



5-6 / 2021

VODOHOSPODÁRSKY SPRAVODAJCA

dvojmesačník pre vodné hospodárstvo a životné prostredie





© Vodohospodársky spravodajca
dvojmesačník pre vodné hospodárstvo a životné prostredie / ročník 64

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

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

Redakčná rada: Ing. Marián Bocák, Ing. Stanislav Dobrotka, Ing. Ingrid Grundová, Ing. Pavel Hucko, CSc. (predseda), Ing. Tomáš IČ,
doc. Ing. Ľuboš Jurík, PhD., Ing. Danica Lešková, PhD., Ing. Eva Polakovičová, Ing. Jana Poárová, PhD., Ing. Peter Rusina, Ing. Andrej Šille,
prof. RNDr. Ivona Škultétyová, PhD., Ing. Danka Thalmeinerová, PhD., Ing. Gabriel Tuhý, Dr. Ing. Antonín Tůma, RNDr. Andrea Vranovská, PhD.

Dátum vydania: máj 2021

Zodpovedný redaktor: Ing. Mária Rimarčíková

Grafické spracovanie a tlač: Polygrafické centrum, www.polygrafcentrum.sk

Príspevky sú recenzované.

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

Pravidlá písania do Vodohospodárskeho spravodajcu nájdete na www.zzv.sk

Informácie o spracúvaní osobných údajov poskytované podľa čl. 13 a 14 Nariadenia nájdete na stránke www.zzv.sk

Evidenčné číslo: EV 3499/09

ISSN: 0322-886X



Vážení čitatelia, vodohospodári,

rok 2021 je významný z dôvodu spracovania tretej aktualizácie *Vodného plánu Slovenska*. Už v decembri 2020, pred uverejnením plánov manažmentu správneho územia povodia Dunaja a povodia Visly, sa uskutočnila verejná diskusia, ktorú považujeme za dôležitú pre získanie podpory širokej odbornej a laickej

verejnosti. Vodný plán Slovenska spolu s programom opatrení bude posledným míľnikom k splneniu ambiciózných cieľov rámcovej smernice o vode, ktorá určila dosiahnutie environmentálnych cieľov do roku 2027. Nové vedenie ministerstva životného prostredia SR citlivo vníma fakt, že sa prvé dva plánovacie cykly (2009 – 2015 a 2016 – 2021) plne nevyužili, stav vodných útvarov povrchových vôd sa nezlepšil, Slovensko nebolo schopné efektívne absorbovať európske fondy a stimulovať domáce financovanie.

Pre nastavenie správnych a realistických opatrení bolo potrebné zhodnotiť dosiahnutý pokrok v prvých dvoch plánovacích obdobiach. Hodnotenia ukazujú, že s dosiahnutými výsledkami nemôžeme byť spokojní. Je pravda, že sa zvýšil počet monitorovaných vodných útvarov povrchovej vody a počet prvkov kvality (najmä spoločenstva rýb), výsledky však ukázali aj to, že kvalita povrchových vôd vzhľadom na počet vodných útvarov povrchovej vody vo veľmi dobrom a dobrom stave sa nezlepšila. Podobne je to s hodnotením chemického stavu povrchových vôd; pre tretí plánovací cyklus došlo k sprísneniu environmentálnych noriem kvality (ENK) pre niektoré prioritné látky zavedením nových prioritných látok a ustanovením ENK pre látky v biote – takže nie je možné objektívne vyhodnotiť zlepšenie alebo zhoršenie stavu.

Počet útvarov podzemných vôd, ktoré sa nachádzajú v nepriaznivom stave, sa zvýšil. Nejde o skutočne zhoršenú kvalitu podzemných vôd v hodnotenom časovom horizonte. Dôvodom je, že sa vyhodnotili všetky útvary podzemných vôd v porovnaní s predchádzajúcim obdobím, zvýšila sa spoľahlivosť hodnotenia väčším rozsahom výsledkov monitorovania kvality podzemných vôd a rozšírením hodnotenia o nové ukazovatele, ako sú fosforečnany a celkový organický uhlík.

Najvýznamnejším dopadom na stav vodných útvarov (VÚ) je zmena biotopov v dôsledku realizovaných hydromorfologických zmien na tokoch (cca 41% vodných útvarov), druhým v poradí je znečistenie živinami (33 %), ďalej je to organické znečistenie (takmer 18% VÚ) a kontaminácia nebezpečnými látkami (19 %).

Napriek tomu, že na Slovensku nastali určité zlepšenia, stále je čo doháňať. Budeme potrebovať mobilizáciu všetkých kapacít pri riešení zásobovania obyvateľov pitnou vodou a odkanalizovaním a čistením odpadových vôd. Obrovské investície sa dali do výstavby verejných kanalizácií, ale aj tak

desaťtisíce občanov zostávajú dobrovoľne nepripojení. Rozvoj v oblasti odkanalizovania a čistenia odpadových vôd zostáva za rozvojom verejných vodovodov. Do vodných tokov sa pritom vypúšťa skoro o polovicu menej odpadovej vody než v roku 1995. Zmenšil sa podiel i absolútna hodnota znečistených vypustených odpadových vôd.

Postupne začína rásť počet revitalizačných projektov zameraných na odstraňovanie a zmierňovanie nepriaznivých hydromorfologických zmien a úpravu vodných tokov do prírody bližšej podoby. Súčasne sa však značné finančné prostriedky z verejných zdrojov vynakladajú aj na projekty úprav tokov, ktoré spôsobujú nepriaznivé hydromorfologické zmeny.

V treťom plánovacom cykle sa bude klásť dôraz aj na obnovu tokov a uprednostnenie zelenej infraštruktúry a/alebo opatrení na prirodzené zadržiavanie vody, ktoré poskytujú celý rad environmentálnych opatrení (zlepšenie kvality vody, zvyšovanie presakovania vody, a tým aj dopĺňanie kolektorov podzemnej vody, protipovodňová ochrana, ochrana biotopov atď.), sociálnych a hospodárskych výhod, ktoré môžu byť v mnohých prípadoch nákladovo efektívnejšie ako šedá infraštruktúra.

Zverejnenie plánov manažmentu správneho územia povodia Dunaja a povodia Visly sa uskutočnilo podľa požiadaviek rámcovej smernice o vode (22. decembra 2020). Napriek zložitému obdobiu vinou pandémie prikočila sekcia vôd MŽP SR k inovatívnemu prístupu, a to k organizovaniu série verejných online workshopov v priebehu pripomienkového konania, zaoberajúcich sa konkrétnymi a najproblematickejšími témami. Témy definovali sami účastníci úvodnej konzultácie. Všetky zainteresované strany, rezorty a odborná i laická verejnosť majú tak možnosť využiť efektívne pripomienkovacie obdobie na konštruktívne návrhy na zlepšenie Vodného plánu Slovenska. Na workshope v marci 2021 sa rozoberali otázky revitalizácie a opatrení pre oblasť hydromorfologických zmien. Konštatovalo sa, že množstvo a rozsah revitalizačných projektov sú nedostatočné, čo je výsledkom dosiaľ chýbajúcej štátnej podpory a koncepcie (stratégie), ako aj úrovne odborného-personálnej základne. Nedostatok odborníkov sa prejavuje takmer na všetkých úrovniach, a to oveľa viac než v iných vedných odboroch (výskum, projekcia, realizácia).

Ďalšími témami, ktoré vybrali účastníci workshopov, sú infraštruktúrne projekty a uplatňovanie článku 4.7 rámcovej smernice o vode (online workshop 27. apríla 2021) a znečistenie vôd z komunálnych a priemyselných zdrojov znečistenia (koniec mája 2021).

Všetkým vodohospodárom a priaznivcom ochrany vôd odporúčam nielen dôsledné oboznámenie sa s *Vodným plánom Slovenska*, ale aj aktívne zapojenie sa do jeho tvorby.

Ing. Roman Havlíček
generálny riaditeľ Sekcie vôd
Ministerstva životného prostredia SR

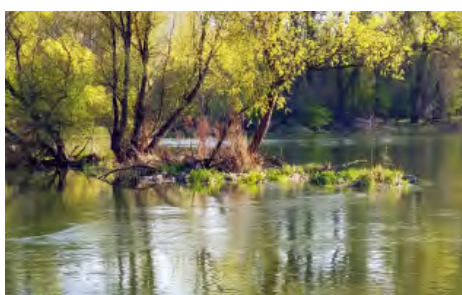


Foto na 1. a 4. strane obálky:
Slovenská vnútrozemská delta Dunaja,
archív Vodohospodárskej výstavby, š. p.
Foto na 2. a 3. strane obálky:
Simulované záplavy, M. Rimarčíková

3 Úvodník

Editorial

R. Havlíček

6 Umelecká súťaž pri príležitosti Svetového dňa vody

World Water Day art competition

M. Rimarčíková

7 Súťaž PRE VODU 2020

Competition FOR WATER 2020

M. Paulíková

9 Pokračovanie prác na zvýšení bezpečnosti

územia Žitného ostrova pred povodňami

Continuation of work to better ensure flood protection
in the territory of Žitný ostrov

M. Bocák

11 Sfunkčnenie historickej vodnej stavby Dolná Hodrušská

Completion of the reconstruction of the historic Dolná Hodrušská
water reservoir

T. Ič

13 Odpadové vody – možný zdroj informácií o výskyte mutácií a trendoch šírenia sa ochorenia COVID-19 v populácii?

Wastewater – possible source of information on the occurrence of
mutations and trends of COVID-19 disease infection in population

T. Mackuľak, M. Tamáš

18 Matematické modelovanie zmien využitia územia pomocou fyzikálne založeného a empirického modelu na území Slovenska a Poľska

Mathematical modeling of land use changes using a physically-based
and empirical model in the Slovak Republic and Poland

Z. Némětová

27 Retenční schopnost půd a krajiny a možnosti jejího zvyšování v podmínkách klimatické změny

Retention capacity of soils and landscape and possibilities of its
increase in conditions of climate change

K. Suchá

36 In memoriam

Prof. Ing. Jozef Kriš, PhD.

RNDr. Anton Kollár

38 Normy STN

Slovak technical standards

D. Borovská



Výtvarná súťaž pri príležitosti Svetového dňa vody 2021: Pohľad na riečny most v Kolárove, Daniela Pišáková

Umelecká súťaž pri príležitosti Svetového dňa vody

Ing. Mária Rimarčíková

Výskumný ústav vodného hospodárstva

Deň 22. marec – Svetový deň vody – ustanovilo Valné zhromaždenie Organizácie Spojených národov v roku 1993 so zámerom zdôrazniť význam vody. Cieľom Svetového dňa vody je každý rok upozorniť na fakt, že 2,2 miliardy ľudí nemá prístup k čistej vode. Poukazuje na aktivity, ktoré smerujú k znižovaniu následkov globálnej vodnej krízy. Zároveň podporuje dosiahnutie Cieľa udržateľného rozvoja – SDG 6, a tým je voda pre všetkých do roku 2030.

Koordinátorom aktivít súvisiacich s oslavou vody je UN Water, ktoré každý rok vyhlasuje motto – na rok 2021 ním bolo *Ocenenie vody*, čo bolo zároveň témou a zadáním pre mladých umelcov, ktorí sa zúčastnili 10. ročníka Výtvarnej súťaže stredných umeleckých škôl na Slovensku.

Zvolená téma nás pozývala pozrieť sa na rôzne oblasti nášho života a zamyslieť sa nad ich fungovaním v kontexte spotreby vody. Ide napríklad o využívanie vody v domácnosti, v škole, počas práce, vo výrobe alebo pri príprave jedla, nevynímajúc z toho hygienu, kultúru, náboženstvo, relax atď. Vo všetkom hrá voda nezastupiteľnú rolu.

Okrem zaznamenaného nárastu populácie ustavične rozširujeme činnosti, pri ktorých je potrebná voda, napr. poľnohospodárstvo, priemysel, nepretržitý ekonomický rast atď. S tým je spojená zmena klímy a znižujúce sa zásoby podzemnej a povrchovej vody. Tohtoročná téma Svetového dňa vody nás nabádala na chvíľu sa zastaviť. Môžeme povedať, že jej ambíciou bolo primäť nás k zmene správania. V zmysle „voda znamená pre rôznych ľudí rôzne veci“ sa prostredníctvom sugestívnych otázok snažila načrtnúť líniu, ktorá nám mala pomôcť porozumieť, čo pre nás voda znamená v rôznych činnostiach a do akej miery sme pritom schopní myslieť na tých, ktorí ju k dispozícii nemajú.

To, ako si vážime vodu, má vplyv na to, ako s týmto nenahraditeľným, ale vyčerpatelným zdrojom zaobchádzame. Hodnota vody nevyplýva iba z jej ceny, ktorá sa i tak ťažko vyčísluje. Je oveľa širšia a komplexnejšia. Má obrovský význam

pre naše domácnosti, zdravie, vzdelanie, ekonomiku a celkovú integritu životného prostredia. Aj tieto fakty sa pripomenutím Svetového dňa vody snažili ukázať spoločnosti a organizácie prostredníctvom rôznych podujatí, sociálnych sietí a diskusií, ktoré sa konali na celom svete.

Aj Výtvarná súťaž stredných umeleckých škôl bola jednou z takýchto aktivít. Vyhlásili ju Združenie zamestnávateľov vo vodnom hospodárstve na Slovensku a Asociácia vodárenských spoločností a zorganizoval Výskumný ústav vodného hospodárstva. Tento rok sa do nej zapojilo 9 stredných umeleckých škôl. Vybranou technikou bola fotografia a fotografická koláž.

Z celkového počtu 52 fotografií vybrala komisia zložená z členov vyhlasovateľov a organizátora súťaže po neľahkom rozhodovaní troch víťazov:

Cenu za Výskumný ústav vodného hospodárstva získal Tomáš Paulen zo Súkromnej školy umeleckého priemyslu Bohumila Baču v Bratislave s názvom fotografie *Gaia* (str. 17).

Cenu Združenia zamestnávateľov vo vodnom hospodárstve na Slovensku porota udelila Daniele Pišákovéj zo Školy umeleckého priemyslu Ladislava Bielika Levice za fotografiu *Pohľad na riečny most v Kolárovo* (str. 3).

Cenu Asociácie vodárenských spoločností dostala Karin Brasová zo Súkromnej školy umeleckého priemyslu Bohumila Baču, Bratislava, za fotografickú koláž *Intergalactic* (str. 8).

Veľmi si ceníme, že napriek sťaženým podmienkam vinou pandémie mali študenti motiváciu zapojiť sa do súťaže a ukázať prostredníctvom svojho talentu angažovanosť pre životné prostredie, ktorého je voda neoddeliteľnou súčasťou. Víťazom srdečne blahoželáme!

Súťaž PRE VODU 2020

Ing. Martina Paulíková
Nadácia Ekopolis

Cieľom 5. ročníka súťaže PRE VODU, nad ktorou prebral záštitu minister životného prostredia p. Ján Budaj, bolo prepojiť mladých nadaných ľudí a samosprávy či iné subjekty, ktoré hľadajú riešenia efektívneho využívania vody. Organizátor súťaže – Nadácia Ekopolis – prostredníctvom súťaže hľadá inšpiratívne opatrenia s potenciálom zmeniť pohľad verejnosti na udržateľné a zodpovedné spôsoby hospodárenia s vodou.

Do súťaže sa mohli prihlásiť mladí ľudia vo veku 18 – 30 rokov, a to buď ako jednotlivci, alebo menšie tímy. Súťaž povoľovala účasť študentov, absolventov, zamestnancov (s akceptovaním vekovej hranice) Ako súťažné návrhy mohli byť nominované napr. semestrálne či diplomové práce. V rámci 5. ročníka sa súťažilo pôvodne v dvoch súťažných kategóriách, ale vzhľadom na obmedzenia v súvislosti s pandémiou sa obe kategórie zlúčili do jednej – otvorenej kategórie. Súťažiaci si mohli vybrať, či budú riešiť jednu z desiatich modelových problémových situácií, ktoré nominovali zadávatelia na začiatku ročníka súťaže, alebo či predložia vlastný návrh riešenia inej situácie.

Do uzávierky súťažných návrhov na jeseň 2020 sa prihlásilo 10 príspevkov mladých odborníkov, z ktorých odborná porota na základe online prezentácií súťažiacich vyhlásila na konci januára 2021 víťazov a rozdelila finančné dary. Z doručených návrhov je 7 riešením modelovej situácie a 2 sú vlastné súťažné návrhy.

Mladí autori prezentovali svoje práce odbornej porote na neverejnom zasadnutí, ktorá potom na konci zimy vyhlásila víťazné práce spolu s finančnou odmenou. Prvé miesto a odmenu 1 000 € získala práca Martina Maninu zo Slovenskej poľnohospodárskej univerzity v Nitre s názvom *Možnosti hospodárenia so zrážkovými vodami v hlavnom areáli SPU*, ktorá rieši zadržanie zrážkovej vody zo striech vo vysokoškolskom komplexe univerzity. Miroslav Čibík, rovnako z SPU v Nitre, získal druhé miesto spojené s odmenou 500 € za projekt

Štylizácia mokradového spoločenstva – Trenčianske Biskupice, tretie miesto s odmenou po 250 € dve práce – dvojica Jakub Pagáč a Alexandra Pagáč Mokrá za prácu *Protipovodňové a protierózne opatrenia v obci Veľké Zálužie* a študent STU v Bratislave Jakub Kypus za riešenie *Obnova koryta potoka Všivák v historickej časti mesta Žilina*.

Odborná porota sa rozhodla udeliť aj päť špeciálnych cien poroty, každú v sume 150 €, ostatným finalistom súťaže, a to vďaka vysokej kvalite, originalite a prínosu všetkých súťažných prác. Špeciálne ocenenie tak získali Michal Tomlain s prácou *Návrh revitalizačných úprav koryta a brehov potoka Drázus v Rožňave*, Tomáš Kysel za návrh na obnovu Lakšárskeho jazera, Andrea Zajacová za prácu *Zatraktívnenie rybníka v areáli schátraných Kúpeľov Byšta* a tiež ďalší mladí autori, ktorí sa venovali obnove koryta potoka Všivák v Žiline – Samuel Sekeř, Štefan Jančár a Dominika Ľudviková.

Všetky súťažné návrhy putovali po skončení súťaže k zadávateľom, ktorí ich budú môcť využiť na riešenia problémov s vodou podľa vlastných potrieb.



Výtvarná súťaž pri príležitosti Svetového dňa vody 2021:
Intergalactic, Karin Brasová

Pokračovanie prác na zvýšení bezpečnosti územia Žitného ostrova pred povodňami

Ing. Marián Bocák

SLOVENSKÝ VODOHOSPODÁRSKY PODNIK, štátny podnik

Po prerušení prác na odstraňovaní drevín v auguste 2020, potrebných na realizáciu projektu *Zvýšenie bezpečnosti územia proti spätnému vzdutiu Malého Dunaja a Klátovského ramena z Váhu s cieľom ochrany pred povodňami na území v oblasti Malého Dunaja a Klátovského ramena*, Slovenský vodohospodársky podnik, š. p., (SVP) opätovne obnovil práce na realizácii projektu, ktorým súčasne vznikne nový vtáčí ostrov, miesta oddychu pre ryby, vysadí sa viac ako 4 100 stromov a zároveň sa nadviaže utvoria podmienky na vznik nových prirodzených lužných lesov, obnovenie prirodzeného vodného režimu v Klátovskom ramene a zabezpečí sa spriechodnenie migračných bariér pre vodné organizmy na Malom Dunaji.

Práce na odstraňovaní drevín v auguste 2020 sa pozastavili na základe podnetu Ministerstva životného prostredia SR (MŽP). Nato SVP požiadal o udelenie súhlasu na realizáciu činnosti, ktorou môže v území európskej sústavy chránených území dôjsť k poškodeniu alebo zničeniu biotopov európskeho významu alebo biotopov druhov európskeho významu.

Vydaným súhlasom mohol SVP v rámci realizácie projektu v území európskeho významu nezvratne zasahovať do biotopov európskeho významu za splnenia ďalších zmierňujúcich opatrení pri dodržaní nasledujúcich podmienok:

- Do konca roku 2022, so zapojením širokej odbornej verejnosti, spracovať prierezovú vodohospodársko-environmentálnu štúdiu úpravy vodného režimu Klátovského ramena s cieľom zabezpečenia priaznivého stavu biotopov národného i európskeho významu a v nich žijúcich populácií druhov živočíchov.
- Do kolaudácie stavby Zátvorného objektu prednostne vypracovať projektovú dokumentáciu a začať inžiniersko-investičnú činnosť na zabezpečenie povolenia a následnej realizácie vodnej stavby: spriechodnenie migračnej bariéry – hať Čierna voda na toku Malý Dunaj s využitím fragmentov mŕtvych ramien.
- Určiť pozemky v správe štátnych inštitúcií v blízkosti tokov Malý Dunaj a Klátovské rameno, a to najmä v medzihrádzovom priestore, na ktorých na ploche 1,0 ha budú navrhnuté a zrealizované do 31. decembra 2025 opatrenia zamerané na vytvorenie a následnú údržbu biotopov európskeho významu a prioritných biotopov: Ls 1.2 Dubovo-brestovo-jaseňové nížinné lužné lesy alebo Ls 1.1 Vrbovo-topoľové nížinné lužné lesy.
- Pri výstavbe a zásahoch do biotopov európskeho významu sa budú uplatňovať všetky zásady na nerušenie lokalít, ktoré sú miestom rozmnožovania chránených živočíchov, podľa konkrétnych dokumentov vydaných v súvislosti s realizáciou konkrétnych jednotlivých opatrení.

Od 4. kalendárneho týždňa SVP obnovilo práce na výrubu drevín ako podmienky na realizáciu projektu *Zvýšenie bezpečnosti územia proti spätnému vzdutiu Malého Dunaja a Klátovského ramena z Váhu*.

AKTUÁLNA SITUÁCIA V DANEJ LOKALITE

Malý Dunaj a Klátovské rameno sú svojím pôvodom prirodzené toky ako súčasť delty Dunaja a jeho ramien v komplexnom systéme povrchových a podzemných vôd Žitného ostrova. Ľudskou činnosťou bolo postupne koryto Dunaja stabilizované a ostatné územie chránené vytvorenými protipovodňovými opatreniami. V súčasnosti je oblasť pomerne husto obývaná, intenzívne sa poľnohospodársky využíva, a preto zmena funkčného využitia územia neprichádza do úvahy. Zložitý systém kombinovaných odvodňovacích a zavlažovacích kanálov sa intenzívne využíva na plnú kapacitu a ďalšie zníženie povodňového ohrozenia formou zadržiavania vody v povodí, resp. výstavby retenčných nádrží alebo poldrov vzhľadom na rovinatý charakter územia nie sú možné.

Pravostranná ochranná hrádza Malého Dunaja vybudovaná v úseku nad jestvujúcim terénom a bez dostatočného podložia hrádze nemá jednotnú výšku. Dlhodobé prevádzkové skúsenosti poukazujú na potrebu výškového zosúladenia koruny hrádze, zvýšenia odolnosti jej podložia v celom úseku a zamedzenia spätného vzdutia povodňových prietokov Váhu a Dunaja do Klátovského ramena z Malého Dunaja. V minulosti tu tiež vplyvom rovinatého charakteru územia bežne prichádzalo k premiešavaniu povrchových vôd priamym aj spätným prúdením, najmä počas povodňových stavov na nižších úsekoch Váhu i Dunaja. Dnes sa tu prejavuje už len vplyv Váhu, keďže Dunaj sa permanentne reguluje.

PRIPRAVOVANÉ OPATRENIA

Aktuálne pripravované protipovodňové opatrenia „Protipovodňová ochrana dolného úseku Malého Dunaja – II. etapa, Zvýšenie bezpečnosti územia proti spätnému vzdutiu Malého Dunaja a Klátovského ramena z Váhu, I. etapa“ vychádzajú z EÚ schváleného Plánu manažmentu povodňového rizika, na realizáciu ktorých SVP dnes disponuje všetkými právoplatnými povoleniami vrátane stanoviska Štátnej ochrany prírody k udeleniu povolenia výnimky zo zakázanej činnosti. Zníženie ekologického a povodňového ohrozenia je v danom území možné dosiahnuť len navrhovanými opatreniami, a to vytvorením Zátvorného objektu. Náklady na túto etapu predstavujú sumu 7,85 mil. € a budú sa hradíť zo zdrojov EÚ. Predpokladaná lehota výstavby je 22 mesiacov.



Klátovské rameno – úprava terénu.

Realizáciou Zátvorného objektu sa zvýši ochrana zdravia a života obyvateľov v tomto území, umožní sa jeho ďalší rozvoj, zároveň dôjde k zvýšeniu protipovodňovej ochrany a k eliminácii potenciálnych povodňových škôd. Zátvorný objekt s ekologickým charakterom je konštrukčne navrhnutý tak, aby sa čisté pritekajúce vody z Klátovského ramena do určitej výšky hladiny v Malom Dunaji odvádzali prirodzene – gravitačne, bez regulácie pôvodného prirodzeného režimu. V prípade dosiahnutia II. stupňa povodňovej aktivity sa budú čisté pritekajúce vody prečerpávať do Malého Dunaja, a tak sa zabráni zaplaveniu príslušného územia z Klátovského ramena spätným vzduťím prietokov Malého Dunaja, priamo ovplyvnených hladinou Váhu a Dunaja.

Pre potreby výstavby Zátvorného objektu v koryte Klátovského ramena treba v súlade s dendrologickým prieskumom odstrániť brehovú časť stromovej a krovitej vegetácie v počte 572 ks drevín v 5. stupni ochrany Národnej prírodnej rezervácie Klátovské rameno mimo hniezdneho obdobia. Výrub existujúcich drevín nahradí nová výsadba vo vhodnom priestore a v rozmanitejšom zložení. Vymedzených 14 lokalít na výsadbu nových stromov sa nachádza v bezprostrednom okolí Chotárneho kanála. Náhradnou výsadbou tak vznikne základ na ucelený biokoridor, prediskutovaný so Štátnou ochranou prírody. Celkovo sa uvažuje o výsadbe 4 138 stromov. Vzhľadom na lokalizáciu a plochu bude táto výsadba plniť aj funkciu ochrany biodiverzity, melioračnú, mikroklimaticko-hygienickú, protieróznú, protiprachovú a protihlukovú funkciu.

V rámci Protipovodňovej ochrany dolného úseku Malého Dunaja už je aktuálne v štádiu ukončovania I. etapy, ktorá sa

skladala z realizácie podzemnej tesniacej steny na ľavostrannej ochrannej hrádzi (LOH) M. Dunaja a pravostrannej ochrannej hrádzi (POH) Váhu v dotknutom území. V najbližšom čase sa bude realizovať už spomínaná ochrana dolného úseku vybudovaním Zátvorného objektu a v nasledujúcich rokoch budú predmetom realizácie ďalšie 4 fázy:

Protipovodňovej ochrany dolného úseku Malého Dunaja – III. etapa

Stavba 1: Zvýšenie bezpečnosti územia proti spätnému vzduťiu Malého Dunaja a Klátovského ramena z Váhu, II. etapa, 1. časť;

Stavba 2: Zvýšenie bezpečnosti územia proti spätnému vzduťiu Malého Dunaja a Klátovského ramena z Váhu, III. etapa;

Stavba 3: Komoča – rieka Nitra, dotesnenie POH km 0,000 – 6,260 a LOH km 0,490 – 6,490 preložky rieky Nitra;

Protipovodňovej ochrany dolného úseku Malého Dunaja – IV. etapa

Zvýšenie bezpečnosti územia proti spätnému vzduťiu Malého Dunaja a Klátovského ramena z Váhu, II. etapa, 2. časť.

Kompletnými zrealizovanými opatreniami sa hodnota ochránených obyvateľov zvýši na 2 150 s potenciálnymi zabránenými povodňovými škodami v hodnote 24 719 441,73 €.

Foto: archív SVP, š. p.

Sfunkčnenie historickej vodnej stavby Dolná Hodrušská (Dolnohodrušký tajch)

Ing. Tomáš Ič

SLOVENSKÝ VODOHOSPODÁRSKY PODNIK, štátny podnik

Slovenský vodohospodársky podnik, štátny podnik, realizoval v rokoch 2013 – 2015 rekonštrukciu vodnej stavby Dolná Hodrušská (nazývaná aj Dolnohodrušký tajch), ktorá je situovaná v Hodrušskej doline v okrese Žarnovica. Vodná stavba Dolná Hodrušská je zapísaná v Zozname svetového kultúrneho a prírodného dedičstva UNESCO v rámci územia Banská Štiavnica a okolie. Keďže toto historické vodné dielo nespĺňalo bezpečnostné a iné technické kritériá, začal Slovenský vodohospodársky podnik, štátny podnik (SVP, š. p.), ako jeho správca a prevádzkovateľ, v druhej dekáde 21. storočia jeho rekonštrukciu.

Rekonštrukcia tajchu predstavovala prebudovanie bezpečnostného priepadu na potrebnú kapacitu (na tzv. 100-ročný prietok), vybudovanie potrubí dnových výpustov, ako aj systému merných a pozorovacích zariadení. Počas rekonštrukcie sa zrealizovala aj sanácia ľavostranného zosuvného svahu nádrže.



Obr. 1 Realizácia štôlne dnových výpustov

Po skončení rekonštrukcie tohto historického vodného diela sa počas jeho prvého plnenia po rekonštrukcii detegovali v hrádzovom telese a jeho podloží anomálie vo forme rozkolísanosti hladín podzemných a priesakových vôd v novovybudovanom pozorovacom systéme. Tieto anomálie sa nepodarilo odstrániť lokálnou opravou časti hrádzu v roku 2018, a tak sa na vodnom diele vyhlásila havária. Z uvedeného dôvodu bol tajch úplne vypustený. Nasledovalo obdobie komplexného zmonitorovania a vykonania radu meraní a pozorovanií režimu prúdenia vôd v celom rozsahu hrádzového telesa.



Obr. 2 Budovanie ovládania uzáverov dnových výpustov

Anomálie na tomto vodnom diele sa pravdepodobne vyskytovali aj v minulosti, avšak vzhľadom na absenciu merných a pozorovacích zariadení nebolo možné prípadné nedostatky a poruchy identifikovať, čo sa podarilo až dnes vďaka vyspelejšej technike. Na základe vyhodnotenia výsledkov meraní prúdenia vody v hrádzi tajchu sa v roku 2019 komplexne opravilo hrádzové teleso zrealizovaním podzemnej tesniacej steny v celej dĺžke hrádzu dýzovou injektážou.



Obr. 3 Realizácia podzemnej tesniacej steny



Obr. 4 Napustená vodná nádrž po rekonštrukcii a oprave

Po rekonštrukcii a oprave vodného diela a odstránení havárie nasledovalo obdobie prvého plnenia v súlade s manipulačným poriadkom tejto vodnej stavby. Na prelome rokov 2020/21 sa podarilo na vodnej nádrži dosiahnuť maximálnu prevádzkovú hladinu 528,00 m n. m. a vplyvom výraznej zrážkovej činnosti sa preverila aj funkčnosť bezpečnostného priepadu. Aj napriek tomu treba konštatovať, že vodná stavba Dolná Hodrušská zostáva naďalej pod drobnohľadom jej prevádzkovateľa (SVP, š. p.), ako aj Vodohospodárskej

výstavby, š. p., ako organizácie poverenej výkonom technicko-bezpečnostného dohľadu (TBD). Vodné dielo je v súčasnosti v štádiu overovacej prevádzky z hľadiska TBD. V letnom období roku 2021 vypracuje Vodohospodárska výstavba, š. p., súhrnnú správu z overovacej prevádzky, v ktorej budú uvedené prípadné podmienky na jeho ďalšie prevádzkovanie.

Z aspektu SVP, š. p., je potrebné konštatovať, že rekonštrukcie a opravy historických tajchov sú vždy nielen veľkou neznámou, ale aj pomerne rizikovou záležitosťou. Existujú síce informácie o histórii vodných diel (spôsob výstavby, historické udalosti týkajúce sa tajchov, vzniknuté poruchy a spôsoby ich sanácie), avšak absentujú merateľné technické parametre o ich skutočnom stave. K dispozícii nemáme žiadnu projektovú dokumentáciu obsahujúcu dosiahnuté parametre vodných diel po ich vybudovaní alebo prípadných rekonštrukciách v minulosti. Tieto informácie je potrebné pred rekonštrukciou získať súčasnými odbornými metódami, ktoré predstavujú pre správcu a prevádzkovateľa tajchov nemalé náklady, pričom na ich zistenie je zároveň potrebné zvoliť správne metódy a postupy. Rovnako to bolo aj pri rekonštrukcii a oprave Dolnohodružského tajchu.

Napriek vyššie uvedeným problémom je v súčasnosti možné predpokladať, že zrealizovaná rekonštrukcia a následná oprava vodného diela zabezpečili jeho opätovné sfunkčnenie. Zostáva dúfať, že po skončení overovacej prevádzky bude Dolnohodružský tajch opäť plnohodnotne slúžiť všetkým účelom, ako aj občanom a návštevníkom banskoštiavnického regiónu.

Foto: archív SVP, š. p.



Obr. 5 Vodná nádrž v zime v roku 2021

Odpadové vody – možný zdroj informácií o výskyte mutácií a trendoch šírenia ochorenia COVID-19 v populácii?

doc. Ing. Tomáš Mackuľák, PhD., Msc. Michal Tamáš

Ústav chemického a environmentálneho inžinierstva na Fakulte chemickej a potravinárskej technológie Slovenskej technickej univerzity v Bratislave

Anotácia

K dnešnému dňu sa objavilo viacero predpokladov a myšlienok, ktoré smerujú k možnosti využitia monitoringu odpadových vôd aj za účelom včasného odhalenia napríklad možných ohnisk ochorení podobných COVID-19 v určitej oblasti alebo populácii. Súčasné poznatky poukazujú na možnosť detekcie vírusu SARS-CoV-2 z exkrementov v odpadových vodách pomocou RT-PCR techník. Dôležitým krokom je však kvantifikácia vírusu v odpadovej vode. Aby bola metodika monitoringu čo najpresnejšia, vírus alebo jeho fragmenty sa musia odpadovou vodou dobre šíriť a určitý čas v nej nepodliehať rozkladu. V prípade vírusu SARS-CoV-2 sa dnes zameriavame na špecifické fragmenty RNA. Pomocou genetického sekvenovania by sme vedeli ďalej odhaliť aj mutácie kolujúce v populácii. Je tiež potrebné poznať mieru uvoľňovania vírusu počas infekcie z ľudského tela. Včasnú detekciu ohnisk nákazy tak možno zaznamenať najmä na základe zmeny jeho výskytu v čase v kombinácii s parametrami charakterizujúcimi skúmanú populáciu a dôsledným zadefinovaním miesta odberov v kanalizačnej sieti.

ÚVOD

Myšlienku merania spotreby ilegálnych drog na základe analýz odpadových vôd vyslovili Daughton a Ternes už v roku 1999 [1]. Vývoj nových metodík a pokroky v oblasti analytickej chémie a molekulárnej biológie viedli postupne k tomu, že sa začal v odborných kruhoch udomácňovať pojem „sewage epidemiology“, teda epidemiológia odpadových vôd. Zucato svojou štúdiou v roku 2005 poukázal na možnosť analyzovania ilegálnych drog v odpadových vodách a následne aj v životnom prostredí, čím prvýkrát uviedol hypotézu Daughtona a Ternesu reálne do praxe [2]. Postupne zistil, že na základe analýzy dominantného metabolitu drogy je možné odhadnúť počet použitých dávok vo vybranej odkanalizovanej lokalite. Po 15 rokoch možno skonštatovať, že sa táto vedná oblasť stále vyvíja a napreduje. Svedčia o tom i štúdie z roku 2019 a 2020, ktoré opisujú možnosti monitorovania rôznych skupín biomarkerov endogénneho ľudského metabolizmu, nových typov drog a psychoaktívnych látok (NPS), problematiku kontaminácie potravín a pitných vôd pesticídmi a mikotoxínmi či možnosti identifikácie génov rezistencie na vybrané antibiotikum v sledovanej populácii [3 – 7]. Napríklad, na základe kvantitatívneho merania špecifických biomarkerov v odpadových vodách z rôznych regiónov a miest môžeme následne hodnotiť životný štýl určitej populácie, výskyt niektorých typov chorôb, ako aj negatívny či pozitívny vplyv životného prostredia na jej zdravie [8]. Je však potrebné poznamenať, že monitoring zdravia vymedzenej populácie v určitých regiónoch nemusí byť vždy vítaný. Môže totiž odhaliť environmentálne znečistenie v danej oblasti a jeho následný dopad na región či určitú populáciu, čo môže mať

v konečnom dôsledku vplyv napríklad na turizmus, trh s nehnuteľnosťami a podobne.

V súčasnosti je bežné, že vo viacerých krajinách EÚ sa realizujú každoročne analýzy ilegálnych drog (napr. Taliansko, Švajčiarsko, Anglicko, Francúzsko, Nórsko, Belgicko, Fínsko, Švédsko, Česko, Poľsko, Rakúsko, Slovensko) [9 – 12]. Možno povedať, že monitoring odpadových vôd sa rozvíja najmä vďaka výskumným aktivitám v Európe. V roku 2013 vznikol pod záštitou Rámcového programu EÚ Horizont 2020 projekt COST ES1307, združujúci viacerých odborníkov z oblasti epidemiológie a analýzy drog a liečiv v odpadových vodách. Asociácia COST už dnes zastrešuje 36 členských krajín a jej úlohou je koordinovať výskum v Európe a napomáhať napríklad Európskemu monitorovaciemu centru pre drogy a drogovú závislosť (EMCDDA) monitorovanie nezákonného narábania s omamnými látkami [13, 14].

KORONAVÍRUS SARS-COV-2 A ODPADOVÉ VODY

Vírusy, aj keď máme čoraz pokročilejší zdravotný systém, môžu spôsobovať širokú škálu zdravotných problémov v populácii, pričom vyvolávajú značné obavy pre ich schopnosť mutovať a stať sa odolnými často proti rôznym dezinfekčným postupom [15]. Množstvo vírusov spôsobuje človeku ťažké až smrteľné ochorenia. Príkladom sú najmä hemoragické horúčky vyvolané vírusmi ako Ebola alebo Marburg s úmrtnosťou nad 60% či ochorenie nazývané besnota, ktorého pôvodcom je RNA vírus z rodu *Lyssavirus* (úmrtnosť, ak sa prejavila príznaky ochorenia, je nad 99,9%) [16, 17]. Niektoré rýchlo sa šíriace sezónne vírusy môžu okrem zvýšených nákladov na zdravotnú starostlivosť napáchať aj značné ekonomické

škody vinou zníženej produktivity práce atď. Príkladom môžu byť genetické mutácie vírusu chrípky, ktoré spôsobili viaceré epidémie či pandémie. V podstatne menšom rozsahu bolo možné pozorovať lokálne epidémie pri koronavírusoch MERS-CoV a SARS-CoV [18]. Koronavírus SARS-CoV-2 začiatkom roku 2020 však vyvolal celosvetovú pandémiu ochorenia COVID-19, ktorá výrazne zasiahne do ekonomiky prakticky všetkých krajín sveta [19].

Štúdia Holbrook a kol. (2020) ukazuje, že vírus SARS-CoV-2 je možné určitý čas identifikovať na rôznych povrchoch, a teda pri omytí kontaminovaných predmetov sa môžu aj týmto spôsobom vírusy dostávať až do odpadovej vody (vírus SARS-CoV-2 je možné identifikovať na plastoch a oceli aj po 72 hodinách, na papieri po 24 hodinách, na medi po štyroch hodinách a v aerosólových časticách po 3 hodinách) [20]. Zistilo sa, že približne 2 – 10% prípadov pozitívnych na ochorenie COVID-19 malo hnačku [21 – 23], pričom prítomnosť RNA vírusu bola identifikovaná v stolici [22, 23]. WHO v súčasnosti neviduje žiadny prenos ochorenia COVID-19 fekálnou a orálnou cestou [23]. Štúdia autorov Yeo a kol. (2020) potvrdzuje možný prenos vírusu SARS-CoV-2 oro-fekálnou cestou [24]. Štúdia autorov Medema a kol. (2020) poukazuje okrem iného aj na možnosť detekcie vírusu v odpadových vodách pomocou RT-PCR analýzy. Autori sa pri identifikácii vírusu zamerali na detekciu troch fragmentov génu (N1-3) nukleokapsidového proteínu, ako aj jedného fragmentu génu (E) obalového proteínu ako dôkazu prítomnosti vírusu. Toto zistenie je dôležité a naznačuje, že monitoring odpadových vôd by mohol byť do budúcnosti citlivým nástrojom na sledovanie výskytu vírusu SARS-CoV-2 v populácii [25]. Li a kol. (2020) vo svojej štúdii píše, že až 86% jedincov infikovaných vírusom je asymptomatických, a teda monitoring odpadových vôd by mohol byť jedným z dôležitých ukazovateľov prevalencie ochorenia v meste alebo regióne [26]. Odpadové vody zo zdravotníckych zariadení (najmä nemocnice s koncentrovanejším výskytom pacientov s ochorením COVID-19) môžu mať v produkovanej odpadovej vode zvýšený výskyt tohto vírusu. Aj začatie očkovania a liečba rekonvalescentnou plazmou vyvíja selektívny tlak na vírus, aby mutoval, preto je dôležité genetické sekvenovanie vzoriek odpadových vôd. V takýchto vzorkách vieme zistiť veľké množstvo mutácií cirkulujúcich v populácii. Tento predpoklad už potvrdilo niekoľko štúdií v zahraničí aj na Slovensku, ktoré odhalili aj mutácie nezachytené sekvenovaním klinických vzoriek [27, 28, 29].

ODPADOVÉ VODY – MOŽNÝ ZDROJ INFORMÁCIÍ ŠÍRENIA OCHORENIA COVID-19 V POPULÁCIÍ

Veľkosť vírusov (v desiatkach či stovkách nanometrov) im dovoľuje ľahko sa transportovať v rôznych zložkách životného prostredia (často sú nasorbované na malých časticách) [15]. Výskyt určitých typov vírusov v odpadových vodách môže počas roka výrazne kolísať. Napríklad štúdia Katayama a kol. (2008) zdôrazňuje, že výskyt norovírusov v odpadových vodách je najvýraznejší v mesiacoch november až apríl, kým koncentráciu adenovírusov možno brať za konštantnú celý rok [30]. Ako bolo už opísané, niektoré skupiny patogénnych

vírusov, napr. norovírusy alebo enterovírusy, sú sezónne, avšak počas celého roka sa môžu zachytiť v nárastových biofilmoch na stenách potrubí. Biofilm tak môže prispievať k ich výskytu a šíreniu v odpadových vodách celoročne [31].

Vznik infekčných ohnisk, lokálnych epidémií či celosvetových pandémieí nie je možné dobre predpovedať. Tu sa ukazuje ako naše výrazne zraniteľné miesto nedostatočná možnosť včas reagovať. Je to spôsobené zabehnutými postupmi klasickej epidemiológie, ktorá identifikuje prepuknutie daného ochorenia až na základe určitých klinických prejavov [15]. Preto teraz stojí pred technológmi a vedcami z oblasti monitoringu odpadových vôd výzva zameraná primárne na možnú detekciu a opísanie trendov ochorení spôsobených napríklad koronavírusom SARS-CoV-2. Na základe rôznych štúdií existuje predpoklad, že sa aktívny vírus SARS-CoV-2 alebo jeho rozkladné fragmenty môžu dostávať v exkrementoch pacientov až do odpadových vôd [22, 24, 25]. Keď aj ďalšie štúdie z iných miest sveta potvrdia možnú detekciu vírusu z odpadových vôd, môže táto metodika oveľa rýchlejšie a lacnejšie zachytiť vlnu šíriacej sa infekcie, resp. jej možný návrat, než len za pomoci testovania symptomatických jedincov. Na monitoring vírusov v odpadových vodách sú potrebné dáta o ich kvantite, ktoré je možné získať pomocou kvantitatívnej polymerázovej reťazovej reakcie (označuje sa qPCR alebo RT-PCR) preto, že práve nárast koncentrácie vírusov naznačuje možný začiatok prepuknutia choroby [15].

Monitorovanie časových zmien výskytu vírusov v odpadových vodách v kombinácii s analýzou vybraných metabolitov a biomarkerov (kreatinín, cholesterol, amoniakálny dusík a iné) v komunálnej odpadovej vode [15, 32, 33, 34] alebo analýzou aktívnych sim-kariet [35] môže viesť až k zisteniu lokalít, kde vznikajú ohniská. Okrem toho dôsledne vybrané miesta odberov vzoriek z kanalizačného systému môžu umožniť zdefinovanie lokalít či regiónov, odkiaľ sa môže začať šíriť ochorenie (tzv. bodové ohniská) [15].

Pri monitoringu vírusov z odpadových vôd môžeme, podobne ako pri sledovaní spotreby napríklad ilegálnych drog, narážať na niektoré prekážky a nedostatky [36]. Ide opäť o analytickú náročnosť samotného stanovenia hľadaných vírusov, možnú nejednotnosť prebiehajúcich vzorkovaní a následných analýz, ktoré si vyžadujú určité investičné a prevádzkové náklady. Monitoring môže komplikovať aj vysoký podiel balastných a odpadových vôd zo zdravotníckych zariadení. Je potrebné zistiť, či monitoring vírusov môžu do určitej miery ovplyvňovať napríklad faktory ako zloženie mikrobiálneho spoločenstva v monitorovanej kanalizácii, chemické znečistenie, typ kanalizácie, čas zdržania vody v stokovej sieti (ak je vírus vylučovaný infikovaným jedincom do odpadovej vody v jeho exkrementoch, je možné detegovať len obmedzený čas), hodnota pH, teplota atď. [15].

Aby bol monitoring určitých ochorení založený na analýze odpadových vôd úspešný vo väčšom geografickom meradle, než iba na národnej úrovni, je potrebné, aby si najmä štátne inštitúcie jednotlivých krajín uvedomili možný prínos tejto monitorovacej metódy v súvislosti napr. s kontrolou šírenia ochorenia Covid-19 [36]. Národné grantové agentúry by mali poskytovať zvýšenú podporu a rozvoj rôznych kapacít najmä formou grantov na monitorovanie odpadových vôd

v čistiarnach. Treba si však uvedomiť, že monitorovanie stavu a trendov šíriaceho sa ochorenia COVID-19 si bude vyžadovať oproti existujúcim a zabehnutým postupom a metódam aplikovaným pri monitorovaní napríklad spotreby drog viaceré modifikácie či zmeny [36]. Pozitívom, najmä v Európe, je, že je už vybudovaná sieť vedeckých inštitúcií a pracovísk vo viacerých štátoch v rámci monitoringu ilegálnych drog (pravidelne sa publikujú nadnárodné štúdie opisujúce najmä problematiku výskytu a spotreby drog) [9 – 11], ktoré by bolo možné využiť aj na účely utvorenia systému včasného varovania pred nastupujúcou pandémiou.

V súčasnosti začali intenzívny výskum v tejto oblasti viaceré krajiny Európy (napr. Holandsko, Švédsko, Švajčiarsko, ale aj Slovensko) a USA, čo viedlo k vzniku platformy „Wastewater-Based Epidemiology for COVID-19“, určenej na rýchlu komunikáciu odborníkov zaoberajúcich sa problematikou výskytu vírusu SARS-CoV-2 v odpadových vodách [34]. V marci 2021 Európska komisia odporučila takisto sekvenovať všetky aglomerácie nad 150-tisíc obyvateľov v rámci iniciatívy nazvanej HERA inkubátor [38]. Možno predpokladať, že do monitoringu odpadových vôd postupne začnú vo väčšej miere zasahovať aj iné vedné odbory, ako mikrosenzorika a postupná automatizácia zberu dát. Treba si teda počkať, čo nám čas (a odpadová voda) v tomto novom odvetví monitoringu odpadových vôd prinesie.

Nasledujúca schéma predpokladá možnosť využitia monitoringu vôd ako jedného zo zdrojov informácií o výskyte a trendoch šírenia ochorenia COVID-19 v populácii.

ZÁVER

V súčasnosti sa vedecké tímy z viacerých krajín sveta, či už na národnej, alebo nadnárodnej úrovni, venujú monitoringu odpadových vôd za účelom zistenia spotreby drog [9 – 11]. Výskum v tejto oblasti sa realizuje už okolo 15 rokov, čoho výsledkom je vývoj nových analytických postupov, možnosť monitoringu nových typov drog či kvantitatívne meranie špecifických biomarkerov v odpadových vodách z rôznych regiónov a miest, čo nám umožňuje hodnotiť napríklad životný štýl populácie [34].

Vynára sa preto dôležitá otázka, či v súčasnej situácii okolo pandémie COVID-19 vyvolanej koronavírusom SARS-CoV-2 je možné všetky získané vedomosti a skúsenosti využiť pri identifikácii ohnisk nákazy určitým typom vírusu? Odpoveď v tejto chvíli však nevieme.

Už sa objavilo viacero predpokladov a myšlienok [15, 36], ktoré však musia potvrdiť štúdie, aby sa monitoring odpadových vôd, za účelom včasného odhalenia možných ohnisk ochorenia podobných COVID-19 v populácii, stal overenou a v širokých vedeckých kruhoch uznávanou detekčnou metódou. Súčasnú poznatky poukazujú na možnosť napr. detekcie vírusu SARS-CoV-2 z exkrementov v odpadových vodách pomocou RT-PCR techník. Dôležitým krokom je však kvantifikácia vírusu v odpadovej vode. Aby bola metodika čo najpresnejšia, vírus a jeho fragmenty sa musia dobre šíriť odpadovou vodou a určitý čas v nej nepodliehať rozkladu. Treba poznať aj mieru uvoľňovania vírusu počas infekcie

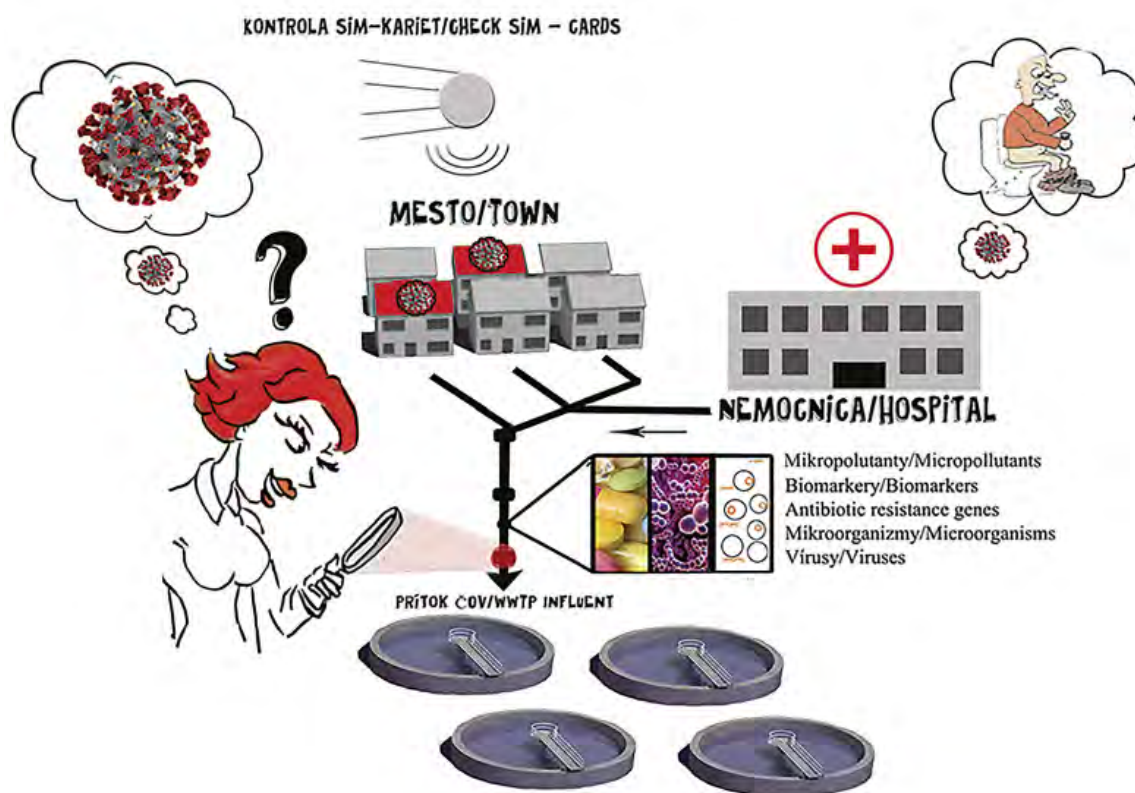


Schéma využitia monitoringu odpadových vôd ako zdroja informácií o šírení ochorenia COVID-19 v populácii

z ľudského tela (niektoré vírusy, ktoré sa vedľa dobre šíria vo vode, sa uvoľňujú z ľudského tela v množstve od $10^2/\text{g}$ do $10^{12}/\text{g}$ exkrementu) [15]. Woelfel pozoroval výskyt RNA vírusu z 8 rôznych pacientov a zistil, že u jedného pacienta môže hodnota RNA kópií počas vrcholu infekcie dosiahnuť 10^8 na gram exkrementu [39]. Včasnú detekciu ohniská nákazy je tak možné zaznamenať najmä na základe zmeny jeho výskytu v čase v kombinácii s parametrami charakterizujúcimi skúmanú populáciu a dôsledným zadaním miesta odberov v kanalizačnej sieti.

POĎAKOVANIE:

Autori ďakujú projektom APVV-19-0250 a PP-COVID-20-0019, VEGA 1/0343/19. Autori ďalej ďakujú STU za finančnú podporu v rámci Grantovej schémy na podporu mladých výskumníkov: Mikroplasty – riziko pre životné prostredie

na Slovensku, Domácnosti ako potenciálny zdroj mikrovĺkien pre životné prostredie a v rámci Grantovej schémy na podporu excelentných tímov mladých výskumníkov: Mikroplasty vo vodách Slovenska – monitoring a možnosti použitia inovatívnych postupov na ich odstránenie, Monitoring a odstraňovanie fragmentov RNA vírusu SARS-CoV-2 v odpadových vodách pomocou železanov a Hospitals and music festivals as point sources of micropollutants in surface water and effective options for their removal. This study was financially supported by project VIR-SCAN – Wastewater monitoring data as an early warning tool to alert COVID-19 in the population (“EOSCsecretariat.eu has received funding from the European Union, Horizon Programme call H2020-INFRAEO-SC-05-2018-2019, grant Agreement number 831644.”) a Project no. 313011ASS8 (co-financed by the European Regional Development Fund).

Literatúra:

- [1] Daughton, C. D., Ternes, T. A. 1999: Pharmaceuticals and personal care products in the environment: Agents of subtle change? *Environmental Health Perspectives* 107 (6), 907 – 38.
- [2] Zuccato, E. a kol. 2005: Cocaine in surface waters: a new evidence-based tool to monitor community drug abuse. *Environmental Health* 4, 14 – 20.
- [3] Gracia-Lor, E. a kol. 2020: Wastewater-based epidemiology for tracking human exposure to mycotoxins. *Journal of Hazardous Materials* 382, 2020, <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2019.121108>.
- [4] Sims, N. a kol. 2020: Based Epidemiology: Monitoring Infectious Disease Spread and Resistance to the Community Level. *Environment International* <https://doi.org/10.1016/j.envint.2020.105689>.
- [5] Castrignanò, E. a kol. 2020: Enantiomeric profiling of quinolones and quinolones resistance gene qnrS in European wastewaters. *Water Research* 175, <https://doi.org/10.1016/j.watres.2020.115653>.
- [6] Rousis, I.N. a kol. 2020: Assessment of human exposure to selected pesticides in Norway by wastewater analysis. *Science of the Total Environment* 723, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.138132>.
- [7] Bijlsma, L. a kol. 2019: Monitoring new psychoactive substances use through wastewater analysis: current situation, challenges and limitations. *Current Opinion in Environmental Science & Health* 9, 1 – 12.
- [8] Castrignanò, E. a kol. 2017: A new approach towards biomarker selection in estimation of human exposure to chiral chemicals: a case study of mephedrone. *Sci. Rep.* 7.
- [9] Ort, C. a kol. 2014: Spatial differences and temporal changes in illicit drugs use in Europe quantified by wastewater analysis. *Addiction* 109(8), 1 338 – 52.
- [10] Thomas, K.V. a kol. 2012: Comparing illicit drug use in 19 European cities through sewage analysis. *Science of the Total Environment* 432, 432 – 9.
- [11] Krizman-Matic, I. a kol. 2019: Long-term monitoring of drug consumption patterns in a large-sized European city using wastewater-based epidemiology: Comparison of two sampling schemes for the assessment of multiannual trends. *Science of the Total Environment*, 647, 474 – 485.
- [12] Van Nuijs, A. L. N. a kol. 2011: Illicit drug consumption estimations derived from wastewater analysis: A critical review. *Science of the Total Environment* 409(19), 3 564 – 77.
- [13] EMCDDA 2020 http://www.emcdda.europa.eu/topics/wastewater_en (online 7. 4. 2020)
- [14] COST 2020 <https://score-cost.eu/> (online 7. 4. 2020).
- [15] Xagorarakis, I. a O'Brien, E. 2020: Wastewater-Based Epidemiology for Early Detection of Viral Outbreaks. *Women in Water Quality, Women in Engineering and Science*, Springer Nature Switzerland AG https://doi.org/10.1007/978-3-030-17819-2_5.
- [16] WHO <https://web.archive.org/web/20141214011751/https://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs103/en/> [online 7. 4. 2020].
- [17] WHO - <https://www.who.int/en/news-room/fact-sheets/detail/rabies> [online 7. 4. 2020].
- [18] WHO - https://www.who.int/csr/sars/country/table2004_04_21/en/ https://cs.wikipedia.org/wiki/SARS#/media/Soubor:Infectious_bronchitis_virus.png [online 7. 4. 2020].
- [19] Woolhouse, M. a kol. 2012: Human viruses: discovery and emergence, *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci.* 367(1604), 2 864 – 2 871.
- [20] Holbrook, G.M a kol. 2020: Aerosol and Surface Stability of SARS-CoV-2 as Compared with SARS-CoV-1. *The New England Journal of Medicine* DOI: 10.1056/NEJMc2004973.
- [21] Wang, D. a kol. 2020: Clinical characteristics of 138 hospitalized patients with 2019 novel coronavirus-infected pneumonia in Wuhan, China. *JAMA.* 2020. Feb 7.
- [22] Xiao, E. a kol. 2020: Evidence for gastrointestinal infection of SARS-CoV. *medRxiv.* doi:10.1101/2020.02.17.20023721.
- [23] Water, sanitation, hygiene and waste management for COVID-19 <https://www.who.int/publications-detail/water-sanitation-hygiene-and-waste-management-for-covid-19> (online 23. 3.2020).
- [24] Yeo, Ch. a kol. 2020: Enteric involvement of coronaviruses: is faecal-oral transmission of SARS-CoV-2 possible? *Lancet Gastroenterol Hepatol* 5(4), 335 – 337.
- [25] Medema, G. a kol. 2020: Presence of SARS-Coronavirus-2 in sewage. doi: <https://doi.org/10.1101/2020.03.29.20045880>.
- [26] Li, R. a kol. 2020: Substantial undocumented infection facilitates the rapid dissemination of novel coronavirus (SARS-CoV2). *Science*, doi 10.1126/science.abb3221.
- [27] Kemp, S. et al.: Neutralising antibodies in Spike mediated SARS-CoV-2 adaptation. *medRxiv* (2020) doi:10.1101/2020.12.05.20241927.
- [28] Crits-Christoph, A. et al.: Genome Sequencing of Sewage Detects Regionally Prevalent SARS-CoV-2 Variants. 12, 9 (2021).
- [29] Izquierdo-Lara, R. et al.: Monitoring SARS-CoV-2 circulation and diversity through community wastewater sequencing. <http://medrxiv.org/lookup/doi/10.1101/2020.09.21.20198838> (2020) doi:10.1101/2020.09.21.20198838.
- [30] Katayama, H. a kol. 2008: One-year monthly quantitative survey of noroviruses, enteroviruses, and adenoviruses in wastewater collected from six plants in Japan. *Water Research* 42, 1 441 – 1 448.
- [31] Skrabber, S. a kol. 2009: Occurrence and persistence of enteroviruses, noroviruses and F-specific RNA phages in natural wastewater biofilms. *Water Research* 43, 4 780 – 4 789.
- [32] Been, F. a kol. 2014: Population normalization with ammonium in wastewater-based epidemiology: application to illicit drug monitoring. *Environ Sci Technol* 48, 8 162 – 8 169.
- [33] Chen, C. a kol. 2014: Towards finding a population biomarker for wastewater epidemiology studies. *Sci Total Environ* 487, 621 – 628.
- [34] Choi, M.P. a kol. 2018: Wastewater-based epidemiology biomarkers: Past, present and future. *Trends in Analytical Chemistry* 105, 453 – 469.
- [35] Lomba, B.A.J. a kol. 2019: Assessing alternative population size proxies in a wastewater catchment area using mobile device data. *Environmental Science & Technology* DOI: 10.1021/acs.est.8b05389.
- [36] Daughton, Ch. 2020: The international imperative to rapidly and inexpensively monitor community-wide Covid-19 infection status and trends. *Sci Total Environ* <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.138149>.
- [37] <https://www.covid19wbec.org/> (online 7. 4. 2020).
- [38] "HERA Incubator", European Commission - European Commission. https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/fs_21_650 (cit apr. 20, 2021).
- [39] Woelfel, R. a kol. 2020: Clinical presentation and virological assessment of hospitalized cases of coronavirus disease 2019 in a travel-associated transmission cluster. *medRxiv.* doi: <https://doi.org/10.1101/2020.03.05.20030502>.



Matematické modelovanie zmien využitia územia pomocou fyzikálne založeného a empirického modelu na území Slovenska a Poľska

Ing. Zuzana Némětová, PhD.

Slovenská technická univerzita Bratislava

Anotácia

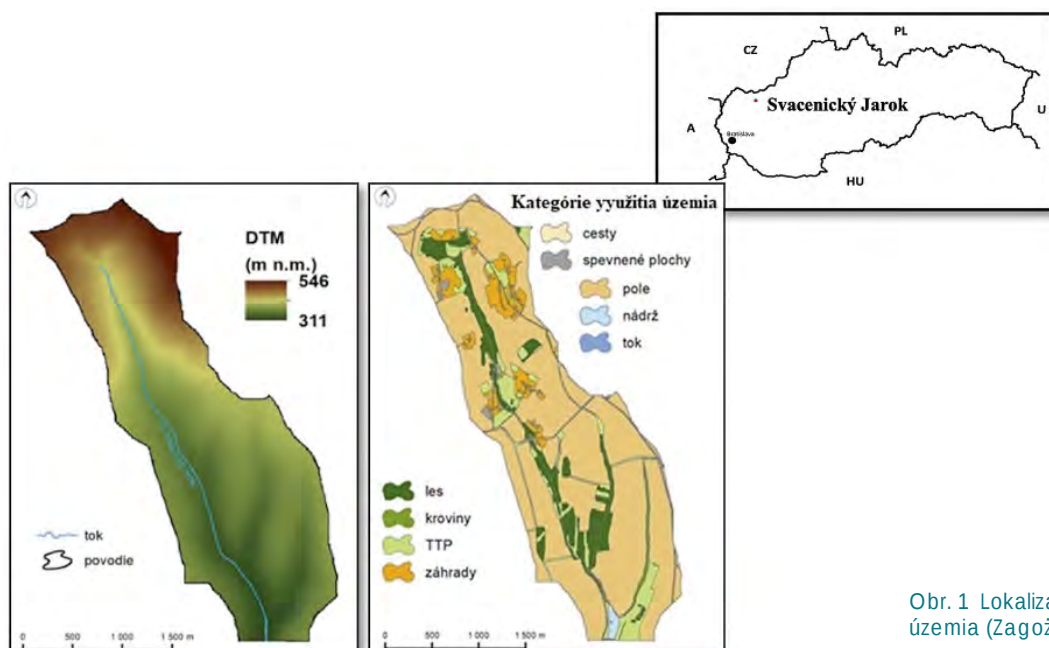
Článok sa zaoberá aplikáciou, validáciou a porovnaním matematických modelov a hodnotí vplyv zmien využívania územia na intenzitu vodnej erózie pôdy. Validácia EROSION-3D modelu a empirického modelu USLE-SDR sa robila na výskumných územiach Slovenska a Poľska. Na území Slovenskej republiky sa použila validácia modelu na základe batymetrického merania množstva sedimentov v poldri Svacenickej jarok a na základe kontinuálneho radu zrážok. V prípade Poľska boli modely validované na základe merania sedimentov vo vodnej nádrži Staw Górny. Výsledky odhalili miesta ohrozené vodnou eróziou v rámci zvolených území a zahŕňajú i porovnanie medzi jednotlivými modelmi, ako aj s reálne nameranými dátami.

ÚVOD

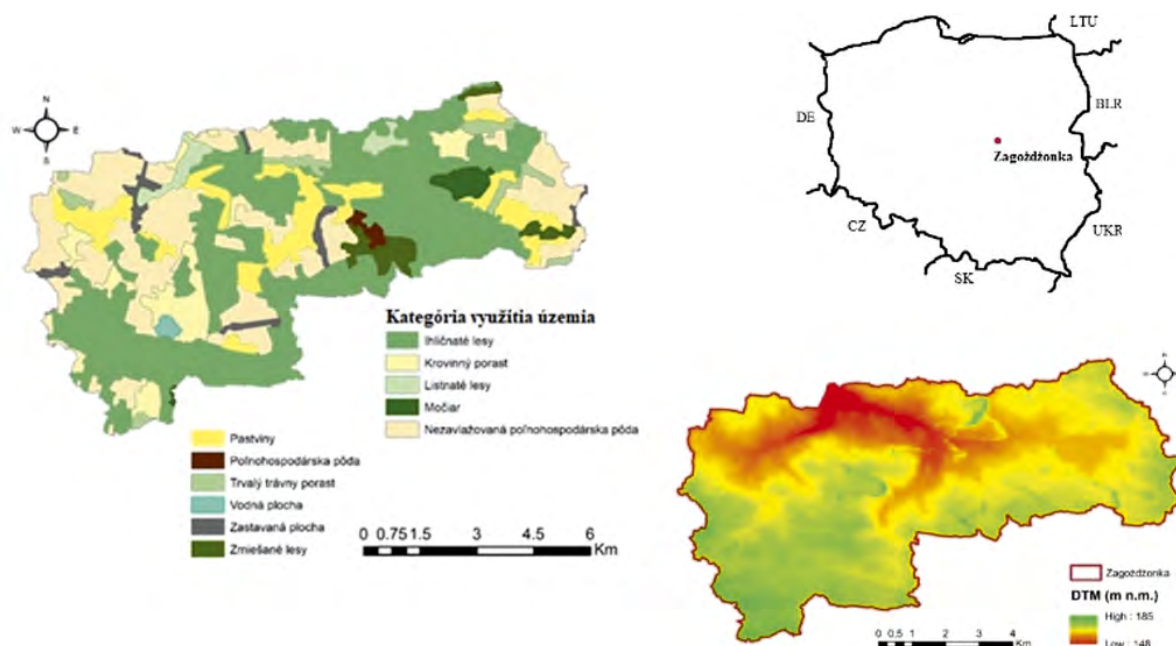
Rastúci a kritický globálny problém degradácie pôdy, ktorý je prudko akcelerovaný neprimeranými ľudskými činnosťami, zasahuje svojou rozsiahlosťou do rôznych iných sfér (produkcia potravín, kvalita pitnej vody, manažment povodňových rizík, tolerancia sucha, eutrofizácia, biodiverzita, ekosystémové služby, zmeny zásob uhlíka) (Young, 2015).

V rámci jednotlivých degradačných procesov predstavuje vodná erózia najvážnejší problém, keďže celosvetovo 55% erodovanej pôdy spôsobila práve vodná erózia pôdy (Bridges, Oldeman, 1999).

Dôležitosť predikcie pôdnej erózie spolu s kvantifikovaním množstva sedimentov vyplýva z poskytovania príslušných informácií pre inžiniersku hydrológiu, environmentálne modelovanie a prognózu. Na stanovenie množstva sedimentov máme k dispozícii množstvo metód, avšak výber vhodnej metódy je stále veľmi zložitý a komplikovaný. Mnoho metód a modelov je zaťažovaných rôznymi problémami (nahodnotenie reálneho stavu, neistota modelov, nedostatok vstupných údajov, kalibrácia modelov, nedostatok vhodných lokalít na terénne merania), pretože modelovanie prírodného systému vždy ovplyvňujú mnohé faktory, ako sú priestorová a časová variabilita a heterogenita, veľmi nestabilné vstupné



Obr. 1 Lokalizácia výskumného územia (Zagożdżonka, Poľsko)



Obr. 2 Charakteristika využitia územia (vľavo) a digitálny model reliéfu (vpravo) povodia Zagożdżonka, Poľsko

údaje (počiatočná vlhkosť pôdy, objemová hmotnosť pôdy a pod.) (Jakeman et al., 1999).

Príspevok sa zaoberá aplikáciou a validáciou fyzikálne založeného EROSION-3D modelu a empirického modelu USLE-SDR v rámci územia Slovenska a stredného Poľska. Osobitným prínosom príspevku je prehĺbenie dosiaľ nadobudnutých poznatkov o využití, aplikácii a validácii EROSION-3D modelu na základe nadviazania spolupráce s Varšavskou univerzitou vied v strednom Poľsku. Spoločnou črtou oboch lokalít je predchádzajúce stanovenie eróznio-transportných procesov predovšetkým prostredníctvom empirických prístupov, preto aplikácia fyzikálne založeného modelu spoločne s jeho validáciou sa považuje za ďalší významný prvok tohto príspevku.

VÝSKUMNÉ LOKALITY

Výskumné územie Svacenický jarok (Slovenská republika)

Svacenický jarok sa nachádza v oblasti Myjavskej pahorkatiny v západnej časti Slovenskej republiky (obr. 1). Oblasť je náchylná na prívalové a bahenné povodie vinou rýchleho odtoku, čo je prejavom prírodných a socio-ekonomických zmien a takmer 600-ročnej antropogénnej transformácie prírodnej krajiny Myjavskej pahorkatiny s dubovými a bukovými lesmi. V súčasnosti 66% rozlohy územia predstavuje orná pôda, lesy pokrývajú 9%, trávnaté porasty 9%, vodné plochy 7%, záhrady 6%, zástavba 2% a kroviny 1%. Dominantným pôdnym druhom sú luvizeme (68%), pararendzina (28%) a najmenšie zastúpenie majú kambizeme (3,7%). Územím prechádza vodný tok Svacenický jarok (pravostranný prítok toku Myjava) a reprezentuje chrbtový tok územia, ktorý sa v spodnej časti vlieva do malej vodnej nádrže (poldra). Mesto Myjava v minulosti sužovali časté povodne (Bučko, Mazurová, 1958; Stankoviansky, 1999; Stankoviansky, 2003; Dotterweich

et al., 2013), preto sa v roku 2012 začala výstavba poldra Svacenického jarku za účelom zabezpečenia protipovodňovej ochrany územia v zmysle zníženia povodňových prietokov.

Výskumné územie Zagożdżonka (Poľsko)

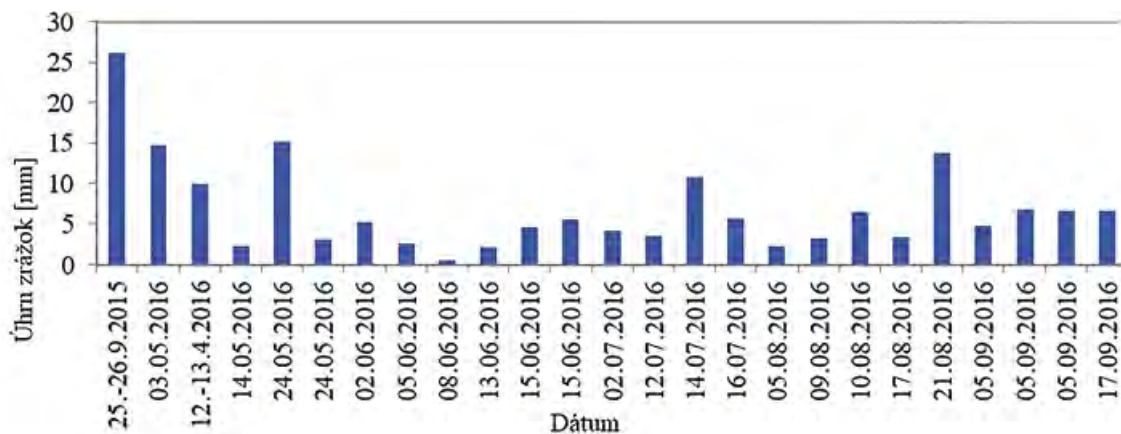
Druhou výskumnou lokalitou je povodie Zagożdżonka v strednom Poľsku, približne 100km južne od hlavného mesta Varšavy v oblasti Mazovskej nížiny (obr. 2). Povodie má nížinný charakter a topografiu typickú pre túto časť Poľska. Prevláda poľnohospodárske využitie s pokryvom ornej pôdy zaberajúcej 48% rozlohy povodia. Dominuje pestovanie zemiakov a pšenice. Lesy zaberajú 39% povodia a pasienky pokrývajú zvyšných 13%. Charakteristiku využitia územia reprezentuje obr. 2.

METODIKA

V rámci príspevku sa spracúvajú dve rozdielne výskumné územia. Jedným z nich je povodie Svacenického jarku na území Slovenskej republiky a druhým povodie Zagożdżonka nachádzajúce sa na území Poľska.

Charakteristika vstupných údajov a metodického postupu v lokalite Svacenický jarok, Slovenská republika

Na modelovanie eróznio-transportných procesov sa použil fyzikálne založený EROSION-3D model, ktorý vyžaduje tri vstupné parametre. Prvým z nich sú zrážkové úhrny, ktoré sa namerali na meteorologickej stanici Myjava za hodnotené obdobie september 2015 – október 2016. Charakteristiky jednotlivých zrážkových udalostí (dátum výskytu, úhrn zrážok) vidíme na obr. 3. Ďalším vstupným parametrom sú informácie o pôde, ktoré sa získali na základe terénnych meraní.



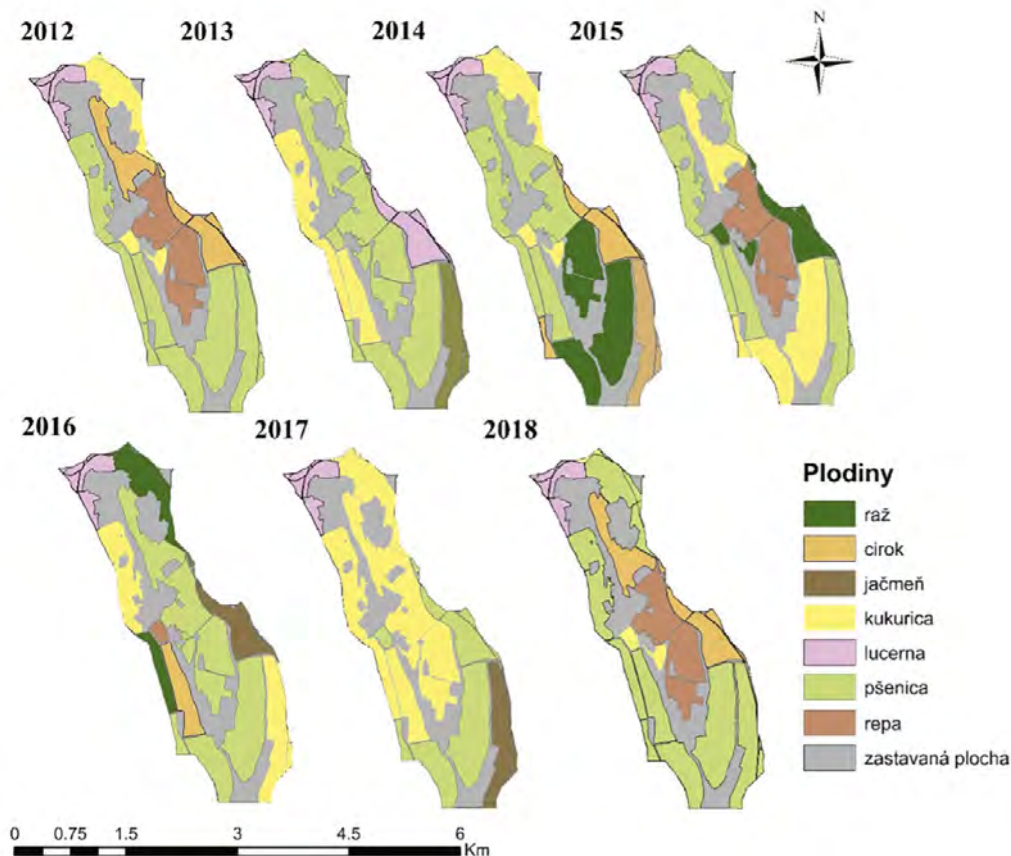
Obr. 3 Celkový úhrn zrážok a dátum výskytu vybraných zrážkových udalostí počas hodnoteného obdobia: september 2015 – október 2016

Posledný vstupný parameter predstavuje digitálny model reliéfu. Modelovanie v EROSION-3D modeli sa uskutočnilo pomocou dlhodobých simulácií a kontinuálneho radu zrážkových úhrnov.

Terénny prieskum a odber pôdných vzoriek v lokalite Svacenický jarok

Terénny prieskum a odber pôdných vzoriek v lokalite Svacenický jarok sa uskutočnil v letnom období v roku 2018

v spolupráci s Masarykovou univerzitou v Brne. Jeho cieľom bola okrem odobratia a vyhodnotenia pôdných vzoriek aj osobná komunikácia s miestnymi odborníkmi a zástupcami poľnohospodárskej výroby za účelom presnej identifikácie pestovaných plodín v obdobiach od rokov 2012 – 2018 (obr. 4). Takáto identifikácia plodín počas uvedených období bola dôležitá pre presné definovanie pôdných parametrov v rámci modelových simulácií. V príspevku išlo o spracované obdobie 2015 – 2016. Na základe osobnej komunikácie so zástupcami miestnych poľnohospodárov sa zistilo, že na 49% ornej



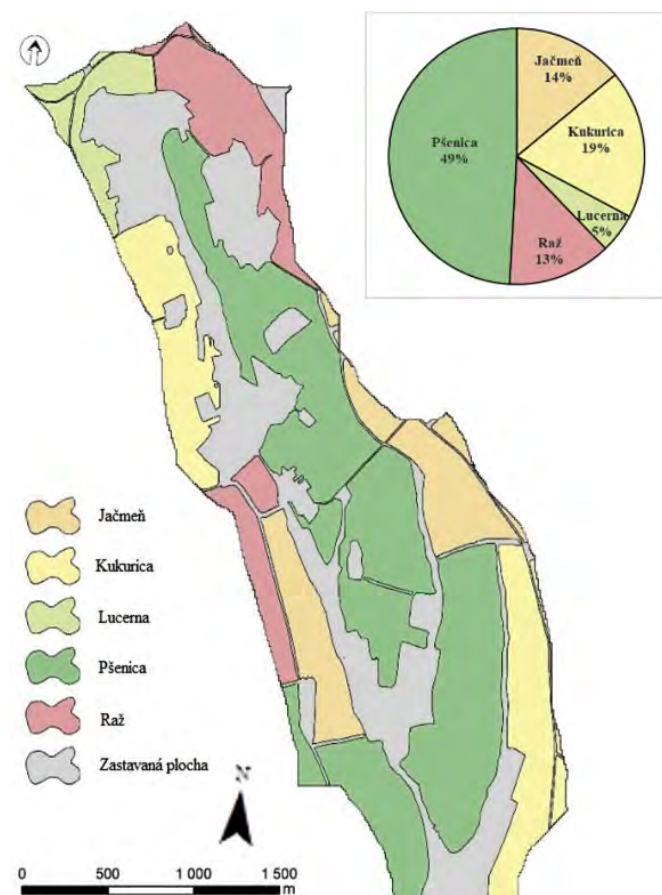
Obr. 4 Grafické znázornenie zastúpenia plodín vo výskumnej lokalite Svacenický jarok pre hodnotené obdobia; 2012 – 2018

Tab. 1 Vzťahy medzi modelovými vstupmi a výstupmi

Vstup/Výstup	Povrchový odtok (m ³)	Množstvo sedimentov (kg/m)	Hodnota čistej erózie (Net erosion) (t/ha)
Objemová hmotnosť	✓	✓	✓
Pokrytie povrchu pôdy	x	✓	x
Erózna odolnosť	x	✓	✓
Počiatková vlhkosť pôdy	✓	✓	✓
Drsnosť povrchu pôdy	x	✓	✓
Obsah organickej hmoty	✓	✓	✓
Opravný koeficient	✓	✓	✓

x – Pôdny parameter neovplyvňuje modelový výstup.

✓ – Pôdny parameter ovplyvňuje modelový výstup.



Obr. 5 Percentuálne zastúpenie a grafické znázornenie pestovaných plodín v hodnotenom období (2015 – 2016)

pôdy územia (od septembra 2015 do októbra 2016) sa pestuje pšenica, potom kukurica (19 %), jačmeň (14 %), raž (13 %) a lucerna (5 %). Grafickú interpretáciu identifikácie plodín v hodnotenom období znázorňuje obr. 5 a percentuálne zastúpenie jednotlivých plodín je uvedené v tab. 2.

Citlivostná analýza pôdných parametrov

Citlivostná analýza je neodmysliteľnou súčasťou každej vedeckej práce a významným elementom hodnotenia akéhokoľvek modelu. Predstavuje proces zmeny vstupných hodnôt

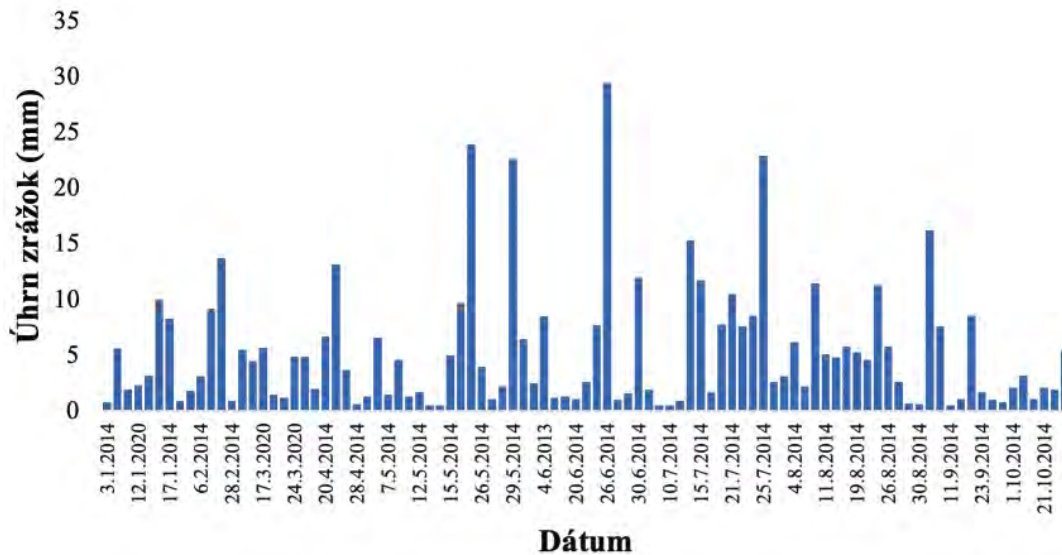
Tab. 2 Percentuálne zastúpenie plodín v hodnotenom období (2015 – 2016)

Typ plodiny	Obdobie (2015 – 2016)
	[%]
Jačmeň	14
Kukurica	19
Lucerna	5
Pšenica	49
Raž	13

s identifikáciou vplyvu týchto zmien na konečné výsledky. Jednotlivé matematické modely zobrazujú reálny systém pomocou rozdielných prístupov, a preto je prínosné poznať veľkosť vplyvu vstupných parametrov modelu na simulované výstupy. Kvantifikácia a identifikácia prepojenia medzi modelovými vstupmi a výstupmi, ako aj pochopenie modelových vzťahov predstavujú ciele, ktoré chceme dosiahnuť pomocou citlivostnej analýzy. V prípade modelu EROSION-3D išlo o vykonanie citlivostnej analýzy 7 pôdných vstupných parametrov s využitím jednosmernej citlivostnej analýzy. Podstatou prístupu jednosmernej analýzy je zmena jedného parametra pri ponechaní zvyšných parametrov bez zmeny. Hodnoty pôdných vstupných parametrov sa zvyšovali a znižovali o 10 % oproti referenčnému čiže pôvodnému stavu. Vybranou simulovanou plodinou bola kukurica na siláž, pretože predstavuje najviac frekventovanú plodinu na skúšanom území. V rámci zrážkových dát sa zvolila intenzívna zrážková udalosť zo dňa 27. augusta 2017, meraná na meteorologickej stanici Myjava (6,92 mm/17 min.). Vzťahy medzi modelovými vstupmi a výstupmi obsahuje tab. 1. Zistilo sa, že na vplyv povrchového odtoku majú najväčší dosah tieto pôdne vstupy: objemová hmotnosť, počiatková vlhkosť pôdy, obsah organickej hmoty a hodnota opravného koeficientu. Naopak, na množstvo sedimentov mali vplyv všetky pôdne vstupné parametre (Honek et al., 2020; Némětová et al., 2019).

Charakteristika vstupných údajov a metodického postupu v lokalite Zagożdżonka, Poľsko

V rámci územia Poľska išlo o aplikáciu fyzikálne založeného EROSION-3D modelu a empirického modelu USLE-SDR, ktorý predstavuje empirický prístup na stanovenie množstva sedimentov. Validácia modelov sa urobila na základe odmeraného množstva sedimentov vo vodnej nádrži Staw Górny. Na modelovanie vo fyzikálne založenom EROSION-3D modeli sa tiež použili dlhodobé simulácie založené na kontinuálnom rade zrážok za obdobie od januára 2014 do októbra 2014. Všetky vstupné parametre potrebné pre EROSION-3D model (digitálny model reliéfu, pôdne parametre, zrážky), ako aj pre empirický model USLE-SDR poskytnutla varšavská univerzita v rámci programu COST (CA 16209). Spracované zrážkové úhrny v 10-minútovom kroku zaznamenané na zrážkovej stanici Plachty sú na obr. 6. V tomto prípade boli spracované všetky zrážkové udalosti (nie iba erózne účinné, ako v prípade lokality Svacenickej jarok) vyskytujúce sa počas zvolených období (zanedbané boli iba veľmi malé zrážkové udalosti <0,01).



Obr. 6 Celkový úhrn zrážok a dátum výskytu vybraných zrážkových udalostí počas hodnoteného obdobia: január 2014 – október 2014

Empirický model USLE-SDR

Na porovnanie fyzikálne založeného a empirického prístupu sa vybral empirický model USLE-SDR, ktorý predstavuje univerzálnu rovnicu straty pôdy (USLE) v kombinácii s modelom SDR (sediment delivery ratio) využívaným na kvantifikáciu odnosu sedimentov. Pri aplikovaní modelu USLE v iných oblastiach ako v USA je potrebné determinovať regionálne parametre, napr. hodnotu faktora R (erózná účinnosť dažďa). Odvodenie týchto parametrov sa zrealizovalo v rámci predchádzajúcich štúdií (Banasik, Górski, 1993; Banasik et al., 2001).

Vodná nádrž Staw Górny

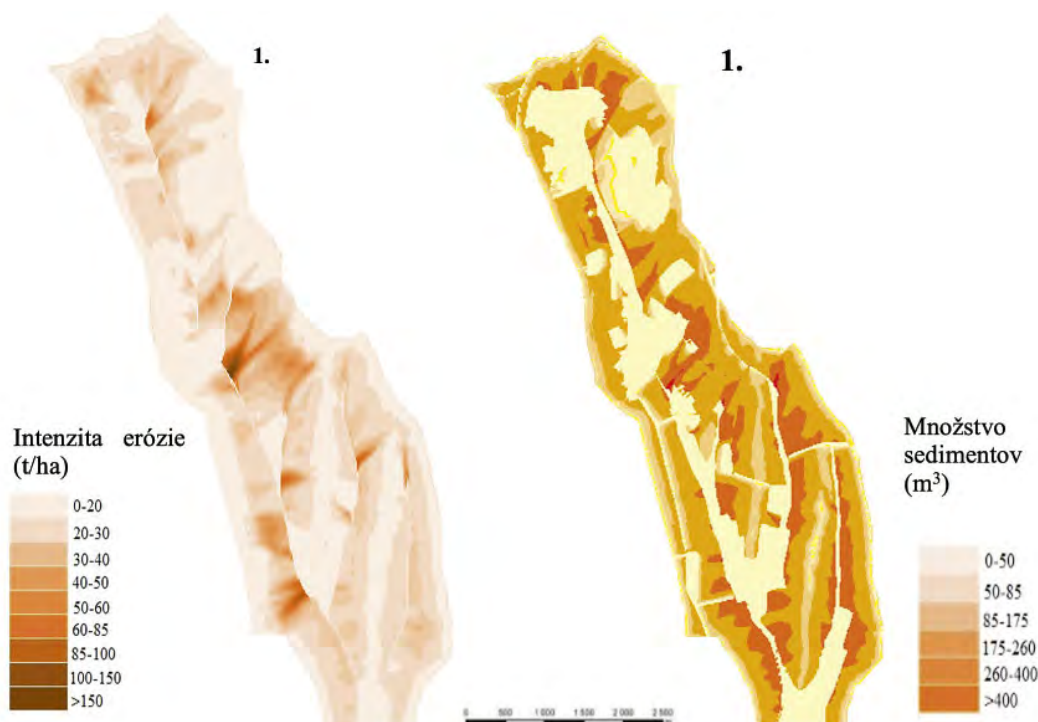
Vodná nádrž Staw Górny (obr. 7) postavili v roku 1976 a dôvodom jej výstavby bolo zásobovanie miestnej chemickej továrne vodou. Z tohto pôvodného cieľa sa postupne upustilo a hlavným účelom nádrže sa stala rekreácia pre 19 tisíc obyvateľov mesta Pionki. Celková plocha nádrže predstavuje 14 ha a pôvodný objem nádrže bol 252 tisíc m³ pri hladine vody v nádrži na kóte 146,70 m n. m. Hĺbka vody je definovaná na 2,6 metra s celkovou dĺžkou nádrže 900 metrov. V roku 1986, t. j. 10 rokov od jej výstavby, sa zaznamenalo zvýšenie hladiny dna nádrže o 42 cm. Usadzovanie sedimentov



Obr. 7 Vodná nádrž Staw Górny, Pionki



Obr. 8 Polder Svacenícký jarok



Obr. 9 Množstvo sedimentov stanovené pre hodnotené obdobie: september 2015 až október 2016

v nádrži a v oblastiach nad vodnou nádržou je hlavný problém, ktorý trápí povodie Zagożdżonka vinou pretrvávajúcej eróznej činnosti. Preto sa stanovenie množstva a intenzity sedimentov spoločne s pravidelným zameriavaním dna nádrže považujú za prínosné a zároveň i za najspoľahlivejšiu techniku stanovenia intenzity sedimentácie. Prvé zameriavanie vodnej nádrže sa uskutočnilo už v rokoch 1979 – 1980 metódou Range Line (Banasik & Mordziński, 1982), ďalej v rokoch 1991 a 2003 (Banasik et al., 2005). V roku 2009 sa urobilo posledné zameriavanie dna vodnej nádrže, a to na základe vrstevnicovej metódy a hydrografického systému, ktorého súčasťou bola ozvučná jednotka s globálnym určovaním polohy pomocou systémového GPS prijímača.

VÝSLEDKY

Validácia EROSION-3D modelu – Svacenický jarok, Slovenská republika

Validácia EROSION-3D modelu bola uskutočnená na kontinuálnom rade úhrnov zrážok nameraných na meteorologickej stanici Myjava a na základe batymetrického merania dnových sedimentov v poldri Svacenický jarok. V prípade použitých zrážkových udalostí sa vyseletovali minútové zrážkové udalosti, ktoré boli vyhodnotené ako erózne účinné na základe metodiky podľa Renard et al. (1997). Pre každú jednu zrážkovú udalosť sa určil vlastný súbor parametrov pôdnych charakteristík, ktoré korešpondujú s dátumom výskytu zrážkovej udalosti a konkrétnou plodinou. V rámci tohto kroku môžeme vidieť dôležitosť identifikácie pestovaných plodín. Na validáciu EROSION-3D modelu sa použili merania z roku 2015 (22. 9. 2015) a z roku 2016 (6. 10. 2016), pričom bol celkový počet

zozbieraných dát 3 017. Výsledky ukázali výskyt intenzívnych erózných procesov v lokalitách so sklonom nad 10°. Spoločne s nesprávne nastaveným poľnohospodárskym obrábaním pôdy (širokoriadkové plodiny) sú tieto lokality vystavené pôsobeniu erózných procesov (obr. 9). Predpovedané množstvo sedimentov pomocou EROSION-3D modelu v rámci zvolených období bolo 286,65 m³, čo predstavuje o 35% nižšie množstvo sedimentov v porovnaní s meraným množstvom sedimentov v Svacenickom poldri.

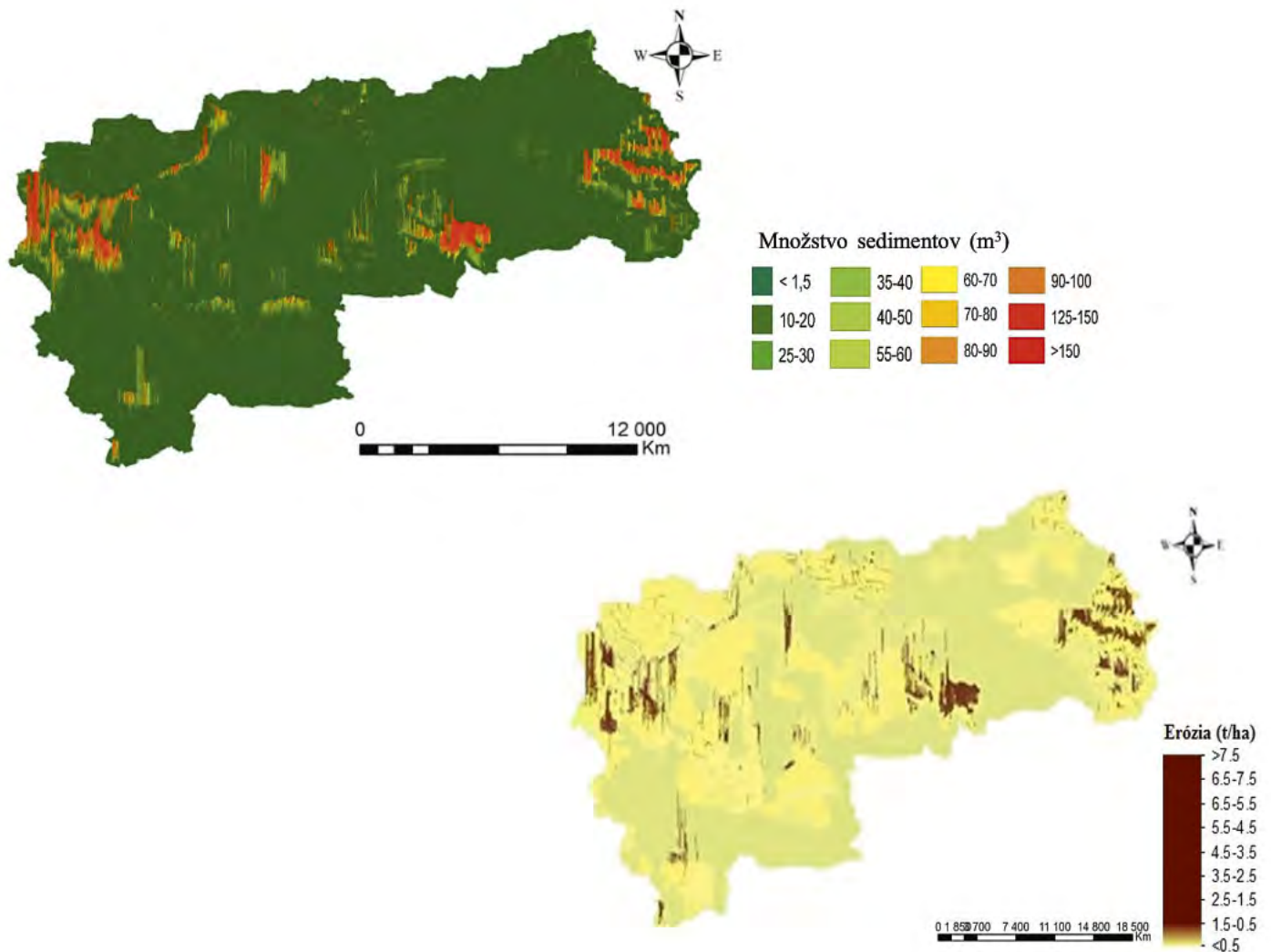
Validácia fyzikálne založeného EROSION-3D modelu – Zagożdżonka, Poľsko

Priemerné ročné množstvo sedimentov zachytených vo vodnej nádrži Staw Górny predstavuje 1 080 m³. Porovnaním modelov EROSION-3D a USLE-SDR sa bližšie k nameraným sedimentom v nádrži priblížil empirický model USLE-SDR (tab. 3).

Tab. 3 Porovnanie dosiahnutých výstupov (USLE-SDR, vodná nádrž Staw Górny, EROSION-3D model)

Metódy stanovenia množstva sedimentov	Množstvo sedimentov (m³)
USLE-SDR	708
Meranie v nádrži STAW GÓRNY	1 080
EROSION-3D model (scenár B)	678

V tomto prípade EROSION-3D model predpovedal o 45% nižšie množstvo sedimentov, ako sa skutočne nameralo, avšak ukázal sa ako spoľahlivý nástroj na určenie priestorovej lokalizácie miest ohrozených vodnou eróziou (obr. 10). Množstvo sedimentov určené EROSION-3D modelom bolo nižšie preto, že EROSION-3D model neberie do úvahy dnové sedimenty, kým množstvo sedimentov kvantifikované modelom USLE-SDR



Obr. 10 Výsledky modelovania erózie pomocou fyzikálne založeného EROSION-3D pre obdobie január 2014 – október 2014

zahŕňa aj dnové sedimenty, čo sme prediskutovali v spolupráci s varšavskou univerzitou a keďže nešlo o významny rozdiel, považujeme to za prijateľné.

ZÁVER

Príspevok sa zaoberá aplikáciou a validáciou matematických modelov použitých na vyhodnotenie intenzity eróznoprosportných procesov na území Slovenska a Poľska. Na stanovenie intenzity eróznoprosportných procesov sa použil fyzikálne založený EROSION-3D model a empirický model USLE-SDR.

Významným prínosom príspevku je spolupráca so zahraničnou inštitúciou, vďaka čomu prišlo k prehĺbeniu poznatkov o dosiaľ málo využívanom EROSION-3D modeli, s cieľom nahradit dlhodobou používané empirické metódy hodnotenia intenzity eróznoprosportných procesov, ako aj vypracovať metodický postup na aplikáciu, kalibráciu a validáciu EROSION-3D modelu v rámci jednotlivých výskumných území. Keďže spoločným

znakom oboch lokalít je predchádzajúce stanovenie eróznoprosportných procesov predovšetkým pomocou empirických prístupov, aplikácia fyzikálne založeného modelu sa považuje za najdôležitejší prínos príspevku.

V súčasnosti máme k dispozícii obrovské množstvo eróznoprosportných modelov, avšak za významný nedostatok v celom procese matematického modelovania sa považuje validácia a kalibrácia týchto modelov. Dôvodom je nielen absencia meraných dát, na základe ktorých by bolo možné tieto modely validovať, ale aj diskutabilná relevantnosť výsledkov validácie (v prípade, ak sú k dispozícii merania).

V rámci tohto príspevku sa urobila validácia modelov na základe nielen batymetrického merania množstva sedimentov, ale aj kontinuálneho radu zrážok pre vybrané povodie na území Slovenska a Poľska. V prípade prvej lokality (Svacenický jarok, Slovenská republika) išlo o validáciu EROSION-3D modelu na základe batymetrického merania množstva sedimentov v poldri Svacenický jarok pomocou

zariadenia Autonomous Underwater Vehicle v spolupráci s Ústavom hydrologie Slovenskej akadémie vied (ÚH SAV).

V prípade druhej výskumnej lokality (Zagożdżonka, Poľsko) sa na stanovenie množstva sedimentov použili fyzikálne založený model EROSION-3D a empirický model USLE-SDR. Tieto modely sa následne porovnali s meraným množstvom sedimentov vo vodnej nádrži Staw Górný. Rovnako ako v prípade prvej lokality i v tomto prípade EROSION-3D model predikoval nižšie množstvo sedimentov oproti pozorovanému množstvu sedimentov v nádrži, a to konkrétne o 37,22%. Z výsledkov získaných v rámci empirického modelu USLE-SDR možno pozorovať aj podhodnotenie množstva sedimentov vo vzťahu k meranému vzťahu, a to o 34,44%.

V štúdií sme použili dva prístupy; fyzikálne založený model a empirický model, pričom sa zistili výhody a nevýhody v rámci oboch použitých modelov, a tak nie je možné vyvodiť záver, ktorý model možno považovať za lepší, prípadne

vhodnejší, pretože každý z nich disponuje určitými výhodami a nevýhodami. Medzi najväčší nedostatok empirického modelu USLE-SDR patrí predovšetkým nadhodnotenie vplyvu zrážkových udalostí (v úvahu berie celkové ročné a mesačné úhrny) v porovnaní s EROSION-3D modelom, ktorý pracuje s tzv. erózne účinnými dažďami. Značná výhoda využitia EROSION-3D modelu je v možnosti pozorovať hodnotenie zmien využitia územia na intenzitu erózných procesov pomocou modelovania rôznych scenárov pestovaných poľnohospodárskych plodín. Pri hodnotení EROSION-3D modelu z aspektu projekčnej praxe možno vyvodiť záver, že poskytuje vhodný pomocný nástroj pri analýze a lokalizácii miest ohrozených eróziou pôdy, pri vytváraní a vyhodnocovaní scenárov využitia krajiny, projektovaní technických protierózných opatrení alebo pri posudzovaní odozvy v krajine vplyvom zrážkových udalostí (skutočných i návrhových).

Foto: autor

Literatúra:

- Banasik, K., Gorski, D. 1993: Evaluation of rainfall erosivity for East Poland. In *Runoff and Sediment Yield Modelling (Proceedings of an International Symposium, Warszawa, September, s. 129 – 134. Warsaw Agricultural University Press, Warsaw, Poland.*
- Banasik, K., Gorski, D., Mitchell, J. K. 2001: Rainfall erosivity for East and Central Poland. In *Soil Erosion Research for the 21st Century*. s. 279 – 282.
- Banasik, K., Mordziński, S. 1982: Wyniki badan i prognoza zamulania malego zbiornika wodnego (Investigation results and prediction of small reservoir siltation). In *Selected problems of hydraulic structures – designing and constructing*. s. 62 – 77. Warsaw Agricultural University Press, Warsaw, Poland.
- Banasik, K., Hejduk, L., Popek, Z. 2005: Sediments problems of small river catchments and reservoir in Poland. Publications of the Institute of Geophysics, *Polish Academy of Sciences, Monograph*, vol. E-5 (387), s. 179 – 207.
- Bhattarai, R., Dutta, D. 2007: Estimation of Soil Erosion and Sediment Yield Using GIS at Catchment Scale. *Water Resources Management*, 21, s. 1 635 – 1 647.
- Bridges, E.M., Oldeman, L.R. 1999: Global assessment of human-induced soil degradation. *Arid Soil Research and Rehabilitation*, vol. 13/issue 4, s. 319 – 325.
- Bučko, Š., Mazurová, V. 1958: Výmolvá erózia na Slovensku. In *Zborník: Vodná erózia na Slovensku*. Bratislava: SAV, s. 68 – 101.
- Dotterweich, M., Stankoviansky, M., Minár, J., Koco, Š., Papčo, P. 2013: Human induced soil erosion and gully system development in the Late Holocene and future perspectives on landscape evolution: The Myjava Hill Land, Slovakia. *Geomorphology*, roč. 201, s. 227 – 245. ISSN 0169-555X.
- Jakeman, A.J., Green, T.R., Beavis, S.G., Zhang, L., Dietrich, C.R., Crapper, P.F. 1999: Modelling upland and instream erosion, sediment and phosphorus transport in a large catchment. *Hydrological Processes* 13, s. 745 – 752. DOI:10.1002/(sici)1099-1085(19990415)13:5<745::aid-hyp777>3.0.co;2-e.
- Honek, D., Némětová, Z., Kohnová, S., Šulc Michalková, M. 2020: Sensitivity analysis of soil parameters and their impact on runoff-erosion processes. *Pollack Periodica*, vol. 15, č. 1, s. 53 – 64. ISSN 1788-1994. doi:10.1556/606.2020.15.1.6.
- Némětová, Z., Honek D. and Kohnová, S. 2019: Citlivostná analýza pôdných parametrov v modeli EROSION-3D a ich vplyv na odtokovo-erózne procesy (The sensitivity analysis of soil parameters in EROSION-3D model and their effect on runoff-erosion processes). *Czech Journal of Civil Engineering*, vol. 5, č. 1, s. 83 – 89. ISSN 2336-7148.
- Renard, K., Foster, G., Weesies, G., McCoil, D., Yoder, D. 1997: Predicting Soil Erosion by Water: a Guide to Conservation Planning with Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE). *USDA Agricultural Handbook*, č. 703, s. 404. ISBN 0-16-048938-5.
- Stankoviansky, M. 1999: Geomorphic response of agricultural landscape to land use changes associated with introduction of large-scale farming in Slovakia. In *Soil conservation in large-scale land use*. Bratislava : SSC, SSCRI, s. 49 – 58. ISBN 80-86361-60-4.
- Stankoviansky, M. 2003: Historical evolution of permanent gullies in the Myjava Hill Land, Slovakia. *Catena*, roč. 51, č. 3 – 4, s. 223 – 239. ISSN: 0341-8162.
- Young, R., Orsini, S., Fitzpatrick, J.: *Soil Degradation: Major Threat to Humanity*. UK: Sustainable Food Trust 2015, s. 15. dostupné online: http://assets.fsnforum.fao.org/s3-eu-west-1.amazonaws.com/public/discussions/contributions/Soil-degradation-Final-final_0.pdf



Retenční schopnost půd a krajiny a možnosti jejího zvyšování v podmínkách klimatické změny

Ing. Kateřina Suchá

Ústav vodního hospodářství krajiny

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební

Anotácia

Téma tohoto příspěvku bude zpracováno v disertační práci s názvem *Retenční schopnost půd a krajiny a možnosti jejího zvyšování v podmínkách klimatické změny*, která bude obsahovat komplexní zhodnocení retenční schopnosti krajiny v závislosti na použití půdoochranné technologie. Účelem práce je porovnání vybraných hydropedologických charakteristik v kontextu hospodaření s půdou a také vyhodnocení změn vybraných fyzikálních hydropedologických charakteristik v průběhu roku v podmínkách klimatické změny. Dílčím cílem je zhodnocení agrolesnických opatření provedených v rámci pozemkových úprav a jejich vlivu na vlastnosti půdy.

ÚVOD

V současné době by se měl klást výrazný důraz na ochranu půdy a její kvalitu, zadržení vody v krajině a celkově na změnu současného vzhledu a stavu krajiny. Půda patří k nejcenějším přírodním bohatstvím každého státu a je též přírodním zdrojem, který nelze obnovit, a proto je nutno ji chránit. Zaujímá významnou složku životního prostředí s širokým rozsahem funkcí a je základním výrobním prostředkem v zemědělství i lesnictví. Jednou z pro člověka nejdůležitějších vlastností půdy je její úrodnost, která je podmíněna množstvím vody, vzduchu a živin.

Na našem území je půda ohrožena převážně vodní a větrnou erozí, dále pak utužením, acidifikací, sesuvy, znečištěním a úbytky organické hmoty. Za nejčastější způsob degradace půdy považujeme právě vodní erozi.

Vodní eroze má negativní vliv zejména na odnos organických a minerálních částic půdy z erodovaných ploch a jejich ukládání na jiných místech. Dalšími negativními účinky vodní eroze jsou škody na majetku obcí i soukromníků, zanášení vodních toků a vodních nádrží, pronikání chemických a dalších rizikových látek do vodního prostředí. Tyto škody si každoročně vyžádají nemalé náklady na jejich odstranění a jejich hodnota je v podstatě nevyčíslitelná.



Obr. 1 Zemědělská krajina z jiné perspektivy

Podle analýz Výzkumného ústavu meliorací a ochrany půdy je v současné době v České republice ohroženo více než 50% zemědělské půdy vodní erozí a více než 10% větrnou erozí. Zejména pak v posledních několika desítkách let se degradace půdy vlivem eroze velmi výrazně zrychlila. Na vině je především intenzifikace zemědělství a větší míra pěstování některých plodin.

V oblasti zemědělství však stále převládá průmyslová agrotechnika s rozsáhlými monokulturními lány a nadměrným používáním hnojiv a pesticidů. Tento přístup má velice nepříznivý dopad na kvalitu půdy, podzemních vod i na biodiverzitu. Toto téma už se objevilo v řadě výzkumů a vědeckých prací, ale změny jsou zatím spíše zanedbatelné. Dalo by se říct, že ke změně ve způsobu nakládání s ornou půdou ve prospěch krajiny dochází jen pozvolna, např. omezováním maximální souvislé výměry jedné plodiny na orné půdě (Standardy dobrého zemědělského a environmentálního stavu, DZES 7d).

Náš výzkum je zaměřen na prokázání pozitivního vlivu citlivě provedených pozemkových úprav a přijetí určitých opatření v rámci způsobu hospodaření s půdou v oblasti zemědělství. Šetrné nakládání se zemědělskou půdou by nemělo znamenat finanční znevýhodnění. Tento výzkum je zatím na začátku a jeho vývoj je značně zpomalen momentální situací, nicméně by měl pokračovat i v dalších letech.

METODY A DATA

Charakteristika území

Vybraná zájmová lokalita se nachází v Jihomoravském kraji v okrese Hodonín v katastrálním území Šardice v oblasti intenzivně zemědělsky využívané, kde byly dokončeny komplexní pozemkové úpravy. Toto katastrální území tvoří především zemědělské plochy se stopami po intenzivní těžbě lignitu

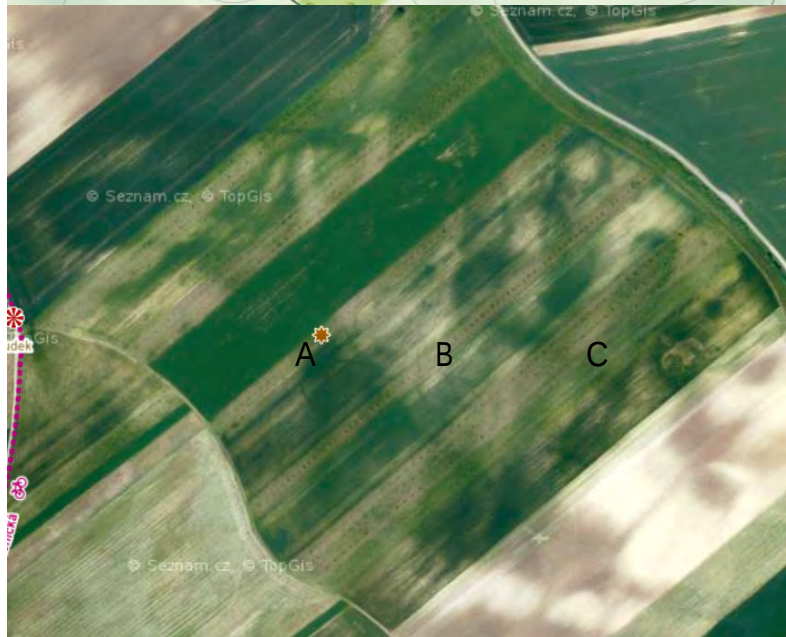


Obr. 2 Pohled na zkoumanou lokalitu z dronu (zdroj: Ing. Michal Kříška, Ph.D.)

během 19. a 20. století. Vzhledem k rozsáhlosti provedených opatření a velikosti zkoumaného území byla vybrána jedna konkrétní lokalita, kde je prováděn podrobnější výzkum, a to taková, kde se nachází trojice pásů s liniovou výsadbou



Obr. 3 Pohled na zkoumanou lokalitu z dronu (zdroj: Ing. Michal Kříška, Ph.D.)



Obr. 4 Označení pásů se stromy

dřevin (na obr. 4 pásy označeny písmeny A, B, C) střídaná zemědělskými plodinami.

V rámci komplexních pozemkových úprav, které v katastrálním území Šardice proběhly, byla navržena vedle sítě polních cest především protipovodňová a protierozní opatření v návaznosti na územní systém ekologické stability. Na pěti lokalitách, mezi které patří i námi zkoumaná lokalita, došlo k dosažení ekologické rovnováhy a utlumení různých druhů degradace zemědělsky využívané půdy a k úpravě erozních a vodohospodářských poměrů. Návrh vodohospodářských a protierozních opatření byl vytvořen na základě detailního posouzení hydrologických poměrů. Mezi provedená organizační opatření patří optimální delimitace druhů pozemků, ochranné zatravnění na erozně ohrožených lokalitách, protierozní rozmístění plodin ve svazích, pásové střídání plodin, a výsadba v protierozním směru. V rámci agrotechnických opatření došlo k výsevu do ochranné plodiny, strniště, mulče či posklizňových zbytků, k zatravnění erozně ohrožených mezířadí v sadech, vinicích a chmelnicích, k osetí mezířadí, mulčování a k hrázkování a důlkování povrchu půdy v mezířadí za účelem zadržení dešťové vody na povrchu půdy. Stěžejní částí navržených opatření jsou opatření biotechnická a technická jako protierozní průlehy a meze, zasakovací pásy a stabilizace drah soustředěného povrchového odtoku pomocí zatravnění údolnic. V rámci KPÚ také vznikly 4 záchytné protipovodňové nádrže a systém polních cest.

Vzhledem k rozsáhlosti provedených opatření a velikosti řešeného území byla pro výzkum účinnosti navržených opatření vybrána jedna konkrétní lokalita s realizovanými agrolesnickými systémy, kde je v rámci projektů TAČR BD122001010

Účinnost přírodně blízkých opatření pro eliminaci nepříznivých důsledků hydrologických extrémů v podmínkách klimatické změny a TH04030409 Agrolesnické systémy pro ochranu a obnovu funkcí krajiny ohrožované dopady klimatických změn a lidskou činností prováděn podrobnější výzkum.

Modelová lokalita s agrolesnickými opatřeními tedy zahrnuje soustavu tří zasakovacích travních pásů s linií výsadbou dřevin, střídanou dvěma pásy se zemědělskými plodinami. Převládajícím půdním typem v zájmové lokalitě je černozem, tedy nejúrodnější typ půdy. Konkrétněji zde převažuje hlavní půdní jednotka číslo 08, dále v menším zastoupení 01, 40, 41 a 56. Toky a vodní plochy v zájmovém území spadají do oblasti povodí Moravy. Souběžně s východní hranicí zájmové lokality protéká katastrálním územím Šardický potok. Zájmová lokalita spadá do teplé a na srážky chudé klimatické oblasti.

Agrolesnická opatření

Jak bylo zmíněno výše, zkoumaná lokalita se nachází na území s navrženými a provedenými agrolesnickými opatřeními, která patří mezi přírodně blízká plošná opatření pro zadržení vody v krajině. Jedná se o kombinaci větší zemědělské plochy a výsadby dřevin za účelem zlepšení stavu krajiny s ohledem na ekologické i ekonomické faktory. Taková opatření pozitivně přispívají k omezení vzniku vodní i větrné eroze, snížení teploty, optimalizaci vlhkosti, ohumusování půdy, zvýšení biodiverzity a v neposlední řadě plní také estetickou funkci. Kořeny vysázených stromů přispívají k infiltraci vody do půdy.



Obr. 5 Silvoorebný systém – topol a ječmen, Bedfordshire 2002 (zdroj: <https://www.agroforestry.co.uk>)



Obr. 6 Silvopastorální systém – USDA National Agroforestry Center (zdroj: U.S. Department Of Agriculture)

Dle *Katalogu přírodě blízkých opatření pro zadržení vody v krajině* (Jan WEGER, Bohdan LOJKA, Radim KOTRBA a Jakub HOUSKA) rozlišujeme základní dva typy agrolesnických systémů, tj. postupné agrolesnictví, kdy pěstujeme nejdříve dřeviny a až poté zemědělské plodiny či naopak, případně souběžné agrolesnictví, kdy pěstujeme oboje zároveň. Při souběžném pěstování obou plodin rozeznáváme liniové výsadby stromů na půdním bloku (tzv. silvoorebné systémy), pastviny obohacené o libovolnou výsadbu dřevin (tzv. silvopastorální systémy) a tzv. výmladkové plantáže, které obsahují rychle rostoucí typy stromů. Na námi zvolené lokalitě dochází k paralelnímu pěstování ječmene a ovocných stromů.

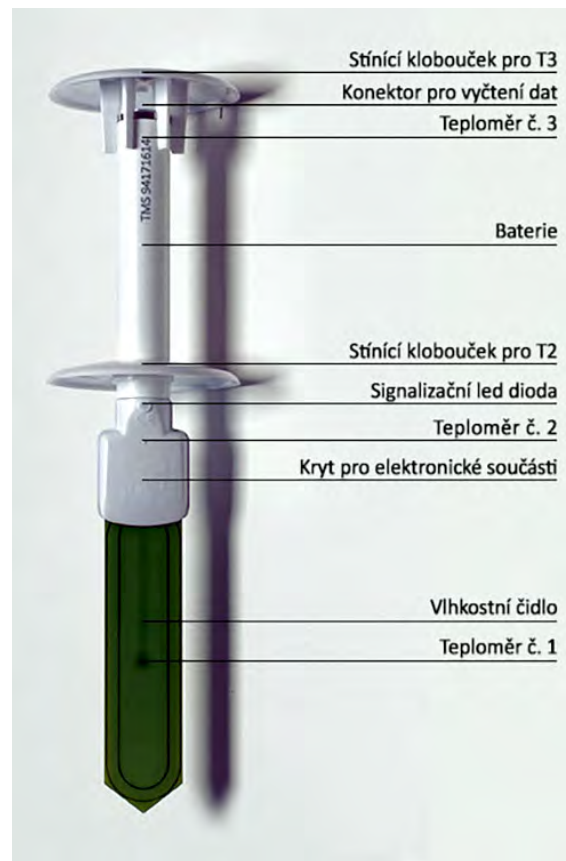
Agrolesnické systémy byly na území současné České republiky využívány už dříve, ale postupem času nejspíše začaly být vytěšňovány velkými monokulturními plochami, intenzifikací a rozměrnými zemědělskými stroji. Z dnešního odborného pohledu se většina agrolesnických systémů dá v zásadě nazvat biokoridory, které jsou čím dál potřebnější. Tato opatření mohou být v krajině velmi užitečná právě v boji s klimatickými extrémami jako je sucho a přívalové deště a mohou vést k lepší udržitelnosti agrární krajiny. Četné příklady využití agrolesnických systémů můžeme najít v tropických a subtropických oblastech, kde je zemědělství ovlivňováno klimatem ve větší míře. Na našem území se i přes velký potenciál jedná spíše o malé izolované oblasti jako např. pasené ovocné sady v Bílých Karpatech, případně menší zahradní plochy s ovocnými stromy doplněnými chovem zvířat. Česká krajina tedy i nadále zůstává spíše krajinou výrazně diverzifikovanou, i když v rozvoji může pomoci například vznik Českého spolku pro agrolesnictví, který byl založen ve spolupráci s Českou zemědělskou univerzitou v Praze.

Metody

Na vybrané lokalitě byl během vegetačního období v rámci výzkumného úkolu TAČR několikrát proveden odběr půdních vzorků pomocí 33 kopaných sond a další odběry jsou naplánovány. Byly odebrány vzorky porušené i neporušené (do Kopeckého válečku) z hloubek 20 cm a 50 cm, vhodné



Obr. 7 Odběr půdního vzorku do Kopeckého válečku



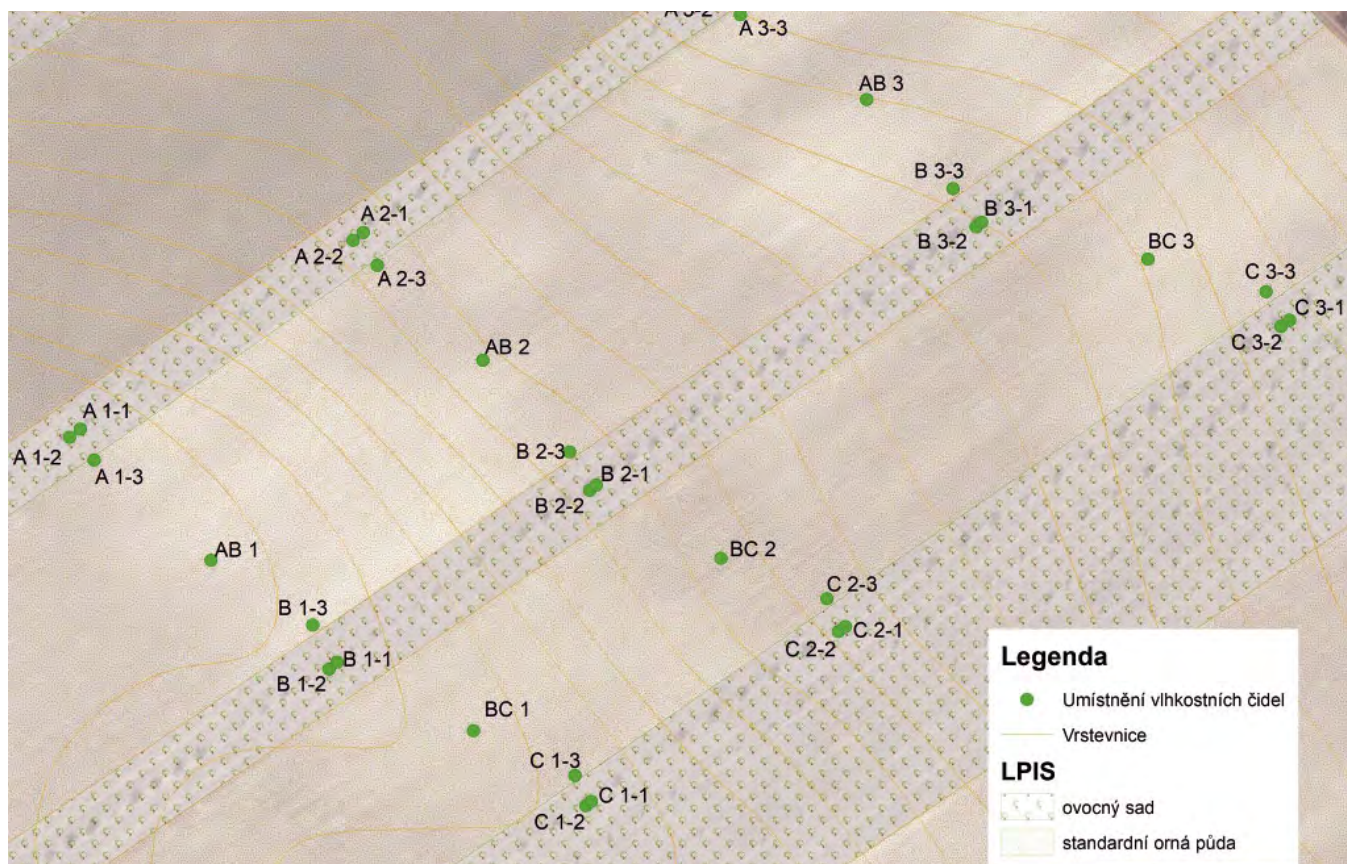
Obr. 8 Vlhkostní čidlo TMS-4 (zdroj: <https://tomst.com/>)

pro pozdější laboratorní zjišťování základních hydrofyzikálních vlastností půdy.

Na modelové lokalitě bylo také v uvedených hloubkách instalováno 66 vlhkostních a teplotních čidel, která v pravidelných intervalech v reálném čase kontinuálně třemi senzory měří půdní vlhkost, teplotu půdy a teplotu vzduchu. Jedná se o čidla TMS-4 od české společnosti Tomst. Tato čidla zprostředkovávají přesnější data než standartní meteorologické stanice. Čidlo je složeno ze dvou částí. První z nich obsahuje měřič půdní vlhkosti a dva teploměry a může být zakopáno



Obr. 9 Stahování dat z vlhkostních čidel v terénu



Obr. 10 Rozmístění vlhkostních čidel a kopaných sond v terénu

hluboko pod zem. Druhou část tvoří baterka, sonda pro stahování dat a teploměr. Tyto dvě části jsou propojeny kabely, které jsou dobře chráněny speciálním chráničem. Na obrázcích 8 a 9 vidíme zmiňovaná vlhkostní čidla a odebírání dat z nich.

Obrázek č. 10 představuje rozmístění vlhkostních čidel a kopaných sond v terénu. Můžeme si všimnout, že jsou umístěna po vrstevnicích do pásů se stromy (u stromu a mezi stromy) a do orné půdy. Nachází se jak na povrchu, tak v hloubce 50 cm. Čidla byla v šardicích nainstalována už v roce 2019 (2x pole, 1x pás se stromy), o jeden zatravněný pás severněji, ale letos byla vybrána vhodnější lokalita s větším počtem opakování. V budoucnu počítáme také s využitím simulátoru deště a vyhodnocení infiltrační schopnosti půdy.

Za účelem charakteristiky vodního a vzdušného režimu půdy byl proveden rozbor neporušených půdních vzorků. Vzorky byly v laboratoři zváženy v neporušeném stavu, po nasycení destilovanou vodou, 3x po odsávání filtračním papírem a po vysušení při teplotě 105 °C. Z těchto dat byla vypočtena objemová hmotnost redukovaná i neredukovaná, momentální vlhkost, nasáklivost, 30' vlhkost, maximální vodní kapacita a retenční vodní kapacita. Výsledky těchto veličin jsou zatím známy pouze z prvních odběrů a budou porovnány s dalšími dosaženými výsledky z následujících termínů odběru vzorků.

K popisu procentuálního zastoupení částic určité velikosti v celém objemu půdního vzorku slouží znitost. Ta má významný vliv na další fyzikální, chemické a biologické vlastnosti



Obr. 11 Rozbor neporušeného půdního vzorku



Obr. 12 Hustoměrná metoda zrnitostního rozboru (A. Casagrande)

půdy a také determinuje vznik vodní, případně větrné eroze. Ze zrnitostního rozboru můžeme klasifikovat vzorek půdy dle druhu či zrnitostní třídy. Rozeznáváme sedimentační neboli usazovací a vyplavovací, neboli elutriační metodu zrnitostního rozboru. V našem případě byla použita hustoměrná metoda dle A. Casagrande, která patří mezi metody sedimentační a využívá usazování částic, viz obr. 12. Výsledkem tohoto měření jsou křivky zrnitosti pro jednotlivé sondy.

Další měřenou fyzikální vlastností půdy je nasycená hydraulická vodivost, která definuje rychlost vody protékající půdním prostředím. Je ovlivněna strukturou a texturou půdy.



Obr. 13 Permeametr s konstantním spádem

Nasycená hydraulická vodivost byla stanovována na odebraných neporušených půdních vzorcích pomocí permeamtru s konstantním spádem a počítána pomocí Darcyho vztahu.

PRŮBĚH DOSAVADNÍHO VÝZKUMU A VÝSLEDKY

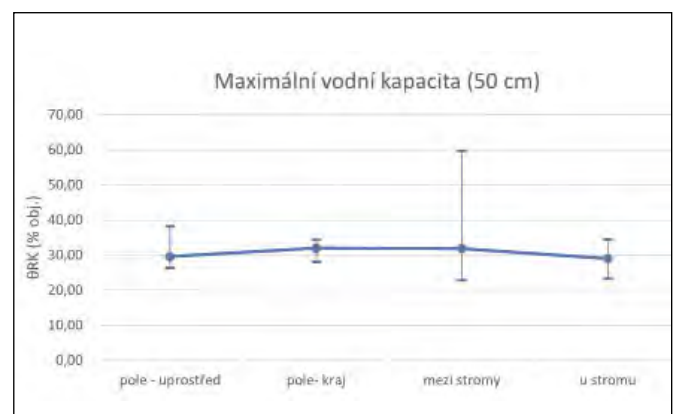
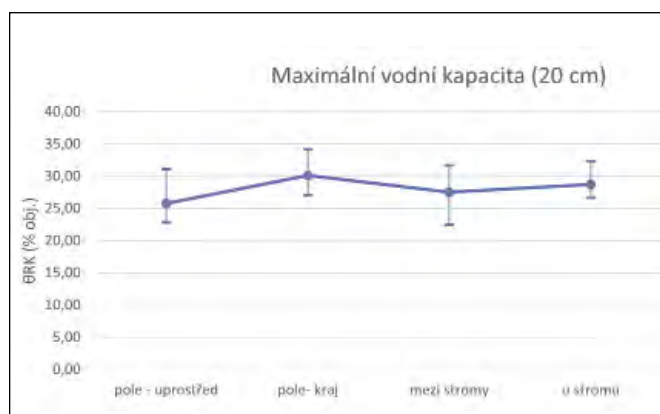
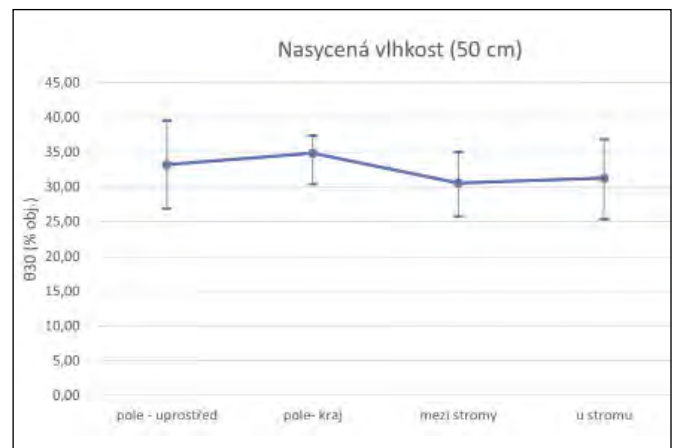
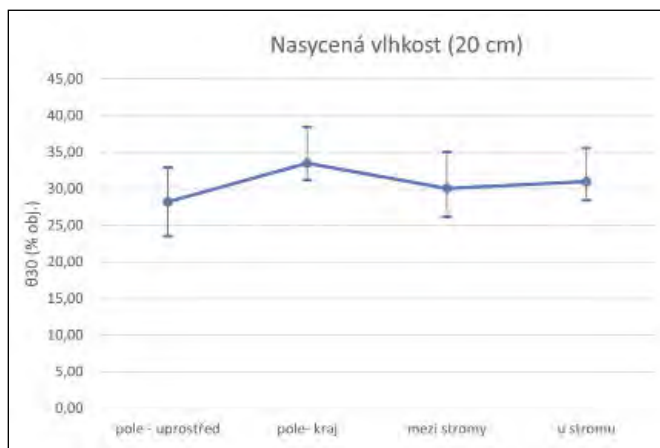
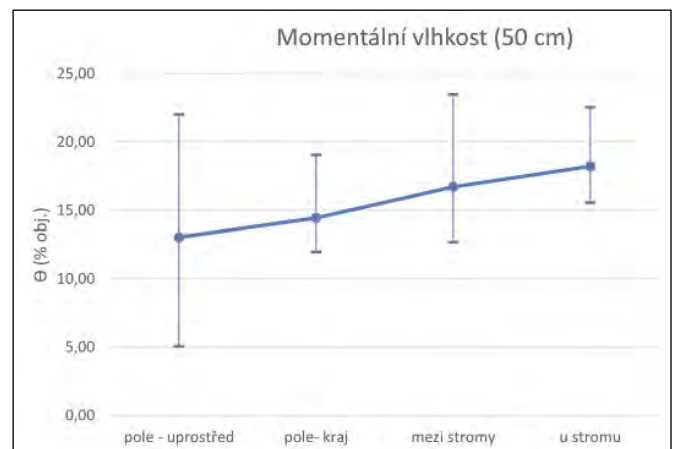
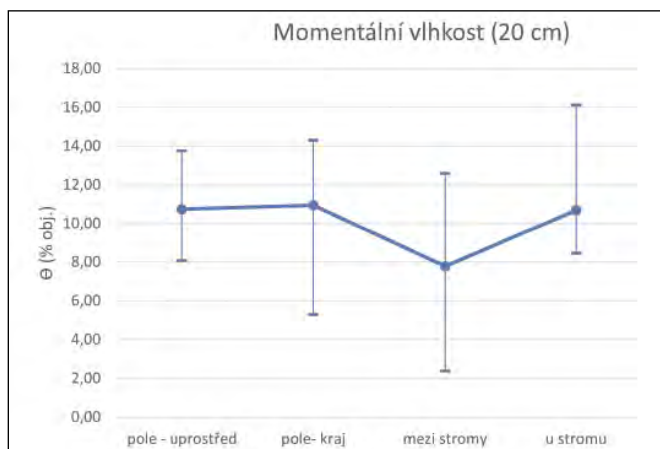
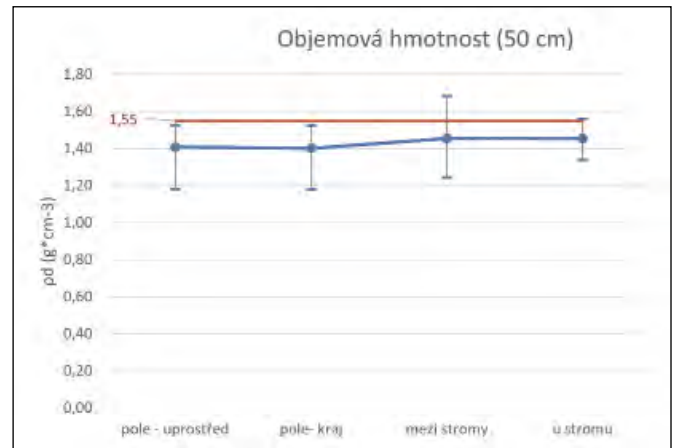
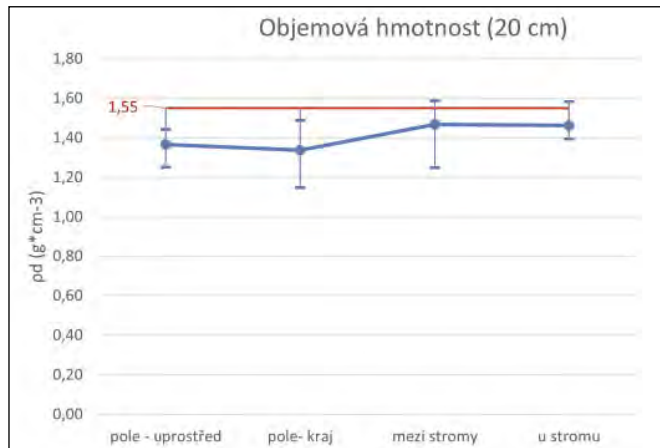
Hydropedologie

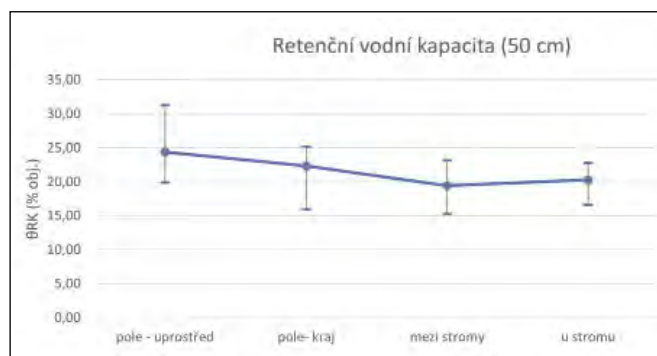
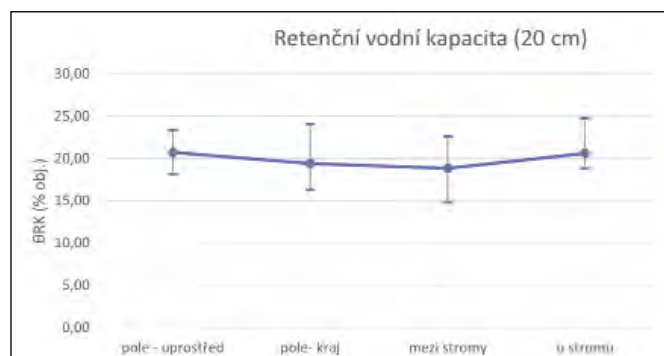
Tento výzkum je v takovémto rozsahu realizován prvním rokem a bohužel se mu nevyhnuly problémy spojené s aktuální

Tab. 1 Hydrolimity – v hloubce 20 cm a 50 cm

20 cm			
Objemová hmotnost	MIN	MAX	PRŮMĚR
pole – uprostřed	1,25	1,44	1,37
pole – kraj	1,15	1,49	1,34
mezi stromy	1,25	1,59	1,47
u stromu	1,39	1,58	1,46
Momentální vlhkost	MIN	MAX	PRŮMĚR
pole – uprostřed	8,08	13,76	10,74
pole – kraj	5,29	14,29	10,94
mezi stromy	2,38	12,59	7,77
u stromu	8,46	16,12	10,68
Nasycená vlhkost	MIN	MAX	PRŮMĚR
pole – uprostřed	23,54	32,91	28,22
pole – kraj	31,20	38,44	33,48
mezi stromy	26,14	35,02	30,07
u stromu	28,42	35,54	30,97
Max. vodní kapacita	MIN	MAX	PRŮMĚR
pole – uprostřed	22,84	31,09	25,73
pole – kraj	27,07	34,13	30,09
mezi stromy	22,49	31,69	27,52
u stromu	26,67	32,36	28,73
Retenční vodní kapacita	MIN	MAX	PRŮMĚR
pole – uprostřed	18,17	23,39	20,72
pole – kraj	16,29	24,10	19,43
mezi stromy	14,76	22,59	18,85
u stromu	18,80	24,78	20,62

50 cm			
Objemová hmotnost	MIN	MAX	PRŮMĚR
pole – uprostřed	1,18	1,53	1,41
pole – kraj	1,18	1,52	1,40
mezi stromy	1,24	1,68	1,45
u stromu	1,34	1,56	1,45
Momentální vlhkost	MIN	MAX	PRŮMĚR
pole – uprostřed	5,07	22,02	13,06
pole – kraj	11,97	19,06	14,44
mezi stromy	12,70	23,50	16,72
u stromu	15,55	22,54	18,21
Nasycená vlhkost	MIN	MAX	PRŮMĚR
pole – uprostřed	26,91	39,54	33,21
pole – kraj	30,39	37,39	34,87
mezi stromy	25,69	35,03	30,58
u stromu	25,32	36,83	31,28
Max. vodní kapacita	MIN	MAX	PRŮMĚR
pole – uprostřed	26,37	38,17	29,57
pole – kraj	28,08	34,36	32,03
mezi stromy	22,85	59,72	31,85
u stromu	23,27	34,43	29,07
Retenční vodní kapacita	MIN	MAX	PRŮMĚR
pole – uprostřed	19,94	31,28	24,40
pole – kraj	15,89	25,18	22,34
mezi stromy	15,23	23,16	19,43
u stromu	16,57	22,81	20,31





Obr. 14 Grafy spočítaných hydrolimit

situací a zákazem vstupu na vysoké školy včetně laboratoří. V současné době jsou tedy přerušeny všechny laboratorní analýzy a vyhodnocování výsledků. Z vlhkostních čidel jsou i nadále pravidelně stahována data. Odběry neporušených půdních vzorků budou pokračovat, stejně tak laboratorní práce. Z uvedeného vyplývá, že dosavadní výsledky je potřeba brát s rezervou, protože ještě chybí některá data. Ze základních charakteristik vodního režimu půdy jsou zatím zpracovány objemová hmotnost, momentální vlhkost, vlhkost 30', maximální vodní kapacita a retenční vodní kapacita. Objemová hmotnost redukovaná popisuje stálé vlastnosti půdy a její hodnota se obvykle s hloubkou zvyšuje, což z dosavadních výsledků není výrazně patrné. Z dosavadních výsledků zrnitosti vyplývá, že většina půdy bude klasifikována jako středně těžká písčito hlinitá. Všechny průměrné hodnoty objemové hmotnosti jsou pod kritickou hranicí pro písčito hlinité půdy 1,55 g/cm³ dle Lhotského (dle <http://eagri.cz/>). Hodnoty nedosahují kritické hranice 1,75 g/cm³ pro písčito hlinitou půdu pro omezení růstu kořenů (dle Arshad et al. 1996). Momentální vlhkost představuje okamžitý objem vody v půdě v době odběru. Podává informaci o zastoupení kapalně fáze v půdě. Její hodnota se celoročně mění v závislosti na průběhu srážek, výparu, teplotě, vláhové potřebě rostlin a hladině podzemní

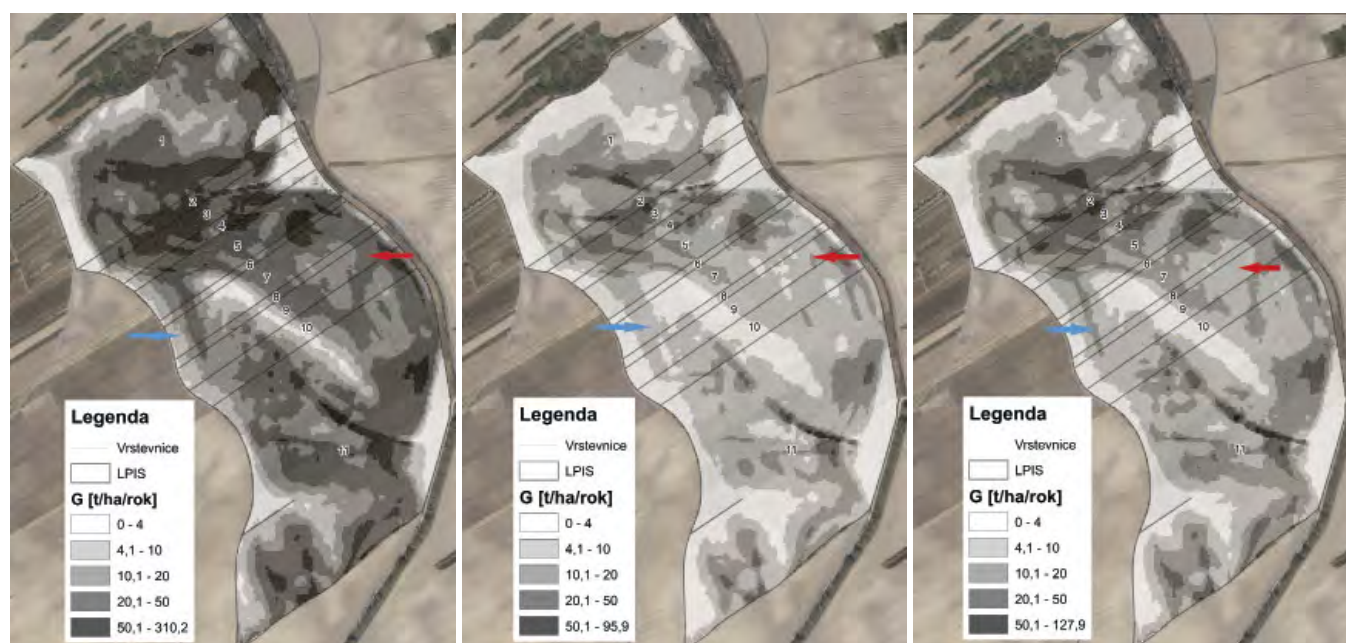
vody. Je ovlivněna hodnotami objemové hmotnosti a objemu vzduchu v půdě. Podle hodnot momentální vlhkosti jsme schopni zhodnotit infiltrační schopnost půdy. Hodnoty třicetiminutové vlhkosti budou využity ke klasifikaci půdních pórů. Retenční vodní kapacita značí takové množství vody, jaké je půda schopna udržet pomocí vlastních sil. Všechny tyto veličiny budou i nadále kontinuálně sledovány.

Erozní poměry

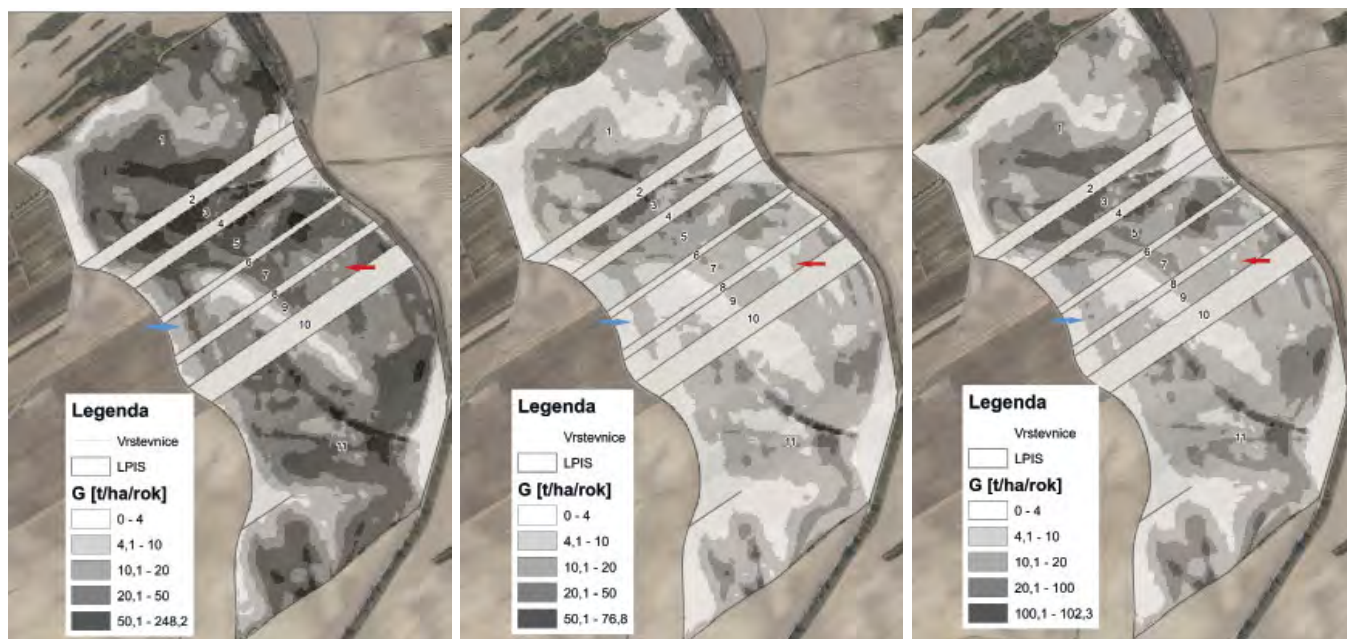
Pomocí Geografického informačního systému byla porovnána hodnota průměrné dlouhodobé ztráty půdy (G) před a po aplikaci agrolesnických opatření. Výpočet byl proveden

Tab. 2 Průměrná dlouhodobá ztráta půdy před a po ALS

Označení plochy		AB	BC
Plocha [Ha]		4,6	3,6
C = 0,291 pro ornou půdu	G [t.ha ⁻¹ .rok ⁻¹] před ALS	22,6	18,2
	G [t.ha ⁻¹ .rok ⁻¹] po ALS	18,1	14,5
C = 0,12 při VENP	G [t.ha ⁻¹ .rok ⁻¹] před ALS	9,3	7,5
	G [t.ha ⁻¹ .rok ⁻¹] po ALS	7,4	6,0
C = 0,09 pro osevní strukturu s převahou obilovin a luskovin	G [t.ha ⁻¹ .rok ⁻¹] před ALS	7,0	5,6
	G [t.ha ⁻¹ .rok ⁻¹] po ALS	5,6	4,5



Obr. 15 Míra erozní ohroženosti před ALS



Obr. 16 Míra erozní ohroženosti po ALS

pro tři rozdílné hodnoty C faktoru, $C = 0,291$ pro ornou půdu, $C = 0,12$ při vyloučení erozně nepříznivých plodin a $C = 0,09$ pro osevní strukturu s převahou obilovin a luskovin. Značení ploch je stejné jako na obrázku 4, v obrázcích 15 a 16 značí modrá šipka pole AB, červená šipka pole BC. Z tabulky číslo 2 je patrné, že došlo k snížení hodnoty průměrné dlouhodobé ztráty půdy v důsledku snížení hodnoty faktoru ochranného vlivu vegetace.

ZÁVĚR

Výsledky hodnocení erozních poměrů ukazují, že realizace agrolesnických opatření má svůj pozitivní účinek na snížení míry erozního ohrožení. Tento výzkum bude i nadále pokračovat jak v terénu, tak v laboratoři. Jeho dílčím cílem je dokázat, že agrolesnické systémy na orné půdě mají smysl nejenom z hlediska erozní ohroženosti a zlepšení odtokových

poměrů, ale také přispívají k lepší infiltrační schopnosti půdy. Probíhající výzkum je zaměřen zejména na spojitost se základními hydrofyzikálními vlastnostmi půdy. Vzhledem k tomu, že výzkum i laboratorní práce stále probíhají, není zatím možno zveřejnit komplexní výsledky měření vlhkostních a teplotních charakteristik a hydroopedologických analýz. V další etapě se kromě opakovaných měření výše zmíněných půdních charakteristik změní a vypočítají další veličiny, jako např. pórovitost, rozdělení pórů na kapilární, semikapilární a nekapilární, provzdušenosť, maximální vzdušná kapacita, retenční vzdušná kapacita, aj. Budou posouzeny jednotlivé výsledky v závislosti na čase a typu opatření a bude popsán vývoj některých charakteristik v čase.

Foto: autor

Literatúra:

- Dumbrovský, M. 1992: *Vliv eroze na produkční schopnost půd a půdní vlastnosti*. Praha. Disertační práce. VÚMOP.
- Dumbrovský, M., Bilík, M. a Lacinová, Y. 2005: *Komplexní pozemkové úpravy v k.ú Šardice, etapa I: Návrh plánu společných zařízení technická zpráva*. Brno,.
- Jandák, J.: *Cvičení z půdoznalství*. Brno: MZLU. 2003, 92 s.
- Janeček, M. 2012: *Ochrana zemědělské půdy před erozí: metodika*. Praha: Powerprint, ISBN 978-80-87415-42-9.
- Kameníčková, I. 2006: *Hydropedologie*. Studijní opora M01. Brno : VUT v Brně. 76 s.
- Pokorný, E., Šarapatka, B. a Hejálková K. 2007. Metodická pomůcka Hodnocení kvality půdy v ekologicky hospodařícím podniku [online]. In Náměšť nad Oslavou: ZERA – Zemědělská a ekologická regionální agentura, o.s., [cit. 2020-10-23]. ISBN 80-903548-5-8.
- Silvoarable agroforestry experiment with poplar and barley in Bedfordshire in 2002. In *The Agroforestry Research Trust* [online]. [cit. 2020-10-22]. Dostupné z: <https://www.agroforestry.co.uk/about-agroforestry/silvoarable/>.
- Silvopasture can help reduce heat-stress, which improves animal performance and well-being. In *U.S. Department Of Agriculture* [online]. [cit. 2020-10-22].

- TMS-4. TOMST [online]. Praha, ©1995 – 2020 [cit. 2020-10-22]. Dostupné z <https://tomst.com/web/cz/systemy/tms/tms-4/>.
- Vopravil, J. a kol.: *Vliv činnosti člověka na krajinu českého venkova s důrazem na vodní režim a zadržování vody v krajině* [online]. Praha: VÚMOP, 2010a [cit. 2020-10-22]. Dostupné z WWW: <http://www.kompostuj.cz/fileadmin/1_Bioodpad_a_kompostovani/Vime_proc/vliv_cloveka_na_krajinu.pdf>.
- Vopravil, J., Vrabcová, T., Khel, T., Novotný, I. a Banýřová, J.: *Vývoj a degradace půd v podmínkách očekávaných změn klimatu*. In *Voda v krajině*. 1. vyd. Lednice: Rožnovský, J., Litschmann, T. (ed), 2010b. ISBN 978-80-86690-79-7.
- Weger, Jan, Lojka, B., Kotrba, R. a Houška, J.: *Katalog přírodních blízkých opatření pro zadržení vody v krajině: Činnosti k podpoře výkonu státní správy v problematice sucho* [online]. Praha, duben 2018, 105 [cit. 2020-10-22]. Dostupné na http://www.suchovkrajine.cz/sites/default/files/vystup/p1_katalog_opatreni_0.pdf.
- Wischmeier, W.H., Smith, D.D. 1978: *Predicting rainfall erosion losses – a guide to conservation planning*. *Agricultural Handbook*. No. 537. US Department of Agriculture, Washington, DC.

Prof. Ing. Jozef Kriš, PhD.

Profesor Ing. Jozef Kriš, PhD., sa narodil v malebnej dedinke Záhradné pri Prešove. Po skončení stredoškolského štúdia na strednej priemyselnej škole stavebnej pokračoval vo svojej púti stavbára na Stavebnej fakulte Slovenskej vysokej školy technickej v Bratislave (SVŠT), odbor vodohospodárske stavby. Po absolvovaní vysokoškolského štúdia sa 1. decembra 1969 zaradil medzi zamestnancov Katedry zdravotného inžinierstva Stavebnej fakulty SVŠT, ktorej zmenu názvu v roku 2003 inicioval a moderne prispôbil jej progresívnej činnosti, na Katedru zdravotného a environmentálneho inžinierstva Stavebnej fakulty Slovenskej technickej univerzity v Bratislave.

Počas svojho celoživotného pôsobenia na materskej katedre zastával rôzne funkcie na pedagogických a vedeckých miestach a bol jej dlhoročným vedúcim. V roku 1999 splnil požiadavky na funkčné miesto profesora Stavebnej fakulty Slovenskej technickej univerzity v Bratislave (STU), ktoré viacnásobne obhájil.

Z tejto pozície vplýval odborne na mladú generáciu budúcich inžinierov a doktorandov. V pedagogickom procese vyučoval hlavne nosné a výberové predmety, kde sa profiloval najmä na oblasť vodárenstva, balneotechniky a inžinierskych sietí. Práve táto profilácia mu paralelne otvárala dvere aj k jeho ďalšiemu aktívnemu pôsobeniu vo vodárenskej branži. Svoje odborné schopnosti využil v mnohých oblastiach odboru – pôsobil v komisiách pre štátne záverečné skúšky a obhajoby záverečných prác nielen na Stavebnej fakulte, fakulte Chemickej a potravinárskej technológie STU v Bratislave, Stavebnej fakulte Technickej univerzity v Košiciach, ale aj na Stavebnej fakulte ČVUT Praha, VUT Brno a VŠB Ostrava.

Dlhé roky bol školiteľom doktorandského štúdia *Vodné stavby a vodné hospodárstvo* a neskôr študijného programu *Vodohospodárske inžinierstvo* kde vchoval mnohých doktorandov. V rámci pôsobenia na Stavebnej fakulte STU zastával funkciu predsedu jej akademického senátu, bol členom viacerých grémii fakulty, kolégia dekana, členom vedeckej rady a ďalších. Stal sa predsedom komisárov pre vykonávanie skúšok odbornej spôsobilosti na udeľovanie *Osvedčenia pre prevádzkovanie verejných vodovodov a verejných kanalizácií*.

Popri pedagogickej práci sa aktívne zapájal do organizovania a riešenia vedeckovýskumných úloh, ktoré vyústili do jeho bohatej publikačnej činnosti. Je autorom viacerých

monografií a mnohých časopiseckých článkov i článkov publikovaných na odborných a vedeckých podujatiach na Slovensku i v zahraničí, napr. v Japonsku, USA, Izraeli, vo Francúzsku, v Taliansku, Juhoafrickej republike, Maroku, Nemecku, Rakúsku, Argentíne, Austrálii, Thajsku, Číne a v Poľsku, aby prezentoval najnovšie poznatky vedy a techniky získané pri riešení mnohých vedeckých projektov, v ktorých bol zodpovedným riešiteľom.

Profesor Kriš svoje poznatky zúročil pri spolupráci s Úradom pre normalizáciu, metrológiu a skúšobníctvo SR, v rámci technickej normalizácie, kde dlhoročne pôsobil ako predseda Technickej komisie č. 1 Vodovody a kanalizácie. Stál pri kreovaní odbornej „vodárenskej výstavy“ a jej sprievodných podujatí *AQUA* v Trenčíne, medzinárodnej konferencie *Pitná voda, Konferencie vodohospodárov v priemysle* a mnohých ďalších, ktoré počas celého pôsobenia vo funkcii predsedu Slovenského národného komitétu IWA výrazne podporoval.

Pán profesor Jozef Kriš bol veľkým propagátorom vody. Nielen pre mnohých z nás, pre celý svet, ale aj preňho osobne bol 22. marec – Svetový deň vody, – jedným z najväčších sviatočných dní v roku. Dnes, v roku 2021, má tento deň príliehavé motto – *Hodnota vody* –, ktoré nám evokuje aj spojenie „hodnota života“. Tento významný deň sa stal aj posledným dňom pána profesora, keď nás síce opustil, ale význam posolstva tohtoročného motta nám tento deň bude pána profesora Kriša a jeho odkaz pripomínať už navždy.

Katedra zdravotného a environmentálneho inžinierstva,
Stavebná Fakulta STU v Bratislave

Spomienka na RNDr. Antona Kollára

S hlbokým smútkom sme prijali správu o tom, že 24. februára 2021 nás navždy opustil náš dlhoročný kolega a priateľ RNDr. Anton Kollár. Bolo to o to smutnejšie, že v plnom zdraví, mesiac po dovŕšení 79. narodenín, podľahol behom 10 dní koronavírusu.

V osobe RNDr. Antona Kollára tak strácame nielen významného odborníka vo vodnom hospodárstve Slovenska, ale aj milého kolegu, človeka so zmyslom pre humor a dobrego kamaráta.

Po skončení štúdia fyzickej geografie, smer hydrografia, na Prírodovedeckej fakulte UK v Bratislave nastúpil v roku 1964 ako vedecký aspirant na Geografickom ústave SAV, kde sa okrem iného zapojil do prác na príprave prvého vydania *Atlasu Slovenskej socialistickej republiky*. V roku 1973 sa jeho pracoviskom stal bývalý Vodorozvoj, š. p., a od roku 1976 Výskumný ústav vodného hospodárstva, kde zotrval až do odchodu do dôchodku. Pôsobil ako výskumný pracovník v oddelení ochrany vôd. Spracoval veľa návrhov na zriadenie ochranných pásiem na povrchové vodárenské zdroje najmä vo východoslovenskom regióne. Pripravoval podklady a riešil návrhy na zriadenie a vyhlásenie desiatich chránených

vodohospodárskych oblastí. Koordinoval a bol spoluautorom I. a II. vydania *Generelu ochrany a racionálneho využívania vôd*. Vypracoval metodiky na prípravu a spracovanie hydroekologických plánov povodí. Od roku 2002 pôsobil ako technický koordinátor, ale aj ako spoluriešiteľ prác súvisiacich s implementáciou rámcovej smernice o vode.

Je paradox, že až vo chvíli, keď nám odíde kolega, priateľ či spolupracovník, si v plnej miere uvedomíme, že do ne návratna odišiel vzácny a neopakovateľný človek. Človek s bežnými ľudskými prednosťami i chybami, ale aj človek, ktorý nám niečo dal, ktorý tu niečo zanechal.

Tona si budeme pamätať nielen ako výborného odborníka, ale aj ako spoločenského človeka, ktorý si rád zašportoval a mal veľkú záľubu v autách. Takto navždy zostane v našich spomienkach i v našich srdciach.

V mene jeho spolupracovníkov a priateľov vyjadrujem úctu k výsledkom jeho bohatej odbornej činnosti, ľudským kvalitám a úprimnú lútosť nad jeho odchodom.

RNDr. Katarína Poráziková
Výskumný ústav vodného hospodárstva





Jarné zrkadlenie, M. Rimarčíková

Informácie o nových STN

Mgr. Daša Borovská

Výskumný ústav vodného hospodárstva

V marci a apríli 2021 vyšli v oblasti vodného hospodárstva tieto slovenské technické normy:

STN EN 13656: 2021 (83 8221) Zemina, upravené bioodpady, kaly a odpady. Mineralizácia zmesou kyseliny chlorovodíkovej (HCl), dusičnej (HNO_3) a tetrafluóroboritej (HBF_4) alebo fluorovodíkovej (HF) na následné stanovenie prvkov
Norma vyšla v anglickom jazyku.

STN P ISO/TS 12869: 2021 (75 7855) Kvalita vody. Detekcia a kvantifikácia *Legionella* spp. a/alebo *Legionella pneumophila* metódou koncentrovania a génovej amplifikácie s použitím kvantitatívnej polymerázovej reťazovej reakcie (qPCR)

Norma vyšla v slovenskom jazyku. Vydaním STN P ISO/TS 12869: 2021 sa zrušilo predchádzajúce vydanie tejto normy STN P ISO/TS 12869: 2014.



