



VODOHOSPODÁRSKY SPRAVODAJCA

11-12 / 2020

dvojmesačník pre vodné hospodárstvo a životné prostredie







Milí čitatelia,

úlohou vodohospodárov je nakladať s vodou tak, aby sme skĺbili požiadavky občanov a potreby prírody s ohľadom na ekologické smerovanie súčasnej doby. Sú miesta, kde s vodou treba hospodáriť ekologicky, aby nám nevysychali vzácne prírodné územia, samozrejme, so zreteľom ochrany obyvateľov pred odvrá-

tenou stranou vody – povodňami. Novodobým fenoménom sú obdobia sucha, ktoré sú čoraz dlhšie a počas nich sa paralelne spotreba vody zvyšuje. Tejto tematike sa treba venovať systematicky v spolupráci so všetkými, čo majú k tomu čo povedať. Zo spoločensko-ekonomického hľadiska je dôležité nezabúdať na hydroenergetický potenciál vodných tokov. Rovnako dôležitá je naša úloha vytvárania podmienok na medzinárodnú a vnútrozemskú plavbu. Sme partnerom užívateľov vôd a odborným pomocníkom orgánov štátnej správy i samosprávnych orgánov. Širokú škálu našich pracovných činností a povinností vymedzujú zákony, európska Rámcová smernica o vodách, medzinárodné dohovory, predpisy a iné dokumenty.

Slovenský vodohospodársky podnik, štátny podnik (SVP, š. p.), ktorého generálnym riaditeľom som sa stal s viac ako 40-ročnou praxou vo vodnom hospodárstve, bol založený na plnenie verejno-prospešných záujmov a v minulosti zažíval patričnú hrdosť a prestíž. Žiaľ, neteší ma, že najmä za posledné roky nás verejnosť vidí nie práve v najlepšom svetle, čo som mohol sledovať aj počas posledných povodní v októbri. Áno, najmä počas povodní sú zrazu všetci

odborníkmi a, bohužiaľ, nepoznajúc problematiku, nás nekorektne hodnotia. Treba však povedať, že povodne tu vždy boli, sú a budú. Faktom sú však z minulosti, ale i súčasnosti poddimenzované financovanie, obmedzené personálne a technické kapacity pri správe štátneho majetku.

Napriek tomu SVP, š. p. prešiel za dvadsať rokov naozaj veľký kus cesty. Dnes má v správe vyše 55-tisíc kilometrov vodných tokov, čo je o 23-tisíc kilometrov viac ako na začiatku. Zvýšil sa i počet vodných nádrží na aktuálnych 303, ktorých zásobný objem je 1,5 miliardy m³ vody. Celkový spravovaný majetok predstavuje 2,4 miliardy eur.

Mojim poslaním je podporovať prirodzené rozlievanie riek v krajine a rozširovanie území ich nív, budovanie odborne i technicky zmysuplných vodozádržných opatrení tam, kde je to možné, využívanie prírodnejších materiálov pri úpravách korýt, realizovanie revitalizačných úprav korýt, ako aj zachovanie prirodzeného stavu mokradí, pretože bez vody to nepôjde. Cestu vidím aj vo vzdelávaní našich kolegov v spolupráci s ďalšími zástupcami rezortu, akademickej pôdy v oblasti environmentu a krajinného inžinierstva. Svojou časťou by sa na realizácii protipovodňových opatrení mali podieľať aj občania, ktorých sa dané opatrenie týka. Osobitnú pozornosť chcem venovať efektívnemu využívaniu moderných technológií a v neposlednom rade podpore cezhraničných programov.

Mojou snahou bude naštartovať moderný podnik 21. storočia a opäť prinavrátiť vodnému hospodárstvu hrdosť a vážnosť pri aplikácii prírode bližších opatrení, ktoré si vyžaduje dnešná spoločnosť.

Ing. Róbert Hok
generálny riaditeľ
Slovenský vodohospodársky podnik, š. p.

© Vodohospodársky spravodajca
dvojmesačník pre vodné hospodárstvo a životné prostredie / ročník 63

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

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@zvvh.sk, maria.rimarcikova@zvvh.sk

Redakčná rada: Ing. Marián Bocák, Ing. Stanislav Dobrotka, Ing. Danko Thalmeinerová, Ing. Ingrid Grundová, Ing. Pavel Hucko, CSc. (predseda), doc. Ing. Ľuboš Jurík, PhD., Ing. Danica Lešková, PhD., Ing. Jana Poórová, 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: november 2020

Zodpovedný redaktor: Ing. Mária Rimarciková

Grafické spracovanie a tlač: Polygrafické centrum, 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
Informácie o spracúvaní osobných údajov poskytované podľa čl. 13 a 14 Nariadenia nájdete na stránke www.zzv.sk

Evidenčné číslo: EV 3499/09
ISSN: 0322-886X



Foto na 1. a 4. strane obálky:
Po jesennom daždi, M. Rimarčíková
Foto na 2. a 3. strane obálky:
Podoby vody, M. Rimarčíková

- 3 Úvodník**
Editorial
R. Hok
- 5 Regotrans, spol. s r. o., 30 rokov**
Regotrans, spol. s r. o., 30th anniversary
G. Tuhý
- 10 Riadené dopĺňanie zásob podzemných vôd**
Managed Aquifer Recharge
D. Vrablíková
- 11 Prenos skúseností slovenských expertov o čistení komunálnych odpadových vôd do podmienok Gruzínska**
Experience transfer of Slovak experts on urban wastewater treatment into conditions in Georgia
A. Vranovská
- 13 Zlepšenie systému kvality pre monitoring a hodnotenie stavu povrchových vôd v Moldavsku**
Improvement of quality system for surface water monitoring and status assessment in Moldova
A. Vranovská
- 15 Vzdelávacie aktivity mladých vodárov a vodohospodárov**
Educational activities of young water managers
M. Tóth, A. Šoltísová
- 19 Projekt Dareffort – medzinárodná spolupráca a výmena údajov v oblasti predpovedných systémov v povodí Dunaja**
DAREFFORT project – international cooperation and data exchange in the field of Flood forecasting systems in the Danube river basin
V. Wendlová, M. Zvolenský
- 23 Poprúdkové zmeny zrnitosti riečnych lavíc Bečvy**
Downstream changes in the surface grain size of bars along the Bečva River
L. Janečková
- 30 Aplikácia vybraných nanomateriálov ako adsorbentov pri odstraňovaní mikropolutantov z vôd**
Application of selected nanomaterials as adsorbents for micropollutants removal from water
P. Bimová, T. Mackuľák
- 33 Stanovenie C10–13 chlóralkánov vo vode metódou extrakcie na sorpčných miešadielkach a následnou TD–GC–QQQ–MS/MS analýzou**
Determination of C10–13 chloroalkanes in water by stir bar sorptive extraction and by subsequent TD–GC–QQQ–MS/MS analysis
P. Tölgyessy, S. Nagyvová
- 37 K 80. narodeninám Viliama Šimka**
80th anniversary of Viliam Šimko
D. Barloková, J. Ilavský
- 38 Normy STN**
Slovak technical standards
D. Borovská

Regotrans, spol. s r. o.

30 rokov

Ing. Gabriel Tuhý
Regotrans, spol. s r. o.

Regotrans, spol. s r. o., je projektová, inžinierska a dodávateľská organizácia v odbore merania, regulácie a riadenia technologických procesov a silnoprúdových rozvodov v oblasti ekológie, vodného hospodárstva, energetiky a riadenia budov. Rozsah činnosti zahŕňa kompletnú finalizáciu zákaziek, t. j. od poradenskej a projektovej prípravy cez kompletný dodávateľský systém realizácie diela vrátane záručnej a pozáručnej činnosti. Regotrans, spol. s r. o., je partnerská firma spoločnosti Rittmeyer, AG. Baar/CH. Pri realizácii projektov spoločnosť Regotrans, spol. s r. o., využíva vlastné skúsenosti a know-how, ako aj skúsenosti a know-how partnerských subjektov.

Regotrans, spol. s r. o., vznikla 21. novembra 1990, jej zkladajúcimi spoločníkmi boli Ing. Gabriel Tuhý z Bratislavy, pán Zdenek Vašek z Brna, Ing. Ján Junas z Bratislavy, Ing. Samuel Kulík z Bratislavy, Ing. Rudolf Levius z Ivanka pri Dunaji a Ing. Peter Botek z Bratislavy. Riaditeľom spoločnosti sa stal Ing. Gabriel Tuhý.

Čo tomu predchádzalo, aké boli podmienky na vznik spoločnosti:



- Základ bol v druhom ateliéri projektov organizácie hlavného mesta Slovenskej socialistickej republiky Bratislavy v Stavoprojekte Bratislava.
- Poskladali sme sa po 20-tisíc Kčs a založili sme spoločnosť.

V Stavoprojekte Bratislava v druhom ateliéri, ktorého vedúcim bol Ing. arch. Jozef Slíž, bola pod vedením Ing. Gabriela Tuhého zriadená skupina merania a regulácie. Patrila do komplexu skupiny kúrenia a vzduchotechniky, ktorú viedol Ing. Peter Danko.

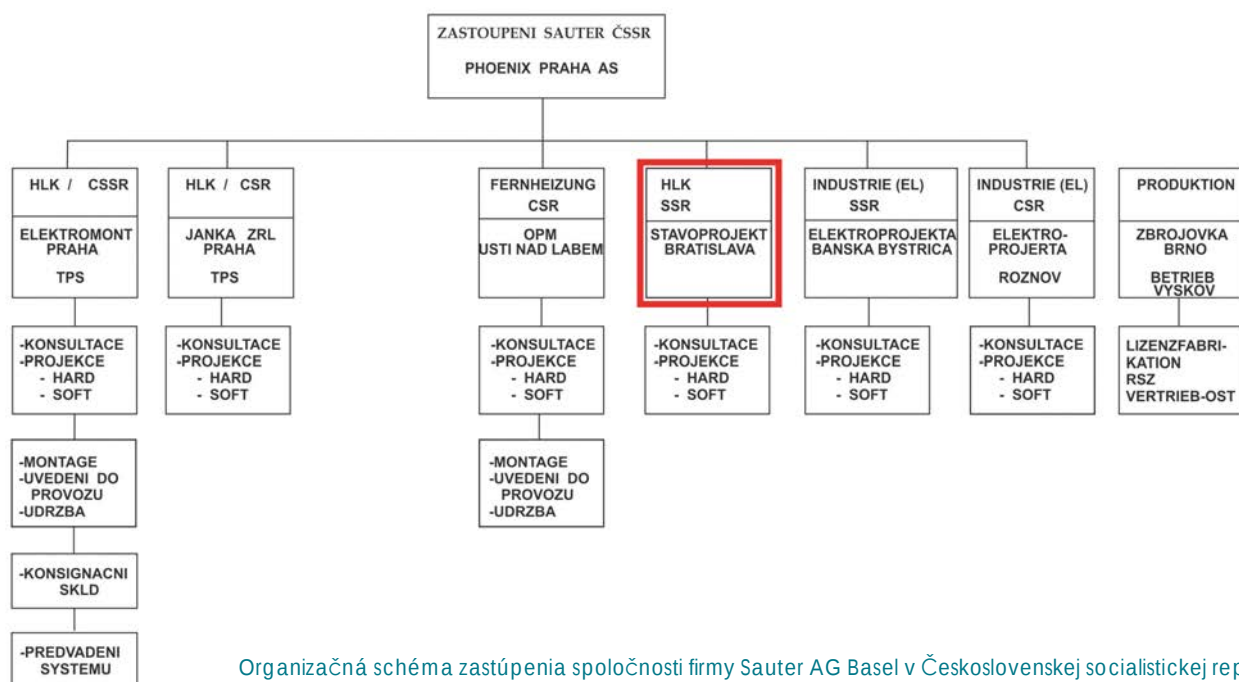
V roku 1987 sa stal vedúcim druhého ateliéru Ing. arch. Pavol Mrázek a skupina merania a regulácie sa v nasledujúcom obsadení osamostatnila.

V roku 1988 prostredníctvom spoločnosti PHOENIX PRAHA, a. s., sa pre územie Slovenskej socialistickej republiky v Stavoprojekte Bratislava v skupine merania a regulácie zriadilo technicko-poradenské stredisko pre firmu Sauter AG Basel/CH.

Týmto krokom sa na komerčnom základe zlegalizoval vzťah medzi firmou Sauter AG Basel a Stavoprojektom Bratislava. Jeho realizátorom bol Ing. Gabriel Tuhý, vedúci skupiny merania a regulácie, za výraznej nezištnej podpory riaditeľa Stavoprojektu, Ing. Jána Rybára, za čo mu patrí veľká vďaka. Bez jeho podpory, ako aj osobných garancií by sa tento krok za vtedajšej politickej situácie nebol nikdy zrealizoval.

Tak sa stal v Československej socialistickej republike Stavoprojekt Bratislava členom skupiny spoločnosti Sauter AG Basel.

Po vzniku Česko-Slovenskej Federatívnej Republiky v roku 1991 zriadila firma SAUTER AG Basel v Prahe dcérsku spoločnosť SAUTER Automation ČSFR pod vedením Ing. Jaroslava Mojžiša a súčasne i kanceláriu v Bratislava pod vedením Ing. Igora Tótha.



Organizačná schéma zastúpenia spoločnosti firmy Sauter AG Basel v Československej socialistickej republike

REGOTRANS, spol. s r. o., sa stala servisným a technicko-poradenským strediskom pre firmu SAUTER Automation ČSFR pre územie Slovenskej federatívnej republiky.

V roku 1993 po rozdelení republiky na samostatné Česko a Slovenskú republiku dochádza k novému usporiadaniu obchodno-technického pôsobenia firmy SAUTER AG Basel na území Slovenska.

REGOTRANS spol. s r. o., preberá obchodno-technickú správu nad územím Slovenskej republiky.

Mení sa meno spoločnosti Regotrans, spol. s r. o., na nové meno Regotrans – Sauter, spol. s r. o. a preberá zamestnancov, kancelárie SAUTER Automation ČSFR v Bratislave. Vedúci kancelárie Ing. Igor Tóth sa stáva spoločníkom spoločnosti Regotrans – Sauter, spol. s r. o.

Táto skutočnosť sa zlegalizovala podpisom zmluvy medzi spoločnosťou SAUTER AG Basel a spoločnosťou Regotrans – Sauter, spol. s r. o.

V roku 2004 firma SAUTER AG Basel zakladá samostatnú dcérsku spoločnosť na území Slovenskej republiky.

Dochádza k dohode o zmene mena medzi spoločnosťami Regotrans – Sauter, spol. s r. o. a SAUTER AG Basel a medzi spoločnosťou Regotrans – Sauter, spol. s r. o. a RITTMAYER AG Zug.

Regotrans – Sauter, spol. s r. o., na základe dohody mení meno na Regotrans – Rittmeyer, spol. s r. o.

V roku 2005 prišla prvá ponuka od firmy RITTMAYER AG Zug na odkúpenie spoločnosti Regotrans – Rittmeyer, spol. s r. o.

K odkúpeniu firmy Regotrans – Rittmeyer, spol. s r. o., dochádza v roku 2006.

V roku 2012 na základe dohody s koncernom BRUGG preberajú spoločnosti Regotrans – Rittmeyer, spol. s r. o. noví majitelia Ing. Gabriel Tuhý a Ing. Samuel Kulik, ktorý v spoločnosti pôsobí do roku 2018, Regotrans – Rittmeyer, spol. s r. o., sa stáva pre územie Slovenskej a Českej republiky partnerom spoločnosti Rittmeyer, AG Baar/CH. V roku 2019 sa

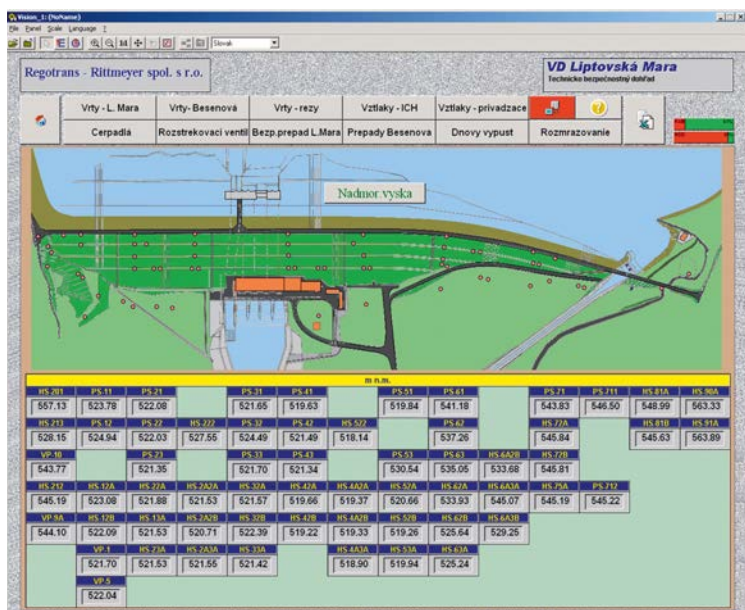


Zimný pohľad na nádrž Vodného diela Liptovská Mara

na základe koncernovej zmluvy mení obchodné meno spoločnosti Regotrans – Rittmeyer, spol. s r. o., na obchodné meno Regotrans, spol. s r. o.

V súčasnosti má spoločnosť Regotrans, spol. s r. o., tri divízie, ktoré zabezpečujú komplexné služby v odbore merania, monitoringu, kontroly, regulácie a riadenia:

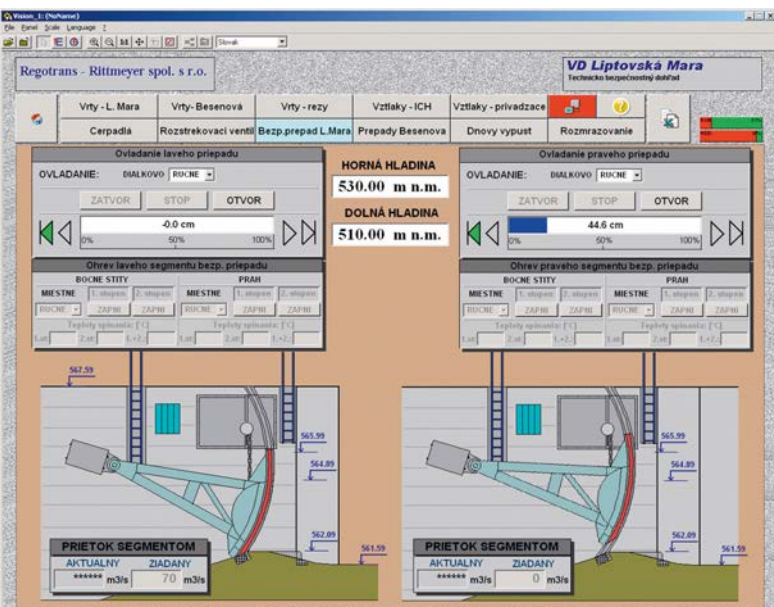
- **Vodohospodárskych stavieb**, ako sú priehrady, hrádze, odkaliská, vodárenské nádrže, kde okrem riadenia technologických častí AS RTP zabezpečuje preventívnu a aktívnu ochranu. Predmetom činnosti je poskytnutie návrhov, projektov, technických riešení a realizácie podľa prísnych kritérií na úrovni súčasného svetového trendu v oblasti budovania automatizovaných systémov riadenia, systémov technicko-bezpečnostného dohľadu, ako odbornej inžinier



Monitoring technicko-bezpečnostného dohľadu (TBD)



Bellušov vodojem v Trnave – Trnavská vodárenská spoločnosť – národná kultúrna pamiatka



Ovládanie výpustných segmentov VD Liptovská Mara

nierskej činnosti na sledovanie bezpečnosti a stability vodohospodársko-hyrotechnických stavieb, ktoré zadržiujú vodu a znamenajú riziko ohrozenia ľudských životov a majetku nielen v dotknutom území, ale aj na území vzájomne hospodársky závislom, systémov monitoringu pre projekty varovania a vyznenia obyvateľstva, štátnych a hospodárskych inštitúcií pri vzniku nebezpečnej udalosti a ďalej automatizovaných systémov výmeny krízových dát v hydraulických uznaných oblastiach.

- **Vodohospodárskych stavieb s energetickým, dopravným, zdravotníckym alebo iným využitím**, ako sú vodné elektrárne, plavebné komory, protipovodňové čerpacie stanice, závlahové čerpacie stanice, čistiare odpadových vôd, kanalizačné sústavy, vodárenské systémy atď. Medzi realizované stavby vybavené dozornami alebo

dispečerskými pracoviskami, ktoré zabezpečujú styk obsluhy s riadeným procesom, prehľad o činnosti zariadenia a energeticko – prevádzkový manažment a majú veľký národohospodársky význam napr. patria Vodárenská nádrž Bukovec, Málinec, Nová Bystrica, Teplý Vrch, Hriňová atď. Vodné stavby Vihorlat, Domaša, Ružín, Liptovská Mara, Čierny Váh, Orava, Hričov, Drahovce, Kráľová, Selice, ale aj Gabčíkovo, a to najmä plavebné komory v Gabčíkove, ďalej to boli systém protipovodňovej ochrany čerpacie stanice Čičarovce a Pavlovce nad Uhom. Automatizácia výměry krízových dát v hydraulickej oblasti Povodia Moravy a Dyje medzi ČR a SR, z oblasti zdravotného a environmentálneho inžinierstva čistiareň odpadových vôd (ČOV) Poprad, ČOV Nitra, ČOV Zvolen, ČOV Bratislava Petržalka, ČOV Bratislava Vrakuňa, ČOV Bratislava Devínska Nová Ves, ČOV Piešťany, Aglomerácie Galanta a Šamorín, Piešťany, Trnava a pod.

- **Priemyselných a energetických stavieb**, ako sú zariadenia tepelnej energetiky, napr. teplárne, kotolne, spaľovne ko-



Čistiareň odpadových vôd Matejovce – plynové hospodárstvo

munálneho odpadu, výmenníkové stanice, vykurovacie siete atď., ďalej kolektory inžinierskych sietí, elektrické rozvodne, trafostanice, sem patrili energetické hospodárstva SES Tlmače, Chirana-Prema Stará Turá, Strojárne Púchov, Vysoká letecká vojenská škola v Košiciach, Mlyn a silo Šurany, BEZ Bratislava, Mecom Humenné, Ústav nápravnej výchovy Leopoldov, Kolektory inžinierskych sietí Bratislava, ale významnú časť činnosti spoločnosti Regotrans, spol. s r. o., predstavujú stavby z oblasti riadenia budov.

RIADENIE BUDOV

táto oblasť bola prvá, s ktorou spoločnosť Regotrans, spol. s r. o., začínala, či to boli také významné stavby, ako areál bratislavskej Incheby, Slovenský rozhlas, Slovenská televízia, Divadlo Andreja Bagara v Nitre, Divadlo Jonáša Záborského v Prešove, ale hlavne budova novostavby Slovenského národného divadla v Bratislave.



Plavebné komory Vodného diela Gabčíkovo, archív SVP, š. p.

Aktivity spoločnosti Regotrans, spol. s r. o., sa počas uplynulých tridsiatich rokov zamerali nielen na samotnú realizáciu zákaziek, ale aj na činnosti v oblasti pedagogického procesu a jeho podpory zriadením viacerých softwarových a hydraulických pracovísk na výučbu študentov. Viacerí členovia spoločnosti aj aktívne pôsobili v oblasti pedagogickej výchovy. Spoločnosť Regotrans, spol. s r. o., sa aktívnym spôsobom zapájala i do činnosti Priehradného výboru a do Združenia zamestnávateľov vo vodnom hospodárstve.

Za svoju prácu a profesionálny prístup získala viacero ocenení, napríklad v rokoch 1996, 1999, 2007, 2016 prvé miesta v súťaži Zlatá Aqua za technológiu a výrobok v rámci medzinárodných špecializovaných výstav pre vodné hospodárstvo AQUA Trenčín. Čestné uznanie za mimoriadne výsledky a dl-



Novostavba Slovenského národného divadla

horočný prínos v starostlivosti o životné prostredie jej udelilo Ministerstvo životného prostredia SR. V portfóliu spoločnosti sú aj iné uznanie a ocenenia.

Spoločnosť Regotrans, spol. s r. o., sa aktívnym spôsobom zapája do procesu výskumu a vývoja, kde dosiahla i konkrétne výsledky, okrem toho s odbornou podporou Ing. Ladislava Podkonického a Dr. Ing. Antonína Tůmu pôsobí aj v konzultačnej a poradenskej činnosti pre oblasť životného prostredia so zameraním na hospodárenie s vodou a jej zadržiavaním v krajine. Túto činnosť je potrebné rozvíjať ako podmieňujúcu investíciu na dosiahnutie cieľa sebestačnosti a dostatku vodných zdrojov pre budúce generácie, zabezpečenia ekologickej revitalizácie krajiny a zvýšenia environmentálneho povedomia obyvateľstva Slovenskej republiky.

Táto problematika zahŕňa viacero tematických oblastí:

- legislatívnu, koncepčnú, hospodársku, zdravotnícku, sociálnu, politickú, strategickú a morálnu.

LEGISLATÍVNY RÁMEC

Stav v oblasti legislatívy pre uvedenú problematiku je na vyhovujúcej úrovni, je úplne uzatvorený, zodpovedá európskym pravidlám a požiadavkám. V podstatnej miere kryje všetky potrebné opatrenia, ktoré by bolo potrebné v zmysle uvedenej problematiky realizovať. Súlad prípravy a realizácie by mal byť minimálne s nasledovnou legislatívou:

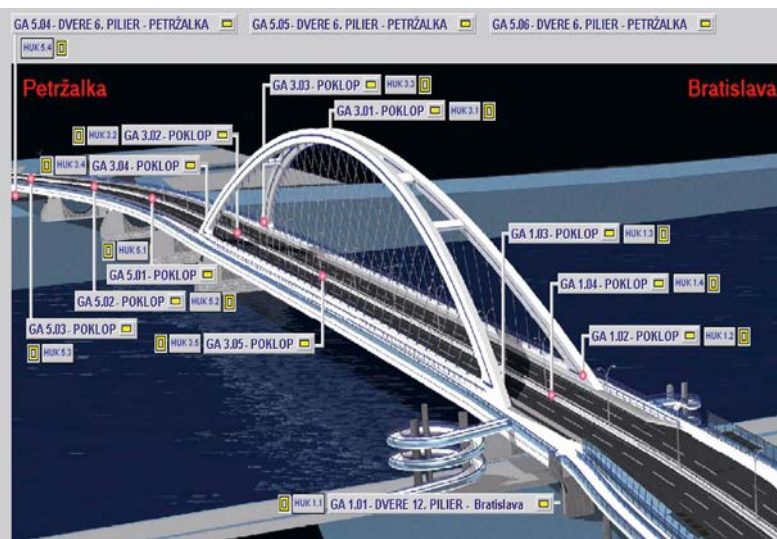
- Číslo 364/2004 Z. z. o vodách
- Číslo 7/2010 Z. z. o ochrane pred povodňami
- Číslo 326/2005 Z. z. o lesoch
- Číslo 220/2004 Z. z. o ochrane a využívaní poľnohospodárskej pôdy
- Číslo 442/2002 Z. z. o verejných vodovodoch a verejných kanalizáciách
- Číslo 250/2012 Z. z. o regulácii v sieťových odvetviach
- Číslo 5/2004 Z. z. o službách zamestnanosti
- Číslo 460/1992 Z. z. Ústava SR.

VÝCHODISKOVÁ SITUÁCIA

Navrhované koncepčné riešenie musí byť zostavené ako technicko- ekologické, nie je možné oddeliť technické riešenie od ekologického dopadu a naopak. Musí byť vyhovujúce pre životné prostredie, trvajúce min. 20 rokov, v niektorých prípadoch viac ako 50 rokov, musí byť zostavené v súlade s dodržiavaním zákonov, lebo ich nedodržiavanie navodzuje chaos vrátane vstupu diletantských riešení a neúčelného využívania verejných zdrojov.

Z pohľadu hydrologického je možné minulé obdobie hodnotiť ako obdobie blahobytu. V posledných rokoch vplyvom dopadu klimatických zmien sa výrazným spôsobom narušila prírodná rovnováha, a to nevratne. Dochádza k zvyšovaniu priemerných ročných teplôt a najväčší dopad na prírodu krajiny majú extrémne teploty, zvyšuje sa počet tropických dní a tropických nocí. Príroda reaguje na tieto extrémne zvýšenou evapotranspiráciou, snaží sa pred teplom zachrániť, snaží sa spotrebovať viac vody, aby sa rastliny ochladili, čím rastie výrazne spotreba vody, a to hlavne v tropických dňoch. Okrem zvýšených teplôt, ktoré spôsobujú popri zvýšenej eutrofizácii aj vyšší výpar z vodných plôch a z krajiny, pôsobí v posledných rokoch na krajinu aj vyššia vysušujúca veterná erózia. Vyššie priemerné ročné teploty skracujú zimné mesiace, keď má byť krajina v pokoji, znižuje sa počet dní pod snehovou pokrývkou. Vegetácia v jarných mesiacoch nastupuje o mesiac, v niektorých oblastiach aj o dva mesiace skôr a vegetačné obdobie trvá dlhšie pred príchodom zimy. Vegetácia spotrebovávajú v dlhšom vegetačnom období viac vody, ako to bolo v minulosti. V zimnom období vďaka menšej snehovej pokrývke a menšiemu počtu mrazivých dní dochádza k druhej otepľovaniu krajiny, menšia energia je spotrebovaná menším skupenským teplom topenia.

Všetky uvedené nové spotreby vody v krajine ochudobňujú vodnú bilanciú Slovenska, narušujú nevratne rovnovážny stav v prírode, klesajú prietoky v mnohých tokoch a niektoré drobné toky v letných mesiacoch vysychajú úplne, vplyvom znížených hladín sa odvodňuje údolná niva a prestávajú sa dopĺňať hladiny podzemných vôd, klesajú hladiny plytkých



Most Apollo Bratislava – kolekory inžinierskych sietí



ČOV Matejovce, dispečerské pracovisko

stôk, klesajú hladiny podzemných vôd, a tým klesá aj ich výdatnosť.

V minulosti sa sucho vyskytovalo pravidelne, obvykle však trvalo maximálne tri roky, nasledujúcich 10 rokov dokázalo vodnú bilanciu doplniť, hladiny podzemných vôd sa vracali k pôvodným hodnotám. V súčasnosti to však nie je možné. Nie je možné splniť predpoklady doplnenia vodných zdrojov, akými sú:

- zníženie priemerných ročných, mesačných teplôt,
- zníženie evapotranspirácie,
- skrátenie vegetačného obdobia,
- zníženie veternej erózie,
- vyrovnanie nerovnomerného rozloženia zrážok,
- zvýšenie priemerných ročných zrážok.

Predchádzajúcu pôvodnú rovnováhu v prírode nie je možné docieľiť, sú výrazným spôsobom ohrozené zdroje podzemných vôd, zdroje povrchových vôd, ktoré ich budú musieť nahradíť. Čím skôr je **potrebné prijať množstvo opatrení** na nastavenie a udržanie nového rovnovážneho stavu, aby významné územia Slovenska neprišli natrvalo o vodný komfort a blahobyt. Dôležité je najmä zachovanie, zvýšenie dostupnosti podzemných a povrchových vôd, nutných na zásobovanie obyvateľstva pitnou vodou.

Bolo by dobré vytvoriť a realizovať národný program na udržanie vyváženého hospodárenia s vodnými zdrojmi, ochrániť množstvo a kvalitu podzemných vôd a prijať návrh opatrení efektívneho využívania a hospodárenia s povrchovou vodou a účelného zadržiavania vody v krajine.

Slovensko patrí k najkrajším krajinám Európy, za to vďačí jednak charakteru krajiny z pohľadu morfológického a jednak vode, vodnému prostrediu, ktoré sú základom života. Bez vody, bez zdravej vody nebude života, vodu potrebuje príroda, jej prebytky umožňujú rozvoj spoločnosti a voda je nevyhnutná pre život človeka.

BOLO BY DOBRÉ DOSIAHNUŤ NASLEDUJÚCI CIEĽ

Vytvorenie národného programu – „Generelu územnej investície“ konkrétneho postupu realizácie „*východisk na zabezpečenie sebestačnosti zásobovania obyvateľstva pitnou vodou, hospodárenie s vodou a zadržiavanie vody v krajine, ako podmieňujúca investícia na dosiahnutie cieľa dostatku vodných zdrojov pre budúce generácie, zabezpečenie ekologickej revitalizácie krajiny a zvýšenie environmentálneho povedomia obyvateľstva Slovenskej republiky*“ a realizáciu súboru komplexných a konkrétnych investícií na dosiahnutie výsledku v zmysle „*Generelu územnej investície*“.

Na zadržiavanie vody v krajine neexistuje rovnaký spôsob pre celé územie republiky, k tomuto problému treba pristupovať regionálne a z hľadiska vhodnosti použitého spôsobu pre určitú územnú zónu, opatrenia musia byť organizačne nadrezortné.

Foto: archív spoločnosti Regotrans, spol. s r. o.



Riadené dopĺňanie zásob podzemných vôd

Mgr. Dana Vrblíková, PhD.

Výskumný ústav vodného hospodárstva

Úbytok zdrojov pitnej vody je obrovský problém takmer všade na svete. V podmienkach prebiehajúcej klimatickej zmeny pozorujeme postupný pokles zásob kvalitných zdrojov pitných vôd, čo môže spôsobovať konflikty medzi užívateľmi. Medzi prejavy klimatickej zmeny patrí striedanie období intenzívnych zrážok a období sucha. Prívalové zrážky nárazovo prinesú veľké množstvo vody, často spôsobujúce povodne, avšak túto vodu v krajine nezadržiavame.

Práve riadené dopĺňanie zásob podzemných vôd (MAR – Manage Aquifer Recharge) predstavuje spôsob umožňujúci zachytávanie prebytočnej povrchovej a zrážkovej vody v obdobiach s vysokou vodnosťou a jej akumuláciu v hydrogeologických kolektoroch na využitie v počas nedostatku vody. Tejto problematike sa venuje projekt DEEPWATER-CE s názvom *Vytvorenie integrovaného implementačného rámca pre systém riadeného dopĺňania zásob podzemných vôd za účelom ulahčenia ochrany stredoeurópskych vodných zdrojov, ktoré sú ohrozené klimatickými zmenami a konfliktami medzi užívateľmi*. Projekt je financovaný z operačného programu INTERREG – Central Europe; jeho implementácia sa začala v máji v roku 2019, ukončený bude v apríli roku 2022 s rozpočtom vyše 1,76 mil. eur. Na realizácii projektu spolupracuje 7 partnerov z piatich krajín strednej Európy: Maďarsko, Poľsko, Chorvátsko, Nemecko a Slovensko. Hlavným partnerom je Banský a geologický prieskum Maďarska, za Slovensko je jediným partnerom Výskumný ústav vodného hospodárstva. Hlavným cieľom projektu je vypracovanie spoločnej koncepcie na využitie metód riadeného dopĺňania zásob podzemných vôd, ktorého snahou je ulahčiť ochranu stredoeurópskych vodných zdrojov ohrozených zmenou klímy a zamedziť konfliktom medzi užívateľmi. Toto riešenie predstavuje technické zásahy do prírodného prostredia, ktoré počas krátkodobého nadbytku vôd ju zachytia a pozvoľne dopĺňajú zásoby podzemných vôd. Partneri projektu si zo širokého spektra metód riadeného dopĺňania zásob podzemných vôd na účely projektu vybrali 6 typov riadeného dopĺňania zásob podzemných vôd (MAR schém), a to infiltračné priekopy; indukovaná brehová filtrácia z riek a jazier; zásobníky podzemných vôd; infiltračné jazierka; dopĺňanie a regenerácia zvodnených vrstiev a retenčné nádrže (v uvedenom poradí na obr.1).



Obr. 1 Šesť typov MAR schém použitých v projekte DEEPWATER-CE (Autor: Andrew Berry)

Pre tieto typy MAR schém sa v rámci projektu vypracovala nadnárodná metodika na výber potenciálnych lokalít

na riadené dopĺňanie zásob podzemných vôd v strednej Európe. Metodika odpovedá na tri otázky: Kde je to možné?; Kde to bude potrebné?; Kde to bude nevyhnutné? Na podporu rozhodovania o budúcich lokalitách v strednej Európe je zosumarizovaná databáza údajov o geologickej a hydrogeologickej stavbe územia, sú zhodnotené existujúce klimatické modely a scenáre a klasifikované extrémne situácie (suchá a povodne), a ich dopad na riadené dopĺňanie zásob podzemných vôd. Výsledným produktom tejto metodiky budú mapy vhodnosti územia na umiestnenie vybraných 6 typov MAR v budúcnosti.

Uvedená metodika sa použije na štyroch pilotných lokalitách, a to v Maďarsku, Poľsku, Chorvátsku a na Slovensku. V Maďarsku je pilotná lokalita situovaná v oblasti aluviálneho kužela Maros, v pórovom prostredí zanesených ramien rieky. V Poľsku je vybrané územie v pórovom prostredí v priemyselnej oblasti mesta Tarnov. Chorvátski partneri si na výskum vybrali ostrov Vis (Dalmácia) v semiaridnom krašovom prostredí. Na Slovensku je lokalita v pórovom prostredí v poľnohospodársky využívannej Podunajskej nížine. Žitný ostrov ako súčasť Podunajskej nížiny je z geologického hľadiska charakterizovaný riečnymi kvartérnymi sedimentmi určujúcimi hydrogeologické vlastnosti kolektorov podzemných vôd. Hydrologické podmienky sú silno ovplyvnené výstavbou Vodného diela Gabčíkovo. Vzhľadom na súčasné využitie pôdy na poľnohospodárske účely predpokladáme v budúcnosti zvýšené nároky na vodu s využitím existujúcej siete hydromelioračných kanálov. V kanáloch sú technické možnosti na reguláciu prietoku vody, teda na vytvorenie tzv. retenčnej nádrže na riadené dopĺňanie zásob podzemných vôd.

Vo všetkých pilotných lokalitách sa uskutočnia počas jedného roka hydrologické, hydrogeologické a geofyzikálne merania s cieľom preskúmať podmienky na zriadenie systému riadeného dopĺňania zásob podzemných vôd. Výsledky prác budú použité na vypracovanie štúdií uskutočniteľnosti, ktoré poskytnú údaje na spracovanie návrhu opatrení tak, aby pomohli miestnym samosprávam vyrovnáť sa s nedostatkom vody, spôsobujúcim, okrem iného, aj konflikty medzi užívateľmi. A rovnako prispievajú aj k tvorbe legislatívnych odporúčaní či akčných plánov na implementáciu riadeného dopĺňania zásob podzemných vôd vo vodnom hospodárstve v strednej Európe. Poznatky o riešení riadeného dopĺňania zásob podzemných vôd a o ich environmentálnych a ekonomických výhodách sú pre zainteresované skupiny dostupné počas seminárov, ako aj na diskusnom fóre LinkedIn: <https://www.linkedin.com/groups/13837018/>.

Ďalšie informácie a novinky o projekte Deepwater-CE môžete nájsť na stránke projektu <https://www.interreg-central.eu/Content.Node/DEEPWATER-CE.html>.

Prenos skúseností slovenských expertov o čistení komunálnych odpadových vôd do podmienok Gruzínska

RNDr. Andrea Vranovská, PhD.

Výskumný ústav vodného hospodárstva

Po podpísaní Asociačnej dohody medzi EÚ a Gruzínskom, ktorá nadobudla platnosť 1. júla 2016, Gruzínsko, ako transformujúca sa krajina, čelí rôznym problémom a výzvam aj v oblasti vodného hospodárstva a ochrany životného prostredia. Napriek značnému pokroku a orientácii vodnej politiky na princípy definované v legislatíve EÚ, sa v Gruzínsku stále vyskytujú problémy, hlavne v oblasti sanácie odpadových vôd a implementácie smernice EU 91/271/EHS o čistení komunálnych odpadových vôd. Podobne ako aj ostatné krajiny bývalého Sovietskeho zväzu trpí Gruzínsko v oblasti vodného hospodárstva jednak hlboko zakoreneným sektorovým prístupom, kde absentoval integrovaný prístup k ochrane a využívaniu vodných zdrojov a krajiny, jednak nedostatočným financovaním potrieb vodného hospodárstva, hlavne čo sa

týka ochrany a prevencie znečisťovania vodných zdrojov (napr. výstavba kanalizačnej siete a čistiarní odpadových vôd, tak mestských, ako aj priemyselných).

Keďže Gruzínsko nemá dostatočné tak finančné, ako aj personálne zázemie, aby tento problém riešilo z vlastných zdrojov, finančná pomoc zo Slovenskej agentúry pre medzinárodnú rozvojovú spoluprácu (SAMRS) je výrazným nástrojom na posun vpred pri sanácii odpadových vôd v Gruzínsku.

Výskumný ústav vodného hospodárstva (VÚVH) má s implementáciou smernice EU 91/271/EHS bohaté skúsenosti. Navyše, bývalé podmienky postsocialistického Slovenska vytvorili platformu na hlbšie porozumenie súčasných podmienok v Gruzínsku, preto problémy, s ktorými sa boria gruzínski partneri, sú slovenským expertom známe a pochopiteľné.



Odber vzoriek v povodí Alazani, Irakli Kordzaia

Realizácia projektu významnou mierou prispela k zosúladieniu legislatívy v Gruzínsku v oblasti ochrany vôd s požiadavkami EÚ. Na splnenie cieľa projektu sa uskutočnili aktivity zamerané na zvýšenie vedomostnej úrovne a pochopenie technických a ekonomických požiadaviek v Gruzínsku.

V prvom rade sa v Gruzínsku vykonala analýza súčasného stavu povrchových vôd, týkajúca sa eutrofizácie (obsah dusíka a fosforu). Urobila sa na základe sumarizácie a vyhodnotenia údajov potrebných na určenie citlivých oblastí v povodiach Gruzínska, teda údajov o znečistení povrchových vôd nutričnými, konkrétne dusíkom a fosforom. Uvedené nutrienty spôsobujú problém s eutrofizáciou (zvýšený rast zelených rias/fytozložky vo vodnom prostredí), ktorá bráni rozvoju „zdravých“ vodných ekosystémov. Z dôvodu nedostatku údajov, najmä biologických prvkov kvality povrchovej vody, sa využila synergia s inými projektmi a matematický model umožňujúci odhad obsahu zelených rias (chlorofyll „a“) v povrchovej vode. Na vyhodnotenie stavu vôd sa použili údaje z monitoringu povrchových vôd vodných útvarov, tak ako ich definuje Rámcová smernica EÚ o vodách 2000/60/EK pre limitné hodnoty „dobrý ekologický stav“, ktoré sú definované v právnych predpisoch Slovenska (v súčasnosti nie sú stanovené klasifikačné schémy kvality povrchovej vody v Gruzínsku). Následne sa spracovala metodika na určenie citlivých oblastí v Gruzínsku v súlade s požiadavkami smernice EÚ 91/271/EHS. Na vypracovanie metodiky sa využili aj skúsenosti z medzinárodných projektov a poznatkov z iných krajín EÚ, ktoré majú podobný charakter vodných zdrojov ako Gruzínsko. Metodika sa prediskutovala s Ministerstvom životného prostredia a poľnohospodárstva Gruzínska a predniesla zástupcom štátnej správy a ochrany vodných zdrojov počas on-line školenia. Metodika na určenie citlivých oblastí sa aplikovala na vybrané povodie v Gruzínsku, išlo o povodie rieky Alazani. Pri výbere povodia sa zdôraznila dostupnosť údajov o kvalite povrchových vôd, ako aj o aglomeráciách s existujúcou kanalizáciou (aj čistiarňou odpadových vôd), a aj bez nej. Pre splnenie smernice o čistení komunálnych odpadových vôd sa pozornosť venovala aj metodike na stanovenie aglomerácií podľa požiadaviek smernice EÚ 91/271/EHS (3 kategórie – nad 100-tisíc ekvivalentných obyvateľov (EO); od 100-tisíc – 10-tisíc EO; a od 2-tisíc do 10-tisíc EO). V metodike sa zohľadnili rozmanitosti vybraných aglomerácií so zástúpením aspoň dvoch kategórií v zmysle smernice EÚ 91/271/EHS, ako aj konkrétne podmienky v Gruzínsku – geografia (sklon územia a celkové terénne podmienky pre prípad spájania obcí a miest do jednej aglomerácie), hydrologické a klimatické podmienky a riadenie samosprávy. Metodiku podporila databáza konkrétnych údajov o všetkých sídlach bez ohľadu na kategóriu, existenciu kanalizácie a spôsob čistenia odpadových vôd. Navyše sa zohľadnili aj zámery gruzínskej vlády, v ktorých mestách plánuje v najbližšom čase vybudovať vodnú infraštruktúru. V rámci metodiky sa do úvahy bral súčasný stav sanácie mestských odpadových vôd, ako existujúca kanalizácia, čistiarne odpadových vôd vrátane použitých technológií a ich kapacita vzhľadom na emisné limity pre vypúšťané odpadové vody, prípustné koncentrácie. Táto metodika stanovenia aglomerácií sa aplikovala na pilotné povodie rieky Alazani. V pilotnom povodí sa využili

všetky dostupné údaje o dĺžke kanalizačnej siete v aglomeráciách, čistiarňach odpadových vôd (ČOV), ako aj informácie o plánovaných projektoch výstavby čistiarň odpadových vôd (technické projekty) tak, aby boli zastúpené aspoň dve kategórie aglomerácií. V pilotnom území sa určilo 31 aglomerácií v dvoch kategóriách (od 2-tisíc – 10-tisíc EO a nad 10-tisíc EO). Obidve vyššie uvedené metodiky, ako aj ich aplikácie v pilotnom povodí Alazani sú vypracované aj v gruzínskej verzii, takže neexistuje jazyková bariéra na ich použitie relevantnými záujmovými skupinami na celonárodnej úrovni. Na základe údajov pre pilotné povodie rieky Alazani bol zostavený a kalibrovaný ekonomický model na výpočet investícií na výstavbu kanalizácií a čistiarň odpadových vôd v Gruzínsku. Matematický model sa zamerával na odhad investícií na výstavbu kanalizácií a čistiarň mestských odpadových vôd. Výsledky modelovania, informácie o metodikách, ako aj ich aplikácia v pilotnom povodí rieky Alazani sme predstavili zástupcom štátnej správy (aj Ministerstva životného prostredia a poľnohospodárstva Gruzínska, odboru vodného hospodárstva), miestnych samospráv, prevádzkovateľom čistiarň odpadových vôd a mimovládny organizáciám počas on-line školenia, ktoré sa uskutočnilo v septembri 2020. Navyše, v rámci programu školenia odznela informácia o stave čistenia odpadových vôd a monitoringu kvality povrchových vôd v Gruzínsku.

Treba spomenúť, že aj napriek situácii spojenej s karanténymi opatreniami štátov kvôli ochoreniu COVID-19, ktorá nastala v marci roku 2020 a pretrváva dodnes, pričom skomplikovala riešenie aktivít projektu, tieto boli úspešne ukončené.

Výstupy vo forme metodík sa cez centrálné orgány štátnej vodnej správy použijú na prípravu legislatívnych dokumentov na národnej úrovni, zameraných na transpozíciu vyššie uvedených smerníc do legislatívy Gruzínska. Gruzínsky partner, mimovládna organizácia GEO, dlhodobu spolupracuje so štátnymi orgánmi práve na implementácii EÚ legislatívy do národnej legislatívy.

Spolupráca gruzínskych a slovenských expertov bola pre obe strany obohatením a partneri nadobudli pozitívne skúsenosti v podobe vzájomného ústretového prístupu, operatívneho riešenia technických a administratívnych otázok, zahŕnutia vhodných cieľových skupín (spolupráca štátnej správy a samospráv, prevádzkovateľov čistiarň odpadových vôd), uplatnenia výstupov pri tvorbe podkladov potrebných na transpozíciu legislatívy EÚ v oblasti sanácie komunálnych odpadových vôd do podmienok Gruzínska a prenosu poznatkov v cezhraničnej spolupráci pri ochrane vôd v regióne.

Gruzínski experti spoluprácu hodnotili ako mimoriadne priateľskú, ústretovú a plodnú pre transformačný proces, keď treba zosúladiť legislatívu v oblasti vôd s požiadavkami EÚ. Rámcová smernica o vode (2000/60/EK), ktorá zastrešuje ďalšie smernice, je významným legislatívnym dokumentom, ktorého princípy treba preniesť do legislatívnych dokumentov Gruzínska. Práve s jej transpozíciou majú skúsenosti experti z Výskumného ústavu vodného hospodárstva, preto gruzínsky partner vyjadril nádej na ďalšiu spoluprácu práve v tejto oblasti s cieľom postupne splniť Asociačnú dohodu Gruzínska s EÚ.

Foto: A. Vranovská

Zlepšenie systému kvality na monitoring a hodnotenie stavu povrchových vôd v Moldavsku

RNDr. Andrea Vranovská, PhD.

Výskumný ústav vodného hospodárstva

Anotácia

Moldavsko prijalo v roku 2013 nový zákon o vodách, ktorý čiastočne transponoval aj požiadavky Smernice EÚ 2000/60/EK (Rámcovej smernice EÚ o vodách – RSV), predovšetkým v oblasti monitoringu a hodnotenia stavu povrchových vôd (ekologický stav a chemický stav). V roku 2014 podpísalo Moldavsko Asociačnú dohodu o prístúpení k EÚ, kde sú už definované aj mílniky implementácie RSV. Moldavsko vypracovalo a schválilo sériu nariadení vlády a rozhodnutí ministerstva životného prostredia, ktoré sa týkajú sledovania vôd a ich hodnotenia. V nich je daný aj rozsah ukazovateľov, ktoré sa majú monitorovať v povrchových vodách. Tento zoznam však nie je úplný, tak ako ho požaduje RSV, a v podmienkach Moldavska sú detekčné limity pre ukazovatele na úrovni, ktorá nedovoľuje správne hodnotenie vôd.

V roku 2017 sa Výskumný ústav vodného hospodárstva zapojil do riešenia projektu Rozvojového programu Spojených národov (UNDP) *Building of institutional capacities of the national surface water monitoring system according to the Water Framework Directive 2000/60/EC*. Projekt bol zameraný na identifikáciu ukazovateľov, v ktorých je potrebná harmonizácia metodických postupov v laboratóriu Štátnej hydrometeorologickej služby (SHMS), ako aj zvýšenia kvality systému riadenia činnosti laboratória. Štátna hydrometeorologická služba je rozpočtová organizácia patriaca pod Ministerstvo poľnohospodárstva, regionálneho rozvoja a životného prostredia a medzi inými činnosťami je zodpovedná za monitoring povrchových vôd v Moldavsku. Vlastní a prevádzkuje laboratória na určovanie biologických ukazovateľov kvality vôd a laboratória na chemické analýzy vôd, vzduchu a pôdy. Avšak SHMS nemá dostatočnú kapacitu na samostatné a komplexné riešenie tejto problematiky, jej kapacity postačujú na výkon prevádzky monitoringu stavu povrchových vôd. Laboratórium SHMS má akreditáciu podľa pôvodnej EN ISO 17025, no na reakreditáciu je potrebné aktualizovať systém riadenia kvality podľa aktualizovanej normy EN ISO 17025, ktorá vyšla v roku 2016. Preto vznikla potreba obnovy prístrojového vybavenia, aktualizácie metodických prístupov a zaškolenia obslužného personálu. Momentálne laboratória nezodpovedajú štandardom EÚ, hoci v nedávnej minulosti získali určitý stupeň akreditácie. Je potrebné investovať do vzdelávania a zaškolenia pracovníkov, aby boli schopní v budúcnosti vykonávať analýzy v zmysle požiadaviek smerníc EÚ.

Práve na oblasti, ktoré SHMS musí urýchlene riešiť, bol zameraný projekt *Technická podpora pri implementácii požiadaviek EU legislatívy v oblasti analýz vôd a systému manažmentu kvality pre monitoring a hodnotenie stavu povrchových vôd v Moldavsku*, financovaný Slovenskou agentúrou pre medzinárodnú rozvojovú spoluprácu (SAMRS).

Hlavným partnerom projektu bol Výskumný ústav vodného hospodárstva. Obsahom projektu bola harmonizácia analytických metód a aktualizácia systému riadenia kvality monitoringu povrchových vôd v súlade s požiadavkami právnych predpisov Európskej únie v Moldavsku. Konkrétne na zdokonalenie existujúceho metodického postupu pri analýze rádioaktivity, ortuti (Hg) a jej zlúčenín a skriningu pesticídov v monitoringu povrchových vôd v Moldavsku a zvýšenie úrovne riadenia laboratória Štátnej hydrometeorologickej služby, aktualizovanie databázového systému a systému riadenia kvality podľa novej normy EN ISO 17025.

V prvom rade bola vykonaná detailná analýza existujúcich postupov na monitoring rádioaktivity, ortuti a jej zlúčenín a pesticídov v povrchových vodách (rieky a jazerá) podľa požiadaviek Rámcovej smernice EÚ o vodách v Moldavsku. V súlade s touto analýzou sa navrhla nová metodika spĺňajúca požiadavky na kvalitu údajov, ktoré definuje RSV, a to na stanovenie rádioaktivity (zohľadňujúc špecifické podmienky v Moldavsku vinou stále pretrvávajúceho vplyvu havárie elektrárne v Černobyle – rieka Dniester); na stanovenie ortuti a stanovenie pesticídov. V nadväznosti na analýzu súčasného stavu sa spracoval metodický postup procesu stanovenia celkovej rádiácie a vybraných rádionuklidov (izotopov), ktoré sú potrebné na identifikáciu rizika, zameraný na určenie aktivity umelých nuklidov ^{134}Cs ; ^{137}Cs ; ^{60}Co ; ^{131}I v rôznych matriciach s vysokým rozlíšením gama spektrometrie HPGe detektora. Vzhľadom na potrebné aktualizácie metód sa navyše identifikovali rozdiely v existujúcom systéme riadenia kvality v laboratóriu SHMS podľa požiadaviek novej normy EN ISO 17025. Súčasný systém riadenia kvality laboratória SHMS bol prepracovaný v súlade s novou normou EN ISO 17025 a požiadavkami RSV v oblasti kvality údajov z monitoringu vôd a hodnotenia ich ekologického a chemického stavu, ako aj poznania účinnosti opatrení na zlepšenie stavu

vodných útvarov. Zavedenie nového systému riadenia kvality je podmienkou na ďalšiu reakreditáciu laboratória, aby mohlo splniť podmienky na monitoring a hodnotenie stavu povrchových vôd podľa RSV. To si vyžaduje aj cezhraničná spolupráca v rámci Medzinárodnej komisie na ochranu rieky Dunaj (ICPDR) a stavu Čierneho mora. Dôležitým prvkom v systéme riadenia kvality podľa novej normy EN ISO 17025 je aj zber a uchovávanie údajov o kvalite povrchových vôd. Preto bola potrebná modifikácia existujúcej databázy spĺňajúcej požiadavky QA/QC na uchovávanie a poskytovanie údajov tak, aby sa zamedzilo chybám pri ich manipulácii.

Pri ochrane vodných zdrojov je potrebné mať na zreteli obsah ortuti (Hg) aj pesticídov. Keďže Hg je zaradená medzi 41 prioritných látok, ktoré sú členské štáty EÚ povinné monitorovať, koncentrácia Hg a jej zlúčenín vo vodách (sedimenty a biologické prvky) sa ostro sledujú v rámci politiky EÚ. V laboratóriu SHMS, ktoré je zodpovedné za monitoring povrchových vôd, táto metóda nespĺňa podmienky na hodnotenie kvality povrchových vôd podľa RSV. Detekčný limit je vysoký a nezachytáva nižšie koncentrácie Hg a jej zlúčenín vo vodách. Preto sa musela metóda inovovať a bola spracovaná Štandardná operačná procedúra (SOP) na stanovenie ortuti a jej zlúčenín na rôznych matriciach, využívajúc atómovú fluorescenčnú spektrometriu.

Moldavsko ako krajina s intenzívnou poľnohospodárskou produkciou používa veľký rozsah pesticídnych prípravkov. Niektoré z aktívnych látok sa dostávajú aj do povrchových vôd, kde buď zostávajú vo vodnej fáze, alebo sa viažu na sedimenty a biologické prvky. Vzhľadom na to je dôležité poznať, v ktorej matici sa daná látka nachádza. Pre

laboratórium bola vypracovaná Štandardná operačná procedúra (SOP) na skríning a vyhodnotenie pesticídov v povrchových vodách. Dokumenty pre SOP boli vypracované bilingválne (anglicko-rumunsky) a spĺňajú požiadavky hodnoty limitu detekcie podľa RSV a systému riadenia kvality, čo je podmienka na akreditáciu metód. Preto predstavujú základnú vedomostnú databázu na ďalšiu akreditáciu laboratória SHMS.

Skúsenosti slovenských expertov v monitoringu rádioaktivity, ortuti a jej zlúčenín a pesticídov v povrchových vodách podľa požiadaviek Rámcovej smernice EÚ o vodách, ako aj predstavenie novej normy EN ISO 17025 bolo predmetom on-line seminára, ktorý sa uskutočnil v septembri 2020. Na seminári sa zúčastnili pracovníci laboratórií SHMS, ako aj pracovníci neziskovej organizácie INQUA Moldova, ktorá bola ďalším partnerom projektu. Napriek komplikovanej pandemickej situácii súvisiacej s ochorením COVID-19 obe strany konšatovali nadštandardnú profesionálnu úroveň a moldavská strana vysoko hodnotila prínos výstupov projektu pre ďalšiu prácu hydrometeorologickej služby a aktualizáciu systému riadenia v zmysle európskej legislatívy.

Moldavská strana indikovala oblasti novej budúcej spolupráce, ako transpozíciu legislatívy EÚ do moldavskej legislatívy v oblasti pitných vôd a monitoringu hydromorfologických zmien; aktualizáciu monitoringu povrchových a podzemných vôd; a posilnenie spolupráce v oblasti cezhraničných vôd. Je predpoklad, že aj v budúcnosti sa nájde príležitosť prehĺbovať dobré vzťahy s moldavskými kolegami pri riešení spoločných projektov.



Vzdelávacie aktivity mladých vodárov a vodohospodárov

Mgr. Miroslav Tóth¹, Ing. Alena Šoltisová, PhD.²

¹ Súkromná stredná odborná škola DSA Trebišov,

² Slovenský vodohospodársky podnik, š. p., Odštepny závod Košice



Tréningové centrum Deutsch – Slowakische Akademien (DSA) pre vodárenské profesie

Na výzvu akútneho nedostatku kvalifikovaných pracovníkov v oblasti vodárenstva a vodného hospodárstva zareagovali v školskom roku 2016/17 dve stredné školy na východe Slovenska otvorením študijného odboru Technik vodár vodohospodár. Forma vzdelávania je úplné štvorročné stredné odborné vzdelanie ukončené vysvedčením o maturitnej skúške a výučným listom. Z hľadiska organizácie výučby zahŕňa prípravu v študijnom odbore teoretické a praktické vyučovanie. Výučba je organizovaná v pravidelných cykloch, strieda sa teoretické vyučovanie s odborným výcvikom. Teoretické vyučovanie je organizované v priestoroch školy. Praktické vyučovanie prebieha v škole a vo vyšších ročníkoch aj priamo na pracoviskách zamestnávateľov. Tieto vyučovacie aktivity sú pod dozorom učiteľa odborného výcviku. Absolvent odboru je stredoškolským kvalifikovaným pracovníkom schopným samostatne vykonávať odborné činnosti v oblasti vodárenstva a vodného hospodárstva. V oblasti vodárenstva sú to činnosti spojené s realizáciou technicko-prevádzkových

prác, obsluhy a údržby objektov a zariadení na vodovodnom potrubí, lokalizácie vodovodných potrubí, lokalizácie únikov vody, kontroly kvality vody pri odbere, doprave, akumulácii a distribúcii vody. Ďalej sú to práce spojené s čistením vodovodných sietí, opravou vodovodných radov a pripojok, prevádzkou vodárenských zachytávacích, čerpacích staníc a vodojemov. V oblasti stokovania a čistenia odpadových vôd sú to riešenia technických a technologických problémov pri odkanalizovaní a čistení odpadových vôd. V oblasti vodného hospodárstva sú to práce súvisiace so správou a údržbou vodných tokov, okolia vodných tokov, prevádzkou, údržbou a opravou vodných stavieb, výkonom protipovodňovej ochrany. Ďalej si študenti osvoja technologické postupy pri prevádzke a údržbe vodohospodárskych zariadení, výpustných zariadení, hrádzí, čerpacích staníc vnútorných vôd, vodných elektrární. Po doplnení odbornej spôsobilosti na prácu s elektrickým zariadením môžu pracovať ako strojníci vodohospodárskych zariadení.



Tréningová hala určená na praktickú výučbu študentov na škole Deutsch – Slowakische Akademien (DSA)

Výučba v uvedenom študijnom odbore prebieha na Strednej odbornej škole technickej v Košiciach a Súkromnej strednej odbornej škole Deutsch – Slowakische Akademien (DSA) v Trebišove. Súkromná stredná odborná škola DSA v Trebišove patrí do portfólia nemeckého vzdelávacieho koncernu EBG (Europäisches Bildungswerk für Beruf und Gesellschaft) so sídlom v Magdeburgu, ktorý je v súčasnosti najväčším súkromným prevádzkovateľom materských, základných a stredných škôl na Slovensku. Štúdium na škole DSA v Trebišove je bezplatné, pričom škola poskytuje ubytovacie kapacity na prídruženom internáte. Budúci absolventi odboru sú po skončení pripravení nielen do praxe, ale aj na ďalšie štúdium na vysokej škole, k čomu výrazne prispieva i súčasná spolupráca so Stavebnou fakultou Technickej univerzity v Košiciach (SvF TUKE). V rámci Memoranda o spolupráci a pomoci v oblasti štúdia, vzdelávania a uplatnenia absolventov sa praktické vyučovanie realizuje na pracoviskách Slovenského vodohospodárskeho podniku, š. p. (SVP, š. p.) a pracoviskách Východoslovenskej vodárenskej spoločnosti, a. s. (VVS, a. s.). Škola DSA v Trebišove zaviedla od školského roku 2019/20 duálne vzdelávanie podpísaním zmluvy o duálnom vzdelávaní so SVP, š. p., v rámci ktorého budú študenti počas odborného výcviku pracovať na vodohospodárskych objektoch

a zariadeniach, zapájaj sa do opráv a údržby vodných tokov, zúčastňovať sa protipovodňových cvičení a získavať praktické skúsenosti v oblasti vodohospodárskych technológií. Zároveň pre mladých vodárov poskytuje škola DSA v Trebišove špeciálne školiace centrum, ktoré napomáha praktickej výučbe v odbore. Jeho súčasťou je unikátny testovací podzemný polygón s rozlohou 1 100 m², ovládaný počítačmi, na ktorom je možná výučba simulovaného zisťovania porúch vodovodného potrubia. Ide o jedinečný projekt svojho druhu pre študentov na Slovensku. Polygón vznikol vďaka pomoci VVS, a. s. Je v ňom zabudovaná vodovodná sieť v celkovej dĺžke takmer 1 500 metrov. Polygón tvoria úseky s rôznymi povrchmi – asfalt, betón, zámková dlažba, štrkodrivina a trávny porast. Pod povrchmi je v rôznych hĺbkach uložená vodovodná sieť a v rôznych hĺbkach a vzdialenostiach sú osadené tri simulátory porúch. Všetky simulátory sa ovládajú diaľkovo z riadiaceho centra umiestneného vo vodárenskej unimobunke na pozemku školy. Študenti majú k dispozícii najmodernejšie prístroje a zariadenia najvyššej kvality, ako sú prístroje na vyhľadávanie porúch a únikov vody, korelátory a snímače šumu, bezdrôtový pôdny mikrofón, ktorý dokáže zachytiť zvuk unikajúcej vody, kameru na jednoduchú kontrolu potrubia, či prístroj, ktorý je určený na vyhľadávanie

únikov vody v ťažko dostupných terénoch. V tréningovej hale je vstavaná plne funkčná vodárenská armatúra od rakúskej firmy HAWLE. Armatúra sa skladá z desiatok vodovodných objektov, medzi ktoré patrí liatinový a nadzemný hydrant, zavzdušňovacia a odvzdušňovacia súprava.

V školskom roku 2019/20 opustili bránu školy prví ôsmi absolventi, ktorí sa zamestnali v rôznych odvetviach stavebníctva. Jeden z absolventov pracuje vo VVS, a. s., závod Trebišov, a jeden pokračuje v štúdiu na Fakulte materiálov, metalurgie a recyklácie TUKE. O úspešnosti odboru a obľúbenosti školy svedčia rastúce čísla záujemcov o štúdium. V súčasnosti študuje v odbore 65 študentov. V rámci zefektívnenia kvality výučby sa študentom venuje dostatočná pozornosť z radov kvalifikovaných učiteľov, ktorí ich aktívne zapájajú do množstva súťaží. Každoročnou predvianočnou tradíciou je zisťovanie

počtu „hydrogéniov“ v škole vďaka rovnomennej súťaži, ktorá sa už tradične koná štvrtý rok pod vedením Ing. Aleny Šoltisovej, PhD., zo SVP, š. p. Súťaží sa v testovaní všeobecných, ale najmä praktických zručností vodárov. Odmenou pre víťazný tím študentov je diplom hydrogéniov. Vo februári tohto roku sa v areáli Strednej odbornej školy lesníckej v Prešove uskutočnil 3. ročník celoslovenskej súťaže žiakov stredných odborných škôl pod názvom *Bezpečné dni v práci*. Súčasťou súťaže bolo aj udelenie prestížneho putovného pohára predsedníčky OZ Drevo Lesy Voda. Vodárov na podujatí reprezentovali dvaja študenti 3. ročníka – Adam Romančák a Michal Majerský – a študent 2. ročníka Lucián Ranič, ktorí sa stali víťazmi tejto súťaže a domov si odniesli hodnotné ceny a tiež putovný pohár predsedníčky odborového zväzu. Študenti sa v oblasti BOZP a prvej pomoci pripravovali pod vedením



Praktická výučba študentov na škole Deutsch – Slowakische Akademien (DSA)



Praktická výučba študentov v priestoroch tréningového centra



Súťaž v praktických zručnostiach študentov „hydrogéniov“



Víťazný tím študentov školy DSA v Trebišove na súťaži Bezpečné dni v práci (zľava: M. Majerský, L. Ranič, A. Romančák)



Certifikát udelený študentovi A. Romančákovi za najlepší projekt SOČ v súťaži Zelený Andel

RNDr. Zuzana Štefkovej, učiteľky prírodovedných predmetov na škole. Študenti 3. ročníka Adam Romančák a Michal Majerský boli v školskom roku 2019/20 mimoriadne úspešní aj na Stredoškolskej odbornej činnosti (SOČ). Na 2. mieste krajského kola SOČ sa umiestnila práca študenta Michala Majerského s názvom *Monitorovanie vybraných ukazovateľov kvality vody na vodnom toku Trnávka*. Cieľom práce bolo monitorovanie kvality vody vo vodnom toku Trnávka v okrese Trebišov, so zhodnotením základných fyzikálnych ukazovateľov teploty vody, reakcie vody pH, konduktivity a obsahu rozpusteného kyslíka vo vode, ako aj návrh alternatívnych opatrení na optimálne zníženie negatívnych vplyvov znečisťovania vodných útvarov v povodí Trnávky. Na meranie použil prenosný multiparametrický prístroj Multimeter HI 98194 so záznamom dát, ktorý má zakúpený škola DSA v Trebišove. Práca postúpila do celoslovenského kola SOČ. Na 3. mieste krajského kola SOČ sa umiestnila práca študenta Adama Romančáka s názvom *Modelovanie prúdenia vody v koryte toku Topľa pomocou 1D modelu HEC – RAS*. Jeho cieľom bolo modelovanie ustáleného prúdenia v koryte vodného toku Topľa pomocou 1D modelu prúdenia vody HEC – RAS a návrh alternatívnych protipovodňových opatrení v danom území. Študent v rámci práce spolupracoval so SvF TUKE. Odbornou konzultantkou oboch prác SOČ bola Ing. Alena Šoltisová, PhD., zo SVP, š. p. Správa povodia Bodrogu, Trebišov, poskytla študentom podklady slúžiace výhradne pre potreby prác.



Diplom udelený študentovi M. Majerskému v krajskom kole Stredoškolskej odbornej činnosti (SOČ)

Menovaní študenti získali zároveň v súťaži *Zelený Andel 2020*, organizovanej na Fakulte prírodných vied Univerzity sv. Cyrila a Metoda v Trnave, certifikát za najlepší projekt SOČ v oblasti Ochrany a obnovy životného prostredia. V súčasnosti sa študenti Adam Romančák a Michal Majerský podieľajú pod odborným vedením Ing. Aleny Šoltisovej, PhD., zo SVP, š. p., na príprave štúdie, resp. návrhu na zachytávanie a zadržanie zrážkovej vody zo strechy budovy školy DSA v Trebišove, osadením podzemných nádrží v priestoroch átrií školy s následným využitím zachytenej vody. Projekt zahŕňa oživenie fontánok v týchto átriách, ako aj zavlažovanie navrhovaných zelených plôch trávnik a vertikálnej záhrady (zelenej steny) v átriách. Átriá po rekonštrukcii poslúžia ako relaxačné centrum pre študentov. Štúdia počíta aj s osadením podzemných nádrží na zachytávanie dažďovej vody v západnej časti budovy a s jej následným využitím na zavlažovanie ihriska, najmä v suchom období. Z mnohých aktivít, na ktorých študenti participujú, vidieť, že im nie je ľahostajné hospodárenie s vodou v krajine, a uvedomujú si, že v súvislosti so zmenou klímy sa nedostatok vody stáva kľúčovým problémom súčasnosti.

Nech výrok veľikána talianskej renesancie Leonarda da Vinci: *Vode bola daná čarovná moc byť miazgou života na Zemi* bude mementom pre všetkých študentov odboru a hnacou silou v ich ďalšom vzdelávaní.

Foto: archív školy

Projekt DAREFFORT – Medzinárodná spolupráca a výmena údajov v oblasti predpovedných systémov v povodí Dunaja

Ing. Valéria Wendlová, Mgr. Marcel Zvolenský, PhD.
Slovenský hydrometeorologický ústav

Anotácia

Medzinárodná spolupráca, koordinácia protipovodňových opatrení a zvýšenie kvality predpovedných systémov v celom povodí Dunaja je jedným z hlavných opatrení vyplývajúcich z Plánov manažmentu povodňového rizika 1. cyklu. V rámci *Danube Transnational Programme* Dunajského nadnárodného programu sa 1. júna 2018 začal Medzinárodný projekt DAREFFORT – *Danube River Basin Enhanced Flood Forecasting*.

Vytvorenie štandardizovanej medzinárodnej platformy na výmenu hydrometeorologických dát, ktorá pomôže zlepšiť kvalitu a efektívnosť predpovedných systémov v jednotlivých krajinách, je hlavným cieľom projektu. Dôležitým prvkom jeho riešenia je princíp solidarity a výmena skúseností. Koncoví užívatelia v jednotlivých krajinách budú informovaní o priebehu a výsledkoch projektu na národných workshopoch a prostredníctvom prvkov mediálnej komunikácie.

ÚVOD

Povodie Dunaja je medzinárodným územím s najväčším počtom krajín, cez ktoré rieka Dunaj a jeho prítoky pretekajú. Výskyt katastrofálnych povodní (2002, 2005, 2006, 2009, 2010, 2013 a 2014) ukázal potrebu efektívnejšie a lepšie harmonizovať regionálnu a cezhraničnú spoluprácu v oblasti predpovedných systémov.

Kvalitná hydrologická predpoveď je jedným z hlavných neštruktúrnych opatrení Plánov manažmentu povodňového rizika, vyplývajúcich zo Smernice Európskeho parlamentu a Rady 2007/60 z 23. októbra 2007 o hodnotení a manažmente povodňových rizík. Táto smernica v čl. 3 ukladá členským štátom ES „znížiť riziko nepriaznivých dôsledkov povodní najmä na ľudské zdravie a život, životné prostredie, kultúrne dedičstvo, hospodársku činnosť. Ak však majú byť opatrenia na zníženie týchto rizík účinné, mali by byť v čo najväčšom možnom rozsahu koordinované v rámci celého povodia“. Snahou každej krajiny je poskytnúť svojim užívateľom čo najkvalitnejšie predpovede, a preto vzhľadom na medzinárodný charakter rieky Dunaj je nevyhnutné mať údaje zo susedných krajín v dostatočnom časovom predstihu. Aj medzinárodná výmena skúseností a vzájomná informovanosť o predpovedných systémoch by mali skvalitniť nielen samotné predpovede, ale zabezpečiť aj lepšiu koordináciu zabezpečovacích a záchranných prác na regionálnej úrovni.

Začiatok projektu bol 1. júna 2018 a trvať má 3 roky do 31. mája 2021. Zapojilo sa doň 10 podunajských krajín, 11 projektových partnerov a 12 asociovaných partnerov (ASP). Projektovými partnermi sú spoločnosť VIZITERV Environ Ltd (HU), Economica GmbH (AT), National Institute of Meteorology and Hydrology at the Bulgarian Academy of Sciences (BG), Croatian Water-Legal entity for water management (HR), STASA Steinbeis Applied Systems Analysis GmbH (DE), General Director

of Water Management (HU), National Institute of Hydrology and Water Management (RO), Slovenský vodohospodársky podnik, š.p., Slovenský hydrometeorologický ústav, University of Ljubljana (SI), Ukrainian Hydrometeorological Center of the State Emergency Service of Ukraine, 7 pridružených asociovaných partnerov a 4 medzinárodní asociovaní partneri. Medzi nimi sú aj ďalšie hydrometeorologické, vedecké a iné medzinárodné inštitúcie so zameraním na vodohospodársky manažment.

AKTIVITY A ZAMERANIE

Jednotlivé aktivity boli rozdelené do 5 pracovných balíkov (ďalej WP). V rámci 1. balíka je zabezpečovaný projektový odborný a finančný manažment, t. j. reporting každých 6 mesiacov. Kontrolu nad jednotlivými odbornými výstupmi má vedecká rada (SCOM), ktorá je zostavená z vybraných profesionálov v danej oblasti. Na čele tohto balíka je vedúci partner celého projektu, spoločnosť VIZITERV Environ Ltd. Počas celého obdobia trvania projektu sa má organizovať 6 mítingov v jednotlivých krajinách. Slovenská republika ako projektový partner č. 5 (PP5) – Slovenský hydrometeorologický ústav v spolupráci s projektovým partnerom č. 4 (PP4) – Slovenský vodohospodársky podnik, š. p. usporiadali v Bratislave 3. periodický míting v novembri 2019.

Druhý pracovný balík zahŕňa aktivity z oblasti propagácie projektu na národnej a medzinárodnej úrovni. Verejné informácie a výstupy projektu sú prezentované na webovej stránke <http://www.interreg-danube.eu/approved-projects/dareffort>, na sociálnej sieti Facebook, LinkedIn a v pravidelnom spravodajcovi v digitálnej, prípadne tlačenej forme. Vyšli informačná brožúra v anglickom a slovenskom jazyku a prezentačné video v anglickom a slovenskom jazyku. V júni 2019 SHMÚ v rámci Dňa Dunaja zorganizoval Informačný

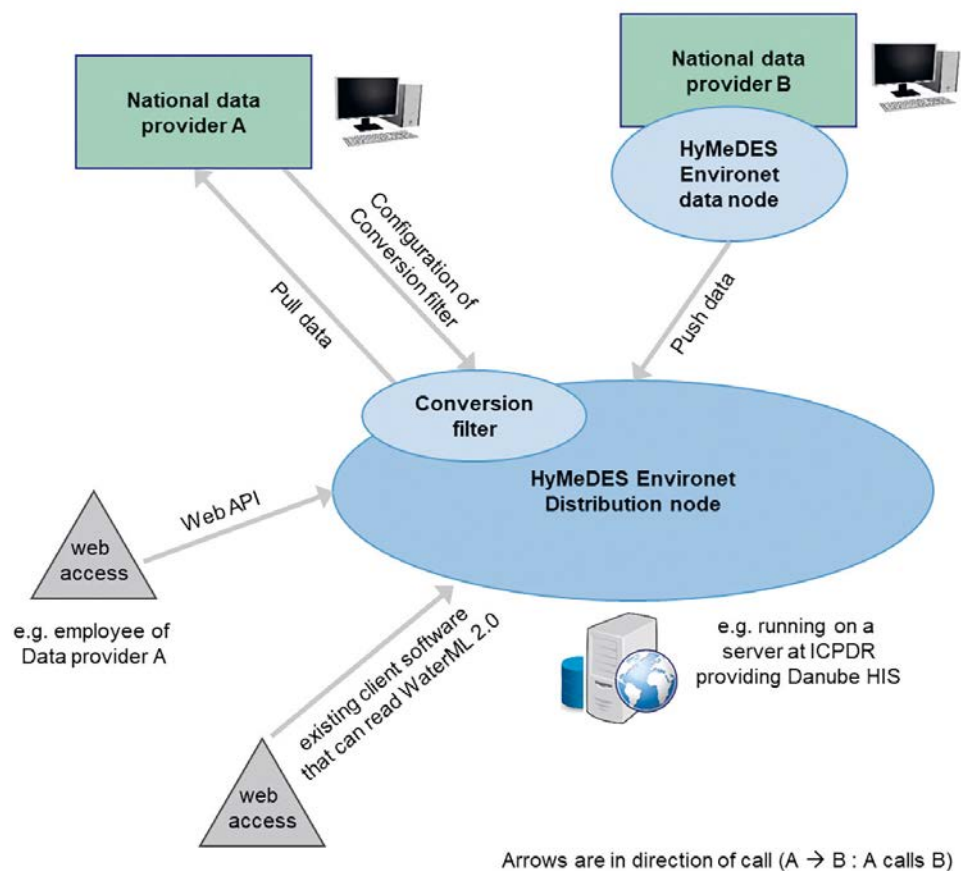


Obr. 1 Prezentácia projektu DAREFFORT v rámci Dňa Dunaja 2019

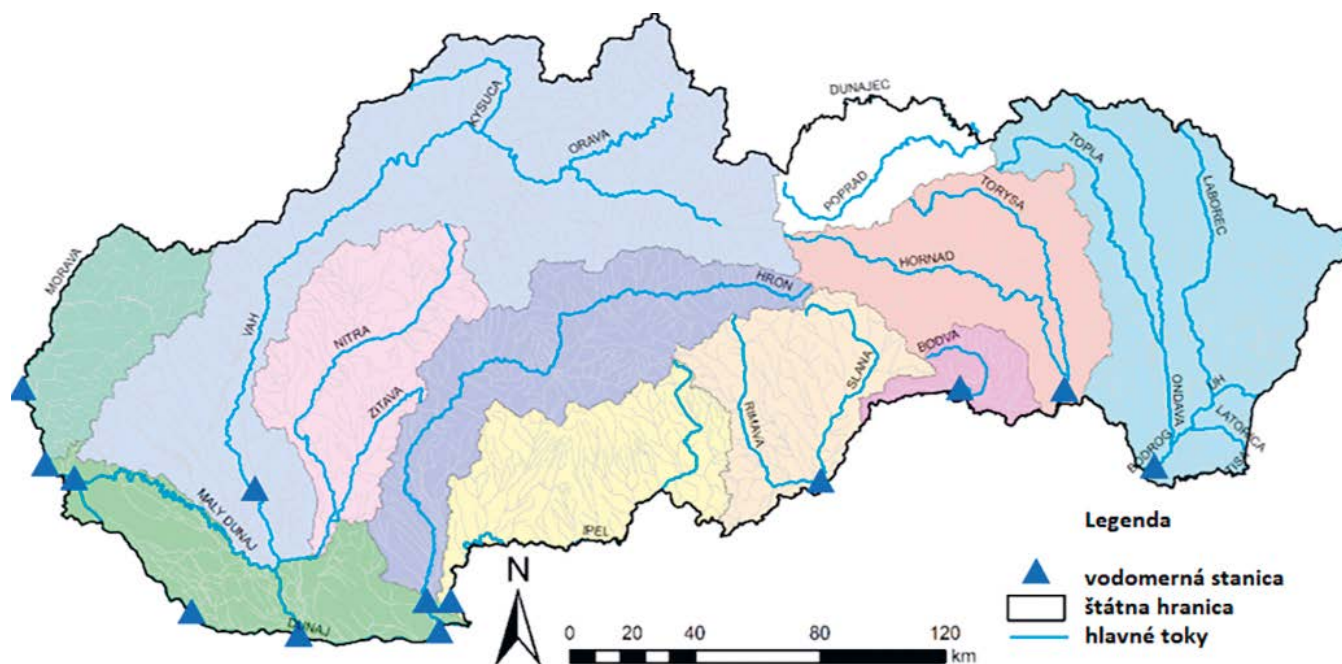
deň pre širokú verejnosť. Na stanoviskách na oboch brehoch Dunaja v centre Bratislavy sme prezentovali projekt a informovali odbornú a širokú verejnosť o predpovedných systémoch Hydrologickej predpovednej povodňovej služby SHMÚ (obr. 1).

Odborné činnosti projektu sú tematicky rozdelené do troch pracovných balíkov, ktoré sú navzájom prepojené a jednotlivé aktivity sa logicky dopĺňajú.

V treťom pracovnom balíku (WP3) sa vykonalo niekoľko analytických aktivít. V prvej perióde projektoví partneri (za Slovensko SHMÚ v spolupráci s SVP, š. p.) vypracovali „Status Quo“ o predpovednej povodňovej službe, ako aj dotazník o jednotlivých spracovávaných dátach. Výsledkom tejto aktivity je súčasný stav predpovedných systémov a metodík na predpovedanie povodní a ľadových úkazov. Druhým hlavným výstupom je návrh spoločnej vize spolupráce medzi jednotlivými krajinami. V rámci tohto výstupu sa spracovalo niekoľko čiastkových správ, a to vyhodnotenie predpovedných systémov v jednotlivých krajinách, geografické spracovanie kritických miest dátových súborov a ekonomická analýza scenárov budúcich možných predpovedných



Obr. 2 Schématický prehľad prípadov použitia produktu HyMeDES Environet



Obr. 3 Vybrané hydrologické stanice pre Danube HIS

systémov. V záverečnom dokumente tohto balíka, keďže táto aktivita sa končí v 5. perióde, je prehľad zdrojov hydrologických a meteorologických údajov s dôrazom na rozdielnosť formátov jednotlivých údajov, prehľad predpovedných systémov a jednotlivých modelov, analýza toku dát v rámci súčasnej výmeny údajov, špecifikácia predpovedných podmienok v jednotlivých krajinách a návrh možných konceptov na optimálnu spoluprácu pri výmene údajov. Výstupy z týchto dokumentov a hlavne odporúčania sa odsúhlasia na online mítingu v novembri 2020. Už teraz však možno povedať, že spolupráca medzi jednotlivými krajinami je väčšinou založená na základe bilaterálnych dohôd.

V rámci 4. pracovného balíka (WP3) partneri spoločne vypracúvajú politické odporúčania, ktoré sa predkladajú Medzinárodnej komisii pre ochranu Dunaja (ICPDR) v záujme vytvorenia Dunajského hydrologického informačného systému (DanubeHIS), čo je zásadný krok k flexibilnej a udržateľnej výmene údajov. Hlavným cieľom je zlepšiť prístup k zaznamenaným hydrologickým a ľadovým údajom a zabezpečiť harmonizovanú distribúciu pre všetky krajiny v povodí Dunaja.

Najprv sa analyzovali možnosti dostupných zdrojov údajov každého z partnerov projektu (aktuálny stav formátov údajov a používaných informačných systémov). Po zadefinovaní špecifických požiadaviek na harmonizáciu údajov každý z partnerov navrhol zoznam staníc, meraných veličín a spôsob ich zdieľania. Potom sa v rámci projektu vyvinul model na spoločnú hydrologickú a meteorologickú výmenu údajov (HyMeDEM), ktorý definuje spôsob distribúcie údajov do Distribučného uzla (centrálny server), ich konverziu na spoločný formát (Waterml2.0) a distribúciu údajov z centrálneho servera. To zabezpečuje systém HyMeDES Environet-Danube Hydrological and Meteorological Common Data Exchange

(obr. 2). Poskytovatelia dát tak vďaka softvéru nebudú musieť meniť svoje doterajšie systémy, ani sa v nich zložito prispôbovať každému partnerovi v rámci povodia.

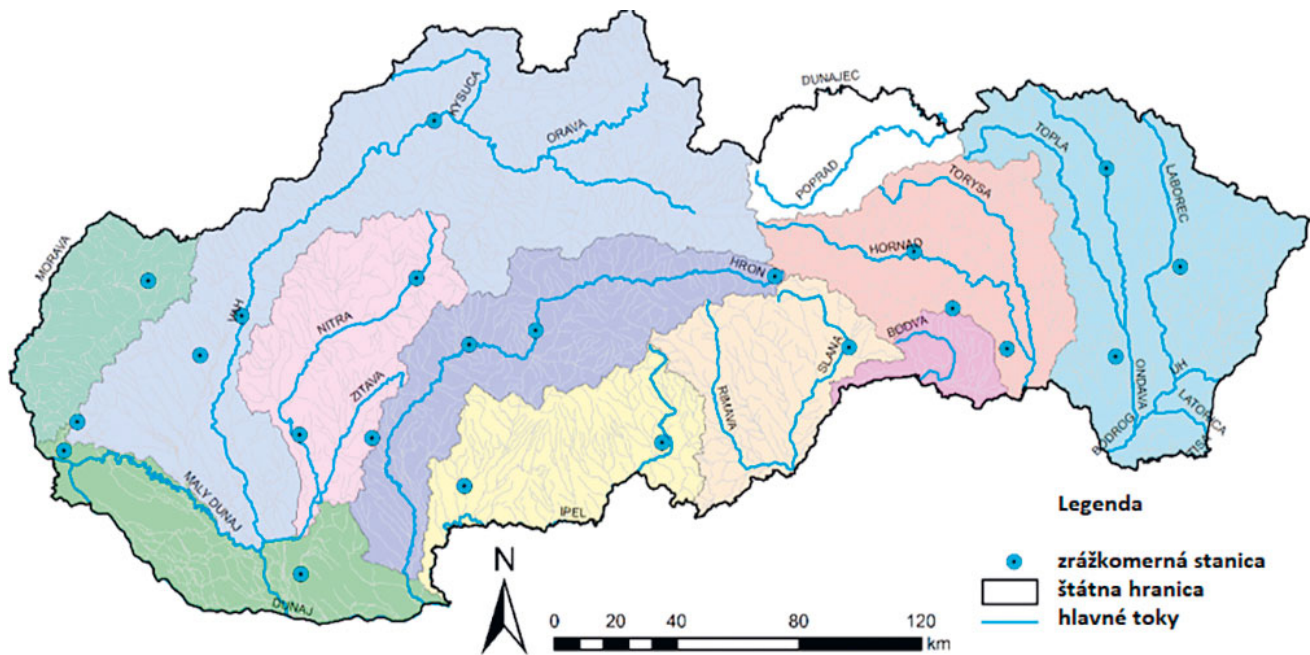
SHMÚ navrhol pre projekt Dareffort poskytnúť údaje z 13 hydrologických (vodný stav, teplota vody a prietok) a 22 meteorologických staníc (zrážky) v hodinovom časovom kroku (obr. 3 a obr. 4).

V súčasnosti sa systém blíži k svojej konečnej podobe, je v štádiu testovania a pripravuje sa dokumentácia.

Piaty pracovný balík je zameraný na interakciu s koncovými užívateľmi predpovedí. V neposlednom rade je nevyhnutné poznať skutočnú potrebu praxe a použitie a interpretáciu výstupov.

V priestoroch Vodárenského múzea v Bratislave sa v septembri 2019 uskutočnil workshop zameraný na výmenu skúseností medzi poskytovateľmi (pracovníci SHMÚ z odboru Hydrologické predpovede a výstrahy) a užívateľmi hydrologických predpovedí a výstrah (pracovníci rezortu Ministerstva vnútra SR a zástupcovia okresných úradov – odborov starostlivosti o životné prostredie, odborov krízového riadenia, zástupcovia okresných a krajských hasičských záchranných zborov, zástupcovia univerzít a Slovenského vodohospodárskeho podniku, š. p.). Užívateľia vopred vyplnili štandardizovaný dotazník, ktorý bol podkladom na diskusiu o skúsenostiach s hydrologickou prognóznou službou na SHMÚ.

Na podujatí odzneli odborné prezentácie o činnosti hydrologickej predpovednej služby a predpovedných systémoch. Pracovníci SHMÚ predstavili Hydrologickú informačnú a predpovednú službu, poukázali na konkrétne dôležité informácie na webovom sídle www.shmu.sk, hovorili o procesoch vzniku jednotlivých druhov povodní, o význame odborných výrazov používaných napríklad v textových



Obr. 4 Vybrané meteorologické stanice pre Danube HIS

správach meteorologických a hydrologických výstah. Účastníkov zaujalo aj predstavenie hydrologických pravdepodobnostných predpovedí a ich použitie v protipovodňovej ochrane.

Popoludní nasledoval pracovný workshop, kde boli účastníci rozdelení do štyroch skupín a diskutovali o svojich skúsenostiach s produktmi našej predpovednej hydrologickej služby a užívateľských preferenciách. Na základe vyjadrení účastníkov stretnutia možno povedať, že o hydrologické údaje a predpovede je zo strany odbornej verejnosti značný záujem, priamo ich využívajú vo svojej praxi a privítali by takéto stretnutia aj po skončení projektu. Pre nás bola táto príležitosť získať spätnú väzbu a spoznať užívateľské potreby tiež vzácna a nepochybne prispieje k zlepšeniam hydroprognózy služby na strane jednej a správnej interpretácii výstupov na strane druhej.

V januári 2019 sa uskutočnilo vo Viedni prvé medzinárodné stretnutie predpovedných služieb a užívateľov z jednotlivých krajín Danube Forecasting Forum (DAFF fórum), ktoré by malo predstavovať priestor na výmenu skúseností, prístupov a najnovších poznatkov v oblasti hydrologického prognózovania. V poslednom roku projektu sa má realizovať druhé stretnutie s témou budúcej spolupráce medzi jednotlivými krajinami. Po skončení projektu sa môže prirodzene jeho organizácia presunúť aj do rámca ICPDR.

Veľmi dôležitou aktivitou tohto balíka bude vytvorenie elektronického on-line školiaceho nástroja, ktorý bude slúžiť organizáciám zodpovedným za monitoring a predpovedanie v rozsahu približne 90 minút. Nástroj bude obsahovať

národné špecifiká a medzinárodné témy predpovedných systémov, otázky, cvičenia, videá a užitočné linky.

Dôležitým výstupom tohto balíka bude vývoj a testovanie výpočtového modelu v reálnom čase na úseku Dunaja Bogojevo a Železné vráta. Model sa má testovať v predpovednom centre v Srbsku v spolupráci s predpovednou službou v Rumunsku, s cieľom odhadnúť vývoj prietokov z horného úseku Dunaja a prítokov Sava, Tisa a Morava do vodnej nádrže Železné vráta.

ZÁVER

Spoľahlivá hydrologická predpoveď závisí vo veľkej miere od množstva a kvality meraných meteorologických a hydrologických premenných, ktoré sú súčasťou národných monitorovacích systémov jednotlivých krajín. Spoľahlivá kontrola a spracovanie údajov, ako aj rýchly tok údajov sú mimoriadne dôležité pre efektívne riadenie údajov, a tým aj pre hydrologickú predpoveď. Napriek tomu, že väčšina krajín v povodí Dunaja urobila výrazný pokrok v modernizácii meteorologických a hydrologických meracích sietí, a že modernizované siete poskytujú vysoko kvalitné údaje na predpovedné modely a varovné systémy, stále existuje priestor na zlepšenie.

Vývoj nových technologických nástrojov na výmenu údajov, medzinárodná platforma na vzájomnú výmenu skúseností a interakcia s koncovými užívateľmi sú hlavné výstupy projektu, ktoré by mali priniesť kvalitnejšie predpovedanie povodní a ľadových úkazov v celom dunajskom regióne a splniť jeho ciele.

Literatúra:

Čizmaziová, L., Wendlová, V 2019: Dareffort – Zdokonalené predpovedné povodňové systémy v povodí Dunaja, *Elektronický zborník prednášok z konferencie*

Manažment povodí a extrémne hydrologické javy 2019, Vyhne 8. – 9. októbra 2019. <http://www.interreg-danube.eu/news-and-events/project-news/5479>.

Poprúdové zmeny zrnitosti riečnych lavíc Bečvy

Mgr. Lucia Janečková

Slovenský hydrometeorologický ústav

Anotácia

V rámci tejto práce sa pozorovali lavice na rieke Bečve od Valašského Meziříčí až po jej sútok s Moravou. Zo zaznamenaných 52 lavíc na Bečve sa vybralo 17, na ktorých sa skúmal poprúdový trend zrnitosti a vytriedenia. Na získavanie dát sa použili metódy grid count a fotogranulometria. Porovnaním fotogranulometrie a grid countu bola vzájomná závislosť pri mediáne vyjadrená 41%. Práca si všimla vplyv mnohých antropogénnych priečných prvkov, ktoré pôsobili na Bečve ako diskonektivity. Práve tie na rieke spôsobili, že predpokladané zjemňovanie sa po prúde narušilo. Zrnitosť nemala preto typický poprúdový trend zjemňovania zrna, podobne ani vytriedenie. Najväčší vplyv na zmeny zrnitosti lavíc Bečvy majú antropogénne prvky a povodňové situácie.

ÚVOD

Rieka Bečva je štrkonosný tok, ktorý po sútoku Rožnovskej a Vsetínskej Bečvy nie je prehradený žiadnou vodnou nádržou, čo sa však má v blízkej budúcnosti zmeniť. Bečva má v súčasnosti migrujúci riečny vzor, v minulosti bola napriamená. Po povodniach v roku 1997 došlo v niektorých častiach k navráteniu sa koryta do meandrovania – tieto úseky sa ponechali prirodzenému vývoju. Na štrkonosných riekach sa predpokladá trend postupného zjemňovania zrnitosti pozdĺž toku [1, 2, 3]. Podobná situácia sa očakáva aj od stupňa vytriedenia lavíc. Na celkové rozmiestnenie sedimentov po toku a na laviciach majú však významný vplyv bariéry – diskonektivity priečneho charakteru (prírodné i antropogénne) [4]. Na území Českej republiky sa vplyv bariér pozoroval napr. na tokoch v Moravskoslezských Beskydách [5]. Na zistenie zrnitostného zloženia a vplyvu antropogénnych prehradení sa na laviciach Bečvy realizoval výskum pomocou metódy grid countu a fotogranulometrie. Dané metodiky sa porovnali, aby sa zistila ich presnosť, ako aj podobnosť veľkosti výstupných hodnôt zrnitosti [6, 7].

Článok podáva správu o stave zrnitostného zloženia a vytriedenia rieky Bečvy pozdĺž toku, zároveň ukazuje vplyv priečných prekážok na zmenu veľkosti zrna. Zameriava sa i na porovnanie výsledkov metodík grid countu a fotogranulometrie.

METÓDY A VSTUPNÉ DÁTA

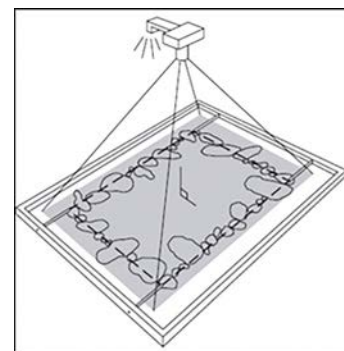
Terénnym prieskumom sa na Bečve v roku 2016 zmapovalo 52 lavíc. Na získanie dát zrnitosti povrchovej vrstvy sa na vybraných 17 laviciach využili dve z možných metód – grid count a plošné vzorkovanie fotografiou [8].

Pre metódu grid count sa na väčšine lavíc zvolili tri lokality: na začiatku, v strede a na konci lavice. V týchto bodoch sa vytvoril grid zo zvinovacích metrov v obdĺžniku 2 x 1 m. Odmeralo sa postupne po 10 cm na metri 200 kusov povrchovej vrstvy. Pri meraní sa používali posuvné meradlá. Zaznamenali sa hodnoty b osí zrnitosti.

Metóda fotogranulometrie spočíva vo vyfotografovaní povrchu na daných lokalitách. Na spresnenie plochy sa

použil rám s rozmermi 75 x 100 cm, pod ktorý boli vložené vličovacie body do rohov. Plocha bola zakrytá plachtou pred priamym slnečným svetlom, rám sa odložil a vzorka bola odfotografovaná kolmo na plochu (obr. 1). Tieto fotografie sa ďalej spracovávali v programe Sedi-metrics Digital Gravelometer – výstupom bol zoznam s hodnotami b osí zrnitosti.

Z približne 18 000 výsledkov sa pre obe metódy vypočítal medián ako reprezentatívna hodnota zvlášť za každú lavicu.

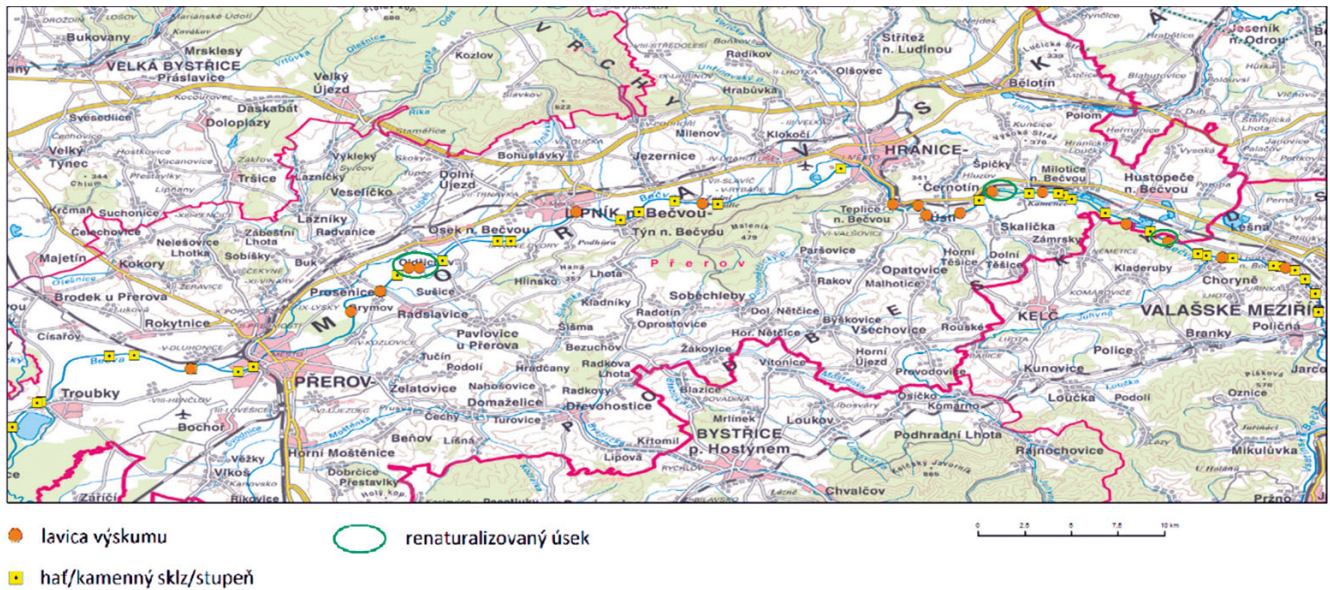


Obr. 1 Ukážka fotografovania vzorky v teréne [9]



Obr. 2 Grid count na lavici Lhotka n/B

Analyzovať metódy zberu dát je možné viacerými spôsobmi. Na porovnanie podobnosti výsledkov oboch metód sa spracovala analýza relatívnej chyby fotogranulometrie spolu s relatívnou početnosťou zastúpenia výskytu. Ďalšia analýza



Obr. 3 Zobrazenie skúmaných lavíc, priečných prekážok a mostov na toku Bečvy

závislosti mediánu dvoch metód sa vyjadrila prostredníctvom koeficientu determinácie, ktorý sa získal z lineárnej regresie. Koeficient determinácie vykazuje kvalitu modelov a udáva, nakoľko zmena jednej premennej zmení i druhú premennú – vyjadruje proporciu spoločného rozptylu.

Na analýzu zmeny zrnitosti po prúde sa zvolilo grafické vyobrazenie pre obe metódy, keď na os x sa vniesla vzdialenosť lavíc od vzniku Bečvy sútokom Vsetínskej a Rožnovskej Bečvy a na os y sa premietla hodnota mediánu lavice. Takéto zobrazenie využila aj práca o rieke Piave v Taliansku [2]. Hodnotu vytriedenia za lavicu bolo potrebné spriemerovať z fotografií každej lokality. Podobne ako pri zrnitosti po prúde sa i hodnoty vytriedenia znázornili v grafickom zobrazení od vzniku Bečvy po sútok s Moravou. Toto grafické zobrazenie najlepšie vykresľuje charakter zmien pozdĺžnym profilom toku.

VÝSLEDKY

V tab. 1 je uvedený zoznam lavíc, na ktorých sa robil výskum. Zo 17 lavíc je jedna centrálna, 9 nánosových a 7 bočných. Na obr. 3 je znázornená ich poloha v rámci toku spoločne s priečnymi prekážkami zistenými v teréne.

Tab. 1 Zoznam skúmaných lavíc rieky Bečvy

Číslo	Názov	Vzdialenosť od sútoku s Moravou [rkm]
1.	Hranice	38,7
2.	Osek	24,7
3.	Osek II	24,4
4.	Přerov	11,6
5.	Troubky	1,8

POROVNANIE VÝSLEDKOV FOTOGRANULOMETRIE A GRID COUNTU

Na obr. 4 je znázornená relatívna početnosť veľkosti relatívnej chyby fotogranulometrie v porovnaní s hodnotami grid countu. Z daného grafu vyplýva, že najviac vyskytujúca sa

relatívna chyba mediánu fotogranulometrie je v rozmedzí od 0 – 20%. Relatívna chyba vo väčšine nadobúda kladné hodnoty, to znamená, že fotogranulometria vyhodnotila vyššie namerané údaje mediánov, ako sa dokázalo ručným meraním pri grid counte.

Na ďalšiu analýzu porovnania dvoch metód sa použil regresný model, ktorého výsledkom bol koeficient determinácie. Ten vyjadruje koľko dát grid countu závisí od dát fotogranulometrie. Jeho hodnota dosiahla 41% (obr. 5).

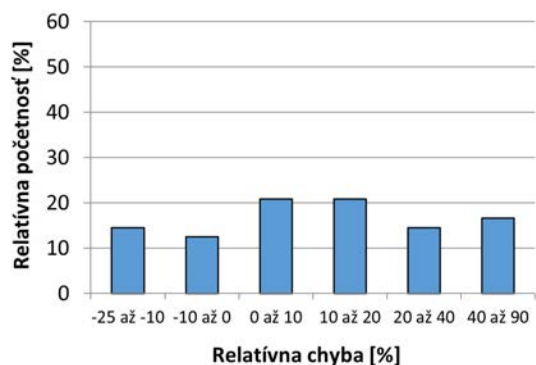
Po prepočte fotogranulometrie regresnou rovnicou z modelu vzniklo zobrazenie priebehu veľkosti zrna mediánu od sútoku Rožnovskej a Vsetínskej Bečvy po prúde. Na obr. 6 je možné vidieť výsledky analýzy porovnania mediánov metódami fotogranulometrie, grid countu a regresie. Línia regresie kopíruje líniu fotogranulometrie, znižuje extrémne vzdialené hodnoty predovšetkým na laviciach (obr. 6) Hustopeče n/B (3) a Týn n/B (11).

POROVNANIE ZMENY ZRNITOSTI POZDĹŽ TOKU

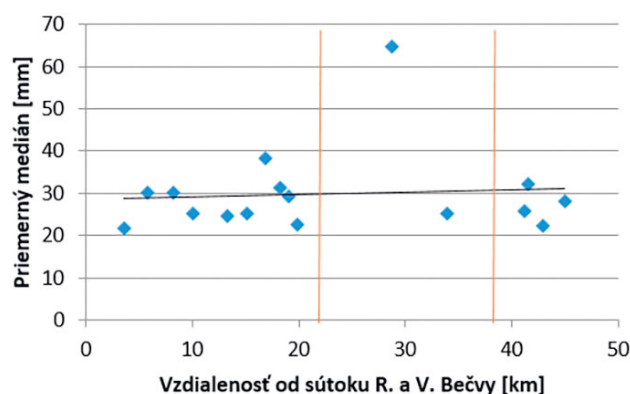
Prvá analýza sledujúca zmenu zrnitosti po prúde toku čerpa z dát grid countu. V porovnaní zmien mediánu podľa obr. 7 platí, že sa jeho hodnota od sútoku Rožnovskej a Vsetínskej Bečvy po prúde zväčšovala. Jednotlivé lavice nadobúdali hodnoty mediánu od 18 do 35 mm. V prípade analýzy metódou fotogranulometrie (obr. 8) boli hodnoty mediánu vyššie – od 21 do 65 mm. Na obr. 8 je pozorovateľný výrazný odklon jednej lavice z priemeru – ide o Týn n/B. Povrch lavice obsahoval výrazne hrubšie sedimenty premiešané s jemnejším materiálom. Pozorujúc trend vidíme na obr. 8 rovnako ako pri grid counte mierny nárast veľkosti mediánu po prúde.

VODOHOSPODÁRSKE STAVBY NA BEČVE A ICH VPLYV NA ZRNITOSŤ

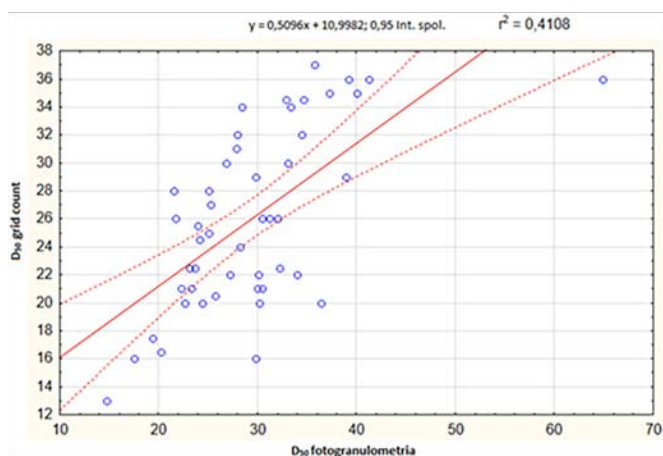
Na rieke Bečve sa zmapovali antropogénne priečne prekážky. Po toku bolo vybudovaných päť haťí (tab. 2). Okrem



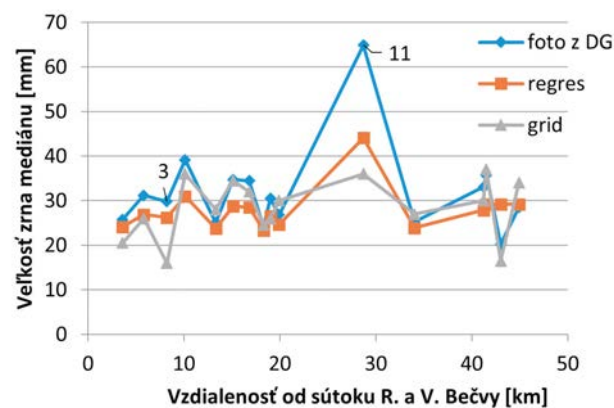
Obr. 4 Relatívne zastúpenie relatívnej chyby mediánu



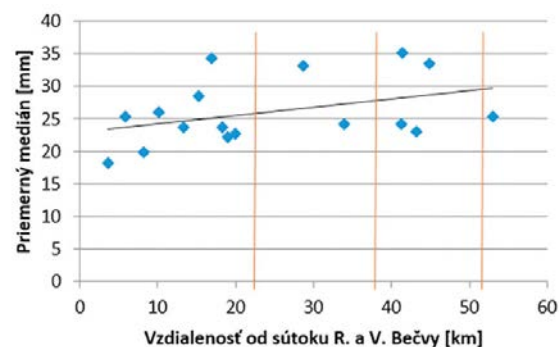
Obr. 8 Priemerná hodnota mediánu lavice podľa fotogrammetrie (hať na toku)



Obr. 5 Vzťah medzi mediánom fotogrammetrie a grid countu [mm]



Obr. 6 Porovnanie zmien v zrnitosti použitými metódami v závislosti od vzdialenosti po prúde



Obr. 7 Priemerná hodnota mediánu lavice podľa grid countu (hať na toku)



Obr. 9 Balvanitý sklz pri obci Špičky, pod ním v diaľke na ľavom brehu lavica



Obr. 10 Renaturalizovaný úsek – Osek n/B

nich sa tu nachádzali stupne a balvanité sklzy. Na tomto toku ich bolo zmapovaných 33. Pod haťami dochádza vo vývarisku k vybijaniu energie – voda vymieľa dno, hĺbková erózia pôsobí ako zdroj ďalšieho hrubozrnného materiálu do toku. Priamo pod haťou potom dochádza k spomaleniu prúdenia a následnému ukladaniu, preto je pre úsek pod haťami typický výskyt lavíc. Podobne i stupne a sklzy, ako priečne objekty na toku, znižujú pozdĺžny sklon dna aj rýchlosť, ovplyvňujú tým transport a sedimentáciu materiálu. Z 52 zmapovaných lavíc na Bečve sa ich tesne za antropogénnou prekážkou

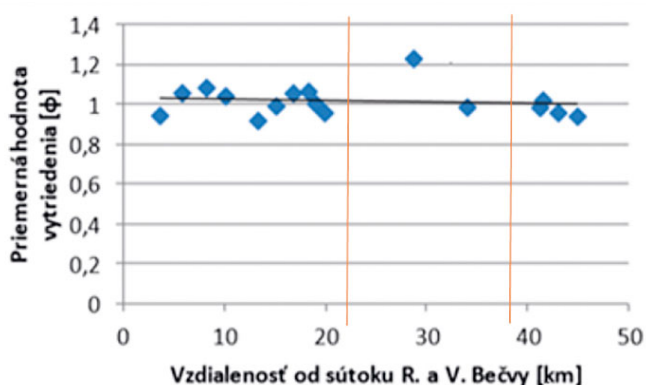
Tab. 2 Zoznam zmapovaných hatí na Bečve

„Číslo lavice“	Názov lavice	Riečny km	„Geogr. súradnice [g.š., g.d.]“	Typ	Poznámka
1	Lhotkan/B	57,9	49° 29,821' 17° 56,205'	Bočná	Pod sklzom
2	Choryne	55,4	49° 30, 106' 17° 54,364'	Centrálna	Pod sklzom
3	„Hustopeče n/B“	54,0	49° 30,569' 17° 52,794'	„Nánosová (meander)“	Renaturalizovaná
4	„Hustopeče n/B 2“	52,1	49° 31,096' 17° 51,598'	„Nánosová (meander)“	-
5	Milotice n/B	48,9	49° 32,006' 17° 49,220'	Bočná	Pod sklzom
6	Čemotín	47,1	49° 32,030' 17° 47,717'	Bočná	Renaturalizovaná
7	Skalička	45,4	49° 31,400' 17° 46,761'	Bočná	Pod sklzom
8	Ústí	43,9	49° 31,308' 17° 45,864'	„Nánosová (meander)“	-
9	Na Teplice	43,2	49° 31,630' 17° 45,603'	„Nánosová (meander)“	
10	Teplice n/B	42,3	49° 31,655' 17° 44,830'	„Nánosová (meander)“	-
11	Týnn/B	33,5	49° 31,668' 17° 39,309'	Bočná	Renaturalizovaná
12	Lipník n/B	28,2	49° 31,434' 17° 35,643'	„Nánosová (meander)“	-
13	Osek n/B	21,0	49° 29,825' 17° 31,111'	„Nánosová (meander)“	Renaturalizovaná
14	Osek n/B 2	20,7	49° 29,808' 17° 30,806'	„Nánosová (meander)“	Renaturalizovaná
15	Grymov	19,2	49° 29, 134' 17° 29,971'	Bočná	Pod sklzom
16	Prosenice	17,3	49° 28,558' 17° 29,131'	„Nánosová (meander)“	-
17	Dluhonice	9,3	49° 26,895' 17° 24,471'	Bočná	Pod sklzom

(hať, stupeň, sklz) nachádzalo 11, do 1 km po toku ďalších 9 (obr. 9). Z celkového počtu 52 lavíc sa teda 20 z nich nachádza za antropogénnou prekážkou. Ďalších 12 lavíc leží v renaturalizovaných úsekoch (obr. 10), ktoré boli ponechané prirodzenému vývoju po povodniach. Z vybraného zoznamu 17 lavíc sa 6 nachádza pod sklzom/stupňom, 5 je súčasťou renaturalizovaných území ponechaných svojvoľnému priebehu, zvyšok sa vytvoril v nánosových častiach meandrov.

VYTRIEDENIE

Analýza zmeny vytriedenia po prúde sa hodnotila z fotogrametricky vypočítaných vytriedení. Tie boli priemerované za každú lavicu – hodnoty dosiahli stupeň mierne až sla-



Obr. 11 Priemerná hodnota vytriedenia lavice podľa fotogrametrie (hať na toku)

bé vytriedenie. Podľa dát z fotografií dochádza k veľmi jemnému znižovaniu hodnoty vytriedenia po prúde, ako vidíme na obr. 11. Tento trend vylepšovania vytriedenia je však veľmi nevýrazný.

ZÁVER

Rieka Bečva je v súčasnosti na väčšine toku výrazne antropogénne ovplyvnená – do konca 19. storočia šlo o meandrujúci tok (miestami mala rieka migrujúci, tzv. wandering vzor), ktorý bol vplyvom úprav na začiatku 20. storočia napriamený a zahĺbený [10]. Vplyvom početných povodní na Bečve, počnúc rokom 1997, došlo v niektorých úsekoch toku k odnosu veľkého množstva sedimentov, k nátržiam brehov a k navráteniu koryta do prírody blízkeho stavu. Renaturalizovaných úsekov je v súčasnosti na toku päť: pri Lhotke, pod Choryně, pod Miloticami, pri Familii a pri Oseku [11]. Vytvorením ohybov na toku sa tieto úseky stali vhodnými adeptmi na zakladanie hlbocín, plytčín a následne štrkových lavíc a celkovo sa samoobnovovacia funkcia rieky zaslúžila o vznik prírody blízkej protipovodňovej ochrany [12]. Štrkových lavíc na Bečve bolo 52, v práci boli analyzované výsledky granulometrie z vybraných 17 lavíc rieky Bečvy.

Skúmaním zrnitosti na rieke Bečve sa zaoberali v záverečných prácach na Ostravskej univerzite Jeníková [13] a Puchalová [14]. Obe autorky použili ako metódu zistenia zrnitosti fotogrametriu softvéru Digital Gravelometer. Podobnou metodikou, ako sa spracovávali dáta na Bečve (Digital Gravelometer a grid count), postupovali aj Škarpich a kol. pri svojej práci na sútoku Morávky a Mohelnice [15]. Porovnanie metód grid countu a fotogrametrie sa venujú Graham a kol. [6] a Whitman a kol. [7]. Kým prví vo výsledku uvádzajú, že neexistuje úplne bezchybná metóda a fotogrametriu prijímajú ako za čas šetriacu a objektívnu metódu, druhí z vyššie spomenutých autorov vyhodnocujú významné rozdiely v technikách. Po porovnaní použitých metód v tejto práci možno povedať, že fotogrametria nadhodnocovala veľkosti zrn. Príčinou vzniku nepresností vyhodnotenia veľkosti zrna z fotografie je niekoľko: na odфотографованей ploche často vidieť len časť pochovaného, prekrytého alebo šikmo natočeného zrna [8]. Koeficientom determinácie sa potvrdilo len 41% závislosti grid countu od fotogrametrie.

Z tohto dôvodu došlo k prepočítaniu hodnôt fotogranulometrie regresným modelom.

Oboma použitými metódami sa dokázalo, že predpokladaný efekt zmenšovania zrna po toku sa na Bečve nevyskytuje, práve naopak, badateľný je mierny nárast mediánu zrna po prúde (čo potvrdili obe metódy). Z hľadiska Suriana [2] ovplyvňujú hrubnutie a zjemňovanie materiálu po prúde (ešte významnejšie ako donáška prítokov) bariéry antropogénneho, ako aj prírodného charakteru.

Na vymedzených úsekoch Černotína a Hustopečí n/B pozorovala Jeníková [13] vplyv antropogénnych transformácií koryta Bečvy na zjemňovanie sedimentov po prúde. Podľa výsledkov uvádza, že zjemňovanie je väčšie prítomné v prirodzených úsekoch, kým v umelom koryte je prítomné hrubnutie materiálu. Všetky priečne diskonektivity spôsobujú rozkolísanosť dnových splavenín a plavenín a akcelerujú erózne procesy [5]. Výsledkom je potom v prípade Bečvy hrubnutie častíc po toku a ďalšie zahlbovanie koryta pod priečnymi prekážkami.

Pri pozorovaní zmien vytriedenia po prúde sa vybrali údaje namerané z fotogranulometrie, keďže program Digital Gravelometer z fotografií vyhodnotil stupeň vytriedenia. Ten vykazoval mierny až slabý charakter vytriedenia. Podľa Folka a Warda [16] vytriedenie udáva informáciu o veľkosti zŕn vzorky – ako veľmi si veľkostne zodpovedajú. Jednotlivé stupne sa odlišujú v závislosti od percentuálneho zastúpenia veľkostných intervalov zŕn. Z hľadiska vytriedenia na štrkonosných tokoch Škarpich a kol. [15] dokladujú na rieke Morávka, že viditeľný prejav erózných procesov zapríčiňuje odplavenie jemnejšej frakcie a nárast zastúpenia hrubej štrkovej frakcie. Na rieke

Mohelnica ďalej opisujú, že čím je v koryte prítomná menšia erózia, tým dochádza k lepšiemu vytriedeniu a jemnejšie častice sú väčšie zastúpené. Škarpich a kol. [5] na korytách Moravskoslezských Beskyd vyhodnotili, že index vytriedenia je dobrým identifikátorom diskonektivity povodí. Tie v pozdĺžnom profile spôsobujú zmeny trendu zrnitostného zloženia – pod prekážkou (v smere po prúde) sa vytriedenie zhoršuje, veľkosť zrna sa zväčšuje. Z výsledkov v článku vyplynulo, že hoci sa zrná po prúde stávali uniformnejšími, z celkového hľadiska je rieka Bečva tak ovplyvnená prekážkami na toku, že vytriedenie nemá výrazný vylepšujúci poprúdivý charakter.

Napriek tomu, že sa na Bečve nenachádza ani jedna vodná nádrž, početné priečne prekážky na toku zamedzujú vzniku typického poprúdivého zmenšovania zrna. Stupeň vytriedenia je slabý a jeho trend po prúde sa tiež výrazne nezlepšuje. Rieka Bečva je výnimočným tokom – z hľadiska fluválnej geomorfológie, ako aj ekológie a ďalších vedných odborov. Tento štrkonosný tok s veľkým množstvom lavíc ponúka mnoho možností na výskum, najmä po povodniach v renaturalizovaných úsekoch, kde je vplyv regulácie minimálny. Do budúcnosti je potrebné presvedčiť verejnosť o tomto unikáte, ktorý Bečva ponúka, aby sa tak zväčilo vybudovanie vodnej priehrady. Po takýchto zásadných zmenách by na toku pod priehradou došlo k väčšiemu zahlbovaniu, nádrž by väčšinu materiálu plaveného riekou zadržala, zmenil by sa celkový ráz súčasného koryta. Alternatívou sa javí bočný polder – vďaka nemu by sa mohli ochrániť špecifická biodiverzita lavíc i obyvatelia pred povodňami.

Foto: autor príspevku

Literatúra:

- [1] Knighton, D. 1998: *Fluvial Forms and Processes A New Perspective*. Taylor and Francis Ltd, 400 s.
- [2] Surian, N. 2002: Downstream variation in grain size along an Alpine river: analysis of controls and processes. In: *Geomorphology*, r. 43, s. 137 – 149.
- [3] Rengers, F. K., Wohl, E. 2007: Grain-size trends of gravel bars on the Rio Chagres, Panama. In: *Geomorphology*, r. 83, s. 282 – 293.
- [4] Fryirs, K. A. a kol. 2007: Buffers, barriers and blankets: The (dis)connectivity of catchment-scale sediment cascades. In: *CATENA*, roč. 70, č. 1, s. 49 – 67.
- [5] Škarpich, V. a kol. 2010: Identifikácia (dis)konektivit vodných toků za využití makrogranulometrické analýzy korytových sedimentů (Moravskoslezské Beskydy). In: *Geologické výzkumy na Moravě a ve Slezsku*, roč. 17, s. 199 – 204.
- [6] Graham, D. J. a kol. 2010: Maximising the accuracy of image-based surface sediment sampling techniques. In: *Water Resources Research*, č. 46.
- [7] Whitman, M. S. a kol. 2013: Photographic techniques for characterizing streambed particle sizes. In: *Transactions of the American Fisheries Society*, r. 132, s. 605 – 610.
- [8] Bunte, K., Abt, S. R. 2001: Sampling surface and subsurface particle-size distributions in wadable gravel- and cobble-bed streams for analyses in sediment transport, hydraulics and streambed monitoring. USDA, Forest Service, Rocky Mountain Research Station, General Technical Report RMRS-GTR-74, 428 s.
- [9] Graham, D. J. a kol. 2005: A transferable method for the automated grain sizing of river gravels. In: *Water Resources Research*, r. 41, s. 1 – 12.
- [10] Hrádek, M. 1999: Geomorphological aspects of the flood of July 1997 in the Morava and Oder basins in Moravia, Czech Republic. In: *Studia Geomorphologica Carpatho-Balcanica*, 33: s. 45 – 66.
- [11] Krejčí, M. 2017: *Bečva jako objekt fyzikogeografického výzkumu* [on-line] [citované 10.03.2017] dostupné na https://is.muni.cz/auth/el/1431/jaro2017/Z7017F/FGS3_Lukas_Krejci.pdf.
- [12] Čermák, V. 2010: *BEČVA PRO ŽIVOT, Koncepte přírodě blízké protipovodňové ochrany Pobečví*. Ideová studie. Unie pro řeku Moravu, 49 s.
- [13] Jeníková, K. 2016: *Fluviálně-geomorfologická analýza renaturalizovaného úseku Bečvy v ř. km 45,0 až 58,0*. Diplomová práce. Ostravská univerzita, Ostrava.
- [14] Puchalová, J. 2015: *Monitoring transportu hrubých splavenin ve šterkových tocích na příkladu korytového úseku řeky Bečvy u Černotína*. Diplomová práce. Ostravská univerzita, Ostrava.
- [15] Škarpich, V. a kol. 2012: Podmínky akumulace a transportu sedimentů v člověkem ovlivněných korytech Beskydských toků: příkladová studie soutoku řeky Morávky a Mohelnice. In: *Geologické výzkumy na Moravě a ve Slezsku*, 19, s. 53 – 58.
- [16] Folk, R. L., Ward, W. C. 1957: Brazos River bar: a study in the significance of grain-size parameters. In: *Journal of Sedimentary Petrology*, r. 27, č. 1, s. 3 – 26.





Aplikácia vybraných nanomateriálov ako adsorbentov pri odstraňovaní mikropolutantov z vôd

Ing. Paula Bimová, PhD.¹, doc. Ing. Tomáš Mackuľak, PhD.²

¹Výskumný ústav vodného hospodárstva

²Slovenská technická univerzita v Bratislave, Fakulta chemickej a potravinárskej technológie

Anotácia

Nanomateriály a nanotechnológie patria v súčasnosti k moderným technológiám, ktoré sa čoraz častejšie využívajú vo viacerých odvetviach priemyslu, medicíny, vedy a výskumu či v environmentálnych aplikáciách. Práca bola zameraná na výskum nových typov nanomateriálov so sorpčnými vlastnosťami a ich potenciálne využitie v oblasti odstraňovania mikropolutantov, akými sú drogy, liečivá či ich metabolity, z vôd. Výsledky poukazujú na výborné sorpčné vlastnosti nanomateriálov na báze uhlíka, čo ich predurčuje na potenciálne využitie v oblasti úpravy vôd.

ÚVOD

Nanoabsorbenty sú nanočastice, vyrobené z organických alebo anorganických materiálov, vykazujúce vysokú adsorpčnú kapacitu pri odstraňovaní rôznych skupín látok. Vzhľadom na ich vysokú pórovitosť, malú veľkosť a aktívny povrch sú nanoabsorbenty schopné s vysokou účinnosťou adsorbovať kontaminanty s rôznymi veľkosťami molekúl, hydrofóbnosťou či špecifickým správaním [1, 2]. Adsorbenty na báze nanomateriálov však majú určitú adsorpčnú kapacitu, po presiahnutí ktorej už nie sú schopné na svoj povrch viazať žiadne ďalšie molekuly. Je však možná ich opätovná chemická regenerácia. Z týchto dôvodov v posledných rokoch celosvetovo prudko vzrástol záujem o využitie nanotechnológií v úprave vody. Materiály v nanoškále vykazujú rôzne unikátne vlastnosti, a navzdory ich malej veľkosti vykazujú veľký aktívny povrch a veľký pomer plochy povrchu k ich celkovému objemu [2, 3]. Práve vďaka ich veľkému aktívnemu povrchu sú nanočastice schopné interagovať s rôznymi chemickými zlúčeninami [4]. V oblasti odstraňovania mikropolutantov z povrchových, podzemných a odpadových vôd sa nanočastice javia ako nová alternatívna technológia na ich odstraňovanie [5].

V poslednom desaťročí sa rozmohlo využitie grafénu a grafénových materiálov v oblasti environmentálnej remediácie, najmä vďaka unikátnym vlastnostiam týchto materiálov. Okrem ekonomických ukazovateľov tvoria environmentálne aspekty nanomateriálov na báze grafénu dôležitý faktor vo vývoji technológií na báze grafénových materiálov. Nanomateriály na báze grafénu slúžia ako účinný adsorbent vďaka ich veľkému špecifickému povrchu a prostrediu bohatému na elektróny. Viaceré štúdie sa zaoberali aplikáciou nanomateriálov na báze grafénu ako adsorbentov na odstraňovanie anorganických látok z vôd a vodných roztokov [5, 6]. Grafén a jeho deriváty patria v súčasnosti k nanomateriálom s potenciálnym využitím v úprave vody. Jeho vplyv na životné prostredie a prípadná toxicita podrobne študovali rôzne

práce, avšak je dôležité vyhodnotiť aj jeho ekonomické aspekty [7].

Štúdia je zameraná na výskum adsorpčných vlastností nanomateriálov na báze grafénu pri odstraňovaní vybraných druhov mikropolutantov (drogy, liečivá a ich metabolity) z vôd. Testovali sa konkrétne filtračné zariadenia na odstraňovanie rôznych druhov kontaminantov. Z výsledkov štúdie je zrejmé, že skúmaný nanomateriál vykazuje veľmi dobré adsorpčné vlastnosti a vybrané mikropolutanty sa zo sledovaných vzoriek vôd odstránili s vysokou účinnosťou.

MATERIÁL A METÓDY

Postup odberov vzoriek

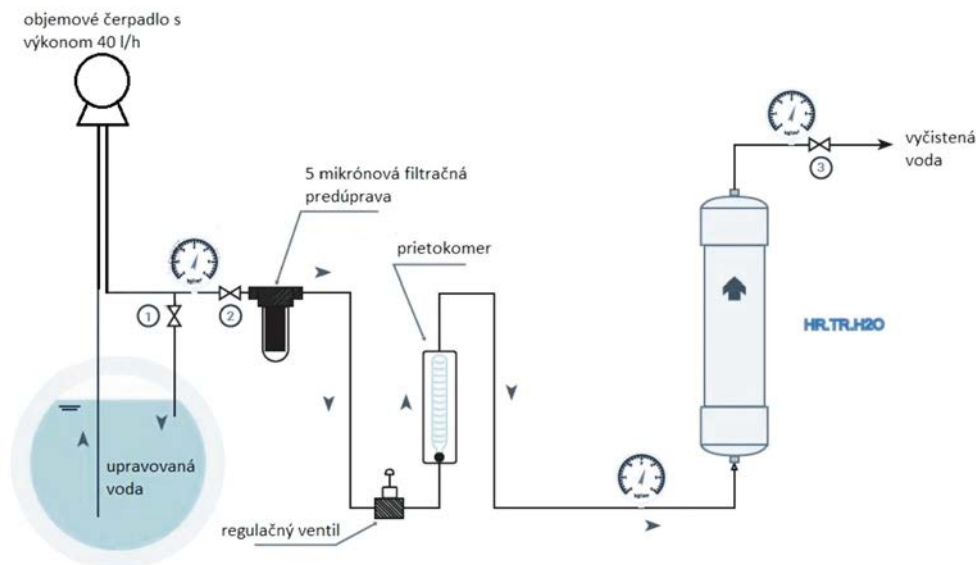
Vzorky vôd použité pri experimentálnej časti štúdie sa odobrali z odtoku z psychiatrickej liečebne ako bodové vzorky.

Postup analýzy vzoriek pomocou metódy LC – MS/MS

Analýzy sa robili na prístroji TSQ Quantiva triple – stage quadrupole mass spectrometer (Thermo Fisher Scientific, San Jose, CA, USA) (analýza vôd a sedimentov) kombinované s Accela 1250 LC a Accela 600 LC pumpami (Thermo Fisher Scientific, San Jose, CA, USA) a HTS XT – CTC autosamplermi

Tab. 1 Prevádzkové parametre grafénového filtračného zariadenia HR.TR.H2O

Zdroj napájania	230 V, 50 Hz
Maximálny prevádzkový tlak	7 bar
Maximálny prevádzkový prietok	37 l/h
Rozmery filtra	500 x 500 x 150 mm/6 kg
Nasávací/výtlačný hadica	PP/PE/LLDPE/PTFE, priemer 4 x 6 mm
Predúprava vzorky	5 µm filtračná náplň



Obr. 1 Schéma filtračného zariadenia na báze grafénu šarže HESAGON

(CTC Analytics AG, Zwingen, Switzerland), ktoré boli použité na separovanie a detekciu cieľových analytov.

Filtračné zariadenie na báze grafénu na odstraňovanie mikropolutantov

Filtračné zariadenie HESATER – HR.TR.H20 naplnené grafénom šarže HESAGON, dodala firma World Technology&Partners (Taliansko). Jeho prevádzkové parametre sú zhrnuté v tabuľke 1.

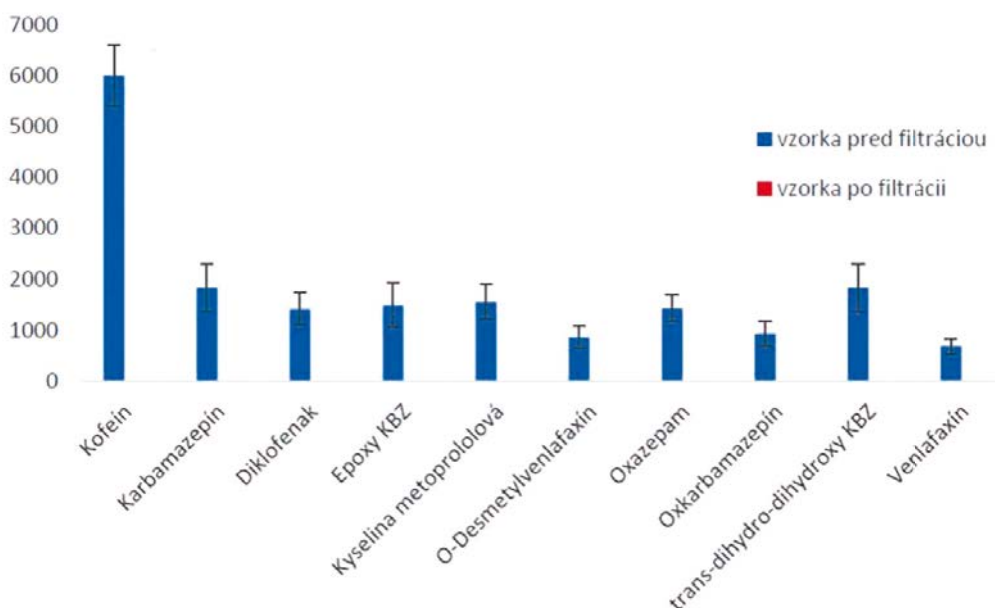
K filtračnému zariadeniu bolo pridané objemové čerpadlo s výkonom 40 l/h, niekoľko barometrov, redukčný ventil

a prietokomer (Chezar, s. r. o., Bratislava, Slovenská republika).

VÝSLEDKY A DISKUSIA

Účinnosť filtračného zariadenia na báze grafénu na odstraňovanie mikropolutantov z vôd

Filtračné zariadenie na báze grafénu bolo testované na vzorke vody z odtoku pochádzajúceho z psychiatrickej liečebne. Vzorky pred a po filtrácii sa analyzovali metódou LC-MS/MS. Výsledky analýz sú znázornené na obrázku 2, koncentrácia je vyjadrená v jednotkách ng/l.



Obr. 2 Účinnosť odstránenia vybraných mikropolutantov z odtoku z psychiatrickej liečebne pomocou filtračného zariadenia na báze grafénu (KBZ – karbamazepín, y os – ng/l)

Výsledky potvrdili veľmi dobrú schopnosť grafénu odstraňovať z vody liečivá a ich metabolity. Odtok z psychiatrickej liečebne sa vyznačoval relatívne vysokými koncentraciami psychoaktívnych liečiv, ako je napríklad karbamazepín, jeho metabolity (epoxy karbamazepín, trans-dihydro-dihydroxy karbamazepín), či liečiv ako venlafaxín, alebo oxazepam. Všetky tieto liečivá filtračné zariadenie odstránilo s vysokou, takmer 100% účinnosťou. Účinnosť grafénu v oblasti odstraňovania liečiv z vôd potvrdili viaceré štúdie. Napríklad, Song a kol. sledovali kompozit grafén/MnO₂ a jeho schopnosť odstraňovať zvyšky tetracyklínu z odpadových vôd. Účinnosť odstránenia tetracyklínu zo vzorky odpadovej vody na prítoku do komunálnej ČOV, meraná pomocou metódy HPLC, bola stanovená na 99,4% [8]. Autori inej štúdie skúmali adsorbenty na báze uhlíkového xerogélu a grafénu na odstraňovanie metronidazolu pri rôznych podmienkach (pH roztoku, teplota, iónová sila, typ vody). Zistilo sa, že adsorpčná kapacita adsorbenta klesala spolu s klesajúcou iónovou silou roztoku a zostávala približne konštantná pri vysokej iónovej sile. To znamená, že väčšie množstvo iónov vo vodnom prostredí neovplyvňuje účinnosť adsorpcie. Najlepšie podmienky adsorpcie sa dosiahli pri hodnote pH = 8 [9]. Grafén vo forme 3D hydrogélů testovali na odstraňovanie ofloxacínu z vodného roztoku Ehtesabi et al. Po 48 hodinách sa dosiahla rovnováha, t. j. úplne odstránenie ofloxacínu z roztoku [10].

ZÁVER

Literatúra:

- [1] Pacheco, S., Medina, M., Valencia, F. and Tapia, J. 2006: Removal of Inorganic Mercury from Polluted Water Using Structured Nanoparticles. *Journal of Environmental Engineering* 132(3): 342 – 349.
- [2] de Andrade, J. R., Oliveira, M. F., da Silva, M. G. C. and Vieira, M. G. A. 2018: Adsorption of Pharmaceuticals from Water and Wastewater Using Nonconventional Low-Cost Materials: A Review. *Industrial & Engineering Chemistry Research* 57(9): 3103 – 3127
- [3] Hristovski, K., Baumgardner, A. and. Westerhoff, P. 2007: Selecting metal oxide nanomaterials for arsenic removal in fixed bed columns: From nanopowders to aggregated nanoparticle media. *Journal of Hazardous Materials* 147(1): 265 – 274.
- [4] Kumar, V., Lee, Y.-S., Shin, J.-W., Kim, K.-H., Kukkar, D. and Fai Tsang, Y. 2020: Potential applications of graphene-based nanomaterials as adsorbent for removal of volatile organic compounds. *Environment International* 135: 105356.
- [5] Gusain, R., Kumar, N. and Ray, S. S. 2020: Recent advances in carbon nanomaterial-based adsorbents for water purification. *Coordination Chemistry Reviews* 405: 213111
- [6] Cong, Q., Yuan, X. and Qu, J. 2013: A review on the removal of antibiotics by carbon nanotubes. *Water Science and Technology* 68(8): 1679 – 1687.
- [7] Santhosh, C., Velmurugan, V., Jacob, G., Jeong, S. K., Grace, A. N. and Bhatnagar, A. 2016: Role of nanomaterials in water treatment applications: A review. *Chemical Engineering Journal* 306(Supplement C): 1116 – 1137.
- [8] Song, Z., Ma, Y.-L. and Li, C.-E. 2019: The residual tetracycline in pharmaceutical wastewater was effectively removed by using MnO₂/graphene nanocomposite. *Science of The Total Environment* 651: 580 – 590.
- [9] Segovia-Sandoval, S. J., Pastrana-Martínez, L. M., Ocampo-Pérez, R., Morales-Torres, S., Berber-Mendoza, M. S. and Carrasco-Marín, F. 2020: Synthesis and characterization of carbon xerogel/graphene hybrids as adsorbents for metronidazole pharmaceutical removal: Effect of operating parameters. *Separation and Purification Technology* 237: 116341.
- [10] Ehtesabi, H., Bagheri, Z. and Yaghoubi-Avini, M. 2019: Application of three-dimensional graphene hydrogels for removal of ofloxacin from aqueous solutions. *Environmental Nanotechnology, Monitoring & Management* 12: 100274.

PodĎakovanie

Táto práca vznikla s podporou projektov VEGA 1/0558/17, VEGA 1/0343/19, VEGA 1/0096/17, APVV – 17 – 0183 a APVV – 17 – 0119.

Stanovenie C10-13 chlóralkánov vo vode metódou extrakcie na sorpčných miešadielkach a následnou TD-GC-QqQ-MS/MS analýzou

Ing. Peter Tölgyessy, CSc., Ing. Slávka Nagyová
Výskumný ústav vodného hospodárstva

ÚVOD

Chlóralkány (chlórované parafíny) sú vysoko komplexné technické zmesi polychlórovaných *n*-alkánov so stupňom chlorácie medzi 30 a 70% s lineárnym uhlíkovým reťazcom dĺžky od C10 do C30. Vzhľadom na fyzikálnu a chemickú stabilitu, viskozitu a schopnosť spomaľovať horenie, chlóralkány našli uplatnenie v mnohých priemyselných odvetviach – ako rezačie oleje a vysokoteplotné mazivá v kovoobrábacom priemysle, spomaľovače horenia v gumárenskom priemysle, ako plastifikátory, inhibítory korózie atď. Na druhej strane ich rozšírené použitie, toxicita, perzistentné vlastnosti a schopnosť bioakumulácie spôsobili, že sa stali hrozbou pre životné prostredie a zvlášť pre vodné organizmy [1]. Najvyššou toxicitou spome-

technikách sa v jednom kroku uskutočňujú extrakcia aj koncentrácia analytov, kým použitie polydimetylsiloxánového (PDMS) sorbentu (prednostne extrahuje nepolárne zlúčeniny) umožňuje vynechanie čistiacieho kroku. Ďalšou výhodou sorpčnej extrakcie je dosahovanie vysokých koncentračných faktorov (až 1 000-násobne vyšších ako pri nástreku kvapalných vzoriek), čo umožňuje analýzu malých objemov vzorky (5 – 100 ml) so súčasnou kvantifikáciou analytov na nízkych úrovniach (jednotky ng/l a aj nižšie). V odborných časopisoch vyšlo niekoľko štúdií zaoberajúcich sa stanovením C10-13 chlóralkánov vo vode s využitím sorpčných extrakčných techník [8 – 11]. Charakteristiky použitých analytických metód sú uvedené v tab. 1.

Tab. 1 Charakteristiky analytických metód na stanovenie C10-13 chlóralkánov vo vode s využitím sorpčných extrakčných techník

Extrakčná metóda	Objem vzorky [ml]	Rozmer PDMS fázy	Čas extrakcie	Inštrum. analýza	Lineárny rozsah (µg/l)	LOD/LOQ (µg/l)	Lit.
SPME	35	100-µm vlákno	45 min	TD-GC-ECD	0,6 – 6	0,3/ –	[8]
SPME	35	100-µm vlákno	40 min	TD-GC-NCI-MS	–	0,5/ –	[9]
HS-SPME	10	100-µm vlákno	80 min	TD-GC-ECNI-MS	0,2 – 10	0,03/0,15	[10]
SBSE	200	20 × 0,5 mm	24 h	TD-GC-ECD	0,1 – 1,5	0,04/0,13	[11]

Skratky: HS, headspace; NCI, negatívna chemická ionizácia; ostatné v texte

dzi všetkých chlóralkánových zmesí sa vyznačujú chlóralkány (chlórované parafíny) s krátkym reťazcom, s uhlíkovým reťazcom dĺžky od C10 do C13, známe tiež pod označením C10-13 chlóralkány [2]. Tieto chlóralkány boli zaradené do zoznamu prioritných látok [3] v oblasti vodnej politiky Európskej únie (s požiadavkou pravidelného monitoringu na úrovni povodí) a boli pre ne odvodené tzv. environmentálne normy kvality (ENK). Pre C10-13 chlóralkány vo vnútrozemských a ostatných povrchových vodách sa stanovila pre ročný priemer ENK 0,4 µg/l a pre najvyššiu prípustnú koncentráciu ENK 1,4 µg/l.

Autori viacerých prehľadových článkov zosumarizovali a zhodnotili analytické metódy používané na stanovenie C10-13 chlóralkánov v environmentálnych matriciach [1, 4, 5]. Na prekoncentráciu chlóralkánov z vodných vzoriek sa stále najčastejšie používa extrakcia kvapalina-kvapalina a extrakcia na tuhej fáze. Aplikované metódy často vyžadujú použitie veľkých objemov vysoko čistých rozpúšťadiel a zahŕňajú koncentrovanie a čistenie získaných extraktov.

Počas posledných 15 – 20 rokov získali zvyšujúcu sa popularitu miniaturizované bezrozpúšťadlové extrakčné techniky, ktoré zahŕňajú mikroextrakciu na tuhej fáze (solid phase micro-extraction, SPME) a extrakciu na sorpčných miešadielkach (stir bar sorptive extraction, SBSE) [6, 7]. Pri týchto

Z tab. 1 možno vidieť, že na stanovenie C10-13 chlóralkánov koncentrovaných v PDMS fáze SPME vlákna alebo sorpčného miešadielka sa použili termodesorpčia (TD) a plynová chromatografia (GC) v spojení s detekciou detektorom elektrónového záchytu (ECD) alebo s detekciou metódami hmotnostnej spektrometrie (MS). Získané limity detekcie (LOD) a kvantifikácie (LOQ) svedčia o dobrej citlivosti použitých metód. Nevýhody ECD sú v nízkej selektivitě a v absencii podstatných kvalitatívnych údajov. Selektívne metódy MS detekcie umožňujú získať relevantné kvalitatívne informácie; zvlášť hmotnostná spektrometria s negatívnou ionizáciou so záchytom elektrónov (ECNI-MS) je vhodná na kongenéroú a homológovo špecifickú analýzu chlóralkánov [5]. Pri detekcii chlóralkánov pomocou ECD alebo ECNI-MS má podstatný význam správna voľba referenčného štandardu, pretože odozvoové faktory rôznych kongenéroú sa značne líšia. Keď analyzované vzorky obsahovali chlóralkány s rozdielnym obsahom chlóru ako použitý referenčný štandard, pri použití detekcie ECNI-MS sa zistili viac ako 100 %-né odchýlky [12].

Ďalšou MS detekčnou metódou umožňujúcou rýchle stanovenie celkovej koncentrácie chlóralkánov s krátkym a stredným reťazcom je tandemová hmotnostná spektrometria s elektrónovou ionizáciou (EI-MS/MS) [12, 13]. Táto

metóda je založená na snímaní fragmentových iónov s nízkym pomerom hmotnosti a náboja (m/z), ktoré sú spoločné pre všetky (alebo väčšinu) chlóralkánov, a má výhodu v tom, že odozovové faktory rôznych chlóralkánových zmesí sú nezávislé od stupňa chlorácie. Zencak a kol. [12] zistili, že pri použití EI-MS/MS detektora tvoreného trojitým kvadrupólom (QqQ) boli chyby kvantifikácie nižšie ako 17 %, hoci extrémne rozdielne zmesi chlóralkánov sa vybrali ako referenčný štandard.

Cieľom tejto práce bolo vyvinúť jednoduchú skríningovú a monitoringovú metódu na stanovenie C10-13 chlóralkánov vo vode s využitím extrakcie na sorpčných miešadielkach v spojení s analýzou TD-GC-QqQ-MS/MS, umožňujúcu kontrolu povrchových vôd z hľadiska požiadaviek EU určených hodnotami ENK.

EXPERIMENTÁLNA ČASŤ

Štandardy a reagenty

Zásobný štandardný roztok C10-13 chlóralkánov v cyklohexáne s obsahom chlóru 55,5 % a s celkovou koncentráciou 100 mg/l (čistoty 100 %) a štandardný roztok pentachlórbenzénu s koncentráciou 10 mg/l (čistoty 99,7 %), tiež v cyklohexáne, sme zakúpili od Dr. Ehrenstorfer (Augsburg, Nemecko).

Acetón a metanol čistoty HPLC boli od Chem-Lab NV (Zedelgem, Belgicko) a od Fisher Scientific (Loughborough, UK).

Pracovné roztoky C10-13 chlóralkánov s koncentraciami 1 a 10 mg/l sa pripravili zriedením zásobného štandardného roztoku acetónom. Zásobný roztok pentachlórbenzénu sa zriedil acetónom a používal sa ako vnútorný štandard (VŠ) s koncentráciou 0,25 mg/l. Skúšobné vzorky a kalibračné roztoky sa pripravili prídavkom alikvotných objemov pracovných roztokov do MilliQ vody a vody z Dunaja.

MilliQ voda sa pripravovala na purifikačnom zariadení Direct-Q 3 (Millipore, Molsheim, Francúzsko).

Extrakcia na sorpčných miešadielkach (SBSE)

Optimalizovaný extrakčný postup sa uskutočňoval v 250 ml sklenených fľaškách, do ktorých sa pridalo 100 ml vodnej vzorky a 20 ml metanolu. Potom sa pridalo 20 μ l roztoku VŠ, sorpčné miešadielko a fľaška sa uzavrela zábrusovou zátkou. Na extrakciu sa používali sorpčné miešadielka Twister potiahnuté 10 $\times$ 0,5 mm vrstvou PDMS, zakúpené od spoločnosti Gerstel (Mülheim a/d Ruhr, Nemecko). Extrakcia SBSE sa uskutočňovala na magnetických miešačkách IKA Big Squid (IKA Labortechnik, Staufen, Nemecko) 16-hodinovým miešaním pri 900 ot/min. a pri laboratórnej teplote (24 °C). Po extrakcii sa magnetické miešadielko vybralo pomocou kovového drôtu, osušilo bezchlípkovým papierikom a umiestnilo do TD rúrky, ktorá sa uzavrela špeciálnym kovovým uzáverom. Rúrka sa nakoniec umiestnila do zásobníka autosamplera na následnú TD-GC-QqQ-MS/MS analýzu.

Plynovochromatografická analýza

Analýzy sa robili na plynovom chromatografe Agilent Technologies 7890 B, ktorý bol spojený s hmotnostne selektívnym

detektorom 7000C QqQ-MS/MS (Wilmington, DE, USA). Plynový chromatograf bol vybavený termodesorpčnou jednotkou Thermal Desorption Unit (TDU, Gerstel) a chladeným dávkovacím systémom Gerstel CIS4 PTV s použitím stlačeného CO₂ ako chladiaceho média. Súčasťou CIS PTV bol sklený „liner“ naplnený deaktivovanou sklenou vatou, ktorý sa používal na kryofokusáciu analytov pred ich „splitless“ desorpciou do kapilárnej kolóny plynového chromatografu. Na vrchu plynového chromatografu bol nainštalovaný viacúčelový autosampler MPS2L (Gerstel), vybavený zásobníkom na 98 TD rúrok, do ktorých sa vkladali sorpčné miešadielka po extrakcii SBSE. Na separáciu analytov sa použili dve identické kapilárne kolóny Agilent J&W HP-5ms UI (15 m $\times$ 0,25 mm I.D., hrúbka filmu 0,25 μ m), ktoré boli pomocou preplachovanej spojky Agilent Purged Ultimate Union zapojené za sebou. Ako nosný plyn poslúžilo hélium, pričom sa použil konštantný prietok v prvej kolóne 1,4 ml/min. a v druhej kolóne 1,6 ml/min.

TD analytov z miešadielka Twister sa uskutočnila programovaným zvýšením desorpčnej teploty TDU z 50 °C na 280 °C (5 min) rýchlosťou 720 °C/min v režime „splitless“ pri prietoku hélia 75 ml/min („vent pressure“ 47 kPa), pričom CIS bol v režime „solvent venting“. Desorbované analyty boli kryogénne fokusované v sklenom „lineri“ CIS4 PTV, vychladenom pomocou kvapalného CO₂ na 15 °C. Dávkovanie zachytených analytov do chromatografickej kolóny sa uskutočnilo vyhriatím CIS4 PTV rýchlosťou 12 °C/s na 275 °C (10 min). Súčasne sa spustil teplotný program pece chromatografu, pričom z počiatočnej teploty 70 °C (2 min) sa teplota rýchlosťou 40 °C/min zvýšila na 300 °C (4 min). Po každej analýze sa obe analytické kolóny prepláchli použitím tzv. mid-column backflush, pričom sa pri teplote 300 °C do preplachovanej spojky (Purged Ultimate Union) medzi kolónami privádzal nosný plyn s tlakom 300 kPa počas 1,5 min.

Hmotnostne selektívny detektor pracoval v režime MRM (multiple-reaction-monitoring), využívajúc elektrónovú ionizáciu (EI, 70 eV). Na monitorovanie C10-13 chlóralkánov sa aplikovali nasledujúce MRM prechody podľa Zencaka a kol. [12]: m/z 102 $\rightarrow$ 67 (kolízna energia: 10 V) ako kvantifikátor, a m/z 91 $\rightarrow$ 53 (kolízna energia: 10 V) a m/z 102 $\rightarrow$ 65 (kolízna energia: 18 V) ako kvalifikátory. Pentachlórbenzén (VŠ) sa detegoval za použitia MRM prechodov: m/z 250 $\rightarrow$ 215 (kolízna energia: 20 V) ako kvantifikátor, a m/z 248 $\rightarrow$ 213 (kolízna energia: 20 V) ako kvalifikátor. Čas merania prechodu (dwell time) bol vo všetkých prípadoch nastavený na 50 ms. Iónový zdroj MS bol vyhriaty na 300 °C, teplota MS kvadrupólov bola 150 °C a teplota „transfer line“ bola 280 °C. Hélium bolo použité ako zhasiaci plyn s prietokom 2,25 ml/min a dusík ako kolízny plyn s prietokom 1,5 ml/min. Na kontrolu prístroja a analýzu dát sa použil softvér Agilent MassHunter.

VÝSLEDKY A DISKUSIA

Analýza TD-GC-QqQ-MS/MS

Podmienky TD sme zvolili na základe našej predchádzajúcej práce [14]; testovali sme iba čas desorpcie analytov z PDMS vrstvy sorpčného miešadielka (testované časy: 3 – 7 min.) a zistilo sa, že 5 min. je dostatočný čas na kompletnú

Tab. 2 Skúška robustnosti – variácie experimentálnych podmienok a stanovené koncentrácie C10-13 chlóralkánov

Parameter	Označenie extrakcie						
	E-1	E-2	E-3	E-4	E-5	E-6	E-7
Objem vzorky (ml)	90	100	110	100	100	100	100
Objem metanolu (ml)	20	20	20	15	25	20	20
Čas extrakcie (h)	16	16	16	16	16	15	17
Stanovená koncentrácia ($\mu\text{g/l}$) ^a	0,44	0,49	0,53	0,50	0,49	0,46	0,49

^a Priemerná hodnota, $n = 2$

desorpciu. Úplnosť TD procesu sa vyhodnocovala na základe opakovanej TD miešadielok a nezistil sa pamäťový efekt. Teploťný program pece plynového chromatografu sa optimalizoval s cieľom získať dostatočnú separáciu pentachlórbenzénu (VŠ) od C10-13 chlóralkánov v relatívne krátkom čase analýzy. Na zlepšenie priepustnosti vzoriek a robustnosti systému sme zaviedli preplachovanie analytických kolón („mid-column backflush“) po každej analýze. Na detekciu C10-13 chlóralkánov pomocou QqQ-MS/MS sme použili MRM prechody fragmentových iónov s nízkymi hodnotami m/z podľa prác Zencaka a kol. [12,13].

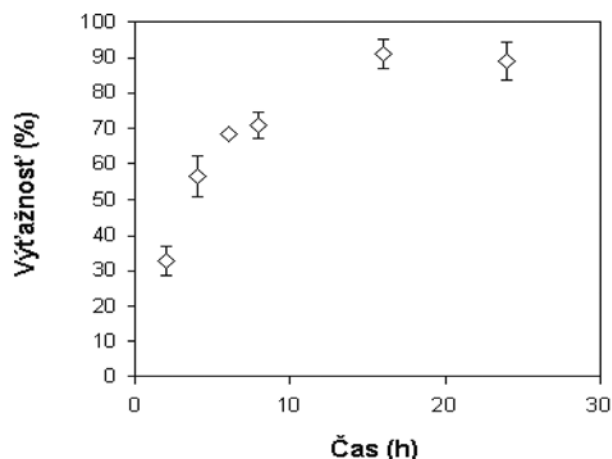
Podmienky extrakcie SBSE

Optimálne podmienky extrakcie SBSE sú prevažne ovplyvnené nepolárnym charakterom C10-13 chlóralkánov ($\log K_{ow}$ medzi 5,1 a 8,1). S cieľom dosiahnuť dostatočnú citlivosť analytickej metódy, ktorá je závislá od celkového množstva vyextrahovaných analytov, následne analyzovanom metódou TD–GC [14,15], sa zvolil objem extrahovanej vzorky 100 ml. Na zabránenie adsorpcie nepolárnych chlóralkánov na stenách sklenej fľašky sa na základe našej predchádzajúcej práce [14] ku vzorke pridalo 17% (v/v) metanolu. Na zistenie optimálneho času extrakcie SBSE sa skúmala závislosť výťažnosti C10-13 chlóralkánov v modelovom roztoku MilliQ vody v koncentrácii 0,2 $\mu\text{g/l}$ od času miešania v rozmedzí od 2 do 24 h. Na obr. 1 možno vidieť, že rovnováha pre C10-13 chlóralkány sa dosiahla po 16 h miešania s výťažnosťou 91%. Na základe týchto poznatkov sa pre SBSE extrakciu zvolili tieto podmienky: 100 ml vzorky, 20 ml metanolu a 16 h miešania pri laboratórnej teplote.

Robustnosť metódy

Robustnosť navrhutej extrakčnej metódy sa skúmala na základe aplikovania zmien troch vybraných ukazovateľov: objem vzorky (90 – 110 ml), objem metanolu (15 – 25 ml) a čas extrakcie (15 – 17 h). Skúšobné vzorky sa pripravili obohatením povrchovej vody C10-13 chlóralkánmi v koncentrácii 0,5 $\mu\text{g/l}$. V tab. 2 sú uvedené použité variácie experimentálnych podmienok a stanovené koncentrácie C10-13 chlóralkánov.

Optimalizovaný postup podľa časti 2.2. je označený ako E-2, kým ostatné stanovenia chlóralkánov sa uskutočnili



Obr. 1 Závislosť odozvy (výťažnosti) C10-13 chlóralkánov od času extrakcie. Veľkosť chyby je vyjadrená ako štandardná odchýlka z troch stanovení (SD: 0,5 – 6,0%)

podľa uvedených variácií vybraných ukazovateľov. Ako vidieť z tab. 2, stanovené koncentrácie chlóralkánov sú pomerne konštantné, pričom pre všetky výsledky sa vypočítala relatívna štandardná odchýlka RSD = 5,6% pri priemernej koncentrácii 0,49 $\mu\text{g/l}$. Tieto fakty indikujú dobrú robustnosť navrhutej SBSE metódy.

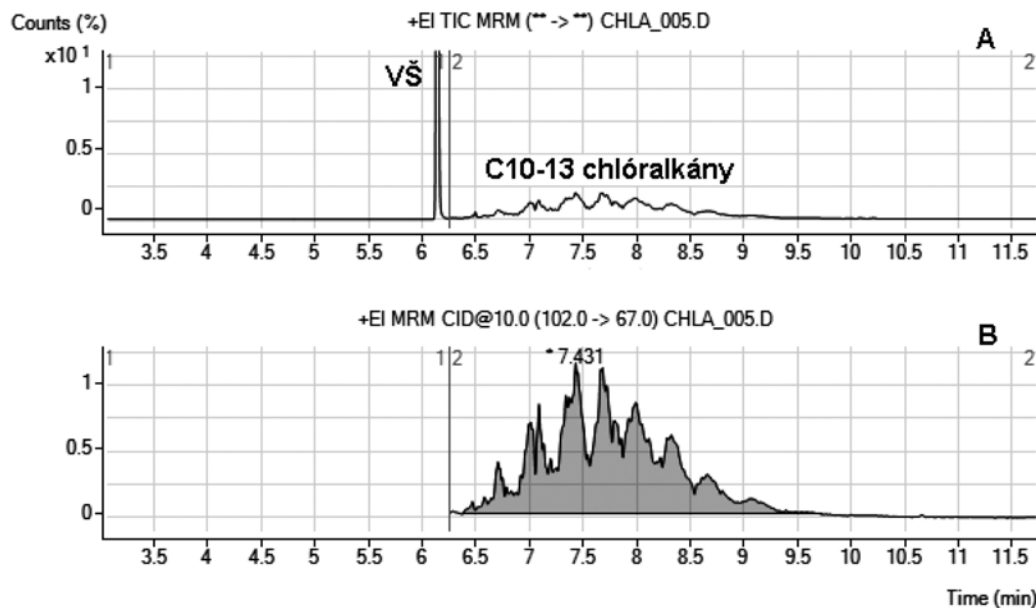
Prevádzkové charakteristiky metódy SBSE–TD–GC–QqQ-MS/MS

Po zoptimalizovaní extrakčnej metódy a metódy inštrumentálnej analýzy sa určili prevádzkové charakteristiky celej metódy stanovenia C10-13 chlóralkánov vo vode. Linearita metódy sa študovala pre MilliQ vodu a povrchovú vodu z Dunaja pri 7 koncentračných úrovniach C10-13 chlóralkánov (0,05; 0,1; 0,3; 0,5; 1,0; 3,0 a 5,0 $\mu\text{g/l}$) s použitím internej kalibrácie s VŠ v koncentrácii 0,05 $\mu\text{g/l}$. Skúmali sa korelačné koeficienty (r) kalibračných kriviek, ako aj hodnoty RSD pre relatívne odozové faktory (RRF). Ako možno vidieť z tab. 3, kalibračné krivky boli lineárne v rozsahu od 0,05 do 3,0 $\mu\text{g/l}$, hodnoty r boli väčšie ako 0,999 a hodnoty RSD pre RRF boli nižšie ako 12%.

Hodnoty LOD a LOQ sa vypočítali z desiatich nezávislých meraní vzoriek vody, obohatených C10-13 chlóralkánmi na úrovni 0,1 $\mu\text{g/l}$ ako trojnásobok a desaťnásobok štandardnej odchýlky (SD) merania [16]. Dosiahnuté hodnoty

Tab. 3 Linearita, precíznosť, LOD a LOQ pre C10-13 chlóralkány vo vode

Matrica	Lineárny rozsah ($\mu\text{g/l}$)	r	RRF, RSD (%)	PRE _{intra} , RSD (%)	LOD ($\mu\text{g/l}$)	LOQ ($\mu\text{g/l}$)
MilliQ voda	0,05 – 3,0	0,9998	11,2	6,4	0,02	0,06
Povrchová voda	0,05 – 3,0	0,9996	11,9	7,7	0,02	0,08



Obr. 2 Celkový iónový MRM chromatogram (A) a SRM (selected reaction monitoring) chromatogram (B) z SBSE-TD-GC-QqQ-MS/MS analýzy vzorky povrchovej vody obohatenej C10-13 chlóralkánmi (0,05 µg/l)

LOQ (pozri tab. 3) sú pod 30% ENK pre C10-13 chlóralkány (0,12 µg/l). Vyvinutá metóda sa v porovnaní s metódami uvedenými v tab. 1 vyznačuje lepšou citlivosťou.

Vnútrodnová presnosť (opakovateľnosť) (PRE_{intra}) metódy vyjadrená ako RSD (%) sa vyhodnotila z 10 výsledkov z predchádzajúcich uvedených analýz. Hodnoty RSD pre MilliQ vodu (6,4 %), ako aj pre povrchovú vodu (7,7%) svedčia o dobrej opakovateľnosti metódy.

Pravdivosť metódy sa kontrolovala analýzou vzoriek povrchovej vody, obohatených chlóralkánmi v koncentrácii 0,5 µg/l, pričom sa zistilo, že výsledky sa neodchyľovali od očakávanej hodnoty o viac ako 10%.

Na obr. 2 sú uvedené chromatogramy z analýzy vzorky povrchovej vody obohatenej C10-13 chlóralkánmi na úrovni LOQ. Na celkovom iónovom MRM chromatograme (A)

možno vidieť separáciu píku VŠ od nerozdelenej zmesi píkoch chlóralkánov. Na druhom chromatograme (B) možno vidieť manuálnu integráciu signálu kvantifikátora pre C10-13 chlóralkány.

ZÁVER

Vyvinuli sme a čiastočne validovali metódu na stanovenie C10-13 chlóralkánov vo vode, pri ktorej sa využíva extrakcia na sorpčných miešadielkach a analýza TD-GC-QqQ-MS/MS. Metóda je jednoduchá, robustná, citlivá a priateľská pre životné prostredie a umožňuje stanovenie chlóralkánov na úrovni <0,1 µg/l, čím spĺňa požiadavky na skríning a monitoring povrchových vôd a zisťovanie súladu s požiadavkou ENK pre C10-13 chlóralkány.

Literatúra:

- [1] Feo, M.L. – Eljarrat, E. – Barceló, D.: Occurrence, fate and analysis of Polychlorinated n-alkanes in the environment, *Trends. Anal. Chem.* 28 (2009) 778 – 791.
- [2] Tomy, G.T. – Fisk, A.T. – Westmore, J.B. – Muir, D.C.G.: Environmental chemistry and toxicology of polychlorinated n-alkanes, *Rev. Environ. Contam. Toxicol.* 158 (1998) 53 – 128.
- [3] Directive 2008/105/EC of the European Parliament and of the Council of 16 December 2008 on environmental quality standards in the field of water policy, amending and subsequently repealing Council Directives 82/176/EEC, 83/513/EEC, 84/156/EEC, 84/491/EEC, 86/280/EEC and amending Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council, *Off. J. Eur. Comm.* (2008) L 348/84–L 348/97.
- [4] Eljarrat, E. – Barceló, D.: Quantitative analysis of polychlorinated n-alkanes in environmental samples, *Trends. Anal. Chem.* 25 (2006) 421 – 434.
- [5] Van Mourik, L.M. – Leonards, P.E.G. – Gaus, C. – De Boer, J.: Recent developments in capabilities for analysing chlorinated paraffins in environmental matrices: A review, *Chemosphere* 136 (2015) 259 – 272.
- [6] Prii-Moghadam, H. – Ahmadi, F. – Pawliszyn, J.: A critical review of solid phase microextraction for analysis of water samples, *Trends. Anal. Chem.* 85 (2016) 133 – 143.
- [7] Nogueira, J.M.F.: Stir-bar sorptive extraction – 15 years making sample preparation more environment friendly, *Trends. Anal. Chem.* 71 (2015) 214 – 223.
- [8] Castells, P. – Santos, F.J. – Galceran, M.J.: Solid-phase microextraction for the analysis of short-chain chlorinated paraffins in water samples, *J. Chromatogr. A* 984 (2003) 1 – 8.
- [9] Castells, P. – Santos, F.J. – Galceran, M.J.: Solid-phase extraction versus solid-phase microextraction for the determination of chlorinated paraffins in water using gas chromatography-negative chemical ionization mass spectrometry, *J. Chromatogr. A* 1025 (2004) 157 – 162.
- [10] Gandolfi, F. – Malleret, L. – Sergent, M. – Doumenq, P.: Parameters optimization using experimental design for headspace solid phase micro-extraction analysis of short-chain chlorinated paraffins in waters under the European water framework directive, *J. Chromatogr. A* 1406 (2015) 59 – 67.
- [11] Llorca-Porcel, J. – Martínez-Soriano, E. – Valor, I.: Stir bar sorptive extraction for the analysis of short-chain chlorinated paraffins in water, *J. Sep. Sci.* 32 (2009) 1425 – 1429.
- [12] Zencak, Z. – Borgen, A. – Reth, M. – Oehme, M.: Evaluation of four mass spectrometric methods for the gas chromatographic analysis of polychlorinated n-alkanes, *J. Chromatogr. A* 1067 (2005) 295 – 301.
- [13] Zencak, Z. – Reth, M. – Oehme, M.: Determination of total polychlorinated n-alkane concentration in biota by electron ionization-MS/MS, *Anal. Chem.* 76 (2004) 1957 – 1962.
- [14] Tölgyessy, P. – Vrana, B. – Krascenits, Z.: Development of a screening method for the analysis of organic pollutants in water using dual stir bar sorptive extraction – thermal desorption – gas chromatography – mass spectrometry, *Talanta* 87 (2011) 152 – 160.
- [15] Prieto, A. – Basauri, O. – Rodil, R. – Usobiaga, A. – Fernández, L.A. – Etxebarria, N. – Zuloaga, O.: Stir-bar sorptive extraction: A view on method optimisation, novel applications, limitations and potential solutions, *J. Chromatogr. A* 1217 (2010) 2642 – 2666.
- [16] Pawliszyn, J.: Solid Phase Microextraction: Theory and Practise, Wiley- VCH, New York, 1997.

K 80. narodeninám Viliama Šimka

Pred niekoľkými rokmi sme mali to šťastie, osobne spoznať Viliama Šimka, neskôr s ním spolupracovať a stále sa od neho učiť.

Viliam Šimko sa narodil 15. októbra 1940, dnes už osemdesiatročný pán v úžasnej kondícii nedokáže žiť bez práce, bez práce spojenej s úpravou vody, čo dokumentuje i priložená fotografia z odberného objektu – odbernej veže vodárenskej nádrže Turček, kde trávil pri modelových zariadeniach i deň svojich narodenín – 15. október 2020.

Svoju pracovnú činnosť vo vodnom hospodárstve začal na jeseň v roku 1962 na vtedajšom Riaditeľstve vodného hospodárstva a ako pracovník chemicko-technologického laboratória sa podieľal na príprave a neskôr aj overovaní poloprevádzkových zariadení v rozostavanej úpravni vody Hriňová, čo poznačilo jeho ďalšie smerovanie. Koncom 60. a v prvej polovici 70. rokov sa pripravovali ďalšie úpravne povrchových vôd – Klenovec a Turček, pre ktoré navrhol technológiu úpravy vody a potrebné chemicko-technologické podklady. V 70. rokoch vo Vodorozvoji, š. p., pokračoval v riešení problematiky úpravy vody a tu sa podieľal na vývoji, ale i výrobe úpravni vôd pre malé a stredné obce. Na Slovensku sa s výkonom 1 – 6 l/s nainštalovalo 14 takýchto úpravni vôd. Po zániku Vodorozvoja v roku 1975 pokračoval na ÚUVH a od roku 1980 pôsobil v Hydroconsulte, š. p., ako vedúci pracovník v stredisku technologického rozvoja vodného hospodárstva. Od roku 1991 bol riaditeľom Hydrotechnológie Bratislava, vtedy ešte štátneho podniku. V tejto funkcii zotrval až do roku 2003.

Počas svojej dlhoročnej praxe sa význačnou mierou zaslúžil o výstavbu a prevádzku úpravne vody (ÚV) Hriňová; participoval na príprave projektov, prevádzkových skúšok, návrhov optimalizácií a modernizácií mnohých úpravni vôd na Slovensku, za tie všetky aspoň zopár na ilustráciu z rokov 2014 – 2015: ÚV Klenovec, kde bude prvýkrát na Slovensku nainštalovaná keramická mikrofiltrácia a flotácia na zlepšenie účinnosti úpravne, ÚV Málinec, v ktorej sa pod jeho vedením robili poloprevádzkové skúšky a na ich základe sa zhotovil projekt modernizácie, a rovnako je to aj v prípade úpravne vody Turček.

Spolupracoval na riešení mnohých rozvojových a výskumných prác ešte v rámci Československa, a to v spolupráci



s Hydroprojektom, š. p., Výskumným ústavom vodohospodárskym Praha a Výskumným ústavom vodného hospodárstva Bratislava. Taktiež bol pri zrode úspešnej spolupráce s Medzinárodným strediskom pre vedu NAN.C.I.R v Nancy vo Francúzsku, kde získal medzinárodný certifikát. Bol iniciátorom riešenia problémov na úrovni rezortov ministerstva pôdohospodárstva a ministerstva zdravotníctva. Táto spolupráca viedla k tvorbe metodologickej činnosti a k odbornému vzdelávaniu pracovníkov vodohospodárskych laboratórií, technologov a vedúcich úpravni vôd, ďalej k organizovaniu odborných seminárov na prípravné práce pri tvorbe STN, ale najmä pri odstraňovaní nedostatkov pri výrobe a úprave pitnej vody. K jeho aktivitám patrí aj účasť

na vytvorení Slovenského národného komitétu IWSA – Medzinárodnej organizácie pre zásobovanie pitnou vodou, kde pôsobil ako podpredseda. Stále si uvedomuje, aký význam má medzinárodná i domáca odborná komunikácia pri výmene odborných poznatkov, a výsledkom toho je jeho aktívna účasť pri organizovaní mnohých odborných seminárov a odbornovo-študijných ciest na významné vodohospodárske diela nielen na Slovensku, ale i v zahraničí.

Stál pri zrode tak uznávaných konferencií Pitná voda, ktoré sú organizované až doteraz (v roku 2019 sa uskutočnil 18. ročník), pribudla k nim konferencia s medzinárodnou účasťou Modernizácia a optimalizácia úpravni vôd. Patrí medzi tých, ktorí koncom roka 2016 založili Slovenskú asociáciu vodárenských expertov.

Pre svoj prístup, ochotu deliť sa o svoje skúsenosti, vedomosti získané dlhoročnou prácou, výskumom, súvisiacim so zlepšením technologických procesov využívaných v úpravniach vôd, je určite právom označovaný za „otca“, „tútora“ tých, ktorí sa úpravou vody zaoberajú.

S hlbokou úctou vyslovujeme slovíčko ďakujeme, Vilo, prajeme Ti ešte veľa síl, optimizmu, zdravia a radosti, ktorú si možno ani neuvedomuješ, ale dávaš i nám.

Za členov výboru SAVE
Danka Barloková a Ján Ilavský
Slovenská technická univerzita Bratislava



Informácie o nových STN

Mgr. Daša Borovská

Výskumný ústav vodného hospodárstva

V septembri a októbri 2020 vyšli v oblasti vodného hospodárstva tieto slovenské technické normy:

Zmena A11: 2020 k STN EN ISO 5667-6: 2017 (75 7051) Kvalita vody. Odber vzoriek. Časť 6: Pokyny na odber vzoriek z riek a potokov

STN EN ISO 5815-1: 2020 (75 7369) Kvalita vody. Stanovenie biochemickej spotreby kyslíka po n dňoch (BSKn). Časť 1: Zrieďovacia a očkovacia metóda s prídavkom alytiomochoviny

Norma vyšla v slovenskom jazyku.

Vydaním STN EN ISO 5815-1: 2020 v slovenskom jazyku sa zrušilo vydanie tejto normy z januára 2020 v anglickom jazyku (normy sú identické, ide o preklad do slovenčiny).

KONFERENCIA PITNÁ VODA V TÁBOŘE NOVÝ TERMÍN V ROCE 2021 3. 5. – 6. 5. 2021

Konferencie Pitná voda 2020
plánovaná v náhradním termíne konání
30. 11. – 3. 12. 2020 je ZRUŠENA

Konferencia

NOVÉ TRENDY V OBLASTI ÚPRAVY PITNEJ VODY

3. pokračovanie

ZMENA TERMÍNU

2. – 3. február 2021, Atrium Hotel, Nový Smokovec

Materiál na stiahnutie: www.vodatim.sk, www.savesk.sk



