

VODOHOSPODÁŘSKÉ TECHNICKO-EKONOMICKÉ INFORMACE

VTEI / 2020 / 3

- 
- 10 / Fytobentos a makrozoobentos pražských potoků s přírodními veřejnými koupališti
28 / Koronavirus SARS-CoV-2 v povrchových a odpadních vodách
44 / Rozhovor s JUDr. Vratislavem Jandou, ředitelem pro korporátní záležitosti společnosti Nestlé pro Českou republiku

PANČAVSKÝ VODOPÁD V KRKONOŠÍCH

Nejvyšším vodopádem České republiky je Pančavský vodopád s výškou 148 m nacházející se v Krkonošském národním parku asi 1 km od Labské boudy. Vodopád, který vzniká u srázu Pančavské louky a směřuje na dno Labského dolu, je typický svým kaskádováním. Dá se rozdělit na čtyři základní stupně s výškou 39, 36, 23 a 20 m. Jeho šíře se mění podle objemu vody, může mít však od čtyř až do osmi metrů. Potok Pančava, na kterém se vodopád nachází, je první významný labský přítok z pravé strany. Jeho název pochází ze slova „pantchen“, což je německý výraz pro slovo

šplouchat. Pančavský vodopád je po celý rok volně přístupný z červené turistické stezky, ale z důvodu, že se nachází v první zóně Krkonošského národního parku, je zblízka vidět jen jeho malá část – nejhořejší část vodopádu, a to z Ambrožovy vyhlídky. Z té můžete zahlédnout i Lysou horu, Kotel, Koží hřbety a Labský důl.

Redakce



Obsah



3 Úvod

4 Výzkum proudění mostním objektem s volnou hladinou a zatopeným vtokem

Petra Podešvová, Aleš Havlík

10 Fytobentos a makrozoobentos pražských potoků s přírodními veřejnými koupališti

Ladislav Havel, Jan Šťastný, Blanka Desortová



18 Identifikace plošného zemědělského znečištění s využitím termografického snímkování

Štěpán Marval, Tomáš Hejduk, Antonín Zajíček, Tomáš Vybíral, Radek Roub, Markéta Kaplická

28 Koronavirus SARS-CoV-2 v povrchových a odpadních vodách

Hana Mlejnková, Věra Očenášková, Kateřina Sovová, Petra Vašíčková, Eva Juranová

34 Simulace dopadu revitalizace meandru Jordánu na řece Orlici na režim přilehlého kvartérního kolektoru

David Rozman, Zbyněk Hrkál

43 Autoři

44 Rozhovor s JUDr. Vratislavem Jandou, ředitelem pro korporátní záležitosti společnosti Nestlé pro Českou republiku

Redakce



46 Otevřený přístup k výsledkům výzkumu z pohledu managementu výzkumné organizace

Libor Ansorge

50 Program prostředí pro život a projekty řešené ve VÚV TGM

Libor Ansorge, Zbyněk Hrkál, Tomáš Mičaník, Pavla Kovaláková, Silvie Semerádová, Adam Vizina, Josef Vojtěch Datel

52 Vzpomínka na Ing. Stanislava Novotného, CSc.

Evžen Polenka



Vážení čtenáři,

toto číslo VTEI lze v kontextu doby považovat za exklusivní, protože vůbec nemuselo vyjít. Zásah koronaviru změnil náš životní styl, zpomalil chod společnosti, a přestože podniky, organizace či ústavy po většině fungovaly, tak virus dramaticky omezil vzájemnou komunikaci mezi nimi. Pro vědecké bádání je to optimální situace, nebýt rušen, téměř nevycházet ven a koncentrovat se jen na řešené téma, samozřejmě pokud se nepotřebujete soustředit na práci v jedné místnosti s malými dětmi, permanentně oslavujícími sousedy v bytě nad Vámi nebo stále zvonícími neodbytnými příbuznými. Pokud se však vrátíme zpět k našemu časopisu, tak nedostupnost autorů a recenzentů, zpomalení, či zastavení provozu tiskáren a mnoha dalších profesí, které jsou pro vydání periodika nepostradatelné, mohlo způsobit zpoždění, či dokonce vynechání vydání dnešního čísla VTEI. Naší redakci, po většině působící z domova, se však nezměrným úsilím podařilo zmobilizovat potřebné odborníky a vydání zajistit.

Unikátní situace způsobená virem vyburcovala celý svět k hledání řešení, která by umožnila navrátit se k době před pandemií, či se jejím dopadům v budoucnu včas vyhnout. Mezi výzkumné instituce, které svá řešení mohly společnosti nabídnout, patří i náš ústav. Určitě Vás zaujme článek popisující způsob analýzy virů, dalších nemocí či patogenů z odpadních vod. Ideu

jsme si prakticky vyzkoušeli na několika desítkách čistíren odpadních vod a připravili řešení, které umožní nejen tzv. chytrou karanténu ovlivňující jen ta nejnutnější území, ale půjde využít i jako systém včasného varování tak, abychom na další hrozby mohli včas reagovat.

Zkušenosti z posledních měsíců natrvalo změnilo naše životy, ať již z pohledu elektronizace společnosti, zavedení práce z domova, nebo zvýšených hygienických požadavků při cestování či setkávání se mezi sebou. Některá témata a hrozby spojené s vodním hospodářstvím, které dočasně ustoupily do pozadí, však s námi zůstávají, letmo se jich v tomto čísle dotkneme, ale zcela určitě se informace o nich objeví v dalších číslech VTEI.



Ing. Tomáš Urban
ředitel VÚV TGM, v. v. i.

Výzkum proudění mostním objektem s volnou hladinou a zatopeným vtokem

PETRA PODEŠVOVÁ, ALEŠ HAVLÍK

Klíčová slova: most — volná hladina — průtokový součinitel — fyzikální modelování — matematické modelování

SOUHRN

Příspěvek prezentuje výsledky hydraulického výzkumu proudění mostním objektem s volnou hladinou a zatopeným vtokem na fyzikálním modelu. Srovnává dosavadní poznatky s naměřenými daty a diskutuje rozdíly. Příspěvek obsahuje analýzu tvorby zúžené hloubky za vtokem do mostního otvoru. Rovněž zpracovává závislost průtokového součinitele na řadě faktorů, jež je prezentována pomocí grafů a rovnic. Závěr práce dává doporučení pro volbu průtokového součinitele při výpočtech v softwaru Hec-Ras.

ÚVOD

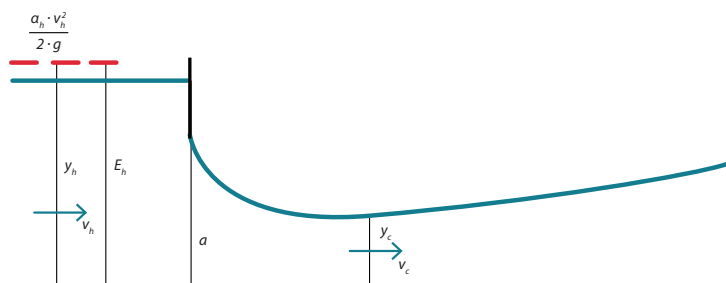
Hydraulický výzkum proudění mostním objektem pro případ zatopeného vtoku a volného výtoku byl řešen na Fakultě stavební ČVUT v Praze v letech 2017 až 2019 v rámci projektu studentské grantové soutěže SGS17/171/OHK1/3T/11, jehož hlavní řešitelkou byla Ing. Petra Podešvová. Tento článek byl napsán za podpory tohoto projektu.

Základem řešení byl fyzikální výzkum, při kterém byl využit stávající skleněný žlab v hydraulické laboratoři fakulty. Vzhledem k rekonstrukci haly v posledním roce řešení byl výzkum doplněn i o simulace na 3D matematickém modelu.

SOUHRN DOSAVADNÍCH POZNATKŮ

Výtok pod stavidlem

Proudění mostním otvorem se zatopeným vtokem a volným výtokem je blízké výtoku pod stavidlem. Charakteristický podélný profil hladiny pro případ výtoku pod stavidlem, kdy proudění není ovlivněno dolní vodou, je znázorněn na obr. 1.



Obr. 1. Podélný profil hladiny při výtoku pod stavidlem neovlivněný dolní vodou
Fig. 1. Water level profile at sluice gate flow not affected by the downstream flow

Při nezatopení dolní vodou se vytváří zúžená hloubka $y_c \approx 0,6a$. Bernoulliho rovnice pro daný případ je:

$$E_h = y_h + \frac{a_h v_h^2}{2g} = y_c + \frac{a_c v_c^2}{2g} + \frac{\xi_z v_c^2}{2g} = y_c + \frac{v_c^2}{\varphi^2 2g} \quad (1)$$

kde E_h [m] je energetická výška před vtokem do objektu,
 y_h [m] hloubka před vtokem do objektu,
 v_h [m·s⁻¹] průřezová rychlost proudění před vtokem do objektu,
 y_c [m] zúžená hloubka za výtakovým profilem,
 v_c [m·s⁻¹] průřezová rychlost v profilu zúžené hloubky,
 a [-] Coriolisovo číslo,
 ξ_z [-] součinitel místní ztráty zúžením proudů,
 φ [-] rychlostní součinitel.

Při uvažování:

$$y_c = \varepsilon_v a \quad (2)$$

kde a [m] je výška otvoru,
 ε_v [-] součinitel zúžení,

po dosazení rovnice spojitosti do rovnice (1) a po zavedení výtakového součinitele dostaneme pro průtok:

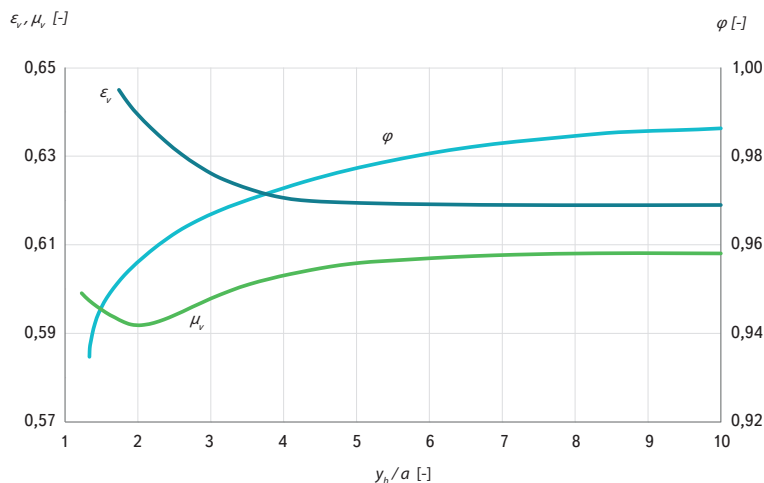
$$Q = \mu_v ab \sqrt{2g (E_h - y_c)} \quad (3)$$

kde b [m] je šířka otvoru,
 μ_v [-] výtakový součinitel.

Běžně publikované závislosti uvedených součinitelů na poměru y_h/a jsou vykresleny na obr. 2.

Výpočet proudění mostním objektem se zatopeným vtokem a volným výtokem

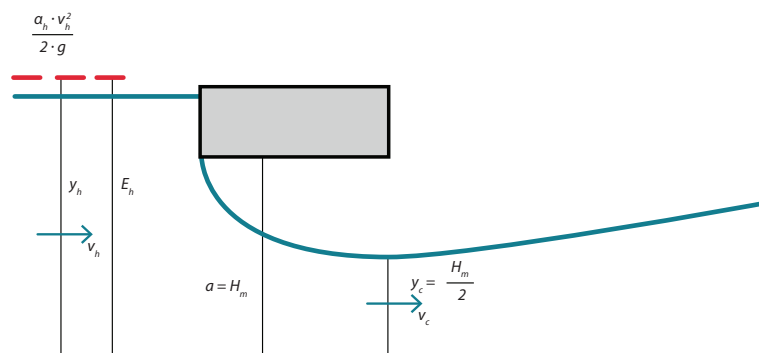
Obdobné schéma a výpočtový postup jako pro případ výtoku pod stavidlem (rovnice (3)) bylo pro případ výpočtu proudění mostním objektem se zatopeným vtokem a volným výtokem publikováno Bradleyem ve zprávě FHWA [1],

Obr. 2. Závislost součinitelů ε_v , μ_v a φ na poměru y_h/a Fig. 2. Dependence of coefficients ε_v , μ_v and φ on the ratio y_h/a

zúžená hloubka y_c je však uvažována jako polovina výšky mostního otvoru $H_m/2$. Podélný profil pro tento případ je vykreslen na obr. 3. Rovnice pro výpočet průtoku má tvar:

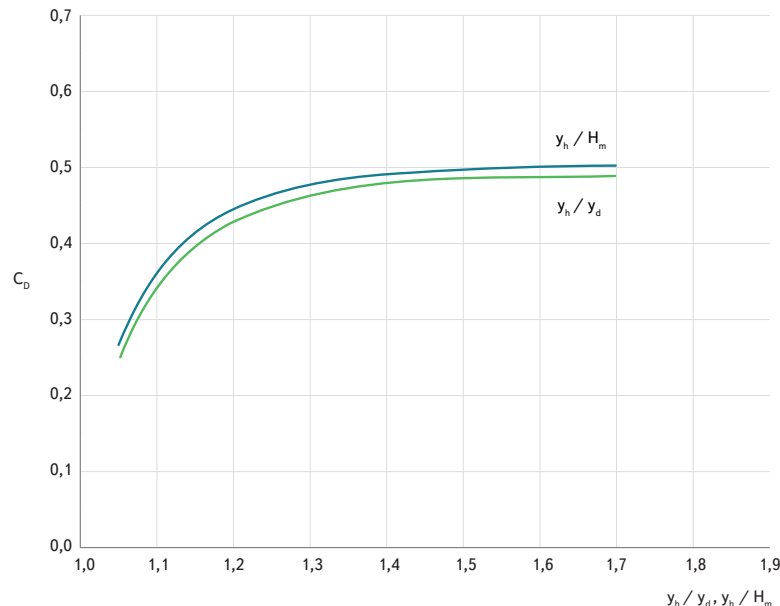
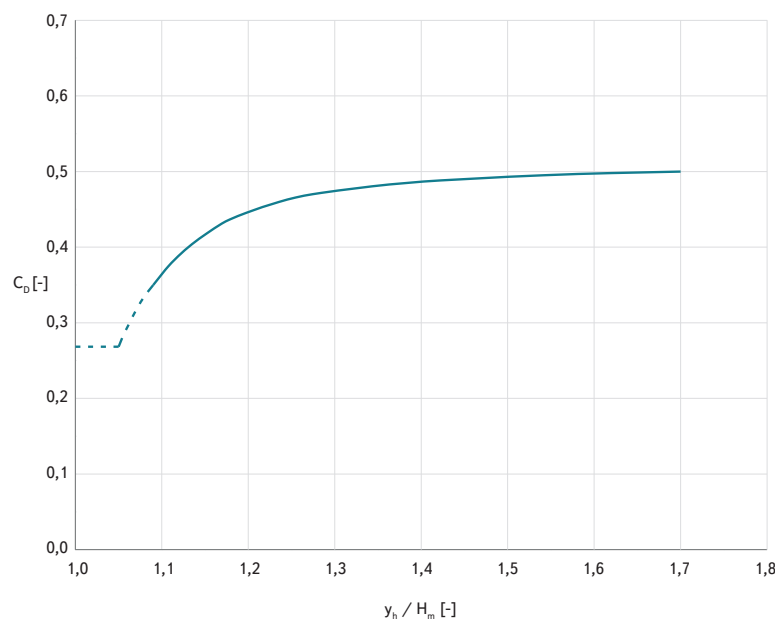
$$Q = C_D H_m B_m \sqrt{2g \left(E_h - \frac{H_m}{2} \right)} \quad (4)$$

kde $Q [\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}]$ je průtok,
 $C_D [-]$ průtokový součinitel,
 $H_m [\text{m}]$ světlá výška mostního otvoru,
 $B_m [\text{m}]$ světlá šířka mostního otvoru (bez pilířů).

Obr. 3. Podélný profil hladiny při proudění mostním objektem se zatopeným vtokem a volným výtokem při uvažování $y_c = H_m/2$ Fig. 3. Water level profile at bridge with free and submerged inlet when $y_c = H_m/2$

V této publikaci je uveden graf závislosti průtokového součinitele C_D na parametru y_h/H_m , respektive na y_h/y_d , který je přiložen na obr. 4. Zde y_d značí hloubku dolní vody. Průběh závislosti ukazuje, že proudění mostním objektem se zatopeným vtokem a volným výtokem pro hodnoty $y_h/H_m < 1,05$ nemusí být stabilní, hodnota průtokového součinitele se v této oblasti pohybuje kolem hodnoty 0,3, s nárůstem velikosti poměrů se postupně zvyšuje až k hodnotě 0,5.

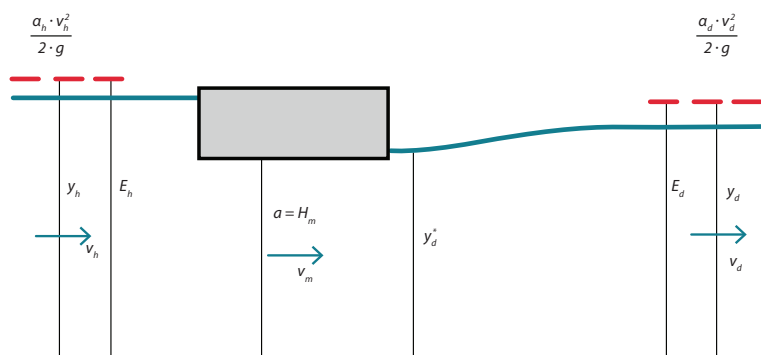
Rovnice (4) pro výpočet proudění mostním objektem se zatopeným vtokem a volným výtokem byla dále publikována v další publikaci FHWA [2], graf pro stanovení C_D již však obsahuje jen závislost na y_h/H_m s úpravou v oblasti hodnot $y_h/H_m < 1,08$, graf je uveden na obr. 5.

Obr. 4. Závislost průtokového součinitele C_D na poměru y_h/H_m a y_h/y_d podle Bradleyho [1]Fig. 4. Dependence of discharge coefficient C_D on ratio y_h/H_m and y_h/y_d according to Bradley [1]Obr. 5. Závislost průtokového součinitele C_D na poměru y_h/H_m podle Zevenbergen [2]Fig. 5. Dependence of discharge coefficient C_D on ratio y_h/H_m according to Zevenbergen [2]

Rovnici (4) uvádí bez grafu ke stanovení C_D ve své monografii Hamill [3], postup uvedený v publikaci [2] pak používá beze změny u nás hojně využívaný software Hec-Ras [4].

Výpočet tlakového proudění mostním objektem

Problematikou proudění mostním otvorem při tlakovém proudění se v rámci svého výzkumu velmi podrobně zabýval Pícek [5]. Typický podélný profil hladiny pro tento scénář je zobrazen na obr. 6.



Obr. 6. Schéma podélného profilu pro případ tlakového proudění mostním objektem
Fig. 6. Water level profile at bridge with pressurized flow

Při zanedbání ztrát třením je možné při uvažování ztrát zúžením a následujícím rozšířením proudu napsat tuto Bernoulliho rovnici:

$$E_h = y_h + \frac{a_h \cdot v_h^2}{2 \cdot g} = y_d + \frac{a_d \cdot v_d^2}{2 \cdot g} + Z_z + Z_R \quad (5)$$

kde y_d [m] je hloubka za výtokem z mostního objektu,
 v_d [m·s⁻¹] průřezová rychlost proudění v profilu za výtokem z mostního objektu,
 Z_z [m] ztráta zúžením na vtoku do mostního otvoru,
 Z_R [m] ztráta rozšířením na výtoku z mostního otvoru.

Ztráty zúžením je možné vyjádřit v závislosti na průřezové rychlosti ve vtokovém profilu mostu, ke stanovení ztrát rozšířením je možné použít více postupů (obdobu Bordovy ztráty pro náhlé rozšíření průměru potrubí jako funkci rozdílu rychlostních výšek na začátku a konci rozšíření proudu nebo analogie ztráty na výtoku do velké nádrže). Podrobně se touto problematikou ve své práci zabývala Jurečková [6]. Rovnici, která využívá poslední přístup, publikoval například Hamill [3]:

$$Q = C_{D0} S_m \sqrt{2g (E_h - y_d)} \quad (6)$$

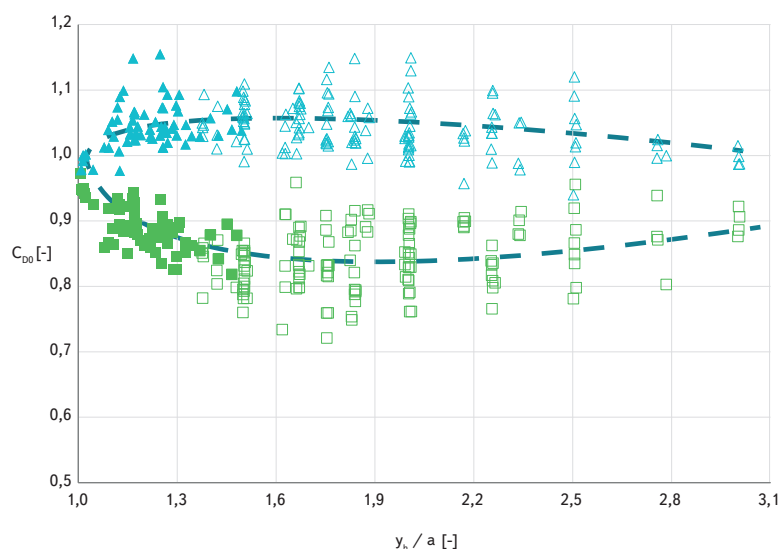
kde C_{D0} [-] je průtokový součinitel,
 $S_m = B_m H_m$ plocha vtokového otvoru.

Picek [5] však doporučuje pro druhý profil v Bernoulliho rovnici použít profil bezprostředně za výtokem z mostního otvoru, kde se vytváří hloubka $y_d^* < y_d$, pro výpočet proudění tlakovým mostním objektem pak doporučuje užívat rovnici:

$$Q = C_{D0} S_m \sqrt{2g (E_h - y_d^*)} \quad (7)$$

kde y_d^* [m] je hloubka těsně za výtokem z objektu (viz obr. 6).

Vyhodnocení součinitele C_{D0} z experimentů na fyzikálním modelu podle obou rovnic je patrné na obr. 7.



Rovnice (7) s y_d^* pro tlakové proudění

Rovnice (7) s y_d^* pro přelévanou mostovku

Rovnice (6) s y_d pro tlakové proudění

Rovnice (6) s y_d pro přelévanou mostovku

Obr. 7. Hodnoty průtokového koeficientu C_{D0} pro tlakové proudění vyhodnocené na základě experimentu podle rovnice (6), resp. (7)

Fig. 7. Values of discharge coefficient C_{D0} for pressurized flow obtained during the experiment according to the equation (6), respectively (7)

METODIKA VÝZKUMU

Modelová podobnost

Hydraulický výzkum byl založen na fyzikálním modelování při proudění s volnou hladinou. V tomto případě jsou dominantními silami síly gravitační a pro vyhodnocení se využívá Froudův zákon modelové podobnosti. Ten vyjadřuje skutečnost, že ve vzájemně příslušných profilech na modelu a ve skutečnosti budou stejná Froudova čísla. Bezrozměrné Froudovo číslo Fr je definováno rovnicí:

$$Fr = \frac{v}{\sqrt{gy}} \quad (8)$$

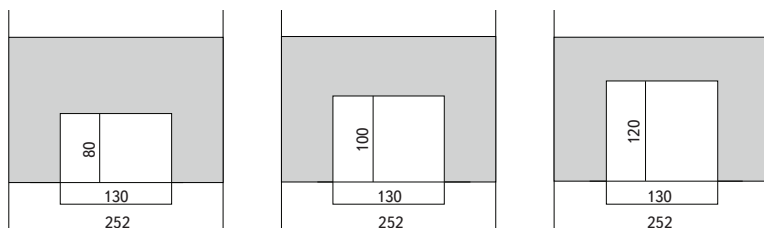
kde v [m·s⁻¹] je průřezová rychlost proudění,
 y [m] střední hloubka v profilu.

Pro bezrozměrné veličiny, na které se při vyhodnocení výzkumu řešitelé zaměřili, ovšem platí, že hodnota z modelu má stejnou hodnotu i pro skutečnost.

Popis modelu

Výzkum byl prováděn ve Vodohospodářské hale Fakulty stavební ČVUT v Praze. Měření probíhalo v hydraulickém žlabu s nulovým podélným sklonem. Jeho rozměry byly následující: šířka 252 mm, délka 7 300 mm, výška stěn v první části 1 000 mm, v druhé části 500 mm. Začátek žlabu byl osazen voštinovým usměrňovačem pro rovnoměrné rozdělení proudu a na jeho konci byl umístěn žaluziový uzávěr sloužící k regulaci hloubky dolní vody.

Do žlabu byly postupně vkládány modely mostního objektu. Délka mostního objektu byla 100 mm a šířka mostního otvoru byla 130 mm, přičemž byly použity tři verze modelu lišící se světlou výškou mostního otvoru v rozměrech 80 mm, 100 mm a 120 mm. Jejich příčné řezy byly převzaty z diplomové práce Adély Dostálové [7] a jsou přiloženy na obr. 8.



Obr. 8. Příčné řezy modelů mostních objektů včetně jejich rozměrů v [mm] [7]

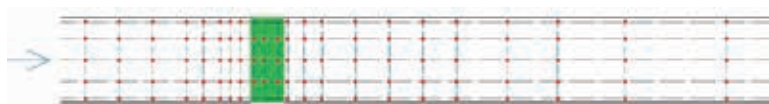
Fig. 8. Cross sections of bridge models including their dimensions in [mm] [7]

Měření veličin

V rámci provedeného výzkumu byly měřeny pouze dvě veličiny, a to výška úrovně hladiny a průtok modelem. Úrovně hladin byly měřeny pomocí posuvného hrotového měřítka a hodnoty byly odečítány s přesností 0,1 mm. Pro měření průtoků byla použita dvě zařízení – indukční průtokoměr Magnetoflow Primo a měrný Thomsonův přeliv.

Během výzkumu bylo změřeno celkem 57 průběhů hladin. Pro každou variantu mostního objektu byly změřeny průběhy hladin pro čtyři hodnoty průtoku a pro každý z nich byly uvažovány čtyři varianty míry ovlivnění dolní vodou, celkem tedy 16 měření průběhu hladin. Na základě prvotního vyhodnocení bylo rozhodnuto o nutnosti doměření několika stavů zejména pro vyšší hodnoty průtoků na vtoku do mostního objektu.

Měření výšky hladiny bylo prováděno v bodech rozmístěných rovnoměrně v podélném a příčném směru, v blízkosti mostního objektu byla síť měřených bodů zhuštěna (viz obr. 9 převzatý z diplomové práce [7]). Ve většině příčných profilů bylo měření prováděno v pěti bodech, kdy jeden bod byl v ose proudění, další dva v jedné a třech čtvrtinách šířky od kraje žlabu a poslední dva body byly umístěny u kraje žlabu. Měřené body jsou znázorněny na obr. 9 červeně, zelenou barvou je zde znázorněno umístění mostního objektu.



Obr. 9. Síť měřených bodů v hydraulickém žlabu

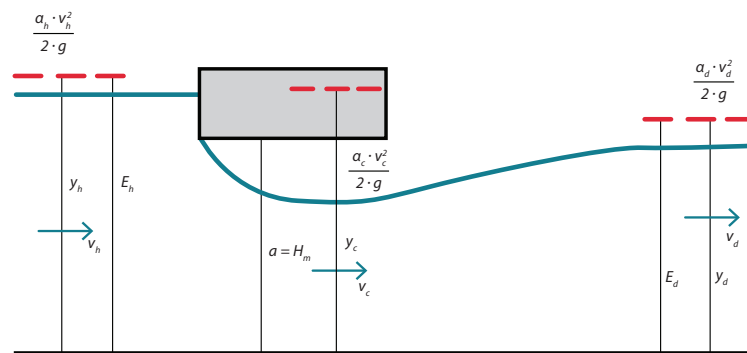
Fig. 9. Mesh of the measured points in the hydraulic flume

VÝSLEDKY EXPERIMENTÁLNÍHO VÝZKUMU

Prohlídka rozsáhlého souboru dat, který byl během experimentálních prací pořízen, ukázala, že pro studium scénáře se zatopeným vtokem a volným výtokem bylo nezbytné ponechat jen některé pokusy, kdy se vyskytovala volná hladina pod celou délkou reálné mostní konstrukce. V souboru dat, který byl dále podroben statistické analýze, bylo ponecháno 34 průběhů hladin.

Typický průběh hladiny při experimentech je vykreslen na obr. 10. Za vtokovým profilem docházelo k postupnému snižování hladiny na hodnotu y_c , v naprosté většině případů se tato hloubka objevovala přibližně ve vzdálenosti 2/3 délky mostního objektu. Pak se hladina postupně zvyšovala až k hodnotě y_d .

Pro dané schéma je možné sestavit Bernoulliho rovnici mezi profilem zúžené hloubky y_c a vzduté hloubky nad mostem y_h ve tvaru (1) nebo mezi profilem s hloubkou dolní vody y_d a vzduté hloubky nad mostem y_h ve tvaru (5).

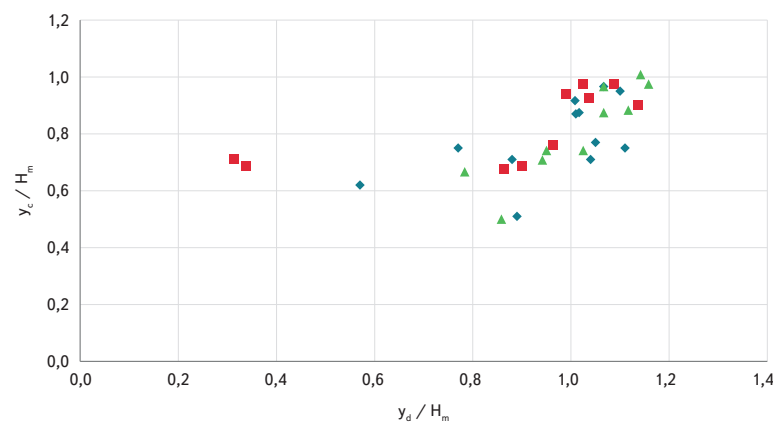


Obr. 10. Podélný profil hladiny vyskytující se při experimentálním měření

Fig. 10. Water level profile observed at the experimental measurements

Možnosti stanovení ztrát jsou popsány u rovnice (5), k vyčíslení ztrát je potřeba znát velikost rychlosti v_c v profilu zúžené hloubky y_c . V průběhu experimentů však rychlostní pole měřeno nebylo a řešitelé aktivní šířku proudění v zúženém profilu B_c pouze odhadovali na základě porovnání se simulacemi vybraných scénářů s využitím 3D matematického modelu. V rámci navazujícího výzkumu se počítá s tím, že se řešitelé zaměří právě na vyhodnocení rychlosti v_c , která bude nezbytná pro vyhodnocení ztrát zúžením i rozšířením proudů.

Proto řešitelé v této fázi výzkumu zaměřili svou pozornost zejména na posouzení správnosti výpočtu vzduté úrovně hladiny nad mostem v případě zatopeného vtoku a volného výtoku podle přístupu Bradleyho. Zkušenosti s užíváním softwaru Hec-Ras, který tento postup používá, ukazují, že vypočítaná hloubka proudění nad mostním objektem y_h dává v případě proudění se zatopeným vtokem a volným výtokem často vyšší hodnotu, než pro větší průtok, kdy je proudění objektem již plně tlakové. Rovnice využívá diskutabilní hodnotu zúžené hloubky za vtokem jako $0,5 \cdot H_m$, zatímco při výtoku otvorem to bývá podle obr. 2 cca $0,6 \cdot H_m$. Vyhodnocení experimentů pak ukázalo, že vytvoření průběhu hladiny se zatopeným vtokem a volným výtokem bylo dosaženo často jen při zatopení zúžené hloubky $0,6 \cdot H_m$ dolní vodou. Tuto skutečnost dokládá graf na obr. 11.



$B_m/H_m = 1,625$

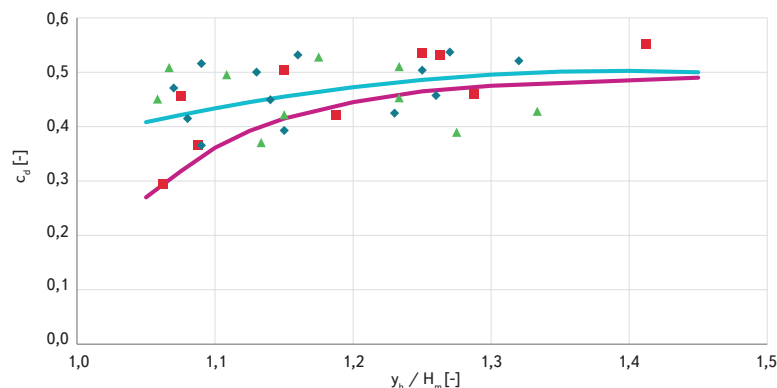
$B_m/H_m = 1,3$

$B_m/H_m = 1,086$

Obr. 11. Závislost poměru y_c/H_m na y_d/H_m pro provedené experimenty se zatopeným vtokem a volným výtokem

Fig. 11. Dependence of ratio y_c/H_m on y_d/H_m for experiments with free flow and submerged face of the deck

Na obr. 12 jsou zobrazeny hodnoty průtokového součinitele C_D stanovené z rovnice (4) pro známé hodnoty Q , E_h , H_m a B_m stanovené vyhodnocením experimentů. Průběh bodů byl následně proložen křivkou, jejíž průběh je popsán rovnicí (9), fialovou čarou je pak vyznačen průběh Bradleyho závislosti. Pouhým okem je patrné, že naprostá většina hodnot součinitele C_D je větší než podle Bradleyho.



$B_m/H_m = 1,625$ $B_m/H_m = 1,3$ $B_m/H_m = 1,086$ $C_d = f(y_h/H_m)$ **Bradley**

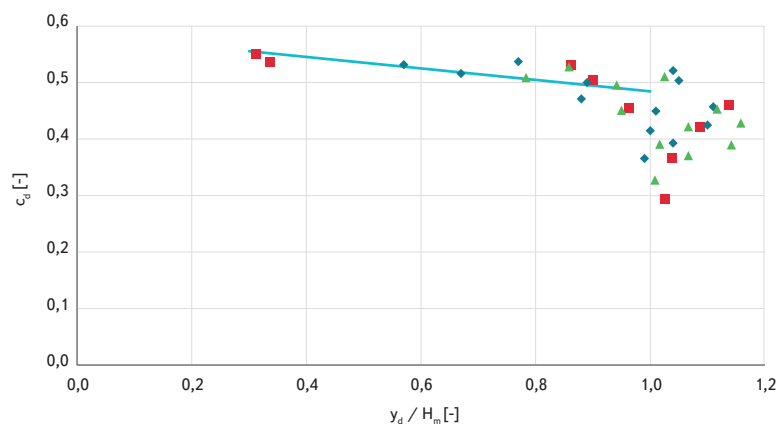
Obr. 12. Závislost průtokového součinitele C_D na poměru y_h/H_m

Fig. 12. Dependence of discharge coefficient C_D on ratio y_h/H_m

$$C_D = -0,7975 \left(\frac{y_h}{H_m} \right)^2 + 2,2233 \left(\frac{y_h}{H_m} \right) - 1,047, \text{ při: } r^2 = 0,2098 \quad (9)$$

Jiný pohled na součinitel C_D dává obr. 13, kde je zobrazena jeho závislost tentokrát na poměru y_d/H_m . Vzhledem k tomu, že software Hec-Ras neumožňuje řešit podrobný průběh hladiny v profilu mostního objektu a v případě, že úroveň hladiny dolní vody je vyšší než spodní líc mostovky, program automaticky uvažuje tlakové proudění, byl průběh doplněn o proložení bodů s menšími hodnotami, než je $y_d/H_m < 0,97$ lineární závislostí podle rovnice:

$$C_D = -0,1016 \left(\frac{y_d}{H_m} \right) + 0,586, \text{ při: } r^2 = 0,4920 \quad (10)$$

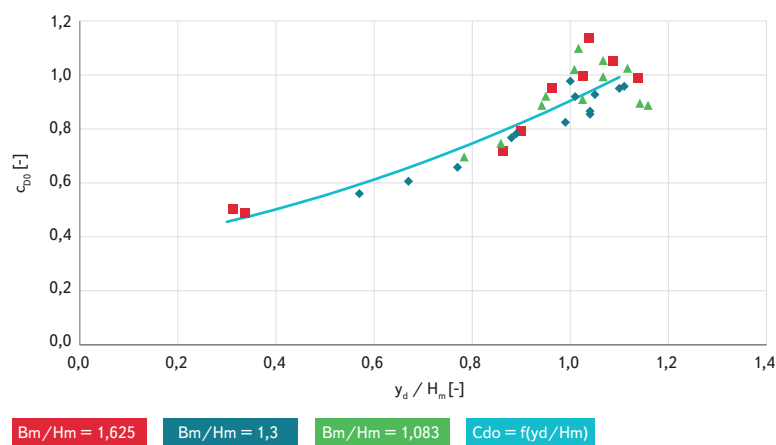


$B_m/H_m = 1,625$ $B_m/H_m = 1,3$ $B_m/H_m = 1,086$ $C_d = f(y_d/H_m)$

Obr. 13. Závislost průtokového součinitele C_D na poměru y_d/H_m

Fig. 13. Dependence of discharge coefficient C_D on ratio y_d/H_m

Na posledním obr. 14 je pak znázorněn průběh závislosti součinitele C_{D0} , jehož hodnoty byly spočítány podle rovnice (6), na poměru y_d/H_m . Zde je nezbytné uvést, že uvedená rovnice po fyzikální stránce nepopisuje proudění mostním objektem se zatopeným vtokem a volným výtokem zcela správně.



Obr. 14. Závislost součinitele C_{D0} stanoveného podle rovnice (6) na poměru y_d/H_m

Fig. 14. Dependence of coefficient C_{D0} obtained from equation (6) on ratio y_d/H_m

Průběh závislosti vykreslených bodů na obr. 14 byl proložen funkcí podle rovnice:

$$C_{D0} = 0,2966 \left(\frac{y_d}{H_m} \right)^2 + 0,2546 \left(\frac{y_d}{H_m} \right) + 0,3526, \text{ při: } r^2 = 0,7705 \quad (11)$$

Jedním z dalších cílů řešitelů bude nalézt výpočetní postupy, které zajistí spojitě řešení výpočtu vzduté hloubky nad mostem při přechodu ze stavu se zatopeným vtokem a volným výtokem na plně tlakové proudění, což software Hec-Ras neposkytuje. Porovnání grafu na obr. 14 s výstupy výzkumu Picka podle obr. 7 na možné propojení ukazují.

ZÁVĚR

Vyhodnocení experimentů na fyzikálním modelu při proudění mostním objektem se zatopeným vtokem a volným výtokem ukázaly na to, že výpočet vzduté hloubky nad mostem y_h s využitím rovnice (4) a stanovením průtokového součinitele C_D podle závislosti podle grafu na obr. 5 může dávat příliš velké hodnoty.

Na základě provedené analýzy zejména pak grafu na obr. 13 se v případě užití softwaru Hec-Ras doporučuje nepoužívat postup, kdy program sám odečte hodnotu C_D z uvedené závislosti, ale doporučuje se pro hodnoty y_d/H_m v rozsahu od 0,7 do 0,95 použít hodnotu $C_D = 0,5$, pro hodnotu poměru menší než 0,7 přibližně $C_D = 0,525$.

Literatura

- [1] BRADLEY, J.N. *Hydraulics of Bridge Waterways*. Federal Highway Administration, hds 1, March 1978.
- [2] ZEVENBERGEN, L.W., ARNESON, L.A., HUNT, J.H., and MILLER, A.C. *Hydraulics Design of Safe Bridges*. Federal Highway Administration, hds 7, April 2012.
- [3] HAMILL, L. *Bridge Hydraulics*. London: Spon Press, 1999, 367 s. ISBN 0-419-20570-5.
- [4] BRUNNER, G.W. *HEC-RAS 5.0, River Analysis System Hydraulic Reference Manual*. US Army Corps of Engineers [online]. February 2016. [vid. 7. 10. 2019]. Dostupné z: <http://www.hec.usace.army.mil/software/hec-ras/documentation>
- [5] PICEK, T. Hydraulic calculation of bridges at high water stages. *Journal of Hydraulic Research*, 2007, Vol. 45, No. 3, p. 400–406.
- [6] JUREČKOVÁ, P. *Modelový výzkum proudění na výtoku z propustky*. Diplomová práce ČVUT v Praze, Fakulta stavební, Katedra hydrauliky a hydrologie. Praha, 2017.
- [7] DOSTÁLOVÁ, A. *Analýza proudění mostním objektem se zatopeným vtokem*. Diplomová práce ČVUT v Praze, Fakulta stavební, Katedra hydrauliky a hydrologie. Praha, 2019.

Autoři

Ing. Petra Podešvová

✉ petra.podesvova@fsv.cvut.cz

doc. Ing. Aleš Havlík, CSc.

✉ ales.havlik@fsv.cvut.cz

Fakulta stavební, České vysoké učení technické v Praze

Příspěvek prošel lektorským řízením.

DOI: 10.46555/VTEI.2020.03.002

RESEARCH OF FLOW THROUGH BRIDGE STRUCTURE WITH FREE WATER SURFACE AND SUBMERGED INLET

PODESVOVA, P.; HAVLIK, A.

Faculty of Civil Engineering, CTU in Prague

Keywords: bridge — free water surface — discharge coefficient — physical modeling — mathematical modeling

The paper presents the results of hydraulic research of flow through bridge structure with free water surface and submerged inlet on a physical model. It compares current knowledge with measured data and discusses the differences. The paper contains an analysis of creation of the contracted depth at the bridge inlet. It processes the discharge coefficient dependence on several factors as well. These are presented with graphs and equations. The conclusion gives recommendation for choosing the discharge coefficient while computing in Hec-Ras software.

Fytobentos a makrozoobentos pražských potoků s přírodními veřejnými koupališti

LADISLAV HAVEL, JAN ŠŤASTNÝ, BLANKA DESORTOVÁ

Klíčová slova: pražské potoky — přírodní veřejná koupaliště — fyto­bentos — makrozoobentos

SOUHRN

Sledování kvality vody pražských potoků s přírodními veřejnými koupališti v letech 2018 až 2019 (v rámci operačního programu Praha – pól růstu II) bylo zároveň doplněno o sledování a hodnocení biologických složek ekosystému: společenstev fyto­bentosu a makrozoobentosu. Výhodou je, že stav těchto společenstev odráží kolísání kvality vody v profilech po delší období (na rozdíl od okamžitého stavu při odběru vzorků vody).

Z výsledků sledování makrozoobentosu vyplývá, že toto společenstvo vykazuje nejvyšší abundanci a druhovou diverzitu v úsecích potoků s nejpřirozenějšími morfol­ogickými podmínkami (přírodní koryta potoků Litovicko-Šáreckého potoka pod nádrží Džbán a Botiče nad i pod nádrží Hostivař). I tato společenstva však při kombinaci vlivů prostředí (morfol­ogie toku, kvalita vody) svým stupněm saprobity odpovídají horší beta-mesosaprobii. Naopak ve společenstvech fyto­bentosu žádný významnější rozdíl (až na hojnější výskyt vláknitých forem řas v přírodních korytech) mezi přirozenými a umělými profilem zjištěn nebyl. Pro vesměs přizpůsobivé řasy (zejména rozsivky), které v uvedených profilech dominují, se tedy zdá být klíčovým faktorem spíše chemismus vody než např. mikrotopografie dna.

Při předpokládané (budoucí) revitalizaci regulovaných a vydlážděných potoků je nutno zahrnout i úpravu jejich morfol­ogie a substrátu dna a zároveň věnovat značnou pozornost kvalitě přitékající vody.

ÚVOD

V letech 2018 a 2019 byla v rámci operačního programu Praha – pól růstu II sledována kvalita vody potoků, v jejichž povodí se nacházejí nádrže určené k rekreaci: Motolský potok se soustavou tří retenčních nádrží R1–R3 (oficiální veřejné koupaliště je v nádrží R2, ale využívána je i nádrž R1), Litovicko-Šárecký potok s nádrží Džbán, Vestec­ký a Kunratický potok s rybníkem Šeberák (v průběhu roku 2019 vypuštěn a odtěženy sedimenty), Botič s nádrží Hostivař. Výsledky z let 2018–2019 jsou uvedeny v [1, 2]. Protože odběr vzorků vody vždy zobrazuje pouze okamžitý stav kvality v daném profilu, bylo vzorkování doplněno o sledování společenstev fyto­bentosu a makrozoobentosu. Výhoda zařazení těchto ukazatelů tkví v tom, že jejich stav „integr­uje“ vliv kolísání kvality vody na obě společenstva v daném profilu za dobu mezi odběry.

SLEDOVANÉ LOKALITY

Vzorky fyto­bentosu a makrozoobentosu byly odebírány vždy z přítoků a odtoků potoků do a z příslušných nádrží určených k rekreaci: Motolský potok se soustavou

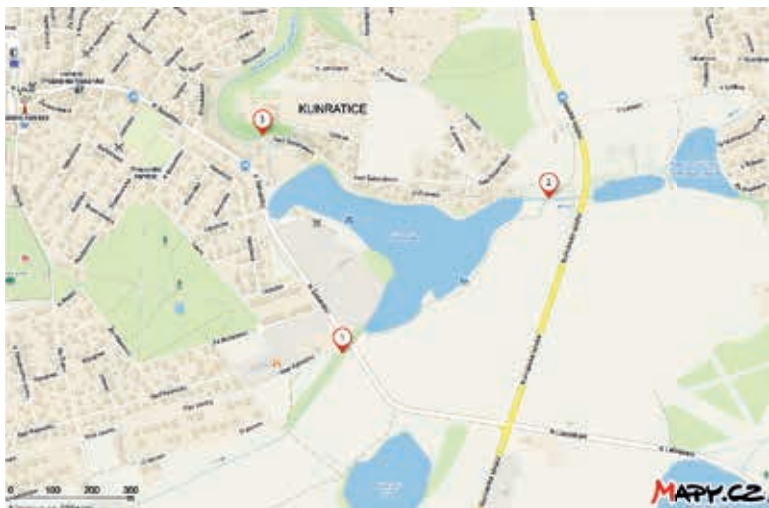
tří retenčních nádrží R1–R3, Litovicko-Šárecký potok s nádrží Džbán, Vestec­ký a Kunratický potok s rybníkem Šeberák, Botič s nádrží Hostivař. Odběrové profiley jsou vyznačeny na obr. 1–4.



Obr. 1. Odběrová místa, Motolský potok, nádrže R1–R3; 1 – přítok, 2 – odtok
Fig. 1. Sampling sites, Motolský stream, R1–R3 retention tanks; 1 – inflow, 2 – outflow



Obr. 2. Odběrová místa, Litovicko-Šárecký potok, nádrž Džbán; 1 – přítok, 2 – odtok
Fig. 2. Sampling sites, Litovicko-Šárecký stream, Džbán water reservoir; 1 – inflow, 2 – outflow



Obr. 3. Odběrová místa, rybník Šeberák; 1 – přítok Vestecský potok, 2 – přítok Kunratický potok, 3 – odtok

Fig. 3. Sampling sites, Šeberák fishpond; 1 – Vestecský stream inflow, 2 – Kunratický stream inflow, 3 – outflow



Obr. 4. Odběrová místa, Botič, nádrž Hostivař; 1 – přítok, 2 – odtok

Fig. 4. Sampling sites, Botič stream, Hostivař water reservoir; 1 – inflow, 2 – outflow

Charakteristika lokalit

- **BF 1** (Motolský potok, přítok do retenčních nádrží R1–R3): „natěsno“ vydlážděné koryto, v podstatě bez sedimentu, občas téměř bez vody (obr. 5),
- **BF 2** (Motolský potok, odtok z retenčních nádrží R1–R3): vydlážděné koryto, na dně písek a menší kameny, trvale zavodněné (obr. 6),
- **BF 3** (Litovicko-Šárecký potok, přítok do nádrže Džbán): vydlážděné koryto, na dně písek a kameny (i větší), trvale zavodněné (obr. 7),
- **BF 4** (Litovicko-Šárecký potok, odtok z nádrže Džbán): přírodní koryto, písek, kameny různé velikosti, ponořená makrovegetace (obr. 8). Vzhledem ke kvalitě vody odtoku z hypolimnia nádrže Džbán, zvláště koncem léta (H_2S , bakteriální povlaky dna – obr. 9), nebyly vzorky fyto- a makrozoobentosu odebrány přímo pod nádrží; odběr byl posunut cca 500 m níže,

- **BF 5** (Vestecský potok, levý přítok do rybníka Šeberák): napřímený potok, nedlážděný, na dně většinou bahno z okolních polí, občas písek, kameny vzácné, pouze drobnější valounky (obr. 10),
- **BF 6** (Kunratický potok, pravý přítok do rybníka Šeberák): nehodnocen – po celé sledované období do rybníka Šeberák voda neodtékala, profil se změnil na mokřad (obr. 11),
- **BF 7** (Kunratický potok, odtok z rybníka Šeberák): umělé koryto, vydlážděné, na dně většinou jemné bahno z rybníka Šeberák – zvláště během vypouštění a odstraňování sedimentů v roce 2019 (obr. 12),
- **BF 8** (Botič, přítok do nádrže Hostivař): přírodní koryto, na dně písek, drobnější i větší kameny (obr. 13),
- **BF 9** (Botič, odtok z nádrže Hostivař): přírodní koryto, vtok do přírodní rezervace Meandry Botiče (obr. 14).

METODIKA ODBĚRŮ A ANALÝZ VZORKŮ

Fytobentos

Vzorky fyto- a zoobentosu byly odebrány z charakteristického úseku toku vždy třikrát ročně (duben, srpen, listopad). Odběry i analýza druhového složení byly provedeny v souladu se standardními metodami podle ČSN [3–6], v každém vzorku byly vyhodnoceny relativní abundance jednotlivých druhů řas podle základní stupnice, viz [5].



Obr. 5. Profil BF 1, Motolský potok, přítok do retenčních nádrží R1–R3

Fig. 5. BF 1 profile; Motolský stream, inflow into the R1–R3 retention tanks



Obr. 6. Profil BF 2, Motolský potok, odtok z retenčních nádrží R1–R3

Fig. 6. BF 2 profile; Motolský stream, outflow from the R1–R3 retention tanks



Obr. 7. Profil BF 3, Litovicko-Šárecký potok, přítok do nádrže Džbán
Fig. 7. BF 3 profile; Litovicko-Šárecký stream, inflow into the Džbán water reservoir



Obr. 8. Profil BF 4, Litovicko-Šárecký potok, cca 500 m pod odtokem z nádrže Džbán
Fig. 8. BF 4 profile; Litovicko-Šárecký stream, cca 500 m under the outflow from the Džbán water reservoir



Obr. 9. Vzhled odtoku přímo pod nádrží Džbán
Fig. 9. The outflow directly under the Džbán water reservoir



Obr. 10. Profil BF 5, Vestecský potok, levostranný přítok do rybníka Šeberák
Fig. 10. BF 5 profile; Vestecský stream, left side inflow into the Šeberák fishpond



Obr. 11. Profil BF 6, Kunratický potok, pravostranný přítok do rybníka Šeberák
Fig. 11. BF 6 profile; Kunratický stream, right side inflow into the Šeberák fishpond



Obr. 12. Profil BF 7, Kunratický potok, odtok z rybníka Šeberák
Fig. 12. BF 7 profile; Kunratický stream, outflow from the Šeberák fishpond



Obr. 13. Profil BF 8, Botič, přítok do nádrže Hostivař
Fig. 13. BF 8 profile; Botič stream, inflow into the Hostivař water reservoir



Obr. 14. Profil BF 9, Botič, odtok z nádrže Hostivař
Fig. 14. BF 9 profile; Botič stream, outflow from the Hostivař water reservoir

Tabulka 1. Koncentrace fosforu v profilech
Table 1. Phosphorus concentrations in profiles

BF 1: přítok do R1			BF 2: odtok z R3		BF 3: přítok Džbán		BF 4: odtok Džbán	
	P _{celk} mg/l	P-PO ₄ mg/l	P _{celk} mg/l	P-PO ₄ mg/l	P _{celk} mg/l	P-PO ₄ mg/l	P _{celk} mg/l	P-PO ₄ mg/l
2018								
prům.	0,092	0,033	0,240	0,118	0,484	0,281	0,373	0,186
min.	0,056	0,013	0,047	0,013	0,22	0,013	0,147	0,013
max.	0,240	0,055	0,760	0,531	1,06	0,44	0,889	0,715
n	8	8	9	9	9	9	9	9
2019								
prům.	0,092	0,029	0,198	0,048	0,446	0,279	0,458	0,312
min.	0,059	0,013	0,057	0,013	0,244	0,042	0,131	0,013
max.	0,140	0,053	0,420	0,110	0,973	0,795	1,34	1,18
n	7	7	6	6	9	9	8	8
Třída	II.		IV.		V.		V.	
BF 5: přítok Šeberák			BF 7: odtok Šeberák		BF 8: přítok Hostivař		BF 9: odtok Hostivař	
	P _{celk} mg/l	P-PO ₄ mg/l	P _{celk} mg/l	P-PO ₄ mg/l	P _{celk} mg/l	P-PO ₄ mg/l	P _{celk} mg/l	
2018								
								(data [12])
prům.	0,835	0,513	0,449	0,158	0,447	0,289	0,368	
min.	0,211	0,081	0,127	0,013	0,206	0,013	0,105	
max.	2,01	1,70	1,190	0,356	0,804	0,506	1,1	
n	9	9	8	8	9	9	6	
2019								
								(01-07, data [12])
prům.	0,4	0,225	0,461	0,108	0,388	0,287	0,114	
min.	0,181	0,054	0,122	0,013	0,194	0,076	0,07	
max.	0,703	0,58	1,36	0,232	0,684	0,545	0,158	
n	9	9	9	9	9	9	4	
Třída	V.		V.		V.			

Makrozoobentos

Vzorky makrozoobentosu byly odebírány v souladu s metodikou MŽP a příslušnými platnými normami [7, 8]. Vzorky z jednotlivých profilů byly odebírány metodou „kick samples“ dvakrát ročně (duben, listopad) z charakteristického úseku toku. Z odebraného vzorku byly (po opláchnutí vodou z lokality) odstraněny zachycené velké částice (listí, makrofyta, ...). Vzorek byl následně převeden do vzorkovnice a nafixován etanolem. V laboratoři byly pod binokulární lupou odebrané vzorky podrobně prohlédnuty, přítomné organismy převedeny do 70 % etanolu a určeny (binokulární lupa, mikroskop).

Ve vzorcích byl stanoven celkový počet organismů v odebraném standardním vzorku [7, 8], saprobní index [9] a index diverzity Shannon-Weaver [10].

VÝSLEDKY

Koncentrace fosforu v jednotlivých profilech

V tabulce 1 jsou uvedeny průměrné, maximální a minimální hodnoty koncentrací celkového (P_{celk}), a fosforečnanového ($P-PO_4$) fosforu pro jednotlivé profily odběru vzorků. Vysoké koncentrace P_{celk} řadí vodu profilů až do IV.–V. třídy jakosti podle ČSN 75 7221 [11]. Výjimkou je profil BF 1 – přítok do retenční nádrže R1 (horní tok Motolského potoka). Data pro profil BF 9 – odtok z nádrže Hostivař pro rok 2018 jsou převzata z [12].

Fytobentos

KVALITATIVNÍ SLOŽENÍ FYTOBENTOSU

Kvalitativní složení fytobentosu bylo ve všech sledovaných profilech podobné, se zřetelnou dominancí dvou hlavních skupin, rozsivek (Bacillariophyceae) a zelených řas z třídy Chlorophyceae. Ve druhém případě se ovšem na rozdíl od rozsivek nejedná o typické benthické řasy, nýbrž o řasy planktonní, které byly do sledovaných profilů zaneseny z přilehlých stojatých vod (rybníků či vodních nádrží). S ohledem na to, že se jedná o typickou letní složku fytoplanktonu, hojněji a ve vyšší abundanci se vyskytovaly až v rámci letních a podzimních odběrů.

Z rozsivek dominovaly především velmi hojné druhy charakteristické pro vody s vyšší či střední trofí, často tolerantní ke znečištění, či druhy se širokou ekologickou amplitudou, jmenovitě zejména *Diatoma vulgaris*, *Navicula lanceolata*, *Navicula tripunctata*, *Synedra ulna*, *Navicula gregaria*, *Melosira varians*, *Nitzschia acicularis* atd. Ze zelených řas zejména běžní zástupci eutrofních vod z rodů *Desmodesmus*, *Pediastrum* s.l., *Coelastrum*, *Actinastrum*, *Monoraphidium* atd. Ostatní skupiny řas (včetně sinic) byly vesměs zastoupeny pouze minoritně a až na výjimky se jejich zástupci nepodíleli na složení společenstev významně ani kvantitativně. Témito výjimkami byl především hojnější výskyt (oproti ostatním profilům) některých vláknitých řas (zejména *Audouinella* sp. a *Cladophora glomerata*) na profilech BF 4, BF 5 a v menší míře také na profilech BF 8 a BF 9.

I přes poměrně vysokou celkovou druhovou diverzitu zaznamenanou na jednotlivých profilech (podrobněji viz níže) nebyly ve vzorcích nalezeny téměř žádné vzácné druhy, za zmínku stojí zejména nález vzácného bičíkovce *Tetraselmis cordiformis* na profilech BF 5, BF 7 a BF 8 či nález pozoruhodné, v ČR roztroušeně se vyskytující haptofytní řasy *Hymenomonas roseola* na profilech BF 3 a BF 8.

KVANTITATIVNÍ SLOŽENÍ FYTOBENTOSU

Celková druhová diverzita byla na všech hodnocených profilech velmi podobná, pohybovala se mezi 124 (profil BF 7) a 150 druhy (profil BF 2). Jedinou výjimkou byl profil BF 1 s celkem 70 druhy, u něj byla ovšem tato hodnota výrazně ovlivněna

vyschnutím od léta 2018 do jara 2019, hodnoceny byly tudíž vzorky pouze ze tří odběrů. Navíc bylo i na nízké diverzitě zejména letního vzorku z roku 2019 a extrémně nízké abundanci většiny řas patrné, že se společenstva fytobentosu teprve vzpamatovávají z dlouhotrvajícího vyschnutí. Zhruba srovnatelná byla u všech profilů i průměrná druhová diverzita na vzorek, která se pohybovala (s výjimkou profilu BF 1 se 37 druhů) od 41 druhů (profil BF 5) do 59 druhů (profil BF 2). Jak už bylo ovšem zmíněno výše, druhové složení společenstev fytobentosu bylo zejména v letním a podzimním období výrazně ovlivněno splavením planktonních zástupců z přilehlých stojatých vod, zmíněné rozdíly tedy nemají jednoznačnou vypovídací schopnost. Míra odlišnosti mezi jednotlivými lokalitami byla tedy do značné míry dána odlišností druhového složení letních vzorků, tj. v podstatě mírou ovlivnění jednotlivých profilů přilehlými stojatými vodami, z nichž byly na daná odběrová místa splaveny planktonní řasy a sinice (které byly určující složkou zmíněné odlišnosti), spíše než výraznějšími rozdíly v přirozených společenstvech jejich fytobentosu.

Makrozoobentos

Výsledky stanovení makrozoobentosu v jednotlivých sledovaných profilech za období let 2018–2019 jsou uvedeny v tabulce 2. Výsledky jsou průměrnými hodnotami ukazatelů ze dvou (profil BF 1 – v listopadu 2018 a v dubnu 2019 byl bez vody), tří (profil BF 2 – v dubnu 2019 byl bez vody; profil BF 7 – v listopadu 2019 silně ovlivněn vysokým průtokem a množstvím sedimentu vzhledem k vypouštění rybníka Šeberák a odstraňování sedimentu v roce 2019) a čtyř odběrů (ostatní profily).

Tabulka 2. Charakteristiky společenstev makrozoobentosu ve sledovaných profilech (n: počet jedinců ve vzorku, Si: saprobní index, H: index diversity Shannon-Weaver)
Table 2. Characteristics of macroinvertebrate communities in the studied profiles (n: number of individuals per sample, Si: saprobic index, H: Shannon-Weaver diversity index)

Označení profilu	Název profilu	n	Si	H
BF 1	Přítok R1–R3	99	2,61	1,72
BF 2	Odtok R1–R3	425	2,43	2,31
BF 3	Džbán přítok	411	2,51	2,45
BF 4	Džbán odtok	733	2,24	2,19
BF 5	Šeberák přítok, Vestecký	616	2,43	2,31
BF 7	Šeberák odtok	383	2,71	2,31
BF 8	Hostivař přítok	926	2,11	1,78
BF 9	Hostivař odtok	806	2,35	1,84

KVALITATIVNÍ SLOŽENÍ MAKROZOOBENTOSU

Kvalitativní složení makrozoobentosu bylo ve všech sledovaných profilech obdobné, lišilo se spíše poměrným zastoupením jednotlivých taxonů. Vždy byly (v různé míře) zastoupeni máloštětinatci (Oligochaeta – Tubificidae), pijavky (především *Erpobdella octoculata*), koryši *Asellus aquaticus*, měkkýši

(většinou *Pisidium* sp. a *Bythinia* sp.), larvy Chironomidae, larvy chrostíků (hlavně *Hydropsyche angustipennis*), ve většině profilů i larvy jepic (především *Baetis fuscatus*) a časté byly i larvy muchniček (*Simulium* sp.).

V některých profilech se vyskytovali (i ve značném množství) žahavci (nezmar – *Hydra* sp. – profily BF 2, BF 3, BF 4, BF 5); v menším množství larvy pakomárcovitých (Ceratopogonidae – profily BF 1, BF 3, BF 4, BF 5, BF 7), koryš *Gammarus fossarum* (profily BF 3, BF 4, BF 5, BF 7). Larvy i dospělci brouků (Coleoptera – *Elmis* sp.) se vyskytovali pouze v přirozených úsecích toků (profily BF 4, BF 8, BF 9). V profilech BF 3, BF 4, BF 9 byly ojediněle nalezeny larvy vážek (Odonata – *Calopteryx* sp., *Coenagrion* sp.), v profilech BF 4 a BF 8 dravé larvy chrostíků (*Rhyacophila* sp.) a v profilu BF 8 plž *Ancylus fluviatilis*.

ABUNDANCE ORGANISMŮ – POČET ORGANISMŮ NA STANDARDNÍ VZOREK

Podle oživení lze profily zařadit do několika skupin. Výrazně nejnižší oživení vykazoval profil BF 1 (Motolský potok, přítok do R1–R3) – vydlážděný, s velmi kolísajícím průtokem, občas bez vody (organismy pouze v mezerách mezi dlážděními). Jako nízkou lze charakterizovat i abundanci makrozoobentosu v profilu BF 7 – vydlážděné koryto, silně ovlivňované kolísajícím odtokem ze Šeberáku a zanášené jemnými rybníčními sedimenty. Další skupinu tvoří profily BF 2, BF 3, také s vydlážděným korytem, ale s trvalým průtokem, na dně je přítomen sediment a kameny různé velikosti. Průměrná abundance (ve srovnání s ostatními sledovanými profilem) byla v profilu BF 5 – napřímené koryto, nevydlážděné, na dně převážně jemný sediment (většinou splachy z okolních polí). Nejvyšší abundanci makrozoobentosu vykazují přirozené profily BF 4, BF 8, BF 9 (tabulka 2).

SAPROBNÍ INDEX

Hodnoty saprobního indexu odpovídají hydrologickým podmínkám a kvalitě vody potoků. Na úrovni alfa-mesosaprobity jsou profily BF 1, BF 3 a BF 7 (profil BF 7 – Si 2,71, nejhorší ze sledovaných – je ovlivněn podmínkami odtoku z rybníka Šeberák). Do stupně beta-mesosaprobity lze zařadit ostatní profily – nejlepší je opět u přirozených toků v profilech BF 4, BF 8, BF 9 (tabulka 2).

INDEX DIVERZITY

Ve sledovaných lokalitách je nejnižší index diverzity (tj. relativně nejvyšší diverzita společenstva makrozoobentosu) v přirozených profilech BF 4 (Litovicko-Šárecký potok pod nádrží Džbán), BF 8, BF 9 (Botič) a poněkud překvapivě v profilu BF 1 (Motolský potok, přítok do R1–R3). Na profilu BF 1 je to dáno poměrně rovnoměrným zastoupením taxonů při velmi nízkém celkovém počtu jedinců ve standardním vzorku (tabulka 2).

ZÁVĚR

Sledování kvality vody pražských potoků v letech 2018–2019, v jejichž povodí jsou přírodní koupaliště, zahrnovalo i sledování hydrobiologických ukazatelů: fytoobentosu a makrozoobentosu. Vzorky byly na jednotlivých potocích odebrány v profilech přítoků a odtok těchto přírodních koupališť.

Z výsledků vyplývá, že společenstvo makrozoobentosu vykazuje nejvyšší abundanci a druhovou diverzitu v potocích s nejpřirozenějšími morfologickými podmínkami (přírodní koryta potoků Litovicko-Šáreckého potoka pod nádrží Džbán a Botiče nad i pod nádrží Hostivař, tj. profily BF 4, BF 8, BF 9). I tato společenstva však při kombinaci vlivů prostředí (morfologie toku, kvalita vody, substrát dna apod.) svým stupněm saprobity odpovídají horší beta-mesosaprobite. Naopak ve společenstvech fytoobentosu žádný významnější rozdíl (až na hojnější výskyt vláknitých forem v přírodních korytech) mezi přirozenými a umělými profilem zjištěn nebyl. Pro vesměs přizpůsobivé řasy (zejména rozsivky), které v uvedených profilech dominují, se tedy zdá být klíčovým faktorem spíše chemismus vody než např. mikrotopografie dna.

Vypouštění vody z hypolimnia nádrže Džbán koncem léta výrazně ovlivňuje úsek Litovicko-Šáreckého potoka pod výpustí (obr. 9). Z tohoto důvodu byl odběr vzorku fytoobentosu a makrozoobentosu posunut několik set metrů po proudu (viz výše).

Je zřejmé, že hlavní vliv na společenstva fytoobentosu a makrozoobentosu ve sledovaných tocích má (vedle vlastní morfologie toku) i trvalý a vysoký přísun živin (zvláště P). Při předpokládané budoucí revitalizaci regulovaných a vydlážděných potoků bude nutno zahrnout i úpravu jejich morfologie a substrátu dna a zároveň věnovat značnou pozornost kvalitě přitékající vody.

Poděkování

Příspěvek vznikl za podpory projektu CZ.07.1.02/0.0/0.0/16_040/0000382: Rekreační potenciál vody v Praze – stav a výhledy; řešeného v rámci operačního programu Praha – pól růstu II.

Literatura

- [1] DESORTOVÁ, B., HAVEL, L. a ŠTASTNÝ, J. Kvalita vody pražských potoků. Část 1: Motolský a Litovický potok. VTEI, roč. 61, č. 2, s. 20–26. ISSN 0322–8916.
- [2] HAVEL, L., DESORTOVÁ, B. a ŠTASTNÝ, J. Kvalita vody pražských potoků. Část 2: přítoky do rybníka Šeberák a přehradní nádrže Hostivař. VTEI, roč. 61, číslo 3, s. 6–13. ISSN 0322–8916.
- [3] ČSN 75 7715: Kvalita vod – Biologický rozbor: Stanovení nárostů. Praha, 2015.
- [4] ČSN EN 14407 (75 7722): Kvalita vod – Návod pro identifikaci a kvantifikaci benthických rozsivek z vodních toků a pro interpretaci dat. Praha, 2014.
- [5] ČSN EN 15708 (757719): Jakost vod – Návod pro sledování, odběr vzorků a laboratorní analýzu fytoobentosu v mělkých tekoucích vodách. Praha, 2010.
- [6] Metodika odběru a zpracování vzorků fytoobentosu tekoucích vod. Metodika MŽP ČR, 2006.
- [7] NĚMEJCOVÁ, D. a KOKEŠ, J. Metodika odběru a zpracování vzorků makrozoobentosu metodou PERLA. Praha, MŽP ČR 2006.
- [8] ČSN 75 7701: Jakost vod – Metodika odběru a zpracování vzorků makrozoobentosu tekoucích vod metodou PERLA. Praha, 2007.
- [9] ČSN 75 7716: Jakost vod – Biologický rozbor: Stanovení saprobního indexu. Praha, 1998.
- [10] ODUM, E.P. Základy ekologie. Academia Praha, 1977.
- [11] ČSN 75 7221: Kvalita vod – Klasifikace kvality povrchových vod. Praha, 2017.
- [12] Botič. Pražská příroda [online]. Hlavní město Praha, 2013 [cit. 20. 04. 2020]. Dostupné z: www.praha-priroda.cz/odborna-verejnost/kvalita-vody/kvalita-vody-ve-vodnich-tocich/botich/

Autoři

RNDr. Ladislav Havel, CSc.

✉ ladislav.havel@vuv.cz

Mgr. Jan Štastný, Ph.D.

✉ jan.stastny@vuv.cz

RNDr. Blanka Desortová, CSc.

✉ blanka.desortova@vuv.cz

Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, v. v. i.

Příspěvek prošel lektorským řízením.

DOI: 10.46555/VTEI.2020.03.003

THE PHYTOBENTHOS AND MACROINVERTEBRATES OF PRAGUE STREAMS WITH NATURAL PUBLIC BATHING PLACES

HAVEL, L.; STASTNY, J.; DESORTOVA, B.

TGM Water Research Institute, p.r.i.

Keywords: Prague streams — natural public bathing places — phytobenthos — macroinvertebrates

The water quality monitoring of selected streams in Prague (which harbour in their catchment area natural bathing places) during 2018–2019 included also the monitoring of two hydrobiological indicators; the phytobenthos and macroinvertebrates communities. The samples were taken in every particular stream near the inflow into and outflow from the natural bathing places, respectively.

The results indicate that the macroinvertebrates communities display the highest abundance as well as species diversity in streams with the most natural conditions (natural stream beds of Litovicko-Šárecký stream under the Džbán water reservoir as well of Botič stream above and under the Hostivař water reservoir, i.e. in profiles BF 4, BF 8 and BF 9). But even these communities, considering the combination of various environmental impacts (stream morphology, water quality, bed substrate, etc.) correspond only to worse beta-mesosaprobity. On the other hand, there was no significant difference between the natural and artificial profiles, as regards the phytobenthos communities (except of more abundant occurrence of filamentous forms in natural profiles). Consequently, for the mostly adaptable algae, which dominate them (particularly diatoms) the water, chemism seems to be of higher importance than e.g. the streambed microtopography.

Should a revitalization of the altered and paved streams proceed in future, it should comprise the modification of their morphology and of the streambed, and their water quality should be taken into account as well.



Identifikace plošného zemědělského znečištění s využitím termografického snímkování

ŠTĚPÁN MARVAL, TOMÁŠ HEJDUK, ANTONÍN ZAJÍČEK, TOMÁŠ VYBÍRAL,
RADEK ROUB, MARKÉTA KAPLICKÁ

Klíčová slova: jakost vody — teplota vody — zdroj znečištění — stavba odvodnění — drenážní výust

SOUHRN

Sledování jakosti vody v České republice (ČR) nemá tak dlouhou tradici jako sledování jejího množství, a to i přesto, že pro společnost, průmysl i zemědělství je kvalita vodních zdrojů strategická. Pro šíření znečištění ze zemědělské činnosti je významný podpovrchový odtok. S podpovrchovým (drenážním) odtokem je spojováno především vyplavování dusičnanů, pesticidů a dalších ve vodě rozpustných látek (fosforečnany) aplikovaných na zemědělskou půdu. Stavby zemědělského odvodnění byly v minulosti budovány za účelem podpory a rozvoje zemědělství. Jejich tradice v ČR sahají do konce 19. století, nejintenzivněji však byly realizovány v období do 2. světové války, později pak v letech 1960–1990. Odvodňovací stavby na zemědělských pozemcích byly navrhovány jako jednoúčelové k odvádění přebytku vody z pozemku. Se zvyšujícím se výskytem hydrologických extrémů (zejména sucha, ale i přívalových dešťů) je jejich funkce v některých obdobích kontraproduktivní. Proto jsou v současné době přijímána opatření na drenážních systémech či v jejich návaznosti, která mohou zmírnit a eliminovat dopady obou hydrologických extrémů. Pro návrhy opatření, která stávající jednouúčelovou funkci odvodňovacích systémů rozšíří či jejich negativní efekty minimalizují (drenážní biofiltry, umělé mokřady a tůně na drenážních výustích, regulační drenáže), je však nutná znalost umístění dílčích prvků plošného odvodnění, především drenážních výustí. Informaci o umístění drenážní výusti lze získat dohledáním, naskenováním a následnou orto-rektifikací podrobných situací staveb zemědělského odvodnění. Tento postup však není možné aplikovat vždy, protože v období majetkových transformací v devadesátých letech 20. století byla značná část podkladů ztracena nebo zničena. Z těchto důvodů bylo testováno termografické snímkování jako nová metoda pro identifikaci drenážních výustí. Předpokladem pro její užití je skutečnost, že teplota drenážní vody a teplota vody v povrchovém toku jsou odlišné, zejména v létě a v zimě. Termografickým snímkováním po délce vodního toku lze identifikovat oblasti s náhlou změnou teploty, která identifikují místa přítoku vody do vodního toku. Na základě získaných výsledků lze tvrdit, že termografie představuje užitečnou metodu k identifikaci drenážních výustí.

ÚVOD

Plocha provedených odvodnění dosahuje na celém světě podle dostupných zdrojů více než 200 milionů hektarů zemědělské půdy [1]. V České republice bylo odvodněno celkem 1 016 500 ha, což představuje více než 25 % zemědělské půdy [2]. Drenážní systémy jsou v ČR obvykle koncipovány jako kombinace podrobného odvodňovacího zařízení (POZ), nejčastěji v podobě plošné

podpovrchové trubkové drenáže (záchytné, sběrné a svodné drény), která je zaústěna do povrchových nebo zatrubněných hlavních odvodňovacích zařízení (HOZ) nebo přímo do drobných vodních toků (DVT). Odtok z drenážních systémů představuje zároveň v podmínkách České republiky jeden z hlavních zdrojů podpovrchového plošného znečištění vod. Drenážním odtokem dochází zejména k vyplavování dusičnanů, některých pesticidů a jejich metabolitů i dalších látek rozpustných ve vodě. Množství látek vyplavované z půdy drenážními systémy je přímo úměrné k velikosti a dynamice odtoku vody [3].

Drenážní systémy obecně urychlují odtok z povodí. Dynamika koncentrací většiny látek je v drenážních vodách velmi proměnlivá. Drenážní vody mohou mít pro jednotlivé složky odtoku značnou časovou variabilitu ve vazbě na průběh počasí, půdní a hydrogeologické podmínky povodí, nasycenost půdního profilu, dobu a intenzitu aplikace hnojiv, biochemické reakce v půdním prostředí, způsob využití území a jeho morfologii. Klíčový je tedy původ vody a cesty jejího odtoku do odvodňovacího systému [4–6].

Zabránit zhoršování stavu povrchových i podzemních vod a zlepšení jejich jakostního i kvantitativního stavu je cílem Rámcové směrnice Evropského parlamentu a Rady 2000/60/ES ze dne 23. října 2000, ustavující rámec pro činnost Společenství v oblasti vodní politiky. Plánování v oblasti vod je rozděleno do tří šestiletých období. Plošné zemědělské zdroje znečištění vod však v rámci předchozích dvou plánovacích období v oblasti vod nebyly analyzovány ani hodnoceny. Problematika hodnocení stavu vodních útvarů z hlediska vlivu plošných zemědělských zdrojů znečištění zůstala v procesu plánování v oblasti vod dosud téměř neřešena [7]. Třetí plánovací období probíhá od počátku roku 2016 do roku 2021 a realizace opatření třetího plánovacího období bude probíhat v letech 2022 až 2027. Pro efektivní návrhy opatření, které bude možné promítnout do třetího plánovacího období, musí být proto charakteristický multifunkční přínos. Navržená opatření musí nejen zajistit funkčnost staveb odvodnění zamokřených zemědělských pozemků, ale zároveň také vytvářet zásoby vody pro letní období a tím snižovat rizika i dopady výskytu sucha agronomického, případně hydrologického [8]. Navržená opatření rovněž kromě aspektů optimalizace vodního režimu zemědělských pozemků, tj. eliminace hydrologických extrémů, musí přispět ke zlepšení samotné jakosti drenážních vod. Opatření musí být zaměřena především na snížení odnosu živin a dalších polutantů z povodí prostřednictvím zemědělského odvodnění [9–11].

Kvalita provedených návrhů opatření vychází z detailní znalosti řešeného území, jehož důležitou součástí je znalost umístění dílčích prvků plošného odvodnění, především drenážních výustí.

Odtok z drenáže se soustřeďuje prostřednictvím svodných drénů k drenážním výustím. V drenážních soustavách v ČR se běžně vyskytují drenážní výusti v místech vyústění svodných drénů do odpadových příkopů, kanálů či

vodních toků [1]. Historicky znamenala realizace zvýšeného počtu drenážních výustí rovněž zvýšení stavebních nákladů. Z tohoto důvodu bylo drenážních výustí realizováno co nejméně, a sice zpravidla jedna pro každou drenážní skupinu [1]. Mezi požadavky na konstrukční řešení drenážních výustí patří zajištění volného odtoku drenážní vody, odpovídající nákladovost, trvanlivost a jasné označení. Právě jasná identifikace v terénu s ohledem na stáří realizovaných staveb odvodnění představuje zásadní problém pro návrhy opatření na drenážních systémech a samotných drenážních výustích. Dochované projektové dokumentace jednotlivých staveb zemědělského odvodnění vyžadují navazující pokročilé zpracování pro přibližnou lokalizaci drenážní výusti (navazujících prvků odvodnění). Jedná se především o nutné skenování dochovaných situací staveb odvodnění, jejich následnou rektifikaci a navazující digitalizaci. Výše popsané činnosti však často nevedou k úspěšné identifikaci drenážní výusti v terénu (realizace stavby často nebyla prováděna v souladu s projektovou dokumentací či drenážní výust' byla poškozena). Část situací staveb zemědělského odvodnění také není dochována. V tomto případě se nabízí jako jedna z možných metod identifikace drenážních výustí za pomoci termografického snímkování.

V současné době je v termografii aktuální zejména dílčí disciplína v podobě termografické diagnostiky, která měří charakteristiku vyzařování tepla za účelem zjištění výskytu poruchy, znečištění nebo nemoci. Jedná se o typ infračerveného zobrazování, které detekuje intenzitu tepelného záření v rozsahu elektromagnetického spektra pro vytvoření obrazu – termogramu [12]. Nástroje a poznatky z oboru termografie lze využít jako alternativní přístup pro identifikaci drenážních výustí.

V zahraničí se již podobný výzkum uskutečnil, byl však zaměřen primárně na identifikaci potenciálních zdrojů znečištění. Příkladnými studiemi jsou např. [13–15], kde se autoři věnovali možnostem aplikace nových metod pro odhalování a vyhodnocování kontaminace pobřežních vod s využitím leteckých platform termografie, řady pokročilých termovizních kamer a nového detekčního softwaru.

Hydrografická síť (vodní toky vč. hlavních odvodňovacích zařízení) je považována za hlavní proměnnou, která ovlivňuje rozmanitost (hydrologickou, biologickou či produkční – zemědělskou složku) v samotném vodním toku, ale i v celé navazující ploše povodí. V současnosti je jen málo známo o tepelné heterogenitě včetně jejích účincích na jakostní ukazatele vody či vodní biotu. Dynamikou a vlivem tepelného znečištění na vodní ekosystém se pomocí technik dálkového průzkumu Země příkladně zabýval ve své studii autor Tonolla a kol. [16]. Složení, uspořádání a stupeň hydrologické propojenosti těchto biotopů určuje stabilitu vodního prostředí a ekosystémové procesy [17, 18].

V oboru vodního hospodářství lze s využitím metod termografického snímkování diagnostikovat místa ve vodních tocích či nádržích se zvýšenou teplotou, která mohou mít negativní dopad na ekologickou stabilitu lokality [19], případně kompletně modelovat teplotní režim vodních toků [20]. Na základě rozdílné teploty mezi povrchovou a podpovrchovou vodou je také možná identifikace vyvěrajících pramenů vody [21]. Pramenité vývěry jsou potenciálně zaměnitelné za drenážní výusti a pro stanovení jakosti daného vývěru je zapotřebí laboratorní ověření, jelikož nutně nepodléhá plošnému zemědělskému znečištění. Právě navazující oblastí využití termografie, tedy identifikací teplotních rozdílů mezi vodními toky (nádržemi) a drenážními vodami, se detailně zabývá představovaný výzkum. Cílem tohoto příspěvku je prezentovat dosažené poznatky z využití termografické metody pro identifikaci míst vtoku drenážních vod do recipientu (drenážních výustí) a zároveň představit zjištěné nesoulady mezi dochovanými situačními výkresy projektových dokumentací vybraných staveb zemědělského odvodnění a reálným stavem zjištěným z výsledků termografického snímkování.

METODIKA

V rámci představeného výzkumu bylo využito pozemní termografické měření. Pomocí termovizní kamery byly snímkovány oblasti předpokládaných drenážních výustí do vodních toků, hlavních odvodňovacích zařízení či malých vodních nádrží. Na základě rozdílů v teplotě vody byly identifikovány konkrétní polohy drenážních výustí. Konkrétní lokalizace drenážní výusti byla zaměřena a posléze porovnána s podklady z projektových dokumentací odvodňovací stavby.

Základní myšlenka, která stojí za tímto výzkumem, je rozšířit možnosti využití termografického snímkování od detekce tepelného znečištění k detekci znečištění vod v obecném slova smyslu. Pro úspěšné využití termografie k detekci vstupu znečištění do povrchových vod musí být zároveň splněny dva předpoklady. Prvním předpokladem je, že teplota vody podpovrchového odtoku (drenážního) odtoku se bude lišit od teploty vody odtoku povrchového. Druhým předpokladem je, že se liší koncentrace látek v drenážním a povrchovém odtoku. Vzhledem ke skutečnosti, že teplota drenážní vody vykazuje menší rozdíly mezi letním a zimním obdobím a na změnu teploty vzduchu reaguje se zpožděním oproti povrchovému odtoku [22] a zároveň koncentrace pro drenážní odtok charakteristických polutantů bývají v drenážních vodách vyšší než v povrchovém odtoku [6, 9], termografické snímkování by mohlo umožnit identifikaci vtoku drenážních vod i znečištění drenážním odtokem vnášené. Dále by využití termografického snímkování mohlo poskytnout jednoduchou vizualizaci a popis jeho prostorového rozložení a přispět tak ke snazšímu určení příčin znečištění, respektive lokalizovat místa pro návrh vhodných opatření.

Přístrojové vybavení

V rámci pozemního termografického měření bylo testováno využití termografických kamer FLUKE – TiS20 (obr. 1) a FLIR řady E6 (obr. 2).

TERMOGRAFICKÁ KAMERA FLUKE – TiS20 SE VYZNAČUJE NÁSLEDUJÍCÍ ZÁKLADNÍ SPECIFIKACÍ



- rozlišení 120 × 90 pixelu,
- obnovovací frekvence 9 Hz,
- rozsah měření teploty -20 °C až +350 °C (-4 °F až 662 °F),
- prostorové rozlišení (IFOV) 5,2 mRad,
- zorné pole 35,7° × 26,8°,
- rozměry (V × Š × D): 26,7 × 10,1 × 14,5 cm,
- hmotnost 720 g.

Obr. 1. Termografická kamera FLUKE – TiS20

Fig. 1. FLUKE – TiS20 Thermal Imaging Camera

Jedná se o základní termokameru pro měření rozložení teplot. Samotné získání dat probíhá zaměřením na snímávaný objekt a stisknutím „spouště“ pro pořízení termogramu. Kamera je vybavena funkcí prolínání IR-Fusion® – kdy jsou do samotného termogramu prolínuty hrany získané z optického snímku, což napomáhá snazší orientaci v pořízeném termogramu a identifikaci klíčových detailů. Termokamera disponuje displejem LCD 3,5" 320 × 240, přičemž je doplněna o digitální fotoaparát s rozlišením 5 Mpx.

TERMOGRAFIKÁ KAMERA FLIR E6 SE VYZNAČUJE NÁSLEDUJÍCÍ ZÁKLADNÍ SPECIFIKACÍ



- rozlišení 160 × 120 pixelu,
- obnovovací frekvence 9 Hz,
- rozsah měření teploty -20 °C až +250 °C (-4 °F až 482 °F),
- prostorové rozlišení (IFOV) 5,2 mRad,
- zorné pole 45° × 34°,
- rozměry (V × Š × D): 24,4 × 9,5 × 14 cm,
- hmotnost 575 g.

Obr. 2. Termografická kamera FLIR E6
Fig. 2. FLIR E6 Thermal Imaging Camera

Termokamery FLIR řady Ex, tj. konkrétně termokamery FLIR E4, FLIR E5, FLIR E6, jsou určeny pro všeobecné použití ve stavebnictví i průmyslu. Jsou vhodné i pro termografickou analýzu povrchových vod a identifikaci drenážních výústí. Všechny termokamery této řady jsou plně kompatibilní se softwarem FLIR TOOLS a FLIR TOOLS+ s možností analýzy jednotlivých snímků. Součástí kamery je vestavěný digitální fotoaparát, který umožňuje pořízení fotografie zároveň s termogramem. Největší rozdíl mezi testovanými kamerami je, že termokamera FLIR E6 disponuje funkcí detekce hran snímaného objektu (IR-Fusion®).

Pilotní lokality a termografické kampaně

Výzkum zaměřený na využití termografického snímkování pro potřeby identifikace drenážních výústí probíhal v letech 2018–2019. Jednalo se o jednu měřickou kampaň zaměřenou obecně na identifikaci bodových zdrojů znečištění a o další dvě měřické kampaně pozemního termografického snímkování, které byly speciálně zaměřené na identifikaci drenážních výústí. Dané kampaně probíhaly v termínech 17. 12. 2018 (lokalita Rokytka a Kunratického potoka) a 15. 1. 2019 (lokalita Dolského potoka v povodí Žejbra). Z důvodu špatného stavu projektové dokumentace a rozvíjející se zástavbě (zejména na hydrologicky souvisejícím území Prahy) bylo v rámci dvou kampaní provedeno ověření daného přístupu celkem na pěti vybraných lokalitách (pěti vybraných stavbách zemědělského odvodnění). Vzhledem k výše uvedeným předpokladům pro efektivní využití termografického snímkování za účelem identifikace drenážních výústí byly kampaně provedeny v zimním období, kdy je z dlouhodobých měření teplot drenážní vody patrné, že se její teplota v zimním období pohybuje okolo 5 °C [22, 23]. Pro vyhodnocení termografických snímků drenážních výústí byla zvolena barevná paleta s názvem rainbow HC, jež je prezentována na obr. 3. Barevná stupnice rainbow HC byla zvolena především z důvodu vysoké citlivosti na změnu teploty.

Nejvyšší teploty jsou vždy prezentovány bílou barvou, nejnižší teploty barvou černou. Jednotlivé termogramy jsou vyhodnoceny automaticky, tedy nebyly sjednoceny na stejnou teplotní škálu. Z tohoto důvodu se u každého termogramu teploty liší, ačkoli mohou vypadat podobně.

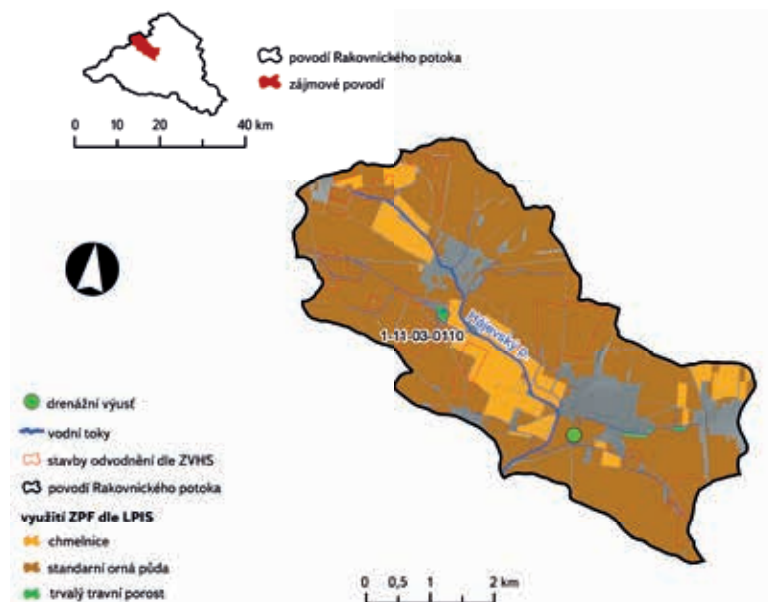


Obr. 3. Barevná škála rainbow HC
Fig. 3. Rainbow HC Thermal Palette

Povodí Rakovnického potoka

V povodí Rakovnického potoka proběhlo dne 13. 12. 2018 termografické snímkování, které bylo vázáno primárně na identifikaci bodových zdrojů znečištění, především na bodové zdroje znečištění evidované v databázi správců Povodí (Povodí Vltavy, státní podnik) – objekty vypouštění. Hlavní poznatky z termografické kampaně byly prezentovány v článku Marvala a kol. [24]. V rámci této kampaně byla identifikována v povodí Hájeveského potoka (obr. 4) v lokalitě Kněževes, kromě definovaného objektu vypouštění (čistírna odpadních vod), rovněž drenážní výúst. Daná drenážní výúst (obr. 5) nebyla na první pohled patrná a její identifikace a lokalizace proběhla pouze díky využití termografické kamery. Povodí Hájeveského potoka (22,8 km²) se nachází na severozápadním okraji Středočeského kraje. Jedná se o intenzivně zemědělsky využívané povodí, přičemž standardní orná půda zabírá 70,6 % území a chmelnice se rozléhají na 12,8 % plochy povodí. Odvodněná plocha se podle vrstvy bývalé Zemědělské vodohospodářské správy (ZVHS) rozléhá na cca 2,5 km², což činí 11,0 % celkové plochy povodí. Nalezená drenážní výúst byla identifikována náhodně, aniž by předem bylo zřejmé, že se na daném území drenážní stavba nachází. Vrstva odvodnění podle bývalé ZVHS takovouto stavbu nereflexuje, což je zřejmé z obr. 4. Stejně tak není zachován prováděcí výkres stavby odvodnění ve spisové a archivní dokumentaci bývalých pracovišť ZVHS, která se nachází ve spisovně Povodí Vltavy, s. p., na vodním díle Orlík.

Získaný poznatek vyvolal potřebu navazujících měřických kampaní, které již byly primárně zaměřeny na možnou identifikaci drenážních výúst pomocí termografického snímkování. S přihlédnutím k nejistotě dosažených poznatků a možností využití termokamery v oboru vodního hospodářství byla první kampaň provedena zapůjčenou termokamerou FLUKE – TiS20. V návaznosti na nově získané poznatky v první termografické kampani byl pro druhou a třetí kampaň zajištěn obdobný model termokamery (FLIR E6).



Obr. 4. Pilotní lokalita – povodí Hájeveského potoka
Fig. 4. The pilot location – the Hájeveský stream catchment



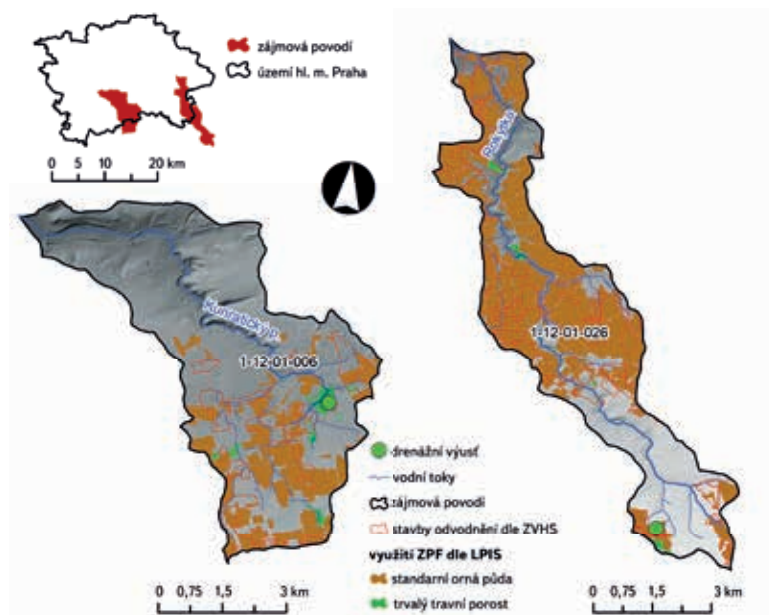
Obr. 5. Identifikovaná drenážní výúst (DVI) v povodí Hájevkého potoka

Fig. 5. The identified drainage outlet in the Hájevký stream catchment

Povodí Kunratického potoka a Rokytky

Pro ověření možnosti identifikace drenážních výústí termografickou kamerou byly na základě dostupnosti podkladů ke stavbám odvodnění (data odvodnění – ZVHS, projektové dokumentace a situace staveb zemědělského odvodnění) vybrány další lokality, kde byly provedeny částečné termografické kampaně. Mimo povodí Hájevkého potoka byly částečně monitorovány další lokality plošného zemědělského odvodnění na vybraných povodích IV. řádu. Jednou z nich byla povodí v hydrologicky souvisejícím území Prahy. Konkrétně se jednalo o povodí Kunratického potoka (ČHP 1-12-01-006) a horní povodí Rokytky k Běchovicím (ČHP 1-12-01-026).

Pro hydrologicky související území Prahy, tj. území, ze kterého přitéká povrchová voda na území Prahy (vyjma povodí Vltavy a Berounky), jsou v současnosti digitalizována data o plošném zemědělském odvodnění. Tato aktivita probíhá v rámci projektu s názvem „Nástroje pro efektivní a bezpečné hospodaření se srážkovou vodou na území Prahy – RainPRAGUE“ podpořeným Operačním programem – Praha pól růstu. Na podkladě poskytnutých prováděcích situačních výkresů staveb zemědělského odvodnění od spisovny Povodí Vltavy, s. p., pro hydrologicky související území Prahy byly vytipovány drenážní výusti pro navazující ověření v terénu. Na předem určených místech poté probíhalo ověření možnosti identifikace drenážních výústí pomocí termografického snímkování. Bližší specifikace pilotních lokalit v okolí hl. m. Prahy je uvedena na obr. 6.

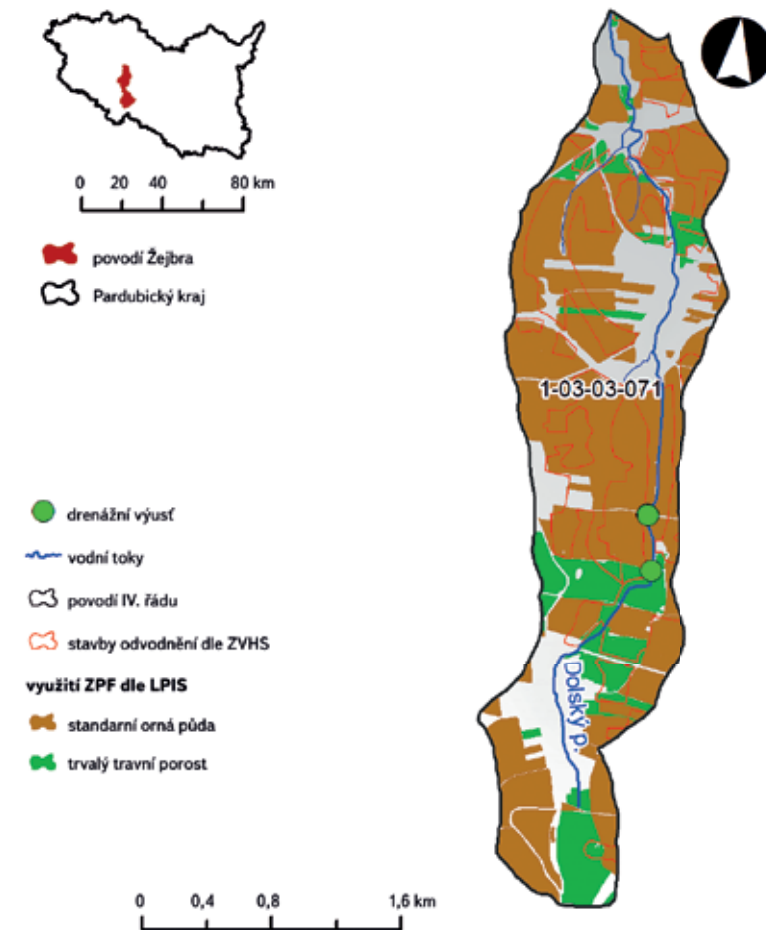


Obr. 6. Pilotní lokality – povodí Kunratického potoka a horní část povodí vodního toku Rokytky

Fig. 6. The pilot location – the Kunratický stream catchment and the upper part of the Rokytky catchment

Povodí Žejbro

Třetí lokalitou pro ověření možnosti identifikace drenážních výústí byla vybrána dvě povodí IV. řádu v povodí vodního toku Žejbra. Jedná se o dlouhodobě sledovanou lokalitu Výzkumného ústavu meliorací a ochrany půd, v. v. i., (VÚMOP) pro řešení problematiky plošného zemědělského odvodnění. Na této lokalitě má VÚMOP zajištěné a ortorektifikované prováděcí výkresy staveb zemědělského odvodnění, na jejichž základě byly v minulosti identifikované drenážní výusti. V rámci provedené termografické kampaně byly tyto výusti využité pro ověření jejich identifikace pomocí termografického snímkování. Lokality v povodí vodního toku Žejbro jsou blíže specifikovány na obr. 7.



Obr. 7. Pilotní lokality – povodí Dolského potoka

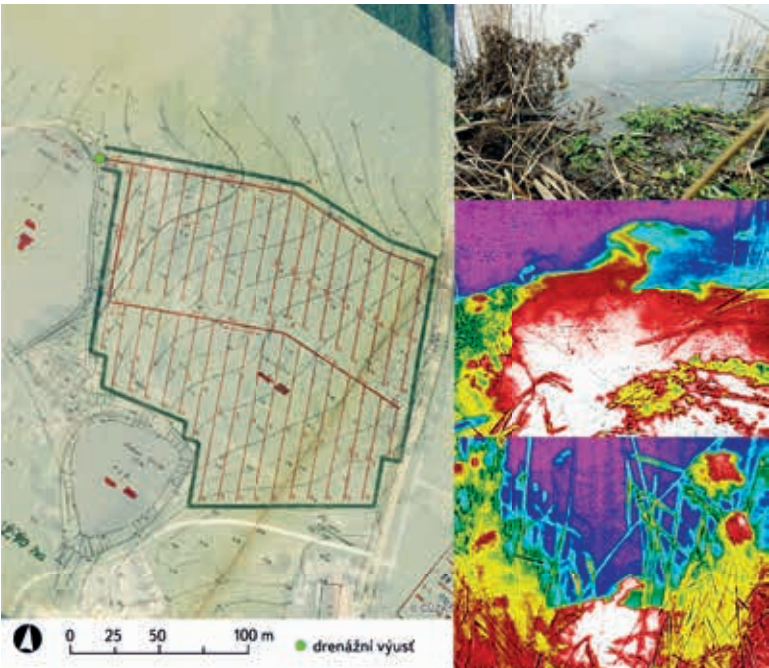
Fig. 7. The pilot location – the Hájevký stream catchment

VÝSLEDKY

Dosažené výsledky jsou prezentovány formou rektifikovaného situačního výkresu stavby odvodnění v kombinaci s pořízenými termogramy doplněné o RGB snímky. Teploty vody a její rozdíly v jednotlivých měřených lokalitách v místech drenážních výústí a nad přítokem drenážní vody jsou prezentovány prostřednictvím tabulky 1, kde jsou uvedeny konkrétní teploty zajištěné prostřednictvím ručního referenčního měření.

Tabulka 1. Teplota na měřených drenážních výustích a recipientu (přítok/nad přítokem)
Table 1. Temperatures of the drainage outlet and the recipient

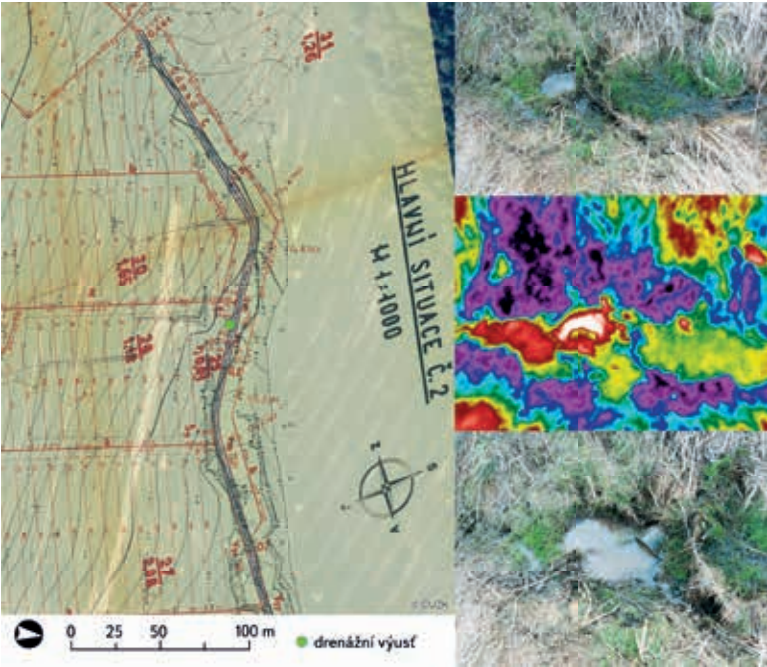
Povodí	ČHP povodí	Datum	Označení	Recipient	Teplota recipientu [°C]	Teplota přítoku [°C]	Rozdíl teplot [°C]
Hájevského potoka	1-11-03-0110	12/13/2018	DV1	HOZ	3,1	7,6	4,5
Kunratického potoka	1-12-01-006	12/17/2018	DV2	rybník Jordán (Nový Šeberov)	0,0	5,7	5,7
Rokytky	1-12-01-026	12/17/2018	DV3	HOZ	7,0	3,1	3,9
Dolského potoka	1-03-03-071	1/15/2019	DV4	Dolský potok	2,0	6,3	4,3
Dolského potoka	1-03-03-072	1/15/2019	DV5	Dolský potok	1,5	6,3	4,8
Dolského potoka	1-03-03-072	1/15/2019	DV6	Dolský potok	1,5	7,6	6,1



Obr. 8. Rektifikovaná stavba odvodnění, termogramy teplotního rozložení v místě drenážní výustě a recipientu (rybník Nový Šeberov) a fotodokumentace – povodí Kunratického potoka
Fig. 8. The rectified drainage system, thermograms showing temperature distribution at the drainage outlet and recipient (Nový Šeberov pond) and photo documentation – the Kunratický stream catchment

Na obr. 8 je prezentována identifikovaná drenážní výust (DV2) v pilotní lokalitě Kunratického potoka. Termogramy demonstrují teplotní rozložení vody v místě drenážní výustě a vodní hladiny rybníku Nový Šeberov. Vodní hladina byla pokryta slabou vrstvou ledu a drenážní voda dosahovala teploty 5,7 °C. Za pomoci vysokého teplotního rozdílu a vodnosti stavby odvodnění bylo možné danou výust identifikovat. Daná stavba odvodnění (obr. 8) má rozlohu 2,8 ha a celý drenážní odtok je soustředěn do jediné identifikované drenážní výusti. Přestože byla stavba odvodnění vybudována již v roce 1977, je stále funkční. To se pravděpodobně v blízké budoucnosti změní vzhledem k faktu, že je plocha stavby zemědělského odvodnění aktuálně z 60 % zalesněná. Lze předpokládat, že kořenový systém, v současnosti mladého lesa, v brzké budoucnosti funkci drenážní stavby významně omezí. První náznaky lokálního zamokření, které vzniká v místech porušení drénů, jsou již patrné ze satelitních snímků.

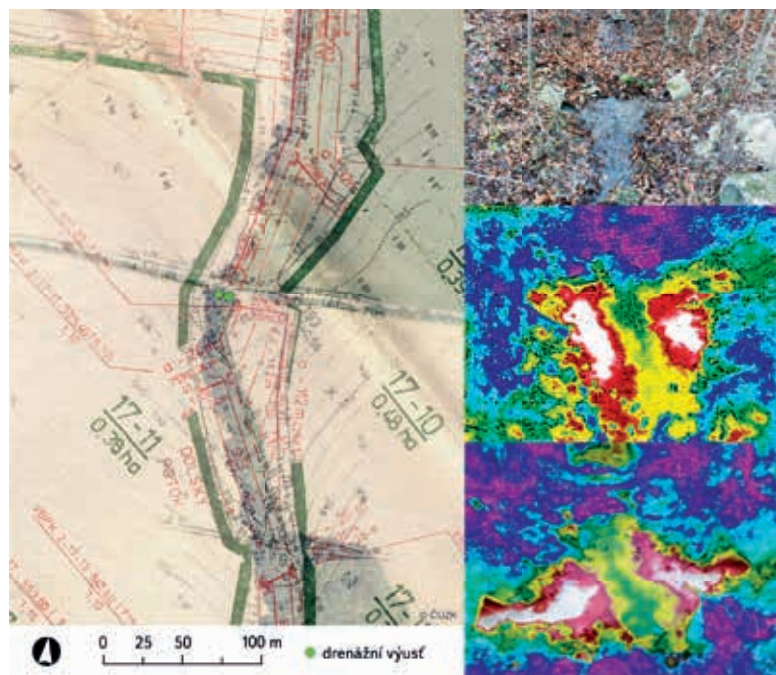
V případě pozvolného vtoku vody o vyšší teplotě (drenážní vody) do stojaté vody, jak je prezentováno na obr. 8, dochází k relativně pomalému šíření tepla prouděním neboli konvekcí. Jedná se o jev, kdy dochází ke vzájemnému pohybu jednotlivých částí, které mají odlišnou teplotu a tedy různou hustotu vnitřní energie, tím se přenáší teplo, prostřednictvím čehož se drenážní voda postupně ochlazuje. V zemské atmosféře obvykle hustota kapalin nebo plynů klesá s narůstající teplotou. V gravitačním poli tedy ohřáté vrstvy kapaliny nebo plynu stoupají, zatímco ty chladnější klesají ke dnu. Fakt, že šíření tepla po vodní hladině není ovlivněno turbulentním prouděním, zvyšuje účinnost možné identifikace drenážní výusti s využitím termografického snímkování. To je dáno velikostí oblasti s vodou o vyšší teplotě, což souvisí s prodlouženou dobou, po kterou drenážní voda zůstává na hladině, a proti vtoku do vodního toku není ovlivněna turbulentním prouděním. To však podmiňuje vodnost drenážní výusti, kdy se zvětšujícím se průtokem roste i tepelně znečištěná plocha.



Obr. 9. Rektifikovaná stavba odvodnění, termogram drenážní výusti a fotodokumentace před a po provedené identifikaci v povodí Rokytky
Fig. 9. The rectified drainage structure, a thermogram of the drainage outlet and photo documentation from before and after the identification in the Rokytky catchment

Další drenážní výúst (DV3) identifikovaná pomocí termografického snímkování se nachází v povodí vodního toku Rokytky. V době termografické kampaně byla vodnost hlavního odvodňovacího zařízení (HOZ) minimální, přesto byla podniknuta rekognoskace celé lokality. Identifikovaná výúst se nachází cca 13 m od předpokládané polohy podle rektifikovaného prováděcího výkresu, viz obr. 9. Při pochůzce podél HOZ byla detekována teplá oblast, viz termogram na obr. 9. Stav před a po identifikaci je možné porovnat v přiložené fotodokumentaci. Na první pohled drenážní výúst není patrná a až po odkrytí cca 5 cm silné vrstvy pokryvu bylo možné výúst spatřit. Průtok drenážní výusti byl velmi nízký, avšak pro identifikaci pomocí termografického snímkování dostatečný i vzhledem k promrzlému okolí výusti. Identifikovaná drenážní výúst odvádí vodu z plochy 1,9 ha.

V dokumentaci bývalé ZVHS je uvedeno, že stavba odvodnění byla budována v roce 1970, je však pravděpodobné, že došlo k její částečné obnově vzhledem k materiálu, ze kterého je drenážní výúst vyrobená (tvrzený plast). Podle prováděcího výkresu stavby zemědělského odvodnění jsou zaústěny do HOZ další čtyři svodné drény, ovšem při terénní rekognoskaci se podařilo identifikovat pouze jedinou výúst na této lokalitě. To bylo zapříčiněno z důvodu nízké vodnosti nebo nefunkčnosti dalších částí odvodňovací stavby.



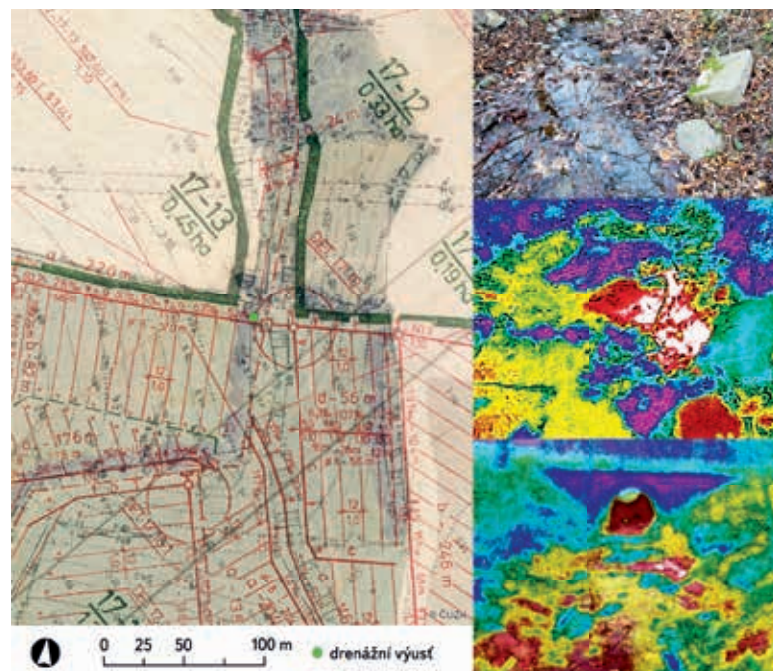
Obr. 10. Rektifikovaná stavba odvodnění, termogramy drenážních výústí a fotodokumentace v povodí Dolského potoka

Fig. 10. The rectified drainage structure, thermograms of the drainage outlets and photo documentation from the Dolský stream catchment

Na obr. 10 jsou prezentovány dvě drenážní výusti (DV4 a DV5), identifikované termografickým snímkováním v povodí Žejbro. Na rektifikovaném situačním výkresu jsou zakreslené výusti na obou stranách Dolského potoka. Na pravém břehu se reálná poloha výusti liší proti prováděcímu výkresu přibližně o 8 m a na levém břehu je rozdíl 50 m. Reálné polohy výústí jsou oproti prováděcí dokumentaci posunuty severním směrem. Dále byly ze situačního výkresu odečteny plochy, odkud daná výúst odvádí vodu. Na pravém břehu se jedná o plochu cca 0,48 ha, na levém 0,38 ha. Vzhledem k minimálním atmosférickým srážkám před provedením termografické kampaně byla funkčnost plošného zemědělského odvodnění z malých rozloh překvapující a je pravděpodobné, že situační výkres plošného zemědělského odvodnění neodpovídá skutečnosti a identifikované výusti reálně odvádějí vodu z rozsáhlejších odvodňovaných

ploch. V pravé části obr. 10 je uvedena fotografie drenážních výústí, termogram zachycující tepelné šíření proti proudu Dolského potoka a kombinace fotografie s částečně zprůhledněným termogramem tepelného šíření po proudu Dolského potoka. Teplotní rozdíl drenážních vod a recipientu dosahoval 4,8 °C, respektive 6,1 °C. Splněními podmínkami (vodnost drenážních výústí a vysoký teplotní rozdíl) byla opětovně potvrzena využitelnost termografického snímkování za účelem identifikace drenážních výústí, tedy potenciálního znečištění povrchových vod ze zemědělského pozemku.

V daném povodí byla identifikována také třetí výúst (DV6). Jedná se o výúst, která se nachází přibližně o 350 m výše proti proudu Dolského potoka od DV4 a DV5. Předmětná drenážní výúst odvádí vodu z plochy 6,16 ha, přičemž její vodnost byla srovnatelná s předešlými dvěma výústěmi v povodí Dolského potoka, u kterých je sběrná plocha podle dostupné dokumentace cca dvanáctkrát menší. Mimo této identifikované výusti by se v blízkém okolí podle dokumentace mělo nacházet dalších pět drenážních výústí, avšak jejich skutečnou polohu nebylo možné ověřit využitím termografického snímkování z důvodu nulového průtoku v průběhu prováděné kampaně.



Obr. 11. Rektifikovaná stavba odvodnění, termogramy drenážních výústí a fotodokumentace v povodí Dolského potoka

Fig. 11. The rectified drainage structure, thermograms of the drainage outlets and photo documentation from the Dolský stream catchment

DISKUSE

Podpovrchové zdroje znečištění jsou v podmínkách ČR zastoupeny zejména plošným zemědělským odvodněním, které způsobuje mj. zvýšené vyplavování rozpuštěných látek (dusičnany a některé pesticidy). Vnos všech těchto polutantů do vod úzce souvisí s dynamikou počasí (zvyšující se nepravidelnost srážek, dlouhá období sucha, příválové srážky) a nízkou retencí vody v povodí [25]. Pro návrhy přírodních blízkých a technických opatření na zemědělské půdě (stavbách zemědělského odvodnění), které přispějí k eliminaci podpovrchových zdrojů znečištění, je nutná znalost prostorového rozmístění jednotlivých prvků staveb odvodnění. Pro návrh konkrétního opatření na zemědělském pozemku je proto znalost umístění odvodňovací stavby v terénu rozhodující. Odvodnění zemědělské půdy bylo provedeno z 98 % plošnou, tj. systematickou trubkovou

drenáží. Přes značnou snahu archivovat a v dobrém stavu uchovávat projektové dokumentace ke stavbám odvodnění, je nutné konstatovat, že evidence provedených staveb odvodnění (zejména podpovrchových) není kompletní [26].

Chybějící datové podklady (či dochované s určitou mírou nepřesnosti) je proto nutné zrevidovat, aby bylo možné pracovat s podklady, které odpovídají samotné realizaci stavby plošného zemědělského odvodnění v terénu. V současnosti neexistuje ucelený celostátní informační systém o realizovaných stavbách odvodnění. Jediným dostupným podkladem v digitální podobě je volně dostupná geoinformační vrstva odvodněných ploch ve vektorovém formátu shapefile (.shp). Uvedený datový podklad představuje historicky pořízený datový zdroj bývalé Zemědělské vodohospodářské správy, který vznikl digitalizací původních analogových map s plochami realizovaných staveb zemědělského odvodnění [26]. Geometrický i atributový rozsah dat této informační vrstvy je však nekompletní a často i lokalizačně nepřesný, přičemž informace o realizovaných výustích drenážních systémů prakticky zcela chybí.

Alternativou pro určení základního identifikačního prvku přítomnosti stavby odvodnění v samotném terénu, v podobě drenážní výusti, se tak nabízí prezentovaný způsob identifikace pomocí využití nástrojů termografického snímkování.

Prezentované dílčí výsledky shrnují závěry získané z prvotních dvou kampaní termografického snímkování zaměřeného na identifikaci drenážních výustí. Provedené kampaně byly uskutečněny jako referenční měřicí akce prostřednictvím ruční termokamery FLUKE – TiS20/FLIR E6. Daný způsob potvrdil potenciál vědního oboru termografie k identifikaci konkrétní polohy drenážní výusti v terénu.

Pro úspěšnou identifikaci drenážních výustí pomocí termografie musí být splněny následující předpoklady:

- vodnost přítoku (drenážní výusti) a recipientu (vodní tok, hlavní odvodňovací zařízení, vodní nádrž),
- teplotní rozdíl minimálně 3 °C.

Proto se jako ideální období pro provedení daných kampaní jeví začátek zimy, kdy recipient není zamrzlý, avšak jeho teploty klesají k 0 °C a drenážní voda si drží teplotu přibližně v rozmezí 4–8 °C [22, 23]. Další podmínkou úspěšné identifikace drenážních výustí je vodnost jak přítoku, tak i recipientu. S tím je v posledních letech v podmínkách ČR poměrně značný problém. Především tato podmínka omezuje daný přístup aplikovat v širokém měřítku. Dalším problémem je samotný stav staveb zemědělského odvodnění, kdy poměrně velké procento pravděpodobně není funkční.

Širší aplikovatelnost termografického snímkování pro identifikaci drenážních výustí je možné spatřovat především ve využití leteckého termografického snímkování. Letecká termografie má bezesporu značný potenciál. V současné době tato technologie zažívá nebývalý rozvoj a je možné tedy očekávat nové cesty vývoje leteckých termovizních kamer a jejich rozlišení i s ohledem na vývoj bezpilotních letounů a možnosti družicového snímkování. Letecké řešení sběru dat má výraznou výhodu při vyhledávání teplotních změn v místech, kde není jisté, že se tyto jevy vyskytují. To je umožněno především rychlým získáváním dat na velké ploše a širokým úhlem záběru (žádná hluchá místa, kde by mohly být neznámé teplotní změny) [12].

Naopak využití pozemního řešení sběru dat, ať už dynamickým, či statickým způsobem přináší výraznou flexibilitu a operativnost. Limitujícím faktorem plošného sběru dat pozemním měřením je však jeho časová náročnost. Proto se do budoucna jako ideální řešení jeví kombinace obou těchto řešení v podobě rychlého plošného sběru dat s využitím leteckého řešení, zpřesněný o data následného doměření pozemní metodou v konkrétních vybraných lokalitách.

ZÁVĚR

Sběr termografických dat je jedním z řady nových způsobů získávání dat o vodních ekosystémech (identifikace znečištění či právě drenážních výustí). Samotné termografické snímkování pozemní i letecké je dynamicky se rozvíjející obor, který v oblasti vodního hospodářství nabízí efektivní nástroj pro preventivní diagnostiku z pohledu identifikace zdroje znečištění vod [12, 24]. Tepelné znečištění ze stacionárních zdrojů podél vodních toků a ploch je samo o sobě závažným problémem s významnými ekologickými důsledky pro místní ekosystémy. Identifikace zdrojů tepelného znečištění a kvantifikace jejich vlivu je tak důležitým prvním krokem pro ochranu těchto ekosystémů. Zároveň je určení místa vtoku teplotně odlišné vody prvotním indikátorem pro lokalizaci potenciálního zdroje znečištění z pohledu zvýšených koncentrací vnášených polutantů.

V příspěvku byla pozornost soustředěna na samotnou identifikaci teplotně odlišného vodního zdroje vstupujícího do hlavního vodního toku (hlavního odvodňovacího zařízení) v podobě přítoku z drenážních výustí. Současně běžné dostupné datové podklady neumožňují konkrétní určení místa drenážních výustí. Toto se stává limitujícím faktorem při návrzích opatření směřujících k omezení podpovrchových zdrojů znečištění.

Způsob identifikace drenážních výustí pomocí termografického měření prokázal dobré možnosti uplatnění. Jeho širší využití je vázáno především na leteckou termografii, zejména na autonomní bezpilotní letouny. Předem nadefinované trajektorie letu nad hlavními odvodňovacími zařízeními/vodními toky v povodích s plošným podpovrchovým odvodněním v kombinaci s kontinuálním sběrem termografických dat předurčuje danou metodu k širokému uplatnění v komerční i státní sféře.

Poděkování

Tento příspěvek vznikl za podpory Technologické agentury ČR, projektu číslo TH02030396 „Využití letecké termografie jako nového přístupu pro identifikaci znečištění vod z bodových a nebodových zdrojů“ a za podpory Evropské unie v rámci Operačního programu Praha – pól růstu ČR, číslo projektu CZ.071.02/0.0/0.0/17_049/0000842, „Nástroje pro efektivní a bezpečné hospodaření se srážkovou vodou na území Prahy – RainPRAGUE“.

Literatura

- [1] JÚVA, K. Odvodňování půdy. Praha, 1957, 526 s.
- [2] KULHAVÝ, Z., DOLEŽAL, F., FUČÍK, P., KULHAVÝ, F., KVÍTEK, T., MUZIKÁŘ, R., SOUKUP, M., and ŠVIHLA, V. Management of agricultural drainage systems in the Czech Republic. *Irrigation and Drainage*, USA, 2007, 56, p. 141–149. ISSN 1531-0353.
- [3] NOVÁK, P., FUČÍK, P., KULHAVÝ, Z. a kol. *Příprava listů opatření typu A lokalit plošného zemědělského znečištění pro plány dílčích povodí. Metodický návod – identifikace kritických bodů a kategorizace lokalit ohrožených znečištěním z povrchových a podpovrchových plošných zemědělských zdrojů pro celé území České republiky v podrobnosti sloužící k tvorbě listů opatření typu A*. Certifikovaná metodika. VÚMOP, v. v. i., 2016, 69 s.
- [4] ZAJÍČEK, A., KAPLICKÁ, M., FUČÍK, P., PETERKOVÁ, J., DUFFKOVÁ, R. a MAXOVÁ, J. Vyhodnocení podílů srážko-odtokových epizod na celkovém odnosu dusíku a fosforu z odvodněné zemědělské půdy. *Vodní hospodářství*, 2017, č. 10, roč. 67, s. 1–6. ISSN 1211-0760.
- [5] ZAJÍČEK, A., FUČÍK, P., KAPLICKÁ, M. a MAXOVÁ, J. Vyplavování pesticidních látek zemědělskou drenáží. *Rostlinolékař*, 2017, 4, s. 24–28. ISSN 1211-3565.
- [6] ZAJÍČEK, A., FUČÍK, P., KAPLICKÁ, M., LIŠKA, M., MAXOVÁ, J., and DOBIÁŠ, J. Pesticide leaching by agricultural drainage in sloping, mid-textured soil conditions – the role of runoff components. *Water Science and Technology*, 2018, 77 (7–8), p. 1879–1890. ISSN 0273-1223. DOI: 10.2166/wst.2018.068.
- [7] KVÍTEK, T. a KRÁTKÝ, M. Listy opatření typu A v Plánech dílčích povodí Vltavy – opatření ke zlepšení retence a kumulace vody v krajině společně s ochranou jakosti povrchových a podzemních vod. In: *Rožnovský, J., Litschmann, T. (eds): Hospodaření s vodou v krajině. Třeboň 21–22. 6. 2018*. ISBN 978-80-87361-83-2.

- [8] KULHAVÝ, Z., ČMELÍK, M., ŠTIBINGER, J. a ŠRIPKO, J. *Rekonstrukce staveb odvodnění s uplatněním principu regulace drenážního odtoku*. Certifikovaná metodika, 2015. ISBN 978-80-87361-47-4
- [9] FUČÍK, P., BYSTRICKÝ, V., DOLEŽAL, F., LECHNER, P., KVÍTEK, T., VÁCHAL, J. a ŽLÁBEK, P. Posuzování vlivu odvodňovacích systémů a ochranných opatření na jakost vody v zemědělsky obhospodařovaných povodích drobných vodních toků. *Metodika*, 2010. VÚMOP, v. v. i., 90 s. ISBN 978-80-87361-00-9.
- [10] DUFFKOVÁ, R., ZAJÍČEK, A. a FUČÍK, P. Vyplavení dusíku a fosforu z malých zemědělských odvodňovacích povodí s aplikací různých hnojiv. *Vodní Hospodářství*, 2014, č. 12, s. 1–5. ISSN 1211-0760.
- [11] DOLEŽAL, F. and KVÍTEK, T. The role of recharge zones, discharge zones, springs and tile drainage systems in peneplains of Central European highlands with regard to water quality generation processes. *Phys. Chem. Earth.*, 2004, 29, p. 775–785. DOI:10.1016/j.pce.2004.05.005.
- [12] MARVAL, Š., HEJDUK, T., ROUB, R., VYBÍRAL, T., KAPLICKÁ, M. a BUREŠ, L. Využití letecké termografie jako nového přístupu pro identifikaci znečištění vod z bodových a nebodových zdrojů. *Vodní hospodářství*, 2018, č. 9, roč. 68, s. 8–13. ISSN 1211-0760.
- [13] LEGA, M. and NAPOLI, R.M.A. Aerial infrared thermography in the surface waters contamination monitoring. *Desalination and Water Treatment*, 2010, 23, 1–3, p. 141–151.
- [14] LEGA, M., KOSMATKA, J., FERRARA, C., RUSSO, F., NAPOLI, R.M.A., and PERSECHINO, G. Using Advanced Aerial Platforms and Infrared Thermography to Track Environmental Contamination. *Environmental Forensics*, 2012, 13, 4, p. 332–338.
- [15] LEGA, M., FERRARA, C., PERSECHINO, G., and BISHOP, P. *Remote sensing in environmental police investigations: aerial platforms and an innovative application of thermography to detect several illegal activities*. Springer International Publishing Switzerland, 2014.
- [16] TONOLLA, D., WOLTER, C., RUHTZ, T., and TOCKNER, K. Linking fish assemblages and spatiotemporal thermal heterogeneity in a river-floodplain landscape using high-resolution airborne thermal infrared remote sensing and in-situ measurements. *Remote Sensing of Environment*, 2012, 125, p. 134–146.
- [17] TOCKNER, K. and STANFORD, J.A. Riverine floodplains: Present state and future trends. *Environmental Conservation*, 2002, 29, p. 308–330.
- [18] WARD, J.V. Riverine landscapes: Biodiversity patterns, disturbance regimes, and aquatic conservation. *Biological Conservation*, 1998, 83, p. 269–278.
- [19] ŠIMKO, M. a CHUPÁČ, M. *Aplikačné možnosti termovízie v praxi*. FCC Public 2006, [online: cit. 16-02-2017]. Dostupné z: <http://www.odbornecasopisy.cz/elektro/casopis/tema/aplikacne-moznosti-termovizie-v-praxi--13327>
- [20] STEEL, E.A., BEECHIE, T.J., TORGENSEN, C.H.E., and FULLERTON, A.H. Envisioning, Quantifying, and Managing Thermal Regimes on River Networks. *BioScience* [online], 2017, Vol. 67, No. 6, p. 506–522 [cit. 2018-10-22]. DOI: 10.1093/biosci/bix047. ISSN 0006-3568. Dostupné z: <https://academic.oup.com/bioscience/article-lookup/doi/10.1093/biosci/bix047>
- [21] SCHUETY, T. and WEILER, M. Quantification of localized groundwater inflow into streams using ground-based infrared thermography. *Geophysical research letters*, 2011, Vol. 38.
- [22] ZAJÍČEK, A., KVÍTEK, T., KAPLICKÁ, M., DOLEŽAL, F., KULHAVÝ, Z., BYSTRICKÝ, V., and ŽLÁBEK, P. Drainage water temperature as a basis for verifying drainage runoff composition on slopes. *Hydrological Processes*, 2011, No. 20, Vol. 25, p. 3204–3215. DOI: 10.1002/hyp.8039.
- [23] ZAJÍČEK, A., ŠANDA, M., TACHECÍ, P. a KVÍTEK, T. Doba zdržení vody v systému půda- hornina. In: *Kvítek, T. (ed.) a kol. Retence a jakost vody v povodí vodárenské nádrže Švihov na Želivce*. Povodí Vltavy, s. p., 2017, 1. vydání, s. 272, ISBN 978-80-270-2488-9.
- [24] MARVAL, Š., HEJDUK, T., ZAJÍČEK, A., VYBÍRAL, T., FUČÍK, P., ROUB, R. a KAPLICKÁ, M. Využití termografie jako nového přístupu pro identifikaci znečištění vod z bodových zdrojů – pozemní termografické snímkování. *Vodní hospodářství*, 2019, č. 6, roč. 69, s. 8–13. ISSN 1211-0760.
- [25] FUČÍK, P., ZAJÍČEK, A., KAPLICKÁ, M., DUFFKOVÁ, R., PETERKOVÁ, J., MAXOVÁ, J., and TAKÁČOVÁ, Š. Incorporating rainfall-runoff events into nitrate-nitrogen and phosphorus load assessments for small tile-drained catchments. *Water*, 2017, No. 9, p. 712. DOI: 10.3390/w9090712.
- [26] TLAPÁKOVÁ, L., ČMELÍK, M., ŽALOUDEK, J. a KARAS, J. *Metodika identifikace drenážních systémů a stanovení jejich funkčnosti*. Pardubice: Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, v. v. i., 2016. ISBN 978-80-87361-58-0.

Autoři

Ing. Štěpán Marval^{1,2}

✉ marval.stepan@vumop.cz

Ing. Tomáš Hejduk, Ph.D.²

✉ hejduk.tomas@vumop.cz

Mgr. Antonín Zajíček, Ph.D.²

✉ zajicek.antonin@vumop.cz

Ing. Tomáš Vybíral, Ph.D.³

✉ tomas.vybiral@georeal.cz

Ing. Radek Roub, Ph.D.¹

✉ roub@fzp.czu.cz

Mgr. Markéta Kaplická²

✉ kaplicka.marketa@vumop.cz

¹Fakulta životního prostředí, Česká zemědělská univerzita v Praze

²Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, v. v. i.

³GEOREAL spol. s r. o.

Príspevek prošel lektorským řízením.

DOI: 10.46555/VTEI.2020.03.004

IDENTIFICATION OF NON-POINT AGRICULTURAL POLLUTION USING THERMOGRAPHIC IMAGING

**MARVAL, S.^{1,2}; HEJDUK, T.²; ZAJICEK, A.²;
VYBIRAL, T.³; ROUB, R.¹; KAPLICKA, M.²**

¹Faculty of Environmental Sciences, Czech University of Life Sciences Prague

²Research Institute of Land Reclamation and Soil Protection, p.r.i.

³GEOREAL spol. s r. o.

Keywords: water quality — water temperature —
sources of pollution — agricultural drainage — drainage outlet

Water quality monitoring has a much shorter history in the Czech Republic (CR) than water quantity monitoring. Yet the quality of water resources is crucial for society, industry and agriculture. One of the most significant sources of water pollution is non-point agricultural pollution, transported mainly by agricultural drainage. Drainage runoff contributes to stream and river pollution especially with nitrates, pesticides and their metabolites, and potentially with other water-soluble (phosphate) compounds applied to agricultural land.

Agricultural drainage systems were built in the past to support and develop agriculture. Their tradition in the Czech Republic dates back to the end of the 19th century, but most drainage systems were built in the period between 1960 and 1990. Drainage systems were usually built as systematic tile drainage with conducting drains discharged into main drainage facilities as single-purpose constructions for draining surplus water from the land. Recently, the negative effects of land drainage (eg. shrinking periods of time when water remains in the drained area, lowering the ground water table, and polluting shallow sub-surface water with nitrates and pesticides) have been also considered, especially during periods of drought or rainstorms linked to climate change.

In order to design proper measures for the mitigation of such negative effects of drainage systems (e.g. drainage biofilters, constructed wetlands, regulation drainage systems, pools placed on outlets), precise knowledge about the location of tiles and outlets is required. One way to get this knowledge is to find, scan and ortho-rectify detailed construction plans. The issue with this approach is that many of these plans were lost during the huge economic and proprietorial changes (end of the socialist period) in the 90s. That's why surface thermography was tested as a new method for the identification of drainage outlets. It was assumed that drainage water and stream water would have different temperatures, especially during the winter season (drainage water is warmer than stream water) and in the summer (drainage water is colder than stream water). Monitoring water temperatures along the stream course allows for the identification of places with changed water temperature, which usually represent the drainage outlets location. Based on the results presented in this paper, it can be concluded that thermography is a useful method for identifying the locations of drainage outlets.



Koronavirus SARS-CoV-2 v povrchových a odpadních vodách

HANA MLEJNKOVÁ, VĚRA OČENÁŠKOVÁ, KATEŘINA SOVOVÁ, PETRA VAŠÍČKOVÁ, EVA JURANOVÁ

Klíčová slova: COVID 19 — SARS-CoV-2 — odpadní voda — povrchová voda — kontaminace — epidemiologický přístup k odpadním vodám — nástroj včasného varování — biomarker

SOUHRN

Príspevek prináša aktuálnu prehľadnú informáciu o virech a koronavirech vrátane SARS-CoV-2, možnostiach kontaminácie povrchových a odpadných vod týmto vírusom, spôsobu jeho stanovenia vo vodách metódou RT-qPCR a využitia monitoringu prítomnosti vírusu v odpadných vodách ako biomarkera pre sledovanie jeho výskytu v populácii a ako nástroje včasného varovania pred prípadným nástupom novej vlny choroby.

ÚVOD

Od počátku roku 2020 je slovo koronavirus jedním z nejčastěji užívaných slov ve světě. Příčinou je jeden ze zástupců této skupiny virů, SARS-CoV-2, původce respiračního onemocnění COVID-19, které ve velmi krátké době dosáhlo pandemických rozměrů. Tento příspěvek přináší stručnou informaci o virových agensech se zaměřením na koronaviry a aktuálně dostupné informace o SARS-CoV-2, jeho možném výskytu v povrchových a odpadních vodách včetně možnosti využití monitoringu těchto druhů vod.

NĚCO O VIRECH A KORONAVIRECH

Viry jsou jedinečné organismy známé od konce 19. století. Od ostatních mikrobů se liší tím, že obsahují jen jediný typ nukleové kyseliny (RNA nebo DNA) a ke svému pomnožení plně využívají vnímavou hostitelskou buňku. Odolnost virů závisí na jejich stavbě a na charakteru prostředí, v němž se nachází. Koronaviry jsou vybavené lipidovým obalem s výběžky tvořenými glykoproteiny. Na rozdíl od virů, které nemají proteinové obaly, jsou citlivější k etheru, desinfekčním prostředkům i k detergentům.

Koronaviry, jejichž název byl odvozen od tvaru podobného koruně (latinsky *corona*), jsou známé jako původci infekcí zvířat (ptáků a savců) od 30. let 20. století, kdy byly prokázány jako původci akutního respiračního onemocnění kuřat. Genom koronavirů je zakódován v jednořetězcové RNA s pozitivní polaritou dosahující velikosti 30 000 bází, což je nejvíce mezi známými RNA viry s nesegmentovaným genomem. Od 60. let 20. století jsou tyto viry známy i u člověka jako původci infekcí dýchacího ústrojí a pravděpodobně i trávicího traktu, u zvířat způsobují systémová onemocnění, včetně střevních. Přenos infekce je primárně vzdušnou cestou, tj. inhalací kapek nebo aerosolů, které vznikají při kašli a kýchání infikovaných osob, a rovněž kontaminovanými předměty. Nalezeny byly také ve stolici [1, 2].

V roce 2002 byl v Číně identifikován koronavirus **SARS-CoV**, který způsoboval těžký akutní respirační syndrom (SARS = Severe Acute Respiratory Syndrome). Virus byl identifikován až po několika měsících, čímž došlo k jeho rozšíření do 29 zemí světa na všech kontinentech. Během dvou let se nakazilo 8 000 lidí a téměř 10 % z nich zemřelo. Již několik let se žádný nový případ nevykytl, proto nebyla ani odzkoušena vyvinutá vakcína. Předpokládá se, že virus přешel na člověka z netopýra a aktivním mezihostitelem byli drobní savci, např. cibetky [3–5]. U tohoto viru byla zkoumána distribuce v těle zemřelých a byl nalezen v mnoha orgánech, včetně střevního traktu, což potvrdilo předpoklad, že může být vylučován i močí, výkaly nebo potem [6].

Další zoonózou koronavirového původu, která po přenosu na člověka způsobila akutní respirační onemocnění MERS (tj. Middle East Respiratory Syndrome), způsobil virus **MERS-CoV**, zjištěný v roce 2012 u osob, které přicestovaly z Arabského poloostrova. Nákaza proběhla ve dvou vlnách v letech 2012 a 2014 a postihla 1 250 lidí, z nichž jí podlehl přes 450 osob (36 %). Nemoc se znovu objevila na konci roku 2019 v Saúdské Arábii (z 19 nakažených zemřelo do konce ledna 2020 v souvislosti s nemocí 8 pacientů). Pravděpodobným zdrojem byli infikovaní velbloudi [7].

Nový virus **SARS-CoV-2** se rozšířil z Číny na konci roku 2019 postupně do více než 200 zemí. Ke dni 24. 4. 2020 byl prokázán u 2,48 milionu lidí, z toho u cca 170 000 zemřelých (6,87 %) [8], v ČR u 7 188, z toho 213 zemřelých (2,9 %). Při přenosu tohoto koronaviru z původního hostitele, kterým byli patrně netopýři, hrál roli některý mezihostitel, pravděpodobně drobní savci luskouni [9]. Virus se extrémně rychle šíří díky jeho pozdním symptomatickým projevům a schopnosti přežívat na površích [10].



Obr. 1. Mikroskopický snímek koronaviru SARS-CoV-2
Fig. 1. Microscopic picture of coronavirus SARS-CoV-2

KONTAMINACE VOD

Koronaviry jsou přednostně vylučovány respiračními sekrety, genové segmenty však byly prokázány také ve stolici infikovaných osob [11–17]. Vylučování viru stolicí bylo zjištěno u cca 50 % nakažených, průkaz životaschopných virionů ze střevního traktu však není jednoznačný [18, 19]. Genové segmenty SARS-CoV-2 byly detekovány i ve stolici osob, včetně dětí, vykazujících pouze mírné nebo žádné příznaky onemocnění, a to i dlouho po jejich odeznění a negativním vyšetření respiračních sekretů [20, 21]. Kontaminace odpadních vod je tedy možná respiračními sekrety a fekáliemi, případně močí (nebylo jednoznačně prokázáno) infikovaných osob nebo jimi kontaminovanými předměty (vlhčené ubrousky, pleny apod.). Jediným zdrojem kontaminace vodního prostředí virem SARS-CoV-2 mohou tedy být odpadní vody a následně vody povrchové.

RIZIKA ODPADNÍCH A POVRCHOVÝCH VOD

Prvotní výzkumy přítomnosti viru SARS-CoV-2 v odpadních vodách byly aktuálně provedeny v Nizozemí. Metodou RT-qPCR (polymerázová řetězová reakce v reálném čase s reverzní transkripcí) byly nalezeny specifické genové sekvence RNA, které prokázaly přítomnost genomu viru SARS-CoV-2 v odpadních vodách před úpravou na ČOV, dokonce již před prvním prokázaným klinickým příkazem u pacientů. Použitou metodou však nelze určit životaschopnost a virulenci viru ve vodním prostředí [22, 23]. Vzhledem k malé stabilitě koronaviřů, pravděpodobné deaktivaci technologickými procesy čištění vod, nepříznivými fyzikálně-chemickými podmínkami prostředí a dobou zdržení lze v čistěných komunálních odpadních vodách předpokládat přítomnost pouze virových částic v neinfekčním stavu. Stanovení virů SARS-CoV-2 v upravených odpadních vodách však dosud nebyly provedeny.

Z pohledu rizikovitosti odpadních vod je nutné si uvědomit, že se v nich mohou vyskytovat vodou mnohem snadněji (fekálně orální cestou) přenosné patogenní mikroorganismy – noroviry, adenoviry, rotaviry, virus hepatitidy A a E, parazitičtí prvoci, patogenní bakterie, např. *Campylobacter*, *Escherichia coli*, včetně vysoce rizikových patogenů se získanou rezistencí na antibiotika aj. [24]. Od roku 2011 se v EU zdvojnásobil počet infekcí, které mají souvislost s kontaminovanou vodou. Jedná se zejména o viry se zvýšenou odolností ve vnějším prostředí (mezi něž však koronaviry nepatří) [25].

Virus SARS-CoV-2 je velmi citlivý k běžným antiseptickým prostředkům, proto při dodržování standardních postupů dezinfekce při styku s odpadními a recyklovanými vodami nelze předpokládat zvýšené riziko nákazy [26, 27].

Rizikem kontaminace povrchových vod a dalšího šíření infekčních agens ve vodním prostředí mohou být zejména nečištěné (malé komunální zdroje bez ČOV) a nedostatečně čištěné odpadní vody (menší obce bez dobře fungujících ČOV, technologické problémy na ČOV, mj. i vyvolané probíhající pandemií [28], dešťové odlehčovače, poškozené kanalizační systémy a septiky). Přítomnost infekčních koronaviřů v upravovaných pitných vodách je téměř vyloučena díky procesům úpravy a dezinfekce pitných vod z podzemních i povrchových zdrojů. Přežívání viru SARS-CoV-2 ve vodě a fekáliích nebylo dosud prokázáno, nicméně bylo zjištěno, že příbuzný virus SARS-CoV dokáže přežít v odpadních vodách, ve stolici a moči po dobu až 2 dnů při 20 °C a při 4 °C nejméně 14 dní [29].

Přítomnost viru ve vodách ovlivňuje množství dalších faktorů jako teplota, pH, chemické složení, doprovodná mikroflóra a další kontaminace vody, doba zdržení v kanalizační síti, technologické procesy čištění vod aj. Lze předpokládat, že běžné čistírenské technologie a doba zdržení v procesech čištění novy koronavirus inaktivují. Chování viru v čistírenských kalech nebylo zatím studováno nebo publikováno. Spolehlivou likvidaci málo odolných koronaviřů i odolnějších infekčních agens by zajistil dezinfekční stupeň, zařazený jako konečný krok čištění odpadních vod. Tento stupeň však není v ČR do čistírenských procesů zařazen [30]. Legislativně je dezinfekční stupeň vyžadován od února 2020

pro odpadní vody ze zdravotnických zařízení [31]. Naopak u recyklovaných odpadních vod jak městských, tak šedých riziko přenosu infekčních mikroorganismů nehrozí, neboť dezinfekce je základní operací jejich úpravy [32].

Obecně je velmi důležité pohlížet na odpadní vodu, zejména před vyčištěním, jako na vysoce rizikový materiál, a to z pohledu možného přenosu celé škály patogenních a podmíněně patogenních mikroorganismů, jejichž stanovení současná legislativa zatím nevyžaduje [33].

STANOVENÍ SARS-COV-2 VE VODÁCH

Detekce virů ve vzorcích prostředí (včetně vody) je odvozena od průkazu virových agens v klinických vzorcích. Postupy jsou většinou založeny na molekulárně-biologických metodách (tzn. na přímé detekci genomu viru). Přesto je průkaz virů ve vodě oproti klinickým vzorkům časově i metodicky náročnější záležitost. Koncentrace virových částic ve vzorcích vod je většinou velmi nízká (často i pod limitem detekce). Na rozdíl od bakterií nelze počet virových částic navýšit pomnožením před vlastní analýzou vzorku. Proto jsou vhodné metody izolace a detekce virových částic jedním z klíčových faktorů pro úspěšný průkaz a stanovení rizik spojených s kontaminovanými matricemi.

Analýza vzorků vody se skládá z několika na sebe navazujících kroků. Jedním z hlavních a zároveň kritických bodů je zakoncentrování virů ze vzorku. K tomuto účelu lze použít několika přístupů, které se liší účinností s ohledem na typ viru i druhy analyzovaného vzorku vody. Nejčastěji využívanými metodami pro zakoncentrování virových částic ze vzorků vod jsou techniky adsorpčně-eluční, v tomto případě se jedná o metody založené na pozitivně či negativně nabitých filtrech. Mezi další možné přístupy patří metody ultrafiltrace, ultracentrifugace, přímá flokulace, imunomagnetická separace nebo chromatografické techniky [34–36]. Jednotlivé metody lze vzájemně kombinovat či provádět v sérii. Nicméně každým dalším krokem v rámci procesu analýzy vzorku dochází k významným ztrátám, a tak snížení citlivosti. Při volbě dané metody je třeba zvážit charakteristiku jak analyzovaného vzorku vody, tak virových agens, a následně provést optimalizaci metody pro její rutinní použití. Použitá metoda musí být dostatečně specifická, citlivá a standardizovaná.

V případě metod průkazu virových částic ve vzorcích vody, které jsou založeny přímo na detekci genomu viru, je po zakoncentrování virových částic nutné provést extrakci nukleových kyselin (DNA, RNA). V rámci tohoto kroku analýzy vzorku jsou uvolněny nukleové kyseliny z virových obalů (proteinové a lipidové vrstvy) a poté jsou odstraněny nežádoucí zbytky a inhibiční faktory, které mohou interferovat s následně prováděnými detekčními metodami. K tomuto účelu jsou nejčastěji používány komerčně dostupné soupravy, jejichž výhodou je snadná reprodukovatelnost a relativně snadné provedení. Následujícím krokem analýzy vzorku je v současné době nejčastěji používaná PCR v reálném čase (qPCR), v případě RNA virů RT-qPCR (s reverzní transkripcí). Evropská komise zveřejnila standardizované laboratorní metody k průkazu a kvantifikaci pouze norovirů a viru hepatitidy A, v případě vody se jedná o analytický postup pouze pro balenou pitnou vodu [37, 38]. Vhodnost zde uvedeného postupu pro analýzu ostatních druhů vod je diskutabilní. Nicméně v rámci ISO metod je dán systém kontrol jednotlivých kroků analýzy každého jednoho vzorku, což zajišťuje validní a porovnatelné výsledky.

I detekce SARS-CoV-2 je prováděna molekulárně-biologickými metodami (RT-qPCR), tj. ve vzorcích jsou hledány specifické úseky virové RNA. Metoda tedy neprokáže, zda je virus v infekčním stavu. Nicméně stanovení virové RNA ve vodách je vhodné pro sledování tzv. biomarkerů epidemiologické situace výskytu nemoci COVID 19 v populaci. Není vhodné pro sledování možnosti šíření infekce vodním prostředím a přežívání viru ve vodách. Pro stanovení životaschopných virů jsou používány kultivační metody, které využívají jako hostitelské buňky tkáňové kultury [1]. Tyto metody jsou často náročné na provedení a vyžadují vysoce specializované vybavení laboratoří, k rutinním analýzám jsou tudíž nepoužitelné.

Je nutno zmínit, že i s těmito vzorky je třeba zacházet, zejména při manipulaci s primárním vzorkem před jeho inaktivací, podle pravidel pro vzdušnou a kontaktní nákazu, tzn. použití biohazardního boxu třídy II, za použití dostatečných osobních ochranných pomůcek; ochrana dýchacích cest, obličeje (očí), rukou (tzv. lokální režim BSL-3). Při dalších manipulacích s již inaktivovaným materiálem dodržovat postupy odpovídající BSL-2 režimu. Při práci v laminárním boxu podle doporučení ECDC (European Centre for Disease Prevention and Control) nejsou vyžadovány respirátory FFP2 a FFP3 [39].



Obr. 2. Detekce SARS-CoV-2 v odpadních vodách (Maňásek, VÚVeL, 2020)

Fig. 2. Detection of SARS-CoV-2 in wastewater (Maňásek, VÚVeL, 2020)

MONITORING ODPADNÍCH VOD JAKO NÁSTROJ VČASNÉHO VAROVÁNÍ

Epidemiologický přístup k odpadním vodám (WBE – Wastewater Based Epidemiology) je interdisciplinární obor sdružující odborníky z příslušných vědních oblastí, kteří se zabývají aplikací a vývoj používání kvantitativního měření lidských biomarkerů v odpadních vodách za účelem hodnocení životního stylu, zdraví a expozice populace nejrozličnějším látkám. Tento přístup je aktuálně využíván například pro monitoring spotřeby nezákonných drog a dalších látek v populaci nejen ve Výzkumném ústavu vodohospodářském T. G. Masaryka, v. v. i., [40] ale i jinde ve světě [41].

Epidemiologický přístup nabízí využití také při predikci potenciálního šíření infekcí, a to detekcí výskytu infekčních agens v odpadních vodách. Vzhledem ke skutečnosti, že aktuálně se šířící virus SARS-CoV-2 je vylučován také stolicí infikovaných osob, je nasnadě, že se s největší pravděpodobností bude vyskytovat v komunálních odpadních vodách. Tuto skutečnost potvrdil tým expertů z Výzkumného ústavu pro vodní hospodářství KWR v Nieuwegeenu (Nizozemí), který již 20. března 2020 publikoval článek, ve kterém jsou popsány výsledky experimentu zahájeného tři týdny před oficiálním zjištěním prvního pozitivního pacienta v této zemi [22, 23]. Je zřejmé, že s počtem infikovaných jedinců v monitorované populaci narůstá i množství vyloučených virů do odpadní vody. Prostřednictvím jejich detekce v odpadních vodách je možné poskytnout jedinečné epidemiologické informace o výskytu SARS-CoV-2 v populaci (přítomnost, absence, trendy – nárůst, stagnace, úbytek) [42]. Při správně nastaveném systému monitoringu odpadních vod bude možné sledovat nástup a vývoj počtu virových onemocnění v dalších obdobích, nebo monitoring využít jako nástroj včasného varování pro nastavení systému účinného dohledu nad šířením nákazy.

Problematikou SARS-CoV-2 v odpadních vodách se zabývá celosvětová platforma „Wastewater-Based Epidemiology for COVID-19“ [43]. Monitoring odpadních vod se rozvíjí v Americe, Španělsku [44], Austrálii [45], Brazílii, Rakousku [46] a dalších zemích. Při testech v Massachusetts 25. března 2020 byly v odpadních vodách zjištěny významně vyšší titry virů, než se očekávalo na základě klinicky potvrzených případů [47].

Epidemiologická situace v ČR by mohla být úspěšně sledována s využitím monitoringu odpadních vod přiváděných na ČOV, kterých je u nás podle informací Ministerstva zemědělství 3 166 (9 nad 100 000 ekvivalentních obyvatel (EO), 122 nad 10 000 EO, 417 nad 2 000 EO a 2 618 do 2 000 EO). Ekvivalentní obyvatel je uměle zavedená jednotka používaná pro návrh potřebné kapacity čistíren odpadních vod pro konkrétní území. Ekvivalentní obyvatel představuje normovou produkci odpadní vody o objemu 150 l/den a produkci znečištění 60 g BSK₅/den. Podle počtu napojených obyvatel na ČOV by monitoringem jejich odpadních vod mohl být podchycen stav u cca 80 % obyvatel ČR, sledováním ČOV nad 10 000 EO by bylo podchyceno více než 50 % obyvatel ČR. Epidemiologické riziko by mohly představovat také volné výusti nečištěných odpadních vod do vod povrchových, kterých je u nás evidováno 4 545 (to odpovídá cca 20 % obyvatel ČR) [48].

Monitoring výskytu SARS-CoV-2 v odpadních vodách začal ve VÚV TGM, v. v. i., v polovině dubna 2020, a to ve spolupráci s analytickou laboratoří Výzkumného ústavu veterinárního lékařství, v. v. i., v Brně (VÚVeL), která se zabývá stanovením virů ve vodách, a provozovateli ČOV.

Aktuálně probíhá spolupráce s cca 20 ČOV, většina je o velikosti 10 000–100 000 EO, ale jsou zařazeny i menší ČOV do 2 000 a do 10 000 EO a také jedna ČOV nad 100 000 EO. Celkově je na tyto ČOV napojeno přes 760 000 obyvatel (cca 912 000 EO). V příslušných okresech bylo od začátku epidemie do 29. 4. 2020 hlášeno cca 1 280 nakažených osob, tj. 0,17 % napojených.

V první etapě monitoringu byly analyzovány vzorky z 20 lokalit, přítomnost specifických genových segmentů viru SARS-CoV-2 byla zjištěna na 6 ČOV, tj. 30 %. Ve vzorcích byla molekulárně-biologickou metodou PCR detekována také přítomnost dalších hygienicky významných skupin virů (norovirů a adenovirů), které byly přítomny i v čištěných odpadních vodách, což potvrzuje, že použitá metoda je dostatečně spolehlivá a citlivá.

Předběžné výsledky ukazují, že zvolený přístup cílený na průkaz výskytu viru SARS-CoV-2 v odpadních vodách je pro daný účel využitelný. Relativně nízký záchyt pozitivních nálezů ve sledovaných ČOV lze vysvětlit malým podílem nakažených ve sledovaných oblastech. Dalšími faktory ovlivňujícími úspěšnost detekce virových segmentů nukleových kyselin ve vzorcích odpadních vod může být možnost projevu nemoci COVID-19 bez gastrointestinálních symptomů, které jsou podle dosavadních zahraničních výzkumů doprovázeny vylučováním virových částic stolicí pouze ve 2–50 % případů, a pravděpodobný malý příspěvek virových částic od asymptomatických osob (nebylo dosud dostatečně studováno).



Obr. 3. Čistírna odpadních vod

Fig. 3. Wastewater treatment plant

Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, v. v. i., se aktuálně zapojuje do mezinárodní iniciativy zabývající se analýzou SARS-CoV-2 v odpadních vodách (SARS-CoV-2 in wastewater international collaborative study) pod záštitou asociace NORMAN, která sdružuje referenční laboratoře, výzkumná centra a organizace zabývající se monitoringem a biomonitoringem emergentních látek (nově vzniklých znečišťujících látek) v životním prostředí, a výzkumného týmu KWR Water Research Institute z Holandska. Jedním z cílů je vytvořit jednotný postup pro odběr, uchovávání a analýzu vzorků pro stanovení SARS-CoV-2 v odpadních vodách.

Náš další výzkum bude zaměřen na optimalizaci jednotlivých kroků metodického postupu, na hledání spodní hranice použitelnosti metody pro účelový monitoring odpadních vod, zaměřený na stanovení infekčních agens v odpadních vodách a na návrh pro využití monitoringu jako systému včasného varování.

ZÁVĚR

Aktuální stav poznání potvrzuje možnost výskytu původce nemoci COVID-19 v **nečištěných odpadních vodách před úpravou na ČOV**, s největší pravděpodobností zde ale nepředstavuje pro nakládání s těmito vodami větší riziko než jiná infekční agens, která mohou být v odpadních vodách přítomná. Při práci s odpadními vodami je vždy nutné dodržování přísných hygienických opatření, která přítomná rizika eliminují [49–51].

Výskyt koronaviru SARS-CoV-2 v **čištěných odpadních vodách** nebyl dosud sledován. Lze předpokládat, že i zde se mohou vyskytovat fragmenty virových částic v neinfekčním stavu. Tento předpoklad vychází z malé stability koronaviřů, k jejichž deaktivaci zde přispívají technologické procesy čištění vod a nepříznivé fyzikálně-chemické podmínky prostředí pro jejich přežití. Skutečný stav pro virus SARS-CoV-2 je třeba potvrdit cíleným výzkumem.

Riziko infekce patogeny a podmíněně patogenními mikroorganismy mohou představovat **volné výusti odpadních vod**, které jsou vypouštěny do recipientů povrchových vod bez úpravy na komunálních ČOV.

Hygienicky významná kontaminace **povrchových vod** jako recipientů odpadních vod infekčním koronavirem SARS-CoV-2 je, i přes současný nedostatek konkrétních analytických dat, málo pravděpodobná.

Systematický **monitoring komunálních odpadních vod** může přinést důležité informace o výskytu viru ve sledované populaci. Předpokládá se možnost jeho využití jako nástroje včasného varování před případným nástupem další vlny šíření choroby COVID-19 a poté jeho využití při sledování vývoje epidemie či účinnosti zavedených opatření.

Současná situace rychle se šířící nákazy, vyvolané silně infekčním virem, poukázala na to, že výskytu hygienicky významných mikroorganismů ve vodním prostředí by bylo dobré věnovat zvýšenou pozornost nejen v případě současné pandemie.

Poděkování

Tento příspěvek a probíhající monitoring je finančně podpořen z Institucionálních prostředků na rozvoj výzkumné organizace VÚV TGM, v. v. i., v rámci interního grantu č. 3600.52.33/2020 a z projektu Čistá voda – zdravé město. Komunální odpadní voda jako diagnostické medium hlavního města Prahy financuje Hlavní město Praha v rámci Operačního programu Praha – pól růstu ČR, CZ.071.02/0.0/0.0/16_040/0000378.

Literatura

- [1] GREENWOOD, D., SLACK, R.C.B., and PEUTHERER, J. Lékařská mikrobiologie, 1999, Avicenum, Grada, 686 s.
- [2] PŘECECHTEL, F. a kol. Lékařská mikrobiologie. Skriptum UJEP, Brno. SPN, Praha, 1988, 330 s.
- [3] CHAN, P.K. and CHAN, M.C. Tracing the SARS-coronavirus. *J. Thorac. Dis.*, 2013, Vol. 5, No. 2, p. 118–121. DOI:10.3978/j.issn.2072-1439.2013.06.19. PMID 23977431.

- [4] Ministerstvo zdravotnictví ČR. Výskyt nového koronaviru souvisejícím s těžkým respiračním onemocněním. Dostupné z: http://www.mzcr.cz/dokumenty/vyskyt-noveho-koronaviru-souvisejicim-s-tezkym-respiracnim-onemocnenim_6822_114_1.html
- [5] Státní zdravotní ústav, Centrum epidemiologie a mikrobiologie: Koronaviry – přehled.
- [6] DING, Y., HE, L., ZHANG, Q., et al. Organ distribution of severe acute respiratory syndrome (SARS) associated coronavirus (SARS-CoV) in SARS patients: implications for pathogenesis and virus transmission pathways. *The Journal of Pathology*, 2004, 203(2), p. 622–630. ISSN 0022-3417. DOI: 10.1002/path.1560. Dostupné také z: <http://doi.wiley.com/10.1002/path.1560>
- [7] WHO. Middle East respiratory syndrome coronavirus (MERS-CoV) – The Kingdom of Saudi Arabia. Dostupné z: <https://www.who.int/csr/don/24-february-2020-mers-saudi-arabia/en/>
- [8] Bnonews. Tracking coronavirus: Map, data and timeline. Dostupné z: <https://bnonews.com/index.php/2020/04/the-latest-coronavirus-cases/>
- [9] CORMAN, V., BLEICKER, T., BRÜNNINK, S., DROSTEN, C.H., LANDT, O., KOOPMANS, M., ZAMBON, M., and PEIRIS, M. Diagnostic detection of Wuhan coronavirus 2019 by real-time RT-PCR. World Health Organisation [online], 2020-01-13 [cit. 2020-01-23]. Dostupné z: www.who.int
- [10] CHIN, A.W.H., CHU, J.T.S., M., et al. Stability of SARS-CoV-2 in different environmental conditions. *The Lancet Microbe*, 2020. ISSN 2666-5247. DOI: 10.1016/S2666-5247(20)30003-3. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2666524720300033>
- [11] WANG, W., XU, Y., GAO, R., LU, R., HAN, K., WU, G., and TAN, W. Detection of SARS-CoV-2 in Different Types of Clinical Specimens. *JAMA*, ISSN 0098-7484. DOI: 10.1001/jama.2020.3786. Dostupné z: <https://jamanetwork.com/journals/jama/fullarticle/2762997>
- [12] MIRI, S.M., ROOZBEH, F., RAD, A.O., ALAVIAN, S.M. Panic of Buying Toilet Papers: A Historical Memory or a Horrible Truth? Systematic Review of Gastrointestinal Manifestations of COVID-19. *HEPATITIS MONTHLY*. Volume: 20 Issue: 3, Article Number: e102729. Published: MAR 2020. DOI: 10.5812/hepatmon.102729.
- [13] ZHANG, T.Q., CUI, X.J., ZHAO, X., et al. Detectable SARS-CoV-2 viral RNA in feces of three children during recovery period of COVID-19 pneumonia. *Journal of Medical Virology*, Early Access: APR 2020. DOI: 10.1002/jmv.25795
- [14] LO, I.L., LIO, C.F., CHEONG, H.H., LEI, C.I., CHEONG, T.H., ZHONG, X., TIAN, Y.K., and SIN, N.N. Evaluation of SARS-CoV-2 RNA shedding in clinical specimens and clinical characteristics of 10 patients with COVID-19 in Macau. *International Journal Of Biological Sciences*, 2020, Vol. 16, No. 10, p. 1698–1707. DOI: 10.7150/ijbs.45357
- [15] TIAN, Y., RONG, L., NIAN, W.D., and HE, Y. Review article: gastrointestinal features in COVID-19 and the possibility of faecal transmission. *Alimentary Pharmacology & Therapeutics*, 2020, Vol. 51, No. 9, p. 843–851. DOI: 10.1111/apt.15731.
- [16] HINDSON, J. COVID-19: faecal-oral transmission? *Nature Reviews Gastroenterology & Hepatology*. Early Access: MAR 2020. DOI: 10.1038/s41575-020-0295-7.
- [17] YEO, C.H., KAUSHAL, S., and YEO, D. Enteric involvement of coronaviruses: is faecal–oral transmission of SARS-CoV-2 possible? *The Lancet Gastroenterology & Hepatology*, 2020, 5(4), p. 335–337. ISSN 2468-1253. DOI: 10.1016/S2468-1253(20)30048-0. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2468125320300480>
- [18] XIAO, F., TANG, M., ZHENG, X., LIU, Y., LI, X., and SHAN, H. Evidence for Gastrointestinal Infection of SARS-CoV-2. *Gastroenterology*, 2020. ISSN 0016-5085. DOI: 10.1053/j.gastro.2020.02.055. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0016508520302821>
- [19] ‘Sewage surveillance’ may be early warning tool in fight against COVID-19, says one study – interview with Medema. Dostupné z: <https://www.pri.org/stories/2020-04-20/sewage-surveillance-may-be-early-warning-tool-fight-against-covid-19-says-one>
- [20] XU, Y., LI, X., ZHU, B., et al. Characteristics of pediatric SARS-CoV-2 infection and potential evidence for persistent fecal viral shedding. *Nature Medicine*, 2020, 26(4), p. 502–505. ISSN 1078-8956. DOI: 10.1038/s41591-020-0817-4. Dostupné z: <http://www.nature.com/articles/s41591-020-0817-4>
- [21] CAO, Q., CHEN, Y.C.H., CHEN, C.H.L., and CHIU, C.H. SARS-CoV-2 infection in children: Transmission dynamics and clinical characteristics. *Journal of the Formosan Medical Association*, 2020, 119(3), p. 670–673. ISSN 0929-6646. DOI: 10.1016/j.jfma.2020.02.009. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S092966462030067X>
- [22] MEDEMA, G. et al. Presence of SARS-Coronavirus-2 in sewage. 2020. DOI: <https://doi.org/10.1101/2020.03.29.20045880>
- [23] What we learn about the Corona virus through waste water research. Dostupné z: www.kwrwater.nl/en/actueel/what-can-we-learn-about-the-corona-virus-through-waste-water-research/
- [24] CACACE, D., FATTA-KASSINOS, D., MANAIA, C.M., CYTRYN, E., et al. Antibiotic resistance genes in treated wastewater and in the receiving water bodies: A pan-European survey of urban settings. *Water Res.*, 2019, 162, Oct 01, p. 320–330.
- [25] VAŠÍČKOVÁ, P. a kol. Výskyt významných virů způsobujících alimentární infekce v povrchových i pitných vodách ČR. In: *Sborník konference Vodárenská biologie 2020, Praha 5–6. 2. 2020, s. 20–24.*
- [26] IWA: Covid-19: A Water Professional's Perspective – on-line webinar 8. 4. 2020.
- [27] KAMPF, G., TODT, D., PFAENDER, S., and STEINMANN, E. Persistence of coronaviruses on inanimate surfaces and their inactivation with biocidal agents. *Journal of Hospital Infection*, 2020, 104(3), p. 246–251. DOI: 10.1016/j.jhin.2020.01.022. ISSN 0195-6701. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0195670120300463>

[28] Koronavirus útočí na kanalizační trubky. Zvýšená spotřeba zvlhčovacích ubrousků může ucpat čističky. Dostupné z: https://www.idovky.cz/domov/koronavirus-utoci-na-kanalizační-trubky-zvyšena-spotřeba-zvlhčovacích-ubrousku-muze-ucpat-cističky.A200405_151301_In_domov_ele

[29] Water Services Association of Australia, COVID-19 Fact Sheet. (accessed March 04, 2020).

[30] European Environment Agency. Urban Waste Water Treatment Directive. Dostupné z: <https://www.eea.europa.eu/themes/water/european-waters/water-use-and-environmental-pressures/uwwtd>

[31] ČSN 75 6406. Nakládání s odpadními vodami ze zdravotnických zařízení vypouštěnými do stokové sítě pro veřejnou potřebu (únor 2020).

[32] Koronavirus ve vodách aneb hrozí nám „nákaza z vody“? Dostupné z: <https://tvp.vscht.cz/home/covid-19-ve-vodach>

[33] MLEJNKOVÁ, H., SLEZÁKOVÁ, K. a PETRÁNOVÁ, A. Charakterizace fekální kontaminace a hygienických rizik spojených s vypouštěním odpadních vod z komunálních čistíren odpadních vod do toků. *VTEI*, 2011, roč. 53, č. 1, s. 16–18. ISSN 0322-8916.

[34] BRASSARD, J., SEYER, K., HOUE, A., SIMARD, C., and TROTTIER, Y.L. Concentration and detection of hepatitis A virus and rotavirus in spring water samples by reverse transcription-PCR. *Journal of Virological Methods*, 2005, 123(2), p. 163–169. DOI: 10.1016/j.jviromet.2004.09.018. ISSN 0166-0934. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0166093404002988>

[35] CALGUA, B., MENGEWEIN, A., GRUNERT, A., et al. Development and application of a one-step low cost procedure to concentrate viruses from seawater samples. *Journal of Virological Methods*, 2008, 153(2), p. 79–83. DOI: 10.1016/j.jviromet.2008.08.003. ISSN 0166-0934. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0166093408003078>

[36] CALGUA, B., RODRIGUEZ-MANZANO, J., HUNDESA, A., SUÑEN, E., CALVO, M., BOFILL-MAS, S., and GIRONES, R. New methods for the concentration of viruses from urban sewage using quantitative PCR. *Journal of Virological Methods*, 2013, 187(2), p. 215–221. DOI: 10.1016/j.jviromet.2012.10.012. ISSN 0166-0934. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0166093412003710>

[37] ISO 15216-1:2017. *Microbiology of the food chain — Horizontal method for determination of hepatitis A virus and norovirus using real-time RT-PCR — Part 1: Method for quantification*. International Organization for Standardization, 2017.

[38] ISO 15216-2: 2019. *Microbiology of the food chain — Horizontal method for determination of hepatitis A virus and norovirus using real-time RT-PCR — Part 2: Method for qualitative detection*. Organization for Standardization, 2019.

[39] Státní zdravotní ústav. Povolení pro vyšetřování SARS-CoV-2. Dostupné z: <http://www.szu.cz/tema/prevence/povoleni-pro-vysetrovani-sars-cov-2>

[40] OČENÁŠKOVÁ, V. Komunální odpadní voda jako diagnostické médium. *VTEI*, 2018, roč. 60, č. 1, str. 28–30. ISSN 0322-8916.

[41] GRACIA-LOR, E., CASTIGLIONI, S., BADE, R., et al. Measuring biomarkers in wastewater as a new source of epidemiological information: Current state and future perspectives. *Environment International*, 2017, 99, p. 131–150. DOI: 10.1016/j.envint.2016.12.016. ISSN 0160-4120. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0160412016306936>

[42] HART, O.E. and HALDEN, R.U. Computational analysis of SARS-CoV-2/COVID-19 surveillance by wastewater-based epidemiology locally and globally: Feasibility, economy, opportunities and challenges. *Science of the Total Environment*, 2020. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.>

[43] Protocols.io. 2019-nCoV Wastewater Epidemiology. Dostupné z: <https://www.protocols.io/groups/2019ncov-wastewater-epidemiology>.

[44] La verdad. Las depuradoras se convierten en centinelas del coronavirus. Dostupné z: <https://www.laverdad.es/murcia/depuradoras-convierten-centinelas-20200412234209-ntvo.html#vca=fixed-btn&vso=rss&vmc=wh&vli=Regi%C3%B3n-de-Murcia>

[45] AHMED, W., ANGEL, N., EDSON, J., et al. First confirmed detection of SARS-CoV-2 in untreated wastewater in Australia: A proof of concept for the wastewater surveillance of COVID-19 in the community. *Science of the Total Environment*, 2020. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.138764>

[46] Eurocommpr. Včasné varování: Rakousko testuje odpadní vody na koronavir. Dostupné z: <https://www.eurocommpr.at/cz/Newsroom/Tiskove-zpravy/Vcasne-varovani-Rakousko-testuje-odpadni-vody-na-koronavir>

[47] WU, F. et al. SARS-CoV-2 titers in wastewater are higher than expected from clinically confirmed cases. DOI: <https://doi.org/10.1101/2020.04.05.20051540>

[48] Eagri. Vybrané údaje majetkové evidence (VÚME) a Vybrané údaje provozní evidence (VÚPE) za rok 2018. Dostupné z: <http://eagri.cz/public/web/mze/voda/vodovody-a-kanalizace/vybrane-udaje-z-majetkove-a-provozni-evidence-vodovodu-a-kanalizaci/vybrane-udaje-majetkove-evidence-vume-a.html>

[49] WHO. Coronavirus disease (COVID-19) Pandemic. Dostupné z: <https://www.who.int/emergencies/diseases/novel-coronavirus-2019>

[50] Stanovisko Národního referenčního centra (NRC) pro pitnou vodu k otázce přenosu nového koronaviru (SARS-CoV-2) pitnou vodou. Dostupné z: http://szu.cz/uploads/documents/chzp/voda/pdf/Stanovisko_NRC_coronaviry_a_pitna_voda.pdf

[51] Stanovisko národního referenčního centra pro hygienu půdy a odpadů k prevenci nákazy COVID – 19 u pracovníků provozů kanalizací a čistíren odpadních vod. Dostupné z: http://www.szu.cz/uploads/Epidemiologie/Coronavirus/Odpady/Stanovisko_NRC_k_ochrane_pracovniku_kanalizaci_a_COV.pdf

Autoři

RNDr. Hana Mlejnková, Ph.D.¹

✉ hana.mlejnkova@vuv.cz

ORCID: 0000-0002-3892-6226

Ing. Věra Očenášková¹

✉ vera.ocenaskova@vuv.cz

Mgr. Kateřina Sovová, Ph.D.²

✉ katerina.sovova@vuv.cz

Mgr. Petra Vašíčková, Ph.D.³

✉ vasickova@vri.cz

Ing. Eva Juranová¹

✉ eva.juranova@vuv.cz

ORCID: 0000-0001-9021-7307

¹Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, v. v. i.

²Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, v. v. i., pobočka Brno

³Výzkumný ústav veterinárního lékařství, v. v. i.

Příspěvek prošel lektorským řízením.

DOI: 10.46555/VTEI.2020.04.005

CORONAVIRUS SARS-COV-2 IN SURFACE AND WASTEWATER

**MLEJNKOVA, H.¹; OCENASKOVA, V.¹;
SOVOVA, K.²; VASICKOVA, P.³; JURANOVA, E.¹**

¹TGM Water Research Institute, p.r.i.

²TGM Water Research Institute, p.r.i., Brno Branch

³Research Institute of Veterinary Medicine, p.r.i.

Keywords: COVID 19 – SARS-CoV-2 – wastewater – surface water – contamination – wastewater based epidemiology – early-warning tool – biomarker

The paper provides actual clear information about viruses and coronaviruses, including SARS-CoV-2, the possibility of contamination of surface water and wastewater by this virus. The RT-qPCR method of determination of SARS-CoV-2 in water is also described. The use of monitoring the presence of the virus in wastewater as biomarker to monitor its occurrence in the population and as an early-warning tool of a possible new wave of disease is also mentioned.



Simulace dopadu revitalizace meandru Jordánu na řece Orlici na režim přilehlého kvartérního kolektoru

DAVID ROZMAN, ZBYNĚK HRKAL

Klíčová slova: revitalizace vodního toku – břehová infiltrace – matematický model – Orlice

SOUHRN

Velmi urgentní výzvou vodohospodářských organizací v České republice je problematika zadržování vody v krajině. Jedna z iniciativ státního podniku Povodí Labe je revitalizace meandru Jordán na toku Orlice. Návrat říčního toku do původního koryta a technický zásah, který zvýší hladinu do původní úrovně, bude představovat významný zásah do vodního režimu. Pozitivní dopad se projeví v případě obou klimatických extrémů, povodní i sucha. Bezprostředním dopadem bude zpomalení odtoku povrchové vody, současně se však zvýšení hladiny Orlice projeví v úvodní fázi revitalizace intenzivnější břehovou infiltrací. Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, v. v. i., z pověření Ministerstva životního prostředí zahájilo již na konci roku 2018 monitoring režimu podzemních vod v přilehlém kvartérním kolektoru za aktuálního stavu před zahájením revitalizačních opatření. Hladina podzemních vod byla kontinuálně měřena na čtyřech nově realizovaných vrtech. Předkládaná studie představuje výsledky matematického modelu, který simuluje očekávaný dopad technického zásahu na zdroje podzemních vod. Přípravené byly simulace současného stavu a stavu po revitalizaci s navýšením hladiny v meandru o 1 m a o 2 m. Podle výsledků modelu bylo spočítané navýšení zásoby podzemních vod v kvartérním kolektoru.

ÚVOD

Původní koryto řeky Orlice bylo v prostoru Týniště nad Orlicí v minulosti napřímené. Zrychlení průtoku způsobilo zvýšenou hloubkovou erozi. Zahloubení dna koryta se následně projevilo i na snížení hladiny podzemní vody v přilehlém kvartérním kolektoru.

Nevyhovující současný stav lze do jisté míry napravit vhodnými úpravami. Revitalizace koryt řek se považuje za vhodný nástroj ke zlepšení nízkých letních průtoků. Lepší akumulace a výměny vody ve vodoteči a v přilehlém nivním kolektoru podzemní vody lze docílit s pomocí zásahů do koryta. Výzkumníci a vodohospodáři proto propagují revitalizaci řek jako jedno z mitigačních opatření, které zvýší odolnost vodních zdrojů na nepředvídatelné změny stavu vod v důsledku změny klimatu.

Vyhodnocováním vlivů revitalizací řek se zabývají výzkumníci v tuzemsku [1] i v zahraničí. Studie potvrzují, že revitalizace řek snížila rychlosti odtoku, zvýšila akumulační schopnost (storativitu) nivního kolektoru a navýšila objem základního odtoku [2]. Intenzivnější výměna mezi podzemními a povrchovými vodami skrz sedimenty říčního koryta je zásadní pro chemismus,

biogeochemické procesy (okysličenost vody, denitrifikace) a ekologický stav říčního prostředí [3–6]. Zásadním parametrem charakterizujícím komunikaci povrchových a podzemních vod je hydraulická výška řeky [7]. Vliv zařezávání koryta řeky na hladiny podzemní vody v údolní nivě lze ověřit pomocí numerického modelu [8].

V rámci současného vodohospodářského trendu, zadržování vody v krajině, získal státní podnik Povodí Labe finanční prostředky na revitalizaci meandru Jordán. Tato aktivita může sloužit jako modelová studie revitalizace celého povodí Orlice až po Hradec Králové. Lokality podobných odškrcených a odstavených meandrů Orlice zmapovala ve své práci například Ležíková [9]. V rámci prací realizovaných v roce 2020 dojde k navrácení toku řeky Orlice do původního koryta a ke zvýšení hladiny v řece spádovým objektem pod meandrem. Cílem studie VÚV TGM je modelové posouzení dopadů revitalizace meandru Jordán na hydrogeologické poměry území a na místní zásoby podzemní vody.

METODIKA

Charakteristika modelového území

Modelové území s plochou 8,7 km² se nachází v prostoru kvartérních fluviálních sedimentů řeky Orlice mezi obcemi Albrechtice nad Orlicí, Týniště nad Orlicí a Petrovice (obr. 1). V jejich podloží se vyskytují jílovce, prachovce a slínovce české křídové pánve.

Na Orlici je dlouhodobě sledován průtok na profilu ČHMÚ u mostu silnice č. 305 mezi Týništěm a Albrechticemi. Podle evidenčního listu profilu činí průměrný roční průtok 18,6 m³, což odpovídá stavu vodoměru 120 cm. Zájmovým územím protéká i levý přítok Orlice Stříbrný potok. U Albrechtic je řeka přehrazena jezem, který slouží k využití vodní energie v malé vodní elektrárně.

Severovýchodně protéká územím vodní náhon Alba, který byl podle historických záznamů vybudován ve 14. století a sloužil k napájení několika rybníků, mlýnů a pil [10]. Průtočná kapacita náhonu je 0,6 m³/s a průměrný průtok, stabilní v celé délce je 0,35 m³/s [11]. Vodu doplňují přítoky z pravé strany (především Olešnický potok), a naopak k odtokům dochází na levé straně. Povrchová voda v kanálu pravděpodobně komunikuje i s kvartérní zvodní. Souvislost hladiny v kanále s hladinou podzemní vody potvrzuje záznam z archivního vrtu T-1, realizovaného v roce 2001 v těsné blízkosti kanálu. Hladina podzemní vody (HPV) zde dosahovala hloubky 0,75 m pod terénem.



Obr. 1. Mapa modelového území
Fig. 1. Map of the model area

V širší oblasti je odtok regulován sítí mělkých drenážních příkopů. Časté jsou výskyt zamokřených ploch a stojaté vody v odškrncených meandrech. V oblasti je několik malých rybníků (Na Horce u Stěpanovska, Na Lánech mezi silnicí č. 11 a železniční tratí).

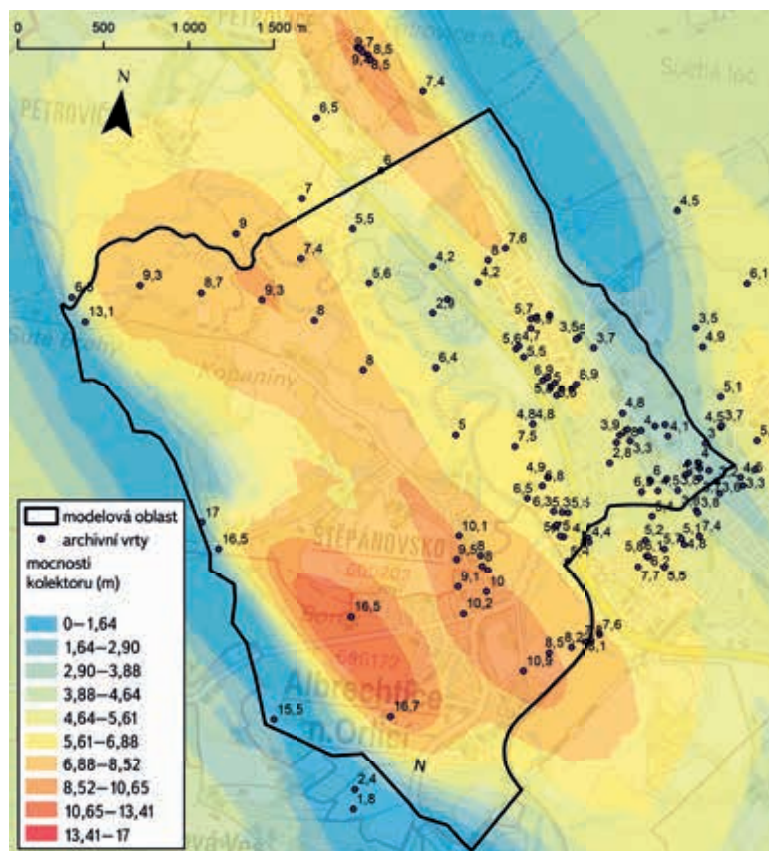
Průměrná roční teplota činí 8–9 °C a průměrný roční srážkový úhrn 600–650 mm. Počet dnů se sněhovou pokrývkou kolísá mezi 50–60 dny a její maximální výška činí 15–20 cm [12].

Geometrie modelu

Modelové těleso je prostorově definováno z povrchu digitálním modelem terénu (DEM 4G) v rozlišení 10 × 10 m. Přesnost DEM 4G je na odkryté ploše 30 cm na zalesněné 100 cm. Bázi modelového tělesa tvoří kontakt kvartérních sedimentů s podloží. Pro jeho vymezení jsme použili soubor 134 archivních vrtů z Geofondu ČR. Ze souboru archivních vrtů byla interpolační metodou Kriging vygenerována plocha podloží kvartérního kolektoru. Do souboru byly přidány i body na okraji prohlubně s nulovou hloubkou kolektoru, které charakterizují výchozy podložních křídových hornin. Křídové horniny v podloží kvartérních sedimentů představují prachovce, slínovce a jílovce s nižší propustností, proto jsou pro účely modelu definované jako nepropustné podloží. Mocnosti modelového tělesa jsou znázorněny na obr. 2.

Gridová síť

Výpočetní síť (obr. 3) je definována s rozlišením 25 × 25 m. V prostoru revitalizace meandru Jordán je síť zahuštěna na rozlišení 6,25 × 6,25 m. Buňky mimo modelovou oblast jsou neaktivní.



Obr. 2. Situace modelového území se znázorněním mocností kvartérního kolektoru
Fig. 2. Situation of model area with representation of quaternary aquifer thickness

Vymezení modelové oblasti a okrajové podmínky

Modelová oblast je vymezena tak, aby hranice oblasti co nejlépe odpovídaly reálným podmínkám, které určují hydrogeologický režim v oblasti (obr. 3). JZ okraj reprezentuje geologická hranice – výchozy podložních křídových hornin. Zde je v modelu definovaná hranice nulového průtoku (No Flow). SV hranici reprezentuje náhon Alba, kde je v modelu definovaná okrajová podmínka typu řeka (River). Zde v závislosti na hydraulické výšce hladiny ve vodoteči dochází buď k dotaci, nebo odvodnění podzemní vody. Výšky hladiny byly odhadnuty na základě digitálního modelu terénu mezi 253,5 m n. m. na V a 250,5 m n. m. na S.

SZ hranice je rozdělena na dvě části. První část reprezentuje Orlice, v modelu definovaná jako okrajová podmínka typu řeka (River). Druhá část je spojnice mezi řekou Orlicí a náhonem Alba. Linie spojnice je zhruba kolmá na předpokládaný směr proudění podzemní vody. V modelu je zde definovaná okrajová podmínka typu ustálená hladina (Constant Head).

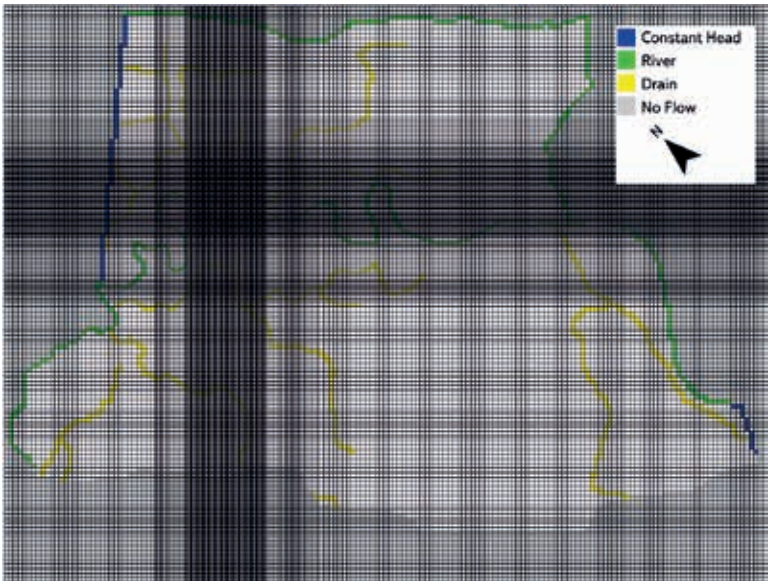
JV okraj probíhá částečně po vodotečích Orlice a pravém bezejmenném přítoku, který spojuje Albu a Orlici. Tato část je v modelu definovaná okrajovou podmínkou typu řeka. Asi 450 m dlouhý úsek okraje je spojnici mezi řekou Orlicí a geologickou hranicí s výchozy hornin podloží. Tato linie je v modelu definována jako okrajová podmínka typu ustálená hladina ve výšce odpovídající hladině v Orlici.

Orlice, zásadně určující hydraulické poměry podzemní vody, v modelové oblasti představuje řídicí podmínku i v centrální části území. Nejdůležitějším vstupem do modelu jsou zde hydraulické výšky hladiny Orlice opírající se o několik geodeticky zaměřených úrovní hladiny. První opěrný bod je dlouhodobě sledovaný profil ČHMÚ Týniště. Nula vodočtu je zde geodeticky

zaměřena ve výšce 244,50 m n. m. a průměrný roční stav hladiny je 120 cm (průtok 18,6 m³/s). Dne 22. 3. 2013 byla geodeticky zaměřena hladina Orlice v místě navrhovaného spádového objektu revitalizovaného meandru Jordán. Výška byla 243,36 m n. m. a tomu odpovídal průtok na profilu Týniště 16,6 m³/s. Na základě příčného profilu řeky v místě měření odhadujeme referenční výšku hladiny pro průměrný roční průtok 18,6 m³/s na 243,40 m n. m. Údaje k výpočtu výšky v místě spádového objektu Jordán poskytla společnost Šindlar, s. r. o.

Podle topografických podkladů (Základní mapa ČR 1 : 10 000 a 1 : 50 000) byla zmapovaná drenážní síť, pro kterou byla definovaná okrajová podmínka typu drenáž (Drain). Tento typ okrajové podmínky na rozdíl od typu řeka umožňuje pouze odvodnění podzemní vody. Úroveň odvodnění je definována ve výšce 1 m pod úrovní okolního terénu.

Pro celou plochu modelu je definována okrajová podmínka dotace podzemní vody ze srážek (Recharge). Hodnota dotace byla spočítaná z průměrného srážkového úhrnu 600–650 mm [12] a to jako třetinový podíl celkového srážkového úhrnu, tj. 208 mm, resp. $5,7 \times 10^{-4}$ m/den.



Obr. 3. Gridová síť modelu a okrajové podmínky (Constant Head – konstantní hladina, River – řeka, Drain – drenáž, No Flow – bez průtoku)
Fig. 3. Model grid and boundary conditions

Tabulka 1. Charakteristika použitých vrtů
Table 1. Characteristics of the archive boreholes

Vrt	Hloubka	Y	X	Nadmořská výška [m n. m.]	Rok	k [m/s]
HJ-3	8	-1 049 896	-624 918	253,24	1990	0,0008
AB-1	17	-1 051 480	-626 345	252,00	1984	0,000325
HJ-4	8	-1 050 732	-624 424	253,60	1990	0,000254
STUDNA	3,5	-1 050 554	-626 147	248,53	1983	0,000201
HJ-2	11	-1 049 845	-625 025	252,88	1990	0,000075
HJ-1-156/5	18,6	-1 052 060	-626 113	254,00	2009	0,000062
PT-1	20	-1 048 386	-625 923	251,70	1995	0,000024

Hydraulická vodivost

Z archivních vrtů v databázi Geofond byly získané údaje o hydraulické vodivosti (k). V oblasti je k dispozici sedm vrtů s údaji uvedenými v tabulce 1.

Při vyloučení extrémních (max. a min.) hodnot byla jako průměrná hodnota hydraulické vodivosti použita $1,8 \times 10^{-4}$ m/s. Hodnoty Kxy a Kz jsou nadále zpřesněné v rámci kalibrace hydraulického modelu.

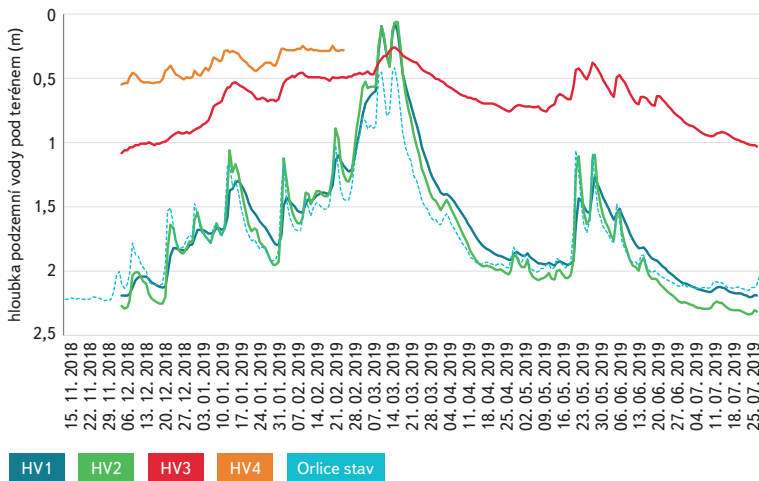
Tabulka 2. Použité hladiny podzemní vody pro kalibraci modelu
Table 2. Groundwater levels used for model calibration

Vrt	X	Y	Hladina podzemní vody [m n. m.]
AB-2	-627 893	-1 049 743	242,35
HJ-1-156/5	-626 113	-1 052 060	248,02
V-1	-626 800	-1 052 080	250,5
PT-1	-625 923	-1 048 386	247,2
V-2	-625 477	-1 049 228	249,66
S-1	-625 600	-1 049 510	245,35
STUDNA	-626 147	-1 050 554	246,53
ST-1	-624 748	-1 050 232	251,07
HJ-3	-624 918	-1 049 896	251,34
HJ-2	-625 025	-1 049 845	251,01
HJ-4	-624 424	-1 050 732	251,84
S-2	-625 780	-1 049 610	245,79
V-129	-625 540	-1 051 203	246,3
TN-1	-624 825	-1 050 570	250,43
HV1	-626 298	-1 049 381	244,42
HV2	-626 309	-1 049 551	244,36
HV3	-626 113	-1 049 242	245,81
HV4	-625 994	-1 049 337	247,26

Kalibrace

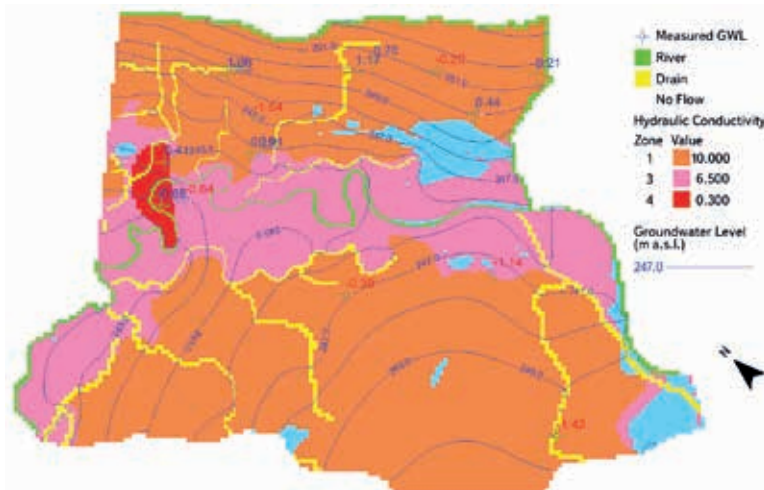
Ke kalibraci posloužili údaje o hladině podzemní vody z výběru 14 vrtů z archivu Geofondu a 4 nových průzkumných vrtů v prostoru meandru Jordán (tabulka 2). U použitých vrtů byla úroveň hladiny stanovená z hloubky hladiny a geodeticky zaměřené nadmořské výšky odměrného bodu, případně hodnoty DEM.

Ze čtyř nových vrtů realizovaných VÚV TGM za účelem získání informací o režimu podzemní vody v kvartérním kolektoru před revitalizací meandru Jordán, je k dispozici časová řada hladin podzemní vody. Na obr. 4 jsou průběhy hladin srovnané s vodním stavem na profilu ČHMÚ Týniště nad Orlicí.



Obr. 4. Průběhy hladin podzemní vody na monitorovacích vrtech VÚV TGM a v řece Orlici

Fig. 4. Groundwater level on VUV TGM monitoring wells and in Orlice River



Obr. 5. Simulované hladiny podzemní vody při zavedení plošné heterogenity hydraulické vodivosti (Measured GWL – změřená HPV, River – řeka, Drain – drenáž, No Flow – bez průtoku, Hydraulic Conductivity – hydraulická vodivost, Value – hodnota, Groundwater level – hladina podzemní vody)

Fig. 5. Resulting groundwater levels for simulation with laterally heterogenic hydraulic conductivity

Pozn.: Modré popisky pozorovacích vrtů znamenají pozitivní odchylky změřených hladin v m, červené negativní, hydraulické vodivosti jsou vyjádřené v jednotkách m/den, modré plochy jsou oblasti zaplavených buněk.

Vrty HV1 a HV2 jsou umístěné v bezprostřední blízkosti koryta Orlice ve vzdálenosti několik desítek metrů uvnitř meandru. Z grafu je proto jasné zřetelné, že hladiny podzemní vody v těchto objektech velmi rychle reagují na změny vodních stavů v řece. Vrty HV3 a HV4 jsou umístěné ve větší vzdálenosti od koryta řeky (100 m, resp. 200 m). I na nich se sice projevuje souvislost s vodním stavem v řece, nicméně kolísání hladiny podzemní vody již není tak výrazné.

První modelové simulace naznačily, že hydraulická vodivost v modelovém území není homogenní a pro správné fungování modelu byl nutný subjektivní zásah. Při zadání jediné zprůměrované hodnoty hydraulické vodivosti totiž docházelo lokálně k velkým odchylkám mezi měřenými a modelovými hladinami podzemní vody. Proto jsme nejprve hodnoty hydraulické vodivosti snížili v oblasti nejnižší říční terasy, vymezené na základě topografické mapy a digitálního modelu terénu. V dalším kroku byla hydraulická vodivost snížena i v menší ploše pod meandrem Jordán. Tato varianta (obr. 5) se ukázala jako nejlépe odrážející reálné měřené hodnoty hladin podzemní vody.

Nižší propustnost sedimentů nejnižší terasy může být způsobena odlišnými podmínkami sedimentace při tvorbě jednotlivých terasových stupňů. Oblast nižší propustnosti pod meandrem Jordán lze vysvětlit lokální změnou facie sedimentace na jemnější frakci. Na popisovanou variabilitu prostředí údolních niv upozorňuje i Krásný a kol. [13]. Možný je ale také vliv přísunu materiálu přítokem ze severovýchodu ze směru od současného rybníku Na Lánech u areálu Elitex.

VÝSLEDKY A DISKUSE

Stacionární model proudění podzemní vody je zkonstruován na základě dlouhodobých průměrných veličin okrajových podmínek. Výsledky modelu je proto potřeba chápat jako teoretický stav, dosažený po dlouhodobě konstantních podmínkách. Jde o zjednodušenou simulaci přírodních procesů, která nepostihuje vlivy časové proměnlivosti vstupních parametrů.

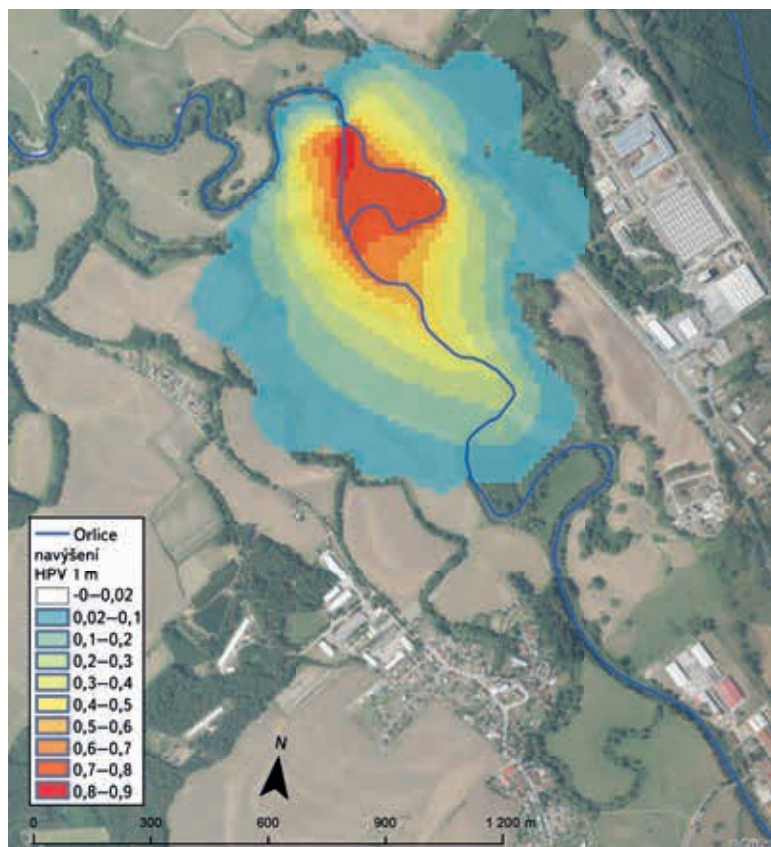
Podle výsledků modelu se na některých plochách blíží hladina podzemní vody úrovni terénu. Tyto prostory se stávají oblastmi nejistot, protože narážíme na omezení dané nepřesností DEM. Zde bychom pro adekvátní řešení potřebovali pracovat s přesněji zaměřenými terénními daty. Další nejistotu představují nezmapované drenážní příkopy. Zaplavené plochy, označené na obr. 5, se nachází v místech, kde skutečně dochází k výskytu hladiny podzemní vody v úrovni terénu ve formě menších rybníků, zaslepených meandrů nebo pouze zamokřených ploch:

- mokřina na obou stranách silnice č. 11; mezi prostory Českého svazu chovatelů, místní ČOV a skladovým areálem v ulici Mostecká,
- mokřina východně od silnice č. 305,
- odškrtný meandr u Štěpánovska,
- oblasti rybníků u Stříbrného potoka a západně od Štěpánovska,
- oblast u rybníků Na Lánech SZ od areálu Elitex.

Hladina podzemní vody v modelové oblasti je v hloubce do několika metrů pod terénem. Hlouběji zapadá je ve vyšší terase na severozápadu (Chumlov, nad lokalitou Sutě Břehy), kde se hladina nachází v hloubce až 10 m. Poměrně mělká je hladina na pravém břehu Orlice v pásmu podél hlavní silnice č. 11, kde se hladina často nachází v hloubce menší než 1 m. Takovou hloubku dokládají i pozorovací vrty HV3 a HV4. K proudění podzemní vody dochází od okrajů modelové oblasti směrem k toku Orlice, která podzemní vody drénuje. Orlice je skoro v celé oblasti efluentní, influentního charakteru je pouze v úseku nad jezem Albrechtice, kde z důvodu vzduté hladiny dochází k dotaci podzemní vody z řeky. Významná je drenáž do sítě kanálů v celé ploše modelu. K dotaci podzemní vody dochází především plošnou infiltrací ze srážek a z náhonu Alba na severovýchodním okraji modelové oblasti.







Obr. 6. Simulace dopadu revitalizace meandru s navýšením hladiny o 1 m
Fig. 6. Simulation of meander restoration impact with level increase by 1 m
(navýšení HPV – Groundwater level rise)

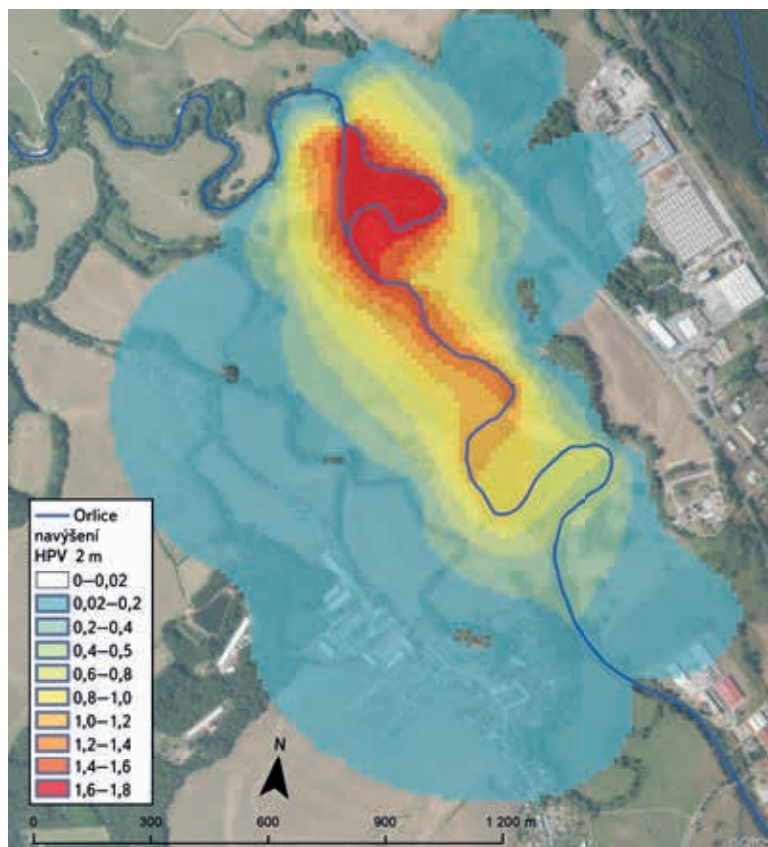
Lokální změny hydraulické vodivosti byly interpretované odlišnými parametry pro nejmladší říční terasu a pro menší oblast pod meandrem Jordán.

Pro simulaci revitalizace meandru Jordán byla změněna okrajová podmínka typu řeka v dotčeném úseku. Změněn byl průběh toku Orlice a byla zvýšena hydraulická výška o jeden metr na výšku 244,4 m n. m. pro celý úsek řeky od spádového objektu až do vzdálenosti asi 1 600 m proti proudu. Vliv revitalizace zasahuje plochu přesahující 0,75 km², ve které dojde ke zvýšení hladiny podzemní vody v kolektoru (obr. 6).

Simulace plošného zvýšení hladiny podzemní vody umožnila kalkulaci změny zásoby podzemní vody. Pokud zanedbáme navýšení hladiny menší než 1 cm, získáme v případě navýšení hladiny v řece o 1 m hodnotu objemu nově nasyceného horninového prostředí 176 760 m³. Za předpokladu že je hodnota efektivní porozity štěrkopískového kvartérního kolektoru okolo 0,2 [14], znamená to tvorbu okolo 35 350 m³ nových zdrojů podzemní vody. Pro srovnání, takové množství zhruba odpovídá roční spotřebě vody 1 000 obyvatel.

V případě revitalizace s navýšením hladiny v řece o 2 m se počítá se vzdušným hladinou do vzdálenosti asi 2 500 m proti proudu od spádového objektu meandru Jordán. Plocha ovlivnění hladiny podzemní vody je výrazně větší (obr. 7) a podle modelu může dojít i k mírnému zvětšení některých podmaččených ploch u řeky, obzvláště pak na pravém břehu Orlice mezi ČOV a skladovým areálem v ulici Mostecká. V těchto místech model ukazuje navýšení hladiny do 20 cm. Jde zároveň o lokalitu, kde je na leteckých snímcích stále dobře viditelný tvar starého, již zasypaného meandru.

V případě navýšení hladiny v řece o 2 m získáme hodnotu objemu nově nasyceného horninového prostředí 640 800 m³. Za stejného předpokladu o efektivní porositě štěrkopískového kvartérního kolektoru to znamená vytvoření přibližně 128 160 m³ nových zdrojů podzemní vody.



Obr. 7. Simulace dopadu revitalizace meandru s navýšením hladiny o 2 m
Fig. 7. Simulation of meander restoration impact with level increase by 2 m
(navýšení HPV – Groundwater level rise)

ZÁVĚR

Realizace plánované revitalizace meandru Jordánu na toku Orlice u Týniště nad Orlicí bude představovat významný pozitivní zásah do hydrologického i hydrogeologického režimu v okolí. Jednak zpomalí odtok povrchové i podzemní vody, jednak krátce po revitalizaci umožní zintenzivnění břehové infiltrace do přilehlého kvartérního kolektoru. Tato aktivita naplňuje zásady státní politiky boje proti suchu. Spadá do kategorie přírodních blízkých opatření, protože zintenzivňuje původní přírodní procesy, které umožňovaly dlouhodobou retenci vody v krajině. Zvýšení hladiny podzemní vody nepředstavuje žádnou konfliktní aktivitu, protože voda se pouze navrácí do svého původního stavu. Modelové simulace například naznačily budoucí podmaččení terénu v oblastech, které v minulosti byly mokřady.

Modelová simulace postavená na ročním monitoringu režimu podzemních a povrchových vod kvantifikovala teoretický nárůst objemu podzemních vod v kvartérních sedimentech o cca 35 000 m³ (zvýšení hladiny vodního toku o 1 m), resp. cca 128 160 m³ (zvýšení hladiny vodního toku o 2 m). Tato čísla představují dočasně zadržanou vodu v podobě podzemního odtoku. Využitelné zdroje budou pochopitelně nižší, přesto ale mohou hrát ve vodohospodářsky deficitním královéhradeckém kraji důležitou roli. To především s ohledem na skutečnost, že lokalit vhodných k podobné revitalizaci je na toku Orlice celá řada. Modelová interpolace dat z meandru Jordán na širší území povodí Orlice by byla schopna kvantifikovat vodohospodářský potenciál takovýchto revitalizačních opatření.

Poděkování

Studie, na základě které vznikl příspěvek, byla financovaná interním grantem Výzkumného ústavu vodohospodářského T. G. Masaryka, v. v. i.

Literatura

- [1] JUST, T., ŠÁMAL, V., DUŠEK, M., FISCHER, D., KARLÍK, P. a PYKAL, J. Revitalizace vodního prostředí. Agentury ochrany přírody a krajiny České republiky. Praha, 144 s., 2003.
- [2] BRISSETTE, C.M. Stream restoration effects on hydraulic exchange, storage and alluvial aquifer discharge. Graduate Student Theses, Dissertations, & Professional Papers. 10992. Dostupné z: <https://scholarworks.umd.edu/etd/10992>, 2017.
- [3] KURTH, A.M., WEBER, C., and SCHIRMER, M. How effective is river restoration in re-establishing groundwater-surface water interactions? – A case study. *Hydrology and Earth System Sciences*. DOI:10.5194/hess-19-2663-2015, 2015.
- [4] FINDLAY, S. Importance of surface-subsurface exchange in stream ecosystems: The hyporheic zone. *Limnol. Oceanogr.*, 40, p. 159–164, 1995.
- [5] FILOSO, S. and PALMER, M.A. Assessing stream restoration effectiveness at reducing nitrogen export to downstream waters. *Ecol. Appl.*, 21, p. 1989–2006, 2011.
- [6] HAASE, P., HERING, D., JÄHNIG, S.C., LORENZ, A.W., and SUNDERMANN, A. The impact of hydromorphological restoration on river ecological status: a comparison of fish, benthic invertebrates, and macrophytes. *Hydrobiologia*, 704, p. 475–488, DOI:10.1007/s10750-012-1255-1, 2013.
- [7] TRAUTH, N., SCHMIDT, C., VIEWEG, M., OSWALD, S.E., and FLECKENSTEIN, J.H. Hydraulic controls of in-stream gravel bar hyporheic exchange and reactions. *Water Resour. Res.*, 51, p. 2243–2263, DOI:10.1002/2014WR015857, 2015.
- [8] LOHEIDE, S.P., GORELICK, S.M. Riparian hydroecology: A coupled model of the observed interactions between groundwater flow and meadow vegetation patterning. *Water Resour. Res.*, 43, W07414, DOI:10.1029/2006WR005233, 2007.
- [9] LEŽÍKOVÁ, K. Diplomová práce – Současný stav lokalit odškrncených a odstavených meandrů Orlice. Masaryková Univerzita, Přírodovědecká fakulta, Geografický ústav, [online]. [cit. 2019-7-1], 83 str., 2011.
- [10] HAKENOVÁ, M. Diplomová práce – Historické změny spojené Orlice za posledních 200 let a hodnocení současného stavu vodního toku. Univerzita Palackého v Olomouci, Přírodovědecká fakulta, Katedra geografie, [online]. [cit. 2019-7-1], 32 str., 2011.
- [11] Povodí Labe Povodí Labe – Vodohospodářská bilance za rok 2007. [online]. [cit. 2019-7-1], 7 str.
- [12] TOLASZ, R. Atlas podnebí Česka. Praha: Český hydrometeorologický ústav, Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 255 str., 2007.
- [13] KRÁSNÝ, J., CÍSLEROVÁ, M., ČURDA, S. a kol. Podzemní vody České republiky. Praha: Česká geologická služba, 1144 str., 2012.
- [14] STŘEMCHA, J., KAHUDA, D., HOSNĚDL, P., PRINZ, J. a ŠEPS, M. Sanace těkavých chlorovaných uhlovodíků v podzemní vodě v předpolí pramenišť Bzenec. Aktualizace analýzy rizika 2005. Roční zpráva 2005. SAKOL, Praha, 76 str., 2006.

Autoři

Mgr. David Rozman^{1,2}

✉ david.rozman@vuv.cz

ORCID: 0000-0001-9509-3227

doc. RNDr. Zbyněk Hrkal, CSc.^{1,2}

✉ zbynek.hrkal@vuv.cz

ORCID: 0000-0002-8492-394X

¹Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, v. v. i.

²Přírodovědecká fakulta, Univerzita Karlova

Příspěvek prošel lektorským řízením.

DOI: 10.46555/VTEI.2020.01.001

SIMULATION OF THE RESTORATION OF THE MEANDER JORDAN OF THE ORLICE RIVER AND ITS IMPACT ON THE ADJACENT QUATERNARY AQUIFER

ROZMAN, D.^{1,2}; HRKAL, Z.^{1,2}

¹TGM Water Research Institute, p.r.i.

²Faculty of Science, Charles University

Keywords: river restoration – bank filtration – numerical model – Orlice

An urgent issue of the water management institutions in the Czech Republic is enhancement of the water retention in the environment. One of the solutions presented by Elbe river basin authority is restoration of the meander Jordan of the Orlice River. Reactivation of the original channel and a technical solution, which will raise the water level to its original height, will have a significant impact on the local hydrological situation. The restoration will mitigate climatic extremes like floods and droughts. A direct impact will be slower surface water runoff and due to higher water level less intense drainage of the groundwater to the river. T. G. Masaryk Water Research Institute started with monitoring of the adjacent Quaternary aquifer at the end of year 2018. The achieved data characterize the situation before the planned restoration. Groundwater level is continually measured in four new monitoring boreholes. This study presents results of a numeric model, which simulates the expected effect of the restoration on the groundwater resources. The simulations include current situation before the restoration, situation after restoration with 1 m raise in water level and situation after restoration with 2 m raise in water level. The results also enabled quantification of the potential groundwater storage increase.



Autoři VTEI

RNDr. Ladislav Havel, CSc.

VÚV TGM, v. v. i.

✉ ladislav.havel@vuv.cz
www.vuv.cz

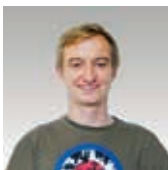


RNDr. Ladislav Havel, CSc., vystudoval Přírodovědeckou fakultu UK, obor Biologie, specializace hydrobiologie. Po absolvování rigorózního a kandidátského studia pracoval v letech 1982–1990 jako vedoucí biologické laboratoře Hydroprojektu Praha. Zaměstnancem VÚV TGM, v. v. i., v Praze je od roku 1991; v současné době pracuje v oddělení hydrobiologie odboru analýz a hodnocení složek životního prostředí. Zabývá se kvalitou vody, provádí analýzy hydrobiologických složek povrchových, podzemních a odpadních vod. Je členem Technické normalizační komise (TNK 104 – Jakost vod; Česká agentura pro standardizaci) a věnuje se zpracování a posuzování norem a metod hydrobiologického rozboru vod. Jako řešitel nebo jako člen řešitelského týmu se v rámci VÚV TGM, v. v. i., podílí či podílel na řešení řady výzkumných projektů i externích zakázek.

Ing. Štěpán Marval

Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, v. v. i.

✉ marval.stepan@vumop.cz
www.vumop.cz



Ing. Štěpán Marval vystudoval Českou zemědělskou univerzitu v Praze, kde v roce 2015 dokončil magisterský obor Krajinná inženýrství – Voda v krajině na Fakultě životního prostředí. V roce 2016 se stal zaměstnancem Výzkumného ústavu meliorací a ochrany půdy, v. v. i., oddělení hydrologie a ochrana vod. Od roku 2017 je studentem doktorského studijního oboru Environmentální modelování na Fakultě životního prostředí České zemědělské univerzity v Praze. V současnosti se podílí na řešení několika výzkumných projektů, např. Využití letecké termografie jako nového přístupu pro identifikaci znečištění povrchových vod nebo Sledování množství a kvality sedimentů ve vodních tocích a nádržích za účelem snižování znečištění z nebudových zdrojů. Dále byl dalším řešitelem úspěšně řešeného projektu s názvem Pokročilé zpracování dat leteckého laserového skenování za účelem schematizace vodních toků aj.

RNDr. Hana Mlejnková, Ph.D.

VÚV TGM, v. v. i.

✉ hana.mlejnkova@vuv.cz
www.vuv.cz



RNDr. Hana Mlejnková, Ph.D., vystudovala Přírodovědeckou fakultu Masarykovy univerzity v Brně (dříve Universita J. E. Purkyně), obor Obecná biologie, specializace Mikrobiologie. Od roku 1992 je zaměstnána ve VÚV TGM, v. v. i., v Brně v oddělení Hydroanalytických laboratoří, od roku 2016 působí na pražském pracovišti VÚV TGM, v. v. i., v oddělení Ochrany jakosti vod. Výzkumná činnost je zaměřena na řešení projektů v oblastech týkajících se hodnocení jakosti vod, mikrobiologie a hydrobiologie. V rámci pracovních aktivit se dále věnuje expertní činnosti v Česko-rakouské komisi pro hraniční vody, konzultační a posudkové činnosti a vedení diplomových a disertačních prací. Je autorkou a spoluautorkou řady publikací v mezinárodních i tuzemských odborných časopisech, několika monografií, certifikovaných metodik a specializovaných map. V letech 2013–2016 byla hlavní řešitelkou projektu NAKI Zatopené kulturní a přírodní dědictví jižní Moravy.

Ing. Petra Podešvová

ČVUT v Praze

✉ petra.podesvova@fsv.cvut.cz
www.fsv.cvut.cz



Ing. Petra Podešvová je studentkou doktorského studia oboru Vodní hospodářství a vodní stavby na Fakultě stavební Českého vysokého učení technického v Praze se zaměřením na hydrauliku. Během bakalářského a magisterského studia absolvovala dva zahraniční studijní pobyty ve Velké Británii a ve Spojených státech amerických. Nyní se věnuje problematice proudění mostními objekty a propustky ve snaze propojit výstupy z fyzikálního modelu s výpočetním programem HEC-RAS.

Mgr. David Rozman

VÚV TGM, v. v. i.

✉ david.rozman@vuv.cz
www.vuv.cz



Mgr. David Rozman je zaměstnancem oddělení hydrogeologie ve VÚV TGM, v. v. i., od roku 2012. V roce 2011 ukončil magisterský obor Aplikovaná geologie na Přírodovědecké fakultě Univerzity Karlovy v Praze. V současné době je studentem doktorského studijního programu se zaměřením na umělou infiltraci. Zabývá se modelováním proudění podzemní vody, podílí se na řešení výzkumných projektů, např. Bilance vodních zdrojů ve východní části česko-saského pohraničí a hodnocení možnosti jejich dlouhodobého užívání (ResiBil) a vede hydrologický a hydrogeologický monitoring v širším okolí nového jaderného zdroje elektrárny Dukovany.

Rozhovor s JUDr. Vratislavem Jandou, ředitelem pro korporátní záležitosti společnosti Nestlé pro Českou republiku

Vaše firma Nestlé je jednou z největších potravinářských firem na světě. V České republice zaujímáte vrchol potravinových producentů, který nabízí na našem území přes 60 značek. Jak se taková velká firma vypořádává s produkcí odpadu?

V první řadě se snažíme, aby bylo s naším odpadem nakládáno zodpovědně a v souladu s nejvyššími environmentálními standardy. V principu sledujeme dvě kategorie odpadů a to, odpad, který vzniká při výrobě a dodávkách a odpad, který vzniká z obalů našich výrobků. Jsme hrdí na to, že odpad vznikající při výrobě v našich závodech v Česku a na Slovensku neskládujeme, ale recyklujeme nebo energeticky využíváme. O obalový odpad se staráme formou podpory a rozvoje systémů kolektivního sběru odpadů. Z materiálů, které vstupují do našeho podnikání a končí jako obalový odpad, jsou dnes nejproblematičtější plasty. I proto jsme se zavázali, že do roku 2025 žádný z našich obalů neskončí na skládce a všechny budou recyklovatelné nebo znovupoužitelné.

Plasty jsou v dnešní době velké téma. Produkce plastů stoupla v posledních letech až 20krát. Nestlé se snaží v této oblasti být inovativní. Můžete nám popsat, jak společnost nakládá s plasty a jaké jsou její budoucí plány ve využívání plastů?

Koncem roku 2018 představilo Nestlé svůj plán boje proti plastovému odpadu. Jeho podstatou je, jak jsem již zmínil, postupný přechod na recyklovatelné nebo znovu použitelné obaly. Dále jsme se zavázali v tom samém období snížit o třetinu používání plastů z primární suroviny (tzv. virgin plastů). Přestože jsme odhodláni uplatňovat možnosti recyklace tam, kde je to proveditelné, víme, že 100% recyklovatelnost nestačí k úspěšnému vyřešení problému s plastovým odpadem. Začali jsme proto realizovat více různých řešení, která mohou být přínosná již nyní. Podporujeme výzkum alternativních obalových materiálů, založili jsme vlastní Nestlé institut obalových věd, jako první firma na světě jsme spustili vysokorychlostní balicí linku na balení výrobků do papírových obalů. Některé značky balených vod, které prodáváme v zahraničí, jsou zabalené v lahvích vyrobených z recyklovaného PET. Podporujeme desítky výzkumných institucí a start-upů, které vyvíjejí nové obaly nebo systémy bezobalového prodeje. Nedávno jsme ohlásili investici ve výši 50 mld. Kč do rozvoje trhu s recyklátem, aby z něj mohly vzniknout znovu obaly, které budou vhodné pro balení potravin. V zemích třetího světa pomáháme zakládat systémy sběru dopadu, aby se omezilo znečišťování oceánů. Tímto vším se snažíme vytvářet bezodpadovou budoucnost. A měníme i vlastní chování. Z našich prostor po celém světě zmizely jednorázové plasty a podporujeme dobrovolnické aktivity zaměstnanců zaměřené na odstraňování odpadků z přírody a pobřeží.

Na webových stránkách společnosti lze nalézt několik článků zabývajících se radami ohledně šetření vody v domácnosti apod. Jak se Nestlé snaží hospodařit s vodou při výrobě a mají zaměstnanci stejné ambice jako společnost?

Hlásíme se k deklaraci OSN, že voda je základním lidským právem a snažíme se přispět k tomu, abychom jí při výrobě našich produktů použili co nejméně. Od roku 2010 se nám v našich závodech v Česku a na Slovensku podařilo snížit



spotřebu vody o 46 % na 2,47 m³ na tunu produkce. Nejvýznamněji k tomu přispělo nahrazení průběžných systémů chlazení oběhovými, zavedení přesnějších systémů měření spotřeby vody s cílem snadněji identifikovat úniky a odchylky a také nahrazení některých vodou chlazených strojů novými technologiemi, které jsou chlazené jiným způsobem. Máme také rozpracované projekty zadržování a využití dešťové vody.

Zaměstnance v pravidelných cyklech vzděláváme. Snažíme se je k tomu vést a motivovat a dávat praktické tipy a návody, jak vodou šetřit. Kromě toho, že je to ekologické, je to zároveň i ekonomické. Na to, do jaké míry se nakonec

naše rady realizují v domácnostech našich zaměstnanců však už nemáme vliv. Víme, že mezi našimi zaměstnanci máme ekologické nadšence, kteří inspirují ostatní a zároveň je do jisté míry umí i strhnout správným směrem. Stávají se často přirozenými spolupracovníky v komunikaci a ambasadory těchto myšlenek. Netýká se to samozřejmě jen vody ale i jiných aspektů šetrného přístupu k životnímu prostředí, například odpadů.

Problematika sucha se řeší po celém světě. Lze říci, že iniciativa Nestlé ČR a SR chytrého hospodaření s vodou vychází z konceptu celé společnosti?

Voda je jedním z hlavních pilířů společenské odpovědnosti Nestlé po celém světě. V Česku a na Slovensku jsme začali realizovat programy šetrného hospodaření s vodou mnohem dříve, než začala veřejná diskuse o suchu a nedostatku srážek v tomto regionu, jak tomu můžeme být svědky právě v posledních měsících. Je nám jasné, že voda je vzácný zdroj a její dostupnost může být omezena. Dlouhodobě spolupracujeme s Nadací Partnerství v ČR a Nadáciou Ekopolis v SR na propagaci tohoto tématu a snažíme se společně vyzdvihovat projekty, které mohou být dobrým příkladem a inspirací veřejnosti, firmám, jednotlivcům, ale také obcím, městům a státům.

Vaše společnost v roce 2012 vytvořila projekt „Dnes šetříme vodu pro budoucnost“ v rámci Nadace Partnerství. Plánuje Nestlé vytvořit či podpořit podobné projekty?

S Nadací Partnerství spolupracujeme dodnes. Projekt se postupem času rozvíjel a měnil. Dlouhá léta bylo hlavním cílem podpořit správné hospodaření s vodou v krajině, jinými slovy navrhnout opatření k zadržování vody, předcházení povodním nebo úpravu povodí. Projekt měl formu soutěže, do které nejprve města a obce přihlášily aktuální a reálné zadání týkající se vody, které potřebovaly vyřešit. Ty se následně předaly vysokým školám a studentům vodohospodářům s cílem navrhnout technické řešení k odstranění problému. Ve finále byly nejlepší projekty finančně odměněny cenou Nestlé a projektové návrhy předány obcím, které je mohly využít k řešení svých problémů s vodou. Od minulého roku se koncept projektu rozšířil a zaměřil se na předcházení klimatickým změnám. Dnes se jmenuje Adapterra Awards a spolu s Nadací Partnerství dále oceňujeme inovativní řešení, včetně projektů zaměřených na ochranu vody v krajině a šetrné hospodaření na zemědělské půdě, zmírňující dopady klimatických změn v Česku.

Jaké jsou cíle Nestlé do budoucna v oblasti ekologické udržitelnosti a určité společenské odpovědnosti?

Hlavním cílem je minimalizovat ekologickou stopu našeho podnikání. Už dnes realizujeme konkrétní opatření pro splnění tohoto cíle. Kromě snižování spotřeby vody, snižujeme také spotřebu energií. Před dvěma lety jsme začali nakupovat zelenou elektřinu, takže veškerá elektřina, kterou spotřebováváme v našich závodech v Česku a na Slovensku, pochází z obnovitelných zdrojů. Přihlásili jsme se k závazku nulových čistých emisí CO₂. Už samotný přechod na zelenou elektřinu měl výrazný vliv na snížení naší uhlíkové stopy, ale chceme jít ještě dál. Investujeme do vývoje bezmasých potravin, založených na bázi rostlinných proteinů, což považujeme za velmi perspektivní oblast a málokdo ví, že jediným závodem v Evropě, kde Nestlé vyrábí takové produkty, je právě náš závod v Krupce. Máme účinné programy k odstranění odlesňování v našem dodavatelském řetězci. Minulý rok jsme zvýšili podíl dodávek z neodlesněných území na úroveň 77 % a na konci roku se chceme přiblížit k 90 %. Ve spolupráci s farmáři hledáme nové postupy při pěstování a péči o půdu, aby se chránila její bonita a dokázala absorbovat více oxidu uhličitého. No a nesmím zapomenout na boj proti plastovému odpadu a již zmíněnou iniciativu na změnu našich obalů. V tom je Nestlé velmi aktivní a podporuje široké spektrum aktivit a mnoho spolupracujících institucí.

Redakce

Otevřený přístup k výsledkům výzkumu z pohledu managementu výzkumné organizace

ÚVOD

Vláda České republiky schválila usnesením č. 289 ze dne 29. dubna 2019 Akční plán pro implementaci Národní strategie otevřeného přístupu České republiky k vědeckým informacím [1]. Tento dokument naplňuje již dříve přijatou Národní strategii otevřeného přístupu ČR k vědeckým informacím na léta 2017–2020 [2] a ukládá 11 úkolů, které je třeba naplnit k zajištění doporučení Evropské komise ze dne 25. dubna 2018 o přístupu a uchování vědeckých informací [3], tj. zpřístupnit do roku 2020 100 % vědeckých publikací financovaných z národních veřejných prostředků elektronickou cestou. Na základě tohoto Akčního plánu je třeba „bez zbytečného prodlení“ zajistit splnění minimálních požadavků na otevřený přístup k vědeckým informacím od 1. července 2020:

- A. bez ohledu na způsob zveřejnění (odborný časopis, digitální infrastruktura, multimediální kanály nebo jakékoli nové a experimentální metody vědecké komunikace) bude otevřený přístup k publikacím, které jsou výsledkem výzkumu financovaného z veřejných zdrojů, zajištěn co nejdříve, pokud možno již v okamžiku zveřejnění, vždy však nejpozději do šesti měsíců od data zveřejnění (v případě společenských a humanitních věd do dvanácti měsíců);
- B. uložení strojově čitelné kopie autorského rukopisu přijatého k publikování po recenzním řízení (zvaného též postprint), nebo vydavatelské verze článku do oborového nebo institucionálního repozitáře a podle licenčních podmínek vydavatele zajistit otevřený přístup k plnému textu.

Pod publikací se rozumí veškeré výsledky evidované v IS VaVal, zejména typu J (článek v recenzovaném časopise) a D (příspěvek na konferenci). Akční plán sice explicitně nezmiňuje výsledky typu B (kniha) či C (kapitola v knize), ale lze předpokládat, že i tyto jsou považovány za publikační výsledky evidované v IS VaVal. V následujícím textu bude obvykle hovořeno o článku v časopise, ale prakticky jsou tím myšleny všechny publikační výsledky (J, D, B i C), i když se v drobnostech mohou uváděné informace pro každý typ výsledku odlišovat.

Akční plán je časově limitován do konce roku 2020, přičemž další kroky v této oblasti mají být již součástí Národní politiky VaVal 2021+ včetně postupu k případnému zpřístupnění výzkumných dat [1]. Mezi další kroky lze zahrnout zajištění otevřeného přístupu k vědeckým datům pořízeným/získaným za veřejné prostředky, což přímo Akční plán zmiňuje. Návrh Národní politiky VaVal 2021+ schválený Radou vlády pro vědu, výzkum a inovace na 355. zasedání v březnu 2020 [4] a předložený do meziresortního připomínkového řízení však otázku zajištění otevřeného přístupu pojímá velmi obecně a ani nenaznačuje, s jakým vývojem mohou či mají výzkumné organizace při plánování dalších kroků počítat.

Cílem otevřeného přístupu je poskytnout výzkumným pracovníkům i široké veřejnosti bezplatně, otevřeně a bez diskriminace přístup k recenzovaným vědeckým publikacím, údajům z výzkumu i ostatním výstupům výzkumu v co nejranější fázi jejich šíření a umožnit používání a opakované využívání výsledků vědeckého výzkumu. Předpokládá se, že otevřený přístup k výsledkům výzkumu pomáhá zvyšovat kvalitu výzkumu, snižuje potřebu zbytečného zdvojení výzkumu, urychluje vědecký pokrok, pomáhá v boji proti podvodům v oblasti vědy a může celkově podpořit hospodářský růst a inovace [3]. Publikování výsledků výzkumu otevřenou cestou má přínos i pro samotné autory publikací. Podle existujících studií jsou publikace s otevřeným přístupem častěji citovány a mají vyšší počet stažení, než publikace s placeným přístupem [5].

Před vedením každé výzkumné organizace, bez ohledu na to, zda jde o resortní instituci, jako je VÚV TGM, v. v. i., či ČHMÚ, vysokou školu, pracoviště Akademie věd nebo jiný typ výzkumné organizace, stojí několik úkolů a harmonizace někdy až protichůdných požadavků.

ZAJIŠTĚNÍ OTEVŘENÉHO PŘÍSTUPU K PUBLIKACÍM

Na první pohled nejsnadnějším požadavkem je zajištění otevřeného přístupu k publikacím. Většina časopisů již dnes umožňuje nějakou formu otevřeného přístupu tzv. Open Access. Obecně se rozlišují dva přístupy:

- Zelená cesta Open Access představuje případ, kdy vydavatel umožňuje přístup k článku na svých stránkách pouze na základě předplatného či na základě jiné formy, která nenaplnuje znaky otevřeného přístupu. Zároveň však dává autorům právo zveřejnit nějakou formu svého rukopisu v otevřeném repozitáři např. institucionálním apod. Obvykle po uplynutí tzv. embargo period.
- Zlatá cesta Open Access představuje situaci, kdy vydavatel zveřejňuje plné texty k článkům na svých stránkách bez jakýchkoliv finančních nároků na čtenáře. Některé časopisy jsou čistě s otevřeným přístupem, jiné mohou nabízet otevřený přístup pouze k vybraným článkům (takové časopisy se označují jako hybridní).

Problémem ovšem je, že celý redakční proces je časově poměrně náročný a vydavatelé musí hradit náklady spojené s vydáváním časopisu (mzdy editorů, korektorů a dalších pracovníků, náklady na provoz, tiskárnu atd.). A protože vydavatelé nemají v případě Open Access článků příjmy z prodeje přístupu k článkům, hledají jiné obchodní modely. Nejčastějším modelem je přenesení nákladů na autory formou zaplacení tzv. APC – Article Processing Charge. Jiným modelem, označovaným také jako Diamantová cesta Open Access [6], nebo jako zvláštní forma Zlaté cesty či Platinová cesta je financování časopisu jinou formou. Autor tedy neplatí žádné poplatky za vydání článku a i čtenář má neomezený přístup k článku. Obvykle jde o časopisy vydávané výzkumnými organizacemi, které hradí náklady nebo časopisy financované z grantů [7], případně elektronické časopisy založené na práci dobrovolníků [8]. Na rozdíl od časopisů pro širokou veřejnost není u vědeckých časopisů obvyklé financování z příjmů z reklamy. Jednou z modifikací výše uvedených modelů financování časopisu je model dobrovolných plateb nebo plateb „co si mohu dovolit“ [9]. Český časopis Chemické listy aplikuje poplatek v případě financování článku z grantu [10]. Studie článků s otevřeným přístupem [11] ukázala, že nejrozšířenějším „modelem“ je situace, kdy jsou články k dispozici čtenářům zdarma, ale není explicitně uvedena licence jejich užití.

Pro vedení každé výzkumné organizace se tedy zdá jako nejvýhodnější k naplnění požadavků Akčního plánu [1] publikovat výsledky výzkumu svých týmů v časopisech aplikujících Diamantovou cestu, protože nemusí hradit náklady APC, ani nemusí zajistit zpřístupnění výsledků výzkumu „vlastními silami“ (bližší viz část o institucionálních repozitářích). V oblasti vodního hospodářství existuje několik časopisů, které fungují na principu Diamantové cesty Open Access. Jedním z nich je právě časopis VTEI vydávaný VÚV TGM. Kupodivu ostatní vodohospodářské časopisy vydávané v České republice jako Vodní hospodářství a SOVAK nelze řadit mezi Open Access časopisy splňující požadavky definované Akčním plánem [1], protože on-line zpřístupňují (situace

v 1. polovině roku 2020) jen vybrané články nebo v případě časopisu Vodní hospodářství jsou PDF verze všech článků k dispozici v archivu časopisu až na konci roku, takže není naplněn požadavek na přístupnost maximálně šest měsíců po zveřejnění.

Z časopisů indexovaných v databázích Web of Science nebo Scopus lze skupiny Diamantové cesty Open Access zařadit například brazilský časopis Journal of Urban and Environmental Engineering [12], korejský Environmental Engineering Research [13] či čínský Sustainable Environment Research [14] a japonský Journal of Water and Environment Technology [15]. V oblasti příbuzných oborů lze indexované časopisy nalézt i v České republice, např. Acta Polytechnica [16] a Civil Engineering Journal [17] vydávané ČVUT v Praze, Acta Universitatis Carolinae Geographica [18].

Z časopisů, které také publikují příspěvky z vodního hospodářství a příbuzných oborů lze jmenovat elektronický časopis Entecho (<https://www.entecho.cz>) vydávaný VŠCHT.

Ačkoliv se zdá publikování v časopisech aplikujících Diamantovou cestu Open Access jako ekonomicky nejvýhodnější, nemusí tomu tak být. Každá výzkumná organizace prochází hodnocením podle Metodiky 17+ [19]. Na úrovni Rady vlády pro vědu, výzkum a inovace, a obvykle i na úrovni poskytovatelů institucionální podpory na rozvoj výzkumné organizace, dochází k hodnocení bibliometrizovatelných výsledků, do kterého jsou zahrnuty pouze publikace zahrnuté do časopisů indexovaných v komerčních databázích Web of Science a Scopus. Ačkoliv jsou bibliometrizovatelné výsledky pouze jednou z částí, které jsou podle Metodiky 17+ hodnoceny, představují relativně snadno zpracovatelnou část celého hodnocení. Každý časopis je totiž zařazen do kvartilu v rámci svého oboru. „Bonusové“ jsou hodnoceny časopisy spadající do 1. decilu tj. mezi prvních 10 % časopisů v daném oboru. Rada vlády pro vědu, výzkum a inovace pravidelně 2x ročně pořádá tzv. konference k Metodice 17+, na kterých představuje aktuální pokrok v implementaci metodiky. Je s podivem, jak někteří představitelé hodnotících panelů z akademické sféry, až dehonestují publikace, které nejsou v časopisech zařazených do 1. kvartilu. Logicky tak dochází k tlaku na publikování v co nejprestižnějších časopisech (zařazených v 1. decilu případně v 1. kvartilu).

Publikování v prestižních časopisech v režimu Open Access je drahé, protože vydávání vědeckého časopisu je business jako každý jiný a „za kvalitu“ se platí. Zatímco dříve náklady platili čtenáři v rámci předplatného, s rozvojem otevřeného přístupu se tyto platby převádí na jiné subjekty. Nejjednodušší obchodní model pro vydavatele je model založený na APC. Při tomto modelu nenese vydavatel vlastně skoro žádné podnikatelské riziko, výnosy včetně zisku dostane zaplacené obvykle ještě před vydáním článku, tj. v době, kdy měl jen minimální výdaje, protože většina činností redakčního procesu je zautomatizovaná a práce recenzentů obvykle „dobrovolná“. Analytici odhadují, že zisky vydavatelů činí 20 až 30 % [20]. Výše APC např. u nakladatelství Elsevier se pohybuje od 150 do 6 000 USD plus DPH [21]. Jiná komerční vydavatelství jsou na tom s cenami podobně a obvykle se APC u komerčních vydavatelství pohybuje mezi 1 000 a 4 000 USD.

Ačkoliv jsou náklady na APC uvažovatelnými náklady projektů VaVal, občas s nimi při návrhu projektu není počítáno, zvláště u projektů zahajovaných před přijetím Akčního plánu. Mnohdy jsou též publikace finalizovány až v rámci implementačního plánu výsledků a nejde je tedy už zahrnout do nákladů ukončeného projektu. Výzkumná instituce tak musí vyčlenit prostředky na APC z vlastních zdrojů, pokud chce zajistit vydávání publikací s otevřeným přístupem v souladu s Akčním plánem. Samotný akční plán odhadl celkové náklady na APC v České republice na 466 mil. Kč v roce 2018. Lze předpokládat, že to je spíše spodní hranice, protože ne všechny výzkumné organizace jsou zapojeny do projektu CzechELib, ze kterého tento odhad vychází. Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, v. v. i., publikoval v uplynulých letech 15 až 20 publikací indexovaných v databázích Web of Science nebo Scopus ročně, poplatky na APC by se tak mohly vyšplhat až na 2,5 mil. Kč, což je více jak 1 % rozpočtu VÚV TGM.

Pokud by management výzkumné organizace nevyčlenil prostředky na APC, resp. upřednostňoval vydávání článků v časopisech s nižším APC, může se to negativně projevit na hodnocení výzkumné organizace podle Metodiky 17+ a na výši institucionálních prostředků na rozvoj výzkumné organizace.

OCHRANA PŘED PREDÁTORSKÝMI ČASOPISY

Potenciálním rizikem, které musí výzkumná organizace řešit na systémové úrovni, je ochrana před praktikami predátorských časopisů [22]. Mladí a méně zkušení vědečtí pracovníci mohou podlehnout klamavým praktikám těchto časopisů ohledně jejich indexování v citačních databázích a o impakt faktoru. Cílem predátorského časopisu je levně produkovat články a vydělávat na APC. S tím se pojí zejména nízká kvalita redakční práce a recenzního řízení, která byla mnohokrát dokumentována jak v cizině, tak v České republice [22, 23].

V České republice již není rozdělování institucionálních prostředků na rozvoj výzkumné instituce založeno na tzv. kafemlejnku, což byla předchozí metodika hodnocení výzkumu uplatňovaná v České republice [24]. Tím se výrazně omezilo „pole působnosti“ predátorských časopisů v České republice, neboť ty se jen stěží dostanou do 1. kvartilu, a motivace českých vědců publikovat v těchto časopisech je tak nízká [25]. Zavedení požadavku na otevřený přístup všech publikací spolu s obecným tlakem na publikování („publish or perish“) však opět mírně zvyšuje riziko úspěšnosti predátorských vydavatelů. Ne každý výsledek vědecké práce je natolik inovativní, aby mělo smysl se snažit jej publikovat v nejprestižnějších časopisech. Proč tedy mrhat omezenými prostředky na APC v „drahých“ časopisech a nezvolit nějaký méně etablovaný časopis s výrazně nižšími náklady na APC? Bohužel volba „špatného“ časopisu může poškodit dobrou pověst autora i instituce a vynaložené prostředky na APC pak mohou chybět pro publikování v kvalitnějších časopisech. Obdobně jako existují predátorské časopisy, existují i tzv. predátorské praktiky při pořádání konferencí.

Vědečtí pracovníci však z různých důvodů někdy nedokáží rozpoznat znaky predátorského chování. Před odesláním rukopisu do časopisu nebo konference je vždy vhodné ověřit, zda časopis je skutečně indexován v databázi Scopus či Web of Science. Obdobně je vhodné u konferenčních sborníků provést kontrolu, že sborníky z minulých ročníků byly indexovány, nebo že články byly skutečně vydány ve speciálních číslech indexovaných časopisů. V případě, že tomu tak není, je vhodné provést bližší prověření, případně požádat o pomoc pracovníka knihovny, který by měl být schopen predátorské praktiky rozeznat.

ROZVOJ INSTITUCIONÁLNÍHO DIGITÁLNÍHO REPOZITÁŘE

Budování institucionálního digitálního repozitáře je samostatnou úlohou. Nepochybně každá výzkumná instituce si nějaký digitální repozitář provozuje. Podle znění současného Akčního plánu [1] plně postačuje, pokud repozitář umožňuje otevřený přístup k plným textům ve verzi „postprint“. Ovšem i zde existují rizika, které si musí vedení a zaměstnanci výzkumné instituce uvědomovat.

Prvním rizikem jsou ustanovení licenčních smluv, které autoři uzavírají s vydavatelem časopisu. Aniž by si to autoři mnohdy uvědomili, tak jim licenční podmínky nemusí umožnit zveřejnění výsledného díla v repozitáři či na odborných sociálních sítích typu ResearchGate a Academia, i když je článek veřejně dostupný formou zlaté cesty. Jiná vydavatelství zase naopak přímo vybízejí autory svých článků, aby články na specializovaných sociálních sítích propagovali. Vyznat se v chaosu licenčních podmínek tak není úplně nejjednodušší, i když zmíněná forma jejich porušování je obvykle ze strany vydavatelství přehlížena či tolerována [26].

V březnu letošního roku byla Radou vlády pro vědu, výzkum a inovace schválena Národní politika VaVal 2021+ a zaslána do meziresortního připomínkovacího řízení. Jak je uvedeno v Akčním plánu, tak tento strategický dokument bude zahrnovat i požadavky na další rozvoj otevřeného přístupu. Bohužel verze schválená Radou vlády pro vědu, výzkum a inovace [4] neobsahuje žádné podrobnější specifikace, jaké jsou plánovány požadavky na digitální repozitáře. Lze tak stěží předjímat, jaké funkcionality budou muset institucionální repozitáře plnit.

ZPŘÍSTUPNĚNÍ VĚDECKÝCH DAT

Pozitivní efekty otevřených dat jsou v literatuře mnohokrát zmiňovány [27, 28]. Ovšem i zde existují různé překážky [29] a různé země k zajištění otevřených dat přijímají rozdílné strategie. Při návrzích projektů VaVal se před každým řešitelem otevírá otázka, kolik finančních prostředků má na nákup dat plánovat. Naopak vedení výzkumné instituce řeší opačnou otázku, tj. zda má v rozpočtu uvažovat s příjmy za poskytování dat (často pořízenými v rámci výzkumných projektů jako „nadvstavba“ nad daty od soukromých subjektů), či naopak s náklady na jejich udržování a zpřístupnění. Dnes již je obvyklé, že existují veřejné repozitáře otevřených vědeckých dat, kam lze data nahrát. Jedním z nich je např. Zenodo, jehož vznik byl podpořen Evropskou komisí či soukromé repozitáře jako Mendeley Data apod. V České republice však současný Akční plán [1] ani připravený návrh Národní politiky VaVal 2021+ [4] žádné konkrétní cíle či opatření nenavrhují a obsahují pouze obecné proklamace. Chybějící národní strategie v otázce zpřístupňování vědeckých dat tak komplikuje jakékoliv rozhodnutí vedení výzkumné organizace. Budování vlastního datového skladu sice umožňuje mít data „stále pod kontrolou“, na druhou stranu vyžaduje řešení zabezpečení přístupu k datům a bezpečnosti dat. Použitím veřejného repozitáře jako je Zenodo odpadají prakticky veškeré náklady a i starosti a postačí nastavit vnitřní procesy ve výzkumné organizaci tak, aby data určená ke sdílení byla nahrána na tento repozitář. Na druhou stranu vnitřní procesy musí být nastaveny velmi pečlivě, aby nedošlo ke zpřístupnění dat, u kterých to licenční podmínky či jiné důvody nedovolují. Rozhodování komplikuje i nejistá strategie České republiky v této otázce a neznámé budoucí požadavky ze strany poskytovatelů na zpřístupnění dat pořízených za veřejné prostředky.

ZÁVĚR

Otevřený přístup k výsledkům výzkumu představuje příležitost k další akceleraci výzkumných aktivit a šíření výsledků výzkumu mezi odbornou a nakonec i laickou veřejnost. Zároveň však klade před vedení každé výzkumné organizace několik otázek. První z nich je, zda přínosy (např. v podobě úspor za nákup dat a publikací) převáží náklady s otevřeným přístupem spojené. Druhou pak je otázka technického a organizačního zajištění. V současnosti jsme na určitém rozcestníku a každá organizace si musí zvolit cestu, kterou půjde při zajištění otevřeného přístupu k výsledkům svého výzkumu. Mírnou komplikací je zatím nejasné postavení otevřeného přístupu ve strategických dokumentech VaVal po roce 2020 a chybějící jasné cíle ze strany státu i požadavků ze strany poskytovatelů podpor.

Autor

Ing. Libor Ansorge, Ph.D.

✉ libor.ansorge@vuv.cz

ORCID: 0000-0003-3963-8290

Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, v. v. i.

Literatura

- [1] Vláda ČR. *Akční plán pro implementaci Národní strategie otevřeného přístupu České republiky k vědeckým informacím* [online]. Praha: Úřad vlády České republiky. 2019. Dostupné z: <https://www.vyzkum.cz/FrontAktualita.aspx?aktualita=873204>
- [2] Vláda ČR. *Národní strategie otevřeného přístupu ČR k vědeckým informacím na léta 2017-2020*. Praha: Úřad vlády České republiky. 2017. Schválena usnesením vlády ze dne 14. června 2017 č. 444. Základní směr k naplňování otevření vědy v ČR. Uloženo zpracovat akční plán k implementaci Národní strategie.
- [3] EK. *Doporučení Komise (EU) 2018/790 ze dne 25. dubna 2018 o přístupu k vědeckým informacím a jejich uchovávání* [online]. 32018H0790. Brusel: Evropská komise. 2018. Dostupné z: <https://eur-lex.europa.eu/eli/reco/2018/790/oj/cze?locale=cs>
- [4] RVVI. *Usnesení k jednotlivým bodům 355. hlasování per rollam Rady pro výzkum, vývoj a inovace dne 27.–31. března 2020. Výzkum a vývoj v ČR* [online]. 2020 [vid. 19. duben 2020]. Dostupné z: <https://www.vyzkum.cz/FrontClanek.aspx?idsekce=891617>
- [5] SOTUDEH, H. and ESTAKHR, Z. Sustainability of open access citation advantage: the case of Elsevier's author-pays hybrid open access journals. *Scientometrics* [online]. 2018, Vol. 115, No. 1, p. 563–576. ISSN 1588-2861. Dostupné z: doi:10.1007/s11192-018-2663-4
- [6] NORMAND, S. Is Diamond Open Access the Future of Open Access? *The iJournal: Graduate Student Journal of the Faculty of Information* [online]. 2018, Vol. 3, No. 2 [vid. 4. duben 2020]. ISSN 2561-7397. Dostupné z: <https://theijournal.ca/index.php/ijournal/article/view/29482>
- [7] WATSON, R. Gold, Green, or Diamond: Which is Best? *Nurse Author & Editor*. 2018, Vol. 28, No. 2, p. 6.
- [8] HOORN, E. Diamond open access and open peer review: An analysis of the role of copyright and librarians in the support of a shift towards open access in the legal domain. *European Journal of Current Legal Issues* [online]. 2014, Vol. 20, No. 1 [vid. 4. duben 2020]. ISSN 2059-0881. Dostupné z: <http://webjcli.org/article/view/302>
- [9] FOXALL, K. and NAILOR, A. Sustainability in open access publishing: The eCancer case study. *Learned Publishing* [online]. 2016, Vol. 29, No. 2, p. 113–117. ISSN 1741-4857. Dostupné z: doi:10.1002/leap.1023
- [10] Chemické Listy. *Informace pro autory* [online]. [vid. 19. duben 2020]. Dostupné z: http://www.chemicke-listy.cz/ojs3/index.php/chemicke-listy/information/authors#publikacni_poplatky
- [11] PIWOWAR, H., PRIEM, J., LARIVIÈRE, V., ALPERIN, J.P., MATTHIAS, L., NORLANDER, B., FARLEY, A., WEST, J., and HAUSTEIN, S. The state of OA: a large-scale analysis of the prevalence and impact of Open Access articles. *PeerJ* [online]. 2018, Vol. 6, p. e4375. ISSN 2167-8359. Dostupné z: doi:10.7717/peerj.4375
- [12] Journal of Urban and Environmental Engineering. *Submissions* [online]. [vid. 19. duben 2020]. Dostupné z: <https://periodicos.ufpb.br/index.php/juee/about/submissions>
- [13] Environmental Engineering Research. *Instructions for authors* [online]. [vid. 19. duben 2020]. Dostupné z: <http://eeer.org/authors/authors.php>
- [14] Sustainable Environment Research. *About. Sustainable Environment Research* [online]. [vid. 19. duben 2020]. Dostupné z: <https://sustainenvironres.biomedcentral.com/about>
- [15] Journal of Water and Environment Technology. *JWET: Instructions to authors* [online]. [vid. 19. duben 2020]. Dostupné z: <http://www.jswe.or.jp/eng/publications/instructions/index.html>
- [16] ČVUT. *Submissions. Acta Polytechnica* [online]. [vid. 19. duben 2020]. Dostupné z: <https://ojs.cvut.cz/ojs/index.php/ap/about/submissions#authorGuidelines>
- [17] ČVUT. *For authors. Civil Engineering Journal* [online]. [vid. 19. duben 2020]. Dostupné z: http://www.civilengineeringjournal.cz/for_authors/for_authors.html
- [18] UK. *About the Journal | AUC Geographica* [online]. [vid. 20. duben 2020]. Dostupné z: <http://aucgeographica.cz/index.php/aucg/about>
- [19] RVVI. *Metodika hodnocení výzkumných organizací a hodnocení programů účelové podpory výzkumu, vývoje a inovací* [online]. Č. j.: 21805/2016-OMP. Praha: Úřad vlády ČR. 2017. Dostupné z: <https://www.vyzkum.cz/FrontClanek.aspx?idsekce=799796>
- [20] VAN NOORDEN, R. Open access: The true cost of science publishing. *Nature News* [online]. 2013, Vol. 495, No. 7442, p. 426. Dostupné z: doi:10.1038/495426a

- [21] Elsevier. *Pricing* [online]. [vid. 4. duben 2020]. Dostupné z: <https://www.elsevier.com/about/policies/pricing>
- [22] KRATOCHVÍL, J. a PLCH, L. Predátorské časopisy: praktiky jejich vydavatelů a jak se jim bránit. *Vnitřní lékařství*. 2017, roč. 63, č. 1, s. 5–13.
- [23] SMUTNÝ, Z. a ŘEZNÍČEK, V. Predátorští vydavatelé s otevřeným přístupem k obsahu a další nebezpečí pro současnou vědeckou komunitu. *Acta Informatica Pragensia* [online]. 2015, roč. 4, č. 2, s. 182–200. ISSN 18054951, 18054951. Dostupné z: doi:10.18267/j.aip.69
- [24] RVVI. *Hodnocení výsledků výzkumných organizací a hodnocení výsledků ukončených programů (platná pro léta 2013 až 2016)* [online]. Praha: Úřad vlády ČR. 2013. Dostupné z: <https://www.vyzkum.cz/FrontClanek.aspx?idsekce=685899>
- [25] KNECHT, P. O strašáku excelentního publikování a predátorských časopisech. *Universitas - revue Masarykovy univerzity* [online]. 2014, roč. 47, č. 3 [vid. 4. duben 2020]. ISSN 1212-8139. Dostupné z: <https://journals.muni.cz/universitas/article/view/2681>
- [26] SMUTNÝ, Z. Predátorské časopisy, pirátství a nové modely publikování odborných článků. *Acta Informatica Pragensia* [online]. 2016, roč. 5, č. 1, s. 82–91. ISSN 18054951, 18054951. Dostupné z: doi:10.18267/j.aip.87
- [27] JANSSEN, M., CHARALABIDIS, Y. and ZUIDERWIJK, A. Benefits, Adoption Barriers and Myths of Open Data and Open Government. *Information Systems Management* [online]. 2012, Vol. 29, No. 4, p. 258–268. ISSN 1058-0530. Dostupné z: doi:10.1080/10580530.2012.716740
- [28] MOLLOY, J.C. The Open Knowledge Foundation: Open Data Means Better Science. *PLoS Biology* [online]. 2011, Vol. 9, No. 12 [vid. 20. duben 2020]. ISSN 1544-9173. Dostupné z: doi:10.1371/journal.pbio.1001195
- [29] ZUIDERWIJK, A., JANSSEN, M., CHOENNI, S., MEIJER, R. and ALIBAKS, R.S. Socio-technical Impediments of Open Data. *The Electronic Journal of e-Government*. 2012, Vol. 10, No. 2, p. 17. ISSN 1479-439X.

Program prostředí pro život a projekty řešené ve VÚV TGM

Ochrana životního prostředí je jednou z významných celospolečenských potřeb. Pro její naplnění je nezbytný i příslušně orientovaný aplikovaný výzkum. Do roku 2013 mělo Ministerstvo životního prostředí svůj „Resortní program výzkumu v působnosti Ministerstva životního prostředí ČR na léta 2007–2013“. V souvislosti se schválenou Reformou systému výzkumu, vývoje a inovací v České republice přestalo Ministerstvo životního prostředí být poskytovatelem podpor na výzkum. Neznamená to, že by aplikovaný výzkum v oblasti životního prostředí nebyl v České republice dále podporován, ale po skončení tohoto programu nebyl v České republice specializovaný program zaměřený na otázky životního prostředí a výzkum v této oblasti byl součástí jinak cílených programů. Až v březnu 2019 schválila vláda nový program Ministerstva životního prostředí na podporu aplikovaného výzkumu, experimentálního vývoje a inovací v oblasti životního prostředí s názvem „Prostředí pro život“. Administrátorem programu je Technologická agentura České republiky a první veřejná soutěž byla vyhlášena už 12. června 2019. O tom, že podobně cílený program v České republice chyběl, svědčí nebyvalý zájem žadatelů. Do první veřejné soutěže bylo přihlášeno 328 návrhů projektů, z nichž k dalšímu hodnocení postoupilo 292 návrhů. Z tohoto množství nebylo doporučeno k podpoře 64 návrhů. Bohužel finanční prostředky alokované na první veřejnou soutěž neumožnily podpořit všechny kvalitní projekty, které byly doporučeny k podpoře a TAČR zveřejnil seznam 25 „vítězných“ projektů. Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, v. v. i., patřil v této veřejné soutěži mezi úspěšné žadatele a v roce 2020 je tak možno zahájit řešení šesti projektů s podporou z programu Prostředí pro život.

Projekt SS01010248 Studie vnosu pesticidů a dalších mikropolutantů do vodárenských nádrží v povodí Moravy a Dyje řeší VÚV TGM jako jediný řešitel. Hlavním cílem projektu je posoudit časoprostorovou dynamiku vnosu vybraných pesticidů a dalších polárních i nepolárních mikropolutantů do pěti vodárenských nádrží v povodí Moravy a Dyje. Předmětem ověření budou polární organické látky (polární pesticidy, vybraná farmaka, endokrinní disruptory) a nepolární látky (polyaromáty, organochlorové pesticidy, polychlorované bifenylly). Screening bude realizován převážně použitím technik pasivního vzorkování vod, které umožňují podchycení i náhodného znečištění a zvyšují (proti konvenčnímu vzorkování) detekovatelnost nízkých koncentrací mikropolutantů. Každá z nádrží bude takto monitorována během jedné celé vegetační sezony (osm měsíců) s 30denní expozicí sad pasivních vzorkovačů v každé vzorkovací kampani na vytipovaných přítocích do nádrže. Ve spolupráci s Povodím Moravy, s. p., byly vybrány nejvýznamnější vodárenské nádrže a dále ty, kde na základě současných znalostí správce povodí přetrvávají lokální problémy zdrojů znečištění. Nejvýznamnější jsou VN Vír I a VN Mohelno, dále pak menší VN Hubenov, VN Opatovice a VN Ludkovice (poslední dvě jmenované se nacházejí v povodí řeky Moravy, ostatní v povodí řeky Dyje). Pokud to bude umožněno, bude pasivní vzorkování mikropolutantů realizováno i na nátoky surové vody do úpraven vody uvedených nádrží. V menším rozsahu bude ověřena kvalita vypouštěných odpadních vod z vybraných zdrojů komunálního a průmyslového znečištění s ohledem na zájmové polutanty a v případě VN Vír I i významné přítoky Svratky. Výsledky chemických analýz GC, LC-MS/MS a LC-Q-TOF-MS budou vyhodnoceny ve spojitosti s hydrologickými a klimatologickými daty shromažďovanými během vzorkování nepřetržitě v denním kroku. Součástí řešení projektu je i necílená organická stopová analýza extraktů membrán pasivních vzorkovačů hlavních přítoků do nádrží a ověření genotoxicity izolátů. V roce 2020 budou realizovány přípravné práce nezbytné pro zahájení pasivního monitoringu a laboratorních analýz plánovaných na období 2021–2022. Na základě znalosti místních podmínek bude v terénu ve spolupráci se správcem Povodím

Moravy, s. p., proveden výběr lokalit vhodných pro osazení pasivních vzorkovačů a provedena rešerše dostupných dat ze zájmových lokalit. Proběhnou jednání na úpravných vod. Následně bude zpracován vzorkovací plán a plán analýz pro následující rok.

Projekt SS01010231 Dopady atmosférické depozice na vodní prostředí se zohledněním klimatických podmínek řeší VÚV TGM ve spolupráci s Českým hydrometeorologickým ústavem a Výzkumným ústavem Silva Taroucy pro krajinu a okrasné zahradnictví, v. v. i. Cílem projektu je přispět k podrobnějšímu pochopení vztahu mezi atmosférickou depozicí, znečištěním vod a dalších složek životního prostředí pro rizikové látky, zejména vybrané těžké kovy a polycyklické aromatické uhlovodíky (PAU). Pro správné zacílení opatření na dosažení dobrého stavu vod je potřeba odlišit zatížení vodního prostředí znečišťujícími látkami z ovzduší a z jiných zdrojů, odlišit aktuální vstupy z ovzduší od zatížení, které pochází ze znečištění ovzduší v minulosti, ale je dosud depónováno v jiných složkách životního prostředí a postupně se uvolňuje, a rozlišit, které druhy případně vzorce využití území vedou k výraznějšímu zatížení vodního prostředí a jak se projevuje vliv klimatu. Práce v roce 2020 jsou zaměřeny na vyhodnocení dostupných údajů o stavu povrchových a podzemních vod podle vybraných ukazatelů (benzo(a)pyren a vybrané kovy – zejména Cd, As, Hg, Ni, Pb) v několika časových horizontech, aby byla zachycena jak běžná situace, tak klimatický extrém. Dále na přípravu map celkové atmosférické depozice pro stejné ukazatele pro Českou republiku opět ve 3–4 časových horizontech. Na základě průběžných výsledků těchto dvou aktivit budou vybrány tři modelové lokality o rozloze dílčího povodí útvaru povrchových vod (tedy cca 100 km²), na kterých bude proveden odběr a vyhodnocení biologického materiálu, vody a sedimentu v toku.

Projekt SS01010208 Řízená dotace podzemních vod jako nástroj k omezení dopadů sucha v ČR řeší VÚV TGM ve spolupráci s Českou geologickou službou. Hlavním cílem projektu je změna hospodaření s podzemní vodou z dosavadního převládajícího pasivního přístupu k ochraně vod ve formě restriktivních opatření na aktivní přístup využívání volných objemů v hydrogeologických kolektorech ke zvyšování zásob podzemní vody v krajině. Projekt cílí i na lepší zapojení hodnocení stavu podzemních vod do systémů operativního řízení (např. systém HAMR), které se snaží Ministerstvo životního prostředí dlouhodobě prosazovat. Projekt se skládá ze tří hlavních částí: (1) výzkum využívání metod řízené dotace pro zvyšování zásob podzemních vod, a určení vhodných území k její aplikaci, (2) sestavení celorepublikové mapy zranitelnosti kvantity podzemních vod k suchu, a (3) výzkum a ověření signálních hladin pro hodnocení sucha na podzemních vodách. Tříletý projekt bude trvat do března roku 2023. Výstupy projektu budou důležité pro rozhodovací proces tzv. suchých komisí podle připravované novely vodního zákona, dále jako podklad pro státní a správní orgány (pro zvýšení efektivity jejich rozhodování, např. o optimální volbě a podpoře projektů k zadržování vody v krajině), a také pro operativní využití v monitoringu a předpovědích stavu podzemních vod (zvláště zajišťovaných ČHMÚ a systémem HAMR). V roce 2020 proběhne úvodní část projektu spočívající v aktualizaci dat z dostupných GIS vrstev potřebných jak pro mapu vhodnosti území pro řízenou dotaci, tak pro mapu zranitelnosti kvantity podzemních vod k suchu. V úzké spolupráci s ČHMÚ bude také probíhat příprava nastavení prostředí pro plné využití a propojení výstupů projektu se systémy ČHMÚ a HAMR.

Projekt SS01020052 Potenciál a rizika závlah na území ČR v měnícím se klimatu řeší České vysoké učení technické v Praze ve spolupráci s VÚV TGM, Českou zemědělskou univerzitou v Praze, Ústavem výzkumu globální změny AV ČR, v. v. i., a společností HANKA MOCHOV, s. r. o. Projekt je zaměřen především na aplikovaný výzkum. Nové poznatky a postupy přispějí k dlouhodobému plánování potřeb vody pro závlahy ve vazbě na predikci sucha a její pokrytí z vodních zdrojů v měnícím se klimatu. Budou sloužit jako podklad k návrhu ekonomicky efektivních adaptačních opatření v lokálním i regionálním měřítku. Výsledky projektu tak budou mít následný pozitivní celospolečenský dopad a umožní dlouhodobé koncepce v plánování krajiny. Hlavní prioritou projektu je výzkum a modelování budoucích potřeb vody pro závlahy a zhodnocení dostatečnosti jejich pokrytí. Cílem projektu je rozdělit území ČR na základě očekávaných dopadů změny klimatu na vláhovou potřebu rostlin, dostupnost vodních zdrojů a míru ohrožení suchem. Zároveň tím bude vytvořen podklad pro adaptaci na zvyšující se riziko zemědělského sucha prostřednictvím závlah s lokálními i centralizovanými zdroji. Vedlejšími prioritními cíli jsou potom plánování, příprava zavádění adaptačních opatření a monitoring a predikce sucha. V neposlední řadě je cílem i koncepční plánování krajiny s ohledem na budoucí využitelnost a produkční schopnost půd. Výsledky projektu budou přispívat k udržitelnému využívání vodních zdrojů a obecně budou i díky experimentální části projektu stabilizovat a rozšiřovat znalostní základnu, která výrazně přispěje k zajištění bezpečného, zdravého a kvalitního prostředí v České republice. V roce 2020 budou identifikovány potřeby vody pro závlahy na území České republiky a dále budou vytipovány pilotní lokality, na kterých bude probíhat podrobné zhodnocení. Na těchto lokalitách bude v letošním roce zřízena monitorovací síť základních meteorologických veličin. Velké množství činností v roce 2020 je také zaměřeno na sběru podkladů (data, historické dokumenty).

Projekt SS01020275 Zadržování vody v krajině pomocí umělé infiltrace jako nástroj v boji proti suchu řeší VÚV TGM ve spolupráci se společnostmi PROGEO, s. r. o., a Vodovody a kanalizace Přerov, a. s. Jeho cílem je ověřit v pilotním území pokrývajícím větší část povodí dolní Moravy technologii břehové infiltrace, při které rychle odtékající říční voda prosakuje do okolí a přeměňuje se ve vodu podzemní. Tím se vytvářejí nové zdroje vod s vyšší kvalitou, které mají v krajině výrazně delší dobu setrvání. V rámci projektu budou kvantifikovány tyto zdroje a současně bude navržena a otestována optimální technologie jímání. Současně budou experimentálně testovány procesy probíhající při zasakování vyčištěných odpadních vod. Řešení projektu je plánováno až do roku 2023. Cílem prací v roce 2020 je dokončit „přírodní laboratoř“ a technicky ji vybavit, tj. probíhají přípravné a administrativní práce zaměřené na zajištění přístupů na pozemky, příprava a realizace nutných vrtů a první terénní práce.

Projekt SS01020006 Hybridní plazmochemická oxidace pro pokročilou dekontaminaci mikropolutantů a dezinfekci odpadních vod řeší společnost ZENA s. r. o., ve spolupráci s VÚV TGM, Botanickým ústavem AV ČR, v. v. i., a Masarykovou univerzitou v Brně. Projekt se zabývá dezinfekcí a dočištěním odpadních a kontaminovaných vod mikropolutanty pomocí inovativní technologie hybridní elektrochemické produkce oxidačních radikálů, synergicky kombinující vysokofrekvenční plazmovou úpravu odpadních vod s mikrokavitací, ozonizací a fotokatalytickým procesem. Tato metoda překonává omezení známých metod, tzv. pokročilých oxidačních procesů (AOP), a to v oblasti energetické a investiční nákladnosti, v produkci nežádoucích vedlejších produktů, a v úzkém intervalu vhodných reakčních podmínek. Navržená technologie vyplní chybějící vědomostní základnu především u ČOV do 500 EO, kde terciální stupeň dočištění standardně chybí a dochází tak k vypouštění mikropolutantů, jako jsou např. farmaka, pesticidy, hormony a fosfor, do vodních ekosystémů. Cílem prací v roce 2020 je zkonstruování zařízení pro jednotlivé oxidační procesy (kavitace, plazma, katalýza ve vlnosku a ozonizace) s ohledem na kapacitu kombinovaného filtru a provedení diagnostiky účinnosti tvorby oxidačních radikálů jak v jednotlivém, tak kombinovaném uspořádání instalovaných oxidačních technik.

Autoři

Ing. Libor Ansorge, Ph.D.

✉ libor.ansorge@vuv.cz

ORCID: 0000-0003-3963-8290

doc. RNDr. Zbyněk Hrkal, CSc.

✉ zbynek.hrkal@vuv.cz

ORCID: 0000-0002-8492-394X

Ing. Tomáš Mičaník, Ph.D.

✉ tomas.micanik@vuv.cz

ORCID: 0000-0002-5867-0985

Mgr. Pavla Kovaláková

✉ pavla.kovalakova@vuv.cz

ORCID: 0000-0001-8294-5101

Mgr. Silvie Semerádová

✉ silvie.semeradova@vuv.cz

Ing. Adam Vizina, Ph.D.

✉ adam.vizina@vuv.cz

ORCID: 0000-0002-4683-9624

RNDr. Josef Vojtěch Datel, Ph.D.

✉ josef.datel@vuv.cz

ORCID: 0000-0003-1451-0135

Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, v. v. i.

Vzpomínka na Ing. Stanislava Novotného, CSc.

Podle oznámení rodiny zemřel 13. února 2020 dlouholetý pracovník brněnské pobočky VÚV TGM, jehož celoživotní práce v oboru vodního hospodářství byla uzavřena desetiletou činností ve funkci generálního ředitele Povodí Moravy, s. p.

Narodil se 28. 1. 1938 v Ivanovicích u Brna. Tomuto místu zůstal věrný celoživotně i jako svému bydlišti (nyní je obec již součástí města Brna). Po absolvování základních škol a maturity na jedenáctiletce v Brně vystudoval obor hydrotechnické a meliorační stavby na Fakultě inženýrského stavitelství Vysokého učení technického v Brně. Po ukončení studia v r. 1961 nastoupil jako projektant v Hydroprojektu Brno. Po krátkém tříletém působení v tomto projekčním ústavu přešel v únoru 1965 do brněnské pobočky Ředitelství vodohospodářského rozvoje Praha, vedené Ing. Antonínem Kubínem. Souběžně se zaměstnáním pokračoval v dálkovém studiu na ČVUT v Praze v oboru ekonomika a řízení ve stavebnictví. Studium úspěšně ukončil v r. 1967 diplomovou prací, ve které se zaměřil na tehdy aktuálně řešený problém ekonomického vyhodnocení efektivnosti výstavby vodohospodářsko-dopravní soustavy Dunaj-Odra-Labe. Problematice hodnocení ekonomické a komplexní efektivnosti vodohospodářských děl se následně dlouhodobě věnoval na pracovišti brněnské pobočky Vodohospodářského rozvoje. V r. 1974 ukončil další tříleté postgraduální vzdělání na Vysoké škole ekonomické v Praze v oboru vědeckotechnický rozvoj a investice. V r. 1978 pak získal vědeckou hodnost kandidáta ekonomických věd na ČVUT v Praze.

Na brněnském pracovišti vodohospodářského rozvoje se Ing. St. Novotný, CSc., věnoval navrhování a rozvoji vodohospodářských soustav v rámci příprav druhého vydání SVP. Toto pracoviště bylo od r. 1976 začleněno, po několika reorganizacích podniků na celostátní úrovni, do brněnské pobočky VÚV. V průběhu dalších patnácti let práce na brněnské pobočce VÚV se pak zabýval vedle široké problematiky vodohospodářských soustav i specifické problematice fungování vodohospodářských objektů za mimořádných situací a problematice modelování vodohospodářských funkcí soustav i jednotlivých objektů v nich. Určitým souhrnem výsledků jeho prací bylo vydání jeho knihy „Moravské vodohospodářské soustavy“. Jeho činnost v oboru vodního hospodářství zahrnovala vedle studijních a výzkumných prací ve VÚV také externí pedagogickou činnost na VUT v Brně a přispíval k bohaté spolkové činnosti brněnské pobočky Českého svazu stavebních inženýrů. Byl autorem četných oponentních posudků, kterými dopomohl k efektivnímu řešení mnoha složitých vodohospodářských problémů na území Moravy.

Výraznou měrou se zasloužil a zasadil o prosazení zdroje Vír do vodárenské soustavy brněnského oblastního vodovodu jako druhého základního zdroje zajišťujícího nejen vysokou zabezpečenost dodávek v celé soustavě, ale také vysokou úroveň jakosti dodávané vody. Při prosazení prvotní myšlenky až do fyzické realizace záměru, která je u vodohospodářských záměrů často mimořádně zdoluhavá a trnitá, mu dopomohla šťastná okolnost, že jeho životní partnerka Ing. Vladimíra Novotná mohla převzít štafetu úkolu v realizační fázi výstavby úpravny vody ve Švařci a přivaděče vody až na jih Brna.

Po listopadových událostech r. 1989 se Ing. St. Novotný stal jednou z opor změn, které probíhaly uvnitř ústavu vedle změn na celostátní úrovni. V r. 1990 přijal životní profesní výzvu a uspěl ve výběrovém řízení do funkce vrcholového manažera tehdejší Správy povodí Moravy. Od 1. února 1991 do roku 2000 pak působil ve funkci generálního ředitele této organizace. V této funkci všestranně uplatnil nejen svůj komplexní a interdisciplinární přístup k řešení vodohospodářských problémů, ale také jasné chápání ekonomických mechanismů, které musí doprovázet všechny lidské činnosti. Nejednoduchá doba zásadní ekonomické transformace celého hospodářství, probíhající v té době, ale také extrémní povodně v r. 1997, které zasáhly prakticky celé povodí Moravy, se staly nekompromisní prověrkou jeho veškeré profesní činnosti a s odstupem času lze konstatovat, že v ní jednoznačně obstál.

Z mnoha dílčích činů a kroků, které ve své manažerské roli inicioval a uskutečnil, připomeňme závěrem této vzpomínky pouhé dva, jejichž význam nejen přetrvává i do dnešních dnů, ale lze říci, že ještě na významu nabývá. V r. 1995 se zasadil o založení sdružení vodohospodářských odborníků, které pod názvem Rada povodí Svratky (RAPOS) dodnes řeší specifické problémy ochrany vod v tomto povodí, s klíčovým významem pro zajištění vody pro brněnskou oblast. RAPOS je navíc dlouhodobě každoročním garantem pořádání Světových dnů vody v jihomoravském regionu k připomenutí významu vody pro krajinu i člověka. V projevu v Poslanecké sněmovně ČR, který přednesl 2. 3. 1999, svým typickým přímým a rázným způsobem obhajoval vodohospodářské zájmy nezkrasované populistickým zaměřením jen na problémy aktuálně společensky pocítované – tehdy ochrana před povodněmi, teprve nyní nedostatek vody a malá kapacita akumulačních prostorů, střetávající se s výraznou nechtí části společnosti ke stavbě akumulačních nádrží.

Hojná účast dřívějších spolupracovníků Ing. Stanislava Novotného, CSc., z mnoha organizací na smutečním obřadu 24. 2. 2020 potvrdila jeho mimořádné lidské kvality, které vedle nesporné odbornosti byly důvodem, proč požíval mezi nimi nejen vážnosti, ale i ve velké míře osobní sympatie a byl vnímán jako gentleman vodního hospodářství.

Čest Tvé památce.

Za spolupracovníky z VÚV TGM Ing. Evžen Polenka, v den vody 22. 3. 2020

VTEI/2020/3

Od roku 1959

**VODOHOSPODÁŘSKÉ
TECHNICKO-EKONOMICKÉ INFORMACE
WATER MANAGEMENT
TECHNICAL AND ECONOMICAL INFORMATION**

Odborný dvouměsíčník specializovaný na výzkum v oblasti vodního hospodářství.
Je uveden v Seznamu recenzovaných neimpaktovaných periodik vydávaných v ČR.

Ročník 62



VTEI.cz

Vydává: Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka,
veřejná výzkumná instituce, Podbabská 2582/30, 160 00 Praha 6

Redakční rada:

RNDr. Jan Daňhelka, Ph.D., doc. Dr. Ing. Pavel Fošumpaur, doc. Ing. Silvie Heviánková, Ph.D.,
Mgr. Róbert Chriateľ, Mgr. Vít Kodeš, Ph.D., Ing. Jiří Kučera, Ing. Milan Moravec, Ph.D.,
Ing. Jana Poórová, Ph.D., Mgr. Hana Sezimová, Ph.D., Dr. Ing. Antonín Tůma,
Mgr. Lukáš Záruba, Ing. Marcela Zrubková, Ph.D.

Vědecká rada:

doc. Ing. Martin Hanel, Ph.D., prof. RNDr. Bohumír Janský, CSc.,
prof. Ing. Radka Kodešová, CSc., RNDr. Petr Kubala, Ing. Tomáš Mičaník, Ph.D.,
Ing. Michael Trnka, CSc., Dr. rer. nat. Slavomír Vosika

Šéfredaktor:

Bc. Lenka Michálková
T: +420 220 197 465
E: lenka.michalkova@vuv.cz

Kontakt na redakci:

E: info@vtei.cz

Autoři fotografií tohoto čísla:

Archiv VÚV

Grafická úprava, sazba, tisk:

ABALON s.r.o., www.abalon.cz

Náklad 1500 ks

Příští číslo časopisu vyjde v srpnu.
Pokyny autorům časopisu jsou uvedeny na www.vtei.cz.

**ISSN 0322-8916
ISSN 1805-6555 (on-line)
MK ČR E 6365**



JARNÍ HEMŽENÍ V LUŽNÍM LESE

Jarní sezona je v plném proudu a pomalu aby nám začalo léto. V lužních lesích bývá toto období vnímáno jako přerod z období krásně oživených tůní a kvetoucích koberců v období suchých terénních depresí a masivní porosty kopřiv. Biodiverzita vodních organismů bývá touto dobou na své nejvyšší hodnotě, a tak nás tento pohled pod hladinu jedné z tůní patrně ani nepřekvapí. Kromě dvou dominantních žábronožek jarních, perlooček s vajíčky, buchaneč a pod hladinou zavěšených larev komárů si jistě všimnete početných lasturnatek, které vděčí svému českému i latinskému jménu díky skořepinovému obalu, který jim poskytuje značnou ochranu proti predátorům. Některé druhy lasturnatek v něm dokážou přežít dokonce i průchod trávicím traktem ryb, které je spolknou. *Text a fotografii dodal Petr Jan Juračka, www.petr.juracka.eu.*

**VÝZKUMNÝ ÚSTAV
VODOHOSPODÁŘSKÝ
T.G. MASARYKA**

veřejná výzkumná instituce

VTEI.cz