slovenska** (E. Rajczyková, J. Makovinská, Výskumný ústav vodného hospodárstva, Bratislava, SR). Príspevok prezentuje výsledky monitorovania vybraných látok v sedimentoch vodných tokov na Slovensku v období rokov 2016 – 2018. Na vyhodnotenie trendu (zmeny) kvality sedimentov je potrebné mať dostatočne dlhé údajové rady, aby ich bolo možné spoľahlivo vyhodnotiť. V prípade kovov je možné nájsť historické údaje a použiť ich pri hodnotení, avšak vo vzťahu k organickým polutantom v tom zatiaľ badať dosť závažný problém.

**Medzinárodný projekt SIMONA – informačný, monitorovací a hodnotiaci systém kvality sedimentov na podporu nadnárodnej spolupráce v rámci jednotného manažmentu povodia Dunaja** (I. Stríček, J. Kordík, V. Roško, Z. Hiklová, Štátny geologický ústav Dionýza Štúra, Bratislava, Výskumný ústav vodného hospodárstva, Bratislava, Slovenský vodohospodársky podnik, š. p., Banská Štiavnica, SR). V príspevku je prezentovaný projekt, ktorého cieľom je poskytnúť informačný, monitorovací a hodnotiaci systém kvality sedimentov pripravený na okamžitú podporu nadnárodnej spolupráce v rámci spoločného vodného hospodárstva povodia Dunaja. Systém je funkčne zložený zo 4 hlavných súčastí: (1) vzorkovania sedimentov, (2) laboratórnych analýz, (3) hodnotiacich protokolov a (4) on-line IT nástroja SIMONA. Jednotlivé časti systému sú uplatniteľné na lokálnej aj strategickej úrovni a aktívne prispievajú k dosiahnutiu požiadaviek na monitorovanie kvality a hodnotenie chemického charakteru sedimentov v rámci Rámcovej smernice EÚ o vode (2000/60/ES).

**Pozemkové úpravy a ich úloha v ochrane povodia** (Z. Muchová, Katedra krajinného plánovania a pozemkových úprav, Fakulta záhradníctva a krajinného inžinierstva SPU v Nitre, SR). Príspevok (nie je v zborníku z konferencie) je zameraný na vlastnícke vzťahy k pozemkom a ich rozdrobenosť (8,4 milióna vlastníckych parciel, 4,4 milióna vlastníkov pozemkov, 100,7 milióna spoluvlastníckych vzťahov), čo spôsobuje problémy pri riešení pozemkových úprav (PÚ) na Slovensku. V kontexte uvedeného je potrebné riešiť aj pozemky pod vodnými plochami, tokmi a pridruženými stavbami. Akákoľvek investičná činnosť alebo pozitívne ochranné zásahy do krajiny sú podmienené súhlasom vlastníka pozemku. Preto aj realizácia projektov sa často spomáľa pri majetkovoprávných usporiadaniach. Významnú rolu tu zohrávajú vzťahy vlastníka/správca – nájomca. V ďalšom bol prezentovaný stav „komplexných“ pozemkových úprav na Slovensku.

Pri realizácii vodohospodárskych a protieróznych opatrení je potrebná spolupráca veľkého množstva odborníkov. Základné princípy ochrany povodia v PÚ sa dotýkajú vodného toku a jeho nivy. Ide o preventívne opatrenia na ochranu pred povodňami viazané na vodný tok (retenčné priestory, revitalizácie vodných tokov). V rámci plochy povodia je potrebné podporovať realizáciu preventívnych opatrení na ochranu pred eróziou a povodňami mimo vodných tokov (technické, ako aj prírode blízke opatrenia zamerané na zvýšenie retenčného potenciálu povodia).

**Výsledky dlhodobého monitoringu kvality rybníčních sedimentů v České republice** (M. Baxa, J. Šulcová, L. Kröpfelová, J. Pokorný, ENKI, o. p. s., Třeboň, ČR). Rybníky sú neoddeliteľnou súčasťou hydrologického systému povrchových vôd v Českej republike. Príspevok prezentuje výsledky z dlhodobého screeningu rybníčních sedimentov z obdobia 2011 – 2019 z Českej republiky. Zhrnuté sú výsledky koncentrácií toxických kovov (As, Pb, Zn, Cu, Hg, Cd) a organických polutantov (C10C40, BTEX, PAU, PCB, DDT) z cca 230 lokalít.

**Hodnotenie environmentálnych vlastností sedimentov vybraných vodných nádrží** (P. Hucko, V. Roško, L. Babej, Výskumný ústav vodného hospodárstva, Bratislava, SR). V príspevku sú prezentované výsledky hodnotenia environmentálnych vlastností dnových sedimentov z troch vybraných vodných nádrží (VN) Hričov, Lozorno a Pálcmanová Maša, ktoré sa uskutočnilo v priebehu rokov 2017 – 2018. Hodnotenie bolo vykonané podľa Metodického pokynu MŽP SR č. 549/98-2 (MP MŽP) v rozsahu sledovaných ukazovateľov. Zo získaných výsledkov vyplýva, že environmentálne riziko v prípade stopových prvkov možno očakávať pri zinku u všetkých troch VN. Z organických látok bolo zistené environmentálne riziko v prípade VN Hričov pre fluorantén a hexachlórbenzén, pentachlórbenzén a heptachlór. V prípade VN Lozorno bolo zistené environmentálne riziko pre benzo(a)antracén a hexachlórbenzén. V sedimentoch z VN Pálcmanová Maša nebolo zistené environmentálne riziko ani u jednej sledovanej organickej látky.

## POSTERY

**Vyhodnocení meziroční dynamiky sedimentů v zemědělsky využívaném povodí** (Š. Marval, T. Hejduk, T. Vybíral, K. Dušková, M. Tomek, Fakulta životního prostředí, Česká zemědělská univerzita v Praze, Výskumný ústav meliorací a ochrany půdy, v. v. i., Praha, GEOREAL, spol. s r. o., Plzeň, Vodohospodářský rozvoj a výstavba, a. s., Praha, ČR). V prezentovanom príspevku je predstavené testovanie metódy pozemného laserového skenovania, ktoré bolo využité na stanovenie medziročnej dynamiky sedimentov v rybníku Ždír medzi rokmi 2017 – 2018. Popísaná je využitá vizuálna metóda získavania dát o morfológii dna rybníka v podobe vyššie uvedeného laserového skenovania, vyhodnotenie získaných geodetických údajov i nadväzujúce analýzy exportovaných rastrov.

**Radioaktivní ukazatele v sedimentech povodí řeky Lužnice** (P. Štierand, Český hydrometeorologický ústav, Brno,

ČR). V príspevku sú prezentované výsledky dlhodobého sledovania rádiologických ukazovateľov v riečnych sedimentoch v povodí rieky Lužnice. V tejto oblasti povodia v minulosti prebiehala ťažba uránu na ťažisku Okrouhlá Radouň. Zistené hodnoty rádiologických ukazovateľov sú ovplyvnené predovšetkým výskytom uránového zrudnenia v geologickej stavbe územia a ťažbou surovín s obsahom uránu.

**Sedimentace v malých vodních nádržích** (D. Honek, M. Šulc Michalková, Z. Nemetová, M. Caletka, P. Karásek, V. Sočuvka, Y. Velísková, Geografický ústav, Přírodovědecká fakulta, Masarykova Univerzita, Brno, ČR, Výskumný ústav vodohospodársky TGM, v.v.i., Praha, ČR, Katedra vodného hospodárstva krajiny, Stavebná fakulta, Slovenská technická univerzita, Bratislava, SR, Výskumný ústav melioráci a ochrany pôdy, v. v. i., Brno, ČR, Ústav hydrológie, Slovenská akadémia vied, Bratislava, SR). V príspevku sú predstavené dve metodiky terénneho merania úrovne dna nádrží, z ktorých je možné následne nepriamo určiť množstvo sedimentov. Ďalej sú predstavené tri erózne modely na stanovenie potenciálnej erózie a depozície pôdy v povodí na základe známych empirických vzťahov reflektujúcich dané prírodné podmienky. Podľa stanoveného množstva sedimentov je určená predpokladaná životnosť nádrže, resp. čas do úplného zanesenia nádrže sedimentmi.

**Monitoring kvality sedimentů na českých tocích v roce 2018** (J. Halířová, L. Mikl, Český hydrometeorologický ústav, Brno, ČR). V príspevku sú prezentované výsledky monitoringu sedimentov v českých tokoch, kde sa kumuluje väčšina zo sledovaných prioritných látok. Monitoring kvality pevných matric sa vykonáva nepretržite od roku 2000. Spektrum sledovaných látok sa v priebehu rokov postupne rozširovalo v nadväznosti na požiadavky smerníc EÚ a v súčasnej dobe zahŕňa 130 chemických ukazovateľov.

**Projekt SEDECO – Sedimenty a ekosystémové služby ve vzájemném působení s povodněmi a suchem v pohraniční oblasti AT – CZ** (D. Marton, M. Starý, P. Menšík, Z. Zachoval, T. Kozel, S. Paseka, Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Brno, ČR). Príspevok predstavuje čiastkové činnosti a priebežné výsledky projektu, ktoré sa dosiahli po prvom roku riešenia projektu a za ktoré zodpovedá PP2 (projektový partner 2 Vysoké učení technické v Brně). Ďalej popisuje prepojenia a súvislosti čiastkových výstupov v kontexte hlavných výstupov projektu ATCZ28 SEDECO „Sedimenty a ekosystémové služby ve vzájemném působení s povodněmi a suchem v pohraniční oblasti AT – CZ“.

**Príspevky z konferencie sú publikované v zborníku prednášok**, ktorý je k dispozícii v Slovenskej vodohospodárskej spoločnosti pri VÚVH na adrese:

**Slovenská vodohospodárska spoločnosť pri VÚVH Bratislava**  
Nábr. arm. gen. L. Svobodu 5, 812 49 Bratislava 1, Slovensko  
tel.: +421 2 593 434 24, mobil: +421 905 965 515, e-mail: pavel.hucko@vuvh.sk

Obsah zborníka, prezentácie (so súhlasom prezentujúcich na zverejnenie) a fotogaléria z konferencie sú uverejnené na internetovej stránke VÚVH – <http://www.vuvh.sk/?pid=94>

## Literatúra:

„Sedimenty vodných tokov a nádrží“, 22. – 23. mája 2019, Bratislava, Slovenská republika, Hucko Pavel, Tölgyessy Peter (edit.), s. 258, ISBN 978-80-89740-21-5, © Slovenská vodohospodárska spoločnosť pri VÚVH Bratislava.



# Oslava veľtoku Dunaj – DANUBE DAY

**PhDr. Dagmar Zlatošová, PhD.**

Základná škola Nevädzová, Bratislava

Rýchlosťou plynutia vody v koryte rieky Dunaj nám preplával i čas školského roka 2018/2019. Priblížil sa nielen koniec nášho nadobúdania vedomostí, ale i záver „Projektu DUNAJ – veľtok, ktorý nám veľa dáva, avšak môže i zobrať“.

Jeho štyri aktivity, ktoré sa stali súčasťou školského diania dvoch kolektívov žiakov 6. C a 6. D triedy zo Základnej školy na Nevädzovej 2 v Bratislave, nás všetkých nesmierne vedomostne i získaním cenných skúseností obohatili.

Vyvrcholením sa stala oslava veľtoku Dunaj – DANUBE DAY v Gabčíkove, ktorej sme sa spoločne s našimi rodičmi zúčastnili 22. júna 2019.

Autobusom sme sa prepravili na miesto diania – vodné dielo Gabčíkovo. Prvé kroky predstavovali prechádzku po Gabčíkovskom priehradnom múre. Tentokrát sme z neho sledovali vypúšťanie vody z ľavej plavebnej komory, v ktorej stála veľká nákladná loď, a nie z paluby lode, ako to bolo v septembri 2018. A čo nás najviac prekvapilo? Úplne prázdna pravá plavebná komora bez kvapky vody, ktorej oprava (inovácia a modernizácia) bude prebiehať až do roku 2020. Práve v nej, na palube lode Kriváň, sme prežili vypúšťanie a napúšťanie vody pri našej 1. aktivite projektu – plavbe po rieke Dunaj v septembri 2018. To bola hĺbka, vidieť prázdnu plavebnú komoru – 32 metrov, s dĺžkou 275 m a šírkou 34 m. V komore sú lode preto, aby sa vyrovnal 21,6 m výškový rozdiel hladín rieky.



Tento neobyčajný pohľad sa návštevníkom naskytne len výnimočne, keď sa kontrolujú, opravujú alebo inovujú plavebné komory. A ten pohľad z výšky riadiacej veže (dispečingu)? To treba zažiť, ťažko je to opísať slovami – jednoducho povedané, vodné dielo Gabčíkovo je veľkolepé dielo, na ktoré môžeme byť všetci právom hrdí. Tí, ktorí použili svoj um a priložili ruku k práci na stavbe tohto jedinečného objektu a jeho správkovaniu, si zaslúžia náš obdiv a uznanie. Na vlastné oči

sme sa mohli presvedčiť, aký veľký význam zohráva pre nás všetkých veľtok Dunaj. Ten nám vskutku veľa dáva a nebyť vodného diela Gabčíkovo, mohol by nám i zobrať.

Po pešej prehliadke diela z jeho priehradného múru sme sa vybrali do Gabčíkovského prístavu. Tu pre nás pán Mgr. Zoltán Lajos, pracovník Slovenského vodohospodárskeho podniku, š. p., Odštepného závodu Bratislava, tak ako pri 1. aktivite



v septembri 2018, pripravil vyhladkovú plavbu loďou Kriváň. Opätovne sme sa spoločne s rodičmi ocitli na palube pre nás už známej lode. Plavbou pod priehradným múrom v odpadovom kanáli sme si pripomenuli vzácne chvíle, keď sme na jeseň absolvovali 7-hodinovú plavbu na vlnách krásneho modrého Dunaja. Vtedy naša cesta z Bratislavy bola zoznamovaním sa s veľtokom Dunaj. Avšak teraz sme už my našim rodičom vysvetľovali, čo je prírodný kanál, odpadový kanál, na čo slúžia plavebné komory, vodná elektrárňa s 8 hydrogenerátormi, prečo bolo vodné dielo Gabčíkovo vybudované. Spoločne sme si užívali nádherné výhľady na okolitú prírodu, hniezdiská na vtáčích ostrovoch a spomínali.

Po absolvovaní plavby sme veľmi túžili vidieť Gabčíkovskú vodnú elektrárňu zvnútra. Pohľad zvonka bol pre nás už známy, nielen z paluby lode, ale i z prechádzky po Gabčíkovskom priehradnom múre. I napriek čakaniu na vstup, ktorý je počas tohto dňa povolený všetkým návštevníkom, nás trpezlivosť neopustila. Nasadili sme si modré ochranné prilby a vstúpili dovnútra. Zážitky sme mali nesmierne – obrovské vnútorné priestory vodnej elektrárne s 8 turbínami nás ohromili. Sprievodca nám vysvetlil princíp činnosti Kaplanových turbín, ich výkonnosť, ktorá predstavuje 8 – 10% výroby elektrickej energie na Slovensku. A to je EKO energia! Vyrába sa totiž silou vody, ktorá roztáča vrtulové lopatky 8 Kaplanových turbín. Pri jednej z nich sme dokonca videli, ako sa otáča obrovský



hriadeľ. Samozrejme, že prístup do veľkej hĺbky nie je možný, ostatné časti sme si prezreli na plagátoch v priestoroch vodnej elektrárne. Bol to pre nás všetkých, ako žiakov, tak i dospelých, veľký zážitok.

Počas oslavy rieky Dunaj – DANUBE DAY sme zažili i veľa zábavy. Niektorí sme sa váľali v bublinách počas penovej šou, ďalší si dali krásne pomalovať svoju tvár a odfoťili sa pred netradičným pozadím, iní sa zúčastnili náučných kvízov, kde za svoje správne odpovede vyhrali i malé ceny. Aj keď sme nevideli priame záchranné ukážky na vode alebo zo vzduchu (v tom čase sme boli na vyhliadkovej plavbe), aspoň sme si prezreli stánok záchranných s ich vernými pomocníkmi – špeciálne cvičenými psíkmi. Zaujímavé boli vystavené záchranné skútre, štvorkolka či nafukovací čln. I naše brušká si prišli na svoje, keď sme si pochutnali na výbornom, vo veľkých kotloch navarenom guláši, pukancoch či cukrovej vate, ktoré boli pre návštevníkov pripravené.

Príjemne unavení a plní nezabudnuteľných zážitkov sme sa vrátili domov. Priebeh veľkolepého sviatku Dunaja, ako i získané poznatky z celého jednoročného projektu spracujeme



vo svojich príspevkoch v anglickom jazyku. Naši spolužiaci – predovšetkým hlavný kameraman a fotograf Aďo a jeho pomocník Mafo – dokončia 4. diel výučbového CD-ROMu. Ten bude slúžiť na účely výučby našich mladších spolužakov. Veď spoznať takmer celý tok rieky Dunaj od Bratislavy po Gabčíkovo, navštíviť mokrade na Devíne, zoznámiť sa so zdrojmi podzemných vôd rieky Dunaj, ktoré predstavujú zásobáreň pitnej vody na ostrove Šihof, a konečne pobudnúť vo vnútri Gabčíkovej vodnej elektrárne, v plavebných komorách i vo výške riadiacej veže (dispečingu), nie je umožnené všetkým, ktorí by mali o to záujem. Nám sa to však počas projektu „DUNAJ“ vďaka významnej pomoci a ochote zamestnancov Slovenského vodohospodárskeho podniku, š. p., Odštepného závodu Bratislava podarilo.

Patrí im za to naša obrovská VĎAKA!

Na všetky spomínané aktivity vrátane úžasného záveru počas spoločnej akcie s rodičmi na Medzinárodnom dni Dunaja – DANUBE DAY budeme vždy s radosťou spomínať.

Foto: Archív SVP, š. p.



# Jako, s.r.o.

aktivní uhlí, antracit  
UV-dezinfekce

tel.: +420 283 981 432  
+420 603 416 043

fax: +420 283 980 127  
www.jako.cz  
e-mail: jako@jako.cz

# Degradácia roztoku Reactive Orange 12 pomocou pokročilých oxidačných procesov

Ing. Michal Marton, PhD.

Slovenská technická univerzita v Bratislave, Katedra zdravotného a environmentálneho inžinierstva

## Anotácia

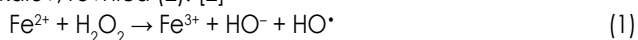
Cieľom našej práce bolo nájsť vhodné procesy na degradáciu komplexného farbiva Reactive Orange 12. Keďže ide o veľmi komplexnú a toxickú látku, nie je možné odstrániť ju z odpadových vôd bežnými procesmi čistenia. Existuje však niekoľko metód, ktoré zahŕňajú napríklad Fentonovu reakciu používanú na degradáciu ťažko rozložiteľných látok. My sme študovali použitie persíranu. Persíran po aktivácii produkuje vysoko reaktívne častice, radikály, ktoré degradujú ťažko rozložiteľné látky. Skúmali sme aktiváciu persíranu pomocou slnečného žiarenia, tepla a aktiváciu pomocou kovových iónov. Sledovali sme degradáciu farbiva, ako aj odfarbenie roztoku.

## ÚVOD

Reactive Orange 12 je bežné priemyselné farbivo, ktoré vyrábajú rôzne firmy a ktoré je vhodné na rôzne druhy použitia, ako napríklad farbenie vlákien – prírodných aj syntetických – v textilnom priemysle. Zo štruktúrneho vzorca môžeme usúdiť, že toto farbivo má ľahko oxidovateľnú azoskupinu, ale zároveň aj ťažko degradovateľné zoskupenie ako naftalénový a triazínový kruh. Z tohto dôvodu môžeme predpokladať, že produkcia síranového radikálového aniónu z aktivovaného persíranu bude prednostne atakovať azoskupinu a dôjde k odfarbeniu a rozkladu danej molekuly. V závislosti od reakčného času a použitých podmienok reakcie je možné predpokladať aj čiastočný rozklad triazínového kruhu. Nevieme však s určitosťou povedať, na aké intermediáty sa táto molekula farbiva rozloží. Pokročilé oxidačné procesy (Advanced Oxidation Processes, AOPs) sú procesy, pri ktorých dochádza k tvorbe vysoko reaktívnych častíc – radikálov. Najčastejším prípadom je generovanie hydroxylového radikálu  $\text{HO}^\bullet$ , ktorý veľmi účinne degraduje ťažko rozložiteľné molekuly a látky.

AOPs sú veľmi účinné procesy na čistenie odpadových vôd kontaminovaných organickými polutantmi, pretože sú schopné degradovať ťažko rozložiteľné látky až na oxid uhličitý a vodu, teda rozkladať komplexné organické zlúčeniny až na neškodné fragmenty alebo na fragmenty, ktoré sú ďalej biologicky už rozložiteľné. [1]

Fenton-Like reakcie sa od klasickej Fentonovej reakcie líšia tým, že sa nahrádza jeden alebo aj oba hlavné reagenty. V prípade klasickej Fentonovej reakcie je to peroxid vodíka a  $\text{Fe}^{2+}$  ión, ako uvádza rovnica (1). Veľká väčšina Fenton-Like reakcií nahrádza práve  $\text{Fe}^{2+}$  ióny inými možnými kovovými iónmi, ktoré majú podobný efekt na tvorbu hydroxylových radikálov, rovnica (2). [2]



Nová AOPs metóda využíva aktiváciu persíranu na generovanie  $\text{SO}_4^{\bullet-}$  alebo  $\text{HO}^\bullet$  radikálov, a to v závislosti od použitého pH. Táto aktivácia sa prakticky prevádza najmä týmito postupmi: tepelná aktivácia, aktivácia pomocou prechodných

kovov, aktivácia UV svetlom alebo aj iné postupy, ktoré produkujú vysoko reaktívne sulfátové radikálové anióny, ktorých reaktivita je podobná reaktivite hydroxylových radikálov. Produkcia radikálov je účinná, a to najmä v závislosti od použitej východiskovej koncentrácie persíranu.

Najčastejšími aktivačnými procesmi produkujúcimi síranové radikály sú teplo, UV svetlo a ultrazvuk. Persíran podlieha ďalej oxidačno-redukčným reakciám (3, 4) spojeným s prenosom elektrónu na persíran, kedy sa spolu so síranom tvorí aj jeden síranový radikálový anión  $\text{SO}_4^{\bullet-}$ . [3]

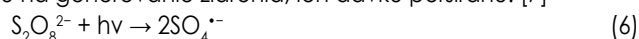


Účinnosť tohto systému ešte znásobuje fakt, že síranové radikály dokážu ďalej reagovať s vodou za produkcie hydroxylového radikálu. Tieto radikály sú dominantné v zásaditom prostredí. Síranové radikály prevažujú v kyslej oblasti hodnôt pH. V neutrálnej oblasti pri  $\text{pH} = 7$  majú tieto radikály rovnaké zastúpenie.

Pri tepelnej aktivácii dochádza k absorpcii tepla ako energie a rozštiepeniu peroxidovej väzby za tvorby dvoch síranových aniónových radikálov. [3] Množstvo potrebnej energie sa líši v závislosti od acidobázických podmienok. Energia potrebná na aktiváciu v kyslých podmienkach je 100 – 116 kJ/mol, pre neutrálne pH 119 – 129 kJ/mol a pre zásadité pH 134 – 139 kJ/mol. [4] Reakcia prebieha nasledovne:



Jedným zo študovaných postupov je aj aktivácia persíranu pomocou UV žiarenia. Tento postup vyžaduje vlnovú dĺžku 254 nm na to, aby sa mohla rozštiepiť väzba O-O a mohol vzniknúť síranový radikál. [5, 6] Aj keď vzhľadom na termálnu aktiváciu je aktivácia UV svetlom rentabilná, nie je UV svetlo schopné preniknúť do hlbších hladín vôd. V kombinácii s prídavkom železa sa síce dosiahla vyššia účinnosť a bol potrebný menší prídavok persíranu, ale reakcia potrebovala dlhší čas na degradáciu. Alternatívou je použitie bežného slnečného žiarenia na aktiváciu persíranu. To však vyžaduje oveľa dlhší čas, ale je to lacnejšia metóda, lebo nepotrebuje energiu na generovanie žiarenia, len dávku persíranu. [7]





## MATERIÁL A METÓDY

Jednotlivé experimenty prebiehali pri laboratórnych podmienkach v 250 ml a 500 ml Erlenmayerových bankách položených na magnetickom miešadle Heidolph MR Hei Standard s teflónom potiahnutými miešadielkami. Na meranie absorbancií na stanovenie farebnosti a hodnôt  $\text{CHSK}_{\text{Cr}}$  sme použili spektrofotometer HACH DR 5000. Na meranie hodnoty pH roztokov pri neutralizácii sme použili bežne dostupné pH papieriky.

Pri jednotlivých experimentoch boli stanovované parametre z celej vzorky. Vzorka bola po reakcii neutralizovaná perličkovým hydroxidom sodným, poprípade malým množstvom hydroxidu sodného – 5% roztok. Po neutralizácii bola vzorka zbavená zrazeniny železa pomocou filtrácie (experimenty s aktiváciou  $\text{Fe}^{n+}$  iónmi). Následne bola vo filtráte spektrofotometricky stanovená účinnosť odfarbenia a hodnota  $\text{CHSK}_{\text{Cr}}$ . Na stanovenie hodnoty  $\text{CHSK}_{\text{Cr}}$  sme odobrali 2,5 ml vzorky, ktorá sa upravila rovnakým spôsobom. [8]

Pri experimente 69 sme do 100 ml roztoku farbiva s koncentráciou 500  $\text{mg.l}^{-1}$  pridali 8 kvapiek 5% roztoku kyseliny sírovej. Následne za stáleho miešania na magnetickom miešadle bolo pridané 0,04 g práškoveho železa  $\text{Fe}^0$  a 0,270 g persíranu draselného. Po 2 h miešania sa znova pridalo 0,04 g práškoveho železa a 0,270 g persíranu. Experimenty prebiehali v časovom intervale 4 hodiny, po ktorom boli tieto experimenty ukončené.

Pri experimentoch 63 a 64 sme do dvoch 100 ml roztokov s koncentráciou 500  $\text{mg.l}^{-1}$  pridali 0,270 g a 0,540 g persíranu draselného a roztok sme zahrievali na 70 °C počas 4 h. Persíran bol pridaný po čiastočnom zahriatí roztoku.

Pri experimentoch 102 a 103 sme do 100 ml roztoku farbiva s koncentráciou 500  $\text{mg.l}^{-1}$  pridali 0,270 g a 0,540 g persíranu draselného. Roztok bol vystavený priamemu slnečnému žiareniu, ktoré zodpovedá približne 12 h aktívnej fotochémií.

Pri experimentoch 120 a 121 sme do dvoch 100 ml roztokov s koncentráciou 500  $\text{mg.l}^{-1}$  pridali 0,270 g a 0,540 g persíranu draselného a roztok sme zahrievali na 60 °C počas 4 h. Persíran bol pridaný po čiastočnom zahriatí roztoku.

## VÝSLEDKY A DISKUSIA

Hlavným cieľom tejto práce bolo preskúmať rôzne metódy využívajúce aktivovaný persíran na degradáciu ťažko rozložiteľných farbív. Skúmali sme spôsoby aktivácie persíranu pomocou  $\text{Fe}^{2+}$  iónov, aktiváciu využívajúcu teplo a aktiváciu pomocou slnečného žiarenia. Aktiváciou persíranu sa produkujú síranové radikálové anióny, ktoré sa ďalej zúčastňujú na degradačných reakciách látky. Táto aktivácia prebieha nasledovným mechanizmom.



Ako z tabuľky a grafu vyplýva, tento systém je dostatočne účinný. Pokusmi sme chceli zistiť najmä účinnosť odfarbenia roztoku farbiva. Zo získaných výsledkov vyplýva, že AOP systém využívajúci aktivovaný persíran je veľmi účinný práve pri odfarbovaní, nakoľko vo väčšine prípadov sa dosiahlo prakticky 100% odfarbenie. Pokiaľ ide o účinnosť odstránenia CHSK, bola jej miera odstránenia v mnohých prípadoch

dostatočná. V niektorých prípadoch sme namerali zápornú hodnotu CHSK, čo súvisí so skutočnosťou, že po reakcii vznikali fragmenty farbiva, ktoré sú v CHSK lepšie oxidovateľné ako východiskové farbivo.

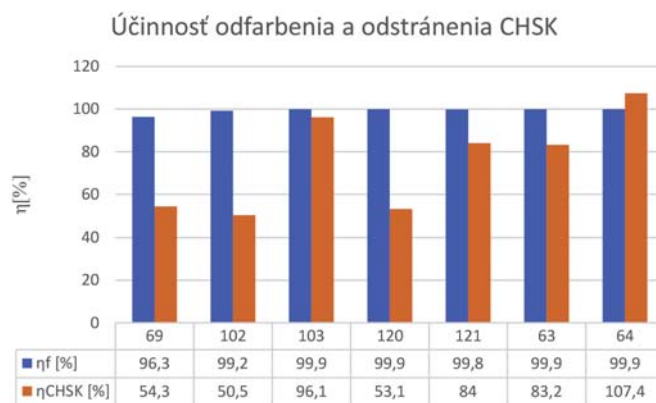
Tab. 1 Konečné hodnoty koncentrácie farbiva, hodnoty  $\text{CHSK}_{\text{Cr}}$ , účinnosť odfarbenia a odstránenia  $\text{CHSK}_{\text{Cr}}$

| Typ   | Experiment | $\rho_k$ [ $\text{mg.l}^{-1}$ ] | $\eta_f$ [%] | CHSK [ $\text{mg.l}^{-1}$ ] | $\eta_{\text{CHSK}}$ [%] |
|-------|------------|---------------------------------|--------------|-----------------------------|--------------------------|
| Fe    | 69         | 18,3                            | 96,3         | +51,8                       | 54,3                     |
|       | 102        | 4,0                             | 99,2         | +56,1                       | 50,5                     |
|       | 103        | 0,56                            | 99,9         | +4,4                        | 96,1                     |
| 60 °C | 120        | 5,38                            | 99,9         | +53,2                       | 53,1                     |
|       | 121        | 1,02                            | 99,8         | +18,2                       | 84,0                     |
| 70 °C | 63         | 0,59                            | 99,9         | +19,0                       | 83,2                     |
|       | 64         | 0,46                            | 99,9         | -8,4                        | 107,4                    |

Pri použití práškoveho železa na aktiváciu persíranu sme dosiahli vo všetkých typoch experimentov takmer úplné odfarbenie. Tento fakt je spojený s postupným uvoľňovaním  $\text{Fe}^{2+}$  kationov počas reakcie, čo, ako výsledky ukazujú, zvyšuje účinnosť odfarbenia. Ilustrovaný je jeden z týchto experimentov.

Teplná aktivácia persíranu pri rôznych navážkach sa ukázala aj v prípade tohto farbiva ako veľmi účinná metóda. Dosahované odfarbenie predstavovalo viac ako 95% účinnosti vo všetkých experimentoch a účinnosť odstránenia CHSK stúpala aj v tomto prípade pri použití väčšej navážky persíranu. Tieto experimenty prebiehali pri teplote 70 °C, čo je v porovnaní s teplotou 60 °C značný nárast účinnosti, spôsobený vznikom väčšieho počtu v CHSK dobre oxidovateľných fragmentov pôvodného farbiva. Z týchto výsledkov ďalej vyplýva, že vyššia experimentálna teplota vedie k lepším výsledkom. Aj v prípade nižšej teploty účinnosť odstránenia CHSK stúpala, ako to prezentuje graf č. 1, čo má zasa význam z praktického a ekonomického hľadiska.

Ako môžeme vidieť, platí fakt, že vyšší prídavok persíranu významne ovplyvňuje účinnosť odstránenia CHSK. V tomto prípade došlo k nárastu z 50,5% na 96,1% pri použití dvojnásobnej dávky persíranu.



Graf č. 1 Účinnosť odfarbenia a odstránenia CHSK v roztoku Reactive Orange 12 pomocou rôznych postupov pre koncentráciu roztoku farbiva 500  $\text{mg.l}^{-1}$

## ZÁVER

V tejto práci sme sa zamerali na degradáciu azofarbiva Reactive Orange 12. Toto farbivo sme sa snažili degradovať pomocou rôznych pokročilých oxidačných postupov, kde sme sledovali ako odfarbenie tohto roztoku, tak aj odstránenie CHSK v danom roztoku. Skúmali sme postupy využívajúce aktivovaný persíran, ktorý produkoval vysoko reaktívne častice, síranové radikálové anióny  $\text{SO}_4^{\cdot-}$ . Ako výsledky

ukázali, tepelne aj svetelne aktivovaný persíran bol dostatočne schopný odstrániť zafarbenie aj CHSK. V prípade vyššej dávky persíranu sa účinnosti zvyšovali.

## POĎAKOVANIE

Tento článok vznikol vďaka finančnej podpore Agentúry na podporu vedy a výskumu z čísla projektu APVV150379.

### Literatúra:

- [1] PROUSEK, J. 1996: Advanced oxidation processes for water treatment. Chemical processes. In: *Chemické listy*, 90, 1996, s. 229 – 237.
- [2] BOKARE, A. D., CHOI, W. 2014: Review of iron-free Fenton-like systems for activating  $\text{H}_2\text{O}_2$  in advanced oxidation processes. In: *Journal of Hazardous Materials*, 275, 2014, s. 121 – 135.
- [3] KOLTHOFF, I. M., MILLER, I. K. 1951: The chemistry of persulfate. 1. The kinetics and mechanism of the decomposition of the persulfate ion in aqueous medium. In: *Journal of the American Chemical Society*, 73, 1951, s. 3055 – 3059.
- [4] TEEL, A. L., AHMAD, M., WATTS, R. J. 2011: Persulfate activation by naturally occurring trace minerals. In: *Journal of Hazardous Materials*, 196, 2011, s. 153 – 159.
- [5] TEEL, A. L., CUTLER, L. M., WATTS, R. J.: Effects of sorption on contaminant oxidation in advanced persulfate systems. In: *Journal of Environmental Science and Health*, A 44, 2009, s. 1098 – 1103.
- [6] DOGLIOTTI, L., HAYON, E. 1967: Flash photolysis of persulfate ions in aqueous solutions. Study of sulfate and ozonide radical anions. In: *The Journal of Physical Chemistry-US*, 71, 1967, s. 2511 – &.
- [7] HEIDT, L. J. 1942: The photolysis of persulfate. In: *The Journal of Chemical Physics*, 10, 1942, s. 297 – 302.
- [8] OH, S. Y., KANG, S. G., CHIU, P. C. 2010: Degradation of 2,4-dinitrotoluene by persulfate activated with zero-valent iron. In: *Science of the Total Environment*, 408, 2010, s. 3464 – 3468.

# MANAŽMENT POVODÍ A EXTRÉMNE HYDROLOGICKÉ JAVY 2019

VYHNE, Hotel Sitno  
8. – 9. októbra 2019

## Tematické okruhy konferencie

### Integrovaný manažment povodí a programy opatrení

aktualizované plány a environmentálne ciele manažmentu povodí, plány manažmentu povodňového rizika, technické a zelené opatrenia, manažment sucha

### Hydrologické extrémny: modelovanie a predpovedanie

extrémne hydroklimatické javy, sucho a lokálne povodne

### Technické opatrenia a zelená infraštruktúra

vplyvy, význam a účinnosť opatrení v manažmente rizík spojených s hydrologickými extrémami (povodne a sucho)

Kontakt: Tomáš Hajdin, Tel: +421 2 59 343 358, e-mail: tomas.hajdin@vuvh.sk

# Prienik liečiv a ich metabolitov do povrchových vôd Slovenska

**Ing. Ivana Horáková**

Slovenská technická univerzita Bratislava

## ÚVOD

Problematika mikropolutantov je už dlhšie známa a zaoberá sa ňou množstvo výskumov. V súčasnosti pozorujeme rastúci trend v užívaní liekov, hormonálnej antikoncepcie a ilegálnych drog. Stúpa aj spotreba produktov každodenného použitia, kam patrí kozmetika, ale aj mydlá, pracie prášky a rôzne iné drogistické výrobky. Všetky tieto látky sa dostávajú do odpadových vôd a ich osud v životnom prostredí je často otázný.

## CESTY LIEČIV DO POVRCHOVÝCH VÔD

Liečivá sa do odpadových vôd môžu dostať pri ich výrobe, spracovaní a podobne. Najviac ich však pochádza z ľudského metabolizmu. Je známy fakt, že v ľudskom orga-

používané liečivá a miera ich exkrécie z organizmu je v tabuľke 1.

Navyše, časť liečiv, ktorá sa v organizme metabolizovala, taktiež predstavuje riziko pre životné prostredie. V súčasnosti je problém aj nedostatok informácií o samotných metabolitoch, o ich toxicite, mobilite v životnom prostredí a pod. [1].

## BIODEGRADÁCIA LIEČIV V KONVENČNÝCH ČOV

Konvenčné čistiare odpadových vôd (ČOV) sú dimenzované predovšetkým na odstraňovanie tuhých častíc, organického znečistenia, prípadne makronutrientov. Pri tomto type znečistenia sa dosahujú zväčša veľmi dobré výsledky. Avšak konvenčné čistiare nie sú nastavené na odstraňovanie mikropolutantov, ako sú lieky a hormóny. Ide o znečistenie prítomné v menších koncentráciách a miera odstránenia týchto látok

Tab. 1 Miera exkrécie najbežnejších liečiv z organizmu

| Exkrécia liečiva            | Liečivo                                          |
|-----------------------------|--------------------------------------------------|
| malá ( $\leq 5\%$ )         | aspirín, karbamazepín, ibuprofén, gemfibrozil    |
| stredná (6 – 39%)           | diklofenak, primidón, metoprolol, sulfametoxazol |
| relatívne vysoká (40 – 60%) | bezafibrát, trimetoprim, norfloxacín             |
| vysoká ( $\geq 70\%$ )      | amoxicilín, tetracyklín, ciprofloxacín,          |

Prameň: [1]

Tab. 2 Koncentrácie a miera odstránenia vybraných mikropolutantov v konvenčných ČOV

| Vybraná zlúčenina | Krajina                                                     | Prítok [ $\mu\text{g.l}^{-1}$ ] | Odtok [ $\mu\text{g.l}^{-1}$ ] | Odstránené [%] |
|-------------------|-------------------------------------------------------------|---------------------------------|--------------------------------|----------------|
| Acetaminofen      | Kórea, Španielsko, SB                                       | 1,57 – 56,9                     | 0 – 0,03                       | 99 – 100       |
| Diklofenak        | EU, Grécko, Kórea, Švédsko, Švajčiarsko, UK, USA, SB        | <0,001 – 94,2                   | <0,001 – 0,69                  | <0 – 81        |
| Ibuprofen         | Čína, EU, Grécko, Kórea, Švédsko, UK,                       | <0,004 – 603                    | 0 – 59                         | 72 – 100       |
| Ketoprofen        | Čína, EU, Kórea, Španielsko, UK, SB                         | <0,004 – 8,56                   | <0,003 – 3,92                  | 11 – 100       |
| K. mefenamová     | EU, Kórea, Španielsko, UK                                   | <0,017 – 1,27                   | <0,005 – 0,39                  | <0 – 70        |
| Naproxén          | Grécko, Kórea, Španielsko, Švédsko, UK, SB                  | <0,002 – 52,9                   | <0,002 – 5,09                  | 43 – 99        |
| K. salicylová     | Grécko, Španielsko, UK                                      | 0,58 – 63,7                     | 0 – 0,5                        | 90 – 100       |
| Karbamazepín      | Čína, EU, Grécko, Kórea, Španielsko, UK, SB                 | <0,04 – 3,78                    | <0,005 – 4,6                   | <0 – 62        |
| Benzafibrát       | EU, Španielsko, Kórea, UK, SB                               | 0,05 – 1,39                     | 0,03 – 0,67                    | 9 – 70         |
| K. klofibrová     | Čína, EU, Grécko, Kórea, Španielsko, Švédsko, UK, SB        | 0 – 0,74                        | 0 – 0,33                       | <0 – 94        |
| Gemfibrozil       | EU, Grécko, Kórea, Španielsko, SB                           | 0,1 – 17,1                      | <0,0025 – 5,24                 | <0 – 92        |
| Erytromycín       | Čína, Španielsko, UK, SB                                    | 0,14 – 10                       | 0,02 – 2,84                    | <0 – 83        |
| Sulfametoxazol    | Francúzsko, Švédsko, Kórea, Španielsko, SB, Švajčiarsko, UK | <0,003 – 0,98                   | <0,003 – 1,15                  | 4 – 89         |
| Trimetoprim       | Čína, EU, Kórea, Španielsko, UK                             | 0,06 – 6,89                     | <0,01 – 3,05                   | <0 – 82        |
| Atenolol          | Kórea, Španielsko, SB, Švajčiarsko, UK                      | 0,1 – 33,1                      | 0,13 – 7,6                     | <0 – 85        |
| Metoprolol        | Čína, Kórea, Švajčiarsko, Španielsko, UK                    | 0,002 – 1,52                    | 0,003 – 0,25                   | 3 – 56         |

Pozn.: SB – severný Balkán (Bosna a Hercegovina, Chorvátsko, Srbsko)

Prameň: [3]

nizme sa spracuje len určitá časť liečiva, zatiaľ čo zvyšok odchádza z tela močom bez zmeny. Miera exkrécie liečiva je rôzna v závislosti od konkrétneho typu liečiva. Najbežnejšie

sa v čistiarnach dá len ťažko sledovať. V posledných rokoch sa však mikropolutantmi zaoberá množstvo výskumov a naberajú sa bohaté dáta v mnohých krajinách sveta (tabuľky 2 a 3).



Z týchto dát vyplýva, že miera odstránenia jednotlivých mikropolutantov je veľmi rozdielna. Dokonca liečivá jednej skupiny a podobnej štruktúry boli odstránené s veľmi rozdielnymi účinnosťami. Účinnosti odstránenia liečiv sa líšili aj v závislosti od miesta, napríklad diklofenak bol do veľkej miery degradovaný v ČOV v Kórei – až 81,4%, zatiaľ čo v Španielsku bola účinnosť len okolo 5% [2]. Vo všeobecnosti by sa dalo povedať, že miera odstránenia závisí od vlastností molekuly mikropolutantu a od podmienok čistenia odpadovej vody.

V tabuľke 2 sú zhrnuté údaje z viacerých štúdií, ktoré porovnávali koncentrácie mikropolutantov na prítokoch a na odtokoch čistiarní v rôznych krajinách.

Mnohé štúdie sa zaoberali aj podmienkami, ktoré ovplyvňujú účinnosť odstránenia mikropolutantov. Sledoval sa predovšetkým vek kalu, hydraulická zdržná doba a redoxný potenciál.

**Vek kalu** sa ukázal ako dôležitý faktor pri eliminácii mikropolutantov. S rastúcim vekom kalu sa v aktivovanom kale zvyšuje zastúpenie nitrifikačných baktérií – keďže ide o pomaly rastúce baktérie. Tieto baktérie majú pozitívny vplyv na odstraňovanie množstva mikropolutantov. Zdá sa, že je to zapríčinené ko-metabolizmom mikropolutantov pomocou enzýmu amónium monooxygenáza. Nitrifikačná biomasa mala pozitívny vplyv na odstraňovanie napríklad ibuprofenu, naproxenu, trimetoprimu, erytromycínu, tonalidu, citalopramu a pod. [4]. Zvýšenie veku kalu nad 10 dní sa ukázalo priaznivé aj pri odstránení prirodzených estrogénov a bisfenolu A. Pri veku kalu 18 dní sa dosiahli lepšie výsledky aj pre  $\beta$ -blokátory a psychoaktívne látky (v porovnaní s vekom kalu 0,5 dňa).

Zvýšenie **hydraulickej zdržnej doby** malo takisto priaznivý vplyv na odstraňovanie niektorých mikropolutantov, napr. fluoxetín a niektoré antibiotiká. Zvýšenie hydraulickej zdržnej doby má predovšetkým za následok predĺženie času na sorpciu a biodegradáciu polutantov. Niektoré látky sa však v systéme akumulovali a narástla ich koncentrácia v prebytočnom kale, čo nie je vhodné, najmä ak sa prebytočný kal ďalej používa v poľnohospodárstve.

**Oxidačno-redukčné podmienky** majú významný vplyv na zastúpenie mikropolutantov vo vyčistenej vode aj v prebytočnom kale. Anaeróbne podmienky väčšinou znižujú účinnosť odstránenia niektorých mikropolutantov. Neplatí to však v prípade niektorých liečiv ako naproxen, roxitromycín a erytromycín, ktoré sú za aeróbných podmienok takmer nedegradovateľné, za anoxických podmienok majú len malú účinnosť, zatiaľ čo za anaeróbných podmienok sa dosahujú najvyššie účinnosti [4]. Anoxické podmienky sa ukázali najvhodnejšie na odstraňovanie RTG-kontrastných látok na báze jódu. Niektoré perzistentné polutanty ako diklofenak, sulfametoxazol, trimetoprim a karbamazepín vykazovali nízku mieru degradácie v oxických aj v anoxických podmienkach < 25% [4].

## MATERIÁLY A METÓDY

Vzorky odobrané z povrchových tokov sa analyzovali za pomoci systému LC MS/MS. Použitý postup popisuje podrobne štúdia Fedorová a kolektív [5]. Analýzy sa realizovali na Jihočeskej univerzite v Českých Budějovičoch, fakulta rybárství a ochrany vod, v laboratóriu doc. Mgr. Romana Grabcica, Ph.D.

## CIELE ŠTÚDIE

Viacero štúdií preukázalo, že v odtokoch z čistiarní sa nachádza množstvo liečiv, metabolitov alebo iných mikropolutantov. Odtoky z čistiarní pokračujú do recipienta bez ďalšej úpravy, čiže sa dá očakávať výskyt týchto látok v povrchových vodách. Na Slovensku však nebola zatiaľ vykonaná komplexná štúdia, ktorá by zhodnocovala súčasný stav znečistenia povrchových tokov mikropolutantmi. V tejto štúdii sme venovali pozornosť trom slovenským riekam – Morava, Váh a Dunaj. V rôznych miestach týchto tokov sme sledovali prítomnosť viacerých mikropolutantov, predovšetkým liečiv.

## VÝSLEDKY A DISKUSIA

Na monitoring sme zvolili tri slovenské rieky – Dunaj, Váh a Morava. Vzorky rieky **Morava** pochádzali z blízkosti Kútov a z Devína pred sútokom s Dunajom. Vzorky boli získané v spolupráci so Slovenským vodohospodárskym podnikom, OZ Piešťany.

Tab. 3 Vybrané mikropolutanty stanovené v rieke Morava v ng.l<sup>-1</sup>

|                             | Morava – Kúty | Morava – Devín<br>(pred ústím<br>do Dunaja) |
|-----------------------------|---------------|---------------------------------------------|
| Kofeín                      | 490           | 77                                          |
| Karbamazepín                | 74            | 83                                          |
| Cetirizín                   | 34            | 29                                          |
| Citalopram                  | 1,7           | < 0,96                                      |
| Klariromycín                | 4,9           | 6,1                                         |
| Klindamycín                 | 25            | 3,9                                         |
| Klindamycín sulfoxid        | 110           | 4                                           |
| Diklofenak                  | 2,1           | 4,2                                         |
| Epoxy CBZ                   | 12            | 12                                          |
| Fexofenadín                 | 12            | 9,1                                         |
| Irbesartan                  | 13            | 11                                          |
| Memantín                    | 1,8           | 1,7                                         |
| Metoprolol                  | 11            | 7,2                                         |
| Kyselina metoprololová      | 170           | 120                                         |
| N-Desmetylcitalopram        | 0,94          | <1,1                                        |
| O-Desmetylvenlafaxín        | 12            | 14                                          |
| Oxazepam                    | 3,8           | 4,6                                         |
| Sotalol                     | 5,2           | 5,5                                         |
| Sulfametoxazol              | 22            | 21                                          |
| Sulfapyridín                | 5,1           | 3,9                                         |
| Telmisartan                 | 300           | 320                                         |
| Tramadol                    | 59            | 60                                          |
| trans-Dihydro-Dihydroxy CBZ | 100           | 120                                         |
| Trimetoprim                 | 1,9           | 1,6                                         |
| Valsartan                   | 7             | 14                                          |
| Venlafaxín                  | 6,7           | 6,2                                         |

Vzorky rieky **Váh** pochádzali z jedného z prameňov Váhu – Biely Váh pri obci Važec, z toku rieky pri Novej Dubnici, z Komárna pred a za mestskou ČOV. Vo vzorke z Bieleho Váhu bolo nad limitom kvantifikácie stanovené iba antibiotikum Trimetoprim (tabuľka 6), preto sa už v ďalších tabuľkách táto vzorka neuvádza.

Tab. 4.1. Vybrané antibiotiká a ich metabolity stanovené v rieke Váh v ng.l<sup>-1</sup>

|                         | Biely Váh – Važec | Váh – Dubnica nad Váhom | Váh – Komárno (pred ČOV) | Váh – Komárno (za ČOV) |
|-------------------------|-------------------|-------------------------|--------------------------|------------------------|
| Klindamycín             | < 0,96            | 1,8                     | 2,9                      | 2                      |
| Klindamycín sulfoxid    | < 0,87            | 2,2                     | 3,2                      | 2,4                    |
| N4-Acetylsulfametaxazol | < 1,2             | 3,3                     | 1,4                      | 2,1                    |
| Sulfametroxazol         | < 1,2             | 3,5                     | 3,4                      | 2                      |
| Trimetoprim             | 0,3               | 1,2                     | 0,64                     | 0,65                   |

Tab. 4.2. Kardiovaskulárne liečivá v rieke Váh v ng.l<sup>-1</sup>

|                  | Váh – Dubnica nad Váhom | Váh – Komárno (pred ČOV) | Váh – Komárno (za ČOV) |
|------------------|-------------------------|--------------------------|------------------------|
| Bisoprolol       | 1,1                     | 1                        | <0,89                  |
| Cilazapril       | <0,86                   | <0,69                    | 3,4                    |
| Irbesartan       | 9,3                     | 8,5                      | 2,7                    |
| Metoprolol       | 3                       | 3,9                      | 2,5                    |
| K. Metoprololová | 23                      | 41                       | 30                     |
| Telmisartan      | 39                      | 52                       | 66                     |
| Valsartan        | 13                      | 14                       | 7,1                    |

Tab. 4.3. Psychoaktívne látky a ich metabolity v rieke Váh v ng.l<sup>-1</sup>

|                     | Váh – Dubnica nad Váhom | Váh – Komárno (pred ČOV) | Váh – Komárno (za ČOV) |
|---------------------|-------------------------|--------------------------|------------------------|
| Katinón             | < 5,5                   | < 2,7                    | 6,1                    |
| Karbamazepín        | 20                      | 27                       | 230                    |
| Citalopram          | < 0,89                  | 0,84                     | < 0,97                 |
| Memantín            | < 0,76                  | 0,64                     | < 0,71                 |
| Metamfetamín        | < 1,1                   | 0,69                     | < 0,87                 |
| O-Desmetylenlafaxín | 9,1                     | 9,1                      | 4,6                    |
| Oxazepam            | 1,4                     | 2,1                      | 1,1                    |
| Tramadol            | 12                      | 45                       | 28                     |
| Venlafaxín          | 3,5                     | 4                        | 1,9                    |

Okrem uvedených liečiv boli vo vzorkách z rieky Váh stanovené ešte antihistaminiká, nesteroidné antiflogistikum diklofenak, taktiež antidiabetikum glibenklamid a metabolity niektorých látok. Vo vysokej koncentrácii sa vyskytoval aj kofeín.

Tab. 4.4. Ostatné mikropolutanty v rieke Váh v ng.l<sup>-1</sup>

|               | Váh – Dubnica nad Váhom | Váh – Komárno (pred ČOV) | Váh – Komárno (za ČOV) |
|---------------|-------------------------|--------------------------|------------------------|
| Kofeín        | 130                     | 63                       | 70                     |
| Cetirizín     | 5,7                     | 9,6                      | 6,1                    |
| Diklofenak    | 6,7                     | 7,5                      | 25                     |
| Dihydroxy CBZ | < 0,82                  | < 0,64                   | 1,3                    |
| Epoxy CBZ     | 3,5                     | 2,5                      | 2,5                    |
| Fexofenadín   | 9,9                     | 17                       | 16                     |
| Glibenklamid  | 3,7                     | < 0,48                   | < 0,66                 |
| Sulfapyridín  | < 1,8                   | 2,5                      | < 1,4                  |

Vzorky rieky **Dunaj** pochádzali z Devína za prítokom rieky Morava a z Komárna pred a za ústím rieky Váh.

Tab. 5.1. Antibiotiká stanovené v rieke Dunaj v ng.l<sup>-1</sup>

|                         | Dunaj – Devín za ústím Moravy | Dunaj – Komárno pred ústím Váhu | Dunaj – Komárno za ústím Váhu |
|-------------------------|-------------------------------|---------------------------------|-------------------------------|
| Klaritromycín           | < 3,6                         | < 3,6                           | 3,8                           |
| Klindamycín             | 1,3                           | 2,3                             | 2,3                           |
| Klindamycín sulfoxid    | 1,5                           | 3,9                             | 2,4                           |
| N4-Acetylsulfametaxazol | < 1,2                         | 2,1                             | 2,1                           |
| Sulfamerazín            | 65                            | < 1,7                           | 1,4                           |
| Sulfametroxazol         | 2,6                           | 6,1                             | 3,3                           |
| Trimetoprim             | 0,62                          | 1,9                             | 0,98                          |

Tab. 5.2. Vybrané kardiovaskulárne liečivá stanovené v rieke Dunaj v ng.l<sup>-1</sup>

|                  | Dunaj – Devín za ústím Moravy | Dunaj – Komárno pred ústím Váhu | Dunaj – Komárno za ústím Váhu |
|------------------|-------------------------------|---------------------------------|-------------------------------|
| Atenolol         | < 0,95                        | 1,3                             | < 0,9                         |
| Bisoprolol       | < 0,87                        | 1,5                             | 0,9                           |
| Irbesartan       | 2,6                           | 2,7                             | 6                             |
| Metoprolol       | 3,8                           | 7,6                             | 3,8                           |
| K. Metoprololová | 24                            | 68                              | 46                            |
| Sotalol          | 8                             | < 3,8                           | < 3,7                         |
| Telmisartan      | 48                            | 9,8                             | 38                            |
| Valsartan        | 6,8                           | 28                              | 14                            |

Tab. 5.3. Psychoaktívne látky stanovené v rieke Dunaj v ng.l<sup>-1</sup>

|                             | Devín za ústím Moravy | Komárno pred ústím Váhu | Komárno za ústím Váhu |
|-----------------------------|-----------------------|-------------------------|-----------------------|
| Karbamazepín                | 13                    | 38                      | 24                    |
| Citalopram                  | < 0,82                | < 0,84                  | 0,86                  |
| Epoxy CBZ                   | 1,2                   | 3,7                     | 2,5                   |
| Oxkarbazepín                | < 3,9                 | < 4                     | 4,4                   |
| trans-Dihydro-Dihydroxy CBZ | 11                    | 44                      | 34                    |
| Memantín                    | < 0,62                | < 0,63                  | 0,82                  |
| N-Desmetylcitalopram        | < 0,91                | 0,94                    | 0,97                  |
| Norsertralín                | < 0,52                | < 0,53                  | 2,5                   |
| O-Desmetylenlafaxín         | 7,1                   | 21                      | 9,9                   |
| Oxazepam                    | 1,6                   | 8                       | 2,9                   |
| Tramadol                    | 7,2                   | 16                      | 36                    |
| Venlafaxín                  | 2,6                   | 7,2                     | 4,1                   |

Tab. 5.4. Ostatné mikropolutanty v rieke Dunaj v ng.l<sup>-1</sup>

|              | Devín za ústím Moravy | Komárno pred ústím Váhu | Komárno za ústím Váhu |
|--------------|-----------------------|-------------------------|-----------------------|
| Atorvastatín | < 0,68                | < 0,69                  | 1,3                   |
| Kofeín       | < 59                  | 150                     | 71                    |
| Cetirizín    | 3,5                   | 7,1                     | 7,4                   |
| Diklofenak   | 5,8                   | 9,3                     | 4,3                   |
| Fexofenadín  | 4                     | 7,6                     | 11                    |
| Glibenklamid | 23                    | < 0,57                  | < 0,55                |
| Sulfapyridín | < 1,4                 | 2,5                     | 1,3                   |

Monitoring riek Morava, Váh a Dunaj ukázal, že v riekach sa vyskytujú rôzne mikropolutanty v koncentráciách ng.l<sup>-1</sup> (tabuľka 4). Vo vzorkách z rieky Morava sa v najväčších

koncentráciách vyskytoval kofeín a telmisartan (antagonista angiotenzínu II). Vo vysokých koncentráciách sa vyskytoval aj klindamycín sulfoxid (metabolit antibiotika), kyselina metoprololová (metabolit  $\beta$ -blokátorov) a trans-dihydro-dihydroxy karbamazepín (metabolit antiepileptika karbamazepín). Koncentrácia väčšiny mikropolutantov bola v blízkosti Kútov vyššia ako pri ústí rieky do Dunaja. Pokles koncentrácie možno pripísať samočistiacej schopnosti rieky a značnému nariadeniu. Koncentrácia niektorých mikropolutantov vzrástla. V niekoľkých prípadoch išlo o degradačné produkty, ktoré pribúdali degradáciou materskej zlúčeniny (O-desmetylenlafaxín, trans-dihydro-dihydroxy CBZ). Koncentrácia ostatných mikropolutantov mohla vzrásť v dôsledku ďalších zdrojov znečistenia, ale aj v dôsledku iných javov v rieke, ako je desorpcia z tuhých častíc a podobne. Takéto správanie je typické napríklad pre karbamazepín a pozorovali sme ho aj v našom prípade. Tieto závery sú však iba približné, nakoľko sa nesledovala koncentrácia vo viacerých miestach rieky Morava a medzi dvoma odbernými miestami sa nachádza aj niekoľko prítokov, čím mohlo dôjsť k rôznym zmenám v koncentráciách.

Podobné závery možno vyvodíť z monitoringu rieky Váh (tabuľky 4.1 až 4.4). Vo vzorkách bolo kvantifikovaných viac mikropolutantov, avšak v nižších koncentráciách ako v prípade rieky Morava. V najvyššej koncentrácii sa vyskytoval kofeín a karbamazepín. Odtok z ČOV v Komárne spôsobil podľa očakávaní nárast koncentrácie niektorých mikropolutantov.

Mierny nárast bol pri liečive telmisartan (21 %) a pri kofeíne (10 %). Vysoký nárast sa zaznamenal pri karbamazepíne (88 %) a diklofenaku (70 %) (tabuľky 4.2 a 4.4). Pri ostatných mikropolutantoch koncentrácie klesali za odtokom z ČOV. Tento jav sa dá opäť vysvetliť nariadením.

Vo vzorkách z rieky Dunaj bolo opäť kvantifikovaných viac mikropolutantov prevažne v nižších koncentráciách ako v riekach Váh a Morava (tabuľky 5.1 až 5.4). Koncentrácie mikropolutantov boli vo väčšine prípadov najvyššie pred ústím rieky Váh. Nárast koncentrácie za ústím Váhu bol v prípade antibiotika klaritromycín (tabuľka 5.1), antagonistov angiotenzínu II (telmisartan a irbesartan – tabuľka 5.2), psychoaktívnych látok (tramadol, citalopram, memafín – tabuľka 5.3) a v prípade hypolipidemika atorvastatínu a antihistaminika fexofenadínu (tabuľka 5.4).

## ZÁVER

Uvedené výsledky len potvrdzujú známy fakt, že mnohé mikropolutanty sa neodstránia ani v ČOV a dostávajú sa do riek v koncentráciách desiatok  $\text{ng}\cdot\text{l}^{-1}$ . Z výsledkov vidieť, že aj v slovenských riekach sa vyskytujú mikropolutanty v takýchto koncentračných rozsahoch. Ukazuje sa, že na Slovensku tak ako v iných krajinách je potrebné upriamiť pozornosť na tento typ znečistenia.

## Literatúra:

- [1] Kolpin, D. W., Furlong, E. T., Meyer, M. T. a i. 2002: Pharmaceuticals, hormones and other organic wastewater contaminants in US streams, 1999 – 2000: a national reconnaissance. In *Environmental Science Technology*. 2002, vol. 36, s. 1 202 – 1 211.
- [2] Rosal, R., Rodríguez, A., Perdigón-Melón, J. A. a i. 2010: Occurrence of emerging pollutants in urban wastewater and their removal through biological treatment followed by ozonization. In *Water Resources*. 2010, vol. 44, s. 578 – 588.
- [3] Yunlong, L., Wenshan, G., Huo Hao, N. a i. 2014: A review on the occurrence of micropolutants in the aquatic environment and their fate and removal during wastewater treatment. In *Science of the Total Environment*. 2014, vol. 473 – 474, s. 619 – 641.
- [4] Suárez, S., Lema, J. M., Omil, F. 2010: Removal of pharmaceuticals and personal care products (PPCPs) under nitrifying and denitrifying conditions. In *Water Research*. 2010, vol. 44, s. 3 214 – 3 234.
- [5] Fedorová, G. a i. 2013: Comparison of the quantitative performance of a Q-Exactive high resolution mass spectrometer with that of a triple quadrupole tandem mass spectrometer for the analysis of illicit drugs in wastewater. In *Rapid Commun Mass Spectrom*. 2013, vol. 27, s. 1 751 – 1 762.





# Koreňové čistiarnie – progresívny spôsob odstraňovania drog, liečiv a ich metabolitov z odpadových vôd

**Ing. Dušan Žabka**

Slovenskej technickej univerzity v Bratislave Fakulta chemickej a potravinárskej technológie

## Anotácia

Predkladaná práca je zameraná na problematiku znižovania koncentrácie mikropolutantov v odpadových vodách pomocou vodných rastlín. Jednou z možností odstraňovania mikropolutantov zo životného prostredia sú koreňové čistiarnie, pri ktorých sa využívajú mokradné rastliny ako napríklad trstá obyčajná (*Phragmites australis*). V koreňovej čistiarni dochádza k rôznym fyzikálnym, biologickým a chemickým procesom.

Bolo dokázané, že koreňové čistiarnie sú schopné odstraňovať mikropolutanty z odpadovej vody s vysokou účinnosťou. Znížila sa koncentrácia rôznych liečiv, drog, ale aj kofeínu. Tieto látky sa v nižších koncentráciách ďalej dostávajú do recipientu, avšak je potrebné podotknúť, že značné množstvá sa v recipiente nachádzali už pred výtokom z čistiarnie.

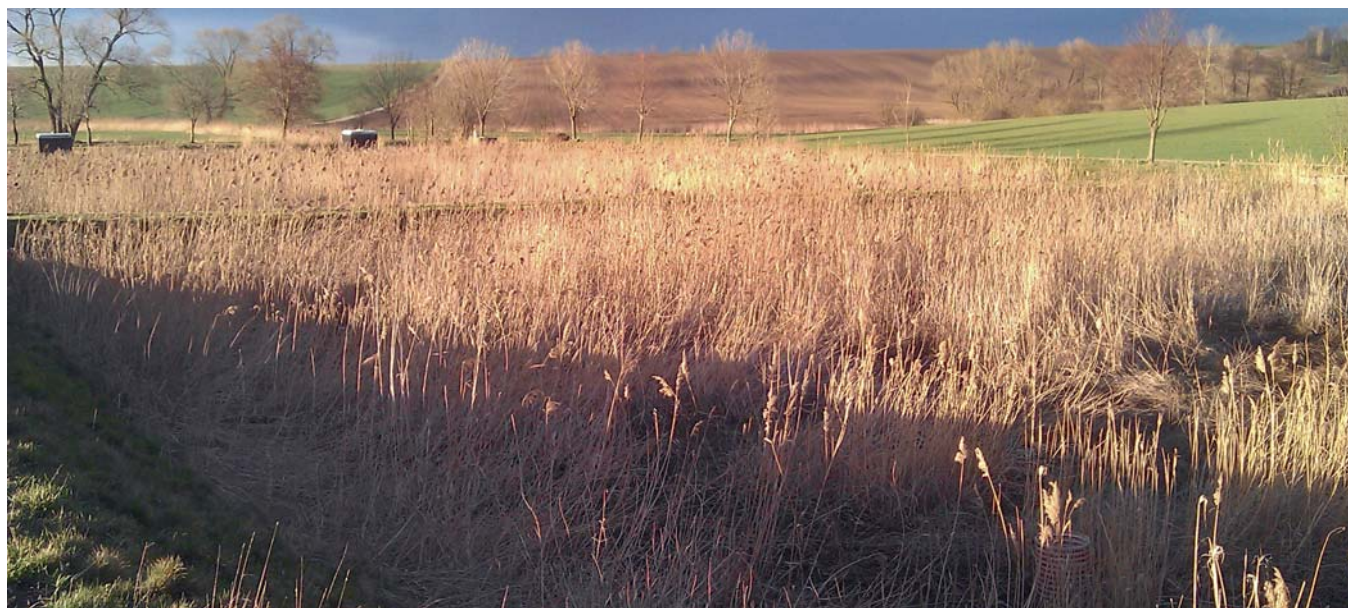
## ÚVOD

Aeróbne aj anaeróbne čistiarnie majú často problém znížiť koncentráciu mikropolutantov, ako sú napríklad drogy a liečivá v odpadových vodách. Môžu sa tvoriť rôzne degradačné produkty a metabolity, ktoré by mohli mať dokonca toxický účinok na vodný ekosystém. Na vyriešenie tohto problému bolo navrhnutých viacero metód. Biodegradácia pomocou vodných rastlín je jednou z nich.

**Mikropolutanty** sú perzistentné a biologicky aktívne kontaminanty, ktoré sa nedajú úplne zdegradovať a ťažko sa odstraňujú z odpadových vôd. Patria sem kovy, rádioaktívne látky, organické mikropolutanty, produkty z farmaceutického

priemyslu a endokrinné disruptory. Najviac drog a liečiv sa dostáva do vôd najmä z **nemocníc, zdravotníckych zariadení, farmaceutických firiem**, ale aj z domácností, kde ľudia denne užívajú lieky na predpis [1].

**Koreňová čistiareň** sa skladá z troch stupňov: mechanického, biologického a dočisťovacieho. Mechanický stupeň sa nelíši od mechanického stupňa klasickej aeróbnej či anaeróbnej čistiarnie. Biologický stupeň sa skladá buď z horizontálnej, alebo vertikálnej pretekanej polí (obr. 1). Toto pole sa môže nastaviť podľa potreby odstraňovania špecifického znečistenia. Zatiaľ čo horizontálne pretekané koreňové polia odstraňujú najmä organické znečistenie a nerozpustné látky, vertikálne pretekané koreňové polia odstraňujú dusík a ťažkou



Obr. 1 Koreňová čistiareň

Tab. 1 Porovnanie koncentrácie látok na prítoku a odtoku z KČOV

| Detegovaná látka   | Prítok do KČOV [ng/l] | Odtok z KČOV [ng/l] |
|--------------------|-----------------------|---------------------|
| Amfetamín          | 26                    | 15                  |
| Atenolol           | 70                    | 24                  |
| Atorvastatín       | 140                   | 16                  |
| Azitromycín        | 330                   | 2,9                 |
| Kofeín             | 25 000                | 4 500               |
| Klaritromycín      | 870                   | 810                 |
| Diklofenak         | 410                   | 220                 |
| Fexofenadín        | 500                   | 150                 |
| Irbesartán         | 450                   | 290                 |
| Metamfetamín       | 91                    | 88                  |
| Metoprolol         | 370                   | 320                 |
| Kys. metoprololová | 2 100                 | 1 400               |
| Rosuvastatín       | 790                   | 11                  |
| Telmisartán        | 3 600                 | 1 700               |
| Teofylín           | 2 200                 | 1 600               |
| Valsartán          | 1 700                 | 550                 |
| Karbamazepín       | 620                   | 360                 |

Tab. 2 Porovnanie koncentrácií látok pred a po zmiešaní vôd z recipientu

| Detegovaná látka   | Potok pred ČOV [ng/l] | Potok po ČOV [ng/l] |
|--------------------|-----------------------|---------------------|
| Amfetamín          | 2,2                   | 0,96                |
| Azitromycín        | 6,1                   | <1,9                |
| Kofeín             | 610                   | 1 100               |
| Klaritromycín      | 47                    | 120                 |
| Diklofenak         | 4,2                   | 15                  |
| Fexofenadín        | 21                    | 30                  |
| Irbesartán         | 36                    | 58                  |
| Metoprolol         | 38                    | 64                  |
| Kys. metoprololová | 56                    | 250                 |
| Morfín             | 2,4                   | 3,7                 |
| Rosuvastatín       | 2,7                   | 2,8                 |
| Telmisartán        | 950                   | 790                 |
| Teofylín           | 72                    | 270                 |
| Valsartán          | 18                    | 49                  |
| Karbamazepín       | 4,2                   | 36                  |

vhodného substrátu aj fosfor. Hlavnou funkciou rastlín v našom klimatickom pásme je v zimnom období zatepľovanie koreňových polí, ktoré poskytujú podklad na rast prítomných baktérií. Medzi najviac využívané rastliny patria *Phragmites australis*, *Phalaris arundinacea*, *Glyceria maxima* a *Iris pseudacorus* [2].

## MATERIÁLY A METÓDY

Sledovala sa koncentrácia mikropolutantov v odpadovej vode pred vstupom do KČOV, v odtoku z KČOV a v recipiente pred a za KČOV mimo vegetačného obdobia. Išlo o dvoj-hodinové zlievané vzorky odoberané od 15:00 do 17:00. Vzorky boli po odbere ihneď zmrazené a následne sa analyzovali

na kvapalinovom chromatografe s hmotnostným spektrometrom (LC-MS/MS Thermo). Podrobný postup je popísaný v štúdií Fedorová a kolektív [3].

## VÝSLEDKY A DISKUSIA

Detegované boli viaceré mikropolutanty. V odpadovej vode sa vyskytovali lieky na liečbu kardiovaskulárnych ochorení – atorvastatín, zníženie cholesterolu – rosuvastatín, antibiotiká – azitromycín a klaritromycín. Z analgetík bol prítomný diklofenak, ktorý sa používa aj ako liek proti bolesti. Našli sa aj lieky na zníženie krvného tlaku irbesartán, telmisartán a valsartán. V najvyššej koncentrácii bol prítomný kofeín, ktorý sa vyskytuje v rôznych nápojoch ako káva, kofola, energetické nápoje či čaje. V menšej miere sme zaznamenali aj výskyt drog a ich metabolitov. Na odtoku z čistiarene sme pozorovali znížené koncentrácie týchto mikropolutantov (tab. 1). Najvyššia účinnosť odstránenia sa dosiahla pri liečive rosuvastatín, **a to až 99%**. Z pôvodnej koncentrácie atorvastatínu sa odstránilo 89%. Pri látkach irbesartán, telmisartán a valsartán sa dosiahla účinnosť odstránenia 36%, 53% a 68%. Kofeín sa tiež odstránil z odpadovej vody s vysokou účinnosťou, **a to 82%**.

Takto vyčistená odpadová voda sa dostávala do recipientu. Koncentrácia niektorých látok sa zvýšila a niektorých naopak klesla. Zvýšenie koncentrácie sledujeme pri látkach kofeín, klaritromycín, fexofenadín, karbamazepín, teofylín či kyselina metoprololová. Treba však podotknúť, že tieto mikropolutanty sa v potoku nachádzali už predtým, ako sa do neho odvádzala vyčistená odpadová voda z KČOV. Naopak, zníženie koncentrácie sledujeme pri azitromycíne, telmisartáne a amfetamíne (tab. 2).

## ZÁVER

Táto práca bola zameraná na výskum schopnosti koreňových čistiarní odstraňovať znečistenie vo forme mikropolutantov, ktoré sa nachádzajú často vo vodách. Na prítoku boli detegované viaceré z týchto mikropolutantov, najmä liečivá. Sledujeme výrazné zníženie koncentrácie statínov, sartánov, ale aj ostatných látok ako napríklad kofeín. Pri niektorých látkach nedošlo k dostatočnému odstráneniu z odpadovej vody, to by sa však mohlo vyriešiť nasadením rôznych druhov rastlín. Vyčistená odpadová voda pritekajúca z čistiarene výrazne neovplyvnila koncentrácie v recipiente. V recipiente sa už tieto látky nachádzali a koncentrácie niektorých z nich sa dokonca aj znížili. Koreňové čistiarene sú teda vhodné na odstraňovanie viacerých mikropolutantov a mohli by sa zaradiť ako terciárny stupeň dočistenia po klasických čistiarnach. V malých mestách a obciach by ich mohli dokonca nahradiť.

**Podakovanie:** Za finančnú podporu pri realizácii projektu a možnosť dosahovať originálne výsledky ďakujem Agentúre pre podporu vedy a výskumu: APVV-17-119 APVV-17-183, APVV-16-124, APVV-16-0171 a grantu VEGA 1/0558/17.

### Literatúra:

- [1] <http://www.degremont.com/en/news/special-topics/what-are-micropollutants/>
- [2] VYMAZAL, J. – KROPFLOVÁ, L. 2008: Wastewater Treatment in Constructed Wetlands with Horizontal Sub-Surface Flow. In Springer. 2008, s. 576.

- [3] FEDOROVÁ, G. a i. 2013: Comparison of the quantitative performance of a Q-Exactive high resolution mass spectrometer with that of triple quadrupole tandem mass spectrometer for the analysis of illicit drugs in wastewater. In Rapid Communications in Mass Spectrometry. 2013, vol. 27, s. 1751 – 62.



## VÝSKUMNÝ ÚSTAV VODNÉHO HOSPODÁRSTVA BRATISLAVA

Ministerstvo životného prostredia Slovenskej republiky  
Združenie zamestnávateľov vo vodnom hospodárstve na Slovensku  
Asociácia vodárenských spoločností  
Asociácia čistiarenských expertov SR  
Slovenská vodohospodárska spoločnosť, člen ZSVTS  
Slovenská vodohospodárska spoločnosť pri VÚVH Bratislava, člen ZSVTS

vás pozývajú na

# 11. BIENÁLNU KONFERENCIU S MEDZINÁRODNOU ÚČASŤOU REKONŠTRUKCIE STOKOVÝCH SIETÍ A ČISTIARNÍ ODPADOVÝCH VÔD

Podbanské, 15. – 17. október 2019

Konferencia je organizovaná pod záštitou ministra životného prostredia SR

### Tematické okruhy konferencie:

- legislatívne a koncepcné východiská pre výstavbu a modernizáciu ČOV a stokových sietí
- rekonštrukcia, intenzifikácia a obnova stokových sietí a ČOV
- ekonomické hľadiská a nástroje investičných akcií v oblasti stokových sietí a ČOV vrátane využitia prostriedkov z fondov EÚ
- progresívne metódy čistenia odpadových vôd a spracovania kalov
- vzťah stokovej siete k ČOV, špecifiká rozsiahlych stokových sietí
- vody z povrchového odtoku
- prevádzkové skúsenosti z rekonštruovaných ČOV a stokových sietí
- prevádzka stokových sietí a ČOV, krízové stavy a havárie
- špecifiká prevádzky priemyselných ČOV
- nové technologické postupy pri výstavbe, rekonštrukcii a obnove stokových sietí a ČOV
- materiály a výrobky používané pri rekonštrukcii stokových sietí a ČOV
- optimalizácia, automatizácia a riadenie procesov

Bližšie informácie: [www.vuvh.sk](http://www.vuvh.sk)





# Energetická bilancia ČOV s využitím LCA analýzy

Ing. Mária Dubcová, prof. RNDr. Ivona Škultétová, PhD., Ing. Réka Csicsaiová  
Slovenská technická univerzita Bratislava

## Anotácia

V súvislosti s optimalizáciou prevádzky vo vybranej čistiarni odpadových vôd (ČOV) je dôležité prevedenie energetického auditu s posúdením využívania elektrickej energie a následná ekonomická optimalizácia prístrojového vybavenia ČOV. Energetickú bilanciu vieme vykonať prostredníctvom LCA analýzy v súvislosti s normou EN ISO 140 40 [1].

## ENERGETICKÁ BILANCIA ČOV

Posúdenie využívania elektrickej energie v ČOV si vyžaduje prevedenie energetického auditu. Dáta a ich vyhodnotenie sú nesmierne dôležité na kontrolu systému a zohrávajú úlohu aj pri predchádzaní haváriám v ČOV. Priemerný okamžitý príkon elektrickej energie na malých a stredných ČOV je 14 W na 1 ekvivalentného obyvateľa (EO). Z tohto dôvodu sa prevádzkovatelia ČOV neustále snažia o optimalizáciu energetickej bilancie, v niektorých prípadoch o vybudovanie energetickej samostatnej ČOV. Každá ČOV je jedinečná veľkosťou, štruktúrou, zložením odpadových vôd, skladbou technológie, ako aj typom a počtom miešadiel, čerpadiel a aeračných systémov. Celkovú spotrebu elektrickej energie je vhodné posudzovať vzhľadom na určitého spoločného menovateľa, najčastejšie sa stretávame s hydraulickým či látkovým zariadením ČOV. V rámci optimalizácie prístrojového vybavenia v čistiarni je nevyhnutné analyzovať spotrebiče v rámci ČOV, kedy sa sústreďujeme najmä na čerpaciu stanicu a dodávku vzduchu. Riešením optimalizácie je následne nahradenie prístrojov nízkoenergetickými spotrebičmi. Ďalšou možnosťou je použitie jednoduchých modelovacích systémov na upravenie chodu spotrebičov podľa skutočnej potreby výkonu, napríklad pomocou frekvenčných meničov, prípadne výmenou zastaraných spotrebičov [2].

## Varianty interpretácie špecifickej spotreby elektrickej energie

### I. Variant: Spotreba elektrickej energie vzhľadom na hydraulické zariadenie ČOV

Na vyčíslenie špecifickej spotreby elektrickej energie vzhľadom na priemerné množstvo OV na prítoku ČOV slúži nasledujúci vzťah:

$$\dot{S}_{Hz} = CSE / Q_{OV} \quad (1)$$

kde

$\dot{S}_{Hz}$  – špecifická spotreba el. energie vzhľadom na hydraulické zariadenie [kWh/m<sup>3</sup>]

CSE – celková spotreba el. energie v ČOV [kWh/rok]

$Q_{OV}$  – priemerné množstvo odpadových vôd na prítoku [m<sup>3</sup>/rok]

Tab. 1 Špecifická spotreba el. energie vzhľadom na hydraulické zariadenie ČOV

| Rok  | Celková spotreba el. energie [kWh/rok] | Špecifická spotreba el. energie [kWh/m <sup>3</sup> ] |
|------|----------------------------------------|-------------------------------------------------------|
| 2014 | 810 600                                | 0,34                                                  |
| 2015 | 902 100                                | 0,38                                                  |
| 2016 | 899 700                                | 0,37                                                  |

Špecifická spotreba elektrickej energie na 1 m<sup>3</sup> odpadovej vody pri priemernom množstve 2 400 000 m<sup>3</sup> odpadových vôd za rok predstavuje v modelovej ČOV v priemere 0,36 kWh na m<sup>3</sup>, pričom s narastajúcim množstvom pritekajúcich OV spotreba elektrickej energie priamoúmerne stúpa (tab. 1).

### II. Variant: Spotreba elektrickej energie vzhľadom na látkové zariadenie ČOV

Jednou z ďalších možností, ako interpretovať energetickú náročnosť ČOV, je interpretácia vzhľadom na organické znečistenie na prítoku ČOV, najčastejšie vo vzťahu bilančného množstva organického znečistenia kvantifikovaného ukazovateľom BSK<sub>5</sub> v tonách za rok. Vychádzajúc z počtu jedného EO a produkovaného množstva 60 g BSK<sub>5</sub> za deň vieme na základe nasledovného vzťahu vyčísliť množstvo špecifickej spotreby elektrickej energie vzhľadom na 1 kg BSK<sub>5</sub> na prítoku ČOV [2]:

$$\dot{S}_{BSK_5} = CSE / \text{kg BSK}_5/\text{d} \quad (2)$$

kde

$\dot{S}_{BSK_5}$  – špecifická spotreba elektrickej energie vzhľadom na látkové zariadenie [kWh/kg BSK<sub>5</sub>]

CSE – celková spotreba el. energie v ČOV [kWh/rok]

Tab. 2 Špecifická spotreba el. energie vzhľadom na látkové zariadenie ČOV

| Rok  | Celková spotreba el. energie [kWh/rok] | Zaťaženie BSK <sub>5</sub> na prítoku [kg/deň] | Spec. spotreba el. energie [kWh/m <sup>3</sup> ] |
|------|----------------------------------------|------------------------------------------------|--------------------------------------------------|
| 2014 | 810 600                                | 1 862                                          | 1,19                                             |
| 2015 | 902 100                                | 2 219                                          | 1,11                                             |
| 2016 | 899 700                                | 5 537                                          | 0,45                                             |

Špecifická spotreba elektrickej energie vzhľadom na množstvo organického znečistenia BSK<sub>5</sub> na prítoku ČOV



predstavuje za sledované obdobia v priemere 0,92 kWh/m<sup>3</sup>, čo je v porovnaní so špecifickou spotrebou elektrickej energie vzhľadom na priemerné množstvo OV na prítoku ČOV o približne 0,56 kWh/m<sup>3</sup> viac (tab. 2).

III: Variant: Priemerný okamžitý elektrický príkon vzťahujúci sa na 1 000 EO

Ďalší variant vyčíslenia špecifickej spotreby elektrickej energie predstavuje tzv. priemerný okamžitý elektrický príkon vzťahujúci sa na 1 000 EO, pre ktorý platí nasledovné:

$$EP_{1\,000\,EO} = CSE / 365 / 24 / g\,BSK_5/d/EO * 1000 \quad (3)$$

kde

$EP_{1\,000\,EO}$  – priemerný okamžitý elektrický príkon vzťahujúci sa na 1 000 EO [kWh/1 000 EO]

CSE – celková spotreba el. energie v ČOV [kWh/rok]

$g\,BSK_5/d/EO$  – zaťaženie na prítoku vyjadrené počtom EO

Tab. 3 Špecifická spotreba el. energie vzhľadom na okamžitý el. príkon vzťahujúci sa na 1 000 EO

| Rok  | Celková spotreba el. energie [kWh/rok] | Zaťaženie BSK <sub>5</sub> na prítoku [g/EO/deň] | Špec. spotreba el. energie [kWh/1 000EO] |
|------|----------------------------------------|--------------------------------------------------|------------------------------------------|
| 2014 | 810 600                                | 31 033,33                                        | 2,98                                     |
| 2015 | 902 100                                | 36 983,33                                        | 2,78                                     |
| 2016 | 899 700                                | 92 283,33                                        | 1,11                                     |

Pri čistiarnach odpadových vôd danej veľkosti je v danom výpočtovom variante časté kolísanie špecifickej spotreby elektrickej energie, v niektorých prípadoch sa prejavuje 2- až 3-násobná zmena výsledných hodnôt (tab. 3). V tomto rozsahu pravdepodobne leží aj maximálny potenciál úspor elektrickej energie so značným vplyvom na prevádzkové náklady [2]. Na lepšie vyčíslenie špecifickej spotreby el. energie je preto dobré zamerať sa pri danom vzťahu na úrovne jednotlivých procesov ČOV (tab. 4). Vychádzajúc z navrhovaných údajov pre jednotlivé etapy čistenia odpadových vôd dostávame nasledujúce hodnoty špecifickej spotreby elektrickej energie:

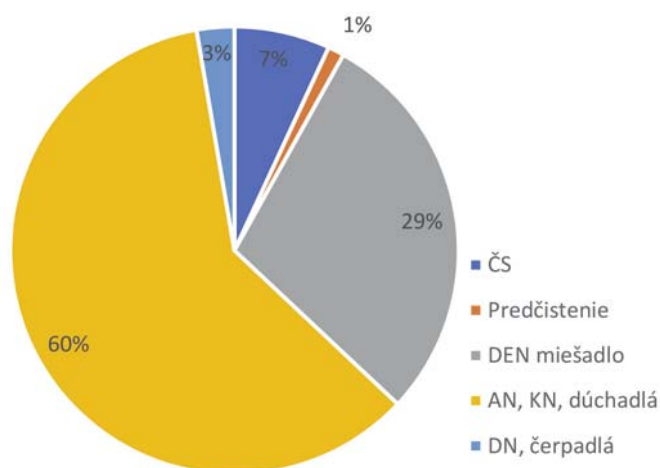
Tab. 4 Špecifická spotreba el. energie vzhľadom na okamžitý el. príkon vzťahujúci sa na 1 000 EO pre jednotlivé podsystémy ČOV

| Druh vybavenia   | Celková spotreba el. energie [kWh/rok] | Priemerné zaťaženie BSK <sub>5</sub> na prítoku [g/EO/deň] | Špec. spotreba el. energie [kWh/1 000EO] |
|------------------|----------------------------------------|------------------------------------------------------------|------------------------------------------|
| ČS               | 25 090,38                              | 31 033,33                                                  | 0,09                                     |
| Predčistenie     | 4 270,05                               | 31 033,33                                                  | 0,02                                     |
| DEN miešadlo     | 105 120                                | 31 033,33                                                  | 0,39                                     |
| AN, KN, dúchadlá | 219 000                                | 31 033,33                                                  | 0,81                                     |
| DN, čerpadlá     | 9 850,5                                | 31 033,33                                                  | 0,04                                     |

Pri podrobnejšej analýze spotreby elektrickej energie na základe technologického vybavenia ČOV zisťujeme, že najvyššia špecifická spotreba elektrickej energie na 1 000 EO sa prejavila v biologickom čistení pri aktivačnom procese (0,81 kWh/1 000 EO) a denitrifikácii (0,39 kWh/1 000 EO). Z výsledných hodnôt je teda viditeľný vplyv technologického skladby na konečnú spotrebu elektrickej energie.

Na základe kalkulácií vieme percentuálne rozloženie využitia elektrickej energie v čistiacom procese rozdeliť medzi

Percentuálne rozloženie využívania elektrickej energie v ČOV



Graf 1 Percentuálne rozloženie využívania elektrickej energie v ČOV

jednotlivé etapy čistenia (graf 1). Najväčšie množstvo elektrickej energie je teda spotrebované v aktivačnej nádrži, kalovej nádrži a prostredníctvom dúchadiel, spolu predstavujú podiel 60% z celkovej spotreby. Nasleduje denitrifikačná nádrž spolu s miešadlami (29%). Najmenšie množstvá elektrickej energie pripadajú na mechanické predčistenie a dosadzovaciu nádrž.

### Porovnanie variantov vyčíslenia špecifickej spotreby elektrickej energie

Porovnaním variantov získavame údaje vypovedajúce o jednotlivých prístupoch LCA analýzy, slúžiace na vyčíslenie špecifickej spotreby elektrickej energie v ČOV. Z výsledkov je zrejme, že pri variante I dostávame takmer totožné výsledky špecifickej produkcie elektrickej energie, a to v rozpätí od 0,34 kWh/m<sup>3</sup> (v roku 2014) do 0,38 kWh/m<sup>3</sup> (v roku 2015). V prvých dvoch porovnávaných spôsoboch v rokoch 2014 a 2015 pozorujeme výraznejšie rozdiely v množstvách spotrebovanej špecifickej produkcie, v priemere 0,97 kWh/m<sup>3</sup>. Vo variante II bola v poslednom hodnotenom roku špecifická spotreba elektrickej energie porovnateľná s variantom I s minimálnymi odchýlkami výsledných hodnôt. V roku 2016 dochádza k významnému prepadu variantu II v porovnaní s predchádzajúcimi analyzovanými obdobiami na 0,45 kWh/m<sup>3</sup>, čo, predpokladáme, bolo spôsobené vysokým zaťažením BSK<sub>5</sub> na prítoku. Variant II sa javí ako vhodnejší spôsob kalkulácie vzhľadom na špecifickejšie vstupné údaje, čo má za následok väčšiu variabilitu konečných výsledkov, a teda presnejšie vyčíslenie špecifickej spotreby elektrickej energie. Variant III nie je možné porovnávať s predchádzajúcimi dvoma variantmi vzhľadom na odlišný vzťah k výsledným jednotkám. Kým prvé dva varianty boli kalkulované v kWh/m<sup>3</sup>, pri variante III sa stretávame s kWh/1 000 EO. Na základe vykonaných analýz môžeme usudzovať, že variant III sa prejavuje ako najpresnejšia možnosť vyčíslenia špecifickej spotreby elektrickej energie z dôvodu rozdelenia systému na jednotlivé podsystémy.



Dosiahnuté výsledné hodnoty v oboch variantoch súhlasia s nižšie uvedenou tabuľkou (tab. 5) vypracovanou na hrubé ekonomické odhady spotreby elektrickej energie [3]. Ročná spotreba elektrickej energie na modelovej ČOV s počtom 22 300 EO sa pohybuje v priemere 870 800 kWh/rok, čo predstavuje 39 kWh/EO/rok.

Tab. 5 Ročná spotreba el. energie vzhľadom na veľkosť ČOV

| Veľkosť ČOV<br>[EO] | Ročná spotreba elektrickej energie |              |
|---------------------|------------------------------------|--------------|
|                     | [kWh/rok]                          | [kWh/EO/rok] |
| 7 000               | 270 000 – 350 000                  | 38 – 50      |
| 18 000              | 550 000 – 900 000                  | 30 – 50      |
| 25 000              | 1 000 000 – 1 250 000              | 40 – 50      |
| 40 000              | 1 100 000 – 1 500 000              | 28 – 38      |
| 360 000             | 11 700 000 – 14 000 000            | 32 – 39      |

Z vykonaných analýz usudzujeme, že najvýhodnejšou možnosťou pri dostatočnom množstve vstupných údajov je variant III. Pokiaľ nedisponujeme podrobnými údajmi o jednotlivých podsystemoch, variant II predstavuje dostatočne presnú a využiteľnú kalkuláciu.

## ZÁVER

Z energetických analýz vyplýva, že v rámci podrobnejšieho preskúmania je nevyhnutné zamerať sa na významné spotrebiče elektrickej energie v ČOV. Všeobecne platí, že pre čerpadlo s diskontinuálnym chodom a výkonom 14 kW tvoria investičné náklady 40% pri päťročnej prevádzke a 1 000

prevádzkových hodinách za rok a po 10 rokoch tvoria tieto náklady 25%. Pri nadimenzovaní čerpadiel so zbytočne veľkým prietokom dochádza tzv. škrtom čerpadla k mareniu energie. Rozdiel medzi prevádzkovým bodom a bodom škrtu predstavuje zmarenú energiu, ktorá je zbytočne do systému zahnutá. Významným odberateľom elektrickej energie sú miešadlá. Najväčším odberateľom elektrickej energie v ČOV sú dúchadlá – tu sa ako najvhodnejšie riešenie javí použitie kyslíkovej sondy s riadenou dodávkou kyslíka s frekvenčným meničom z dôvodu meniaceho sa obsahu vzduchu v pritekajúcich OV. Takto dosiahneme dodávku len potrebného množstva kyslíka a zároveň znižujeme spotrebu jednotlivých miešadiel o náklady z prevzdušnenia o 30%.

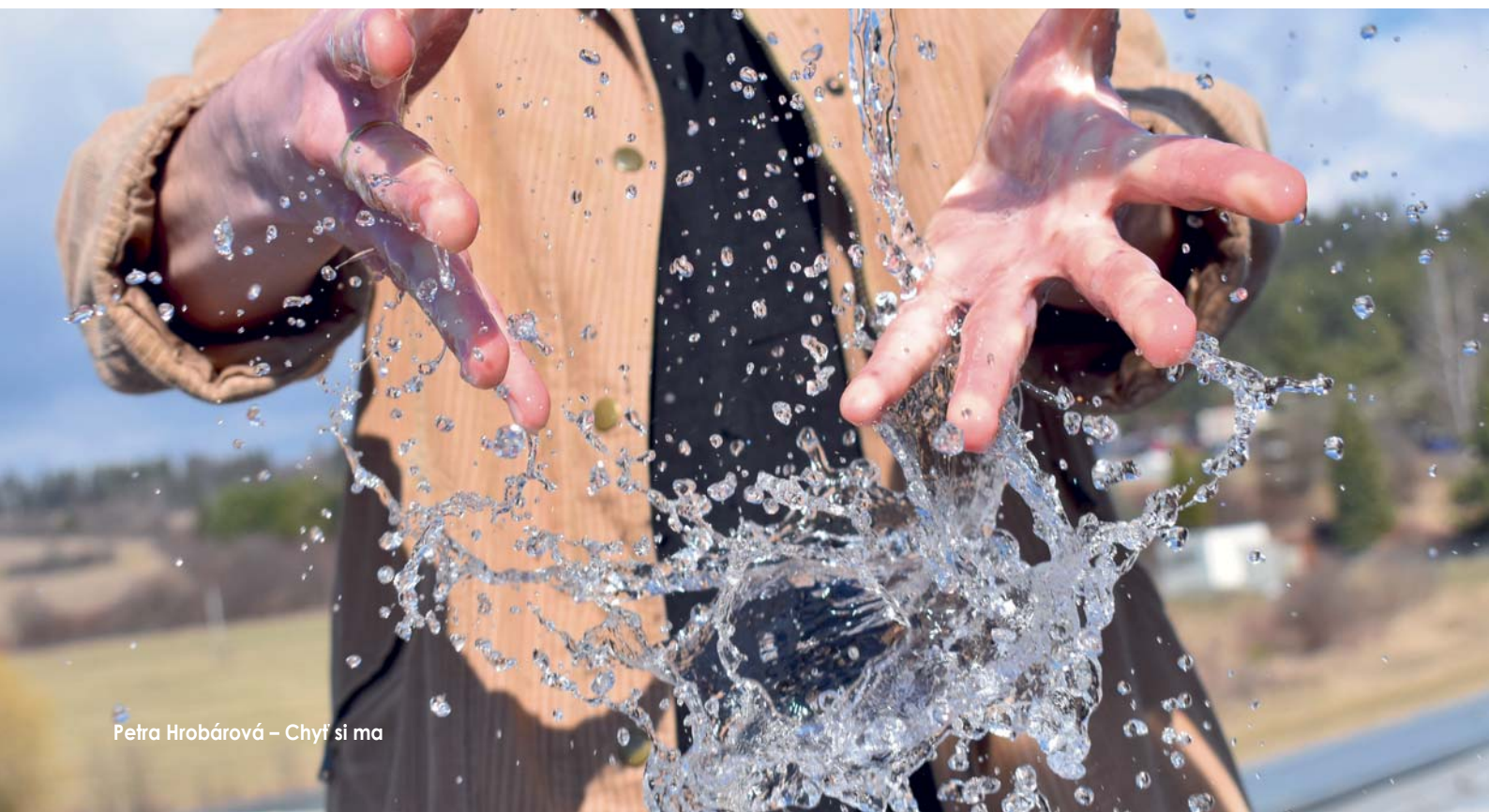
Na základe multikriteriálnych výkonnostných ukazovateľov je dôležité prevádzku ČOV posudzovať nielen z pohľadu účinnosti odstránenia kľúčových parametrov znečistenia odpadových vôd, ale aj z pohľadu vzťahu k energetickej účinnosti. Extrémnym výsledkom optimalizácie energetickej bilancie ČOV v zmysle znižovania a opätovného využívania elektrickej energie sa stáva energeticky sebestačná ČOV [4].

## POĎAKOVANIE

Táto práca bola podporená Agentúrou na podporu výskumu a vývoja na **základe zmluvy č. APVV-18-0203 a na základe podpory Vedeckej grantovej agentúry MŠVVaŠ SR a SAV** projekt č. 1/0574/19.

## Literatúra:

- [1] ISO 14040: Environmental management, Life cycle assessment, Principles and framework. International S. Organization, 2006.
- [2] Brown, S., Beecher, N. och Carpenter, A. 2010: Calculator tool for determining greenhouse gas emissions for biosolids processing and end use. In: *Environmental Science & Technology*. 2010, vyd. 44 (24), s. 9 509 – 9 515.
- [3] Foley, J., de Haas, D., Hartley, K. och Lant, P. 2010: Comprehensive life cycle inventories of alternative wastewater treatment systems. In: *Water Research*. 2010, vyd. 44 (5), s. 1 654 – 1 666.
- [4] Dohányos, M. 1998: Hygienizace kalu. In: *Vybrané problémy kalového hospodárstva*. TEMPUS 11049/96, Bratislava 1998, s. 22. ISBN 80-85330-54-7.



# Zmeny klímy a využívanie vody pre poľnohospodárstvo v povodí jazera Urmia – Irán

<sup>1</sup> Ľuboš Jurík, <sup>2</sup> Mohammad Ebrahim Banihabib, <sup>2</sup> Ali Mohammadi

<sup>1</sup> Katedra krajinného inžinierstva, SPU Nitra,

<sup>2</sup> Katedra závlah a drenáže, College of Aburaihan, University of Tehran, Irán

## ÚVOD

Sucho je problematika, ktorá sa stáva dnes diskutovanejšou ako povodne. Extrémny počasie prinášajú významné zmeny v tvorbe a využívaní vodných zdrojov. Na Slovensku publikovalo Ministerstvo životného prostredia SR novú stratégiu do budúcnosti s názvom H2Odnota je voda. V novembri roku 2018 bola spracovaná textová a tabuľková časť dokumentu, kvantitatívne a kvalitatívne analýzy a technické východiská na prípravu akčného plánu implementácie národnej adaptačnej stratégie pre nepriaznivé dôsledky zmeny klímy v Slovenskej republike [1]. Adaptačné stratégie sa pripravujú v mnohých krajinách sveta a prejavy klimatických zmien sú často veľmi významné.

V marci roku 2019 sme sa zúčastnili prieskumnej cesty do Iránu. Cieľom bola Teheránska univerzita a následne mesto Tabríz, neďaleko ktorého leží obklopené vysokými horami jazero a mesto Urmia. Rozmery jazera boli pôvodne asi 110 km x 35 km, no dnes sú podstatne menšie. Zmena rozlohy jazera za minulé roky bola dôvodom našej cesty z Teheránu do západnej časti krajiny.

Reliktne slané jazero Urmia sa nachádza na severe Iránu (obr. 2). Je medzinárodne chránenou oblasťou ako registrovaná biosférická rezervácia UNESCO a Ramsarská lokalita [2]. Iránske ministerstvo životného prostredia vyhlásilo väčšinu zo 102 ostrovov na jazere Urmia a jeho mokradí za oblasť národného parku. Plocha jazera sa za posledných 20 rokov výrazne zmenšila a najväčší ostrov, ktorý je na juhu strednej časti, je už dlhšie súš. Obrázky 3 a 4 znázorňujú históriu ubúdania plochy jazera a obrázky 5 a 6 zobrazujú fotografie vysušenej oblasti jazera. Zmenšovanie bývalého šiesteho najväčšieho slaneho

jazera na svete ohrozuje istotu zamestnania približne 1,5 milióna poľnohospodárov a 8,3 milióna obyvateľov na severe Iránu v provinciách Západný a Východný Azerbajdžan.

## VÝVOJ KLÍMY V PROVINCIÁCH ZÁPADNÝ A VÝCHODNÝ AZERBAJDŽAN

Zníženie zrážok a sucho spojené so zmenou klímy majú značný vplyv na životné prostredie v povodí. Podľa Rozvojového programu OSN (UNDP) sa jazero zmenšilo o dve tretiny od roku 1997. V oblasti jazera sa nachádzajú dve významné mestá: Tabríz a Urmia.

Tabríz je sídlo provincie Východný Azerbajdžan. Mesto leží v údolí neďaleko masívu stratovulkánu Kúh-e Sahand (3 750 m n. m.) v nadmorskej výške 1 351 m. V meste žije asi 1 770 000 obyvateľov. Mesto zaznamenáva veľmi dynamický rast. Počet obyvateľov sa od roku 1985 zdvojnásobil a plocha mesta sa strojnásobila. Je to druhé najpriemyselnejšie mesto Iránu so strojárskym a petrochemickým priemyslom.

Klimatické pomery v Tabríze charakterizujú suché letá a pomerne chladné zimy s teplotami tesne nad bodom mrazu. Najvyššie teploty v lete sa pohybujú okolo 33 °C. Priemerný ročný úhrn zrážok je nízky – len asi 310 milimetrov dažďa. Geologicky je mesto v nestabilnej oblasti, čo sa prejavuje častými zemetraseniami. Prehľad o rozdelení zrážok pre mesto Tabríz je v tabuľke 1.

Druhým významným mestom je Urmia – Urmia. Mesto leží vysoko v nadmorskej výške 1 332 m, takmer priamo na západnom brehu jazera s rovnakým menom. V súčasnosti má mesto Urmia viac ako 750 000 obyvateľov a od roku 1990 sa počet ľudí v meste viac ako zdvojnásobil. Mesto má zaujímavý

Tab. 1 Vybrané klimatické pomery mesta Tabríz, Irán (zdroj: Statistical Center of Iran, 2018)

| Mesiac                          | Jan  | Feb  | Mar  | Apr  | Máj  | Jún  | Júl | Aug | Sep  | Okt  | Nov  | Dec  | Rok   |
|---------------------------------|------|------|------|------|------|------|-----|-----|------|------|------|------|-------|
| Priemerné zrážky (mm)           | 24,0 | 28,2 | 45,0 | 56,6 | 43,1 | 19,4 | 5,6 | 3,3 | 10,9 | 24,5 | 30,1 | 24,1 | 318,8 |
| Priemerný počet dní so zrážkami | 6,9  | 7,3  | 10,7 | 14,8 | 9,3  | 3,2  | 1,2 | 0,6 | 1,9  | 4,9  | 5,5  | 6,3  | 72,6  |

Tab. 2 Vybrané klimatické pomery mesta Urmia, Irán (zdroj: Statistical Center of Iran, 2018)

| Mesiac                | Jan  | Feb  | Mar  | Apr  | Máj  | Jún  | Júl | Aug | Sep | Okt  | Nov  | Dec  | Rok   |
|-----------------------|------|------|------|------|------|------|-----|-----|-----|------|------|------|-------|
| Priemerné zrážky (mm) | 30,2 | 33,2 | 52,3 | 62,2 | 45,6 | 14,2 | 5,5 | 2,1 | 4,4 | 21,8 | 40,0 | 29,7 | 341,2 |

názov. Urmia sa skladá z dvoch slov: ur, čo v sumerskom jazyku znamená mesto, a mia je aramejské slovo s významom voda. Urmia môžeme teda preložiť ako vodné mesto.

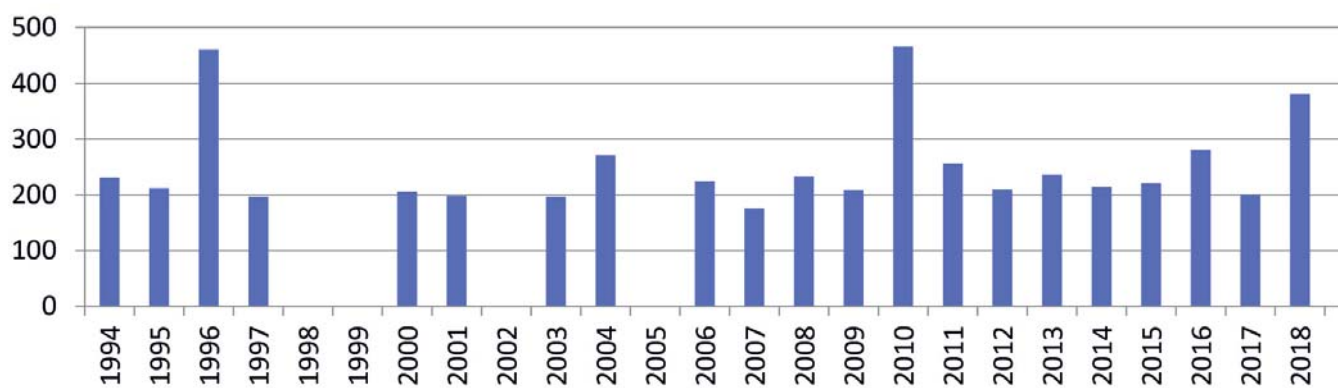
Klimatické pomery mesta Urmia sú veľmi podobné mestu Tabríz. Priemerný úhrn zrážok v meste, ale aj pre samotné jazero je vyšší ako v Tabríze. Hodnoty sú uvedené v tabuľke 2.

Na obrázku 1 sú uvedené namerané zrážky v meste Tabríz za roky 1994 až 2018. Uvedená priemerná hodnota zo štatistického úradu asi 319 mm sa dosiahla v priebehu asi 25 rokov iba trikrát a reálne zrážky sú takmer o 100 mm nižšie. To vytvára nesmierny tlak na zásoby pôdnej vody a aj odtok vody v riekach, ktoré pritekajú do jazera Urmia, a následne na poľnohospodársku produkciu v oblasti, ktorá zásobuje dennodenne rastúci počet obyvateľov oblasti, ale aj iné oblasti Iránu.

a 1,7 mld. m<sup>3</sup>/rok podzemnej vody. Ročný výpar z voľnej hladiny jazera sa odhaduje na 900 mm až 1 170 mm [5]. Okrem zrážok a malého prítoku podzemnej vody priteká do jazera 14 stálych riek a početné sezónne toky alebo rieky [5].

Súčasná hladina vody v jazere je približne na úrovni 1 270,7 m n. m., 4,5 metra pod dlhodobou priemernou hladinou a viac ako tri metre pod úrovňou ekologickej udržateľnosti (obrázky 2 a 3). Fathain a kol. [6] ukázali, že dlhodobý trend prudko klesajúcej hladiny jazera sa začal v roku 1996 a predpokladajú, že jazero bude úplne vysušené v priebehu približne 10 rokov, ak bude pretrvávajúť súčasný stav povodí. Iránske ministerstvo životného prostredia uvádza [4], že jazero vyžaduje minimálny prítok 3,1 mld. m<sup>3</sup>/rok, aby bolo ekologickejšie a vodohospodársky stabilné.

### Zrážky Tabríz 1994 - 2018



Obr. 1 Úhrn zrážok pre mesto Tabríz v rokoch 1994 – 2018

### ZMENY HLADINY A PLOCHY JAZERA URMIA

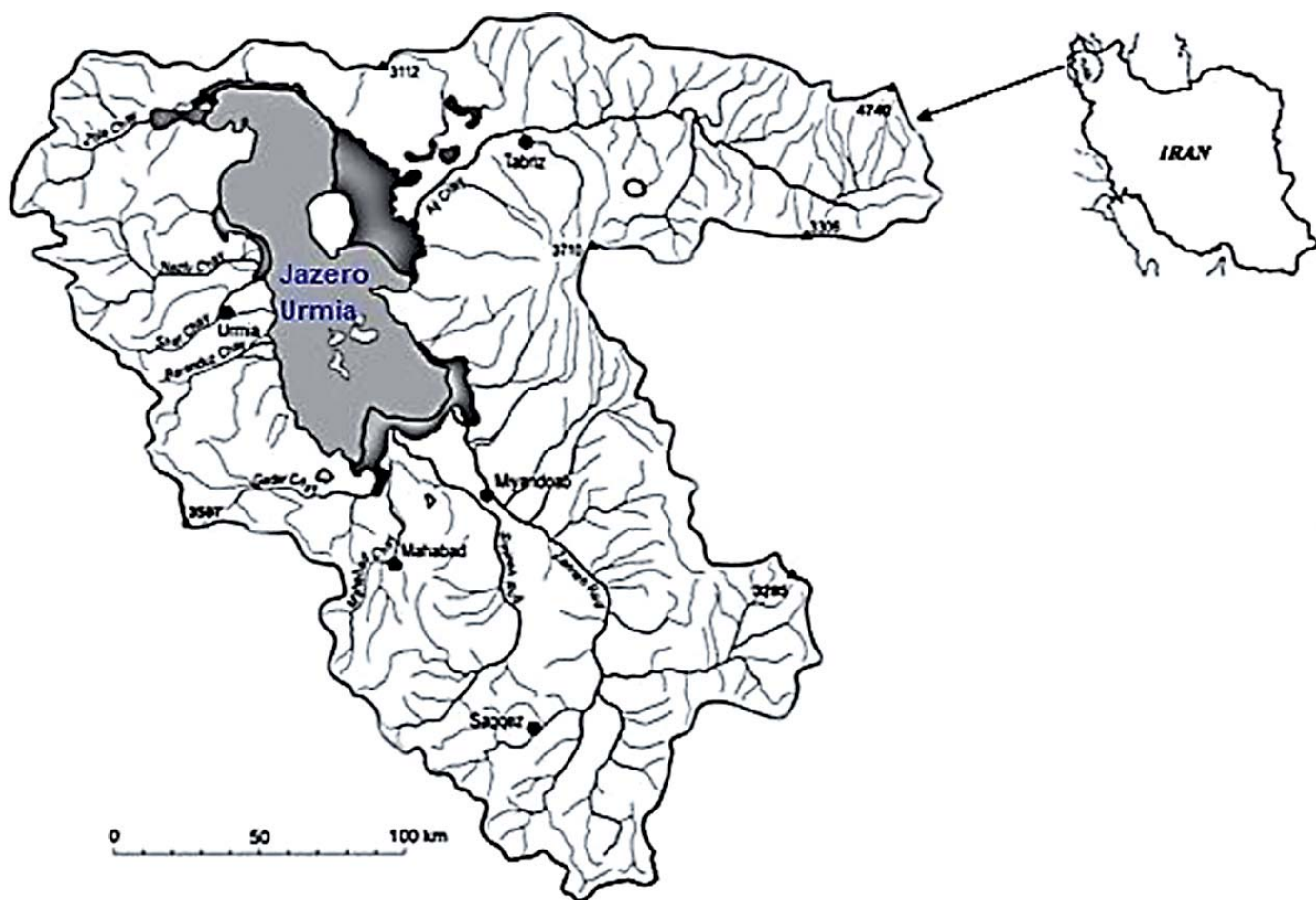
Výsledkom pôsobenia klimatických a antropogénnych vplyvov sú postupné zmeny plochy povrchu jazera. Z grafu (obr. 3) a priložených obrázkov (obr. 4) je zrejmé, že v rokoch 1950 až 1990 bola plocha jazera priamo závislá od množstva zrážok v danom roku. Po zrážkovo nadpriemerných rokoch 1993 a 1994 bol ročný úhrn zrážok menší a v roku 2002, 2003 nastalo sucho a hladina do tohto obdobia úmerne klesala. Ročný úhrn zrážok následne kolísal okolo priemeru, ale hladina vody sa už len znižovala, a to okrem iného aj v súvislosti s postupným zvyšovaním obyvateľstva v oblasti a nárastom poľnohospodárskej produkcie. Pokles hladiny jazera pokračuje až dodnes.

Využívanie vody v povodí jazera sa v súčasnosti oproti stavu okolo roku 2000 výrazne zmenilo. Pred rokom 1996 sa zavlažovalo asi 350 000 hektárov poľnohospodárskych plôch so spotrebou asi 2 mld. m<sup>3</sup>/rok povrchovej vody a 1,5 mld. m<sup>3</sup>/rok podzemnej vody [4]. Dnes sa zavlažovaná plocha zväčšila na súčasných 470 000 hektárov. Spotreba vody úmerne tomu narastla na približne 3,6 mld. m<sup>3</sup>/rok povrchovej vody

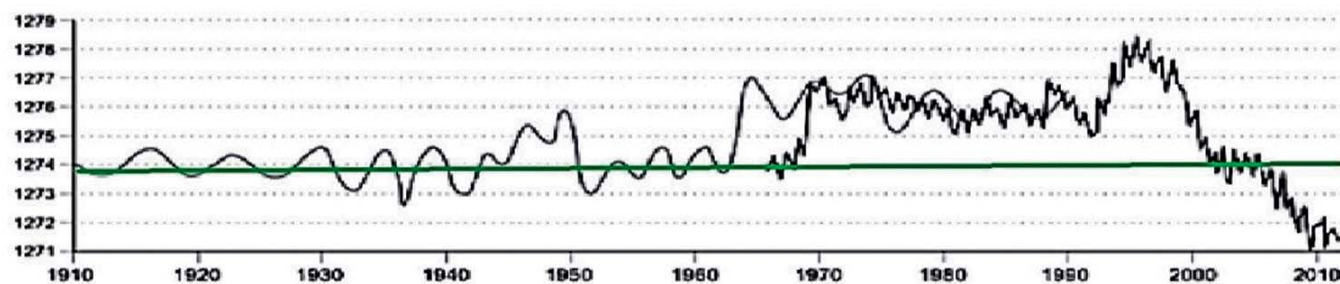
Zmenšovanie hladiny a plochy jazera zvyšuje slanost vody, salinizáciu okolitej pôdy a solné búrky ohrozujúce poľnohospodársku pôdu a jedinečné biotopy prírodných zdrojov pre 212 vtákov, 41 plazov, 7 obojživelníkov a 27 druhov cicavcov [4]. Solné búrky ohrozujú aj obyvateľov rozrastajúcich sa miest v okolí. Zvýšená slanost jazera (400 mg/l) spôsobila vážny pokles výskytu žiabronôžky *Artemia urmiana*. Tým sa výrazne znížila kapacita jazera pre život vodných vtákov vrátane veľkých sťahovavých populácií plameniakov. Krehké prostredie povodia jazera si bude vyžadovať dôkladnú ochranu, aby sa zabránilo vyhynutiu vysoko prispôsobivých druhov organizmov [8].

Podľa dostupných štatistických údajov o zdrojoch podzemných vôd v rokoch 1972 až 2012 bolo v povodí jazera Urmia využívaných na odber vody asi 75 000 stredne hlbokých vrtov a viac ako 8 000 hlbokých vrtov. Problémom pestovania dnes je neevidovaný odber vody pre poľnohospodárstvo. Malí pestovatelia si vybudovali asi 40 000 nepovolených studní, ktoré sú rozmiestnené aj s povolenými studňami v okolí jazera Urmia. Prežitie mnohých malých poľnohospodárov závisí od tohto zdroja vody, a preto nie je ľahké zlikvidovať

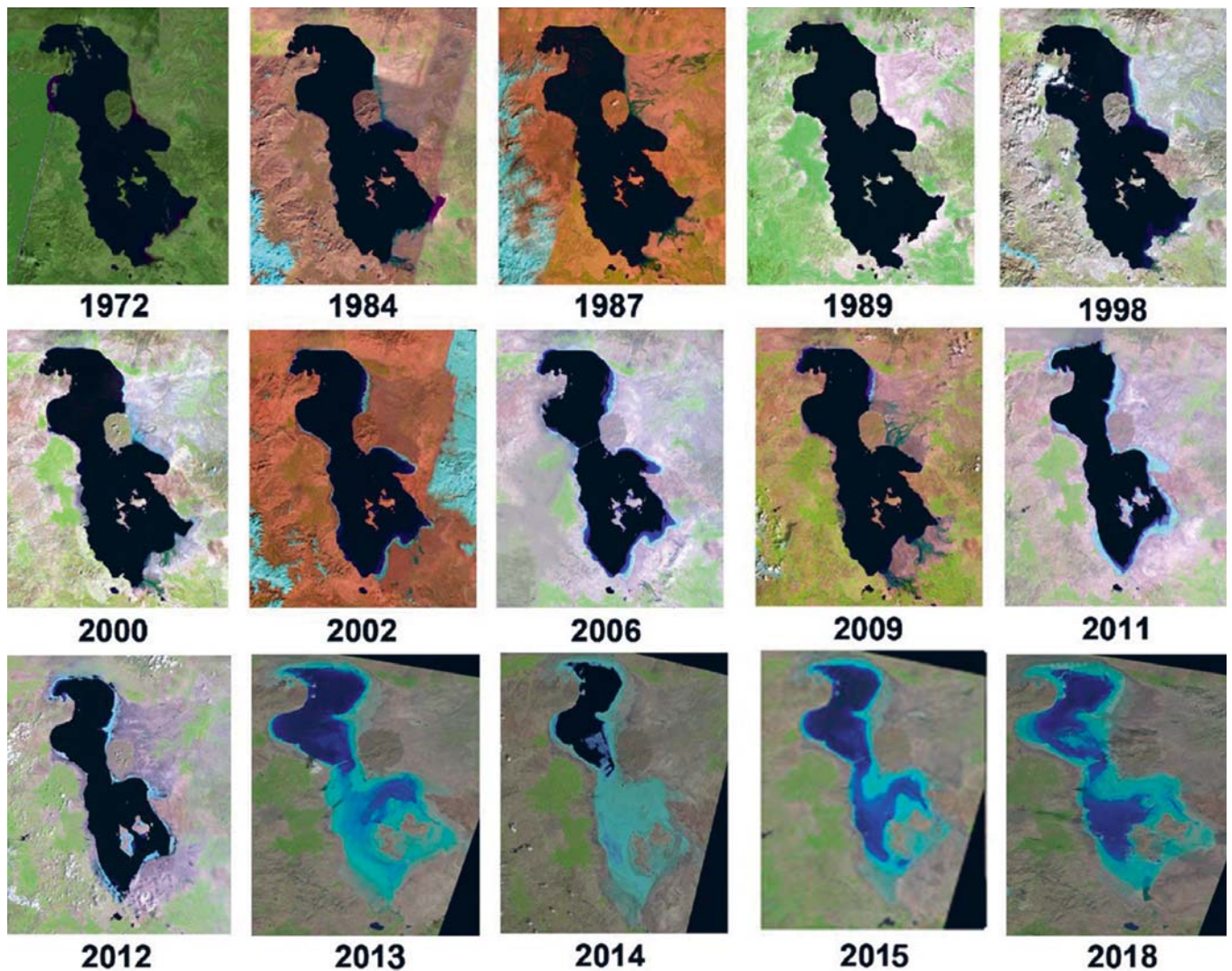




Obr. 2 Pôvodná plocha jazera Urmia (svetlosivá) s oblasťou povodia (biela) a periodickými/epizodickými vodnými tokmi a močiare (tmavosivá) [3]



Obr. 3 Zmeny a trend hladiny jazera Urmia za posledných 100 rokov – 1910 až 2010



Obr. 4 Obrázky z Landsat – zmeny hladiny jazera Urmia z rokov 1972 až 2018 (zdroj: [7] a [3])

ich. Rieky Jighati (Zarrinerood), Tatau (Siminerood), Soyugh Bulagh chay (Mahabad), Gadar Chay, Baranduz Chay, Shahar Chay, Roze Chay, Nazlu Chay, Zola Chay, Tasuj chay, Aji chay a Sufi Chay tvoria asi 75% objemu prítoku vody do jazera Urmia [9]. Prítok z podzemných zdrojov vody, zrážky a priamy povrchový prítok tvoria asi 25% prítoku vody. Pri porovnaní klimaticky a prírodne kontrolovaných prítokových zdrojov so spotrebou obyvateľstva a poľnohospodárskymi činnosťami v posledných rokoch môžeme konštatovať, že hlavným dôvodom vysušovania jazera Urmia sú antropogénne aktivity v povodí, ako je nesprávne hospodárenie s vodou v sídlach a v poľnohospodárstve v povodí [9].

Súčasný stav pestovania plodín sa orientuje na klasické poľné plodiny, ovocie a zeleninu, ktoré prinášajú dobrý ekonomický efekt. Asi 75% produkcie v povodí jazera tvorí pšenica, cukrová repa, paradajky, lucerna a kukurica. Okrem toho sa tu pestujú pomaranče, pistácie, ale aj stovky hektárov vlašských orechov, melóny, podzemnica alebo cibula a pod. (obr. 6, 7). Všetky plodiny vrátane stromov sa pestujú

na mikropolíčkach so závlahou výtopou. Tento spôsob pestovania je tradičný, technicky nenáročný, ale zároveň najnáročnejší na vodu a má malú efektívnosť využitia vody. Pri ročnom úhrne zrážok okolo 300 mm si všetky pestované plodiny vyžadujú omnoho viac vody.

FAO [10] pristupuje k obnoveniu jazera Urmia ako k sociálno-ekologickému problému a navrhuje integrovaný rámec, ktorý kombinuje technické riešenia s ekonomickými a sociálno-inštitucionálnymi. Tieto riešenia je potrebné konzultovať so zástupcami miestnej komunity ako s vládnymi úradníkmi a technickými expertmi. Okrem toho sa na univerzitách v Tabríze, Urmii a aj v Teheráne pripravuje niekoľko podporných vedeckých projektov. Ich cieľom je obnoviť udržateľnosť hladiny jazera Urmia a zmierniť vplyvy na životné prostredie prostredníctvom aktivít v povodí jazera Urmia a na priľahlých územiach. Navrhované riešenia majú za cieľ významne zlepšiť využívanie vody obyvateľmi povodia jazera Urmia a v poľnohospodárstve a zachovať biotopy mnohých druhov flóry a fauny. Tento prístup si vyžaduje najmodernejšie údaje





Obr. 5 A Pohľad na vyschnuté územie jazera



Obr. 6 Detailný pohľad na soľ na povrchu jazera, v pozadí najväčší ostrov (dnes už súš)





Obr. 7 Políčka na závlahu v okolí jazera Urmia



Obr. 8 Intenzívne poľnohospodárstvo na brehu jazera Urmia



Obr. 9 V horskej dedine



o pôde, terénne prieskumy a snímky Landsat na aktualizáciu problému, ktoré poskytnú základ na odhad potreby vody pre pestované plodiny a určenie optimálnych stratégií pestovania, respektíve zavlažovania. Optimalizácia spôsobu pestovania bude zohľadňovať dostupné vodné zdroje, pestovanie plodín a výnos plodín s cieľom udržať ekonomickú stabilitu poľnohospodárov. Interaktívna spolupráca a spätná väzba od miestnych poľnohospodárov a poľnohospodárskych orgánov prispeje k zabezpečeniu výberu praktickej stratégie a vhodnej odbornej prípravy na jej realizáciu v tejto oblasti. Nový optimálny model pestovania plodín musí zvrátiť vysušovanie jazera Urmia [10], zlepšiť súčasný stav ekosystémov, udržať alebo zvýšiť ekonomický prínos obmedzených zdrojov pre poľnohospodárov a zvýšiť sociálnu, hospodársku a environmentálnu udržateľnosť.

## ZÁVER

Návšteva jazera Urmia nám potvrdila problémy zmeny klímy a významnej spotreby vody v poľnohospodárstve. Regulácia tejto spotreby u nás a ani v iných krajinách nie je spojená so sociálnou úrovňou života ľudí pracujúcich v poľnohospodárstve a následne ani s cenou potravín a ich dostupnosťou. Problém jazera Urmia v Iráne je extrémny príklad straty udržateľnosti prírodných zdrojov v krajine a spoločného pôsobenia zmien klímy a antropogénnych vplyvov.

Predpovedať ďalší reálny vývoj počasia a predovšetkým zrážok v oblasti jazera Urmia je veľmi ťažké. Nárast obyvateľstva a spotreby vody v oblasti jazera je však vysoko pravdepodobný, čo je potrebné riešiť udržateľným spôsobom – pre ľudí, ich sociálne a ekonomické aktivity, ale aj na udržanie jazera a jeho biotopov a organizmov.

Foto: Ľuboš Jurík



Obr. 10 Skalná dedina – Irán

## Literatúra:

- [1] Filčák, R. at al. 2018: Kvantitatívne a kvalitatívne analýzy a technické východiská pre prípravu akčného plánu implementácie národnej adaptačnej stratégie Slovenskej republiky. Závěrečná správa. Centrum spoločenských a psychologických vied, Prognostický ústav SAV 11. 2018.
- [2] Ramsar Convention 2013: [citované 27. 11. 2018], dostupné na <http://519www.ramsar.org>.
- [3] Banihabib, M. E., Azarnivand, A., & Peralta, R. C. 2015: A new framework for strategic planning to stabilize a shrinking lake. *Lake and Reservoir Management*, 31(1), s. 31 – 43.
- [4] DEI Department of Environment of Iran, 2010. Integrated Management Plan for Lake Urmia Basin. Tehran. S. 91, v perzskom jazyku.
- [5] Azarnivand, A., Banihabib, M. E. 2013: The Identification of Effective Factors of Strategic Implementation in Water Resources Management (Case Study: Lake Urmia Basin). *Desert*, 18(2), s. 177 – 183.
- [6] Fathian, F., Dehghan, Z., & Eslamian, S. 2014: Analysis of water level changes in

- Lake Urmia based on data characteristics and non-parametric test. In *International Journal of Hydrology Science and Technology*. 4(1), s. 18 – 38.
- [7] Kabiri K., Pradhan B., Sharifi A et al 2012: Manifestation of remotely sensed data coupled with field measured meteorological data for an assessment of degradation of Urmia Lake, Iran. In *Asia Pacific conference on environmental science and technology*. (APEST 2012), s. 395 – 401.
- [8] Asem, A., Eimanifar, A., Djamali, M., De los Rios, P., & Wink, M. 2014: Biodiversity of the Hypersaline Urmia Lake National Park (NW Iran). *Diversity*, 6(1), s. 102 – 132.
- [9] Abbaspour, M., Javid, A. H., Mirbagheri, S. A., Givi, F. A., & Moghimi, P. 2012: Investigation of lake drying attributed to climate change. In *International Journal of Environmental Science and Technology*. 9(2), s. 257 – 266.
- [10] ULRP (Urmia Lake Restoration Program). 2017. Lake Urmia Restoration Programme [Website]. <http://ulrp.sharif.ir/>.

# História úpravy Moravy na slovensko-rakúskej hranici

**Ing. Vladimír Slaninka**

Airwave s.r.o.

## Anotácia

Rieka Morava v minulosti slúžila ľuďom ako zdroj obživy aj ako komunikačná tepna, ale, žiaľ, zároveň často prinášala so záplavami aj škody na majetku a životoch. Snahy o jej úpravy sa preto datujú, odkedy okolo nej vznikali štátne útvary, aj keď najstaršie spoľahlivé záznamy o jej úprave pochádzajú asi spred 300 rokov. Posledný zrealizovaný medzinárodný projekt z roku 1935 je záväzný dodnes.

## ÚVOD

Naši predkovia sa vždy dožadovali úpravy toku rieky Moravy. V stredoveku sa niva Moravy využívala ako bohatý zdroj dreva, rýb a vysokohodnotných lúčnych porastov. Slovensko bolo agrárna krajina – obyvatelia boli závislí od poľnohospodárstva a pokrok bol možný len v zúrodňovaní pôdy. Pravidelné dlhodobé záplavy údolnej nivy spôsobovali veľké škody na poľnohospodárskych pozemkoch a v mnohých obciach viedli často až k hladomorom. V zaplavovaných častiach krajiny mohli byť preto len lúky, zdroj trávy a sena pre ťažné zvieratá a kone. Tieto hraničné lúky umožňovali dlhodobé táborenie armád, čo prinášalo našim predkom ďalšie ťažkosti a biedu. Priemyselnou revolúciou – rozvojom železníc a cestnej dopravy – sa znížoval dopyt sena a trvalých trávnych porastov (prepád cien sena), čo sedliakov nútilo rozorávať lúky aj v zaplavovaných oblastiach.

## HRANIČNÁ RIEKA

Rieka Morava ako hraničná rieka bola aj rakúsko-uhorskou hranicou. Mária Terézia (panovanie 1740 – 1780) chcela predchádzať hraničným sporom, ale neexistovali žiadne dokumenty týkajúce sa štátnej hranice (hraničné zmluvy). Nariaďovala preto umiestniť hraničné znaky – medzníky na hraničných miestach, kde nedochádzalo k nijakým konfliktom. Ustanovila hraničnú komisiu, ktorá po vzájomnej obojstrannej dohode určila hraničnú líniu. Za základ pri určení hranice sa bralo súkromné právo hraničných panstiev. V roku 1754 bola vydaná inštrukcia na revíziu hraníc.

V rokoch 1764 – 1787 bolo zrealizované vojenské mapovanie Slovenska. Z tohto mapovania vidno, že už v tomto období bola rieka upravovaná jednotlivými priepichmi [1].

## HRANIČNÉ SPORY

Z historických podkladov sú známe napríklad spory obce Sekule a Lichtensteinovcov. Na prelome 17. a 18. storočia prišlo k zmene toku Moravy, vznikla časť – riečny ostrov, ľudovo zvaný Sancel, ktorý patril k panstvu Ostrý Kameň. Okolo

roku 1740 zmenila svoje koryto aj rieka Dyje a od ostrova Sancel oddelila ďalší ostrov nazývaný Ostrovecz. Na novovzniknutý riečny ostrov si začali robiť nárok aj poddaní z rakúskej obce Hohenau. Vďaka podpore Lichtensteinovcov ostal obci Hohenau. Podobné spory vznikali aj v Gajarochoch, v Devínskej Novej Vsi a v Devíne [2].

## MOSTY

Ďalšie historické záznamy sa týkajú mostov cez rieku. Most z roku 1771 nahradil sústavu tzv. Marcheggských mostov, ktoré v priestore Devínskeho jazera spájali oba brehy Moravy už v 16. storočí. V roku 1866 ho zničila Napoleónova armáda.

Železničný most v Devínskej Novej Vsi bol postavený v roku 1846 v riečnom kilometri 8,28 (ďalej len rkm). V Záhorskej Vsi bol okolo rokov 1630 – 1730 zničený a obnovený a cez vojnový rok 1945 bol definitívne zničený [3, 4]. Most v Gajarochoch zo 17. storočia bol zničený povodňou v roku 1888. Most v Moravskom Svätom Jáne z roku 1833 bol spálený a znova obnovený. V roku 1925 už bol nezjazdný.

Prvé systémové úpravy toku a koryta si vynútila stavba mostov. Brehy toku boli stabilizované kamenným návozom v rôznych dĺžkach. Stabilizované úseky toku zostali v majetku pobrežných majiteľov pozemkov.

## PLAVBA

Morava bola dopravnou tepnou na splavovanie dreva do Rakúska (Cahnova), ale aj na prepravu sena, poľovnej zveri, ulovených rýb, stavebného materiálu na tzv. čajkách – drevených lodkách. V Mikulčiciach na slovanskom nálezisku sa našiel podobný čln s dĺžkou viac ako 10 metrov, ktorý pravdepodobne slúžil na takúto prepravu tovaru. Ďalej sa tam našli pozostatky drevených mostov a pilóty, ktoré zrejme slúžili na úpravu brehu rieky Moravy. Tradíciu pltníctva na Morave popísal Richard Jeřábek v knihe Karpatské vorašství v 19. století (Praha 1961) v kapitole Voražení v povodí Moravy. Neskôr prepravoval drevo parník, ľudovo nazývaný „propelák“, z Kopčian – Mikulčíc do Moravského Sv. Jána, respektíve do Hohenau, a nepravidelne



aj do Viedne [5]. Dňa 17. mája 1886 preplával prvý parník z Dunaja do vtedajšieho Dimburgu, dnešného Suchohradu, pri Malackách. Prvý cieľ sa splnil v plnom rozsahu, ba dokonca sa prekročil, lebo okrem prepravy lomového kameňa z kameňolomu, ktorý od r. 1897 poznáme pod názvom „Prvá bratislavská vápenka“ patriaca Móricovi Mittelmanovi a spol., sa splavnená časť rieky používala aj na prepravu piesku. Kvôli tomu sa vybuďovala nadúrovňová kolajnicová lanovka, z ktorej do dnešných dní ostali podporné piliere. Po brehu rieky bola vytvorená tzv. pofahová cesta (zákonný článok 201/1885 čiastka 3, § 66). Za prvej ČSR je v zákone o štátnej hranici (245/1921 článok 2) premenovaná na pruh so šírkou 1 m a jeho správu zabezpečovala pohraničná polícia až do vstupu Slovenska do Schengenského priestoru. Rakúska republika po rozdelení Československa prijala nariadenie vlády, v ktorom obmedzila plavbu na toku rieky, čo je však podľa môjho názoru porušenie povojnového usporiadania štátu definované Saintgermainskou mierovou zmluvou, ale aj spochybnenie štátnej hranice. Ekologické dôvody, ktoré sa snažia uvádzať, sú falošné, keďže povolili priemyselnú ťažbu štrkopiesku v rkm 44,9 až dva metre pod projektovaným dnom, ktorej dôsledky na vývoj toku, ale aj na ekológiu sú oveľa horšie ako plavba malými rekreačnými plavidlami.

## VÝZNAMNÉ POVODNE

Štúdie, kedy sa objavili najstaršie historické povodne, sa orientujú najčastejšie na kroniky miest a obcí, ale aj na archeologické a geologické nálezy.

## POVODNE NA DUNAJI

Stopy po historických povodniach v povodí Dunaja sú zachované na budovách (v okolí Linzu a Kremsu) už z roku 1012. Ďalej sú známe stopy po povodniach v rokoch 1210, 1344, 1402, 1466 a 1499. Najväčšou historicky známou povodňou na Dunaji je povodeň z augusta roku 1501. Bola spôsobená zrážkami na hornom povodí Dunaja. Postup zrážkovej oblačnosti podmienil superpozíciu vysokých prietokov hlavného toku a prítokov. Prietok Dunaja vo Viedni bol odhadnutý na  $14\,000\text{ m}^3\cdot\text{s}^{-1}$  (Kunsch a kol., 1998). Veľké povodne na hlavnom toku a prítokoch potom nasledovali v rokoch 1572, 1594, 1598, 1670, 1682. V novembri 1787 sa odohrala tzv. „dušičková povodeň“ s odhadovaným prietokom  $11\,900\text{ m}^3\cdot\text{s}^{-1}$ . Ďalšie dunajské povodne nasledovali v rokoch 1850, 1853, 1876, 1897, 1899, 1954, 1956, 1965, 1991 2002, 2013. Povodne v rokoch 1850, 1854 a najmä v roku 1876 sa spájajú s pretrhnutím ochranných hrádzi, zaplavením rozsiahlych území v okolí Dunaja, s pustošením a so skazou.

V roku 1876 voda zaplavila 40 obcí, 58 000 ha plochy Žitného ostrova. Napriek rozsiahlym rekonštrukciám hrádzi ďalšie povodňové udalosti z rokov 1897 a 1899 ukázali, že ani tieto rekonštrukcie nedokážu Dunaj „spútať“. Za 100 rokov (do roku 1965) sa hrádza navyšovali päťkrát. Ich pretrhnutie v lete 1965 však spôsobilo, že na Žitnom ostrove bolo zaplavených 400 obcí a osád a zaplavené územie dosiahlo maximálnu rozlohu – 104 300 ha.

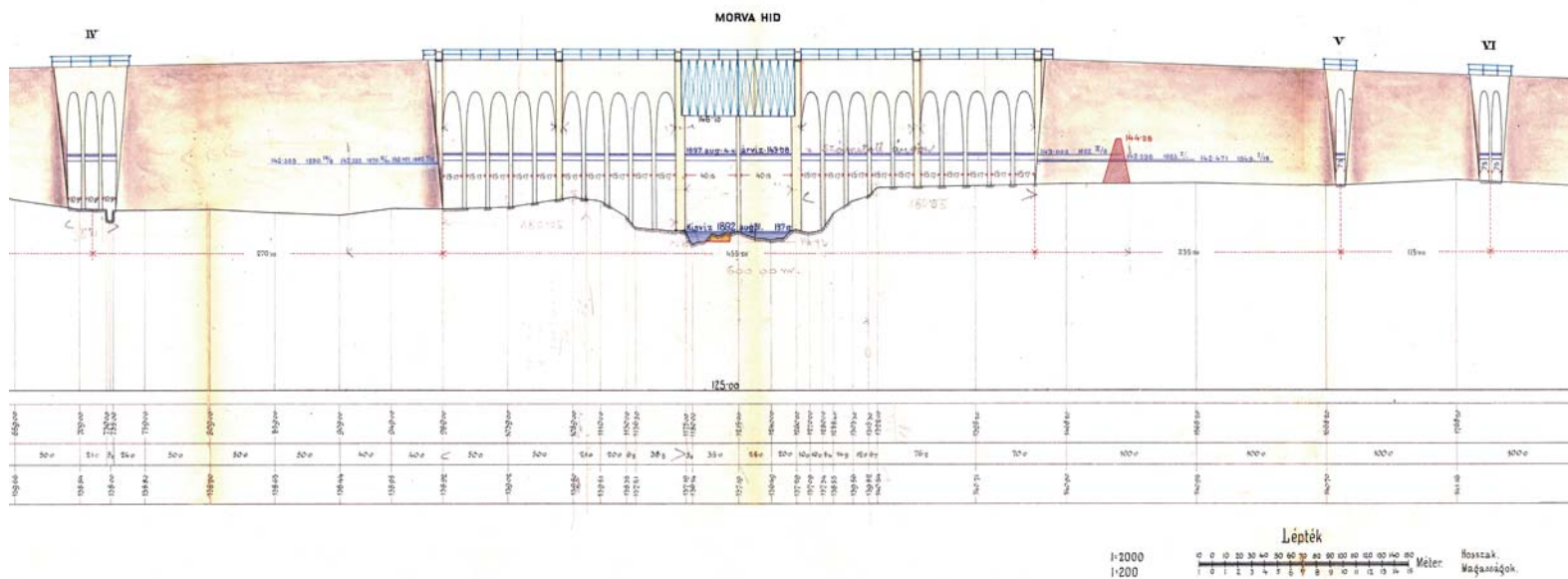
## POVODNE NA MORAVE

Na rieke Morave sú zápisy o povodniach v kronike obce Gajary, Záhorská Ves v rokoch 1897, 1885, 1926. Povodne na Morave zo 4. augusta 1897, z 13. marca 1891 a z 8. marca 1897 boli zafixované a zakreslené aj do katastrálnych máp a sú vyhodnotené v rakúsko-uhorskom projekte z roku 1898.

V povodí rieky Moravy stále rezonuje povodeň z roku 1997, ktorá mala katastrofálne následky na hornom toku rieky (v Českej republike). Na slovenskom úseku toku mala takýto katastrofálny charakter povodeň z roku 1941, kedy Morava dosiahla prietok asi  $1\,500\text{ m}^3\cdot\text{s}^{-1}$  a vlna pretrvávala viac ako 3 mesiace. Jej objem bol takmer 2-krát väčší ako v roku 1997 (Kunsch a kol., 1998) [6, 7]. Zatopené boli obce Gajary, Suchohrad, Záhorská Ves a Vysoká pri Morave. Hrádza bola umelo prekopaná v Gajaroch v hrádzovom kilometri 28,854 (Zámarská Struha). Žiadne oficiálne záznamy o priebehu tejto povodne sa nenašli, podľa ústnych vyjadrení vedúcich pracovníkov Slovenského dolnomoravského vodného družstva príkaz na prekopanie hrádze prišiel z vlády. Pravdepodobným motívom bolo odľahčenie hrádze na ochranu Veľkomeckej ríše (Rajchu). Na pamiatku tejto udalosti bol postavený pomník v Záhorskej Vsi. Povodeň v roku 2006 dosiahla prietok  $1\,400\text{ m}^3\cdot\text{s}^{-1}$  a hladina vody bola najvyššia od začiatku pravidelného merania vodných stavov (Moravský Sv. Ján 1889) [8, 9].

## ÚPRAVY MORAVY DO PRVEJ SVETOVEJ VOJNY

Rieka Morava je prevažne rovinná rieka s malým spádom a s malými rýchlosťami. Celková dĺžka toku je 352 km, z čoho 120 km pripadá na pohraničný úsek. Rieka Morava pramení na juhozápadnej strane Králického Snežníka v Jeseníkoch vo výške 1 275 m n. m. a ústi pri Devíne do Dunaja vo výške 135 m n. m. Absolútny spád je teda 1 140 m pri dĺžke toku 352 km. Celé povodie rieky Moravy má 23 936 km<sup>2</sup>. Územie pri rieke Morave trpí častými záplavami, ale aj suchom. Inundácia – záplavové územie – tvorí pruh so šírkou až 5 km. Snahy o zlepšenie odtokových pomerov a o odstránenie záplav v údolí rieky Moravy sa evidujú (podľa známych písomných záznamov) už štyristo rokov a pôvodne boli tesne spojené so záujmami umožnenia riečnej plavby a prepravy dreva na pltiach. Stará obchodná cesta z Viedne a Budapešti do Opavy využívala splavnosť rieky Moravy v úseku Devín – Olomouc. Časom boli kvôli mlynom založené pevné hate v koryte rieky, ktoré nielenže plavbu sťažovali, ale aj zhoršovali odtokové pomery na rieke Morave. V roku 1542 vyšlo nariadenie Zemského moravského snemu, podľa ktorého sa mali mlynári postarať o to, aby plavba a pltníctvo neboli hatené priečnymi stavbami, a v roku 1579 bola zriadená zvláštna komisia na kontrolu dodržiavania uvedeného nariadenia a preskúšania pomerov riečnej plavby. V roku 1653 žiadali Zemské moravské stavy cisára Ferdinanda III. o splavnenie rieky Moravy od Devína a o spojenie s riekou Odrou. Tieto zámery prerušilo vypuknutie vojny. Na popud cisárskeho miestokancelára grófa Kauníza predložil v roku 1700 Lothar von Vogemonte projekt na splavnenie rieky Moravy a spojenie s riekou Labe a Odra. Bola to zaujímavá myšlienka,



Železničný most v rkm Moravy 8,28 z Rakúsko – Uhorského projektu z roku 1890-1900

ale štátne pomery vtedy neboli naklonené jej uskutočneniu. Z roku 1717 pochádza Linekov projekt na splavovanie a regulovanie rieky Moravy. Z roku 1723 sa zachovali mapy Ing. Jozefa Wielanda v úseku Devín – Napajedla a prehľadná mapa Moravy od Ing. Altomonteho, z roku 1741 mapa Ing. Jána Křaupala. V súvislosti s neustálymi sťažnosťami obyvateľov údolia rieky Moravy poverili v roku 1771 dekrétom dvornej kancelárie ženíjného plukovníka Breguina ako člena zvláštnej komisie vyšetrovaním všetkých okolností a vypracovaním projektu na zlepšenie odtokových pomerov na rieke Morave. Breguin vypracoval projekt, v ktorom zlepšenie odtokových pomerov riešil priepichmi, zvýšením nízkych brehov a prečistením koryta a zlepšenie plavebných pomerov zase znížením hatí a zriadením plavebných komôr. Tento projekt, vypracovaný pôvodne pre úsek Hodonín – Uhorské Hradište, bol v roku 1772 schválený dekrétom dvornej kancelárie a Breguin bol poverený vypracovaním projektu pre celý úsek rieky Moravy od Kroměříže po Devín. V roku 1804 vypracoval Ing. Wiebeking regulačný projekt s vyčísleným stavebným nákladom 2 198 055 zlatých a v roku 1809 vypracoval Ing. Schemmerl projekt, ktorý sa viac-menej zhodoval s projektom Ing. Wiebekinga, jeho rozpočet bol však v roku 1811 ustálený na sume 9 000 000 zlatých. Práce spojené s plavbou mala vykonať súkromná spoločnosť, založená v roku 1807 v Brne na účely riečnej plavby na rieke Morave. Práce na ochranu proti záplavám mali hradíť záujemci z Moravy, Rakúska a Uhorska.

Prvý pokus medzinárodného spoločenstva o všeobecnejšiu úpravu pravidiel plavebného využitia riek predstavuje Záverečný akt Viedenského kongresu z r. 1815. Viedol k zásadným zmenám európskych hraníc. Viedenský kongres položil základy modernej diplomacie (čl. 108 až 116) a stanovil zásady, ktoré mali jeho účastnícke štáty premietnuť do zmlúv o „medzinárodnení“ európskych riek v zmysle ich otvorenia pre plavbu lodiam všetkých štátov.



Súčasná snímka, na ktorej vidieť pôvodné piliere mosta

V roku 1829 Ing. Erdőli a v roku 1846 Ing. Lindemann navrhovali vo svojich projektoch skrátenie toku priekopami a preloženie spodnej trasy pri Devíne do nového koryta. Udalosti v roku 1848 však znemožnili uskutočnenie prác a ďalšie urgencyie úpravy rieky Moravy mali len ten výsledok, že v rokoch 1855 – 1858 bol projekt zdokonalený.

V sedemdesiatych rokoch 18. storočia vystúpila do popredia otázka zriadenia zvláštnej vodnej cesty, plavebného kanála Dunaj – Odra. Odvtedy sa riešila úprava rieky Moravy len v súvislosti s odstránením záplav. Súčasne prichádzali zo všetkých krajov nové a nové prosby, aby sa s úpravou rieky urýchlene začalo. Vykonaním prípravných právnických prác



a štúdií bol poverený Ing. Podhájsky a Moravský zemský snem pozval v roku 1877 na rokovanie zástupcov Moravy, Rakúska a Uhorska, aby sa otázka úpravy rieky Moravy konečne definitívne doriešila.

Do roku 1885 platilo tzv. zvykové právo – majiteľ pobrežného pozemku má právo chrániť svoj pozemok. Z tohto obdobia pochádzajú mnohé spevnenia brehov Moravy kameňom, ktoré sa dajú nájsť ešte aj dnes.

V roku 1885 začal platiť 201. Zákonný článok XXIII. Z. z. O vodnom práve, kde podľa § 41 má majiteľ pobrežného pozemku právo kamennou, drevenou alebo inou dlažbou chrániť svoj pozemok, a podľa § 45 a § 159 môže štát na hraničných riekach vykonať úpravy z verejného záujmu kedykoľvek bez vodoprávného povolenia. Pozemky potrebné na úpravu musia majitelia poskytnúť podľa § 65 zdarma (tento zákon platil do roku 1955). Vodný zákon vychádzal zo súkromného, verejného práva – majiteľom vodného toku a jeho brehu bol majiteľ pobrežného pozemku.

V roku 1890 bola zriadená v Bratislave Kráľovsko-uhorská expozitúra pre úpravu rieky Moravy, ktorá dokončila v roku 1893 tzv. Uhorský projekt, zatiaľ čo rakúska vláda v roku 1894 publikovala projekt Ing. Webera. Uhorský projekt navrhoval úpravu rieky Moravy v časti ústie Morávky – Devín skrátením trasy priekopami a vybudovaním hrádzovej sústavy proti záplavám. Weberov projekt riešil úpravu založenú na podobných zásadách a v tom istom úseku.

Výsledkom prerokovania týchto projektov bol spoločný rakúsko-uhorský projekt z roku 1898, ktorý riešil úpravu pohraničnej časti rieky Moravy v úseku Rohatec – Devín. Časť trasy koryta rieky v úseku Devín – ústie Dyje mala byť skrátená priepichmi z 80 km na 64,41 km. Úprava sa riešila smernými stavbami za súčasného budovania paralelných hrádzí na maximálne prietoky veľkých vôd. Do roku 1911 boli na rieke Morave vykonané nasledujúce práce:

Miestne brehové opevnenia v riečnom kilometri 26 – 26,5, v rkm 38 a 42,5 na ľavom brehu, cca 16 km úsekov lokálnych ochranných hrádží a miestne brehové opevnenia v rkm 10, v rkm 11,5, v rkm 14 – 15, v rkm 36,55 – 37, 48 a v rkm 60 – 61 na pravom brehu.

Podľa projektu z roku 1898 boli od roku 1911 vykonávané a vykonané nasledujúce stavby:

1911 – 1913 – smerné stavby v km 0,000 – 3,700 a bagrovania koryty širokej 30 m v km 0,0 – 6,0.

1914 – 1916 – Marcheggský priepich v rkm 11,5 – 12.

1914 – 1918 – hrádze na pravom brehu medzi rkm 9,5 – 14,0 v dĺžke cca 3 km.

Ďalšie systémové úpravy toku boli iniciované stavbou čerpacej stanice povrchovej vody pre železničnú stanicu v Devínskej Novej Vsi (rkm 5,5). Pred rokom 1900 bolo upravené aj ústie Moravy a Dunaja. Tieto stavby zostali podľa vtedajšieho práva majetkom majiteľov pobrežných pozemkov.

## ÚPRAVY MORAVY PO PRVEJ SVETOVEJ VOJNE

Po skončení prvej svetovej vojny si nové štátoprávne usporiadanie vyžadovalo postupovať v súlade so Saintgermainskou mierovou zmluvou. Podľa článku 291: „Klausule o Dunaji: Dunaj od Ulmu prohlašuje sa za medzinárodný

a spolu s ním každá splavná časť této vodní sítě, která služí více než jednomu státu za přirozený přístup k moři, ať už s překládkám s lodí na loď či bez něho, rovněž i ta část toku Moravy a Dyje, která tvoří hranici mezi státem československým a Rakouskem.“ V Hlave I. sa ustanovuje sloboda plavby. Podľa článku 304: „Rakousko se zavazuje, že přijme řád, který pro Dunaj bude zaveden konferencí mocností určených mocnostmi spojenými a sdruženými; tato konference, při které zástupci Rakouska mohou býti přítomni, sejde se do roka po tom, kdy tato smlouva nabude působnosti.“ A podľa článku 309 bola uzatvorená zmluva o riešení technicko-ekonomických otázok na hraničných úsekoch Dunaja, Moravy a Dyje.

Právne režimy viacerých medzinárodných riek (vrátane Rýnu a Dunaja) sú upravené v mierových zmluvách tak, že boli výhodné pre víťazné (hoci nepobrežné) štáty a nevýhodné pre porazené (hoci pobrežné) štáty [10].

V roku 1923 Expozitúra pre úpravu rieky Moravy v Bratislave vypracovala návrh na úpravu rieky Moravy.

V roku 1925 bol vypracovaný nový projekt v troch variantoch s 18 priepichmi. V projekte boli popísané aj jeho nevýhody. Nenastala dohoda v počte priepichov, preto sa vypracoval nový projekt.

Nasledoval generálny projekt úpravy pohraničnej rieky Moravy v úseku Dunaj – ústie Dyje, ktorý v roku 1927 medzistátne prerokovali zástupcovia bývalej Československej a Rakúskej republiky. Terajšie projekty sú už vlastne len doplnením alebo detailnými plánmi projektu z roku 1925. Tento projekt navrhuje 16 priepichov a upravenie koryta na tzv. stredné vody a medzihrádzového priestoru na maximálny prietok veľkých vôd 1 280 – 1 440 m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup>.

V tomto čase bola správa rieky Moravy v úseku Devín – ústie Dyje ako pohraničného úseku pridelená referátu ministerstva verejných prác v Bratislave a ostatná Morava, vtedy vnútrozemská, zemskej správe politickej v Brne.

Urýchlené vybudovanie ochranných hrádží a ochrana údolia rieky Moravy pred záplavami bola stále naliehavejšia. Z uvedenej histórie projektovaných prác na rieke Morava vidieť, ako mnohé generácie ľudí pri Morave po celé storočia márne volali po zlepšení neutešených vodných pomerov a zistili, že len združením záujemcov bude možné dosiahnuť očakávanú nápravu. A tak dňa 7. marca 1927 za hojnej účasti verejných činiteľov na ustanovujúcom valnom zhromaždení v Malackách vzniklo Slovenské dolnomoravské vodné družstvo s cieľom chrániť proti záplavám rieky Moravy a vykonávať všestranné úpravy a meliorácie ľavostranného územia dolného toku rieky Moravy až na sever po riekou Myjavu. Záujmy Slovenského dolnomoravského vodného družstva, ako združenia 14-tisíc majiteľov 12-tisíc ha pôdy na Záhorí, sledovali aj všetky vykonávané vodohospodárske práce v povodí prítokov, lebo tieto mohli pomery v ich dolnom toku zlepšiť alebo zhoršiť. Boli vypracované projekty zahrádzovania ľavobrežného územia, úprav prítokov a hlavného vnútorného odpadu a čerpacej stanice hornej oblasti nad Rudavou. So stavbou ochranných hrádží sa začalo v roku 1927. Celkový stavebný náklad na vybudovanie ochranných hrádží, úprav výustných tratí prítokov Moravy, odvodňovacích kanálov a čerpacích staníc bol po kolaudácii v roku 1942 vyčíslený na cca 75 mil. Sk.

7. marca 1927 – založenie Slovenského dolnomoravského vodného družstva v Malackách [11].

12. 12. 1928 bola podpísaná zmluva o riešení technicko-ekonomických otázok na hraničných vodách (o vodostavbných prácach). Bola zriadená komisia a podpísaný tzv. „Hraničný štatút“.

V roku 1928 – založenie Slovenského dolnomoravského družstva [11].

V roku 1930 začal platiť zákon č. 39/18. X. 1930 Z. z. – medzinárodná zmluva, ktorá umožňovala schváliť projekt hraničnej rieky Moravy. Podľa nej každý štát môže nakladať s vodou z polovice prítoku, čo zabezpečuje suverenitu oboch štátov (čl. 28). Platnosť zmluvy bola potvrdená zákonom č. 369/2000 Z. z.

V roku 1935 nadobudol konečnú podobu ďalší projekt, ktorý je záväzný dodnes – Generálny projekt úpravy Moravy [12].

V roku 1938 bol vypracovaný nadväzujúci projekt „Úprava Moravy na malú plavbu“.

V roku 1943 bola ukončená výstavba 52,285 km ochrannej hrádze Moravy. Z úprav prítokov to bol výstuný úsek Rudavy v dĺžke 6 km s potokmi Lakšár a Porec v dĺžke 10,5 km, 20,5 km dlhá úprava potoka Maliny, vyústenie rieky Myjavy

V roku 1955 sa rozhodlo, že pôvodne plánované priepichy I a VIII nie sú nutné a potrebný je priepich XVIa. Toto rozhodnutie má dodnes svoje nasledovné dôsledky. Pôvodne plánované rovnaké výmery pozemkov (164,8 ha) medzi Rakúskom a ČSR neboli dodržané a Československo stratilo na Slovensku územie s výmerou 16,53 ha. Rozdiel bol vyrovnaný na hranici s okresom Znojmo – Československu pribudol pozemok na českej strane pri obci Hrabětice. Dodnes sa neuskutočnilo majetkovoprávne vyrovnanie medzi Českou republikou a Slovenskom. Dodnes taktiež neboli odškodnení vlastníci pozemkov odstúpených Rakúsku, ale pozemky z územia Rakúska pripadli štátu. Napriek tomu koryto Moravy a jej ochranné pásmo doteraz nie sú majetkovoprávne usporiadané. Podľa zmluvy č. 95/75 Zb. článok 17 sú hraničné územia medzi štátmi usporiadané a občania SR si nemôžu uplatňovať nároky na svoje pozemky v Rakúsku, ale len na ich náhradu v SR [13, 14].

V roku 1964 boli ukončené práce na regulácii Moravy priepichom XVIII. Stavby pri úprave rieky Moravy (priepichy) sú uvedené v priloženej tabuľke. Len tieto stavby sú momentálne v majetku SVP. Regulácia rieky Moravy 1914 – 1964 podľa generálneho projektu z roku 1935 bola skolaudovaná v roku 1964.

| Stavba                    | rkm           | Dĺžka v osi v metroch    | Štátne územie | Trvanie výstavby         |
|---------------------------|---------------|--------------------------|---------------|--------------------------|
| Priepich II               | 11,51 – 12,37 | 860                      | Rakúsko       | 1914 – 1916, 1940 – 1943 |
| Priepich III              | 15,57 – 19,45 | 3 880                    | Rakúsko       | 1948 – 1951              |
| Prechod medzi III – IV    |               |                          | Rakúsko       | 1953 – 1955              |
| Priepich IV               |               |                          | ČSR           | 1952 – 1955              |
| Priepich V                |               |                          | Rakúsko       | 1951 – 1954              |
| Prechod medzi V – VI      |               |                          | Rakúsko       | 1956 – 1957              |
| Priepich VI               |               |                          | ČSR           | 1950 – 1955              |
| Prechod medzi VI – VII    |               |                          | ČSSR          | 1957 – 1958              |
| Priepich VII              |               |                          | Rakúsko       | 1958 – 1962              |
| Priepich IX               |               |                          | 34,54 – 36,85 | 2 310                    |
| Priepich X                | ČSR           | 1924, 1940 – 1943        |               |                          |
| Priepich XI               | Rakúsko       | 1943 – 1946, 1947 – 1950 |               |                          |
| Priepich XII              | ČSR           | 1936 – 1937              |               |                          |
|                           | ČSR           | 1938 – 1945              |               |                          |
|                           | ČSR           | 1947 – 1950              |               |                          |
| Priepich XIII             | 52,85 – 53,35 | 500                      |               |                          |
| Priepich XIV              | 54,9 – 55,65  | 750                      | ČSR           | 1940 – 1946              |
| Priepich XV               | 58,1 – 59,54  | 1 390                    | ČSR           | 1943 – 1953              |
| Priepich XVI              | 63,39 – 66,27 | 2 880                    | Rakúsko       | 1956 – 1959              |
| Priepich XVIa             |               |                          | ČSR           | 1956 – 1960              |
| Priepich medzi XVI – XVII |               |                          | Rakúsko       | 1960 – 1961              |
| Priepich XVII             |               |                          | Rakúsko       | 1957 – 1963              |
| Priepich XVIII            |               |                          | Rakúsko       | 1940 – 1942              |
|                           |               |                          | Rakúsko       | 1963 – 1964              |
| Dĺžka úpravy celkom       |               | 12 570                   |               | 1914 – 1964              |

v dĺžke 5,728 km so zahrádzovaním až po Kuklov a hrádza Kúty – Brodské s dĺžkou 10,6 km. Bola ukončená výstavba čerpacej stanice Malé Leváre s odvodňovacím kanálom a rozostavaná čerpacia stanica Zohor s kanálom dokončeným pre zmenu režimu až v roku 1956.

V roku 1955 bol prijatý nový vodný zákon, ktorý znárodnil vodné družstvá a zrušil všetky povolenia na nakladanie s vodami. Zoštátnil celé vodné hospodárstvo a vytvorili sa nové štátne podniky obchodujúce s vodou.

V roku 1967 – Zmluva medzi ČSSR a Rakúskou republikou o úprave vodohospodárskych otázok na hraničných vodách (Viedeň 7. decembra 1967, vyhláška č. 57/1970 Zb.) [15].

V roku 1973 začal platiť nový vodný zákon č. 138/1973 – V § 31 a § 32 vychádza z rímskeho práva, že vodný tok a pozemky jeho koryta sú verejným statkom.

V roku 1994 – 1997 boli realizované pilotné projekty na zavodenie moravských ramien. Skončili dosť neúspešne, zanášanie ramien sa zväčšilo.



V roku 1997 sa v rámci Slovensko-rakúskej komisie pre hraničné vody schválili priebehy hladín pre  $Q_{100r}$  na hraničnom úseku Moravy. Letná povodeň v roku 1997, dunajská povodeň v roku 2002, ale aj povodeň z roku 2006 preukázali, že i tieto výpočty sú nižšie ako skutočnosť.

V roku 1995 – 1998 bola vypracovaná štúdia „Úvodné riešenie revitalizácie rieky Moravy v oblasti Tvrdonice – Devín“ (REMORAVA, 1995 – 1998). Na rakúskej strane bola obdobná štúdia pod Marthou zameraná len na ekológiu. Žiaľ, dôležité výsledky sa v ďalších štúdiách podľa môjho názoru chybné interpretovali. Mám na mysli prehľbovanie dna pripísané úprave toku, ktoré však bolo jednoznačne spôsobené rakúskou ťažbou štrku. Významná je pripomienka Ing. Jiřího Kališča, CSc.: „V roku 1997 došlo k radikálnym úpravám priebehu mernej krivky v stanici Moravský Ján, ako aj v Strážnici. Zatiaľ čo v oblasti povodňových prietokov došlo v Moravskom Jáne k zmenšeniu kapacity o stovky  $m^3 \cdot s^{-1}$ , v Strážnici tomu bolo naopak. Je otázka, či tieto zmeny sú dôsledkom zmien prietochného profilu (t. j. koryta aj inundácie) a vplyvu vegetácie na stupeň drsnosti in inundácii, alebo či sú tieto zmeny spôsobené len rôznym spôsobom extrapolácie mernej krivky pre prietoky, pri ktorých sa už nehydrometrovalo. Vyjasnenie stupňa spoľahlivosti používaných merných kriviek pokladáme za zásadný problém. V stanici Moravský Ján ide aj o vyjasnenie vplyvu vegetácie na presnosť údajov. Najväčší výskyt povodní je na hraničnom úseku Moravy v marci, teda v období vegetačného kludu. Povodeň v roku 1997 však prišla v júli, teda vo vegetačnom období. Aké rozdiely hladín teda môžu nastať v závislosti na tom, kedy sa povodeň vyskytla? Nebolo by vhodné zohľadniť tento stav aj tým, že jedna krivka by platila pre vegetačné, druhá pre mimovegetačné obdobie? Z teoretického hľadiska sme nútení konštatovať, že výpočtové metódy používané na výpočty zložených korýt sú veľmi nedokonalé, ale to nielen u nás, ale v celosvetovom meradle. Tejto problematike je potrebné venovať pozornosť v rámci základného výskumu. Revitalizovať mŕtve ramená odporúčam takým spôsobom, aby sa otvorili len zospodu a vtoky sa zahradili“ [16].

V roku 1999 – 2005 bola zrealizovaná druhá rekonštrukcia hrádze Moravy km 0,0 – 52,2. Bola zvýšená koruna hrádze

v súlade so schváleným priebehom hladín pre  $Q_{100r}$  na hraničnom úseku Moravy z roku 1967. Ďalej bola vybudovaná podzemná stena na vybraných úsekoch. Rakúska republika však rekonštruovala pravostrannú hrádzu Moravy po povodni v rokoch 2006 – 2010 oveľa dôslednejšie. Na rozdiel od našej rekonštrukcie bola podzemná stena vybudovaná po celej dĺžke aj na spätných hrádzach prítokov, na päte hrádze bola vybudovaná účelová komunikácia a za ňou odvodnenie. Ďalej boli rekonštruované všetky priepusty. Koruna hrádze v Devínskej Novej Vsi a v Devíne je nižšia ako na rakúskej strane (rozdiel 20 cm je v bezpečnostnej výške, ktorá je v našej norme nižšia).

## ZÁVER

Rieka Morava a jej trasa sa v histórii menili nielen prirodzeným spôsobom, ale aj ľudskou činnosťou a pôvodná historická trasa sa už nedá identifikovať. Dovoľm si tvrdiť, že mnohé dnešné mŕtve ramená nevznikli len prirodzeným vývojom, ale aj cielene vykonávanými priepichmi. Dnešné výpočtové metódy zložených korýt majú vysokú mieru rozptylu stredných profilových rýchlostí. Letné povodne sa vyznačujú nižšími profilovými rýchlosťami a bolo zistené, že pri zvyšovaní hladiny v toku sa stredná profilová rýchlosť znižuje. Revitalizačné zásahy, ktoré výrazne predlžujú dĺžku toku, čím zväčšujú drsnosť v ohrádzovaných korytách, sú preto hazardom. Podobným hazardom je, ak si projektant dovoľí odvolávať sa pri zvýšení drsnosti na bezpečnostné prevýšenie hrádze alebo mostnej konštrukcie. Za posledných 80 rokov sa koruna ochrannej hrádze Moravy musela dvakrát zvyšovať. Všetky doterajšie výpočty sa kalibrovali na jarné povodne. Letná povodeň v roku 1997 dosahovala 5- až 10-ročný prietok, ale výška hladiny vody bola na úrovni 100-ročného prietoku. Povodne v roku 1997, 2002, 2006, 2013 sa zvládli len vďaka vysokému nasadeniu záchranných zložiek a vysokej odbornosti povodňových technikov a ostatných pracovníkov SVP závodu Malacky a Dunaj. Je potrebné naďalej pokračovať vo zvyšovaní bezpečnosti a postupovať tak, aby nás budúce povodne nezastihli nepripravených.

## Literatúra:

- [1] Geoportál – vojenské mapovanie 1764 – 87 (<http://geoportal.gov.sk/sk/map/7>)
- [2] Mária Zacharová (<https://www.zahorskemuzeum.sk/zapadna-hranica-juzneho-zahoria-za-panovania-marie-terezie/>)
- [3] História mostov DNV ([https://www.tikdnv.sk/?page\\_id=15](https://www.tikdnv.sk/?page_id=15))
- [4] Splavnená Morava ([https://www.tikdnv.sk/?page\\_id=13](https://www.tikdnv.sk/?page_id=13))
- [5] Palkovič, K. 1999: Obec Brodské. Print-servis, s. 102, 170.
- [6] Horváthová, B. 2003: Povodeň, to nie je len veľká voda. SAV 2003.
- [7] Kolektív autorov 2018: Historické povodne na území Slovenska a ich význam v hydrológii. SAV, 2018.
- [8] Kolektív autorov 1996: Vysoká pri Morave od praveku po dnešok. Vlastivedná monografia. s. 30 – 31, 49 – 51.
- [9] Hallon, P.: Gajary. s. 44, 53, 204, 207 – 211.
- [10] Vodné právo: [1. KLUČKA, J.: Medzinárodné právo verejné všeobecná a osobitná časť Bratislava: IURA EDITION, 2008 alebo 2011).
- [11] Slaninka, V. 2017: Deväťdesiat rokov od založenia Slovenského dolnomoravského vodného družstva v Malackách. In: Vodohospodársky spravodajca. 2017, č. 7 – 8, s. 11.
- [12] Slaninka, V. 2016: 80 rokov od schválenia projektu úpravy Moravy. In: Vodohospodársky spravodajca. 2016, č. 1 – 2, s. 17.
- [13] Zmluva medzi ČSSR a Rakúskou republikou o spoločných štátnych hraniciach (Viedeň 21. decembra 1973, vyhláška č. 95/1975 Zb.)
- [14] Dohoda medzi Slovenskou republikou a Rakúskou republikou o zmene Zmluvy medzi ČSSR a Rakúskou republikou o spoločných štátnych hraniciach z 21. decembra 1973. Uverejnenie v Zbierke zákonov pod č. 530/2005, nadobudnutie platnosti: 30. novembra 2005.
- [14] Zmluva medzi ČSSR a Rakúskou republikou o úprave vodohospodárskych otázok na hraničných vodách (Viedeň 7. decembra 1967, vyhláška č. 57/1970 Zb.).
- [16] Úvodné riešenie k problematike revitalizácie rieky Moravy v úseku Tvrdonice – Devín. VÚVH, E 01.11, s. 25, 26.

# Informácie o nových STN

**Mgr. Daša Borovská**

Výskumný ústav vodného hospodárstva

**V máji a júni 2019 vyšli v oblasti vodného hospodárstva tieto slovenské technické normy:**

**STN EN ISO 15681-2: 2019** (75 7481) Kvalita vody. Stanovenie obsahu ortofosforečnanov a celkového obsahu fosforu prietokovou analýzou (FIA a CFA). Časť 2: Metóda kontinuálnej prietokovej analýzy (CFA)

*Norma vyšla v anglickom jazyku.*

*Vydaním STN EN ISO 15681-2: 2019 sa zrušilo predchádzajúce vydanie tejto normy STN EN ISO 15681-2: 2005.*

**STN P ISO/TS 17379-2: 2019** (75 7434) Kvalita vody. Stanovenie selénu. Časť 2: Metóda atómovej absorpčnej spektrometrie (hydridový postup)

*Norma vyšla v anglickom jazyku.*

*Vydaním STN P ISO/TS 17379-2: 2019 sa zrušila norma STN ISO 9965: 1996 Kvalita vody. Stanovenie selénu. Metóda atómovej absorpčnej spektrometrie (hydridový postup).*

**STN EN ISO 8199: 2019** (75 7810) Kvalita vody. Všeobecné požiadavky a pokyny na stanovenie mikroorganizmov kultivačnými metódami

*Norma vyšla v anglickom jazyku. Pripravuje sa preklad do slovenského jazyka.*

*Vydaním STN EN ISO 8199: 2019 sa zrušilo predchádzajúce vydanie tejto normy STN EN ISO 8199: 2008.*

**STN EN 17075: 2019** (75 7036) Kvalita vody. Všeobecné požiadavky a prevádzkové skúšky pre monitorovacie zariadenia vody. Meracie prístroje

*Norma vyšla v anglickom jazyku.*

**STN EN 17123: 2019** (75 7037) Kvalita vody. Pokyny na stanovenie stupňa modifikácie hydromorfologických znakov/vlastností brakických a pobrežných vôd

*Norma vyšla v anglickom jazyku.*

**STN EN ISO 10634: 2019** (75 7545) Kvalita vody. Pokyny na prípravu a spracovanie organických látok málo rozpustných vo vode na následné hodnotenie ich biodegradability vo vodnom prostredí

*Norma vyšla v anglickom jazyku.*

*Vydaním STN EN ISO 10634: 2019 sa zrušilo predchádzajúce vydanie tejto normy STN EN ISO 10634: 2000.*

**STN EN ISO 11704: 2019** (75 7621) Kvalita vody. Celková objemová aktivita alfa a celková objemová aktivita beta. Metóda kvapalinového scintilačného merania

*Norma vyšla v anglickom jazyku.*

*Vydaním STN EN ISO 11704: 2019 sa zrušilo predchádzajúce vydanie tejto normy STN EN ISO 11704: 2016.*

**STN EN ISO 11298-3: 2019** (75 5407) Potrubné systémy z plastov na renováciu podzemných vodovodných sietí. Časť 3: Výstelkovanie tesne dosadajúcimi rúrami

*Norma vyšla v anglickom jazyku.*

*Vydaním STN EN ISO 11298-3: 2019 sa zrušilo predchádzajúce vydanie tejto normy STN EN ISO 11298-3: 2011.*

**STN EN ISO 11297-3: 2019** (75 6131) Potrubné systémy z plastov na renováciu podzemných tlakových kanalizačných potrubí a stokových sietí. Časť 3: Výstelkovanie tesne dosadajúcimi rúrami

*Norma vyšla v anglickom jazyku.*

*Vydaním STN EN ISO 11297-3: 2019 sa zrušilo predchádzajúce vydanie tejto normy STN EN ISO 11297-3: 2013.*

**STN EN 15885: 2019** (75 6917) Triedenie a charakteristiky metód renovácie, opráv a výmeny kanalizačných potrubí a stôk

*Norma vyšla v anglickom jazyku.*

*Vydaním STN EN 15885: 2019 sa zrušilo predchádzajúce vydanie tejto normy STN EN 15885: 2011.*

**Zmena A1: 2019 k STN EN ISO 11348-1: 2009** (75 7745) Kvalita vody. Stanovenie inhibičného vplyvu vzoriek vody na svetelnú emisiu *Vibrio fischeri* (Skúška luminiscenčných baktérií). Časť 1: Metóda používajúca čerstvo pripravené baktérie

*Zmena normy vyšla v slovenskom jazyku.*

**Zmena A1: 2019 k STN EN ISO 11348-2: 2008** (75 7745) Kvalita vody. Stanovenie inhibičného vplyvu vzoriek vody na svetelnú emisiu *Vibrio fischeri* (Skúška luminiscenčných baktérií). Časť 2: Metóda používajúca dehydratované baktérie

*Zmena normy vyšla v slovenskom jazyku.*

**Zmena A1: 2019 k STN EN ISO 11348-3: 2010** (75 7745) Kvalita vody. Stanovenie inhibičného vplyvu vzoriek vody na svetelnú emisiu *Vibrio fischeri* (Skúška luminiscenčných baktérií). Časť 3: Metóda používajúca baktérie sušené vymrazovaním

*Zmena normy vyšla v slovenskom jazyku.*



Dodávateľ technologických celkov  
čistiarní odpadových vôd a úpravní vôd

envi-pur

## ČOV s membránovým bioreaktorom MBR pre zaistenie ešte lepšej kvality vyčistenej vody

### Technológia MBR je vhodná

- » Pre objekty v národných parkoch a chránených oblastiach
- » Pre vypúšťanie do podzemných vôd
- » Pre využitie vyčistenej vody ako úžitkovej
- » Pre rekonštrukcie a intenzifikácie ČOV

### Výhody technológie MBR

- » Vysoká kvalita vyčistenej vody
- » Takmer nulové koncentrácie nerozp. látok, baktérií a vírusov
- » Nižšie požiadavky na objemy nádrží a zastavanú plochu

### Ponúkané ČOV s MBR

- » Domové a kontajnerové ČOV s MBR
- » Kompaktné obecné ČOV s MBR
- » Priemyselné ČOV s MBR



envi-pur

### ENVI-PUR.SK, s.r.o.

Obchodná kancelária:  
Zvolenská 27  
821 09 Bratislava  
Slovenská republika

### www.envi-pur.sk

Milan Drda, konateľ  
telefon: +421 911 897 897  
e-mail: info@envi-pur.sk



VodaTím

## VodaTím s.r.o.

Zvolenská 27, 821 09 Bratislava  
e-mail: vodatim@vodatim.sk  
www.vodatim.sk

## Bezpečná pitná voda zdravie a ekológia

- » výskum a prieskum vo vodnom hospodárstve
- » odber a analýza vzoriek vody
- » návrh technológie úpravy vody
- » poloprevádzkové a prevádzkové overenie navrhnutých technológií a technologických zariadení na úpravu vody
- » dodávka technologických zariadení
- » prevádzkovanie verejných vodovodov a kanalizácií
- » organizovanie konferencií a seminárov v oblasti pitných vôd
- » činnosť podnikateľských, organizačných a ekonomických poradcov
- » dodávka biodegradovateľných a ekologických výrobkov na čistenie, pranie



Sebastián Kvašňák, Najcennejšia pre všetkých



