

VÝCHODOSLOVENSKÁ VODÁRENSKÁ SPOLOČNOSŤ, A.S. KOŠICE,
ZÁVOD MICHALOVCE
OKRESNÝ ÚRAD MICHALOVCE
SVP, Š.P. BANSKÁ ŠTIAVNICA, OZ KOŠICE, SPRÁVA POVODIA
LABORCA MICHALOVCE
ÚSTAV HYDROLÓGIE SLOVENSKÁ AKADEMIA VIED BRATISLAVA,
VÝSKUMNÁ HYDROLOGICKÁ ZÁKLADŇA MICHALOVCE
NÁRODNÉ POĽNOHOSPODÁRSKE A POTRAVINÁRSKE CENTRUM -
VÝSKUMNÝ ÚSTAV AGROEKOLÓGIE MICHALOVCE
REGIONÁLNY ÚRAD VEREJNÉHO ZDRAVOTNÍCTVA MICHALOVCE

XX. OKRESNÉ DNI VODY

Recenzovaný zborník referátov

Michalovce 14. - 15. apríl 2016



Vinianske jazero - Hotel Vinnay, apríl 2016

**VODA JE ŽIVOT,
CHRÁŇME SI JU,
BEZ VODY NIET ŽIVOTA**

Organizáciou spojených národov, Rezolúciou VZ OSN z decembra 1992 bol vyhlásený 22. marec za SVETOVÝ DEŇ VODY. Z uvedeného dôvodu sa vodohospodári okresu Michalovce rozhodli usporiadať už **XX. OKRESNÉ DNI VODY** v Michalovciach, z ktorých bol vydaný tento zborník referátov.

XX. Okresné dni vody sa konali pod záštitou VVS, a.s. Košice, Závod Michalovce

Organizačný výbor : Ing. Milan Gomboš, CSc.
Ing. Oliver Petrik
Ing. Milan Zbojovský
PhDr. Jana Cibereová
MUDr. Janka Stašková, MPH
RNDr. Ján Hecl, PhD.
RNDr. Dana Kotorová, PhD.
Ing. Dana Pavelková, PhD.

Prípravný výbor : Ing. Dana Pavelková, PhD.
Ing. Jana Petráková
Ing. Ida Sabolová
Ing. Ľuboslav Chvostaľ
Ing. Stanislav Dobrotka
Renáta Tkáčová
Iveta Mindžáková
Daniela Hrehová

Recenzenti : Ing. Rastislav Mati, CSc.
Ing. Dana Pavelková, PhD.
Ing. Milan Gomboš, CSc.
RNDr. Dana Kotorová, PhD.

Editori : Ing. Milan Gomboš, CSc. - Ing. Dana Pavelková, PhD.

ISBN : 978-80-89139-37-8

OBSAH

S. HREHA: Ešte stále váhame	9
A. ŠOLTÉSZ: Rekonštrukcia odvodňovacej kanálovej sústavy na Slovensku	11
E. BEDNÁROVÁ: Vplyv dlhodobej prevádzky nádrže Vlčia dolina na bezpečnosť priehrady	15
P. PEKÁROVÁ, B. PRAMUK, P. MIKLÁNEK: Sú na Slovensku povodne väčšie a suchá dlhšie než v minulosti?	21
Š. STANKO, I. ŠKULTÉTYOVÁ: Kultúrno-religiózný vplyv rozvoja sanitácie	27
L. GAŇOVÁ, M. VÁGÁŠIOVÁ: Plán manažmentu povodňového rizika v čiastkovom povodí Bodrogu	33
H. HLAVATÁ, M. TOMKOVÁ: Rok 2015, ďalší extrémny rok z klimatologického hľadiska	41
M. ZELENÁKOVÁ, L. TOMETZ, G. HUDÁKOVÁ: Nakladanie s dažďovou vodou v urbanizovanom území – infiltrácia dažďových vôd	45
P. PRISTAŠ, N. RADAČOVSKÁ: O vode, čo sa mení na kameň	51
A. TALL, D. PAVELKOVÁ: Lyzimetrická stanica v Petrovcich nad Laborcom	55
D. KOTOROVÁ, L. KOVÁČ, B. ŠOLTYSOVÁ, J. JAKUBOVÁ, P. BALLA: Projekt APVV-0163-11 „Analýza vlastností pôdy a vývoja krajiny v nepravidelne zaplavovaných územiach.“	61
I. DANIELOVIČ, J. HECL, B. ŠOLTYSOVÁ: Revitalizácia odvodňovacích kanálov z pohľadu obsahu PCB v sedimentoch	67
M. GOMBOŠ, D. PAVELKOVÁ: Určenie optimálnej vzdialenosti sond pre meranie elektrickej impedancie v pôdnom prostredí	71
Ľ. CHVOSTAL: Zemplínska Šírava – rekonštrukcia bezpečnostného priepadu v Zalužiciach	77
D. KOTOROVÁ, L. KOVÁČ, J. JAKUBOVÁ, P. BALLA, J. ZSEMBELI, G. KOVÁCS, R. CZIBALMOS: Porovnanie zrážkových úhrnov dvoch rozdielnych lokalít v Slovenskej republike a Maďarskej republike	83
B. ĽOCH, T. BAKALÁR: Analýza súčasného stavu kvality povodia rieky Hornád	87
D. PAVELKOVÁ, O. PETRÍK: Monitoring obsahu dusičnanov v domových studniach v obciach michalovského a sobranceckého okresu	93
P. SEMANCOVÁ, D. KOTOROVÁ, D. FAZEKAŠOVÁ: Funkčná diverzita na území suchého poldra Beša	97
E. SMINČÁKOVÁ, J. TRPČEVSKÁ, J. PIROŠKOVÁ: Dodržiavanie limitov pri vypúšťaní odpadových vôd do verejnej kanalizácie	101
Y. VELÍSKOVÁ, P. DUŠEK, R. DULOVIČOVÁ, D. PAVELKOVÁ: Hydraulické parametre kanálovej sústavy Žitného ostrova pre numerickú simuláciu jej hladinového a prietokového režimu	105
J. VITKOVÁ, P. ŠURDA: Rozdiely vlhkosti pôdy na plochách s a bez aplikácie biouhlia	113
OBRAZOVÁ PRÍLOHA	

EŠTE STÁLE VÁHAME

Ing. Stanislav Hreha, PhD.

Východoslovenská vodárenská spoločnosť, a.s. , Komenského 50, Košice

Na úvod by som chcel povedať, že na rozdiel od ostatných prednášajúcich, moja téma nebude mať odbornovo-vedecký rozmer. Ponúka napriek tomu otázky významom strategické a budem rád, ak bude pôsobiť ako etický a ľudský imperatív aj v tomto pléne.

Myslím si, že odpoveď na otázku, čo bolo skôr - človek alebo voda vieme všetci. Voda je základom života a naše telo, ktoré je zložené zo 70% vody potrebuje vodu stále. Tri dni bez vody môžu mať pre organizmus fatálne následky. Ak tento fakt berieme do úvahy, je pre nás logické i to, že voda je strategická surovina a bez nej život nebude existovať. Našou absolútnou povinnosťou je zodpovedná starostlivosť o vodu a ochrana vody pred jej znečistením. Neustále sa zvyšujúce nároky na životnú úroveň ľudí spôsobujú environmentálne katastrofy, o ktorých sa každý deň dozvedáme z médií. Myslíme si však, že nás sa to netýka. Problém je niekde v diaľke a my ho nemáme... Ale mali by sme sa – a to každý z nás - zamyslieť na tým, ako sa správame k vode a k životnému prostrediu.

Aby bola voda pitná, musí spĺňať zákonom stanovené parametre a žiadne odchýlky od nich nie sú prípustné, pretože môžu spôsobiť závažné ohrozenie zdravia.

Je neuveriteľné, že si vlastnou ľahostajnosťou môžeme spôsobiť vážne zdravotné problémy. V prípade choroby sme pripravení investovať celý majetok na to, aby sme si zdravie zachránili, ale preventívne sa zdravím nezaobráame. Už stará čínska medicína hovorí, že lepšie je chorobe predchádzať ako ju liečiť. Prečo si teda nedávame pozor na to, čo tvorí náš, pre telo tak významný, pitný režim? Prečo ohrozujeme svoje zdravie pitím nápojov z nekontrolovaných zdrojov? Naozaj je voda v studni, ktorú denno-denne používam, zdravotne nezávadná? Týmto sa musíme zaoberať. Studňa je veľmi nestabilný zdroj ak sa o ňu nestaráme a pravidelne ju nekontrolujeme. Urobiť analýzu dusičnanov raz ročne a tváriť sa, že som urobil všetko čo treba, je pre vlastný život nebezpečné. Na Slovensku nie je problém nájsť obce s obecnými vodovodmi, ktoré napriek tomu, že nedodržiavajú zákonom stanovené nariadenia na výrobu a distribúciu vody, dodávajú ju ako pitnú vodu do domov obyvateľom.

Volebné ambície, podporené záujmom dodať obyvateľom vodu za najnižšiu možnú cenu, s minimálnou alebo žiadnou starostlivosťou, prinášajú reálne zdravotné riziká.

Konkrétny prípad obec Brehov. VVS priviedla kvalitnú pitnú vodu až pred brány obce a starosta s odôvodnením, že vo vlastnej studni majú vodu lacnejšiu, sa odmietol napojiť. Samozrejme, že voda je lacnejšia, ak nerobíte pravidelne chemické rozbor, ak sa nestaráte o vodný zdroj a siete formou odpisov, ak neriešite stav potrubia, do momentu kým nedôjde k poruchám a elektrinu dotujete z obecných peňazí. A potom sa na všeobecné prekvapenie objaví vo vode chemický prvok, ktorý tam nielenže nepatrí, ale môže spôsobovať vážne zdravotné problémy niekoľko rokov. Nastáva patová situácia. Kto je vinný? Ako je možné, že sa na to neprišlo skôr? Spôsobilo to zdravotné problémy mojej rodine?

Tvrdím, že napriek tomu, že tu existuje možnosť mať nízke náklady na výrobu a prevádzku vody, platí to, že tak ako neoklamete vlastné telo a ktorému vodu musíte poskytnúť, rovnako vodovod a kvalitná voda potrebujú pravidelné investície, ktoré zabezpečia kvalitu, zdravotne nezávadnú a vždy tečúcu pitnú vodu.

Samostatnú kapitolu predstavuje zaobchádzanie s odpadovými vodami. Ako sa na tento jav dívajú obyvatelia obcí? Kam s ňou? Reči o tom, že roky sme ju vypúšťali do našej pôdy a našich potokov,

už neobstoja. Možno v prípade biologických látok, ktoré sa v tele nachádzali pred sto rokmi by tento argument obstál, hoci už vtedy boli vážne problémy s hygienou a neznesiteľným zápachom. Samozrejme i s chorobami, ktoré tieto javy podmienili.

V dnešnej dobe plnej chémie a liečiv však tento argument nemá šancu na úspech. Odpadová voda sa musí čistiť a jediné správne miesto jej zneškodnenia je čistiareň odpadových vôd. Žiadne iné riešenie neexistuje. Akýkoľvek iný pokus priamo ohrozuje podzemné vody a teda život na našej planéte. Sami si ohrozujeme zdravie a sami ohrozujeme veľmi vážnym spôsobom ďalšie generácie, ich život...

Vrátim sa k prvej myšlienke. Voda je na prvom mieste. Tak prečo ešte váhame? Nad čím? Kde končia tieto úvahy? Napojiť sa či nenapojiť? Z úcty k svojmu zdraviu a svojej rodine je odpoveď absolútne jasná.

VVS v spolupráci s Ministerstvom životného prostredia a Európskou úniou vybudovala za neskutočne vysoké finančné prostriedky vodovody a kanalizácie na východnom Slovensku a teraz bojuje za napojenosť obyvateľov. Naozaj je potrebné za to bojovať? Nemalo by to byť samozrejmosťou? Koľkokrát ešte budem počuť absurdný argument, že voda z vodovodu je drahá. Koľko stojí? Koľko stojí vaše zdravie? Vie niekto odpovedať na túto otázku? Odpoveď je jednoduchá. Zistíte to, až keď si ho budete musieť kúpiť.

Ďakujem za pozornosť.

REKONŠTRUKCIA ODVODŇOVACEJ KANÁLOVEJ SÚSTAVY NA SLOVENSKU

prof. Ing. Andrej ŠOLTÉSZ, PhD.¹

¹ Stavebná fakulta STU v Bratislave, Radlinského 11, 813 68 Bratislava, andrej.soltesz@stuba.sk

Úvod

V Programe rozvoja vidieka SR na roky 2014 – 2020 bol ako najdôležitejší cieľ definované posilnenie konkurencieschopnosti pôdohospodárskeho sektora (poľnohospodárstvo, lesníctvo a potravinárstvo). Existujúca sieť hydromelioračných kanálov plní najmä ochrannú funkciu pred zamokrením a zaplavením poľnohospodárskej pôdy, ale najmä sieť odvodňovacích kanálov v správe podniku Hydromeliorácie, š.p. je v nevyhovujúcom stave. Je to určite dôsledok podfinancovania údržby a prevádzky odvodňovacích sústav na Slovensku za posledných 25 rokov, čo spôsobilo ich nedostatočnú retenčnú kapacitu a s tým spojenú nefunkčnosť pri odvádzaní vnútorných vôd.

Z tohto dôvodu som privítal projekt nazvaný „Preventívne opatrenia pred negatívnymi dôsledkami katastrof na potenciál poľnohospodárskej výroby“, ktorý bol navrhnutý podnikom Hydromeliorácie v koncom minulého roku. Ako uvádza jeho návrh, samotné uskutočnenie projektu „Investície do preventívnych opatrení zameraných na zníženie následkov pravdepodobných prírodných katastrof, nepriaznivých udalostí a katastrofických udalostí“ bude pozostávať z opravy, rekonštrukcie, modernizácie a doplnenia odvodňovacích systémov, predovšetkým odvodňovacích kanálov s vytvorením možností na reguláciu odtoku vody a čerpacích staníc a ich zariadení, ktoré sú v súlade s relevantnými plánmi vodohospodárskeho manažmentu správnych území povodí. Keďže ide o väčšie investície na rozsiahlejšom poľnohospodárskom území v mnohých oblastiach Slovenska, ich realizácia bez podpory Programu rozvoja vidieka nie je možná.

Základné informácie o cieľoch projektu

Projekt rekonštrukcie a zvýšenia kvality plnenia funkcií odvodňovacích systémov je rozdelený na štyri projektové celky, ktoré sú územne zostavené podľa územnej pôsobnosti organizačných jednotiek Slovenského vodohospodárskeho podniku, š. p. (Tab.1, Tab.2), (Alena a kol, 2015).

Tab.1. Projektové celky projektu „Investície do preventívnych opatrení zameraných na zníženie následkov pravdepodobných prírodných katastrof, nepriaznivých udalostí a katastrofických udalostí“

Projektový celok	Územie v správe OZ SVP, š. p.	Počet kanálov	Dĺžka [km]	Odvodňovacie čerpacie stanice
PC 1	SVP, š. p., OZ Bratislava	17	44,574	–
PC 2	SVP, š. p., OZ Piešťany	122	259,348	2
PC 3	SVP, š. p., OZ Banská Bystrica	14	21,198	2
PC 4	SVP, š. p., OZ Košice	88	187,536	8
Spolu:		241	512,656	12

Z tab.1 vyplýva, že jednotlivé projektové celky (PC 1 – PC 4) sú vytvorené podľa územnej pôsobnosti jednotlivých odštepných závodov, ktorá je zhodná s hranicami čiastkových povodí na území Slovenska. Je to zdôvodniteľné aj z organizačno-technických, prevádzkových a administratívnych dôvodov (koordinácia činností, vyjadrenia správcov vodných tokov, vodoprávne konanie). Prehľad rozdelenia odvodňovacích kanálov zaradených do projektu podľa čiastkových povodí je uvedený v Tab.2. Vzhľadom k tomu, že sa XX. Okresné dni konajú v Michalovciach, budem sa vo svojom príspevku venovať projektovému celku PC 4, ktorý je v správe OZ Košice.

Tab.2. Prehľad kanálov podľa čiastkových povodí

Čiastkové povodie	Počet kanálov	Dĺžka [km]	Ovplyvnené územie [ha]	Drenáž [ha]	Odvodňovacie čerpace stanice
Povodie Moravy	4	6,594	247,00	177,00	–
Povodie Dunaja	4	16,570	692,00	0,00	–
Povodie Váhu	131	280,758	13 803,33	2 281,73	2
Povodie Hrona	1	2,066	90,00	60,00	–
Povodie Ipľa	11	16,752	761,00	431,57	2
Povodie Bodrogu	71	160,780	22 394,90	15 482,20	8
Povodie Slanej	2	2,380	67,00	42,00	–
Povodie Hornádu	13	19,846	952,00	450,50	–
Povodie Bodvy	4	6,910	319,50	315,50	–
Povodie Dunajca a Popradu	–	–	–	–	–
Spolu:	241	512,656	39 326,73	19 240,50	12

Z histórie vzniku odvodňovacích sústav na Východoslovenskej nížine

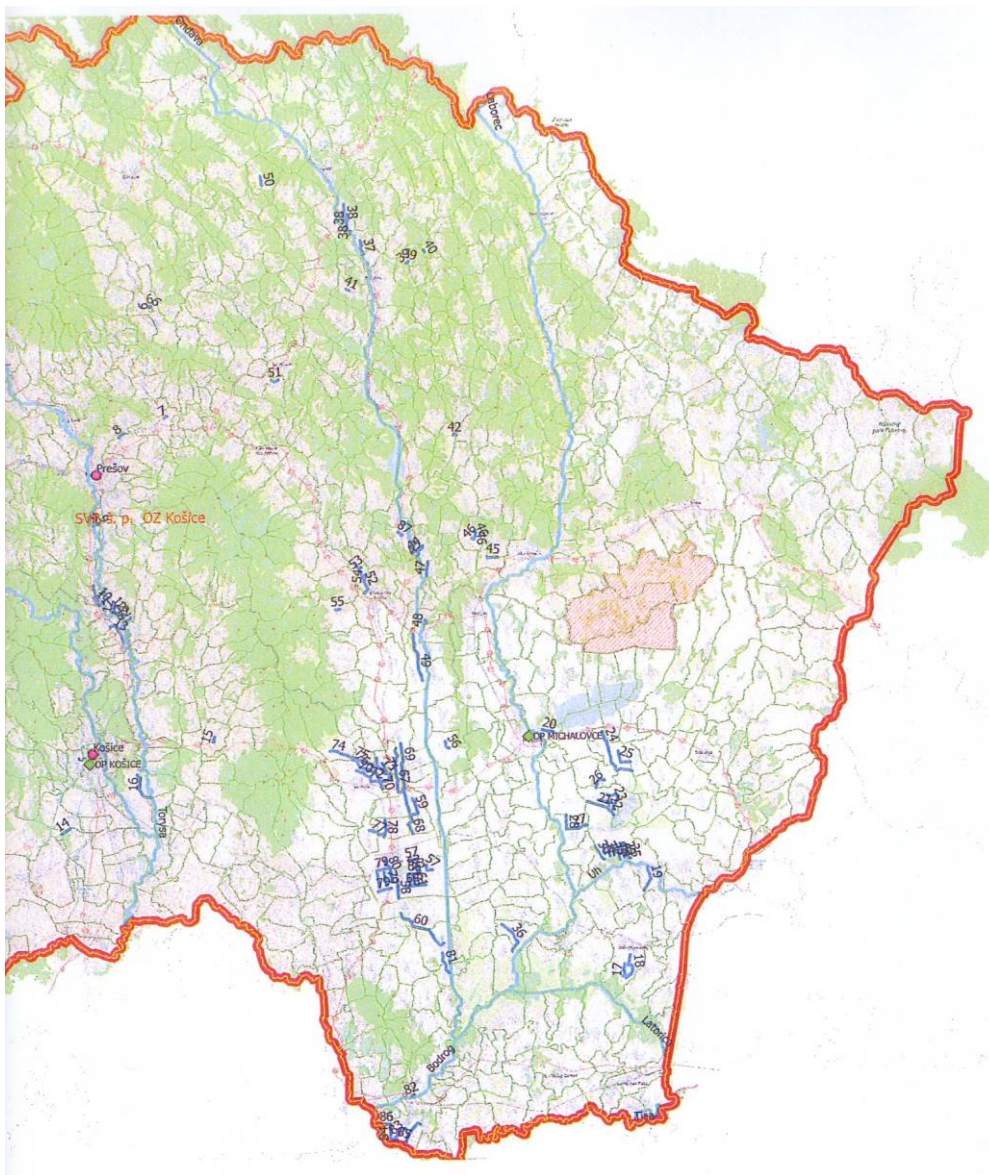
Východoslovenská nížina patrí medzi nížinné regióny, kde sa v minulom období výrazne prejavil vplyv zásahov človeka do vodných pomerov územia. Po ochránení územia proti cudzím záplavovým vodám sa začínali vlastné odvodňovacie práce: zachytenie a odvedenie vnútorných povrchových a podzemných vôd. Sústavnú ochranu a odvodňovaciu činnosť zabezpečilo v minulosti založenie vodných družstiev, ktoré vznikali v nížinných územiach súčasného Slovenska v 19. storočí (na VSN - Vodné družstvo na Medzibodroží, resp. na Ondave). Tieto družstvá vybavené už aj náležitým technickým personálom vykonali za dlhé desaťročia veľký kus užitočnej práce. Vybudovali sa ochranné hrádze na tokoch, ktoré spravovali a do tohoto obdobia siahajú aj prvé úpravy týchto tokov. Logickou následnosťou týchto opatrení v druhej polovici minulého storočia bola výstavba odvodňovacích kanálov, ktoré mali zabezpečiť odvedenie vnútorných vôd. Vtedy sa začala vytvárať aj kostra dnešných odvodňovacích sústav, ktoré sa v ďalšom období zdokonaľovali, rozširovali a modernizovali, najmä pokiaľ ide o zabezpečovanie prečerpávania vnútorných vôd pri vysokých vodných stavoch v recipientoch.

Rôzne úpravy kanálovej siete, jej rozšírenie, výstavba regulačných a vzdúvacích objektov (stavidiel) vytvára vhodné podmienky pre široké možnosti využitia odvodňovacích kanálov. V súčasnosti plnia vlastne viac funkcií: odvádzajú nadbytočné povrchové a podzemné vody (to je ich základná, primárna funkcia), vytvorením možnosti regulovania hladiny podzemnej vody priľahlého územia upravujú vlhkosť režim pôd v priľahlých územiach, poskytujú možnosť priameho prívodu a odberu vody pre závlahy, zabezpečujú vodu na ochranu a tvorbu prírodného prostredia. Kanálová sieť na Východoslovenskej nížine bola doplnená na mnohých miestach o drenážne sústavy, ktoré boli napojené na recipienty kanálov najmä vyššieho rádu, ktoré má v správe práve štátny podnik Hydromeliorácie. Ich funkčnosť je však po dlhých rokoch diskutabilná, poväčšine sú zakolmatované. Dokazuje to snád posledný pokus meraní in situ v rámci slovensko-holandského projektu Výskumného ústavu meliorácií a krajinného inžinierstva (VUMKI – predchodca štátneho podniku Hydromeliorácie), kedy sa tieto merania uskutočnili pod vedením prof. Húsku z SPU Nitra.

Bohužiaľ, podobne chátrali aj samotné kanálové sústavy, kedy na ich údržbu sa nikdy nenašli v štátnej pokladni finančné prostriedky. O to viac si cením fakt, že teraz tu prichádza ambiciózný projekt na rekonštrukciu existujúcej siete hydromelioračných kanálov! Možno názov projektu nie je zvolený najšťastnejšie, dôležité je však ťažisko prác, ktoré budú v rámci projektu vykonané a cieľ, ktorý má byť dosiahnutý. Proces postupného opotrebovania hydromelioračných zariadení je zákonným procesom, ktorému podliehajú bez ohľadu na to, či sú to hlavné melioračné zariadenia alebo melioračné kanály druhého, resp. vyššieho rádu.

Realizácia projektu a funkcia kanálov po rekonštrukcii

Cieľom tohto projektu je rekonštrukcia existujúcich odvodňovacích kanálov, ktoré boli vybrané na základe kritérií posúdených a schválených vládou SR (obr.1). Samotné uskutočnenie projektu bude pozostávať z obnovenia pôvodných parametrov na zabezpečenie primárnej funkcie v projekte navrhovanej kanálovej siete (spolu 88 kanálov v rámci PC4), ktorou je odvádzanie prebytočnej vody z poľnohospodárskej krajiny. Novým technologickým prvkom, ktorý by obohatil funkciu kanálovej sústavy (ktorú propagujem v podmienkach nížinných oblastí Slovenska už mnohé roky) je vybavenie kanálov radom stavidiel, ktoré by zabezpečovali retenciu vody využiteľnú v poľnohospodárskej krajine v obdobiach sucha. Nie je to tak dávno (Šoltész, 2015), čo som vypracoval a prezentoval adaptačnú stratégiu pre projekt „Zemplín – prevencia povodní a sucha – ZEMPPAS“ pre Slovenský vodohospodársky podnik, ktorý mal zabezpečovať okrem iného podobné ciele v podmienkach kanálovej sústavy v správe SVP.



Obr. 1. Znázornenie kanálovej siete pre projektový celok PC 4.

Samotná rekonštrukcia v PC 4 bude spočívať vo vyčistení kanálovej siete od zakolmatovaných nánosov o celkovej dĺžke viac ako 187 km, odstránení bujnej vegetácie, ktorá spôsobuje, rádo vo vyššiu drsnosť kanálovej sústavy pri prúdení povrchovej vody v nej. Obnoví sa tým prietoková kapacita hydromelioračných kanálov, ktorá bude zabezpečovať odtok prebytočnej povrchovej a podzemnej vody v hydrologicky extrémnych podmienkach, najmä v jarnom období pri tvorbe

vnútorných vôd po topení snehu alebo po letných privalových zrážkach. Obnova brehového opevnenia zabezpečí stabilné morfológické parametre kanálovej sústavy.

Môj názor, ktorý je založený na mnohoročných teoretických a praktických skúsenostiach obohatených viacerými terénnymi meraniami aj na kanálovej sústave na VSN (naposledy v roku 2012), je nasledovný. Každý z 88 kanálov uvedených v projektovom celku PC4 predstavuje samostatnú vodnú stavbu, ktorá si bude v podmienkach riešenia projektu podľa podmienok tzv. žltého FIDICU (Fédération Internationale des Ingénieurs – Conseils), vyžadovať samostatné riešenie projektovania, dodávky stavby ako aj výkonu stavebného dozoru. Dôvodom ich zavedenia je najmä maximálna flexibilita a univerzálne použitie pri všetkých druhoch stavebných prác, nezávisle od ich charakteru a vhodnosti týchto zmlúv, ako aj pri dodávkach technologických celkov. Podmienky sú nezávislé od rozsahu prác, spôsobu dodávok stavebných prác, systému riadenia projektov či od miestnych špecifikácií (keďže u nás je obľúbený argument, že niečo je špecifické).

Ďalším faktom, ktorý je potrebné vziať do úvahy pri zmene navrhovanej činnosti, je ovplyvnenie hladinového režimu povrchových a podzemných vôd, resp. vlhkostného režimu pôd pri budúcom vybudovaní stavidiel, ktoré budú v čase sucha vzdúvať vodu v kanálovej sústave. Po preštudovaní priečných profilov jednotlivých dotknutých kanálov je možné konštatovať nasledovné fakty:

- stavidlá zabezpečia vzduť povrchovej vody v samotnom kanále, čím sa vytvoria podmienky na tvorbu akumulácie vody pre zabezpečenie zdroja vody v období sucha,
- stavidlami vzduťá hladina v jednotlivých kanáloch zabezpečí v období sucha menší drenážny odtok z poľnohospodárskej krajiny,
- stavidlá musia byť manipulovateľné, aby boli schopné odvádzať prebytočné vnútorné vody (vhodne vypracované manipulačné poriadky), t. j. v čase extrémnych hydrologických situácií nesmú ovplyvňovať hladinový režim v kanálovej sústave,
- stavidlami vytvorená vzduťá hladina povrchovej vody v kanálovej sústave bude mať len veľmi obmedzený vplyv na hladinový režim podzemných vôd, t. j. interakcia medzi povrchovou a podzemnou vodou sa zavzduťím vylepší len v minimálnom rozsahu (Šoltész a kol., 1998).

Záver

Projekt „Obnova potenciálu poľnohospodárskej výroby poškodenej prírodnými katastrofálnymi udalosťami a zavedením vhodných preventívnych opatrení, projektový celok PC4“ rieši rekonštrukciu hydromelioračných kanálov v podmienkach východného Slovenska v rozsahu schválenom vládou SR z roku 2014. Má za úlohu po mnohých rokoch zanedbanej údržby obnoviť primárnu funkciu hydromelioračných kanálov v správe štátneho podniku Hydromeliorácie a zároveň umožniť aj zvýraznenie druhej možnej funkcie – zadržiavania vody v poľnohospodárskej krajine. Vzhľadom k stále výraznejšiemu prejavom zmeny klímy chápem tieto aktivity ako jedno z možných adaptačných opatrení na zmiernenie otepľovania a vysušovania krajiny v podmienkach Slovenska. Som hlboko presvedčený, že takýto projekt mal prísť už omnoho skôr a verím, že jeho realizácia splní očakávania do neho vkladané.

PodĎakovanie. Príspevok vznikol v rámci riešenia projektu APVV-14-0735 „Nové možnosti využitia odvodňovacích kanálových sústav s ohľadom na ochranu a využívanie krajiny.

Literatúra

ALENA a kol., 2015. Obnova potenciálu poľnohospodárskej výroby poškodeného prírodnými katastrofami a katastrofickými udalosťami a zavedenie vhodných preventívnych opatrení, Hydromeliorácie, Bratislava, 2015

ŠOLTÉSZ, A. a kol., 1998. Súčasný stav kanálovej siete z hľadiska ich funkcie odvádzania vnútorných vôd. Záverečná správa, KHTE SvF STU Bratislava, 121 s.

ŠOLTÉSZ, A. a kol., 2015. Adaptačná stratégia projektu „Zemplín – prevencia povodní a sucha – ZEMPPAS“. Záverečná správa, SvF STU Bratislava, 104 s.

VPLYV DLHODOBEJ PREVÁDZKY NÁDRŽE VLČIA DOLINA NA BEZPEČNOSŤ PRIEHRADY

prof. Ing. Emília BEDNÁROVÁ, PhD.

Stavebná fakulta STU Bratislava, Radlinského 11, 810 05 Bratislava, E-mail: emilia.bednarova@stuba.sk

Úvod

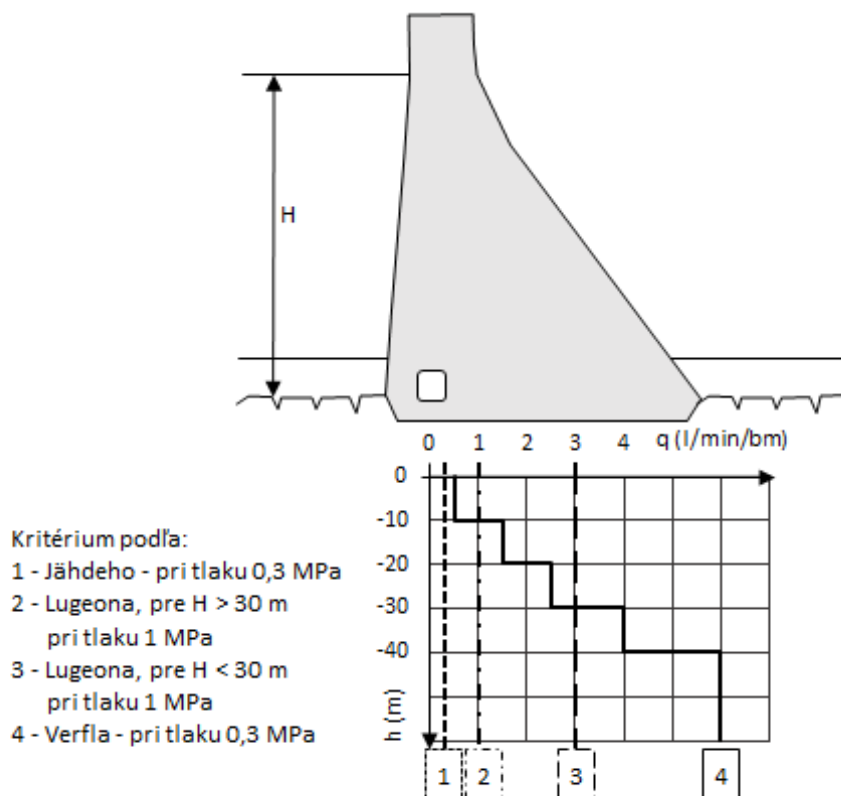
V nemeckej histórii XIX storočia cituje F. Schnabel prof. K.Schurmannu takto, cit.: "...nik iný nesiahne tak výrazne do podoby zemského povrchu, ako inžinier, ktorý pracuje vo vodnom staviteľstve – a teda ani nik iný nemá príležitosť zanechať tak hlboké stopy svojej práce, ktoré pretrvávajú storočia". To je myšlienka, či názor, ktorý stavia vodohospodárov na piedestál výnimočného významu, do polohy lichotivej, ale aj krehkej. Aby vodohospodárske stavby zotrvali storočia a aby boli bezpečné a zároveň spoľahlivé, to si vyžaduje mimoriadne citlivý prístup ich tvorcov a znalostí širokého záberu v kontinuite s prírodným prostredím. Zo súboru inžinierskych konštrukcií sú totiž s prírodným prostredím najviac späté práve vodohospodárske stavby. Z nich sa do popredia dostávajú najmä priehrady, ochranné hrádze, ale aj hrádze poldrov, odkalísk a pod. Uvedená závislosť je predurčená ich funkciou – či už zásobnou alebo ochrannou, príp. obojakou. Nevyhnutnosť čo najvyššej miery spoľahlivosti poznania hydrologických, geologických, hydrogeologických a geotechnických podkladov, morfológie územia, jeho klímy a pod. je tu eminentná. Vzhľadom na ich širokú variabilitu, neustále sa meniaci proces požadovaných podkladov v čase a v priestore, v prípade hydrologických podkladov náhodný charakter ich vývoja mimoriadne komplikujú celý proces nielen navrhovania a výstavby týchto konštrukcií, ale aj ich prevádzky. V predkladanom príspevku prezentujem niekoľko poznatkov a skúseností z prevádzky betónovej gravitačnej priehrady Vlčia dolina, ktorá je v prevádzke už viac ako polstoročie.

Betónové priehrady a ich špecifiká

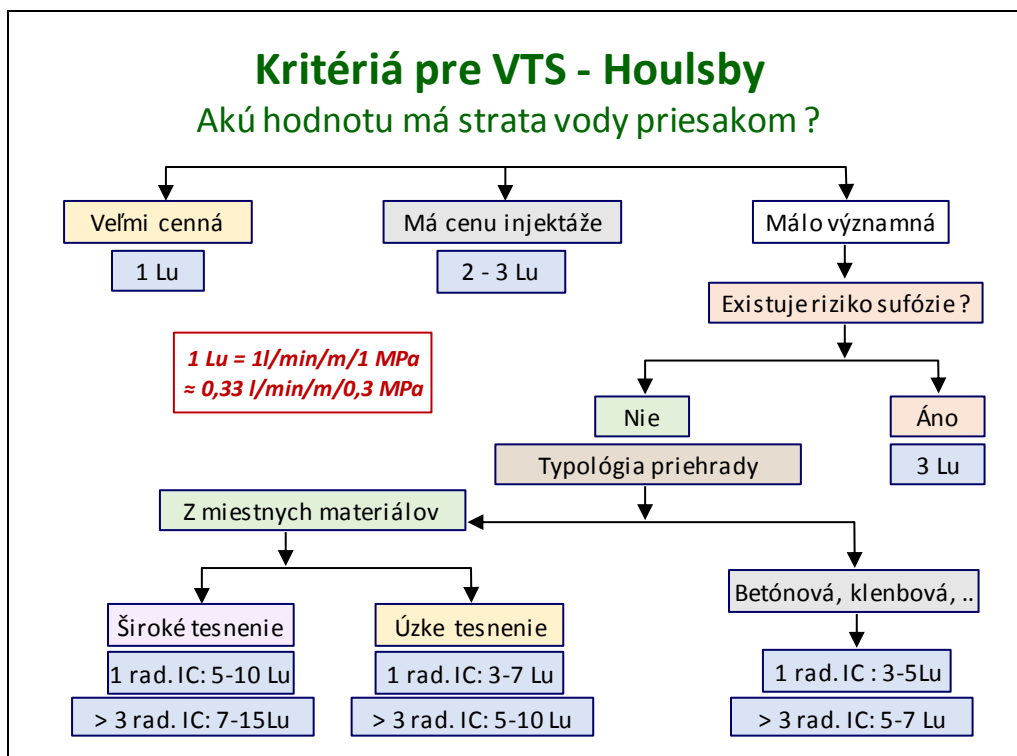
História výstavby betónových priehrad (resp. priehrad z umelých materiálov) je oveľa mladšia, než priehrad zemných, príp. priehrad kamenitých murovaných, ktoré boli s hľadiska statického pôsobenia a tvaru konštrukcie predchodcom betónových priehrad. Zastúpenie priehrad z umelých materiálov je v registri medzinárodnej komisie veľkých priehrad (ICOLD) cca 30 %-tné. Na Slovensku je v súbore 50 vodných stavieb registrovaných v ICOLD-e, len 5 betónových gravitačných priehrad (Orava, Nosice, Palcemská Maša, Vlčia dolina a Ružín 2). Príčina ich menšieho zastúpenia spočíva v zložitej geológii Slovenska, málo vhodnej pre ich realizáciu. V súvislosti s betónovými priehradami stojí za zmienku fakt, že na základe štatistík vykazujú tieto konštrukcie v komplexe porúch a havárií menšie zastúpenie, než priehrady z miestnych materiálov. Vyplýva to jednak z ich menšieho percentuálneho zastúpenia v súbore hodnotených priehrad, ale tiež z ich väčšej odolnosti na najčastejšie príčiny porúch a havárií, akými sú preliatie a priesaky. Je to najmä redukované riziko z dôvodu preliatia a tiež riziko, spôsobené priesakmi telesom priehrady. Oblasť porúch a havárií betónových gravitačných priehrad je tak kumulovaná do ich podložia. Z hľadiska bezpečnosti a spoľahlivosti ich prevádzky sa do popredia dostávajú kritéria, kladené na účinnosť protipriesakových opatrení v podložiach týchto stavieb. Spravidla to sú injekčné clony, ktoré by mali redukovať priesaky pod prípustnú vodohospodársku stratu. Okrem toho ich funkciou je redukcia intenzity filtračného pohybu s ohľadom na filtračnú stabilitu dotknutého horninového prostredia. Osobitosťou funkcie injekčných clón v podložiach betónových gravitačných priehrad je redukcia vztlakov z hľadiska zabezpečenia ich konštrukčnej stability. To nie je charakteristické pre priehrady z miestnych materiálov. Usmerňujúcim faktorom pre potrebu a kvalitu utesnenia podložia priehrad sú výsledky vodných tlakových skúšok (VTS), resp. kritériá, stanovené vo väzbe na straty vody pri VTS (obr.1 a 2).

Ako vyplýva z dokumentovaných kritérií, ich hodnoty sú determinované prípustnou vodohospodárskou stratou (Jähde, Lugeon, Verfel), resp. rizikom porušenia filtračnej stability (Houlsby). Otázka redukcie vztlakov v podloží priehrady vo väzbe na jej konštrukčnú stabilitu je implicitne zohľadnená v optimalizácii parametrov injekčnej clony v etape prípravy a realizácie vodnej stavby. V etape jej prevádzky sú všetky

požadované kritériá dominantným predmetom monitoringu (najmä vývoja vztlakov a filtračných rýchlostí) a posudzovania bezpečnosti vodnej stavby v rámci jej technicko-bezpečnostného dohľadu (TBD).



Obr.1 Kritéria pre vodné tlakové skúšky podľa Jähdeho, Lugeona, Verfla

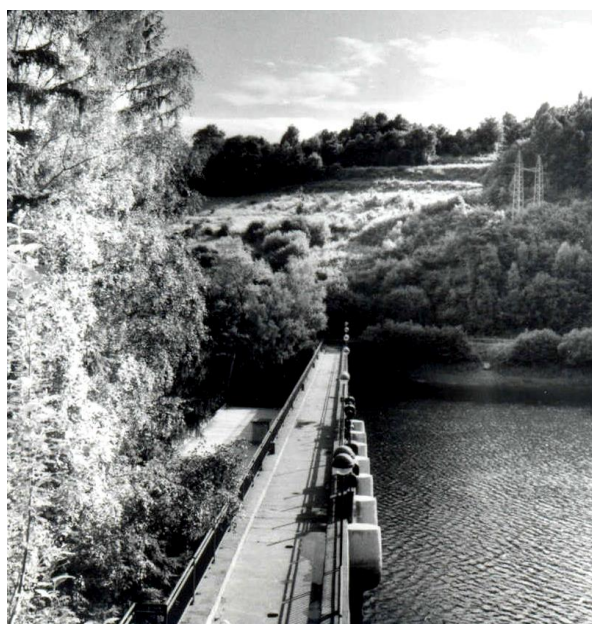
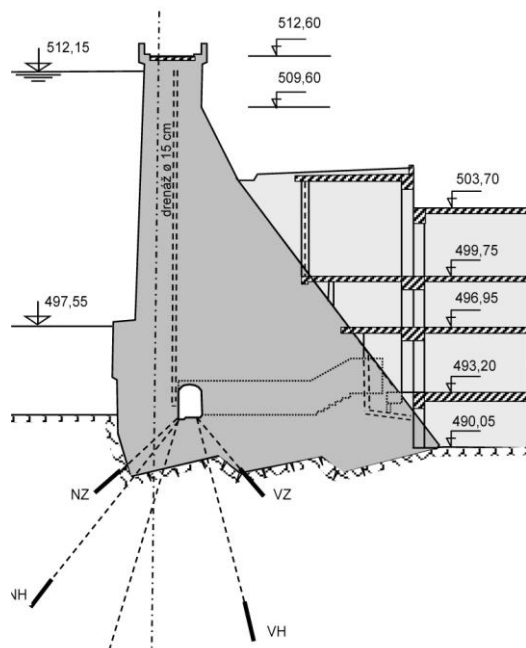


Obr.2 Kritéria pre vodné tlakové skúšky podľa Houlsbyho

Vodné tlakové skúšky a kritériá strát sú tak späté priehradami najmä v etape prípravy, ich navrhovania a výstavby. V čase prevádzky vodných diel má využívanie VTS obmedzenú platnosť. Týka sa to predovšetkým kontroly účinnosti injekčných clôn, ktorá bola u nás v minulosti aplikovaná na viacerých vodných stavbách. Možno tu spomenúť napr. priehradu Liptovská Mara, Ružín 1, ale aj betónové gravitačné priehrady Orava, Nosice, Palcmanská Maša či Vlčia dolina. Výsledky rozsiahlych analýz na našom pracovisku, zaoberajúcich sa uvedenou problematikou potvrdili nevhodnosť jej aplikovania ku kontrole účinnosti injekčných clôn v podloží priehrad. Preto sa prestali koncom 80-tych rokov minulého storočia využívať. V súčasnosti sú injekčné clony pod priehradami kontrolované výlučne monitoringom, systémom vztlakomerných vrtov, zabudovaných pred a za injekčnou clonou, ale aj systémom pozorovacích vrtov na meranie hladín a filtračných rýchlostí. Skúsenosti potvrdili správnosť takéhoto prístupu. Na margo geofyzikálnych meraní filtračných rýchlostí treba poznamenať, že ich miesto v súbore kontrolných meraní na priehradách nemožno poprieť. Bez nich by totiž nebolo možné korektné posúdiť existenciu rizika porušenia filtračnej stability zemín a výplne skalných hornín.

Skúsenosti z kontroly bezpečnosti VS Vlčia dolina

Vlčia dolina je súčasťou energetickej sústavy Palcmanská Maša – Vlčia dolina - Dobšiná. Jej špecifikom je prevod vody z povodia Hnilca do povodia Slanej. Využíva hydroenergetický potenciál rieky Hnilca so spádom 280 m. Nádrž vo Vlčej doline je vytvorená prehradením údolia gravitačnou betónovou priehradou, postavenou v rokoch 1948 až 1952. Priehrada je vybudovaná ako betónová gravitačná, s výškou nad základovou škárou 27,0 m a nad terénom 20,5 m (obr.3). Teleso priehrady, s dĺžkou v korune 137 m tvorí 15 blokov dĺžky od 6 m do 12 m. Podložie priehrady sa nachádzajú suťové hliny, štrky, kamenité resp. hlinito-kamenité sute hrúbky 1 až 4 m. Skalný podklad tvoria v prevažnej miere amfibolity, lokálne porušené tektonickými zlomami a dislokáciami. Porušené horniny boli pri výstavbe odstránené a nahradené hutným betónom. Pri zakladaní priehrady sa v pravom údolnom svahu aktivizoval zosun o šírke cca 50 m šírky a dĺžky okolo 100 m. Do pohybu sa dostalo približne 25 000 m³ horniny. Zosuv vyvolal zmenu zakladania blokov v tejto oblasti v zapaženej stavebnej jame a redukcii dĺžky 4 blokov z 9 m na 6 m.

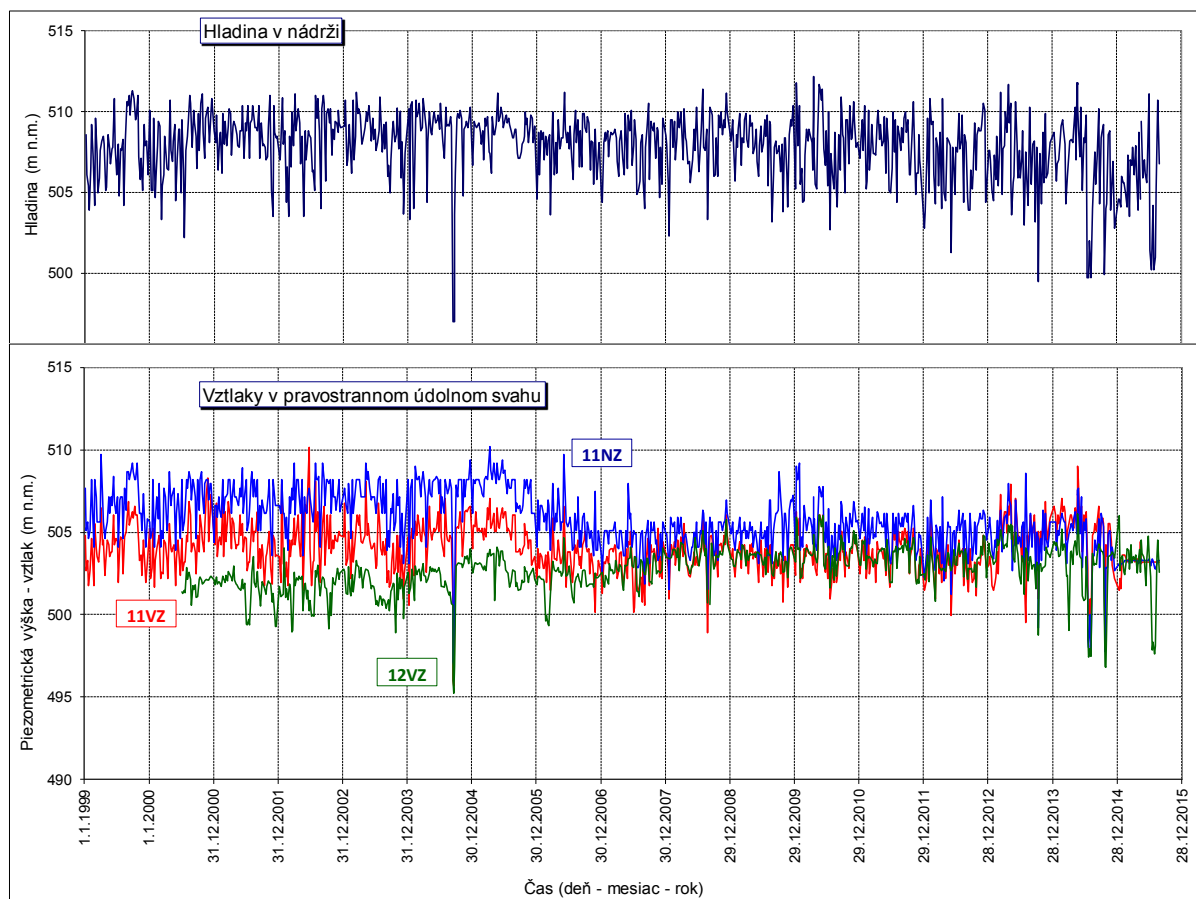


Obr. 3 Priechy profil priehrady a pohľad na korunu (foto: M. Hudáková)

Podložie priehrady bolo vzhľadom na priepustnosť, určenú pomocou vodných tlakových skúšok (VTS) tesnené injekčnou clonou. Jej prvá rekonštrukcia bola realizovaná po 25 rokoch prevádzky, v období 1978 – 1980. V rokoch 1987 -1988 bola injekčná clona v oblasti pravostranného zaviazania priehrady znovu dotiesňovaná. Teraz, po viac ako 25 rokoch od ostatnej sanácie injekčnej clony, resp. po viac ako 60-tich rokoch prevádzky vodného diela sa v oblasti pravostranného zaviazania vyskytujú javy, signalizujúce ďalšiu potrebu dotiesnenia injekčnej clony.

Ku kontrole režimu prúdenia podzemných a priesakových vôd podloží priehrady slúži systém pozorovacích objektov, pozostávajúci z 28 vztlakomerných vrtov, 15 sond na meranie hladín a z drenážneho systému. Súčasťou kontroly bezpečnosti priehrady a spoľahlivosti prevádzky nádrže sú aj merania filtračných rýchlostí v pozorovacích objektoch, ktoré sa na vodnom diele vykonávajú v 3 až 4 ročných intervaloch.

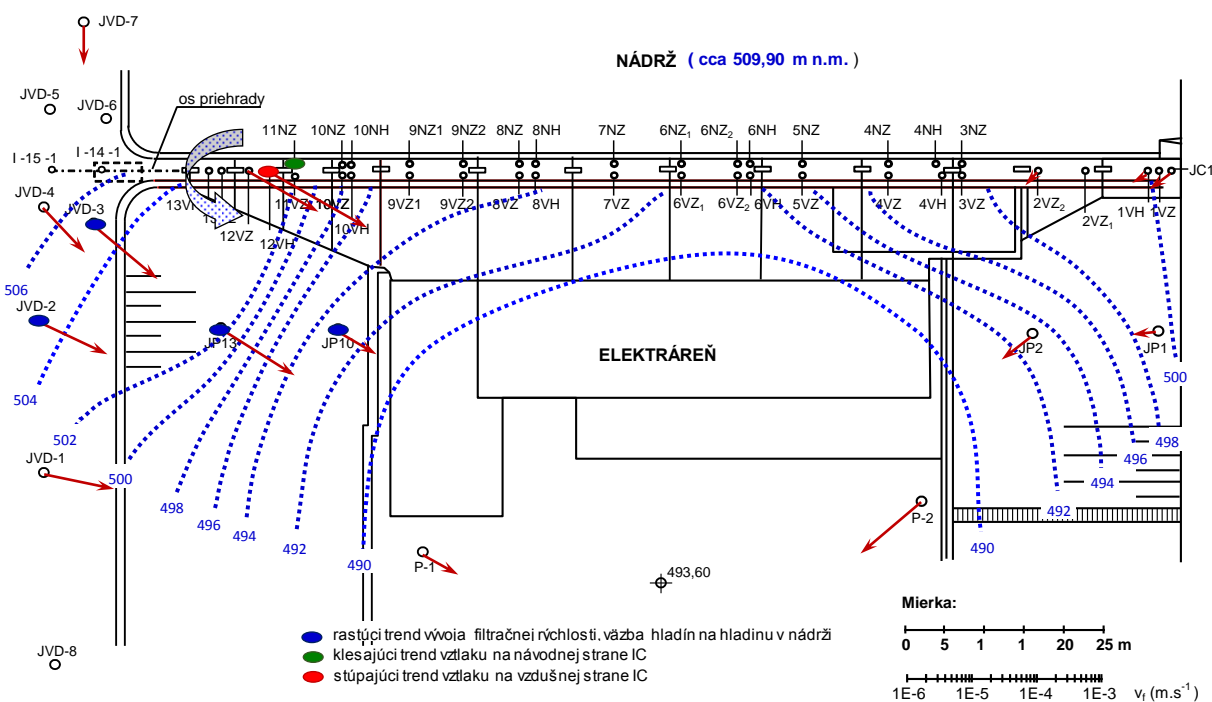
Bezprostrednou kontrolou účinnosti injekčnej clony sú vztlaky. Z analýzy výsledkov meraní je zrejmé, že injekčná clona vo väčšine merných profilov vykazuje ustálenú účinnosť a redukuje vztlaky v podloží priehrady na požadovanú úroveň. Výnimkou sú vztlaky pod blokmi 10, 11 a 12, v oblasti pravostranného zaviazania. Klesajúci trend ich vývoja pred injekčnou clonou a stúpajúci trend injekčnou clonou signalizuje lokálny pokles jej účinnosti (obr.4).



Obr.4 Vývoj vztlakov v podloží blokov 11 a 12

Vývoj filtračného režimu v podmienkach VS Vlčia dolina je analyzovaný aj prostredníctvom hladinového režimu, ktorý bližšie špecifikujú aj súčinitele korelácie, vyjadrujúce spätosť hladín vo vrtoch s hladinou v nádrži. Z ich analýzy vyplýva, že v oblasti pravostranného zaviazania možno medzi hladinami podzemných a priesakových vôd v podloží priehrady a hladinou v nádrži registrovať

vzájomnú súvislosť, indikujúcu možnú existenciu preferovaných priesakových ciest (JVD2, JVD3, JP10, JP13). Kontrolu bezpečnosti vodného diela z hľadiska filtračnej stability vhodne dopĺňajú špeciálne indikátorové merania filtračných rýchlostí v pozorovacích objektoch. Z ich analýzy do roku 2015 vyplýva, že intenzita filtračného pohybu podzemných a priesakových vôd v podloží priehrady je vo väčšine pozorovacích objektov ustálená, zvyčajne nižšia ako $1 \cdot 10^{-5} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, pod dolnou hranicou kritických filtračných rýchlostí ($5 \cdot 10^{-4} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$). Do pozornosti však spadajú trendy vývoja filtračných rýchlostí, ktoré sú registrované taktiež v oblasti pravostranného zaviazania (JVD2, JVD3, JP10, JP13). Kumulácia všetkých vysledovaných faktorov signalizuje potrebu lokálneho dotesnenia injekčnej clony v oblasti pravostranného zaviazania (obr.5). Kumulácia negatívnych javov, zaznamenaná vo vývoji parametrov podzemných a priesakových vôd v oblasti pravostranného zaviazania a pravého údolného svahu VS Vlčia dolina pravdepodobne nie je náhodná. Dá sa predpokladať, že signalizuje zmeny prostredia, včítane účinnosti injekčnej clony, vyvolané dlhodobým hydrodynamickým namáhaním.



Obr.5 Kumulácia negatívnych javov filtračného pohybu v oblasti pravostranného zaviazania

Na zníženú odolnosť podložia priehrady v oblasti pravého údolného svahu poukazujú aj sanácie injekčnej clony v rokoch 1978 – 1980 a 1987-1988. S cieľom objasnenia prípadnej existencie preferovaných priesakových ciest bol v oblasti pravostranného zaviazania priehrady v roku 2009 realizovaný komunikačný experiment. Jeho zmyslom bolo potvrdiť, alebo vyvrátiť hypotézu o preferovaných priesakových cestách. Výsledky experimentu potvrdili ich existenciu. Po viac ako 25-tich rokoch od ostatnej sanácie injekčnej clony sa tak otázka potreby jej dotesnenia stala opäť aktuálnou. Preto bola táto problematika podrobne analyzovaná aj numericky, metódou konečných prvkov (MKP). Jej výsledky, konfrontované s výsledkami meraní in situ potvrdili potrebu dotesnenia injekčnej clony v podloží blokov 10 až 15. V súčasnosti už je spracovaná projektová dokumentácia jej rekonštrukcie a v blízkej budúcnosti by sa mal tento zámer realizovať. Prípadné zanedbanie tohto problému by mohlo mať za následok lokálne porušenie filtračnej stability horninového prostredia v podloží priehrady, nárast vztlakov nad prijateľnú mieru, vznik ťahových zón v základovej škáre priehrady, príp. ďalšie nežiadúce negatívne javy, ohrozujúce bezpečnosť priehrady a spoľahlivosť prevádzky vodného diela.

Záver

Betónové gravitačné priehrady vybudované na území Slovenska sa dĺžkou svojej prevádzky preklápajú do druhej polovice ich predpokladanej životnosti. VS Orava, Nosice, Vlčia dolina a Palcmanská Maša sú v prevádzke viac ako 60 rokov, VS Ružín 2 viac ako 40 rokov. Je to dostatočná doba na to, aby sme mohli pozitívne hodnotiť ich tvorcov – projektantov a dodávateľov, ako aj činnosť prevádzkovateľov. Najcitlivejšie obdobie, súvisiace s uvedením vodných diel do prevádzky, v ktorom sa vo väčšine prípadov prejavia problémy (ak sú) poruchou, alebo haváriou, t. j. obdobie prvých 5 až 10 rokov, majú tieto vodné diela dávno úspešne za sebou. V súčasnosti sa do popredia dostávajú problémy, súvisiace s vplyvom ich dlhodobej prevádzky a stárnutím. Názorným príkladom je VD Vlčia dolina. Táto skutočnosť zrejme nie je náhodná. V porovnaní s ostatnými spomínanými betónovými priehradami (Orava, Nosice, Palcmanská Maša a Ružín 2) je teleso priehrady Vlčia dolina najviac hydrodynamicky namáhané. Ak sa k tomu pridruží lokálne komplikovaná geologická skladba podložia priehrady v oblasti pravostranného zaviazania a nezvyčajná technológia zhotovovania konštrukcie injekčnej clony (v kombinácii šikmej polohy pod blokmi s injekčnou štôľňou a zvislej polohy pod blokmi v oblastiach zaviazaní), problémy sú akceptovateľné. Po predchádzajúcej sanácii injekčnej clony v rokoch 1978 – 1980 a jej lokálnej sanácii v pravostrannej oblasti podložia priehrady v rokoch 1987 -1988 dozrel čas na jej ďalšiu sanáciu. A že si toto vodné dielo po viac ako 60 rokoch prevádzky zaslúži pozornosť, o tom nemožno pochybovať. Nielen s ohľadom na problémy, ktoré sa v interakcii vodných stavieb s prírodným prostredím môžu občas vyskytnúť, ale aj s ohľadom na význam tohto vodného diela. Pri zohľadnení jeho priemernej ročnej výroby elektrickej energie 28 700 MWh (Vodné elektrárne Trenčín, 2008) prispelo za obdobie svojej prevádzky do energetickej sústavy čiastkou takmer 1,8 mil. MWh ekologicky čistej elektrickej obnoviteľného zdroja – vody. Pri komplexnom hodnotení celej energetickej vodohospodárskej sústavy Dobšiná nemožno opomenúť ani ďalšie významné prínosy pre spoločnosť, ako je nadlepšovanie prietokov, protipovodňová ochrana, tvorba krajinného rázu, rekreácia a šport a pod.

PodĎakovanie Touto cestou chcem vyjadriť poďakovanie prevádzkovateľovi vodného diela, Slovenskému vodohospodárskemu podniku, š.p. OZ Košice, za dlhoročnú vzájomnú spoluprácu, za možnosť pracovníkov akademickej pôdy podieľať sa na riešení zaujímavých problémov vodohospodárskej praxe, na základe ktorej vznikol aj predkladaný príspevok.

Literatúra:

- BEDNÁROVÁ, E. a kol. 2010. Priehradné staviteľstvo na Slovensku. Originality, míľniky, zaujímavosti. KUSKUS Bratislava, 2010., ISBN 978-80-970428-0-6
- BEDNÁROVÁ, E., MINÁRIK, M., GRAMBLIČKOVÁ, D., MÉSZÁROS, T., UHORŠČÁK, L., MIŠČÍK, M. 2012. Effect of long term operation of water structure Vlčia Dolina on function of grouting curtain. In Twenty-fourth International Congress on Large Dams : Kyoto, Japan, 6.-8.6.2012. Paris: International Commission On Large Dams, 2012.
- BEDNÁROVÁ, E. a kol. 2015. VS Vlčia dolina. Analýza filtračného pohybu v podloží priehrady. SvF STU Bratislava, 2015, 82 s.
- BITTAROVÁ, V., CHUDÝ, M., DIBALOVÁ, L. 2008. Vodné elektrárne Trenčín. Slovenské elektrárne. Enel. Repros Studio, s.r.o. Trenčín, 2008. 145 s.
- LUKÁČ, M., BEDNÁROVÁ, E. 2006. Navrhovanie a prevádzka vodných stavieb. Sypané priehrady a hrádze. Bratislava, JAGA, 2006, 183 s.
- VARGA, M. a kol. 2000. Doplnkový hydrogeologický prieskum na VD Vlčia dolina., Montana, s.r.o., Košice, 2000. 13 s.
- Vodné dielo Dobšiná – priehrada Vlčia dolina. Hydrogeologický prieskum. IGHP n. p. závod Žilina, 1978.
- VD Dobšiná – Vlčia dolina. Oprava injekčnej clony. IGHP n. p. závod Žilina, 1980.

SÚ NA SLOVENSKU POVODNE VÄČŠIE A SUCHÁ DLHŠIE NEŽ V MINULOSTI?

RNDr. Pavla Pekárová, DrSc., Mgr. Branislav Pramuk, RNDr. Pavol Miklánek, CSc.

¹ Ústav hydrologie SAV, Dúbravská cesta 9, 841 04 Bratislava, pekarova@uh.savba.sk

Úvod

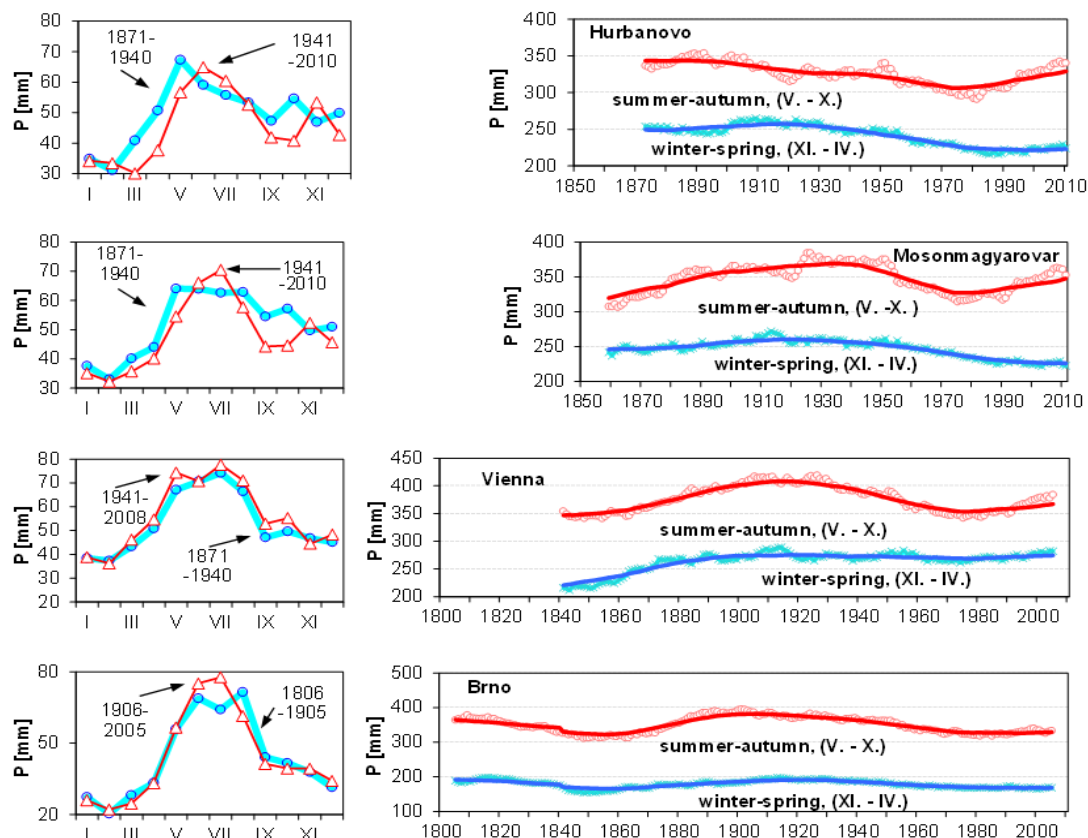
V súčasnosti sa vo vodnom hospodárstve čoraz častejšie nastoľujú problémy spojené s hydrologickými a meteorologickými extrémami – s výskytom povodní i súch. V priebehu posledných dvoch desaťročí veľmi suchý bol na Slovensku napríklad rok 2003. V danom roku zasiahlo sucho strednú, juhovýchodnú i severnú Európu (Slovensko, Španielsko, Portugalsko, Francúzsko, Taliansko, Nórsko). V roku 2005 sa vyskytlo extrémne sucho v Anglicku. Španielsko a Portugalsko v tomto roku postihlo najsilnejšie sucho od roku 1945 a vyvolalo vlnu ničivých požiarov. V lete v roku 2010 bolo extrémne sucho v Rusku sprevádzané radom lesných požiarov priamo v okolí hlavného mesta Moskva. Aj v rokoch 2011 a 2015 strednú a juhovýchodnú Európu postihlo extrémne sucho. Zasiahanuté bolo celé povodie rieky Dunaj. Na druhej strane roky 2002, 2006 a 2010 boli na Slovensku i v povodí Dunaja extrémne mokré. Extrémnosť rokov 2003 a 2010 môžeme dokumentovať na rade ročných zrážkových úhrnov - priemerov z územia Slovenska. Zatiaľ čo v roku 2003 dosiahol priemerný ročný úhrn zrážok iba 573 mm, v roku 2010 presiahol 1250 mm. Zdá sa, že extremalita zrážok a prietokov narastá.

Pri posudzovaní trendových zmien je pri formulovaní záverov dôležité brať do úvahy dĺžku obdobia, ku ktorému sa vyjadrujeme. Pri klimatických zmenách je rozdiel, či hovoríme o miliónoch, tisícoch, stovkách alebo desiatkach rokov. Vzhľadom na dĺžku ľudského života a životnosti vodohospodárskych diel je v centre nášho záujmu obdobie 50–200 rokov. Na Slovensku máme k dispozícii len zopár kompletných radov priemerných denných prietokov v dĺžke nad 70 rokov. Vo väčšine staníc pozorovania začali až od roku 1961. Jediný rad prietokov je vyhodnotený už od roku 1876 pochádza zo stanice Dunaj: Bratislava. Čiže štatisticky analyzovať je možné trendové zmeny prietokov za 50- až 70- ročné obdobie. Preto v práci Pekárová a kol. (2015) sme pomocou rôznych štatistických testov identifikovali zmeny rozdelenia početností denných zrážkových úhrnov zo staníc Hurbanovo, Brno, Viedeň a Mosonmagyaróvár, keďže údaje zo stanice Brno sú k dispozícii už od roku 1809 (obr. 1). Výsledok porovnania ročného chodu zrážok v stanici Brno za dve 100-ročné obdobia je mimoriadne zaujímavý – takmer bez zmeny. Dvadsaťročie 1850–1870 bolo podobne suché, ako obdobie 1970–1990. Z pohľadu 200- ročného obdobia v stanici Brno nemožno hovoriť o raste, alebo poklese ročných zrážkových úhrnov.

Keďže množstvo vody v riekach odráža nielen zmeny v zrážkových úhrnoch, ale aj zmeny teploty vzduchu, zamerali sme sa na štatistickú analýzu zmien množstva vody v tokoch. Cieľom tejto štúdie je zhodnotiť dlhodobé trendy a viacročnú variabilitu radov rôznych hydrologických charakteristík priemerných denných prietokov vybraných riek na Slovensku za obdobie 1931–2014.

Materiál a metódy

V tejto práci boli použité rady priemerných denných prietokov z troch slovenských riek – Morava: Moravský sv. Ján; Hron: Brehy a Ipeľ: Holiša (obdobie 1931–2014). Pre porovnanie sme použili výsledky analýzy zmien režimu prietokov Dunaja zo stanice Bratislava (1876–2013). Na analýzu zmien režimu prietokov bol použitý hydrologický softvér na identifikáciu zmien v hydrologických radoch denných údajov IHA (Indicators of Hydrologic Alternations) verzia 7. Tento program bol vyvinutý organizáciou na ochranu prírody The Nature Conservancy (TNC, 2007). Program IHA slúži na porovnanie charakteristík prirodzených a zmenených hydrologických režimov. Softvér dokáže pracovať na rôznych typoch denných hydrologických údajov. Veľkou výhodou využívania tohto programu je, že môže byť využitý na sumarizáciu dlhých radov denných hydrologických údajov, ktoré dokáže zjednodušiť do použiteľných, relevantných hydrologických parametrov.

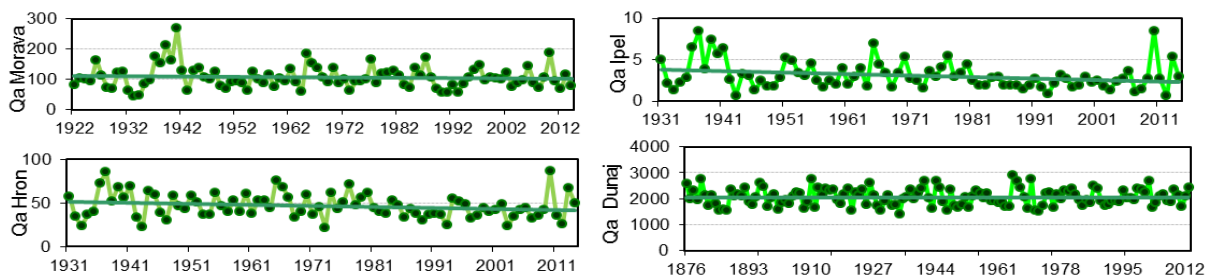


Obr. 1. Zmeny dlhodobých priemerných mesačných úhrnov zrážok vybraných staníc s najdlhšími meranými radmi, za dve obdobia (vľavo); zmeny kľzavých priemerov zrážok za letno-jesennú a zimno-jarnú sezónu (vpravo).

Pri výpočtoch softvér využíva denné rady údajov. Nato, aby IHA štatistiky boli objektívne, je potrebné mať k dispozícii vstupy z dostatočne dlhých radov hydrologických pozorovaní. Na základe štúdie Richter a kol. (1997) je potrebné pracovať minimálne s dĺžkou radu 20 rokov pre zistenie charakteristík pred a po impaktových pozorovaní. Ďalšími prácami, orientujúcimi sa predovšetkým na veľkosť a dĺžku radov vstupných údajov sú práce Taylor a kol. (2003) a Huh a kol. (2005).

Výstupom z programu môžu byť grafy a tabuľky obsahujúce až 67 štatistických parametrov. Tieto parametre sú rozdelené do 2 skupín: 1. IHA parametre a 2. EFC (the Environmental Flow Component) parametre. Program IHA vypočítava parametre pre 5 odlišných typov EFC (Environmental Flow Component). Ide o: 1. nízke prietoky; 2. extrémne nízke prietoky; 3. pulzy/obdobia zvýšených prietokov; 4. malé povodne a 5. veľké povodne.

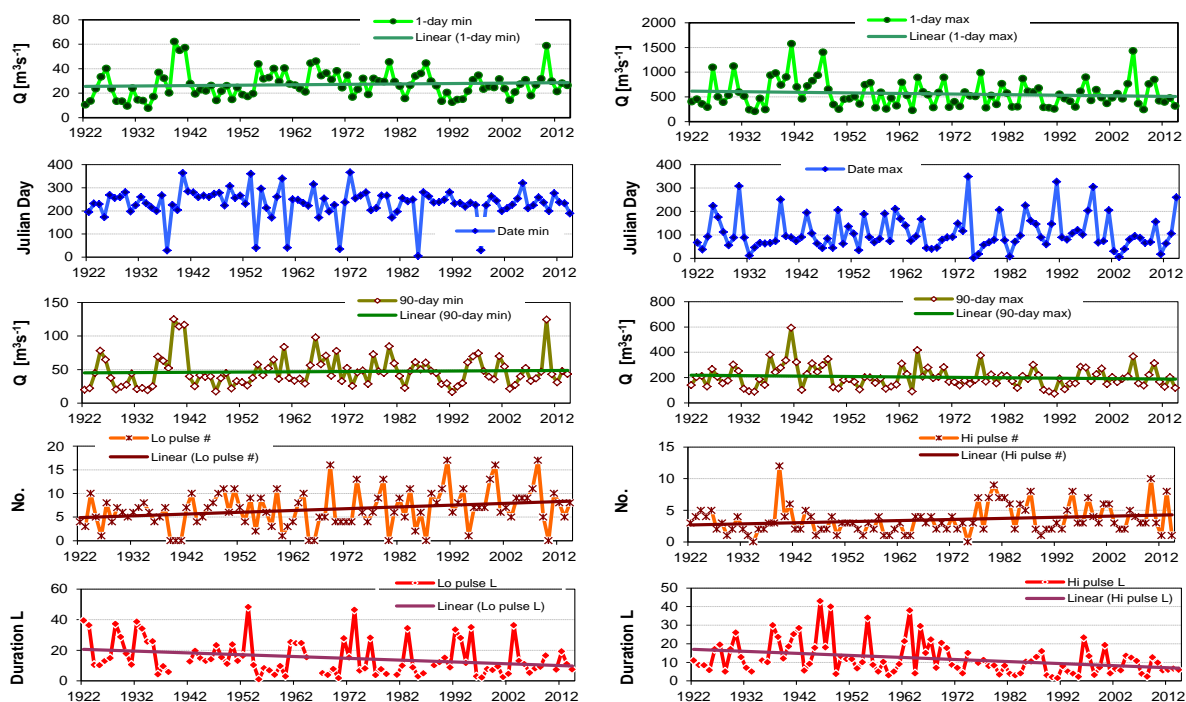
Nízke prietoky (Low flows) sú dominantným javom u väčšiny riek. V prirodzených korytách riek, po období dažďov alebo po topení snehovej pokrývky postupne poklesne celkový (povrchový a podpovrchový) odtok z povodia, pričom sa odtok vráti do pôvodného prietokového stavu. Tieto nízke prietokové množstvá sú udržiavané prítokmi podzemnej vody do tokov. Extrémne nízke prietoky (Extreme low flows) nastávajú počas veľmi dlhých suchých období, prietoky v riekach poklesávajú a dostávajú sa do veľmi nízkych hodnôt. K pulzom zvýšených prietokov (High flow pulses) dochádza pri náhlych zvýšených úhrnoch zrážok (búrkach) alebo počas rýchleho topenia sa snehu, čo má za následok nárast vodnej hladiny nad úroveň priemerného prietoku. Pri zvýšených prietokoch nenastáva ešte nárast vodného stavu ponad brehy toku. Malé povodne (Small floods) zahrňujú všetky nárasty vodnej hladiny, ktoré prevýšia prirodzené koryto toku, pričom nezahrňujú extrémne povodne. Veľké povodne (Large floods) výrazne pretvárajú biologickú a fyzikálnu štruktúru toku a jeho priľahlých oblastí. Tieto parametre predstavujú celé spektrum prietokových podmienok.

Obr. 2. Priebiehy priemerných ročných prietokov [m^3s^{-1}].

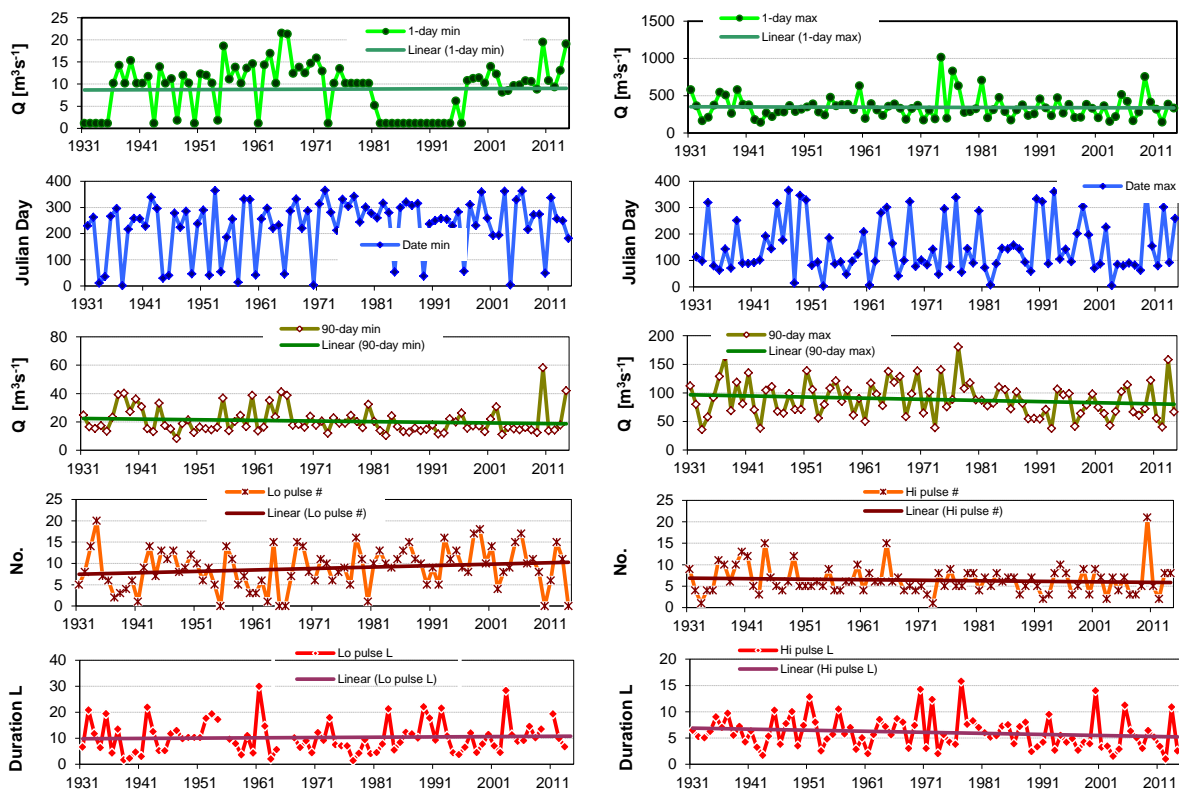
Výsledky a diskusia

Priebiehy priemerných ročných prietokov [m^3s^{-1}] vybraných staníc je vykreslený na obr. 2. Roky 1935–1940 boli na Slovensku veľmi vodné, po roku 1981 prišlo suché, z povodňového hľadiska pokojnejšie obdobie.

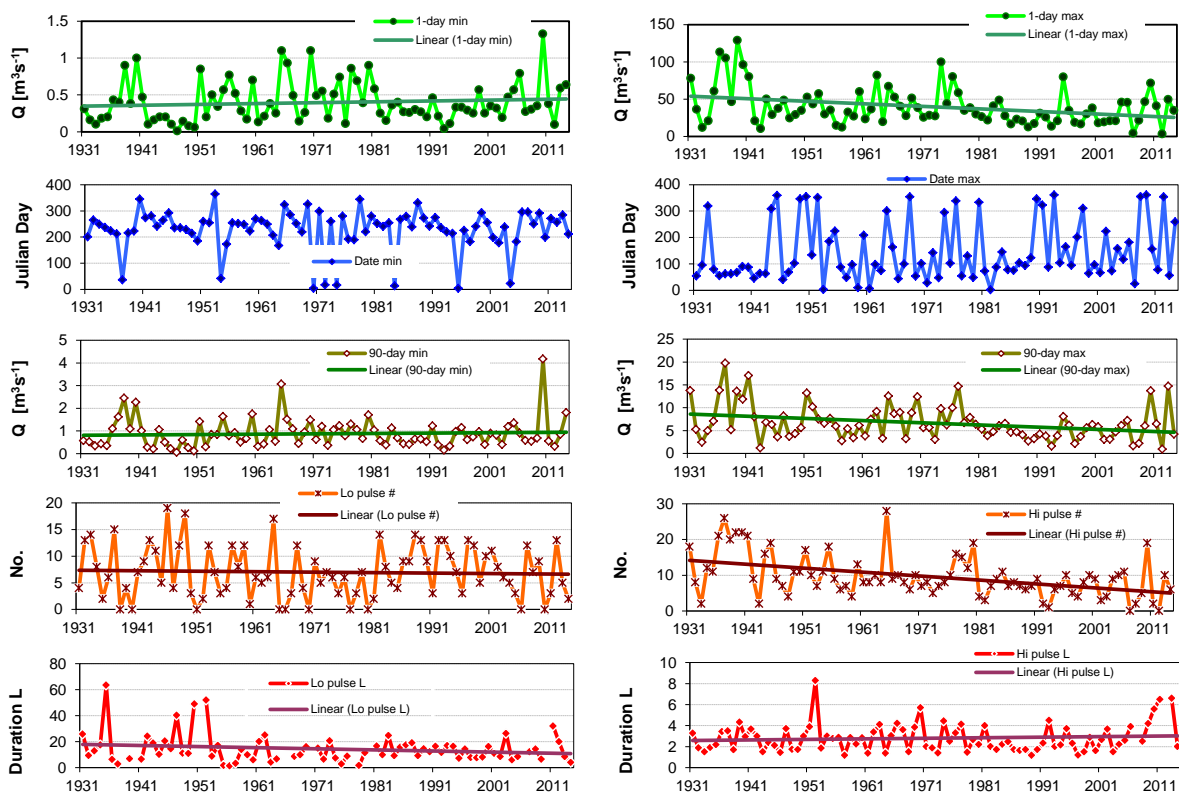
Na obrázkoch 3a je prezentovaný príklad vyhodnotenia vybraných charakteristík denných prietokov Moravy zo stanice Moravský sv. Ján v jednotlivých rokoch obdobia 1922–2014. Na grafe vľavo hore sú vykreslené priebiehy 1-dňových minimálnych prietokov a vpravo maximálnych prietokov aj s trendovými čiarami. Ďalej sú na obrázku vykreslené zmeny výskytu 1- dňového extrému [Julian Day; 366 je 31. december], 90- denný minimálny a maximálny prietok (90-day min, max); početnosť výskytu malých a vysokých prietokových pulzov - vln; a zmeny v trvaní (duration) extrémne nízokých prietokov a veľkých povodní. Z trendovej analýzy vyplýva, že dochádza k miernemu nárastu vrcholov a súčasne poklesu trvania extrémne nízokých prietokov. Trend vrcholových prietokov veľkých povodní v sledovanom období je nevýznamne klesajúci, avšak trvanie veľkých povodní významne klesá. Obrázky 3b,c dokumentujú výsledky zo staníc Hron: Brehy a Ipeľ: Holiša. Početnosť veľkých povodní na Ipeľ v období 1931–2014 má klesajúci charakter, súčasne od roku 2010 sa predlžuje ich trvanie.



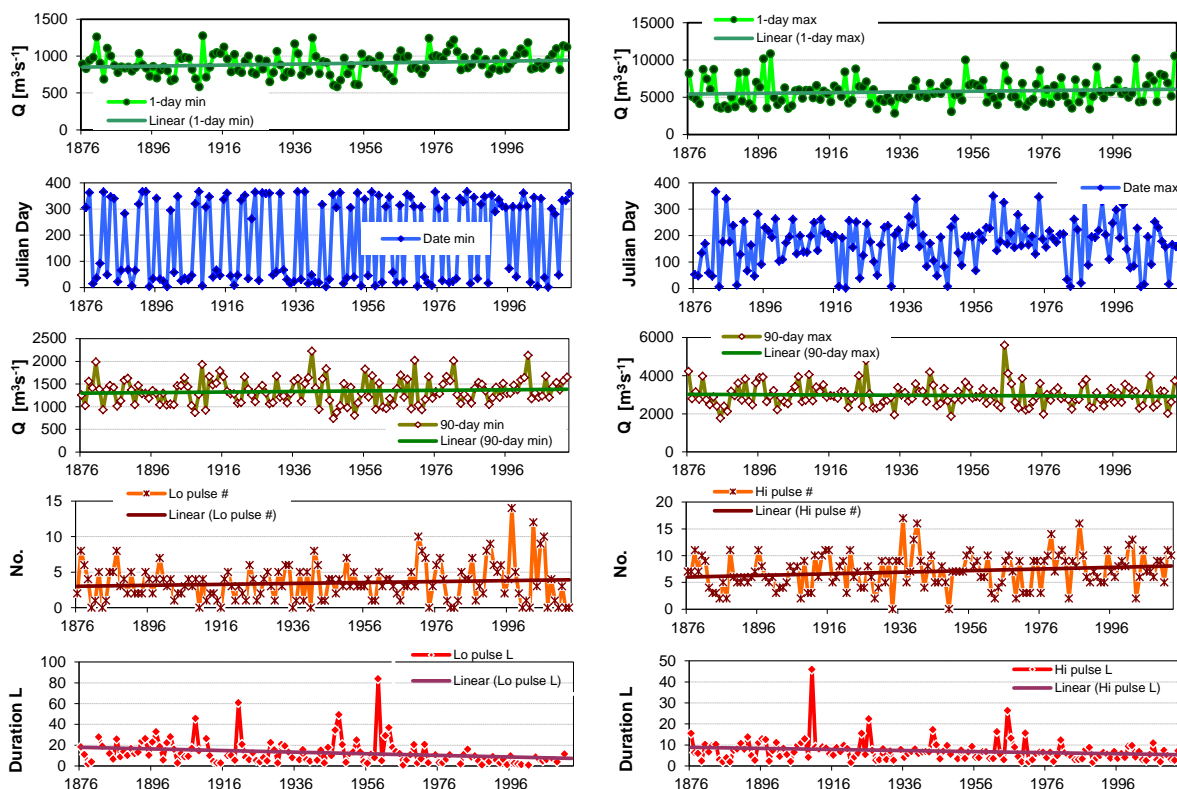
Obr. 3a. Priebiehy vybraných charakteristík denných prietokov Moravy zo stanice Moravský sv. Ján.



Obr. 3b. Priebhy vybraných charakteristík denných prietokov Hron: Brehy.

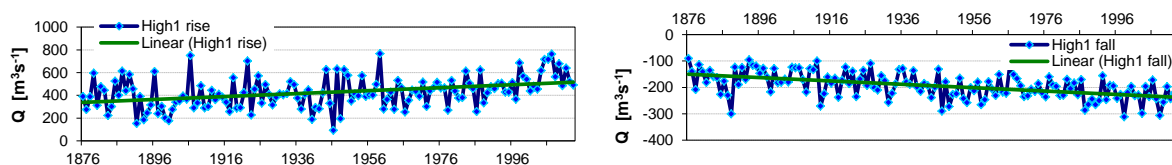


Obr. 3c. Priebhy vybraných charakteristík denných prietokov Ipel': Holiša.



Obr. 4. Priebehy vybraných charakteristík denných prietokov Dunaj: Bratislava.

Pre porovnanie na obr. 4 sú vykreslené priebehy sledovaných charakteristík prietokov Dunaja v stanici Bratislava za obdobie 1876-2013. Minimálne priemerné denné prietoky Dunaja mierne rastú (zelený graf vľavo), suchá sa od roku 1971 vyskytovali častejšie, ale ich trvanie bolo kratšie. Súčasne narastá rýchlosť rastu a poklesu povodňových vln na Dunaji v Bratislave, ako možno vidieť na obr. 5.



Obr. 5. Priemerná rýchlosť rastu a poklesu veľkých povodňových vln, Dunaj: Bratislava.

Záver

V predložennom príspevku sme sa zaoberali analýzou dlhodobých zmien prietokov troch slovenských riek a rieky Dunaj v stanici Bratislava na základe podrobnej štatistickej analýzy radov meraných priemerných denných prietokov. Zamerali sme sa na analýzu dlhodobých trendov početnosti a dĺžky trvania veľkých such ako aj veľkých povodní.

Z analýzy vyplývajú nasledovné výsledky:

1. Vo všeobecnosti minimálne prietoky mierne rastú, čo môže byť spôsobené výstavbou nádrží na tokoch.
2. Suchá sa vyskytujú častejšie, ale majú kratšie trvanie.
3. Maximálne priemerné denné prietoky na vybraných troch slovenských riekach klesajú, na Dunaji v stanici Bratislava nevýznamne rastú.

4. Početnosť veľkých povodní a ich trvanie spolu súvisia; na Ipli klesla početnosť veľkých povodní a stúplo ich trvanie, na Dunaji je trend opačný.
5. Prietoky sú v súčasnosti rozkolísanejšie oproti minulosti. Predovšetkým na Dunaji je možné vidieť významný nárast rýchlosti stúpania i poklesu povodňových vln. K tomuto trendu prispievajú predovšetkým technické úpravy koryta Dunaja – jeho napriamenie a zmenšovanie záplavových oblastí. Výstavba nádrží na prítokoch nestačí eliminovať tieto vplyvy.

Skúmanie vývoja frekvencie, trvania i následkov období minimálnych a maximálnych prietokov v regióne, na čo najdlhších radoch meraných denných prietokov, nám poskytne informácie o hydrologických charakteristikách prietokov a následne o pravdepodobnosti ich výskytu v budúcnosti. Napr. pri hospodárení s vodou, obdobie nízkych prietokov limituje využívanie povrchových vôd, odber vody pre rôzne účely, využívanie tokov pre energetické účely, plavbu a i. Súčasne je však nutné – a to najmä v období nízkych prietokov – poskytovať povinný, resp. záväzný prietok (dohodnutý minimálny prietok), ktorý je potrebný pre zachovanie ekologickej či estetickej funkcie toku.

Rieky majú nepochybne mimoriadny význam pre celý región, či už z pohľadu energetického, alebo z pohľadu zásobovania obyvateľstva vodou. Preto je dôležité neustále analyzovať zmeny charakteristík režimu odtoku riek. Je potrebné mať k dispozícii kompletné a vyčerpávajúce informácie o vodnom režime riek, aby sme boli schopní ich zovšeobecniť a to na základe dlhodobých meraní v celom povodí. Tieto informácie by mali byť podkladom pri návrhu plánov a stratégie jednotlivých odvetví hospodárstva na zníženie následkov sucha alebo povodní. Bez toho, aby sme vedeli ako časté či kritické môžu byť obdobia minimálnych a maximálnych prietokov, je ťažké definovať kroky, ktoré treba podniknúť na zmiernenie ich dôsledkov. Vodohospodári musia urobiť náležité preventívne opatrenia, aby redukovali možné straty a nemali by zavádzať reštrikčné opatrenia, ktoré nie sú nutné a môžu straty ešte zvyšovať. Je potrebné vytvoriť dostatočne veľké priestory na zachytenie potrebného objemu vody v čase jej prebytku, aby bolo možné dotovať prirodzené toky v čase nedostatku vody a to aj počas série viacerých suchých rokov za sebou.

PodĎakovanie. Táto práca bola podporovaná projektom VEGA 2/0009/15 “Identifikácia zmien hydrologického režimu tokov a vzájomný vzťah extrémnych hydrologických udalostí v zložitom riečnom systéme povodia Dunaja” a realizáciou projektu ITMS 26240120004 Centrum excelentnosti integrovanej protipovodňovej ochrany územia, na základe podpory operačného programu Výskum a vývoj financovaného z Európskeho fondu regionálneho rozvoja.

Literatúra Literatúru, nečíslovať, veľkosť písma 10, zoradiť podľa abecedy.

HALMOVÁ, D., PEKÁROVÁ, P., OLBRÍMEK, J., MIKLÁNEK, P., PEKÁR, J. (2015): Precipitation Regime and Temporal Changes in the Central Danubian Lowland Region. In *Advances in Meteorology*, 2015, pp. 15830-15830.

HUH, S., DICKEY, D.A., MEADOR, M. R., RUHL, K.E. (2005): Temporal analysis of the frequency and duration of low and high streamflow: years of record needed to characterize streamflow variability. *Journal of Hydrology* 310: p. 78–94

RICHTER, B.D., BAUMGARTNER, J.V., WIGINGTON, R., BRAUN, D.P. (1997): How much water does a river need? *Freshwater Biology* 37, 231–249.

TAYLOR, V., JEWITT, G., SCHULZE, R. (2003): Indicators of Hydrologic Alteration for assessing environmental flows for highly variable river. *Regul. Rivers: Res, Mgmt.* 14: 329-340.

THE NATURE CONSERVANCY. (2007): Indicators of Hydrologic Alteration Version 7 User's Manual.

KULTÚRNO-RELIGIÓZNY VPLYV ROZVOJA SANITÁCIE

doc. Ing. Štefan STANKO, PhD., doc. RNDr. Ivona ŠKULTÉTYOVÁ, PhD.¹

¹ Slovenská technická univerzita v Bratislave, Stavebná fakulta, Katedra zdravotného a environmentálneho inžinierstva, Radlinského 11, 810 05 Bratislava, E-mail: stefan.stanko@stuba.sk, ivona.skultetyova@stuba.sk

Úvod

Dodnes, napriek narastajúcej sekularizácii, sa podľa odhadov hlási k nejakému náboženstvu alebo určitej forme duchovnosti takmer 90 % obyvateľov našej planéty. Môžeme usudzovať, že náboženstvo či otázky a odpovede, ktoré prináša, patria k ľudskej prirodzenosti. Rozvoj starovekých a ďalších civilizácií ovplyvnila dostupnosť nielen vodných zdrojov, ale aj spôsob myslenia ľudí a viera v budúcnosť. Pokračovanie v bytí bola otázka, ktorá odjakživa ľudí trápila a dávala im silu na prekonanie „pozemského“ bytia za každých okolností. Samotná existencia človeka bola odjakživa ohrozená aj rôznymi chorobami a aj koncentráciou odbornosti v náboženskom prostredí. Memorovaním faktov prostredníctvom písomností prispela cirkev k harmonizácii sveta a zachovaniu ľudskej existencie prostredníctvom definovania pravidiel a samotnej výchovy. Dialo sa tak napr. formou náboženských rituálov. Tak sa aj stalo, že rôzne cirkvi vzhľadom na samotnú hygienu vniesli do spôsobu života človeka rôzne rituály – pravidlá, ktoré bez ohľadu na ich analýzu prispeli k zníženiu chorobnosti, zachovaniu života človeka a predĺženiu jeho veku. Zo sanitáciou úzko súvisí a súvisela dostupnosť k čistej vode. Voda podmieňuje náš život či jej je dostatok, nedostatok alebo prebytok. Už v neolitických časoch, keď človek vykopal prvé studne, sa položili základy ľudských sídiel, ktorých veľkosť závisela od dostupnosti a množstva vody. Zdroj vody priamo na mieste osídlenia bol výhodou a nútil človeka k jej využívaniu nielen na pitie, ale aj na účely hygienické, neskôr na využívanie energie vody a jej premenu na mechanickú prácu a neskôr na elektrinu.

Voda a sanitácia – nevyhnutný predpoklad existencie a rozvoja

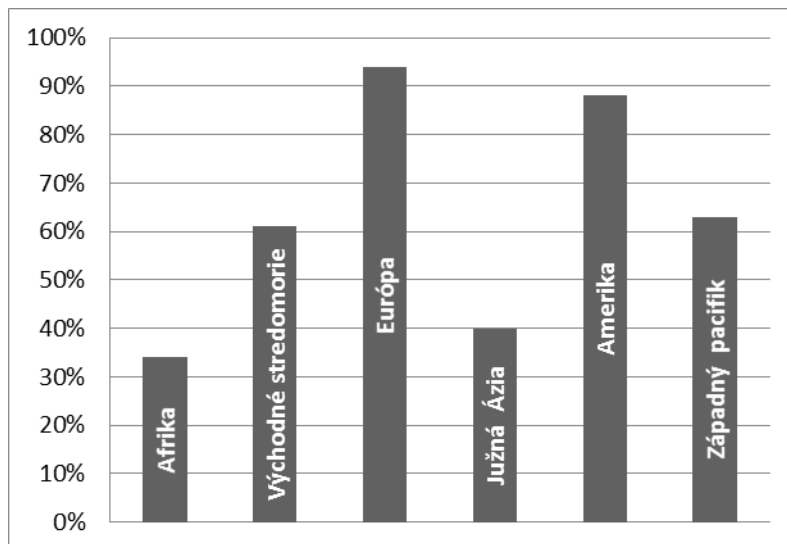
To, že kontaminovaná voda môže spôsobiť ochorenie, zistili Babylončania už pred 7 000 rokmi. Ich snahou bolo používanie čistej vody v každodennom živote.

Dnes máme snahu informovať každého človeka o vedecky overených skutočnostiach, že voda je základom všetkých telesných tekutín vrátane krvi, mozgovomiechového moku, slín, a pod. Tvorí až dve tretiny telesnej hmotnosti, reguluje telesnú teplotu a bez dostatočného zásobovania vodou človek zomrie v priebehu niekoľkých dní. Je nevyhnutná pre udržanie zdravia, osobnej čistoty a všeobecnej hygieny. To, že je voda pre poľnohospodárstvo nepostrádateľná je jasné, ale výskumy ukázali, že jej prepočet na jednotku výrobku vo forme „vodnej stopy“ dokazuje v akom veľkom množstve je potrebné ju dodať aby sme vyrobili napr. 1kg základnej potraviny alebo priamo v prepočtoch na určité druhy jedál.

Niet divu, že vodou a s tým súvisiacou sanitáciou sa zaoberali náboženstvá odjakživa v rôznych súvislostiach. Islam berie otázku vody a jej zachovania veľmi vážne. Korán sa pozerá na vodu ako na substanciu, ktorá udržuje život a je kľúčovým prvkom očisty. Hovorí: Z vody je všetko živé. Toto tvrdenie je spoločné pre všetky náboženstvá.

Voda vo vnímaní akejkoľvek religióznej spoločnosti je naozaj požehnanie a milosrdenstvo od „Boha“ a my sme ju povinní používať múdro a vytvárať spoločné úsilie na to, aby bola bez znečisťujúcich látok. Bez vplyvu priemyslu platilo jednoduché pravidlo, že voda je vo svojej čistej forme je číra, bezfarebná, bez zápachu a má príjemnú chuť. Obsahuje len nepatrné množstvo minerálnych látok a je bez baktérií, organických znečisťujúcich látok a parazitov. Bohužiaľ, v priebehu hlavne posledných storočí sa voda stala kontaminovanou v dôsledku ľudskej aktivity. Znečistenou je už aj dažďová voda, ktorá je kontaminovaná škodlivinami z ovzdušia. V kontexte viery sú rieky a potoky „poškvrnené“ rozkladajúcim sa znečistením od ľudí, komunálnym odpadom, toxickými chemickými látkami, následne sú znečistené aj oceány, ktoré odpad kumulujú už v neúnosnej miere. Po celom svete sú rieky a moria zdrojom potravy, ktorá sa v súčasnosti prostredníctvom „úlovku“ z mora veľmi

jednoducho dopravnými prostriedkami dostáva aj na vnútorný kontinent a tak pôvodní producenti sa stávajú obeťami svojej vlastnej činnosti. Milióny ľudí nemá prístup k čistej čerstvej pitnej vode, a kontaminovaná voda šíri ochorenie, ako je týfus a schistosomiáza – parazitická choroba, šíriaca sa hlavne v teplejších častiach sveta. Len asi 1 miliarda ľudí má prístup ku kvalitným a kvantitatívne vyhovujúcim zdrojom vody (obr.1).



Obr.1 Percentuálny podiel obyvateľov s adekvátnou sanitáciou/hygienou podľa regiónov (2015)

Existencia miest je spojená so vznikom civilizácie a tie sú odjakživa spojené s určitým stupňom a typom religiózneho prostredia. Budhizmus, Hinduizmus, Islam, Kresťanstvo (Rímsky katolicizmus, Protestantské vyznania, Pravoslávie), Judaizmus, Konfucianizmus, Šintoizmus, Taoizmus a ich variácie sú z hľadiska princípov orientované rôznorodo, ale z hľadiska vplyvu na rozvoj mali a majú významný vplyv na architektúru, stavebníctvo, kultúru a zdravie, čo je výrazne podporené práve systémom sanitácie, ktorý má dva hlavné ciele: samotnú existenciu človeka a po objavení baktérií výrazný vplyv na verejné zdravie obyvateľov, využívajúc pritom zásady samotnej viery. „Voda“ symbolizuje Božiu prítomnosť, čo je dôvod, prečo Krišna hovorí: „Ja som chuť vody“ (Bhagavadgíta 7:8).

Čistá voda je základom dobrej hygieny a sanitácie. Tento princíp presadzuje mnoho náboženských tradícií prostredníctvom predpisov o nakladaní s odpadmi a očistných rituálov v rámci duchovnej funkcie. Napríklad, v hinduistickej spoločnosti sa ľudia musia vyprázdňovať vo vzdialenosti väčšej ako je dostrel šípa z ich domova, a nikdy nie v priestore chrámu, na hraniciach rieky, rybníka či prameňa, alebo na verejnom mieste. Počas tohto aktu moslimovia nemôžu byť otočení k Mekke a hinduisti nesmú otáčať tvár do nebies, na chrám, na kňaza alebo na svätý strom. Židovské právo opisuje špecifické postupy týkajúce sa umývania rúk, rovnako ako sa zaoberá aj odpadom produkovaným ľuďmi. Konzultácie s cirkvou učia o náboženských postojoch a zodpovedajúcemu správaniu sa v súvislosti s vodou, kanalizáciou a hygienou v bežnom živote, ako je napr. umývanie rúk a pod.

Religiozita, sanitácia v kontexte histórie mesta

História vzniku miest siaha do obdobia nie dlhšieho ako sedem až deväťtisíc rokov. Záchody a kúpeľne napojené na kanalizačný systém, poznali už staroveký Kréťania, Rimania či Indovia. Európania si cestu ku komfortnej sanitácii dlždili veľmi dlho. I keď sa tvrdí, že sú "najstarším" kontinentom, história nás učí, že to nebolo práve najčistejšie miesto. Jemné rímske mravy sa stratili kdesi v dobe sťahovania národov a neskorší vplyv v tomto smere vyspelého Orientu (napríklad v

časoch križiackych výprav) bol obmedzený najmä na uspokojovanie túžob Európanov po luxusnejších veciach. S toaletami sa stretávame napríklad v známom kláštore St. Gallen (v dnešnom Švajčiarsku) v roku 820, kde si jeho opát Gozpen v kláštornej budove nechal vybudovať osobitný záchod. Hradní páni zasa využívali záchody pristavené k vyšším poschodiam svojich veží. S odpadovým kanálom si ich stavitelia hlavu nelámali - vodná priekopa odrádzala nepriateľov nielen svojou hĺbkou a šírkou, ale často práve svojim zápachom.

Významnú úlohu zohrali aj geografické pomery, ktoré mali výrazný vplyv na rozvoj hygienických zvykov – rituálov, ktoré sa s náboženstvom signifikantne prelínali. Hoci si vznik zvykov vyžiadali geografické alebo spoločenské podmienky, ľudia na nich často lipnú tak, ako keby boli prejavom vôle samotného Boha, čo môže byť v dnešnom vyspelom a sekulárnom svete problémom.

Vývoj sanitácie v staroveku

Najdlhšiu históriu majú mestá v Číne, Indii, Egypte a Iraku a ich vznik bol výrazne podmienený náboženstvom a prístupom k vode. Vznikajúce sídla si začali uvedomovať význam komfortu ako je tečúca voda a kanalizácia. Objavujú sa mestské štáty Atény a Sparta v Grécku a takisto staroveký Rím. Jedným z príkladov sú napr. vodné kanály v Tróji – dnešný Bodrum v Turecku, ktoré sa budovali už 3000 rokov pred n. l. a zachovali sa dodnes. Z týchto kanálov situovaných až 30 m pod terénom sa voda vedrami dopravovala na povrch. Jedno z najväčších prvých starovekých miest sveta bolo mesto Mohendžodáro v súčasnom Pakistane - Mezopotámia, (2600 až 1900 pred n. l.), v ktorých boli vybudované v pravouhlom systéme siete ulíc s kanalizáciou a splachovacími záchodmi. Záhadou zostáva organizácia ríše, spoločenský systém a náboženstvo (súčasť sumerskej a akkadskej civilizácie).

Obdobne svojim vývojom prešlo aj zásobovanie vodou. V minulosti sa pitná voda, na ktorú boli kladené aj v tom čase určité požiadavky – na chuť, pach, zákal, teplotu - využívala nielen na pitné účely, ale aj hygienu, výrobu a kúpeľníctvo. Za týmto účelom sa v Mezopotámii už v 3. tisícročí pred n. l. čerpala voda z viac ako 700 studní a začali sa budovať vodovody a akvadukty s cieľom využívať dopravu vody z väčších vzdialeností pre zabezpečenie v miestach kde je jej nedostatok. Ešte aj dnes sa zachovalo viacero antických vodovodov, napríklad v dnešnom Francúzsku (akvadukt Pont du Gard), Španielsku (akvadukt v Segovii), Taliansku (rímsky akvadukt Aqua Appia a ďalších 10 rímskych akvaduktov vybudovaných za čias cisára Traiana). Aj Aqua Augusta bol rímsky akvadukt, ktorý dodával vodu do ôsmich miest v zátokách Naples, vrátane Pompejí, Stabiae a Nola. Cisár Augustus resp. jeho blízky priateľ a spojenec Agrippa postavil Aqua Augusta medzi 30 a 20 r. pred n.l.

Z prvých materiálov použitých na stavbu vodovodov boli v Menfise korytá vytvorené z kameňa, rúry z pálenej hliny, bambusu, na akvadukty sa používali tehly, kamenné kvádre alebo menšie kamene pre vybudovanie žľabov ako aj keramické alebo olovené potrubia, ktoré boli utesnené hlinou alebo maltou. Dopravovanú vodu bolo potrebné využívať počas celého dňa, roka na čo sa využila jej akumulácia v rôznych druhoch vodných stavieb. Akumulácia pitnej, ale aj zrážkovej vody, v cisternách za účelom zásobovania a využitia na poľnohospodárske účely sa realizovala už v 3. tisícročí pred n. l. v Jordánsku. V tom čase sa objavila aj akumulácia podzemnej vody v Perzii.

Od antiky ku stredoveku

Po období sťahovania národov nastal úpadok vzdelanosti. Výrazne poklesol počet gramotných ľudí. Väčšinou vedeli čítať a písať len mnísi a kňazi. Za to, že antická učenosť a literatúra neupadla do zabudnutia, či sa úplne nestratila a že bola zachovaná určitá kultúrna kontinuita medzi antikou a stredovekom, vďačíme hlavne kresťanským mníchom, ktorí v kláštoroch trpezlivo prepisovali a archivovali antické diela.

Významný vplyv stredoveku

Na začiatku tohto obdobia sa rozvinuli mnohé mestá ako Londýn, Paríž, nastáva rozvoj miest ako silných štátov – napr. Benátky, Janov alebo Lübeck. Čím väčšími sa mestá stávali tým zložitejšiu podobu získaval život v nich. Veľká koncentrácia obyvateľov a technicky zlé zásobovanie obyvateľstva vodou spolu s neexistujúcou kanalizáciou mali za následok vznik tzv. čiernej smrti a chorôb spôsobených nedostatočnou hygienou. V 14. storočí zomrelo Londýne vyše polovička populácie. Tento fakt až v 19. storočí donútil parlament schváliť výstavbu systematickej kanalizácie, ktorá predstavovala stavbu 2100 km tunelov. Poverenie pre riadenie tejto stavby dostal Josef Bazalgete, ktorý sa stal priekopníkom výstavby kanalizácie na modernej úrovni.

Signifikácia Rímsko-katolíckej cirkvi v stredoveku

Z náboženstiev malo najväčší vplyv na našu (Západnú) civilizáciu kresťanstvo, v menšej miere judaizmus a islam. Hoci kresťanstvo je staré 2000 rokov, výraznejšie sa presadilo až v období sťahovania národov (5. – 6. st. n. l.), kedy ho prijímali nielen obyvatelia Rímskej ríše, ale aj migrujúce barbarské kmene. V 15. storočí zasiahla celú Európu vlna Renesancie. Pach a špina Ríma sa stala hanbou Vatikánu. Pápež Martin V. obnovil tradíciu „Maistri de la Strada“ – páni ulíc, ktorí mali za úlohu udržiavať infraštruktúru Ríma, na čo bolo potrebné zriadiť dane, ktoré neboli populárne. Vatikán ustal tlak verejnej mienky a naopak pápež vydal bulu, ktorou nariadil systém manipulácie s odpadom. O 120 rokov neskôr sa pápež Pius IV. rozhodol zaviesť vlastný systém sanitácie a nakladania s odpadom. Obyvatelia začali veriť, že sa cirkvi po tisíc rokoch podarilo nájsť cestu z temnoty. Pápež dal vyčistiť všetky staroveké kanály (Cloaca Maxima a pod.) a začal ich opravovať. Okolo Anjelského Hradu bola vykopaná priekopa za účelom odvodnenia a zbavenia sa komárov. Pred dokončením diela však v r.1566 zomrel. Európa sa vynorila po dobách temnoty do renesancie v 16. storočí. Rímsko-katolícki pápeži pokračovali s bojom s odpadom. Ale cieľ nebolo dosiahnuť len hygienický poriadok v uliciach. Pápež Pius V. sa po svojom menovaní rozhodol očistiť cirkev. Zahájil „Renovacio Roma“ – obnova Ríma. Išlo o obnovu cirkvi, duší, reálnych stavieb mesta s cieľom spojiť tento stav so slávou starovekého Ríma. Veľkou výzvou bola rekonštrukcia barbarmi zničených aquaduktov. Opätovným privedením vody do mesta bolo možné zvýšiť vplyv cirkvi a mesta Ríma ako miesta z vyššou spoločnosťou. Pápež inicioval obnovu aquaduktov a kanalizačného systému. Do tej doby rímania neoddeľovali od seba pitnú a odpadovú vodu, čo malo za následok choroby a epidémie. Odpadové jamy penetrovali často studne. Pápež nariadil zasypať kanále v blízkosti fontán, vtedajšieho systému dodávky vody a začal s výstavbou oddelených a od systému zásobovania vodou vzdialených kanálov. Takže výsledkom bola pitná voda pritekajúca aquaduktami a odpadová odvádzaná novým kanalizačným systémom a 18 nových verejných fontán. Bola odstránená „Miazma“, zápach mesta a zlepšilo sa verejné zdravie obyvateľov. Vytvorením morálneho spojenia medzi čistotou a dušou boli uzdravené aj duše rímanov. Rím v dôsledku verejnej sanitácie naštartoval svoju reálnu obnovu po 1500 rokoch, čoho dôsledkom bolo zvýšenie populácie z 30 na 100 tisíc obyvateľov už v 16. storočí.

Obdobie novoveku

Je diskutabilne definované objavením Ameriky Krištofom Kolumbom r 1492. Londýn sa do konca 18. storočia stáva najväčším mestom na svete s populáciou 1,335 mil. obyvateľov, zatiaľ čo Paríž s viac než pol miliónom obyvateľov, súperil s dobre rozvinutými tradičnými hlavnými mestami ako napr. Bagdad, Peking, Istanbul a Kjóto. Rast moderného priemyslu od konca 18. storočia vytvoril nevhodné prostredie pre život, kvôli veľkému znečisteniu vody a vzduchu, a tým prispel spolu s hygienickými podmienkami k rozšíreniu prenosných chorôb.

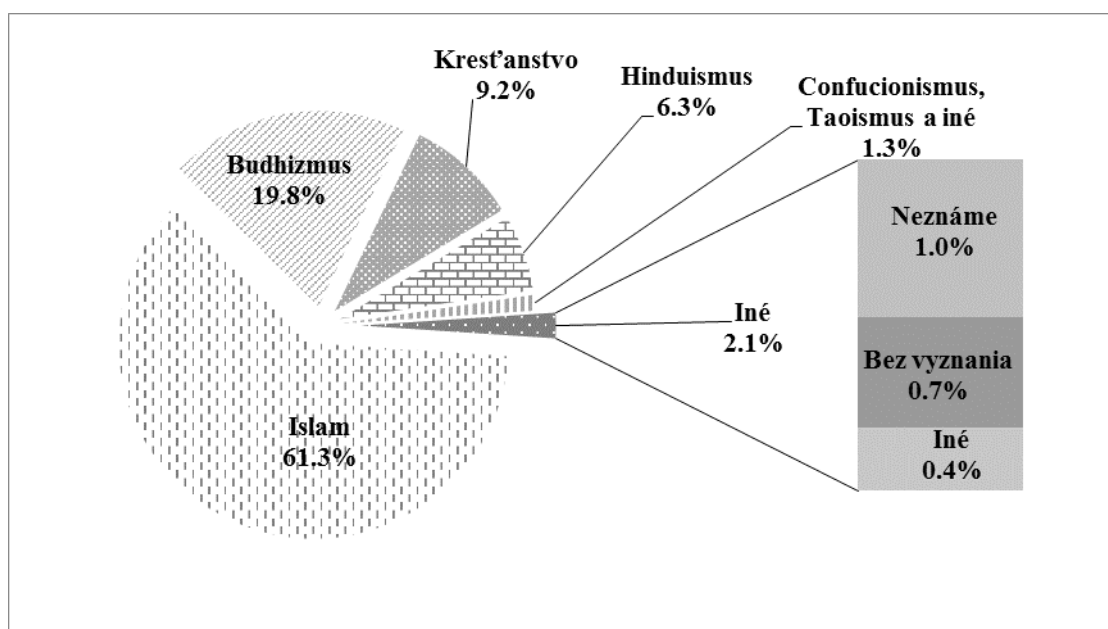
Zaujímavý je aj vývoj miest v Amerike. Svetová metropola New York a jeho dnešná časť Manhattan boli vybudované na miestach bývalej indiánskej osady, dnešná Wall Street, ktorá bola podľa toho aj pomenovaná. Ostrov bol zásobovaný vodou miestnymi malými riekami. Jeho rozmach a úplná devastácia miestnych kanálov, z ktorých jeden preteká aj priamo pod Empire State Building zapríčinili potrebu hľadania nových zdrojov vody. Vybudovala sa priehrada, ktorej úlohou bolo zásobovať vodou mesto s hustou koncentráciou obyvateľov už v 19. storočí. Známym je akvadukt

Croton uvedený do prevádzky v roku 1842 s kapacitou cca 340 tis. m³ denne. Distribučné nádrže boli umiestnené na Manhattane v 42. ulici (1890) a v Central Parku na juhu.

Názory na znovuvyužívanie „exkrementov“

Rôzne náboženstvá sa podstatne líšia v riešení problémov nakladania s exkrementmi. V Biblii, sa akt vylučovania spomína len raz v súvislosti s využívaním v poľnohospodárstve, čo problém ale výrazne nerieši. Korán predpisuje prísne postupy na obmedzenie kontaktu s výkalmi, vrátane jeho využitia v poľnohospodárstve, pretože výkaly sú považované za nečisté. Hlavný text Hindu, ktorý podrobne opisuje kódex správania sa v rámci rituálov, „Arth Veda“, jasne špecifikuje použitie vody pre osobnú hygienu. Nikde nenájdeme viac informácií v súvislosti s exkrementami než v náboženskom kontexte budhizmu. Neoddeliteľnou súčasťou budhizmu je aj rozmer reinkarnácie, ktorý podporuje harmonický koncept recyklácie „životného pokladu“, preto nie je prekvapením, že Budhistické kultúry hovoria podobne o pozemských zdrojoch ako matérie pre život.

V súčasnosti sa podľa odhadov hlási k nejakému náboženstvu alebo určitej forme duchovnosti takmer 90 % obyvateľov našej planéty (obr. 2).



Obr.2. Podiely svetových religiozít

Čo môžeme nájsť v knihe kníh - Biblii

O sanitácii a dezinfekcii sa zdieľajú aj knihy napr. Levitikus, Matúš, Ezechiel. v nasledujúcich veršoch: Každý, koho sa trpiaci na výtok dotkne neumytými rukami, musí si vyprať odev a okúpať sa vo vode a bude do večera nečistý (Levitikus, 15:11), Kto sa dotkne jeho lôžka, musí si vyprať odev a okúpať sa vo vode a bude až do večera nečistý (Levitikus, 15:5), Keď sa chorý na výtok uzdraví zo svojej choroby, nech počíta sedem dní, aby bol čistý. Potom si vyperie odev a okúpe sa v tečúcej vode a bude čistý (Levitikus, 15:13). Potom si ten, čo sa má očistiť, vyperie odev, ostrihá si všetky vlasy, umyje sa vodou a bude čistý. Po tomto môže ísť do tábora, musí však ostať sedem dní vonku mimo svojho stanu (Levitikus, 14:8), Prečo tvoji učeníci prestupujú obyčaje otcov? Ved' si neumývajú ruky, keď jedia chlieb (Matúš, 15:2). A tvoje narodenie? V deň, keď si sa narodila, neprerežali ti pupočnú šnúru; na očistenie ťa neumyli vodou, neposolili ťa soľou a nepovili povojníkom (Ezechiel 16:4). Biblia rieši rôzne prípady, ale hlavne poukazuje na prípady, kedy je potrebné dodržiavať hygienu zvlášť počas epidémií, chorôb, po pôrode a pod.

Vplyv náboženských organizácií

Je mnoho náboženských organizácií, ktoré majú širokospektrálny záber. Napr. organizácia Catholic Relief Services (CRS) sa venuje hygienickým/sanitačným aktivitám po celom svete, v záujme zlepšenia kvality pitnej vody, hygieny, zdravia, poľnohospodárstva, životného prostredia a obmedzil sa negatívny vplyv priemyslu. CRS sleduje tieto snahy prostredníctvom partnerstiev s miestnymi vládami, komunitnými združeniami a medzinárodnými organizáciami. CRS spolupracuje s ďalšími Katolíckymi inštitúciami, ako sú Charita a katolíckou Komisiou pre zdravie. Spolupracuje aj s iniciatívami Global Water, Millenium Water Alliance, a Global Water Challenge. CRS neformálne spolupracuje aj so Svetovou zdravotníckou organizáciou, UNICEF, Medzinárodným vodohospodárskym ústavom (IWMI), USAID/AED - Hygiene Improvement Program, a mnohými vysokými školami.

Záver

Akékoľvek náboženstvo vo svojej historickej podstate ponúka praktický návod na dobrý a zdravý život, ktorý vedie k spásu a predstavuje riešenie našich praktických problémov vo vzťahu k sebe samému, k druhým, k spoločnosti, k prírode, k práci. Boh je večné, nekonečné, duchovné bytie nadané inteligenciou, ktorý je zdrojom existencie vesmíru. Všetky náboženstvá opisujú Boha podobným spôsobom a všetky determinujú spôsob existencie ako hmotnej tak aj duchovnej. Sanitácia ako súčasť zdravého spôsobu života je integrálnou súčasťou náboženstiev s cieľom zlepšiť a zachovať zdravú existenciu národov. Spôsoby využitia sa líšia ale princíp zostáva rovnaký. Záverom môžeme vysloviť názor, že náboženstvo vekmi skoncentrovalo múdrosť a skúsenosť ľudstva bez potreby zdôvodňovania informácií ale s cieľom zachovania kultúrneho a zdravého života ľudí. Dnes je táto informovanosť samozrejماً a vyplýva z rôznych vedeckých bádání, ktoré sú nám dennodenne poskytované nielen v rámci zlepšenia nášho života, ale mnoho ráz aj z konzumných ekonomických dôvodov, čo v prehnanej miere negatívne vplýva na životné prostredie a výrazne na elimináciu nenahraditeľných zdrojov ľudstva vrátane nenahraditeľnej suroviny, ktorou voda nepochybne je.

Pod'akovanie Článok vznikol na základe podpory OP Výskum a vývoj pre projekt Centrum excelentnosti integrovanej protipovodňovej ochrany územia, ITMS 26240120004, spolufinancovaný zo zdrojov Európskeho fondu regionálneho rozvoja.

PLÁN MANAŽMENTU POVODŇOVÉHO RIZIKA V ČIASTKOVOM POVODÍ BODROGU

Ing. Lenka GAŇOVÁ PhD. ¹, Ing. Mária VÁGÁŠIOVÁ ²

¹SVP š.p., OZ Košice, Ďumbierska 14, 041 59 Košice, lenka.ganova@svp.sk

²SVP š.p., OZ Košice, Ďumbierska 14, 041 59 Košice, maria.vagasiova@svp.sk

Úvod

V ostatných rokoch nadobúda riešenie otázok ochrany pred povodňami čoraz širší medzinárodný rozmer a zvyšuje sa tlak na realizáciu systémovo pôsobiacich komplexných protipovodňových opatrení.

Európska únia ustanovila prijatím Smernice Európskeho parlamentu a Rady 2007/60/ES z 23. októbra 2007 o hodnotení a manažmente povodňových rizík základné pravidlá v otázke ochrany pred povodňami vo všetkých členských štátoch.

Smernica Európskeho parlamentu a Rady 2007/60/ES z 23. októbra 2007 o hodnotení a manažmente povodňových rizík implementovaná do právneho systému SR zákonom č. 7/2010 Z. z. o ochrane pred povodňami ukladala všetkým členským štátom povinnosť vyhotoviť predbežné hodnotenie povodňového rizika do konca roka 2011, vyhotoviť mapy povodňového ohrozenia a mapy povodňového rizika do roku 2013 a do roku 2015 vypracovať plány manažmentu povodňového rizika.

Podľa predpísaného harmonogramu bol v súčasnosti spracovaný prvý plán manažmentu povodňových rizík (PMPR), ktorý na plánovacie obdobie do roku 2021 stanovil priority smerovania ochrany pred povodňami v rozvojovom pláne investícií Slovenského vodohospodárskeho podniku.

Predbežné hodnotenie povodňového rizika a jeho výsledky

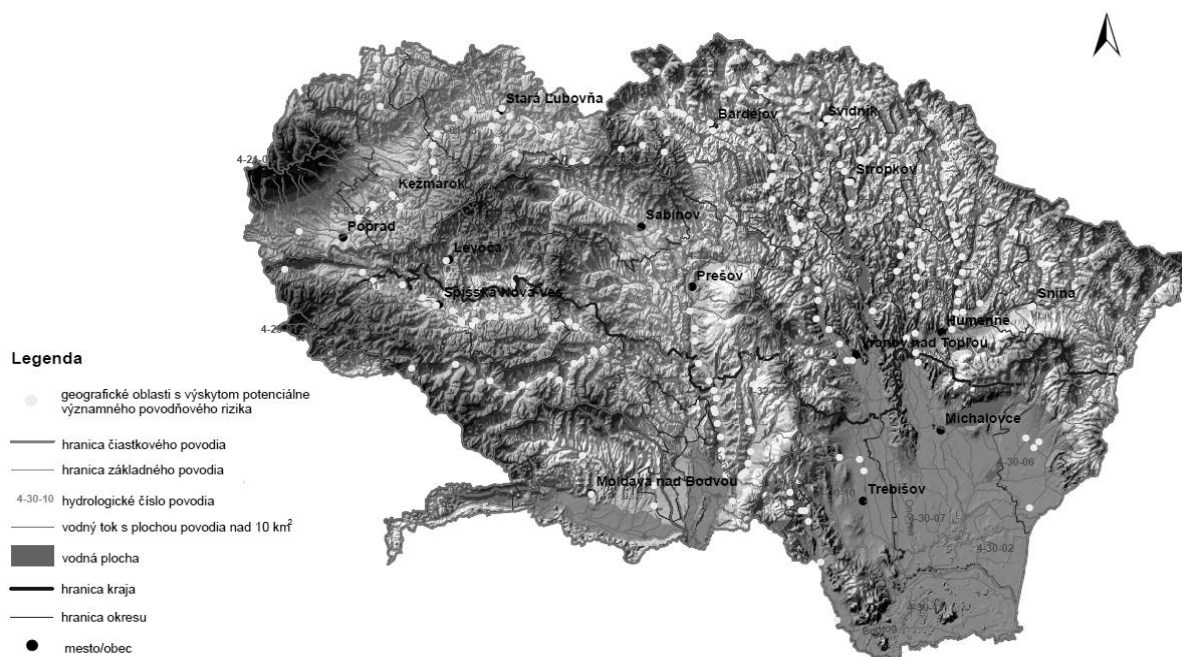
Vypracovanie prvého predbežného hodnotenia povodňového rizika zabezpečovalo Ministerstvo životného prostredia Slovenskej republiky prostredníctvom Slovenského vodohospodárskeho podniku, š. p., Banská Štiavnica ako správcu vodohospodársky významných vodných tokov a ďalších právnických osôb, ktorých je zakladateľom alebo zriaďovateľom.

Prvé predbežné hodnotenie povodňového rizika bolo vykonané na celom území SR do 22. decembra 2011 v súlade s vyhláškou č. 313/2010 Z. z., ktorou sa ustanovujú podrobnosti o predbežnom hodnotení povodňového rizika a o jeho prehodnocovaní a aktualizovaní. Podkladmi pri jeho spracovaní boli informácie, ktoré boli dostupné alebo ich bolo možno ľahko získať.

Po analýze dostupných informácií bolo v správnych územiach povodí a v čiastkových povodiach na území SR identifikovaných spolu 559 oblastí (1 286,445 km) s výskytom významného povodňového rizika, z toho:

- a) 378 geografických oblastí, v ktorých existuje potenciálne významné povodňové riziko,
- b) 181 geografických oblastí, v ktorých možno predpokladať, že je pravdepodobný výskyt významného povodňového rizika.

Výsledky prvého predbežného hodnotenia povodňového rizika za celé územie SR (Obr. 1.) sa nachádzajú na internetovej stránke MŽP: <http://www.minzp.sk/sekcie/temy-oblasti/voda/ochrana-pred-povodnamy/manazment-povodnovych-rizik/>.



Obr. 1. Geografické oblasti s potenciálne významným povodňovým rizikom na území spravovanom SVP š.p. OZ Košice

V jednotlivých čiastkových povodiach v správe SVP š.p., OZ Košice bolo v rámci prvého predbežného hodnotenia povodňového rizika identifikovaných spolu 222 geografických oblastí, ich prehľad je nasledovný:

čiastkové povodie Bodrogu	129 oblastí
čiastkové povodie Hornádu	57 oblastí
čiastkové povodie Bodvy	5 oblastí
čiastkové povodie Dunajca a Popradu	31 oblastí.

Výsledky prvého predbežného hodnotenia nezahŕňajú všetky lokality v ktorých je potrebné riešiť protipovodňové opatrenia. Napríklad na území spravovanom SVP š.p., OZ Košice sú to oblasti pri súvisle ohradzovaných úsekoch tokov Východoslovenskej nížiny, kde sice priľahlé územie je chránené ochrannými hrádzami, avšak tieto v súčasnosti nezabezpečujú v plnom rozsahu požadovaný stupeň ochrany (Q_{100}). Taktiež tu nie sú zahrnuté oblasti, pre ktoré už v predchádzajúcom období boli na OZ Košice spracované Mapy povodňového ohrozenia a Mapy povodňového rizika. Jedná sa o niektoré úseky hlavných tokov povodia Hornádu.

Mapy povodňového ohrozenia a Mapy povodňového rizika (MPO a MPR)

Zákon č. 7/2010 Z. z. o ochrane pred povodňami ukladá povinnosť vypracovať Plány manažmentu povodňového rizika na základe máp povodňového ohrozenia a máp povodňového rizika spracovaných pre čiastkové povodia do 22. decembra 2013.

Mapy povodňového ohrozenia a mapy povodňového rizika sa vypracovávajú pre každú geografickú oblasť, v ktorej existuje potenciálne významné povodňové riziko alebo v ktorej možno predpokladať, že je pravdepodobný výskyt povodňového rizika.

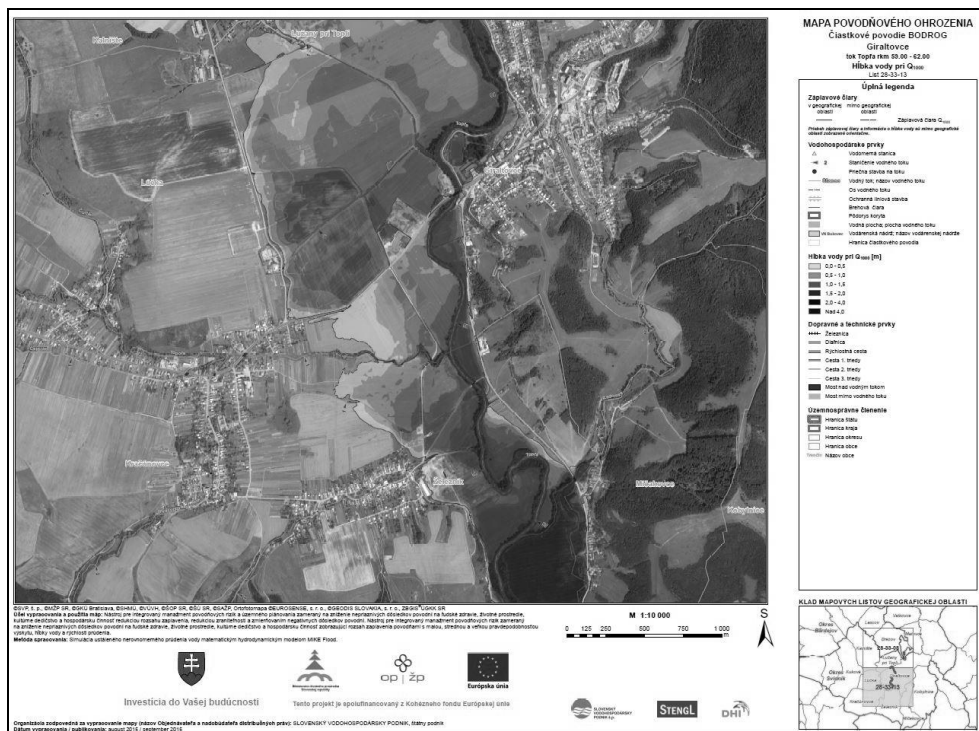
Mapa povodňového ohrozenia (Obr. 2.) zobrazuje možnosti zaplavenia územia:

a) povodňou s malou pravdepodobnosťou výskytu, ktorou je:

1. povodeň, ktorá sa môže opakovať priemerne raz za 1 000 rokov alebo menej často, alebo
2. povodeň s výnimočne nebezpečným priebehom,

b) povodňou so strednou pravdepodobnosťou výskytu, ktorá sa môže opakovať priemerne raz za 100 rokov,

c) povodňami s veľkou pravdepodobnosťou výskytu, ktoré sa môžu opakovať priemerne raz za 10 rokov.



Obr. 2. Mapa povodňového ohrozenia – hĺbka vody

Mapa povodňového ohrozenia orientačne zobrazuje:

- rozsah povodne znázornený záplavovou čiarou, ktorou je priesečnica hladiny vody záplavy s terénom,
- hĺbku vody alebo hladinu vody,
- rýchlosť prúdenia vodného toku alebo príslušný prietok vody, ak je to potrebné.

Mapa povodňového rizika (Obr. 3.) obsahuje údaje o potenciálne nepriaznivých dôsledkoch záplav spôsobených povodňami, ktoré sú zobrazené na mapách povodňového ohrozenia. Mapa povodňového rizika sa vyhotovuje v tej istej mierke, v akej je vyhotovená mapa povodňového ohrozenia a obsahuje:

- záplavovú čiaru, ktorá ohraničuje povodňami potenciálne ohrozené územia, ktorá je zhodná so záplavovou čiarou zobrazenou na mape povodňového ohrozenia,
- údaj o odhadovanom počte povodňou potenciálne ohrozených obyvateľov,
- druhy hospodárskych činností na povodňou potenciálne ohrozenom území,
- lokality s priemyselnými činnosťami, ktoré môžu pri zaplavení spôsobiť havarijné znečistenie vody,
- polohu potenciálne ohrozených území pre odber vody na ľudskú spotrebu a na rekreačné činnosti,
- lokality s vodami vhodnými na kúpanie,
- informácie o ďalších významných zdrojoch potenciálneho znečistenia vody po ich zaplavení počas povodne,
- územia, ktoré tvoria národnú sústavu chránených území a európsku sústavu navrhovaných a vyhlásených chránených území (NATURA 2 000), ak sa nachádzajú v geografickej oblasti zobrazenej na mape povodňového ohrozenia,
- informácie, ktorých zobrazenie na mapách povodňového rizika považuje ministerstvo za užitočné a o ktorých informovalo správcu vodohospodársky významných vodných tokov najneskôr jeden rok pred termínom dokončenia alebo prehodnotenia a aktualizácie máp povodňového rizika podľa odseku 3.

Plány manažmentu povodňového rizika

Plán manažmentu povodňového rizika (PMPR), v zmysle §8 zákona č. 7/2010 Z. z. o ochrane pred povodňami, určuje vhodné ciele manažmentu povodňových rizík pre geografické oblasti čiastkového povodia, ktoré sa nachádzajú v správnom území povodia na území Slovenskej republiky, v ktorých existuje potenciálne významné povodňové riziko alebo v ktorých možno predpokladať, že je

pravdepodobný jeho výskyt. Ciele plánu manažmentu povodňového rizika sú zamerané na zníženie pravdepodobnosti záplav územia povodňami a na zníženie potenciálnych nepriaznivých následkov záplav na ľudské zdravie, životné prostredie, kultúrne dedičstvo a hospodársku činnosť.

Samotný proces spracovania PMPR bolo však potrebné rozčleniť do niekoľkých časových etáp. Návrh časového a vecného harmonogramu bol predmetom diskusií na rokovaníach PS 5 „Povodne“. Vecný obsah bol daný Prílohou č.1 k Vyhláske MŽP SR č. 112/2011 Z. z. „Obsah prvého plánu manažmentu povodňového rizika“.

Po podrobnej diskusii o jednotlivých krokoch prípravy prvých plánov manažmentu povodňového rizika a ich vzájomných súvislostiach sa nakoniec dohodol časový a vecný harmonogram, ktorý MŽP SR v zmysle zákona č. 7/2010 Z. z. o ochrane pred povodňami uverejnilo do 22. 12. 2012. Na rokovaníach PS 5 „Povodne“ bolo tiež dohodnuté, že SVP š.p., OZ Košice spracuje v predstihu tzv. Pilotný PMPR povodia Bodvy tak, aby tento plán slúžil ako vzorový materiál pre ostatné čiastkové povodia. Pilotný PMPR povodia Bodvy bol spracovaný vo februári 2013 a následne bol prezentovaný koordinátorom spracovania PMPR ostatných čiastkových povodií. Zároveň bol dohodnutý ďalší postup prác na kapitolách, ktorých spracovateľom je SVP a vyriešila sa tiež koordinácia aktivít ďalších spolupracujúcich organizácií (VÚVH, SHMÚ, VV, Oblasť rozvoja vidieka, Ministerstvo pôdohospodárstva a rozvoja Slovenskej republiky, Hydromelióracie, š.p., Správčia drobných vodných tokov: Lesy SR, š.p. Banská Bystrica, Lesopôľnohospodársky majetok Ulič, š.p., Štátne lesy TANAPu, Vojenské lesy a majetky SR, š.p. a Národné lesnícke centrum, Zvolen), podieľajúcich sa na vypracovaní PMPR. MŽP SR určilo, že za zostavenie finálnej verzie PMPR bude zodpovedný Výskumný ústav vodného hospodárstva (VÚVH).

Plán manažmentu povodňového rizika obsahuje opatrenia na dosiahnutie cieľov manažmentu povodňových rizík. S prihliadnutím na prírodné vlastnosti jednotlivých povodií alebo čiastkových povodií sa zaoberá všetkými časťami manažmentu povodňového rizika so zameraním na prevenciu, ochranu, pripravenosť vrátane predpovedí povodní a systémov včasného varovania.

Môže zahŕňať aj podporu postupov trvalo udržateľného využitia pôdy, zlepšenie zadržiavania vody, rovnako ako aj riadené záplavy určitých oblastí pri povodni.

Plán manažmentu povodňového rizika obsahuje návrhy na realizáciu preventívnych opatrení, ktoré:

- a) majú odhadnuté výdavky na prípravu, realizáciu, prevádzku, údržbu a opravy počas celého predpokladaného obdobia ich životnosti nižšie, ako sú odhadnuté povodňové škody, ktoré by mohli spôsobiť povodne na dotknutom území bez realizácie preventívnych opatrení počas rovnakého obdobia,
- b) nezhoršia kvantitatívny stav podzemných vôd,
- c) nevytvoria nadmernou umelou akumuláciou podzemnej vody a vody v pôde podmienky na zrýchlenie povrchového odtoku alebo podpovrchového odtoku zo svahu,
- d) nepodporia vznik procesu vodnej erózie pôdy a ani neumožnia rozširovanie vodnej erózie pôdy.

Vyhotovenie návrhov prvých plánov manažmentu povodňového rizika, ich prehodnocovanie a aktualizácie zabezpečuje Ministerstvo životného prostredia Slovenskej republiky (MŽP SR) prostredníctvom správcu vodohospodársky významných tokov a ďalších právnických osôb, ktorých je zakladateľom alebo zriaďovateľom.

Podklady pre spracovanie plánov manažmentu povodňového rizika

Ako podklady pre návrh opatrení boli použité:

- Projektové dokumentácie pre prípravu investičných akcií resp. opráv a údržby
- Vodohospodárske štúdie tokov
- Zamerania vodných tokov – geodeticko-hydrografické pasporty
- Digitálny terénny model
- Ortofotomapy
- Prieskum o tokoch v intravilánoch miest a obcí
- Hydrologické údaje (vypočítané z regionálnych vzorcov a odvodené na rôznej úrovni presnosti a aktuálnosti)

- Doteraz spracované Mapy povodňového ohrozenia (vybrané úseky hlavných tokov povodia Hornádu)
- Informácie z povodní.

Pri spracovaní konkrétnych návrhov sa však potvrdili počiatočné obavy spracovateľov, že pre niektoré riešené oblasti sa dajú tieto dostupné podklady využiť ako takmer postačujúce, avšak pre väčšinu identifikovaných oblastí nebudú mať potrebné podklady k dispozícii. Najviac chýbali hydrologické údaje a presnejší DTM.

Hydrologické údaje a DTM určujú technické parametre jednotlivých opatrení a následne výrazne ovplyvňujú aj odhad výdavkov na ich prípravu a realizáciu.

Aj napriek uvedenému nedostatku relevantných podkladov sa začali rodiť prvé konkrétne návrhy, ktoré vychádzali jednak z uvedených dostupných podkladov, ale veľa krát aj z odborných odhadov pracovníkov SVP. Protipovodňová ochrana jednotlivých lokalít sa riešila alternatívne, podľa možností nielen priamym zásahom do toku ale komplexne súborom opatrení zasahujúcich aj do povodia.

V návrhoch boli v rôznych kombináciách použité nasledujúce typy opatrení na ochranu pred povodňami:

- Úprava toku
- Ochranné hrádze
- Poldre
- Prehrádzky
- Stabilizácia koryta toku sústred'ovacími stavbami
- Rekonštrukcia existujúcich úprav a ochranných hrádzí na Q_{100}
- Prestavba mostných objektov s nedostatočnou kapacitou
- Priečna stavba na vybudovanie cieľenej záplavy
- Ponechanie územia na prirodzenú retenciu
- Vybudovanie stavidla na odľahčenie prietokov
- Zariadenia na prečerpávanie vnútorných vôd
- Údržba tokov - odstránenie nánosov z korýt a porastov z brehov vodných tokov
- Lesohospodárske a pôdohospodárske opatrenia v povodí.

Súhrn všetkých navrhovaných preventívnych opatrení je uvedený v tabuľke č. 6.1. PMPR v zmysle Prílohy č. 1 Vyhlášky MŽP SR č. 112/2011 Z. z. a to v členení podľa §4 ods. 2 písm. a) až e) zákona o vodách ako:

- a) opatrenia, ktoré spomaľujú odtok vody z povodia do vodných tokov, zvyšujú retenčnú schopnosť povodia alebo podporujú prirodzenú akumuláciu vody v lokalitách na to vhodných a ktoré chránia územie pred zaplavením povrchovým odtokom, ako sú úpravy v lesoch, úpravy na poľnohospodárskej pôde a úpravy na urbanizovaných územiach,
- b) opatrenia, ktoré zmenšujú maximálny prietok povodne, ako je výstavba, údržba, oprava a rekonštrukcia vodných stavieb a poldrov,
- c) opatrenia, ktoré chránia územie pred zaplavením vodou z vodného toku, ako je úprava vodných tokov, výstavba, údržba, oprava a rekonštrukcia ochranných hrádzí alebo protipovodňových línií pozdĺž vodných tokov
- d) opatrenia, ktoré chránia územie pred zaplavením vnútornými vodami, ako je výstavba, údržba, oprava a rekonštrukcia zariadení na prečerpávanie vnútorných vôd,
- e) opatrenia, ktoré zabezpečujú prietokovú kapacitu koryta vodného toku, ako je odstraňovanie nánosov z koryta vodného toku a porastov na brehu vodného toku.

Opatrenia uvedené v tabuľke č. 6.1. PMPR sú graficky znázornené aj v mapovej prílohe, ktorá bola vytvorená na podklade vodohospodárskej mapy mierky 1:50 000.

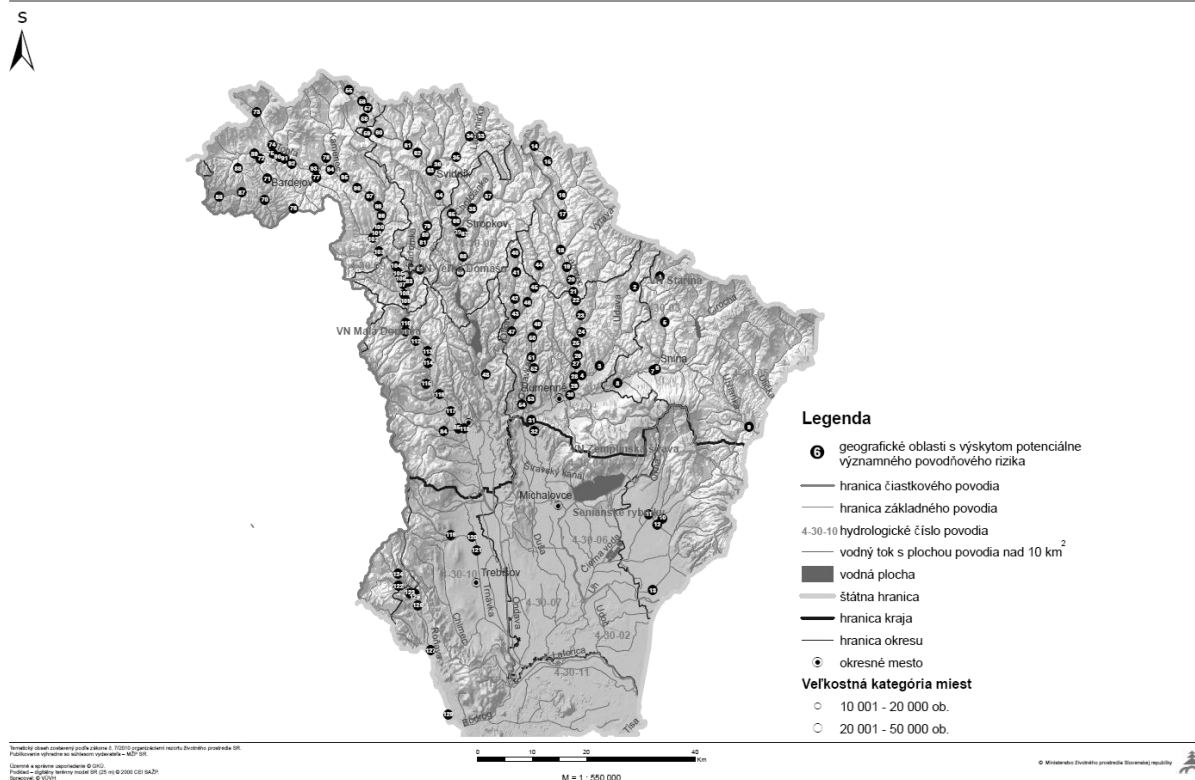
Plán manažmentu povodňového rizika bol zverejnený na webovej stránke MŽP SR v decembri 2014: <http://www.minzp.sk/sekcie/temy-oblasti/voda/ochrana-pred-povodnami/manazment-povodnovych-rizik/plany-manazmentu-povodnoveho-rizika-2015.html>.

Plán manažmentu povodňového rizika v čiastkovom povodí Bodrogu

Charakteristika čiastkového povodia Bodrogu:

- v hornej časti vrchoviny a pahorkatiny, v dolnej časti nížina
- kulminačné prietoky vo flyšových oblastiach veľmi vysoké, až extrémne
- na VSN zmiešané povodne z topenia sa snehu v horských polohách a dlhodobého dažďa
- ohradzované toky na VSN, horná časť povodia úpravy v intravilánoch sídiel
- plocha povodia 7272 km².

Geografické oblasti s potenciálne významným povodňovým rizikom v čiastkovom povodí Bodrogu (Obr. 3.) sú nasledovné: Udava (Osadné, Nižná Jablonka, Vyšný Hrušov, Udavské) Pčolinka (Pčoliné, Snina), Cirocha (Snina, Dlhé nad Cirochou), Ublianka (Ubl'a), Sobranecký potok (Sobrance), kanál Veľké Revištie-Bežovce (Nižná Rybnica, Sobrance, Bežovce), Laborec (Čertižné, Habura, Medzilaborce, Krásny Brod, Čabiny, Volica, Radvaň nad Laborcom, Brestov nad Laborcom, Hrabovec nad Laborcom, Zbudské Dlhé, Koškovce, Hankovce, Lubiša, Veľopolie, Udavské, Kochanovce, Lackovce, Brekov, Strážske), Ladomirka (Krajná Poľana, Ladomirka, Hunkovce, Ladomirová, Svidník, Chotčianka (Bukovce, Chotča, Závada, Ruská Poruba, Vyšná Sitnica, Nižná Sitnica), Oľka (Oľka, Ruská Kajňa, Pakostov, Košarovce, Žalobín), Ondavka (Turcovce, Baškovce, Ohradzany, Slovenská Volová, Závadka, Topoľovka), Ondava (Vyšná Polianka, Varadka, Nižná Polianka, Mikulášová, Cigla, Dubová, Vyšný Orlík, Nižný Orlík, Svidník, Stročín, Duplín, Tisinec, Stropkov, Breznica, Miňovce), Slatvinec (Križe, Bogliarka, Kružlov), Kamenec (Petrová, Sveržov, Tarnov), Šibská voda (Šiba, Bardejov), Kamenec (Bardejov), Radomka (Šarišský Štiavnik, Radoma, Okružle, Matovce, Giraltove), Lomnica (Vechec, Vranov nad Topľou), Topľa (Livovská Huta, Livov, Lukov, Gerlachov, Tarnov, Rokytov, Mokroluh, Bardejov, Komárov, Hrabovec, Poliakovce, Dubinné, Kurima, Kučín, Porúbka, Harhaj, Marhaň, Brezov, Kalnište, Lužany pri Topli, Giraltove, Železník, Mičakovce, Ďurďoš, Hanušovce nad Topľou, Bystré, Skrabské, Vyšný Žipov, Hlinné, Jastrabie nad Topľou, Čaklov, Vranov nad Topľou), Trnávka (Sečovce, Hriadky, Vojčice), Terebľa (Kaľša, Slivník), Roňava (Slanské Nové Mesto, Slivník, Kuzmice, Michal'any, Čerhov, Slovenské Nové Mesto).



Obr. 3. Geografické oblasti s potenciálne významnými povodňovými rizikom v čiastkovom povodí Bodrogu

Významnejšie navrhované opatrenia v čiastkovom povodí Bodrogu

Oblasť Bardejov

Bardejov

- rekonštrukcia úpravy toku Topľa a výstavba nových ochranných hrádzí
Odhadované náklady: 8 200,- tis. €

Oblasť Sobrance

- dokončenie úpravy Sobraneckého potoka v časti Komárany
- polder Choňkovce a Jasenov v povodí Sobraneckého potoka
- prečistenie Kanála Veľké Revišťa Bežovce na vybudovanú kapacitu
Odhadované náklady: 22 250,- tis. €

Oblasť Vranov nad Topľou

Vranov nad Topľou

- úprava toku Topľa na prietok Q_{100}
- navýšenie kapacity existujúcej úpravy potoka Lomnica výstavbou ochranných múrikov
Odhadované náklady: 2 100,- tis. €

Oblasť Michalovce

Strážske

- ľavostranná obvodová ochranná hrádza v rkm 57,350 - 57,600
- rekonštrukcia hate na Laborci v rkm 57,350
Odhadované náklady: 325,- tis. €

Oblasť Hriadky a Vojčice

Hriadky

- vybudovanie regulačného objektu (stavidla) na Mano kanáli
- prebudovanie výustnej časti Mano kanála s dobudovaním prepojavacieho kanála do Vojčického kanála

Vojčice

- vybudovanie stavidla a výstavba prepojavacieho kanála do Andrejovského kanála
- vytvorenie retenčného priestoru nad železničnou traťou
Odhadované náklady: 700,- tis. €

Súhrn odhadovaných nákladov v čiastkovom povodí Bodrogu pre 129 geografických oblastí a 387 navrhovaných opatrení predstavuje 136 mil.€ .

Pri zostavení poradia naliehavosti realizácie protipovodňových opatrení boli zohľadnené:

- rozsah a početnosť povodní v geografickej oblasti,
- počet zasiahnutých obyvateľov pri povodni,
- výška vypočítanej škody v prípade postihnutia povodňou,
- efektívnosť opatrení (zabránené škody/celkové náklady),
- prevádzkové skúsenosti správcu a prevádzkovateľa vodných tokov,
- pripravenosť projektovej dokumentácie na výstavbu opatrenia v lokalite.

Stanovenie priorít opatrení navrhovaných do roku 2021 v čiastkovom povodí Bodrogu

Topľa – Vranov nad Topľou	2 058,71 tis. €
Topľa - Bardejov	7 787,69 tis. €
Ladomírka - Svidník	2 553,94 tis. €
Šibská voda - Bardejov	3 618,49 tis. €
Cirocha – Dlhé nad Cirochou	931,84 tis. €
Topľa - Gíraltovce	298,58 tis. €
Ondava - Svidník	554,49 tis. €
Pčolinka - Snina	610,76 tis. €
Kamenec - Bardejov	7 413,93 tis. €
Ondava - Stropkov	150,01 tis. €
Topľa - Čaklov	772,16 tis. €

Chotčianka - Stropkov	755,70 tis. €
Kanál Veľké Revišita-Bežovce - Sobrance	1 932,99 tis. €
Sobranecký potok - Sobrance	21 904,40 tis. €

Záver

V príspevku je popísaná tvorba PMPR v podmienkach SVP š.p. OZ Košice pričom dôraz sa kladie na čiastkové povodie Bodrogu. Odhadované výdavky na návrh protipovodňových opatrení v riešených 129 geografických oblastiach povodia Bodrogu predstavujú 136 mil.€. Príspevok popisuje významnejšie navrhované opatrenia v tomto povodí a obsahuje aj stanovenie priorít jednotlivých opatrení pre ich zaradenie do prípravy a realizácie do roku 2021.

Literatúra

Smernica Európskeho parlamentu a Rady 2007/60/ES o hodnotení a manažmente povodňových rizík

Zákon č. 7/2010 Z. z. o ochrane pred povodňami

ROK 2015, ĎALŠÍ EXTRÉMNY ROK Z KLIMATOLOGICKÉHO HĽADISKA

Ing. Helena HLAVATÁ, PhD.,¹ Ing. Martina Tomková¹

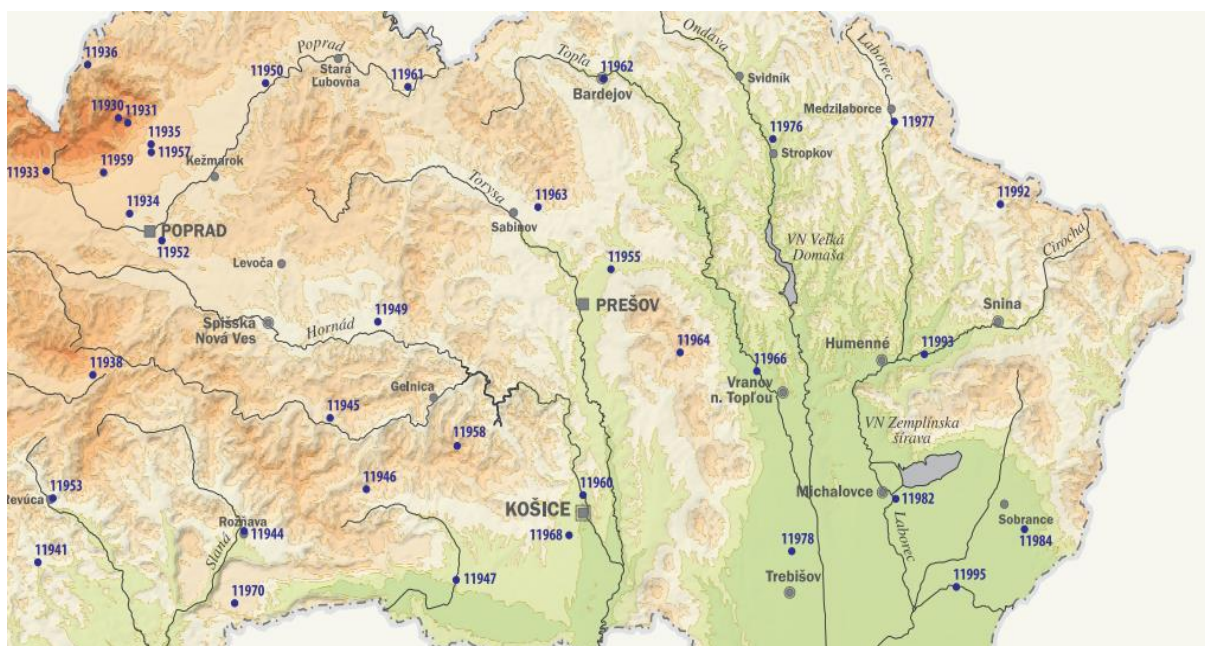
¹ Slovenský hydrometeorologický ústav, Ďumbierska 26, Košice,
helena.hlavata@shmu.sk, martina.tomkova@shmu.sk

Úvod

Rastúca teplota atmosféry má za následok intenzifikáciu a zvýšenie dynamiky všetkých procesov v nej prebiehajúcich. V prípade extrémov teploty vzduchu je v globálnom meradle pozorovaný rastúci výskyt (frekvencia), dĺžka trvania a intenzita vln horúčov. Nárast výskytu sucha a extrémne vysokých teplôt je zaznamenaný v Českej republike a samozrejme aj na Slovensku. Rok 2015 bol v Prahe Klementinu najteplejší najmenej od roku 1775 a veľmi pravdepodobne aj najteplejší za posledných najmenej 500 rokov. Na Slovensku skončil rok 2015 ako druhý najteplejší, hneď za rokom 2014. Súčasne išlo o jeden z najsuchších rokov od začiatku meteorologických meraní a pozorovaní v strednej Európe. Zvlášť extrémne bolo v Európe leto 2015 (Pecho, 2016).

Materiál a metódy

Východiskovým materiálom tejto analýzy sú priemerné mesačné teploty vzduchu a mesačné úhrny zrážok za rok 2015 a mesačné údaje za normálové obdobie 1961-1990 pre klimatické stanice Bardejov, Medzilaborce, Tisinec, Kamenica nad Cirochou, Čaklov, Michalovce, Milhostov a Orechová, ktoré sa nachádzajú v povodí rieky Bodrog (Obr. 1). Povodie rieky Bodrog predstavuje z hydrologického hľadiska zložitý riečny systém skladajúci sa zo štyroch hlavných riek (Latorica, Laborec, Uh, Ondava) vzájomne sa stretávajúcich na malom priestore, čo má nepriaznivý dopad na tvorbu veľkých vôd a povodňových situácií v tejto oblasti. Rozvodnica povodia ide po hrebeňoch Slanských vrchov, Šarišskej vrchoviny, Čerhova, Nízkych Beskýd a Bukovských vrchov, kde zároveň tvorí aj slovensko-poľskú hranicu. Na stavbe slovenskej časti povodia, ktorú na východe ohraničuje hranica s Ukrajinou, sa okrem uvedených horstiev zúčastňuje aj Vihorlat, Zemplínske vrchy a Východoslovenská nížina.



Obr. 1. Mapa povodia rieky Bodrogu s hodnotenými meteorologickými stanicami

Výsledky a diskusia

Teplotné pomery povodia Bodrogu, ako homogénneho celku, sa nevyznačujú veľkou územnou rozmanitosťou. Príčinou je nadmorská výška, ktorá je v rozmedzí od 100 do 300 m. V podmienkach VSN sa za reprezentatívny v ročnom priemere považuje vertikálny gradient teploty vzduchu 0,5 °C na 100 m nadmorskej výšky. V oblasti Východoslovenskej pahorkatiny, ktorá je bohatá na vhlbené a vypuklé formy reliéfu, nadobúda tento gradient odchýlky o 0,3 °C oproti uvedenej strednej hodnote. Závislosť priemernej ročnej teploty vzduchu na zemepisnej šírke je určená horizontálnym gradientom 1,3 °C na 1° zemepisnej šírky, t. j. asi 111 km. Medzi severným a južným okrajom povodia číni zhruba 0,6 °C.

Tab.1. Priemerné mesačné a ročné teploty vzduchu (°C) za rok 2015 a odchýlka od normálu 1961 – 1990 na meteorologických staniciach v povodí rieky Bodrog

		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	ROK
Bardejov	°C	-0,6	-0,4	3,8	8,2	13,1	17,3	20,0	20,8	15,2	8,0	3,6	1,6	9,2
	Δ	3,8	1,7	1,6	0,1	0,1	1,1	2,4	4,0	2,2	0,1	1,0	3,8	1,8
Medzilaborce	°C	-0,7	-0,1	3,8	7,3	12,6	17,0	19,0	21,0	15,0	7,9	3,4	1,5	9,0
	Δ	3,9	2,3	2,1	-0,3	0,0	1,4	2,2	5,0	2,9	0,7	1,0	3,7	2,1
Tisnec	°C	-0,2	0,6	4,8	8,8	13,5	18,1	20,3	21,9	15,8	8,7	4,0	2,0	9,9
	Δ	4,0	2,4	2,0	0,0	-0,3	1,2	1,9	4,3	2,1	0,2	0,9	3,9	1,9
Kamenica n/C	°C	0,8	0,6	5,2	9,1	14,5	18,6	21,4	22,4	16,7	9,1	4,5	2,2	10,4
	Δ	4,4	1,7	1,9	-0,1	0,5	1,6	3,1	4,9	3,0	0,4	0,8	3,5	2,1
Čaklov	°C	0,3	1,4	5,7	9,8	14,7	19,2	22,0	23,5	16,8	9,5	4,7	2,4	10,8
	Δ	3,7	2,4	2,3	0,4	0,2	1,7	3,2	5,4	2,6	0,5	1,2	3,7	2,3
Michalovce	°C	0,7	2,1	6,4	10,2	15,6	20,1	22,8	24,1	17,6	10,1	4,9	2,5	11,4
	Δ	3,9	2,8	2,4	0,1	0,5	2,1	3,3	5,3	2,7	0,6	1,0	3,3	2,3
Milhostov	°C	0,3	1,3	5,5	9,9	15,2	19,6	22,4	23,7	17,4	9,8	4,6	2,5	11,0
	Δ	3,7	2,2	1,6	-0,2	0,2	1,7	3,0	5,0	2,6	0,7	1,0	3,6	2,1
Orechová	°C	1,1	1,9	6,1	9,9	16,0	20,2	23,3	24,2	18,5	10,3	5,2	2,8	11,6
	Δ	3,7	2,0	1,3	-0,9	0,1	1,6	3,2	4,6	2,8	-0,3	0,9	3,2	1,9

Priemerné mesačné a ročné teploty vzduchu za rok 2015 sú uvedené v tabuľke 1. Podľa vyššie uvedených závislostí na nadmorskej výške a zemepisnej šírke je Orechová, ležiaca najjužnejšie a najnižšie, najteplejšia s priemernou ročnou teplotou 11,6 °C a najchladnejšou a zároveň jednou z najsevernejšie a najvyššie položených je stanica Medzilaborce s priemernou ročnou teplotou vzduchu 9,0 °C. Z celkového hľadiska bol tento rok na území povodia rieky Bodrog teplotne mimoriadne nadnormálny, s odchýlkami od 1,8 °C až do 2,3 °C. Rok 2015 je teda druhý najteplejší od začiatku pozorovaní, hneď po roku 2014.

Pri hodnotení po mesiacoch bol január silne nadnormálny, s odchýlkami od 3,7 až 4,4 °C. Február a marec boli na všetkých staniciach teplotne nadnormálne, iba v Orechovej sa pohybovali na úrovni dlhodobého normálu. Ďalšie mesiace apríl a máj sa pohybovali na úrovni dlhodobého normálu. Mesiace jún, júl a august sa vyznačovali vysokými teplotami vzduchu. Jún bol teplotne silne nadnormálny, júl a august na väčšine mimoriadne nadnormálny a september bol silne nadnormálny. Október a november bol na úrovni dlhodobého normálu a december bol opäť silne nadnormálny. Mimoriadnu pozornosť si v roku 2015 vyžaduje leto. Toto leto bolo takmer na všetkých meteorologických staniciach najteplejším za celé obdobie prevádzky týchto staníc. Najvyššie hodnoty priemernej dennej teploty vzduchu dosiahli hodnoty nad 23,0 °C, v Orechovej 22,7. dosiahla priemerná denná teplota vzduchu až 29,2 °C. Najvyššie kladné odchýlky tejto charakteristiky teploty vzduchu od normálu dosiahli v mesiaci jún od 1,1 °C do 2,1 °C, v júli od 1,9 °C až do 3,3 °C, v auguste od 4,0 °C do 5,4 °C a v septembri od 2,1°C až do 3,0 °C. Pre tohtoročnú letnú sezónu je

zaujímavý vysoký počet dní, kedy maximálna teplota vzduchu dosiahla 35 °C a viac. Najviac takýchto dní bolo v centrálnej časti Východoslovenskej nížiny, Orechová 23 dní, Michalovce 21 dní, Milhostov 19 dní. V Bardejove nebol zaznamenaný ani jeden deň s teplotou nad 35 °C. Ďalšou charakteristikou, ktorá sa počas leta vyskytovala v rekordnom počte je tropická noc, teda noc, kedy minimálna teplota vzduchu neklesne pod 20 °C. Vyskytovali sa v centrálnej časti povodia Bodrogu od Kamenice nad Cirochou (2 dni) až po Orechovú (6 dní). Najviac tropických nocí bolo v Michalovciach, až 10. Na stanicích v severnej časti územia, Bardejov, Medzilaborce a Tisinec sa tropická noc nevyskytovala. Extrémnemu počtu letných a tropických dní v roku 2015 zabránila jar, kedy, napríklad v máji, ešte neboli vlny horúčav. V priemere bolo 40 tropických a 80 letných dní, pričom priemer za normálové obdobie 1961 - 1990 je 12 tropických a 59 letných dní (Tab. 2).

Tab.2. Prehľad jednotlivých charakteristík maximálnej a minimálnej teploty vzduchu v °C za rok 2015 a za normálové obdobie 1961 - 1990 na meteorologických stanicích v povodí rieky Bodrog

		2015					1961 - 1990			
		<i>tropický deň</i>	<i>letný deň</i>	<i>ľadový deň</i>	<i>mrazový deň</i>	<i>tropická noc</i>	<i>tropický deň</i>	<i>letný deň</i>	<i>ľadový deň</i>	<i>mrazový deň</i>
		$T_{max} \geq 30^{\circ}C$	$T_{max} \geq 25^{\circ}C$	$T_{max} < 0^{\circ}C$	$T_{min} < 0^{\circ}C$	$T_{min} \geq 20^{\circ}C$	$T_{max} \geq 30^{\circ}C$	$T_{max} \geq 25^{\circ}C$	$T_{max} < 0^{\circ}C$	$T_{min} < 0^{\circ}C$
VSN	max	49	100	14	111	10	14	64	44	140
	priemer	40	83	9	91	3	9	51	36	122
	min	29	61	5	71	0	4	36	29	111

Ročné úhrny atmosférických zrážok (Tab. 3) sa v roku 2015 pohybovali pod úrovňou dlhodobého normálu 1961 – 1990, dosahovali 72 až 92 %. Na všetkých stanicích bol nedostatok zrážok, okrem stanice Tisinec, kde sa ročný úhrn zrážok pohyboval na úrovni dlhodobého normálu. Ročný chod zrážok v tomto území sa spravidla vyznačuje hlavným maximom v júni, miestami v júli, a minimum pripadá na marec. Takýto ročný chod zrážok zodpovedá pevninskému typu miernych zemepisných šírok. Typické pre toto rozdelenie zrážok je aj druhotné maximum, ktoré sa obyčajne objavuje v novembri (decembri). Rok 2015 sa z hľadiska ročného chodu zrážok odlišoval od typického ročného chodu zrážok. V tomto roku maximum zrážok v letnom období bol zaznamenaný v mesiaci máj, ale najviac zrážok spadlo v januári, kde miestami v severnejšie položených stanicích spadlo až trojnásobne väčšie množstvo zrážok ako je normál. Najviac spadlo v Kamenici nad Cirochou, až 314 % dlhodobého normálu. Minimum zrážok z hľadiska ročného rozdelenia pripadol na august, kedy spadlo len 0,3 až 12,5 mm, čo je 0,5 až 14,5 % dlhodobého normálu. Druhotné maximum sa vyskytlo v septembri, kedy spadlo 86 až 187 % normálu. Z dlhodobého hľadiska najviac zrážok v priemere spadne v letnom polroku 59 až 62 %. Tento rok v letnom polroku spadlo 31 až 49 % z ročného úhrnu zrážok, z toho v hlavnom letnom období (jún, júl a august) len 11 až 19 % z ročného úhrnu zrážok.

Pri mesačnom hodnotení zrážok bol január silne až mimoriadne nadnormálny. Na stanicích Kamenica nad Cirochou (2007), Tisinec (1976) a Bardejov (1976) bol prekonaný rekord maximálneho mesačného úhrnu zrážok. Február bol na väčšine staníc na úrovni dlhodobého normálu, na stanicích Milhostov, Medzilaborce a Tisinec bol podnormálny. Marec bol zrážkovo podnormálny, na stanicích Orechová, Tisinec a Medzilaborce až silne podnormálny. Apríl bol silne až mimoriadne podnormálny, dosahoval 14 až 51 % normálu. Na stanicích Čaklov (1981), Michalovce (1974) a Orechová (1974) bol prekonaný rekord minimálneho mesačného úhrnu zrážok. Máj bol väčšinou zrážkovo normálny, len na stanici Orechová, Michalovce a Čaklov bol zrážkovo nadnormálny. Letné mesiace jún, júl a august boli podnormálne až silne podnormálne, august bol až mimoriadne podnormálny. Mesačné úhrny v auguste dosahovali od 0,3 mm v Michalovciach až po 12,5 mm v Bardejove, takmer na všetkých hodnotených meteorologických stanicích išlo o najnižšie mesačné úhrny zrážok od začiatku pozorovaní. Koniec letného polroku, september, sa pohyboval na väčšine sledovaných staníc na úrovni normálu, iba na stanici Tisinec spadlo zrážok viac, až 146 % normálu. Október bol zrážkovo nadnormálny, na stanicích Orechová a Tisinec až silne nadnormálny, pre Medzilaborce mimoriadne

nadnormálny a Kamenica nad Cirochou bola zrážkovo na úrovni normálu. November bol taktiež na úrovni normálu, okrem Milhostova a Bardejova, kde pršalo viac. Koniec roka, december bol na zrážky chudobný, spadlo 3,8 až 25,1 mm zrážok, čo je 8 až 45 % normálu.

Tab.3. Mesačné a ročné úhrny atmosférických zrážok (mm) za rok 2015 a percento normálu 1961 – 1990 na meteorologických staniciach v povodí rieky Bodrog

		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	ROK
Bardejov	mm	93,8	28,6	19,5	25,6	92,3	33,7	94,8	12,5	57,4	56,9	51,6	15,5	582,2
	% N	240,5	77,3	55,7	51,2	107,3	34,4	96,7	14,5	92,6	111,6	105,3	29,8	78,4
Medzilaborce	mm	117,6	26,7	50,2	23,8	88,3	23,5	86,5	1,8	72,9	73,1	89,8	25,1	679,3
	% N	235,2	62,1	102,4	37,8	117,7	24,2	77,9	2,0	107,2	135,4	144,8	38,0	82,1
Tisnec	mm	93,4	22,4	29,9	16,0	116,2	37,9	67,1	5,9	82,2	63,3	56,2	19,5	610,0
	% N	301,3	74,7	90,6	32,7	170,9	42,1	70,6	7,2	146,8	147,2	127,7	45,3	91,9
Kamenica n/C	mm	110,0	23,7	15,7	12,2	97,4	68,6	42,5	11,2	76,8	73,0	50,6	3,8	585,5
	% N	314,3	71,8	37,4	23,0	133,4	69,3	45,2	13,7	125,9	146,0	95,5	7,8	80,9
Čaklov	mm	71,5	26,3	9,3	8,8	91,9	21,6	42,0	9,2	73,2	95,3	36,5	14,9	500,5
	% N	223,4	87,7	28,2	17,6	137,2	26,0	50,0	12,4	140,8	226,9	76,0	36,3	78,7
Michalovce	mm	73,4	12,6	14,8	6,0	72,8	56,9	22,5	0,3	47,0	84,8	50,4	15,6	457,1
	% N	222,4	45,0	43,5	13,6	115,6	76,9	29,2	0,5	94,0	180,4	102,9	35,5	75,4
Milhostov	mm	64,9	12,7	11,8	6,2	52,6	49,0	35,2	1,5	82,4	92,8	31,6	4,5	445,2
	% N	216,3	48,8	38,1	15,1	92,3	70,0	47,6	2,4	187,3	244,2	77,1	12,5	80,9
Orechová	mm	67,3	14,9	28,1	8,1	76,9	36,9	30,6	9,3	43,8	76,5	72,7	17,4	482,5
	% N	149,6	41,4	68,5	17,6	114,8	41,9	41,4	14,1	85,9	162,8	134,6	31,1	71,9

Záver

Rok 2015 bol druhý najteplejší rok, hneď po roku 2014. Z celého roka najextrémnejšie sa prejavilo počasie v lete. Išlo o najteplejšie a najsuchšie leto od začiatku pozorovania na sledovaných staniciach. Stabilný a veľmi teplý charakter počasia v priebehu júla a augusta sa prejavil na veľkom počte dní, kedy maximálna denná teplota vzduchu dosiahla 35 °C a viac, ako aj na rekordnom počte dní s tropickou nocou hlavne na staniciach v centrálnej časti Východoslovenskej nížiny. Dlhé a opakované vlny horúčav prehriali prírodné prostredie a teplotné podmienky, akoby vo všeobecnosti boli posunuté do vyššej úrovne o niekoľko °C. Toto neplatilo len pre nami sledované územie, ale pre celé Slovensko, vysokohorské prostredie nevynímajúc.

Literatúra

KOLEKTÍV AUTOROV, 1966. Klimatické a fenologické pomery Východoslovenského kraja, ČHMÚ Praha, 1966, 275 s.

LAPIN, M., FAŠKO, P. 1987. Klimatické normály. Metodický predpis 3-09-1/1. SHMÚ Bratislava 1987

MIKULOVÁ, K., FAŠKO, P., BOCHNÍČEK, O., BORSÁNYI, P., ONDRUŠKA, P., ČEPČEKOVÁ, E., ŠTASTNÝ, P., PECHO, J. 2008. Klimatické normály 1961-1990 meteorologických prvkov teplota vzduchu a atmosférické zrážky. Záverečná správa výskumnej úlohy.

PECHO, J. 2016: Extrémne počasie, zmeny klímy a potravinová bezpečnosť, <http://climatemap.blogspot.sk/>

NAKLADANIE S DAŽĎOVOU VODOU V URBANIZOVANOM ÚZEMÍ – INFILTRÁCIA DAŽĎOVÝCH VÔD

doc. Ing. Martina ZELENÁKOVÁ, PhD.¹, doc. Ing. Ladislav TOMETZ, PhD.², Ing. Gabriela HUDÁKOVÁ, PhD.³

¹Technická univerzita v Košiciach, Ústav environmentálneho inžinierstva, Vysokoškolská 4, 042 00 Košice, martina.zelenakova@tuke.sk

²Technická univerzita v Košiciach, Ústav geovied, PK 15 043 84 Košice, ladislav.tometz@tuke.sk

³Technická univerzita v Košiciach, Ústav environmentálneho inžinierstva, Vysokoškolská 4, 042 00 Košice, gabriela.hudakovaa@gmail.com

Úvod

Mestské odvodnenie sa stalo jednou z najdôležitejších súčastí občianskej vybavenosti. Zabezpečenie dlhodobej funkcie stokových sietí a čistiarní odpadových vôd je však spojené s neustále stúpajúcimi nákladmi a dnes je jasné, že súčasný spôsob mestského odvodnenia nie je možné z finančných dôvodov celosvetovo realizovať. Doterajší spôsob mestského odvodnenia stále ohrozuje stav vodných útvarov. Mestská hydrológia bola vytvorená na to, aby zlepšila spôsob, akým je riadený odtok zrážok v mestách, ktorý má chrániť pred povodňami, ako aj ochraňovať verejné zdravie, či životné prostredie. Podstata budúceho riešenia spočíva v nájdení prijateľného kompromisu alternatívneho riešenia odvádzania dažďových vôd z územia (Hlavínek, 2007).

Nielen v oblasti poľnohospodárstva, vodného hospodárstva, ale aj v stavebníctve je hospodárenie so zrážkovými vodami dôležitou súčasťou aktivít. Vsakovanie zrážkových vôd je aktuálna a dôležitá problematika zvlášť v súčasnosti v súvislosti s klimatickými zmenami, kedy je potrebné spomaliť odtok vody z pozemkov, podporiť vsakovanie vody do pôdy a zvyšovať retenčnú schopnosť územia. Dôležitosť prítomnosti vody v pôde a hornine podčiarkuje fakt, že všetky procesy v nich sú s vodou úzko späté, a tá je spolu so vzduchom, živinami a teplom hlavnou podmienkou pôdnej úrodnosti.

Stavebný technik všetkých špecializácií sa s podzemnými vodami stretáva s rozličným zameraním: aby ich využil, alebo, aby sa proti nim chránil. Preto určovať ich prítomnosť a robiť kvantitatívne i kvalitatívne rozboru má veľký význam. Potrebná je však spolupráca hydrológa s geológom, chemikom, pedológom často aj s biológom a bakteriológom. Tam, kde sa pohyb podzemných vôd uskutočňuje za veľmi zložitých podmienok, sú veľmi zložitú aj zákony ich pohybu. Riešenie problémov v našich podmienkach vyžaduje hlbšie štúdium pohybu podzemných vôd.

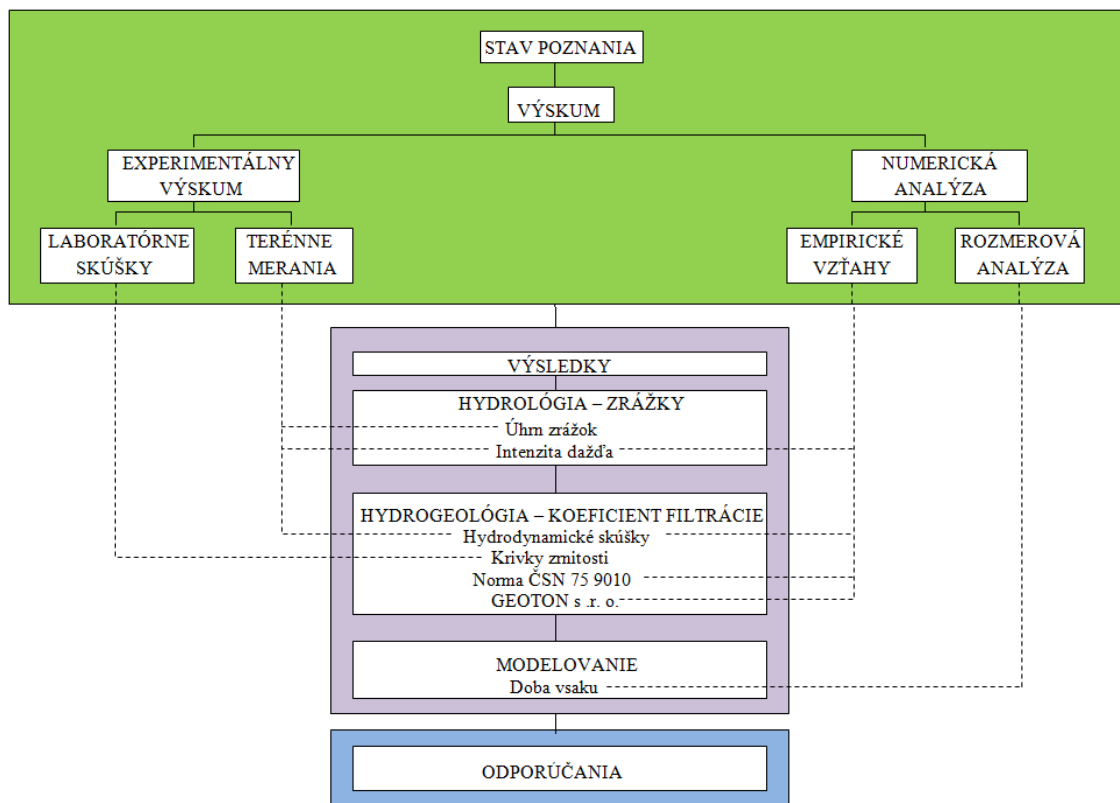
Náplňou tohto príspevku je výskum zameraný na riešenie vsakovania vôd z povrchového odtoku a konfrontácia medzi terénnou skúškou, laboratórnou analýzou a numerickou analýzou. Konfrontáciou a následne návrhom podmienok vsakovania budú vytvorené podklady na skvalitnenie a zefektívnenie mestského odvodnenia. Dôvod vzniku témy práce vyplýva z nedostatočných informácií o infiltračných systémoch v Slovenských technických normách a taktiež chýbajúcej podpory vsakovania vôd z povrchového odtoku. Táto práca poukazuje na postupy, princípy a zásady návrhu vsakovania.

Práca je spracovaná v zmysle slovenskej legislatívy, konkrétne zákona č. 364/2004 Z. z. o vodách v znení zákona č. 394/2009 Z. z., Nariadenia vlády č. 269/2010 Z. z. ktorým sa ustanovujú požiadavky na dosiahnutie dobrého stavu vôd a vyhlášky MŽP SR 397/2003 Z.z., ktorou sa ustanovujú podrobnosti o meraní množstva vody dodanej verejným vodovodom a množstva vypúšťaných vôd, o spôsobe výpočtu množstva vypúšťaných odpadových vôd a vôd z povrchového odtoku a o smerných číslach spotreby vody, pričom sú zohľadnené existujúce zahraničné smernice, ako napr. DWA – A 138 – Návrh, výstavba a prevádzkovanie vsakovacích zariadení pre zrážkovú vodu, alebo česká norma ČSN 75 9010 – Vsakovacie zariadenia zrážkových vôd.

Materiál a metódy

Príspevok sa zaoberá riešením odvádzania dažďových vôd v konkrétnych lokalitách na základe poznatkov a meraní kvalitatívnych a kvantitatívnych ukazovateľov dažďového odtoku.

Používané metódy vychádzajú z praktických skúseností, ako aj z poznatkov získaných z dostupnej literatúry a konzultácií s odborníkmi zaoberajúcimi sa danou problematikou v praxi. Na Obr. 1 je načrtnutá metodika postupu výskumu.



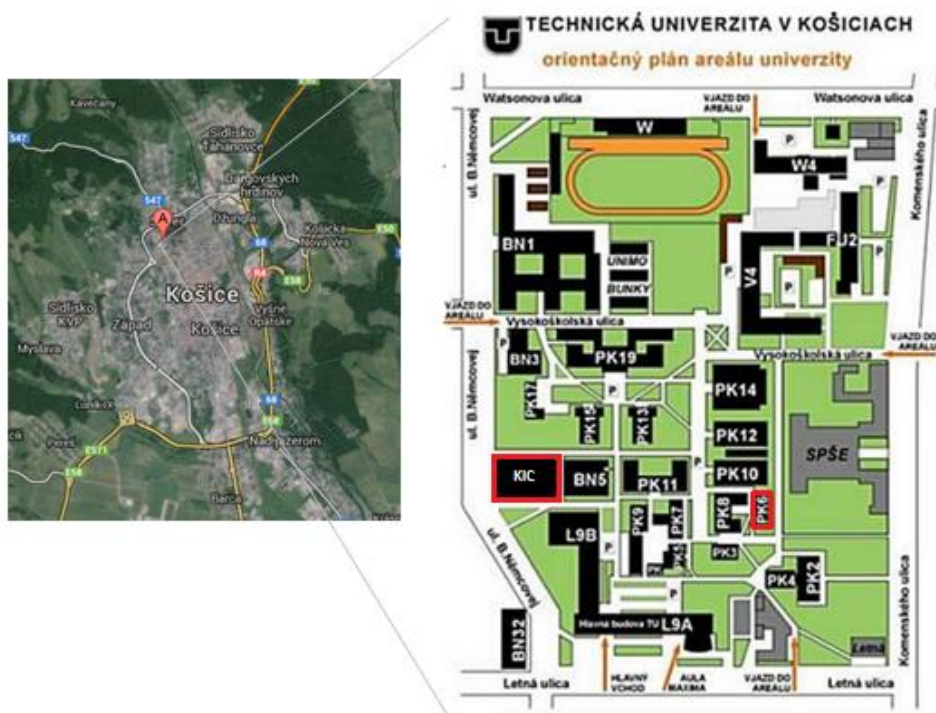
Obr. 1. Schéma metodického postupu riešenia práce

Ako vyplýva zo schémy sú navrhnuté štyri spôsoby výskumu. Terénna skúška využíva reálne merania zrážok s paralelným vsakovaním. Laboratórnou analýzou sa stanoví krivka zmitosti a následne koeficient filtrácie a numerická analýza sa zaoberá modelovaním vsakovania. Pod numerickú analýzu patria empirické vzťahy a rozmerová analýza.

Záujmové územia, v ktorých prebiehajú terénne skúšky, sa nachádzajú na východnom Slovensku v dvoch rôznych krajoch. Konkrétne sa jedná o mestá Košice (Modelová lokalita I) a Prešov (Modelová lokalita II).

Košice sú situované v nadmorskej výške 208 m n. m.. Z geologického hľadiska spadá celé územie Košického kraja do pásma Vnútorných Západných Karpát. Podložie Košíc tvoria pozdĺž vodných tokov kvartérne horniny (holocén) nívnych sedimentov a splachov a ďalej od vodných tokov kvartérne horniny (pleistocén) spraší a sprašových hĺn. Nachádzajú sa tu aj jazerné a riečne sedimenty (Geografická charakteristika Košického kraja, 2014). Prvá modelová lokalita sa nachádza v Košiciach, konkrétne v areáli Technickej univerzity (TUKE) (Obr. 2.). Výskum sa realizoval v objektoch vyznačených červenou farbou. Jedná sa o objekt PK6 – počítačové centrum Fakulty elektrotechniky a informatiky TUKE a objekt KIC - Knižničného informačného centra TUKE. Pri budove počítačového centra Fakulty elektrotechniky a informatiky (PK6) (Obr. 3.), sa nachádzajú vsakovacie šachty, ktoré boli zhotovené už pred začatím výskumu. Do vsakovacích šacht sú odvádzané dažďové vody zo strešnej konštrukcie budovy, ktoré sú následne vsakované do podlažia. V areáli TUKE asi 300 m od budovy PK6 sa nachádza aj objekt Univerzitnej knižnice (KIC) (Obr. 3.), na streche ktorého

je umiestnené zariadenie na meranie zrážok – zrážkomer slúžiaci na sledovanie množstva zrážkových vôd počas celého roka.



Obr. 2. Areál Technickej univerzity a vyznačenie lokalít počítačového centra Fakulty elektrotechnicky a informatiky (PK6) a Univerzitnej knižnice (KIC)



Obr. 3. Počítačové centrum Fakulty elektrotechniky a informatiky (PK6) a Univerzitná knižnica Technickej univerzity v Košiciach (KIC)

Prešov leží v nadmorskej výške 296 m n. m.. Pôdne podložie tvoria zglejené ilimerizované pôdy (skeletnaté) a glejové pôdy (Technické služby mesta Prešov, 2014). Druhé modelové územie na výskum sa nachádza v Prešove, konkrétne v lokalite Šarišské Lúky (Obr. 4.). Na tomto území prebiehala rekonštrukcia poškodeného mostného objektu a s tým súviselo aj riešenie odvádzania dažďových vôd. Filtrácia a/alebo riadený odtok dažďových vôd bol realizovaný pomocou vsakovacích modulov, navrhnutých podľa pracovného predpisu ATV–DVWK–A138 Navrhovanie vsakovacích zariadení pre dažďové vody, ktorý sa používa v prevažnej časti štátov EÚ. Hĺbka založenia vsakovacej galérie sa odvíja od geologických pomerov pri moste. Podľa geológie sú optimálne podmienky pre umiestnenie vsakovacej galérie vo vrstve hlinito piesčité štrk - hrubý. Požadovaná vrstva pri moste sa nachádza v hĺbke od 2,20 m až 3,10 m. Vsakovací modul HAURATON DRAINFIX-BLOC je vyrobený z vysokopevnostného polypropylénu. Stavebný objem jedného modulu činí 0,158 m³ a pri akumuláčnej schopnosti 92 % dokáže zachytiť 0,146 m³ dažďových vôd. Návrh vsakovacieho objektu

sa posudzuje na základe lokálnych hydrotechnických a geologických parametrov, pre periódu opakovania dažďa 0,2 (1 krát za 5 rokov), čím je zabezpečená vysoká spoľahlivosť vsakovacieho systému (Technická správa, 2012).



Obr. 4. Šarišské Lúky pri Prešove

Hodnoty získané z experimentálnych meraní boli podkladom pre vlastný výskum, výsledky ktorého sú uvedené v nasledujúcich kapitolách.

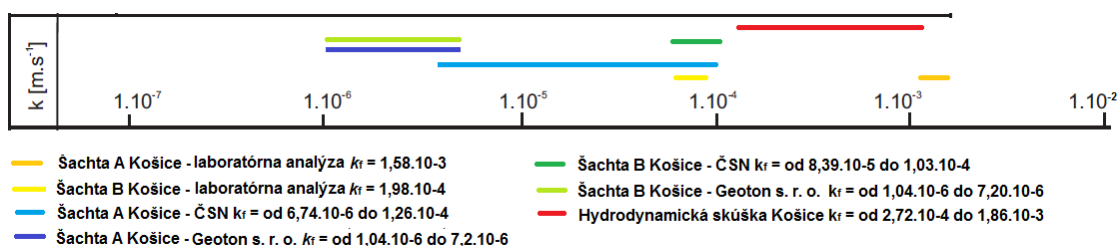
Výsledky a diskusia

Z terénnych meraní úhrnov zrážok v predmetných lokalitách boli spracované údaje, ktoré potvrdili nasledovné. Úhrny zrážok za sledované časové obdobie v Košiciach neprekročili úhrny s periodicitou 0,2, ktorá sa podľa nemeckej normy DWA-A 138 resp. českej normy ČSN 75 9010 využíva pre návrh vsakovacích zariadení. Zo zrážkových udalostí bola stanovená maximálna a minimálna intenzita zrážok pre Košice, ktorá bola porovnávaná s tabuľkovými hodnotami intenzity zrážok podľa SHMÚ Košice pre zrážkomernú stanice Košice - Barca. Hodnoty intenzít dažďa za sledované trojročné obdobie neprekročili intenzity s periodicitou 0,2; 0,5; 1; 2; bola prekročená iba intenzita s periodicitou 5. Z uvedeného vyplýva, že použitie periodicity dažďa 0,2 pre dimenzovanie vsakovacích zariadení je rovnako vhodné v podmienkach Slovenska. Trvanie zrážkových oddielov spracované Slovenským Hydrometeorologickým ústavom pre zrážkomerné stanice Slovenska je použiteľné aj naďalej napriek roku spracovania uvedených tabuliek (rok 1968). Platnosť štyridsaťosem ročných tabuliek sa potvrdila a odporúča sa ich využiteľnosť aj v súčasnosti.

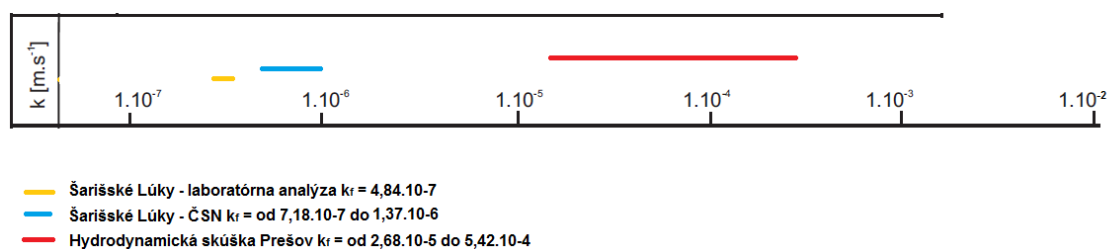
Jedným z hlavných cieľov aplikovania vsakovacích zariadení je efektívne - pomalé a postupné vyprázdňovanie zásobníkov, ktoré by podľa ČSN 75 9010 nemalo prekročiť 72 hodín, t.j. 3 dni a podľa DWA-A 138 je to 1 deň. Uvedené sa potvrdilo aj pre jednotlivé sledované zrážkové udalosti v modelových lokalitách.

Táto požiadavka úzko súvisí s parametrami zemín a hydrogeologickými podmienkami v podloží. Podľa dostupných predpisov by dno vsakovacích objektov malo byť situované minimálne 1,0 m, v prípade vsakovacích studní minimálne 1,5 m nad maximálnou hladinou podzemných vôd (STN 75 6402) a priepustnosť vsakovacej vrstvy by mala byť v rozsahu $k_f = 5 \cdot 10^{-3}$ až $5 \cdot 10^{-6}$ m.s⁻¹. Dno vsakovacej studne, ktorá je umiestnená v areáli TU Košice sa nachádza vo vrstve štrkov s podielom

jemnozrnných zemín, ktorých $k_f = 1.10^{-3}$ až 1.10^{-4} m.s⁻¹. Jedná sa o neogénne sedimenty, ktoré vytvárajú priaznivé podmienky pre sústredenie väčšieho množstva podzemných vôd. To je dôvod, prečo sa v jarňných mesiacoch udržiava na dne studne voda a veľmi pomaly odteká. S veľkou určitosťou to súvisí s pohyblivou hladinou podzemnej vody, ktorá býva v jarňných mesiacoch po roztopení snehu vyššia, ako aj s umiestnením dna studne a tiež s inžiniersko-geologickým profilom, kde sa pod vrstvou štrkov s prímiesou jemnozrnej zeminy (symbol G-F, trieda G3) nachádza štrk ílovitý (GC, trieda G5), ktorého filtračné schopnosti sú nižšie. Na Obr. 5. a Obr. 6. sú súhrne zobrazené výsledné koeficienty filtrácie určenými rôznymi metódami. Na Obr. 5. sú výsledky pre modelovú lokalitu I (pre vzorky z oboch šácht) a na Obr. 6. sú výsledky pre modelovú lokalitu II.



Obr. 5. Schéma výsledkov koeficientov filtrácie v Košiciach určenými rôznymi metódami



Obr. 6. Schéma výsledkov koeficientov filtrácie v Prešove určenými rôznymi metódami

Výsledné koeficienty filtrácie stanovené hydrodynamickou skúškou sa v niektorých prípadoch zhodujú s koeficientmi stanovenými podľa ČSN 75 9010, podľa záverečnej správy od fy Geton s.r.o., ako aj s laboratórnymi analýzami.

Záverom je nutné konštatovať, že základom optimálne navrhnutého vsakovacieho systému je určite kvalitný geologický a hydrogeologický prieskum. Ako dôležité sa ukazuje určenie nielen koeficientu filtrácie resp. koeficientu vsakovania prvej vrstvy na kontakte so zabudovaným zariadením, ale aj prietokové vlastnosti ďalších zemín. Opodstatnenosť presného určenia uvedených charakteristík je v tom, že v rozhodujúcej miere vstupujú do výpočtu doby vyprázdnenia vsakovacieho zariadenia, čím prispievajú k optimálnemu návrhu samotného zariadenia. V prípade použitia nepresných údajov hrozí v čase extrémnej zrážkovej činnosti riziko prepĺnenia studne.

Ako problém sa javí skutočnosť, že na Slovensku chýba platná legislatíva, ktorou by boli presne zadefinované vstupné požiadavky pre návrh vsakovacích zariadení. Nová legislatíva by teda mala riešiť nielen stanovenie podmienok vsakovania dažďových vôd, ale mala by stanovovať aj rozsah a spôsob realizácie geologického a hydrogeologického prieskumu.

Záver

V posledných rokoch sa vyvinuli pokroky vo vede ako aj praktizovanie mestskej hydrológie z hľadiska základného pochopenia a prístupov k manažmentu. Vznikli nové technológie pre zaznamenávanie, analýzu a predpoveď zrážok v mestských oblastiach s cieľom poukázať na problémy

malých priestorových a časových mierok reakcie zrážok a odtoku v mestách ako aj ich vsakovanie z povrchového odtoku s dôrazom na retenčnú kapacitu vybraného územia a intenzitu zrážok.

Nakladanie s dažďovými vodami by malo byť považované za udržateľnú stratégiu v oblasti obnovy vidieka a mestského sídliska z aspektu životného prostredia, hospodárstva a sociálneho kritéria (Markovič, Vranayová, 2013; Zeleňáková a kol, 2015). V prípade vsakovania zrážkovej vody nie je výklad zákona jednoznačný - jedná sa o manipuláciu s podzemnými vodami - umelé obohacovanie podzemných zdrojov vôd povrchovou vodou, pre ktoré je nutné povolenie príslušného úradu. S rozvojom výstavby vo veľkých mestách a v ich okolí dochádza stále častejšie k riešeniu problematiky preťaženia stokovej siete (Markovič, 2013; Vranayová a kol., 2015; Hudáková; 2015). V súčasnosti sa kladie veľký dôraz na odvádzanie dažďovej vody z mestskej a vidieckej krajiny prostredníctvom vsakovacích zariadení, ktorý predstavuje udržateľný spôsob nakladania so zrážkovými vodami z povrchového odtoku. Preto je príspevok zameraný na experimentálnu a numerickú analýzu riešenia vsakovania zrážkových vôd z povrchového odtoku v modelových lokalitách.

Výskum sa zamerával na určenie koeficientu filtrácie, pri ktorom sa využívali existujúce vsakovacie zariadenia, tzn. vsakovacie šachty v modelovej lokalite I a novo realizovanou vsakovacou galériou v modelovej lokalite II, na základe konfrontácie teoretickej a praktickej analýzy a syntézy nadobudnutých poznatkov v podmienkach východného Slovenska. Na Slovensku sa ako podklad používa nemecká norma DWA-A 138 resp. česká norma ČSN 75 9010, ktorá bola vytvorená práve na základe uvedenej nemeckej normy. To, že vhodná norma pre návrh vsakovacích zariadení u nás nie je vytvorená, však spôsobuje problém. Bolo by preto potrebné určité zjednotenie výpočtových a návrhových postupov pre územie Slovenska, keďže obe normy obsahujú určité špecifikácie vzťahujúce sa práve na danú krajinu. Niektorí projektanti sa riadia českou, iní nemeckou normou, pričom sú v nich miestami adekvátne rozdiely v postupoch a tým aj vo výsledkoch riešenia daného problému. V príspevku je poukázané na využitie vsakovacích zariadení, ktoré predstavujú účinný spôsob odvádzania zrážkových vôd z povrchového odtoku pre konkrétny projektový návrh.

PodĎakovanie Príspevok vznikol vďaka podpore projektu Agentúry na podporu výskumu a vývoja SK-PT-0007-15. Centrum spolupráce bolo podporované Agentúrou na podporu výskumu a vývoja na základe zmluvy č. SUSPP-0007-09.

Literatúra

- HLAVÍNEK, P. a kol. 2007. Hospodáření s dešťovými vodami v urbanizovaném území. Brno: Ardec s. r. o., 2007.164s. ISBN 80-86020-55-X.
- MARKOVIČ, G., VRANAYOVÁ, Z. 2013. Vsakovanie ako spôsob nakladania so zrážkovými vodami z povrchového odtoku. Košice: TU, 2013, 137 s. ISBN 978-80-553-1541-6.
- MARKOVIČ, G. 2013. Likvidácia zrážkovej vody z povrchového odtoku prostredníctvom vsakovacej šachty v praxi. In: TZB-info.,2013, p. 1-11. ISSN 1801-4399
- VRANAYOVÁ, Z., AHMIDAT, M.K.M., MARKOVIČ, G., KÁPOSZTÁSOVÁ, D. 2015. Experimentálny výskum kvalitatívnych ukazovateľov zrážkovej vody z povrchového odtoku. Košice: TU, SvF, 2015, 162 s. ISBN 978-80-553-2234-6.
- ZELEŇÁKOVÁ, M., HUDÁKOVÁ, G., TOMETZ, L. 2015. Význam hydrogeologického prieskumu pre infiltráciu dažďových vôd. In: Městské vody 2015. Brno : ARDEC, 2015. p. 229-238. ISBN 978-80-86080-81-5
- HUDÁKOVÁ, G., ZELEŇÁKOVÁ, M., TOMETZ, L. 2015. Research of rainwater infiltration in Eastern Slovakia. In: SPP Journal of Civil Engineering. 10(2). 2015, s. 39-48. ISSN 1336-9024

O VODE, ČO SA MENÍ NA KAMENĽ

doc. RNDr. Peter PRISTAŠ, CSc., Bc. Nikola RADAČOVSKÁ

*Ústav biologických a ekologických vied, Prírodovedecká fakulta UPJŠ, Šrobárova 2, Košice,
peter.pristas@upjs.sk*

Úvod

Voda významným spôsobom prispieva k modelácii zemského povrchu. Voda a rieky vytvárajú korytá, rozrušujú, odnášajú a ukladajú horniny. Naopak odparením vody, alebo zmenou jej chemického zloženia dochádza k vzniku niektorých minerálov či hornín. Takto vznikli ložiská kamennej soli, alebo sylvínu. Podobne sa tvorí sadrovec, vápenec a niektoré železné rudy. Jednou z takýchto usadených hornín je aj travertín. Travertín je druh vápenca, vznikajúceho vyzrážaním zo sladkovodných minerálnych, prípadne termálnych prameňov bohatých na CaCO_3 . Pri výstupe na povrch, znížením teploty, tlaku a stratou voľného CO_2 , sa z vody vylučuje vápenec v podobe travertínu (Pentecost, 2005). Len málo hornín sa môže porovnávať s travertínom v jeho rozsahu tvrdosti, štruktúry, a textúry, pričom aj jeho zdroje vody sú chemicky rozmanité. V dôsledku toho, aktívne naplavované povrchy travertínov často podporujú existenciu prekvapivo bohatých biotopov, ktoré ovplyvňujú formu a štruktúru vznikajúcich usadenín. Napriek reálnemu podrobnému štúdiu nie je jasné, nakoľko sa na vzniku travertínu podieľajú aj živé organizmy. Mikrobiálne spoločenstvá a ekosystémy, či už travertínových prameňov alebo travertínu na aktívnych ložiskách, sú len málo preskúmané, aj keď v niektorých prípadoch sa ukázalo, že travertíny obsahujú veľmi početnú mikrobiálnu populáciu (Pentecost, 2005).

Baktérie sú dobre zastúpené a často dominantné druhy mikroorganizmov v mikroflóre aktívnych travertínov. Okrem fototrofných cyanobaktérií, schopných vyzrážavať uhličitan absorpciou oxidu uhličitého sa tu vyskytujú aj heterotrofné baktérie. Baktérie z travertínových vôd boli doposiaľ klasifikované do 21 taxonomických jednotiek (Fouke, 2003). V odbornej literatúre však doteraz neexistujú jednoznačné dôkazy o participácii heterotrofných baktérií v procese vzniku travertínu.

V našej práci sme sa zamerali na porovnanie autochtónnej mikroflóry vody Gánovského travertínu a travertínového prameňa Sivá Brada s cieľom identifikovať baktérie charakteristické pre travertínové pramene potenciálne sa podieľajúce na vzniku travertínu. Gánovský travertín sa nachádza v južnej časti Popradskej kotliny v oblasti budovanej prevažne paleogénnymi sedimentami centrálnokarpatského flyšu. Výskyt travertínov sa viaže na teplé mineralizované pramene s obsahom oxidu uhličitého. Sivá Brada je travertínová kopa nachádzajúca sa v Hornádskej kotline v nadloží sedimentov centrálnokarpatskej paleogénnej panvy. Výskyt travertínu je dôsledkom výstupu cirkulujúcich podzemných vôd bohatých na CO_2 z podložných druhohorných vápencov v hlbších častiach panvy (Vaškovský, 1977).

Materiál a metódy

Vzorky vody sme odoberali asepticky v priebehu roku 2015. Na mieste odberu boli zistené základné hydrochemické parametre vody. Použitím prístroja Combo HI98129 (Hannah Instruments, USA) sa stanovili teplota, pH, vodivosť a celkový obsah rozpustených solí vo vode. Odobraté vzorky boli transportované v sterilných skúmavkách do laboratória a vysiate do 24 hodín po odbere. Na kultiváciu mikroorganizmov sme použili Nutrient Agar (Becton Dickinson, USA). Platne sme kultivovali po dobu 20 hodín pri izbovej teplote. Vybrané izoláty sme rekultivovali na tom istom médiu a stanovili sme ich základné mikrobiologické charakteristiky (Gramovo farbenie, prítomnosť katalázy, cytochrómoxidázy, optimálna rastová teplota, vplyv NaCl na rast).

Vybrané izoláty sme identifikovali pomocou MALDI-TOF analýzy na prístroji MALDI Biotyper firmy Bruker Daltonics (USA). MALDI-TOF (Matrix-assisted laser desorption/ionisation-time of flight) je založená na hmotnostnej spektroskopii abundančných proteínov bakteriálnych buniek. podľa špecifikácie výrobcu (Bruker Daltonics, USA). Čerstvo narastené bakteriálne kolónie sme rozsuspendovali v 300 μl sterilnej destilovanej vode bez RNázy. Po dôkladnom premiešaní sme

k bakteriálnej suspenzii pridali 900 μl etanolu a opäť dôkladne premiešali pipetovaním a centrifugovali (12 000 r.p.m., 25 °C, 2 min). Supernatant sme opatrne odstránili a zvyškový etanol nechali odpariť v termostate pri 37 °C. Na základe veľkosti peletu sme pridávali 20 – 50 μl 70% kyseliny mravčej a acetonitrilu v pomere 1:1. Po dôkladnom rozsuspendovaní peletu sme celú zmes centrifugovali (12 000 r.p.m., 25 °C, 2 min). Následne sme 1 μl supernatantu z každej vzorky naniesli na tzv. MALDI doštičku a nechali uschnúť pri laboratornej teplote. Po uschnutí sme každú vzorku prekryli MALDI matricou (kyselina α -kyano-4 hydroxy škoricová) a opäť nechali vysušiť pri laboratornej teplote. Proteínové profily boli zaznamenané pomocou systému Bruker Microflex LT MALDI-TOF MS a odvodené ako priemery 250 spektier a analyzované pomocou softvéru Biotyper (verzia 2.0), v automatickom režime. Analýza bola vykonaná oproti Bruker databáze (verzia 3.0) bez intervencie užívateľa (Bruker Daltonik GmbH, Lipsko, Nemecko).

Výsledky a diskusia

V priebehu roku 2015 sme analyzovali zloženie autochtónnej mikroflóry vody Gánovského travertínu a travertínového prameňa Sivá Brada. V pravidelných odberoch sme odoberali vzorky z oboch prameňov (Tab.1., Tab.2.). V zhode s literárnymi údajmi (Hensel, 1951) voda z travertínového prameňa Sivá Brada mala vyšší obsah solí, ale mierne nižšiu teplotu. V priebehu celého obdobia vykazovali obidva pramene len minimálnu variabilitu vo vlastnostiach vody.

Tab.1. Základné charakteristiky vody travertínového prameňa Gánovce

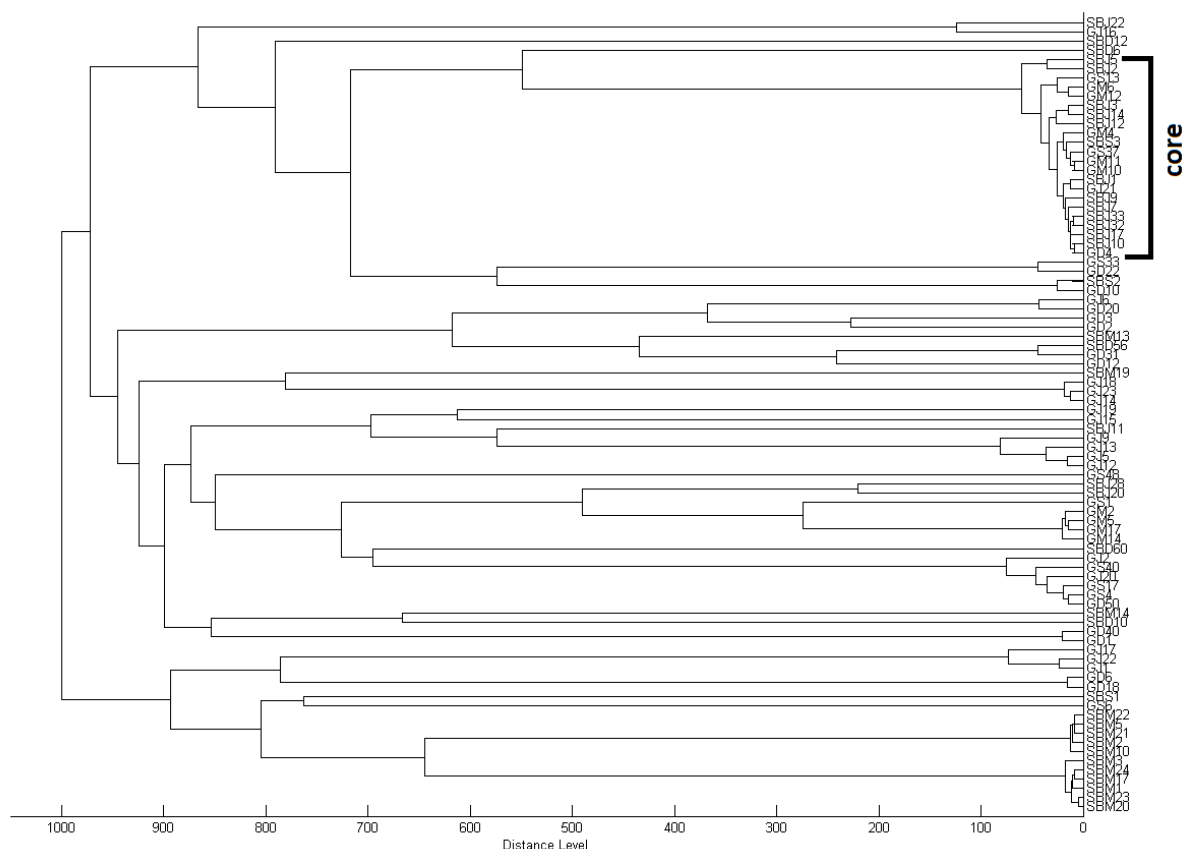
Dátum odberu	17.03.2015	7.06.2015	3.09.2015	10.12.2015
Teplota (°C)	20,2	23,1	22,8	22
pH	6,43	6,34	6,3	6,36
Celkový obsah solí (ppm)	1800	1770	1817	1795
Vodivosť (μS)	3593	3552	3619	3555
Početnosť kultivovateľných baktérií (KTJ/ml)	85	115	196	225

Tab.2. Základné charakteristiky vody travertínového prameňa Sivá Brada

Dátum odberu	17.03.2015	7.06.2015	3.09.2015	10.12.2015
Teplota (°C)	15,1	15,6	16	13,3
pH	6,6	6,55	6,65	6,65
Celkový obsah solí (ppm)	>2000	>2000	>2000	>2000
Vodivosť (μS)	>4000	>4000	>4000	>4000
Početnosť kultivovateľných baktérií (KTJ/ml)	120	165	15	85

Gravimetricky (Pitter, 1998) sme stanovili celkový obsah rozpustených solí na 2,7 (Gánovce) a 5,0 g/l (Sivá Brada) a teda obe vody sú vysoko mineralizované. Bakteriálna populácia oboch prameňov naopak vykazovala relatívne vyššiu variabilitu, keď početnosť kultivovateľných baktérií kolísala od 85 do 225 KTJ/ml vo vode Gánovského travertínu a od 15 do 165 KTJ/ml vo vode prameňa Sivá Brada. Relatívne nízka početnosť kultivovateľných baktérií zodpovedá oligotrofnému statusu týchto vôd (Morita, 1997). V obidvoch vzorkách dominovali mezofilné gram-negatívne baktérie. Kým vo vode Gánovského travertínu sa prakticky nevyskytovali halotolerantné izoláty, pravdepodobne v súvislosti s vyšším obsahom solí vo vode travertínového prameňa Sivá Brada sa v tomto prameni vyskytovali halotolerantné izoláty s frekvenciou približne 50%.

S použitím MALDI-TOF analýzy sme identifikovali vybrané izoláty z oboch prameňov. Hmotnostná spektrometria MALDI-TOF je v mikrobiológii široko využívaná metóda pre identifikáciu baktérií. Je založená na porovnaní proteínových profilov s databázou známych profilov a jej úspešnosť pri environmentálnych izolátoch nie je zvyčajne vysoká (Kopčáková, 2014). V našich experimentoch sa úspešnosť identifikácie pohybovala od 12 do 94% v prípade vody Gánovského travertínu a od 33 do 100% v prípade vody travertínového prameňa Sivá Brada. Na základe MALDI-TOF analýzy sme študované izoláty rozdelili do celkovo 29 rôznych MALDI skupín. Vo vode Gánovského travertínu sme identifikovali baktérie patriace do rodov *Aeromonas*, *Pseudomonas*, *Butauxiella*, *Shewanella*, *Serratia*, *Bacillus*, *Lactobacillus*. Vo vode travertínového prameňa Sivá Brada sme identifikovali baktérie patriace do rodov *Aeromonas*, *Rhodococcus*, *Sphingomonas*, *Shewanella*, *Kocuria*, *Enterobacter*, *Staphylococcus*. Vo väčšine prípadov ide o baktérie bežne sa vyskytujúce v sladkých vodách (Alexopoulos, 2013).



- **Obr. 1.** Porovnanie MALDI-TOF profilov izolátov z vody Gánovského travertínu (G) a travertínového prameňa Sivá Brada (SB)

Kým prevažná väčšina izolátov je špecifická pre ten ktorý prameň, prípadne čas odberu, približne štvrtina izolátov (označená ako core v Obr. 1) bola spoločná pre oba študované pramene a všetky časy odberu. Táto skupina je tvorená izolátmi patriacimi do rodu *Aeromonas*, vykazujúcimi najvyššiu podobnosť k druhu *A. hydrophila*. Stabilný výskyt tejto populácie baktérií zrejme súvisí s relatívne nemennými fyzikálno-chemickými charakteristikami vôd, ktorými sú travertíny tvorené. Baktérie druhu *A. hydrophila* sú heterotrofné, gram-negatívne baktérie nachádzajúce sa v sladkých alebo brakických vodách v oblastiach s miernou klímou (Hazen, 1978). Aj keď ich prítomnosť v travertínových vodách už bola detegovaná (Fouke, 2003), vlastnosti tohto druhu nenasvedčujú, že by sa mal podieľať na vzniku travertínu. Podiel heterotrofných baktérií na procese vzniku travertínu tak zostáva otvorený.

Záver

Analýza heterotrofnej mikroflóry vody Gánovského travertínu a prameňa Sivá Brada ukázala, že v týchto vodách sa kultivovateľné baktérie vyskytujú s početnosťou približne 125 KTJ/ml. Pomocou MALDI TOF analýzy sme v tejto populácii mikroorganizmov detegovali prítomnosť minimálne 29 taxónov. Dominantnými druhmi v tomto prostredí boli gram-negatívne baktérie patriace ku gama-proteobaktériam. Väčšina identifikovaných taxónov bola špecifická pre prameň a čas odberu, približne štvrtina izolátov, reprezentovaná druhom *Aeromonas hydrophila*, bola spoločná pre oba študované pramene a všetky časy odberu.

Literatúra

- ALEXOPOULOS, A., PLESSAS, S., BEZITZOGLOUT, E. Water Microbial Ecology. An Overview. EOLSS, Orestiada, Greece 2013
- FOUKE, B.W., BONHEYO, G.T., SANZENBACHE, B.L., FRIAS-LOPEZ, J. Partitioning of bacterial communities between travertine depositional facies at Mammoth Hot Springs, Yellowstone National Park, USA. Canadian Journal of Earth Sciences 40, 2003, NRC Canada, s. 1531–1548
- HAZEN, T.C., FLIERMANS, C.B., HIRSCH, R.P., ESCH, G.W. Prevalence and distribution of *Aeromonas hydrophila* in the United States. Applied and Environmental Microbiology 36, 1978, s. 5731-738
- HENSEL, J. Balneografia Slovenska. Vydateľstvo Slovenskej akadémie vied, Bratislava 1951. 456 s.
- KOPCAKOVA, A., STRAMOVA, Z., KVASNOVA, S., GODANY, A., PERHACOVA, Z., PRISTAS, P. Need for database extension for reliable identification of bacteria from extreme environments using MALDI TOF mass spectrometry. Chemical Papers 68, 2014, s. 1435-1442
- MORITA, R.Y. Bacteria in Oligotrophic Environments. Starvation Lifestyle. Chapman and Hall, New York 1997. 529 s. ISBN 04-1210-6612
- PENTECOST, A. Travertine. Springer – Verlag, Berlin Heidelberg 2005. 149 s. ISBN 1-4020-3523-3
- PITTER, P. Výpočet celkovej mineralizácie a jej význam v hydrochemii. Chemické listy 92, 1998, s. 772 - 776
- VAŠKOVSKÝ, I. Kvartér Slovenska. Geologický ústav Dionýza Štúra. Bratislava 1977, 247 s.

LYZIMETRICKÁ STANICA V PETROVCIACH NAD LABORCOM

RNDr. Andrej TALL, PhD., Ing. Dana PAVELKOVÁ, PhD.

Ústav hydrológie SAV, VHZ Michalovce

Úvod

V posledných rokoch na Slovensku rastie záujem o využívanie lyzimetrickeho výskumu aj vďaka čerpaniu prostriedkov z EÚ. V krátkom čase boli na Slovensku vybudované tri moderné lyzimetrické stanice, z ktorých každá je svojim spôsobom unikátna.

Jednou z nich je lyzimetrická stanica Výskumnej hydrologickej základne Ústavu hydrológie SAV v Petrovciach n/Laborcom. Stanica má 5 vážiteľných lyzimetrov určených na hydrologický výskum. Je jedinečná výškou monolitov 2,5 m, veľmi bohatým inštrumentačným vybavením a s možnosťou regulácie výšky hladiny podzemnej vody v saturovanej zóne lyzimetrov.

Stanica sa nachádza na Východoslovenskej nížine (VSN), cca 5 km severne od mesta Michalovce (N48° 47.540'; E21° 53.175'; 117 m n.m.) (obr. 1). S výstavbou lyzimetrickej stanice sa začalo v marci 2014 a v jarných mesiacoch roku 2015 bola uvedená do prevádzky.



Obr. 1. Lokalizácia lyzimetrickej stanice a situácia odberov pôdnych monolitov na VSN.

Popis lyzimetrickej stanice

Lyzimetrická stanica v Petrovciach nad Laborcom (obr. 2) pozostáva z piatich lyzimetrov, ktoré sú uložené v dvoch v zemi uložených plastových kontajneroch. Prvý kontajner (Station 1) obsahuje dva lyzimetre a druhý kontajner (Station 2) obsahuje tri lyzimetre. Samotné lyzimetre majú tvar valca s priemerom 1.128 m a výškou 2.5 m (plocha na povrchu: 1 m²; objem valca: 2.5 m³). Dno každého lyzimetra je vybavené trojstupňovým pieskovo – štrkovým filtrom o mocnosti 15 cm.

Všetky lyzimetre sú osadené na trojbodovom váhovom systéme (obr. 3 vľavo), s citlivosťou váženia 0.01 kg (každý lyzimeter má hmotnosť cca 5000-5300 kg).

Lyzimetre disponujú reguláciou hladiny podzemnej vody (HPV). V každom lyzimetri je možné nezávisle udžiavať zvolenú úroveň HPV. Ako zdroj vody slúži vybudovaný 6 m hlboký hydrologický vrt, ktorý je súčasťou stanice (obr. 3 vpravo). Do tohto vrtu sa zároveň aj odčerpáva prebytočná voda z lyzimetrov.



Obr. 2. Lyzimetrická stanica v Petrovciach n/Laborcom



Obr. 3. Váhový systém lyzimetra a hydrologický vrt

Päť pôdných monolitov, s rôznymi pôdnymi druhmi, vybranými na základe hydropedologického prieskumu, bolo odobraných v troch lokalitách na Východoslovenskej nížine, dva odbery boli v lokalite Poľany (P1 a P2), ďalšie dva v lokalite Vysoká nad Uhom (V1 a V2) a jeden odber v lokalite Senné (S) (obr. 1 vpravo) Vo všetkých piatich lyzimetoch bola v jari 2015 vysiatá tráva, ktorá je udržiavaná na výšku 12 cm podľa štandardov FAO (FAO, 1990).

V každom z piatich pôdných monolitov je umiestnených 22 ks UMP senzorov (meranie vlhkosti, teploty a elektrickej vodivosti pôdy), šesť tenziometrov a tri odsávacie sondy na odber pôdnej vody (obr7.) V bezprostrednej blízkosti lyzimetov je navyše umiestnených šesť externých tenziometrov v pôvodnom pôdnom prostredí.

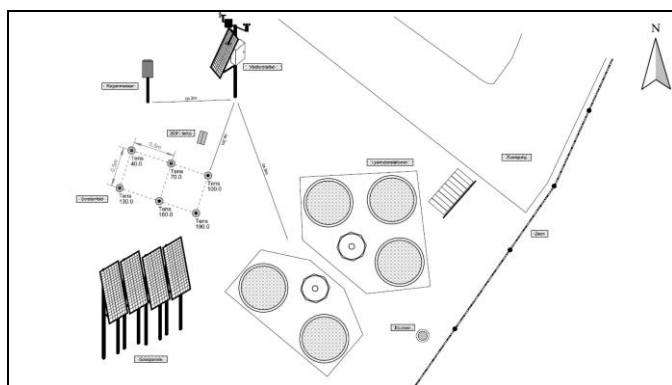


Obr. 4. Lyzimetrické valce s osadenými senzormi a pohľad do vnútra kontajneru s lyzimetrami.

Na obr. 4 sú lyzimetrické valce s osadenými senzormi a pohľad do vnútra kontajneru s osadenými lyzimetrami (Station 2).

Prevádzka celej lyzimetrickej stanice je zabezpečená solárnou energiou (akumulátory sú dobíjané pomocou solárnych panelov).

Súčasťou lyzimetrickej stanice je aj automatická komplexná meteorologická stanica (obr. 5 vpravo), ktorá monitoruje všetky parametre vonkajšieho prostredia. Meria relatívnu vlhkosť vzduchu, rýchlosť a smer vetra, globálne žiarenie, teplotu vzduchu (v 2 m a na povrchu pôdy) a úhrn zrážok. Schéma celej stanice je na obr. 5.



Obr. 5. Schématický náčrt lyzimetrickej stanice (vľavo) a meteorologická stanica (vpravo).

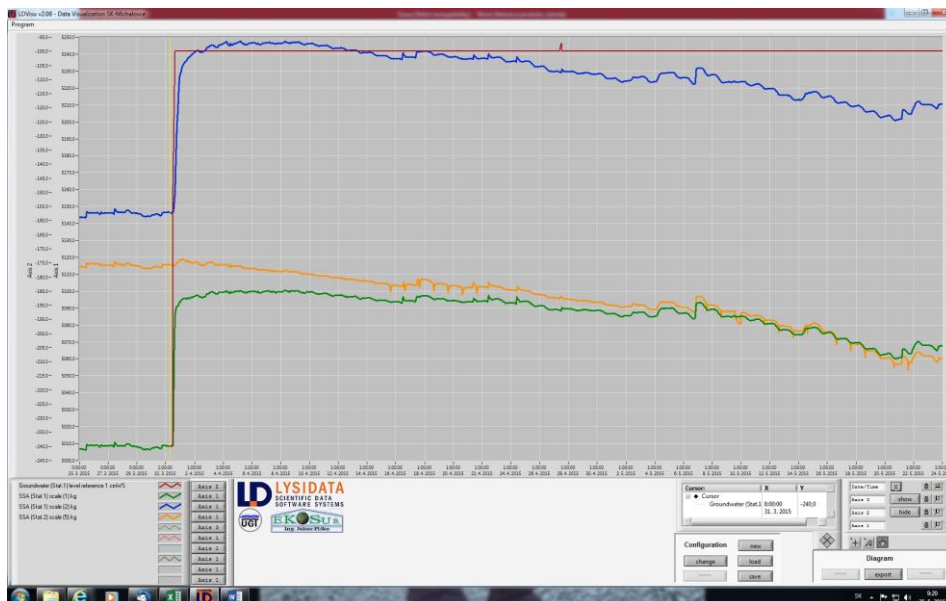
Ukážky dátových výstupov z lyzimetrickej stanice

Všetky namerané údaje z lyzimetrickej stanice sú automaticky ukladané datalogrov a odtiaľ sú rádiovou prenosom prenášané do databázy na server. Na prezeranie a export týchto údajov slúži špecializovaná aplikácia. Pomocou tejto aplikácie je možné v ľubovoľne zvolenom časovom intervale graficky zobrazíť priebeh akéhokoľvek meraného ukazovateľa (príklady sú na obrázkoch 6.-9.). Týchto ukazovateľov je v prípade celej lyzimetrickej stanice 405. Na obr.6. je príklad výstupu z meteorologickej stanice.



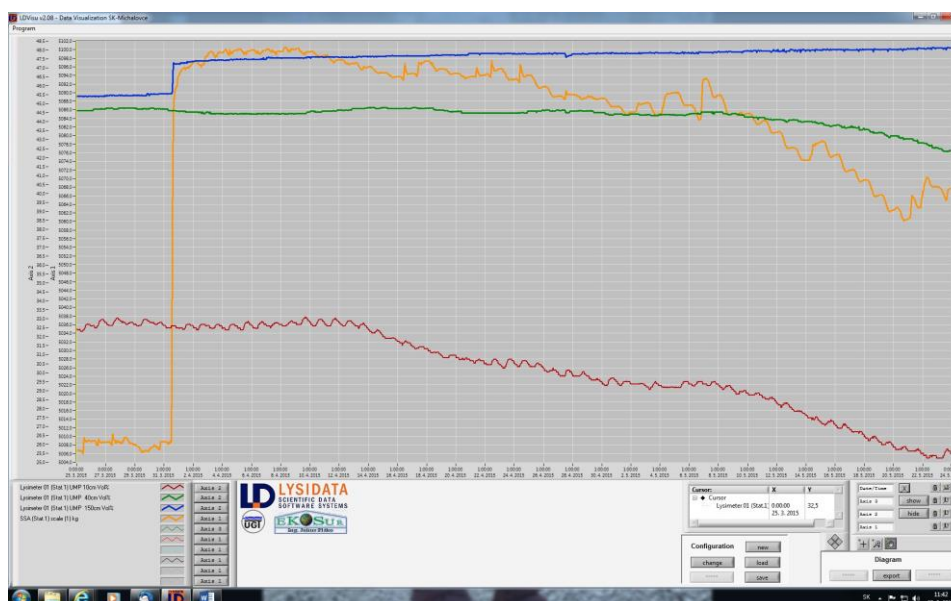
Obr. 6. Ukážka dátových výstupov (globálne žiarenie (žltá), teplota vzduchu (červená), úhrny zrážok (modrá))

Na obr. 7. je príklad výstupu nameraných hmotností lyzimetrov. Zachytená je konkrétna udalosť, keď dňa 31.3.2015 bola nastavená nová úroveň HPV v lyzimetroch V1 (zelená) a V2 (modrá) v kontajneri 1. HPV bola zdvihnutá o 1.4 m (z úrovne -240 cm na -100 cm). Na obrázku je zreteľná reakcia nárastu hmotností lyzimetrov na zdvih HPV. Pre porovnanie je zobrazená aj hmotnosť lyzimetra 5 v kontajneri 2, kde nedošlo k zmene HPV (oranžová).



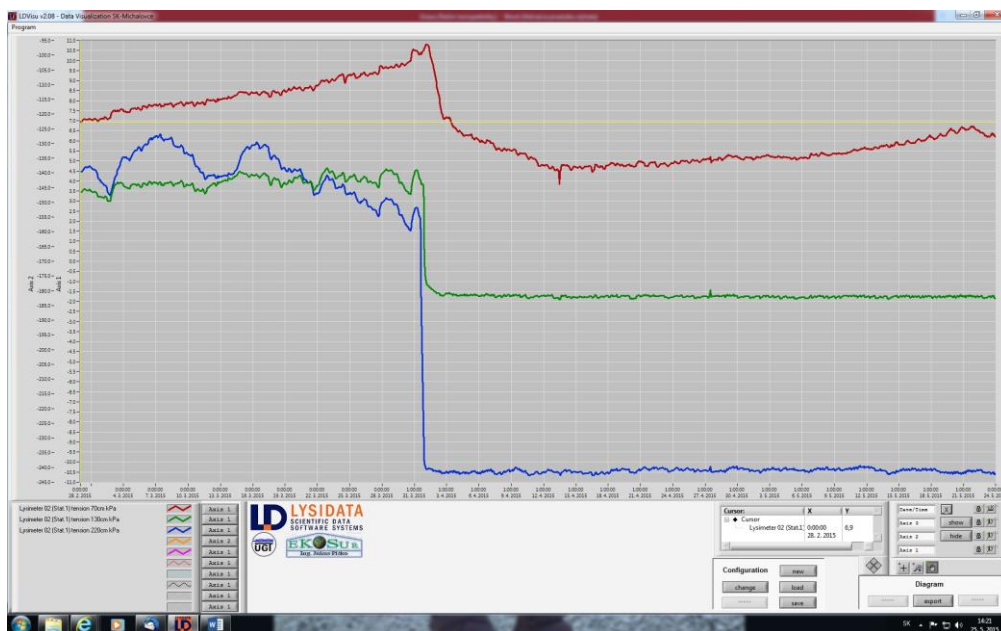
Obr. 7. Ukážka dátových výstupov (hmotnosti lyzimetrov: V1 (zelená), V2 (modrá), 5 (oranžová) a referenčná úroveň HPV (červená)).

Rovnaká udalosť je zachytená aj na ďalšom obr. 8. Okrem hmotnosti lyzimetra V1 (oranžová) sú vynesené aj objemové vlhkosti pôdy v rôznych hĺbkach. Vlhkosť v hĺbke -150 cm (modrá) po vzostupe HPV skokovo vzrástla na stabilnú úroveň. Je to reakcia na to, že vlhkosťný senzor sa dostal pod hladinu HPV. Vlhkosťné senzory v hĺbkach -40 cm (zelená) a -10 cm (červená) detekovali vlhkosť v zóne aerácie. Nakoľko uvedené obdobie bolo bezsrážkové, tak došlo aj k postupnému vysušovaniu zóny aerácie, čo je viditeľné aj na poklese hmotnosti lyzimetra. V povrchovej vrstve -10 cm je navyše badateľná aj denná zmena vlhkosti medzi dennými a nočnými hodinami.



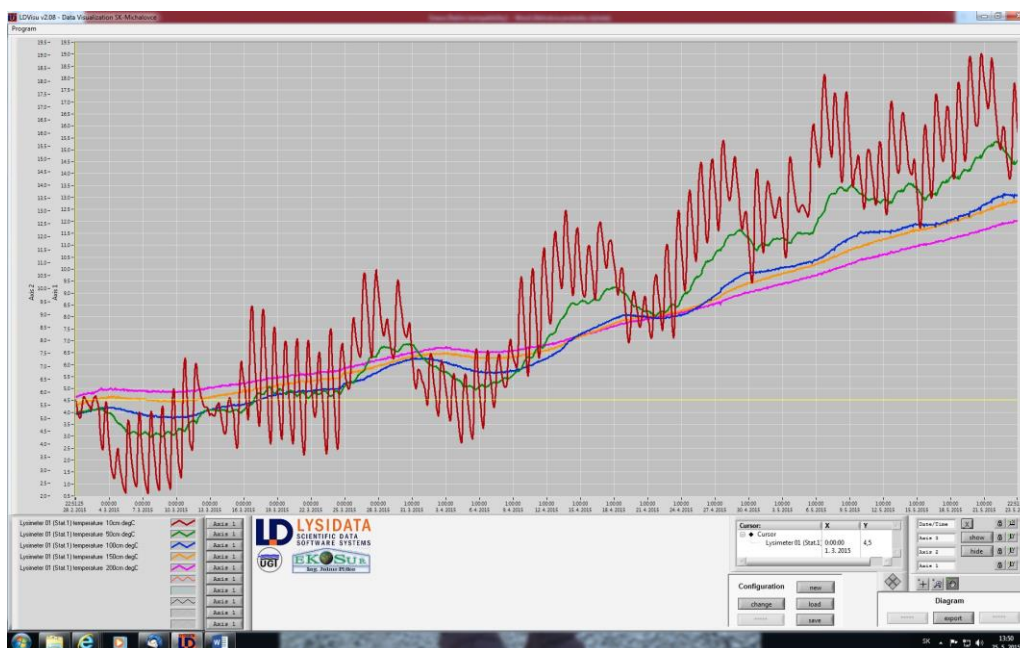
Obr. 8. Ukážka dátových výstupov (hmotnosť lyzimetra V1 (oranžová) a objemová vlhkosť v hĺbkach -10 cm (červená), -40 cm (zelená) a -150 cm (modrá))

Obr. 9. zachytáva vplyv zdvihu HPV v lyzimetri V1 z pohľadu tlakov meraných tenziometrami. Zobrazené sú hodnoty tlakov v hĺbkach -70 cm (červená), -130 cm (zelená) a -220 cm (modrá). Pred zdvihom HPV z -240 cm na -100 cm dňa 31.3.2015 merali všetky tri tenziometre sací „podtlak“ pôdy. Po zdvihom HPV sa dostali spodné dva tenziometre pod vodu a začali merať „pretlak“, ktorý je pri stabilizovanej HPV takisto stabilný. Jedine najvrchnejší tenziometer zostal v zóne aerácie pôdy, kde má následne stúpajúcu tendenciu, čo korešponduje s vysušovaním pôdy v uvedenej vrstve.

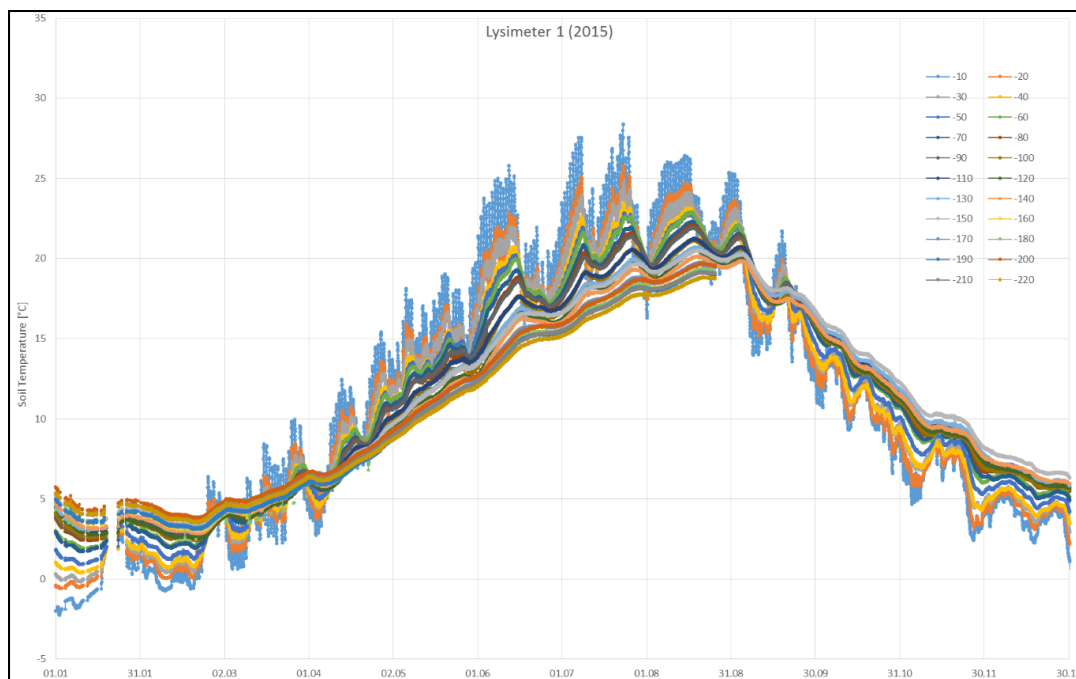


Obr. 9. Ukážka dátových výstupov (sacie tlaky pôdy v lyzimetri VD1 merané tenziometrami v rôznych hĺbkach)

Na ďalších obrázkoch 10 a 11 sú vynesené teploty pôdy v lyzimetri V1 v rôznych hĺbkach. Na obr.10 je zobrazené obdobie jarného otepľovania od začiatku marca do druhej polovice mája 2015. Zobrazené sú teploty pôdy v hĺbke -10 cm (červená), -50 cm (zelená), -100 cm (modrá), -150 cm (oranžová) a -200 cm (ružová). Na obr. 11 je priebeh teplôt počas celého roka 2015 v hodinových intervaloch. Viditeľné je „vyhladzovanie“ teplotných výkyvov smerom do hĺbky.



Obr. 10. Ukážka dátových výstupov (teplota pôdy v lyzimetri V1 v rôznych hĺbkach)



Obr. 11. Ukážka dátových výstupov (priebeh teplôt počas celého roka 2015 v lysimetri V1 v rôznych hĺbkach od 0-220cm)

Podakovanie

Tento príspevok je výsledkom realizácie projektu: Dobudovanie infraštruktúry hydrologických výskumných staníc, ITMS kód 26210120009; podporovaný výskumným a vývojovým operačným programom financovaným z ERDF.



Podporujeme výskumné aktivity na Slovensku/Projekt je spolufinancovaný zo zdrojov EÚ.

Literatúra

FAO. Annex V: FAO Penman-Monteith formula. In Report from the Expert Consultation on revision of FAO methodologies for crop water requirements, Rome, Italy, 28-31 May 1990.

PROJEKT APVV-0163-11 „ANALÝZA VLASTNOSTÍ PŮDY A VÝVOJA KRAJINY V NEPRAVIDELNE ZAPLAVOVANÝCH ÚZEMIACH“

RNDr. Dana KOTOROVÁ, PhD.¹, Ing. Ladislav KOVÁČ, PhD.¹,
Ing. Božena ŠOLTYSOVÁ, PhD.¹, Ing. Jana JAKUBOVÁ¹, Ing. Pavol BALLA, PhD.¹

¹Národné poľnohospodárske a potravinárske centrum – Výskumný ústav agroekológie, Špitálska 1273, 071 01 Michalovce, E-mail: kotorova@minet.sk

Úvod

Dosiahnutie udržateľnej poľnohospodárskej krajiny je závislé predovšetkým od rovnováhy medzi obrábanymi poľami, lesmi a trvalými trávnymi porastmi. Manažment agroekosystémov na území ohrozenom záplavami je potrebné vykonávať s ohľadom na ekosystémy zastúpené v krajine a nie samostatne, a to z dôvodov vzájomných tokov medzi jednotlivými súčasťami krajiny. Problém záplav sa objavuje v krajine oddávna. Záplavy sú vtedy, keď vodné toky nie sú upravené, alebo je nevyhovujúci odtok dažďových zrážok z krajiny. Keďže vodné toky v nížinných oblastiach zvyčajne pretekajú poľnohospodárskou krajinou, ktorá je zároveň aj intenzívne využívaná, záplavy tak spôsobujú nemalé škody. Záplavy poľnohospodársky využívanej pôdy sú nebezpečné i škodlivé hlavne vtedy, ak trvajú dlhšiu dobu. V takýchto prípadoch sa mení vodný a vzdušný režim pôdy, jej štruktúra a vlastnosti. Výsledkom je znížená úrodnosť pôdy, čo sa prejavuje nielen v retardácii rastu a vývoja poľných plodín, ale aj v zhoršení kvality výslednej produkcie.

Pôdne pomery Východoslovenskej nížiny (VSN) zodpovedajú zložitým geologickým pomerom, ktoré spôsobujú veľkú pôdnu heterogenitu. Podľa údajov zistených NPPC – Výskumným ústavom pôdoznanectva a ochrany pôdy sa z hľadiska zrnitosti zloženia na území VSN vyskytuje 3,2 % ľahkých pôd, 54,1 % stredne ťažkých pôd, 22,1 % ťažkých pôd a 20,6 % veľmi ťažkých pôd, pričom sa jednotlivé pôdne druhy striedajú na veľmi krátkych vzdialenostiach.

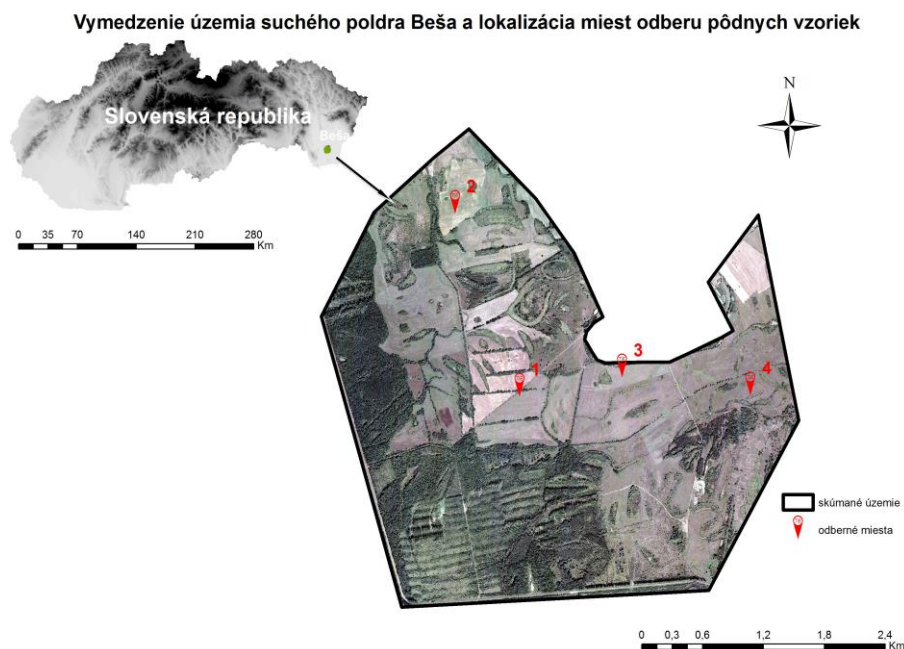
V posledných desaťročiach sa na VSN záplavy vyskytujú stále častejšie. Súvisí to jednak s priebehom poveternostných podmienok v jarných mesiacoch, jednak s vysokou schopnosťou ťažkých pôd zadržiavať vodu. Zaplavovanie územia spôsobuje nielen negatívne zmeny pôdnych vlastností vytváraním nepriaznivého pomeru vody a vzduchu v pôdnom profile, ale tiež mení charakter agroekosystémov. Šútor s Rehákom (2009) poukazujú na to, že poznanie pôdnej fyziky je úplné len vtedy, keď sa zaoberá aj jej vplyvom na rast vegetácie a degradáciu pôdy. Suché poldre na Východoslovenskej nížine (VSN) boli vybudované na zachytávanie veľkých vôd na Medzibodroží. Napúšťajú sa výlučne len pri mimoriadnych povodňových situáciách, keď hrozí nedodržanie dohody s Maďarskou republikou o maximálnom prietoku a hladine Bodrogu v Strede nad Bodrogom. Pri poklese hladiny vody v Laborci sa poldre vypúšťajú a po vyschnutí poldra sa môžu pôvodne zaplavené pozemky obrábať. Suchý polder Beša je nepravidelne zaplavované územie nachádzajúce sa v juhovýchodnej časti VSN pri obci Beša a svojou rozlohou 1 568 ha a retenčnou kapacitou 53 mil. m³ vody je druhým najväčším suchým poldrom v strednej Európe (Kolesárová – Mydla, 2014). Polder Beša zasahuje do katastrálnych území troch obcí, a to do katastrálneho územia obce Oborín, do katastrálneho územia obce Ižkovce a do katastrálneho územia obce Beša. Od uvedenia poldra Beša do prevádzky v roku 1965 bol doteraz napustený 7-krát, naposledy v roku 2010. Najviac retenčného objemu poldra sa využilo v roku 1974 (83,02 %) a v roku 2000 (78,11 %).

Územie suchého poldra Beša predstavuje krajinný priestor zložený z rôznych ekosystémov (lesy, prirodzené lúky a pasienky, vodné ekosystémy, agroekosystémy), ktoré sa vyznačujú vysokým stupňom biodiverzity. Z celkovej rozlohy poľnohospodárska pôda má výmeru 784,46 ha, čo predstavuje 50,03 %. Ako orná pôda sa využívajú okrajové vyvýšené hony s výmerou 146,05 ha a na výmere 638,41 ha (81,38 % p. p.) sa nachádzajú trvalé trávne porasty. Na zostávajúcej výmere sa nachádzajú porasty lužných lesov, remízky stromov a kríkov, rôzne depresné poľnohospodársky nevyužiteľné plochy, stojaté vodné plochy v rôznych častiach poldra, močiare, kanály, poľné cesty (Kotorová et al., 2009).

Jedinečné krajinné územie poldra Beša sa stalo v ostatných rokoch predmetom skúmania ako pedológov, hydrológov, agronómov, tak aj krajinných ekológov a environmentalistov. Cieľom projektu APVV-0163-11 bolo kvantifikovanie zmien vybraných vlastností pôdy v poldri Beša, determinovanie agroekosystémov na území poldra a zmien krajinnej štruktúry vplyvom jeho napustenia.

Materiál a metódy

V rokoch 2007 – 2009 sa na území poldra Beša riešil projekt APVV-0477-06 „Kvantifikácia mimoprodukčných funkcií pôdy a krajiny v suchom poldri Beša“ s cieľom zaznamenať zmeny vo vývoji pôdnych vlastností a druhotnej krajinnej štruktúry. V roku 2010 bola na území Východoslovenskej nížiny mimoriadna povodňová situácia, a tak bol polder Beša opätovne napustený. Napustením poldra tak vznikol predpoklad možných zmien nielen pôdnych vlastností, ale aj krajinných prvkov. Z týchto dôvodov sa od roku 2012 riešil projekt „Analýza vlastností pôdy a vývoja krajiny v nepravidelne zaplavovaných územiach“, ktorým sa nadviazalo na projekt riešený v rokoch 2007 – 2009. Riešenie tohto projektu bolo ukončené v decembri 2015. Zaujímavé územie poldra je znázornené na obr. 1.



Obr. 1 Suchý polder Beša

Základné ciele projektu APVV-0163-11 boli nasledovné: 1. analýza zmien vlastností pôdneho prostredia po zaplavení poldra kvantifikáciou fyzikálnych, chemických a biologických indikátorov pôdy; 2. impakt zaplavenia územia na zásobu vody v pôde a predikcia možného zaplavenia územia matematickou simuláciou; 3. determinácia vplyvu zaplavenia územia na zloženie trávnych ekosystémov a spôsob ich využívania; 4. analýza súčasného využívania záujmového územia a predikcia ďalšieho vývoja územia v kontexte s jeho nepravidelným zaplavovaním. Riešenie projektu smerujúce k naplneniu cieľov projektu postupovalo v zmysle odborného zamerania a časového rozdelenia v štyroch vecných etapách.

Pôdne vzorky pre zistenie základných pôdnych indikátorov boli odobraté zo štyroch pôdnych profilov (1. profil – 4. profil) z hĺbky 0,0 – 0,6 m po 0,2 m, ktoré sú zaznamenané na obr. 1. V odobratých vzorkách boli známymi metódami (Hrivňáková et al., 2011) stanovené nasledovné parametre: obsah ílovitých častíc (zrnitostné zloženie, %), objemová hmotnosť (ρ_d , $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$), celková pórovitosť (P_c , %),

maximálna kapilárna vodná kapacita (θ_{MKK} , %), pôdna reakcia (pH/KCl), obsah pôdneho organického uhlíka (C_{ox} , g.kg⁻¹), obsah prístupných živín (P, K, Ca, Mg, mg.kg⁻¹).

V poldri Beša sa hodnotili zmeny vo floristickom zložení trvalých trávnych porastov (TTP) a monitoroval sa spôsob ich využívania. Floristické zloženie TTP bolo hodnotené metódou redukovanej projektívnej dominancie (Braun-Blanquet, 1964). Areál poldra sa vyznačuje značnou heterogenitou, ktorá v spojení s jeho rozsiahlou výmerou komplikovala výskum, a preto bolo územie poldra už v začiatkových fázach terénnych prieskumov rozdelené do štyroch pomerne kompatibilných častí – na severnú, centrálnu, južnú a východnú.

Výsledky a diskusia

Pre pôdy Východoslovenskej nížiny je charakteristický vysoký obsah ílovitých častíc, čo spôsobuje slabú priepustnosť takýchto pôd pre vodu v celom profile. Ílovité podložie, ako prirodzená zábrana, sa využíva práve pri projektovaní vodných nádrží a poldrov. V tab. 1 sú uvedené priemerné obsahy ílovitých častíc (obsah zŕn s priemerom <0,01 mm) v štyroch pôdnych profiloch.

Tab.1. Priemerný obsah ílovitých častíc [%] v pôdnych profiloch poldra Beša

Pôdny profil	Rok							Pôdny druh – pôda
	2009	2012	2013	2014	2015	\bar{x} (2012 - 2015)	Δ (\bar{x} (2012 - 2015) - 2009)	
1.	23,89	24,88	25,40	22,21	24,16	24,11	+0,22	piesočnato-hlinitá
2.	53,43	53,91	58,85	56,09	56,29	55,71	+2,28	ílovito-hlinitá
3.	67,02	67,76	70,62	68,31	68,90	68,52	+1,50	ílovitá
4.	76,50	78,05	75,70	77,41	77,58	77,05	+0,55	íl

kde: \bar{x} (2012-2015) – priemer za roky 2012 – 2015; Δ – rozdiel hodnôt

Údaje získané v rokoch po napustení poldra boli porovnané s rokom 2009. V porovnaní s rokom 2009 sa v rokoch 2012, 2013, 2014 a 2015 nezistili významné zmeny v obsahu ílovitých častíc. Zistené odchýlky súvisia viac s priestorovou heterogenitou územia, pretože zaradenie pôdy experimentálnych pôdnych profilov k pôdnym druhom sa oproti roku 2009 nezmenilo. Zistené odchýlky súvisia viac s priestorovou heterogenitou územia, než s napustením poldra v roku 2010 a prípadným následným vplyvom na zmenu zrnitosti zloženia.

Objemová hmotnosť pôdy sa v jednotlivých pokusných rokoch menila v závislosti od obsahu ílovitých častíc a vody v pôdnom profile (tab. 2.). Počas riešenia v porovnaní s rokom 2009 najvýznamnejšie zníženie objemovej hmotnosti (o 89 kg.m⁻³) sa zistilo v piesočnato-hlinitom 1. profile. V pôdnych profiloch 2. až 4. bola objemová hmotnosť vyššia o 12 – 116 kg.m⁻³. S objemovou hmotnosťou korešpondovala celková pórovitosť. Maximálna kapilárna vodná kapacita dosahovala v profiloch s vyšším obsahom ílovitých častíc hodnoty charakteristické pre takéto pôdy. Najnižšia maximálna kapilárna vodná kapacita bola v profile piesočnato-hlinitej pôdy. Využitelná vodná kapacita sa nachádzala v intervale 8,25 – 26,02 %, čo zodpovedá sledovaným pôdnym druhom. Získané výsledky poukazujú na negatívne zmeny vybraných fyzikálnych indikátorov pôdy v poldri Beša bezprostredne po jeho napustení. V dlhšom časovom intervale po napustení sa fyzikálne parametre zlepšujú – znižuje sa objemová hmotnosť pôdy, zvyšuje sa celková pórovitosť, čo pozitívne vplyva na pôdne chemicko-biologické procesy danej lokality.

K významným indikátorom pôdnej úrodnosti sa zaraďuje obsah pôdnej organickej hmoty a pôdna reakcia. Polder Beša je nepravidelne zaplavované územie a z tohto dôvodu pôda v poldri nie je najvhodnejšia pre poľnohospodárske využívanie. Priemerné hodnoty chemických indikátorov pôdy po jeho napustení v roku 2010 sú uvedené v tab. 3. a 4.

Obsah organického uhlíka v oblasti suchého poldra Beša v rokoch 2012 – 2015 poklesol priemerne o 1,42 g.kg⁻¹ v porovnaní s rokom 2009 (tab. 3.), a teda pokles obsahu organického uhlíka v pôde po zaplavení poldra Beša môže vyústiť do ďalšieho zhoršenia úrodnosti pôdy v danej oblasti.

V rokoch 2012 – 2015 došlo k zvýšeniu pôdnej reakcie na piesočnato-hlinitej pôde priemerne o 0,25, na ílovito-hlinitej pôde priemerne o 0,05, na ílovitej pôde priemerne o 0,19 a na íle priemerne o 0,22. Priemerné hodnoty pôdnej reakcie v rokoch 2012 – 2015 boli vyššie o 0,17 v porovnaní s rokom 2009. Zistené hodnoty výmennej pôdnej reakcie zaraďujú pôdy v poldri medzi extrémne kyslé až slabob kyslé.

Tab. 2. Priemerné fyzikálne a hydrofyzikálne parametre pôdy v suchom poldri Beša

Rok	Pôdny profil					Pôdny profil				
	1.	2.	3.	4.	\bar{x}	1.	2.	3.	4.	\bar{x}
	ρ_d [kg.m ⁻³]					Pc [%]				
2009	1718	1263	1232	1113	1332	34,80	51,71	52,86	58,31	49,42
2012	1751	1279	1354	1205	1397	34,27	51,88	48,96	54,78	47,47
2013	1619	1286	1234	1213	1338	39,21	51,59	53,49	54,49	49,70
2014	1593	1269	1325	1094	1320	40,19	52,25	50,05	58,92	50,35
2015	1551	1266	1365	1405	1397	41,77	52,65	48,58	47,25	47,56
\bar{x} (2012-2015)	1629	1275	1320	1229	1363	38,86	52,09	50,27	53,86	48,77
$\Delta(\bar{x} (2012-2015))-2009$	-89	+12	+88	+116	+31	+4,06	+0,38	-2,59	-4,45	-0,65
	θ_{MKK} [%]					θ_P [%]				
2009	32,55	41,79	47,38	52,33	43,51	22,60	19,53	19,46	20,59	20,55
2012	28,22	45,00	43,09	51,11	41,86	17,85	22,53	14,86	18,58	18,46
2013	32,48	44,05	41,63	49,96	42,03	21,89	19,53	12,21	18,42	18,01
2014	32,34	49,39	41,95	51,99	43,92	23,09	26,02	12,72	19,61	20,36
2015	32,62	43,72	40,64	40,43	39,35	22,56	20,27	12,90	8,25	16,00
\bar{x} (2012-2015)	31,42	45,54	41,83	48,37	41,79	21,35	22,09	13,17	16,22	18,21
$\Delta(\bar{x} (2012-2015))-2009$	-1,13	+3,75	-5,55	-3,96	-1,72	-1,25	+2,56	-6,29	-4,37	-2,34

kde: \bar{x} (2012-2015) – priemer za roky 2012 – 2015; Δ – rozdiel hodnôt; ρ_d – objemová hmotnosť; Pc – celková pórovitosť; θ_{MKK} – maximálna kapilárna vodná kapacita; θ_P – využitelná vodná kapacita

Tab.3. Priemerná pôdna reakcia a obsah organického uhlíka v suchom poldri Beša

Rok	Pôdny profil					Pôdny profil				
	1.	2.	3.	4.	\bar{x}	1.	2.	3.	4.	\bar{x}
	pH/KCl					C _{ox} [g.kg ⁻¹]				
2009	5,27	4,83	4,38	4,24	4,68	6,40	22,12	17,05	24,10	17,42
2012	5,04	4,77	4,76	4,14	4,68	4,67	19,75	12,71	20,26	14,35
2013	5,74	4,79	4,46	4,42	4,85	7,30	19,22	16,84	19,69	15,76
2014	5,80	4,81	4,53	4,42	4,89	7,35	22,16	17,11	22,41	17,26
2015	5,48	5,14	4,52	4,84	5,00	7,11	21,31	17,07	20,94	16,61
\bar{x} (2012-2015)	5,52	4,88	4,57	4,46	4,85	6,61	20,61	15,93	20,83	15,99
$\Delta(\bar{x} (2012-2015))-2009$	0,25	0,05	0,19	0,22	0,17	0,21	-1,51	-1,12	-3,28	-1,42

kde: \bar{x} (2012-2015) – priemer za roky 2012 – 2015; Δ – rozdiel hodnôt; pH/KCl – výmenná pôdna reakcia; C_{ox} – obsah organického uhlíka

Zmeny obsahov prístupného fosforu neboli preukazné (tab. 4.). Priemerný obsah prístupného fosforu v poldri Beša analyzovaný v rokoch 2012 – 2015 bol porovnateľný s rokom 2009. Sledované parcely patria k pôdam s nízkym až vyhovujúcim obsahom prístupného fosforu. Obsah prístupného draslíka v suchom poldri Beša v rokoch 2012 – 2015 poklesol priemerne o 5,9 mg.kg⁻¹ oproti roku 2009. Zistené obsahy prístupného draslíka podľa platných kritérií zodpovedajú vyhovujúcemu až vysokému obsahu. Množstvo prístupného horčíka v rokoch 2012 – 2015 pokleslo priemerne o 9,6 mg.kg⁻¹ v porovnaní s rokom 2009. Podľa platných kritérií uvedené parcely majú nízky až veľmi vysoký obsah prístupného horčíka. Podobne aj obsahy prístupného vápnika v rokoch 2012 – 2015 v poldri Beša poklesli priemerne o 72 mg.kg⁻¹ v porovnaní s rokom 2009. Tomuto zisteniu zodpovedá aj vývoj pôdnej reakcie.

Tab.4. Priemerné obsahy prístupných živín v suchom poldri Beša

Rok	Pôdny profil					Pôdny profil				
	1.	2.	3.	4.	\bar{x}	1.	2.	3.	4.	\bar{x}
	P [mg.kg⁻¹]					K [mg.kg⁻¹]				
2009	43,6	1,1	0,8	1,3	11,7	205,2	154,2	157,7	220,6	184,5
2012	42,5	0,6	1,8	0,6	11,4	196,8	177,5	178,2	172,0	181,1
2013	44,5	2,6	1,2	1,3	12,4	182,3	181,6	142,2	191,3	174,4
2014	41,0	1,4	0,8	0,7	11,0	180,3	182,4	141,6	185,5	172,5
2015	45,5	2,0	0,7	1,0	12,3	208,2	187,3	165,5	184,2	186,3
\bar{x} (2012-2015)	43,4	1,7	1,1	0,9	11,8	191,9	182,2	156,9	183,3	178,6
$\Delta(\bar{x} (2012-2015)) - 2009$	-0,2	0,6	0,3	-0,4	0,1	-13,3	28,0	-0,8	-37,4	-5,9
	Mg [mg.kg⁻¹]					Ca [mg.kg⁻¹]				
2009	93,2	648,2	972,5	1213,8	731,9	1305	3841	6230	6853	4557
2012	99,0	635,3	1043,8	1216,7	748,7	1705	3854	6906	6457	4731
2013	90,2	602,7	990,0	1154,4	709,3	1598	3445	5844	6737	4406
2014	106,1	602,3	1028,8	1114,4	712,9	1595	3606	6193	6408	4450
2015	99,1	637,4	1048,8	1088,7	718,5	1349	3823	6030	6210	4353
\bar{x} (2012-2015)	98,6	619,4	1027,9	1143,6	722,4	1562	3682	6243	6453	4485
$\Delta(\bar{x} (2012-2015)) - 2009$	5,4	-28,8	55,3	-70,2	-9,6	256	-159	13	-400	-72

kde: \bar{x} (2012-2015) – priemer za roky 2012 – 2015; Δ – rozdiel hodnôt; P – prístupný fosfor; K – prístupný draslík; Mg – prístupný horčík; Ca – prístupný vápnik

Trvalé trávne porasty sa v poldri Beša rozkladajú na výmere 638,41 ha, čo predstavuje 81,38 % z poľnohospodárskej pôdy. Pre hodnotenie TTP v poldri je dôležité, že sú to vlhké aluviálne lúky tvorené psiarkovými porastmi patriacimi do fytoecologickej jednotky *Cnidion venosi*, *Alupecurion pratensis* a asociácie *Alopecuretum pratensis*. V tab. 5. je uvedené percentuálne zastúpenie tráv, bôbových rastlín, bylín a prázdnych miest v jednotlivých častiach poldra Beša v rokoch 2012 až 2015. Zistené hodnoty sú vzťahované k roku 2009, teda k roku pred napustením poldra.

Trávna zložka dosahovala v rokoch 2012 – 2015 vo všetkých častiach poldra 85,5 – 96,1 % zastúpenie. V porovnaní s rokom 2009 významné zvýšenie zastúpenia tráv (11,7 %) sa zistilo v centrálnej časti poldra. Najvyššie zastúpenie mala psiarka lúčna (*Alopecurus pratensis* L.), a to 82 – 99 %. Z ostatných tráv bola identifikovaná prítomnosť lipnice stlačenej (*Poa compressa* L.). Bôbovité druhy sa v jednotlivých častiach poldra nachádzali od 1,0 % do 4,5 %, čo bolo nižšie zastúpenie v porovnaní s rokom 2009. Z bôbových sa najčastejšie vyskytovala vika vtáčia (*Vicia cracca* L.), menej ďatelina lúčna (*Trifolium pratense* L.) a ďatelina plazivá (*Trifolium repens* L.). Najvýznamnejšie zníženie zastúpenia bylín, menej až o 9,5 % v porovnaní s rokom 2009, sa zistilo centrálnej časti poldra. V ostatných monitorovaných častiach poldra sa v rokoch 2012 – 2015 identifikovala percentuálna prítomnosť bylín na úrovni roku 2009. Najvýznamnejšie boli zastúpené iskerník plazivý (*Ranunculus repens* L.), púpava lekárska (*Taraxacum officinale* Weber in Wiggers), pichliač roľný (*Cirsium arvense* L. Scop.), lipkavec severný (*Galium boreale* L.), margaréta biela (*Leucanthemum vulgare* Lamk.), vlkovec obyčajný (*Aristolochia clematitis* L.), kukučka lúčna (*Lychnis flos - cuculi* L.), palina obyčajná (*Artemisia vulgaris* L.), lipkavec močiarny (*Galium palustre* L.), pichliač roľný (*Cirsium arvense* L. Scop.) a iskerník plazivý (*Ranunculus repens* L.). Prázdne miesta sa v monitorovanom období nevyskytovali ani v jednej časti poldra.

Vo všetkých sledovaných rokoch sa kosilo len v severnej časti poldra. Z celkovej výmery severnej časti 165,42 ha sa porast pokosil na výmere 91,77 ha. Z pokosenej hmoty sa vyrábalo seno, ktoré sa lisovalo do balíkov a odvážalo z parcely. Na zostávajúcich častiach poldra sa trvalé trávne porasty nevyužívali na výrobu sena, ale celá výmera sa mulčovala a trávna hmota zostávala na pozemkoch.

Záver

Výsledky terénneho prieskumu v rokoch 2012 – 2015 potvrdili vysokú priestorovú heterogenitu pôdy v suchom poldri Beša zistenú v roku 2009. Zaplavenie záujmového územia v roku 2010 prispelo

k zhoršeniu fyzikálnych vlastností pôdy bezprostredne po napustení poldra. Pokles obsahu organického uhlíka v pôde, extrémne až slabo kyslá pôdna reakcia, pokles obsahov prístupných živín po napustení poldra môže vyústiť do ďalšieho zhoršenia úrodnosti pôdy. Na vlhkých aluviálnych lúkach tvoriacich trvalé trávne porasty v poldri prevládajú psiarkové porasty. Zastúpenie bôbovitých rastlín a bylín sa mení aj v závislosti od poveternostných podmienok. V obhospodarovaní TTP prevláda mulčovanie. Primárnou úlohou suchého poldra je eliminácia a zachytávanie veľkých vôd pri mimoriadnych povodňových situáciách, preto je nevyhnutné udržiavanie optimálneho stavu agroekosystémov a prirodzených lúk a pasienkov v poldri.

Tab.5. Floristické hodnotenie porastov TTP v poldri Beša

Časť poldra	Výmera [ha]	Rok	Trávy [%]	Bôbovité [%]	Byliny [%]	Prázdne miesta [%]
Severná	165,42	2009	93,6	4,4	2,0	0
		2012	96,1	1,9	2,0	0
		2013	93,4	2,6	4,0	0
		2014	95,2	2,5	2,3	0
		2015	92,3	3,2	4,5	0
		\bar{x} (2012-2015)	94,1	2,9	3,0	0
		$\Delta(\bar{x} (2012-2015))-2009$	+0,5	-1,5	+1,0	0
Centrálna	124,92	2009	74,8	6,2	19,0	0
		2012	81,8	4,2	14,0	0
		2013	88,0	4,0	8,0	0
		2014	89,4	4,5	6,1	0
		2015	86,7	3,5	9,8	0
		\bar{x} (2012-2015)	86,5	4,1	9,5	0
		$\Delta(\bar{x} (2012-2015))-2009$	+11,7	-2,1	-9,5	0
Južná	218,69	2009	93,1	3,9	3,0	0
		2012	95,5	1,0	3,5	0
		2013	92,5	1,5	6,0	0
		2014	94,4	1,6	4,0	0
		2015	91,0	1,8	7,2	0
		\bar{x} (2012-2015)	93,4	1,5	5,2	0
		$\Delta(\bar{x} (2012-2015))-2009$	+0,3	-2,4	+2,2	0
Východná	129,38	2009	90,0	2,5	7,5	0
		2012	93,0	2,6	4,4	0
		2013	90,5	2,5	7,0	0
		2014	88,0	3,1	8,9	0
		2015	85,5	2,0	12,5	0
		\bar{x} (2012-2015)	89,3	2,6	8,2	0
		$\Delta(\bar{x} (2012-2015))-2009$	-0,7	+0,1	+0,7	0

PodĎakovanie. Táto práca bola podporovaná bola podporovaná Agentúrou pre podporu výskumu a vývoja na základe zmluvy č. APVV-0163-11.

Literatúra

BRAUN-BLANQUET, J. 1964. Pflanzensoziologie. Grúndzuge für vegetationskunde, springerverlag. Wien New York, 864 p.

HRIVŇÁKOVÁ, K. et al. 2011. Jednotné pracovné postupy rozborov pôd. 1. vyd. Bratislava : Výskumný ústav pôdoznanectva a ochrany pôdy, 2011. 136 s. ISBN 978-80-89128-89-1.

KOLESÁROVÁ, E., MYDLA, D. 2014. Účel suchých nádrží vo vodnom hospodárstve v nadväznosti na možnosti využívania pôdy v zátope. In: Faktory ovplyvňujúce využívanie pôdy a krajiny v znevýhodnených oblastiach . Zemplínska širava : NPPC – VÚA Michalovce, 2014, s. 87-92. ISBN 978-80-971644-0-9.

KOTOROVÁ, D. et al. 2009. The spatial variability of physico-chemical properties as a stress factor in a non-regularly overflowed area. In: Cereal Research Communications, 37, 2009, Supplementum, pp. 387-390.

ŠŤOTOR, J., REHÁK, Š. 2009. Problematika vody v zóne aerácie pôdy s ohľadom na integrovaný manažment povodí, súčasnú legislatívu a Smernicu EÚ. In: Acta hydrologica Slovaca, roč. 10, 2009, č. 1, s. 94-108.

REVITALIZÁCIA ODVODŇOVACÍCH KANÁLOV Z POHĽADU OBSAHU PCB V SEDIMENTOCH

RNDr. Igor DANIELOVIČ, PhD.¹, RNDr. Ján HECL, PhD.¹, Ing. Božena ŠOLTYSOVÁ, PhD.¹

¹ Národné poľnohospodárske a potravinárske centrum – Výskumný ústav agroekológie Michalovce, Špitálska 1273, 071 01 Michalovce, E-mail: danielovic@minet.sk, hecl@minet.sk, soltysova@minet.sk

Úvod

Napriek skutočnosti, že územie Slovenskej republiky v európskom kontexte nie je chápané ako územie náchylné na výskyt sucha, meteorologické pozorovania, najmä za posledných 10 rokov, minulý rok nevynímajúc, potvrdzujú opakovaný výskyt tak lokálneho ako aj celoplošného deficitu zrážkových úhrnov. Značná nerovnomernosť zrážkových úhrnov a častý výskyt nadmerných denných úhrnov zrážok má za následok zväčšujúci sa počet lokálnych povodní. Popri zrážkových záplavách sa však dvíha hladina podzemnej vody a na poliach sa vytvárajú súvislé bezodtokové vodné plochy. V konečnom dôsledku dochádza predovšetkým k silnému zhutneniu poľnohospodársky využívaných pôd, ale i ku kontaminácii pôdy, k úbytku organických látok, erózii a zosuvom pôdy. V niektorých oblastiach klesá pôdna reakcia, čím sa podstatne znižuje úrodnosť postihnutej pôdy. Vplyvom uvádzaných extrémov v počasí sa opäť do pozornosti dostávajú závlahové a odvodňovacie zariadenia a objekty protieróznej ochrany.

Ministerstvo pôdohospodárstva a rozvoja vidieka SR predložilo Konceptiu revitalizácie hydromelioračných sústav na Slovensku na základe uznesenia vlády SR č. 33/2014 z 22. januára 2014, bod č.5, programového vyhlásenia vlády SR na roky 2012 – 2016, Konceptiu rozvoja pôdohospodárstva SR na roky 2013 – 2020, Akčný plán rozvoja pôdohospodárstva SR na roky 2014 – 2020 a Plány manažmentu oblastí povodí na Slovensku. Konceptia si kladie za svoj hlavný cieľ podporiť preventívne opatrenia pred negatívnymi dôsledkami prírodných katastrofických udalostí a nepriaznivých zrážkových pomerov na potenciál poľnohospodárskej výroby v prebiehajúcej etape klimatických zmien v strednej Európe.

Revitalizácia odvodňovacích kanálov

V období prudkej industrializácie SR (1950 – 1990) bola štátom vybudovaná pomerne široká sieť závlahových a odvodňovacích systémov. Jej primárnou úlohou bolo upravovať vodný režim poľnohospodárskych pôd, zmierňovať sucho, eliminovať zamokrenie a urýchľovať odvádzanie vnútorných vôd ako súčasť protipovodňovej ochrany poľnohospodárskej krajiny. Súčasný stav odvodňovacích kanálov je vzhľadom na minimálny výkon údržby od začiatku deväťdesiatych rokov nevyhovujúci a v mnohých prípadoch až havarijný. Z dôvodu dosiahnutia potrebného stupňa potravinovej bezpečnosti, meniacich sa klimatických podmienok a zabezpečenia protipovodňovej prevencie je nevyhnutná revitalizácia existujúcej siete odvodňovacích kanálov. Jej celková dĺžka predstavuje 5851,9 km, z toho na východnom Slovensku 2471,1 km (448,4 km v Prešovskom kraji a 2022,7 km v Košickom kraji). Na základe uvedených údajov je zrejmé, že obnoviť činnosť odvodňovacích kanálov v celom profile je v prvopočiatoch málo pravdepodobné. Reálnejšia je možnosť na základe určitých kritérií znížiť rozsah obnovy, resp. realizovať ju vo viacerých etapách.

Medzi hlavné kritériá výberu prvotnej revitalizácie odvodňovacích kanálov možno zaradiť nasledujúce:

- kanál sa nachádza v oblasti intenzívnej poľnohospodárskej výroby,
- kanál významne zabezpečuje ochranu poľnohospodárskej pôdy prevažne využívanej ako orná pôda pred jej zaplavením a zamokrením,
- úroveň povodňového rizika zaplavenia a zamokrenia poľnohospodárskej pôdy v zbernom území kanála,
- súčasný technický stav kanála a jeho objektov nezabezpečuje dostatočnú intenzitu prevencie pred potenciálnymi povodňami, zaplavením resp. zamokrením poľnohospodárskej pôdy,

- kanál má aj kapacitný potenciál na zadržanie vody v zbernej oblasti pre obdobia sucha vo vegetačnom období resp. aj na privedenie vody do oblastí s nedostatkom vody z iných vodných zdrojov,
- technická rekonštrukcia kanála nebude v rozpore so záujmami ochrany prírody, tzn. nenaruší evidované mokradné ekosystémy a pod.

Na základe týchto kritérií sa vyššie uvedená celková dĺžka odvodňovacích kanálov, ktorú je nutné prioritne revitalizovať, zníži takmer desaťnásobne na cca 513 km (približne 44 km v Prešovskom a cca 144 km v Košickom kraji).

Odvodňovacie kanály odvádzajú prebytočnú vodu z polí do recipientu. Mnohokrát sú však tieto vody znečistené až kontaminované. Pri vodách môžeme hovoriť o prirodzenom (hnilobné procesy, erózia, atď.) alebo antropogénnom znečisťovaní. Znečistenie vôd najčastejšie spôsobuje zmenu pH, zmenu obsahov rozpustných a málo rozpustných látok rôznej povahy a mikrobiologickú kontamináciu. Zmeny uvedených parametrov sú aj najčastejšou príčinou zníženia kvality závlahových vôd na Slovensku. Výsledky realizovaných monitoringov poukazujú na silný regionálny vplyv.

Poľnohospodárstvo – znečisťovateľ vody

Medzi významných znečisťovateľov vôd (povrchových aj podzemných) patrí poľnohospodárska činnosť, ktorá zároveň spotrebuje až 1/3 objemu vody využitej človekom. Z praktického hľadiska je možné znečisťovanie vôd poľnohospodárskou činnosťou rozdeliť na oblasť rastlinnú a oblasť živočíšnu. Oblasť živočíšnej výroby sa podieľa na znečisťovaní predovšetkým únikmi tekutých odpadov (močovka, hnojovica) a silážnych štiav, ktorých toxicita súvisí s obsahom organických kyselín vznikajúcich pri fermentácii siláže. Znečisťovanie vôd rastlinnou výrobou je spojené s intenzifikáciou výroby, a teda vysokým využívaním organických a priemyselných hnojív a pesticídov (moderné pesticídy sú už pre človeka oveľa priaznivejšie, väčšina z nich vykazuje len malú až strednú perzistenciu a ich akumulácia v životnom prostredí je nízka až zanedbateľná). Pri poľnohospodárskej činnosti ide často o plošné a krátkodobé (havarijné) zdroje znečistenia tak povrchových ako aj podzemných vôd s možným znečistením sedimentov odvodňovacích kanálov.

Znečisťovanie životného prostredia priemyselnou činnosťou

Ďalším významným znečisťovateľom životného prostredia ako celku, vody a následne sedimentov tokov a kanálov nevynímajúc, je priemysel. Ten produkoval a produkuje rizikové látky pomerne širokej škály. Charakter a intenzita je rôzna a veľmi často má opäť regionálny charakter. Medzi typické kontaminanty stredného Zemplína možno zaradiť polychlórované bifenyly (PCB) patriace do tzv. špinavej dvanástky, kde radíme aj v minulosti využívaných deväť pesticídov – aldrin, chlórdan, DDT, dieldrin, endrin, heptachlór, hexachlórbenzén, mirex a toxafén. Využitie výrobkov založených na báze PCB bolo v rôznych odvetviach rôzne. V poľnohospodárstve sa využívali ako nosiče pesticídov. Široké využitie a ich vysoká stabilita spôsobila, že tieto perzistentné organické látky sú súčasťou zložiek životného prostredia aj dnes. Komerčné produkty PCB boli komplexnými zmesami chemických jedincov chlórovaných bifenylov (kongenéro) s rôznym stupňom chlorácie. Toxikologické štúdie na základe biochemickej aktivity poukázali na zvýšenú toxicitu iba niektorých kongenéro, zväčša planárnych PCB. Z tohto dôvodu, ale aj z dôvodu náročnosti analýz, sa prijala legislatívne limitná koncentrácia v sedimentoch iba pre vybrané kongenéry PCB, resp. sumu vybraných kongenéro PCB (č. 28, 52, 101, 118, 138, 153, 180). Separácia kongenéro PCB je totiž veľmi náročný proces, ktorého zložitost' narastá pri analýze vzoriek zo životného prostredia.

PCB v sedimentoch tokov

Vo všeobecnosti existuje niekoľko spôsobov vstupu PCB do životného prostredia. Tie z minulosti sú dnes nepravdepodobné (havárie z výroby, ich využívanie v tzv. otvorených systémov a pod.). Dnes medzi spôsoby kontaminácie možno očakávať redistribúciu zo starej záťaže (atmosférou, vodným

tokom). Ak uvažujeme o možnosti kontaminácie odvodňovacích kanálov potom je nutné si uvedomiť, že PCB sú vo vode takmer nerozpustné. Z bodového zdroja znečistenia sa však šíria ako:

- čiastočne rozpustené vo vode,
- emulgované vo vode,
- sorbované na tuhých časticách.

Takto viazané a prenášané PCB sa z vody môžu sorbovať na sedimenty. Výrazne vyššie obsahy PCB je možné očakávať v bahenných typoch sedimentov s vyšším podielom celkovej organickej hmoty než v sedimentoch s prevahou piesočnatého podielu. Adsorpcia na sedimenty sa obyčajne zvyšuje nielen so zvyšujúcim sa obsahom organického materiálu, ale aj ílu a mikročastíc, a tak výraznou mierou sa znižuje schopnosť vyparovania, ktoré je typické pre nízkochlórované bifenyly. Vo vodných systémoch môže adsorpcia a následná sedimentácia imobilizovať PCB na relatívne dlhú dobu. Pevné častice obsahujúce PCB vo vodnom sedimente pôsobia ako environmentálny rezervoár, z ktorého sa môžu PCB uvoľňovať do vodného stĺpca. V silne znečistených oblastiach vo vodných tokoch koncentrácia PCB dosahuje až niekoľko stoviek mg.l^{-1} , čo predstavuje hodnoty, ktoré vôbec nekorešponujú so stanovenou rozpustnosťou technických zmesí PCB vo vode. V takýchto prípadoch sa totiž často uplatňuje solubilizačný účinok rôznych povrchovo aktívnych látok, napr. vysokomolekulárnych prírodných zlúčenín typu humínových kyselín.

Monitorovanie obsahu PCB v Strážskom kanáli, do ktorého sa vypúšťali odpadové vody z bývalého výrobcu PCB (Chemka Strážske) bolo v centre záujmu viacerých inštitúcií. Naše výsledky za roky 2000 až 2004 (ako priemerné obsahy) sme po kvantifikovaní separácií vyhodnotili ako extrémne. Ak by sme obsahy jednotlivých kongenéroov za uvádzané obdobie hodnotili v zmysle hodnotenia rizík vodných tokov, potom maximálna prípustná koncentrácia bola pre jednotlivé kongenéry prekročená 1225 až 2075 násobne. Strážsky kanál je potvrdeným výrazným zdrojom kontaminácie.

PCB v poľnohospodárskych pôdach

Územie Slovenskej republiky na základe kritéria akým je kvalita životného prostredia hodnotíme piatimi stupňami, pričom v prvom stupni sú územia vysokej kvality a v piatom stupni kvality naopak územia, ktorých životné prostredie je silne, a teda aj najviac narušené. V prostredí so stupňom kvality 4 a 5 žije spolu 1 808 000 obyvateľov. Na tomto území je kumulovaných 50 – 90 % environmentálnej záťaže Slovenska. Na východnom Slovensku medzi zaťažené oblasti patrí Košicko – prešovská, nasleduje Zemplínska a napokon Rudniansko – gelnická oblasť. Na základe výsledkov, ktoré sme získali dlhoročným monitoringom poľnohospodárskych pôd konštatujeme, že tak ako už bolo uvedené takmer typickým kontaminantom Zemplínskej oblasti sú polychlórované bifenyly (PCB), ktorých obsahy v rôznych koncentráciách sú prítomne nielen v matriciach akou je pôda, ale aj sediment. PCB z pôdy sa mechanizmami, ktoré boli popísané ľahko môžu dostať do sedimentu odvodňovacích kanálov.

PCB v sedimente odvodňovacích kanálov

Za účelom kvantifikácie obsahu sledovaných kongenéroov PCB, resp. ich sumy v sedimente odvodňovacích kanálov bolo v roku 2015 na východnom Slovensku odobratých celkovo 82 vzoriek. Z toho 26 v Prešovskom a 56 v Košickom kraji. PCB z vysušených a následne homogenizovaných vzoriek sa izolovali extrakciou zmesou organických rozpúšťadiel. Vyčistené vzorky boli na obsah PCB separované, identifikované a kvantifikované metódou vysokorozlišovacej plynovej chromatografie s detektorom elektrónového záchyty. Sumy siedmich kongenéroov PCB (č. 28, 52, 101, 118, 138, 153 a 180) v dnových sedimentoch boli hodnotené na základe Zákona SR č.188/2003 Z.z. o aplikácii čistiarenskeho kalu a dnových sedimentov do pôdy a o doplnení zákona č. 223/2001 Z.z. o odpadoch a o zmene a doplnení niektorých zákonov v znení neskorších predpisov, kde medzná hodnota koncentrácie sledovanej rizikovej látky je $0,8 \text{ mg.kg}^{-1}$. Na základe dosiahnutých výsledkov je možno konštatovať, že suma sledovaných kongenéroov PCB sa pohybuje v intervale hodnôt nachádzajúcich sa pod kvantifikačným limitom danej metódy po maximálny obsah na úrovni 0,332

mg.kg⁻¹. Na základe kvantifikovaných vzoriek dnových sedimentov bolo nižšie znečistenie kanálov zistené v okresoch Prešovského kraja v porovnaní s Košickým. V okresoch Prešov, Poprad, Bardejov, Vranov nad Topľou, Svidník, Stropkov a Humenné bol v sedimentoch priemerný obsah PCB len $3,2 \cdot 10^{-3}$ mg.kg⁻¹ sušiny a dosiahol maximálnu hodnotu $11,9 \cdot 10^{-3}$ mg.kg⁻¹. V okresoch Košického kraja (Košice, Michalovce, Trebišov, Rožňava) bol v sedimentoch zistený priemerný obsah PCB $17,7 \cdot 10^{-3}$ mg.kg⁻¹ sušiny. Z uvedených štyroch okresov boli najvyššie obsahy PCB zistené v odvodňovacích kanáloch Michalovského okresu, čo pravdepodobne súvisí so starou environmentálnou záťažou na tomto území. Vyššie obsahy PCB, neprevyšujúce medznú hodnotu (Zákon 188/2003 Z.z.), boli zistené len lokálne v Jastrabí pri Michalovciach (0,320 mg.kg⁻¹) a v Ladmovciach (0,332 mg.kg⁻¹). Tieto kanály majú celkovú dĺžku len 1,85 km (1,50 km, resp. 0,35 km). Na základe realizovaných sledovaní je možné konštatovať, že sedimenty z odvodňovacích kanálov v regióne východného Slovenska s dôrazom na Košický kraj, nevykazujú znaky kontaminácie PCB látkami.

Záver

Súčasná a budúca dynamika klimatických zmien prináša a bude prinášať stále viac hydrologických extrémov (povodne, záplavy, prívalové dažde, dlhšie trvajúce sucha) s vysokými intenzitami.

Sieť závlahových a odvodňovacích systémov, ktorá bola vybudovaná štátom v minulom storočí, pomáhala zmierňovať takéto javy, úpravou vodného režimu poľnohospodárskych pôd. Tento závlahový a odvodňovací systém na jednej strane pomáhal zmierňovať sucha a na druhej strane eliminovať zamokrenie a urýchľovať odvádzanie vnútorných vôd ako súčasť protipovodňovej ochrany poľnohospodárskej krajiny. Súčasná úroveň týchto systémov je v nevyhovujúcom stave, ich obnova a zvýšenie účinnosti je úloha veľmi zložitá, zahrňujúca súbor agromelioračných a hydromelioračných opatrení. Časté povodne a záplavy v poľnohospodárskej krajine prinášajú zo sebou aj riziko kontaminácie podložia nežiaducimi látkami. Náš príspevok poukazuje na tento možný problém odvodňovacích kanálov a konštatuje, že pri ich revitalizácii je nevyhnutná, okrem mnoho ďalších parametrov, potreba skúmania aj kvality sedimentu príslušného kanála, ktorá by mohla spôsobiť kontamináciu životného prostredia.

Literatúra

DANIELOVIČ, I., HECL, J. 2010. Polychlóvané bifenyly – dominantný kontaminant životného prostredia regiónu Zemplín. Michalovce : CVRV – VÚA, 2010. 70 s. ISBN 978-80-89417-26-1

JAHNÁTEK, E. a kol. 2014. Konceptia revitalizácie hydromelioračných sústav na Slovensku. 2014, 52 s.

Zákon č. 188/2003 Z.z. o aplikácii čistiarenskeho kalu a dnových sedimentov do pôdy a o doplnení zákona č.223/2001 Z.z. o odpadoch a o zmene a doplnení niektorých zákonov v znení neskorších predpisov.

URČENIE OPTIMÁLNEJ VZDIALENOSTI SOND PRE MERANIE ELEKTRICKEJ IMPEDANCIE V PÔDNOM PROSTREDÍ

Ing. Milan GOMBOŠ, CSc.¹, Ing. Dana PAVELKOVÁ, PhD.¹

¹Ústav hydrologie SAV Bratislava, Výskumná hydrologická základňa Michalovce, Hollého 42,
gombos@uh.savba.sk, pavelkova@uh.savba.sk

Úvod

V predloženom príspevku sú analyzované výsledky meraní elektrickej impedancie v piesčitých a ťažkých ílovitých pôdach. Elektrická impedancia bola meraná prístrojom "Z-metr III". Merania boli realizované na Východoslovenskej nížine. Základom analýzy je realizácia série meraní reálnej zložky elektrickej impedancie v stonásobnom opakovaní v rôznych vzdialenostiach meracích sond od seba v pôdach s výrazne odlišnou textúrou.

V príspevku sú prezentované základné štatistické charakteristiky a variabilita súborov meraní, kvantifikovaný vplyv pôdneho prostredia a vzájomnej vzdialenosti meraných sond na variabilitu nameraných hodnôt elektrickej impedancie. Získané výsledky postupne umožnia posúdiť mieru využiteľnosti prístroja pre prieskum a monitorovanie vodného režimu a hydrofyzikálnych charakteristík pôd.

Meranie vlhkosti pôdy štandardnými spôsobmi (gravimetricky) vyžaduje vysoký podiel ľudskej práce, čas a financie. Z tohto dôvodu v posledných rokoch je vynakladané veľké úsilie pre výstavbu nástrojov, ktoré umožňujú jednoduché a rýchle meranie obsahu vody v pôde. Dôraz je kladený na možnosť automatického zberu dát a ich prenos do centrály.

Meranie obsahu vody, dynamika hydrologických procesov v pórovitom prostredí porézneho média, vodných fyzikálnych vlastností porézneho média, s možnosťou automatického zberu dát a prenos údajov do centrály je možné využitím prístroja "Z-METR III", ktorý je založený na metóde spektrometrie elektrickej impedancie.

Cieľom výskumných prác bolo získať základné štatistické charakteristiky a variabilitu súborov meraní, kvantifikovať vplyv pôdneho prostredia a vzájomnej vzdialenosti meraných sond na variabilitu nameraných hodnôt elektrickej impedancie. Získané výsledky postupne umožnia posúdiť mieru využiteľnosti prístroja pre prieskum a monitorovanie vodného režimu a hydrofyzikálnych charakteristík pôd.

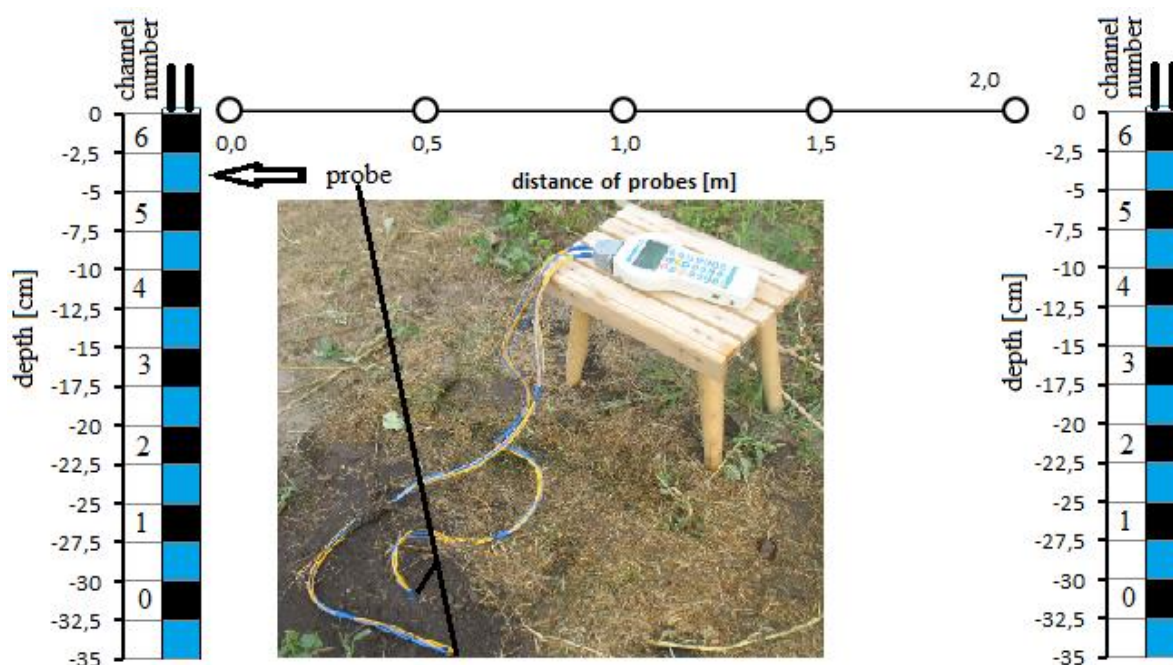
Materiál a metódy

Súbory údajov pre analýzu boli získané meraniami na Východoslovenskej nížine (VSN). Tam boli vybrané dve lokality. Ich textúra je výrazne odlišná. V lokalite Vysoká (48° 36' 50,43", 22° 6' 46,01") boli identifikované piesčito – hlinité pôdy. V lokalite Senné (48° 40' 5,71", 22° 4' 44,34") sú extrémne ťažké ílovité pôdy (obr.1).

Pre meranie reálnej zložky elektrickej impedancie (R_x) bol použitý už uvedený "Z-metr III". Boli realizované párové merania s dvoma sondami dlhými 0,35 m. Sondy sú konštruované pre 7 kanálov (0,1, 2, ...6). Sú rovnomerne delené po 0,025 m. Sondy v priebehu meraní boli v uvedených lokalitách postupne osadené v bodoch vzdialených od seba 0,1 m, 0,5 m, 1,0 m, 1,5 m a 2,0 m (obr.2). V každom bode bolo meranie opakované 100 krát. Bolo tak získaných 7000 meraní elektrickej impedancie v dvoch pôdnych druhoch, 10 merných profiloch a 70 úrovniach pod povrchom pôdy. Pre každú sériu 100 meraní boli vypočítané základné štatistické charakteristiky variability a tvaru. Získané charakteristiky boli ďalej analyzované. Ťažisko analýzy bolo v posudzovaní variability na základe smerodajnej odchýlky σ . Vzhľadom na veľký rozsah impedancie bolo potrebné smerodajnú odchýlku vzťahovať k priemerným hodnotám a hodnotiť súčiniteľ variability C_v , kde $C_v = \sigma / \text{priemer}$. Na základe súčiniteľa variability boli kvantifikované rozdiely v meraniach v pôdnych druhoch a vplyv rôznych vzájomných vzdialeností sond a rôznych hĺbok pod terénom.



Obr. 1. Situovanie skúmaných profilov



Obr. 2. Schéma merania

Výsledky

V Tab.1 sú uvedené základné štatistické charakteristiky variability a tvaru vypočítané pre každú sériu meraní v lokalite Senné a Vysoká. Prvé číslo za názvom lokality označuje číslo kanála, inak povedané je to aj hĺbka vrstvy pod terénom podľa obrázka 2. Čísla nasledujúce za prvým číslom vyjadrujú vzájomnú vzdialenosť meracích sond vyjadrenú v decimetroch. Napríklad označenie uvedené v tabuľke 1 ako „Senne215” vyjadruje, že ide o lokalitu Senné, kanál 2 a vzdialenosť medzi meracími sondami je 15,0 dm, t.j. 1,50 m.

Tab. 1. Základné štatistické charakteristiky

<i>Lokalita</i>	<i>Počet</i>	<i>Priemer</i>	<i>Štandardná odchýlka</i>	<i>Koeficient variácie</i>	<i>Minimum</i>	<i>Maximum</i>	<i>Rozsah</i>	<i>Šikmost'</i>	<i>Špicatost'</i>
Senne01	100	1247,97	4,23896	0,339668%	1242,0	1256,0	14,0	1,04804	-2,16919
Senne010	100	1517,45	4,14966	0,273463%	1513,0	1528,0	15,0	3,86332	-0,212626
Senne015	100	1517,8	0,9101	0,0599618%	1516,0	1519,0	3,0	-0,669848	-1,82541
Senne020	100	2567,1	2,25406	0,0878059%	2559,0	2569,0	10,0	-7,08755	5,41547
Senne05	100	1478,07	2,51964	0,170468%	1474,0	1482,0	8,0	-0,0447758	-2,66593
Senne11	100	2554,35	35,021	1,37103%	2512,0	2657,0	145,0	4,95085	2,99166
Senne110	100	2551,02	4,89688	0,191958%	2547,0	2565,0	18,0	5,2002	1,1605
Senne115	100	3703,85	5,50184	0,148544%	3695,0	3717,0	22,0	0,734205	-2,17104
Senne120	100	6603,65	105,844	1,6028%	6426,0	6774,0	348,0	-0,0303595	-2,58252
Senne15	100	2788,67	6,21834	0,222986%	2778,0	2801,0	23,0	0,466975	-2,50537
Senne21	100	5256,17	124,019	2,35949%	5082,0	5534,0	452,0	1,76025	-1,79621
Senne210	100	4040,51	21,4831	0,531694%	4012,0	4087,0	75,0	2,49094	-1,43382
Senne215	100	4076,93	5,69291	0,139637%	4068,0	4087,0	19,0	0,579019	-2,22948
Senne220	100	6908,46	68,0737	0,985367%	6799,0	7027,0	228,0	0,17907	-2,51825
Senne25	100	6396,43	21,8342	0,34135%	6355,0	6432,0	77,0	-1,09209	-2,65421
Senne31	100	97638,4	2158,97	2,21119%	95720,0	108151,	12431,0	13,5725	26,506
Senne310	100	55476,5	253,227	0,456459%	55166,0	56131,0	965,0	3,9456	-0,579774
Senne315	100	60324,3	360,543	0,597675%	58764,0	60779,0	2015,0	-8,36807	14,0055
Senne320	100	67807,2	1218,89	1,79759%	65442,0	69225,0	3783,0	-2,03125	-2,53537
Senne35	100	201503,	423,337	0,210089%	200825,	202375,	1550,0	2,00612	-1,45996
Senne41	100	267736,	3291,38	1,22934%	246121,	272073,	25952,0	-22,6825	70,3892
Senne410	100	45770,6	899,972	1,96627%	44863,0	50322,0	5459,0	13,4206	23,7897
Senne415	100	103391,	583,879	0,56473%	102821,	106050,	3229,0	11,9287	21,2407
Senne420	100	60898,6	4798,03	7,87872%	52279,0	67223,0	14944,0	-1,57748	-2,82206
Senne45	100	73607,8	197,829	0,268761%	73370,0	75216,0	1846,0	22,643	89,9025
Senne51	100	14937,3	1619,71	10,8434%	9197,0	19400,0	10203,0	1,92903	2,78786
Senne510	100	29880,9	812,89	2,72044%	27199,0	31362,0	4163,0	1,08778	0,0103041
Senne515	100	62098,7	868,249	1,39818%	57931,0	62753,0	4822,0	-13,8234	27,6014
Senne520	100	41185,3	2695,51	6,54483%	37920,0	47648,0	9728,0	3,00196	-1,16299

Pokračovanie tabuľky 1									
Senne55	100	75238,7	1062,24	1,41183%	73886,0	79827,0	5941,0	5,17308	5,40815
Senne61	100	42094,3	5696,46	13,5326%	21825,0	63226,0	41401,0	-2,70949	10,9222
Senne610	100	56341,2	4522,4	8,02681%	51647,0	69951,0	18304,0	5,51466	2,66592
Senne615	100	67558,9	2535,39	3,75286%	62112,0	71078,0	8966,0	-0,54714	-2,75809
Senne620	100	110585,	7890,69	7,13538%	97978,0	125067,	27089,0	0,325966	-2,33818
Senne65	100	43052,4	1363,92	3,16805%	41363,0	48328,0	6965,0	3,88469	2,5649
Vysoka01	100	2796,83	3,80604	0,136084%	2791,0	2806,0	15,0	2,21703	-1,33449
Vysoka010	100	2340,74	3,92253	0,167577%	2334,0	2347,0	13,0	-1,22577	-2,36212
Vysoka015	100	2697,99	10,125	0,375278%	2684,0	2717,0	33,0	-0,922951	-3,25175
Vysoka020	100	2697,99	10,125	0,375278%	2684,0	2717,0	33,0	-0,922951	-3,25175
Vysoka05	100	2753,86	2,62475	0,0953115%	2749,0	2759,0	10,0	1,12333	-1,88362
Vysoka11	100	2420,88	1,94511	0,080347%	2416,0	2424,0	8,0	-2,21273	-1,38908
Vysoka110	100	2305,98	20,1665	0,874529%	2278,0	2347,0	69,0	1,63387	-2,07202
Vysoka115	100	2268,21	5,66987	0,249971%	2258,0	2278,0	20,0	-0,614765	-2,2512
Vysoka120	100	2268,21	5,66987	0,249971%	2258,0	2278,0	20,0	-0,614765	-2,2512
Vysoka15	100	2587,92	0,544578	0,0210431%	2587,0	2589,0	2,0	-0,235115	0,804908
Vysoka21	100	35883,6	135,713	0,378203%	35688,0	36146,0	458,0	1,04516	-2,48351
Vysoka210	100	67391,1	649,821	0,964253%	66439,0	68992,0	2553,0	1,39421	-1,79165
Vysoka215	100	29618,5	874,269	2,95176%	28568,0	35797,0	7229,0	14,9032	49,1547
Vysoka220	100	29618,5	874,269	2,95176%	28568,0	35797,0	7229,0	14,9032	49,1547
Vysoka25	100	36952,0	53,8178	0,145642%	36860,0	37046,0	186,0	-0,512363	-2,66145
Vysoka31	100	116031,	6120,82	5,27517%	107123,	134955,	27832,0	2,88867	0,325694
Vysoka310	100	234445,	1096,68	0,467776%	231884,	237098,	5214,0	-2,8538	0,263578
Vysoka315	100	30331,1	210,748	0,694826%	29894,0	30773,0	879,0	0,455628	-2,2408
Vysoka320	100	30331,1	210,748	0,694826%	29894,0	30773,0	879,0	0,455628	-2,2408
Vysoka35	100	33650,3	38,4931	0,114392%	33547,0	33902,0	355,0	10,1464	36,8135
Vysoka41	100	58567,6	855,958	1,46149%	57042,0	60898,0	3856,0	3,40603	0,553236
Vysoka410	100	188203,	1717,45	0,912551%	184927,	195949,	11022,0	2,08125	6,03475
Vysoka415	100	42407,1	2773,45	6,54006%	38507,0	48559,0	10052,0	-0,216072	-2,95699
Vysoka420	100	42407,1	2773,45	6,54006%	38507,0	48559,0	10052,0	-0,216072	-2,95699
Vysoka45	100	153999,	601,541	0,390615%	153048,	155079,	2031,0	0,0859925	-2,98985
Vysoka51	100	131378,	3697,86	2,81467%	126933,	147358,	20425,0	7,5216	8,11861
Vysoka510	100	187627,	4151,83	2,21281%	180804,	199707,	18903,0	0,597552	-0,915527
Vysoka515	100	131624,	10737,6	8,1578%	41833,0	147506,	105673,	-24,2528	101,176
Vysoka520	100	131624,	10737,6	8,1578%	41833,0	147506,	105673,	-24,2528	101,176
Vysoka55	100	75540,8	661,397	0,87555%	74687,0	77362,0	2675,0	1,8423	-2,07072
Vysoka61	100	59141,7	688,734	1,16455%	57284,0	61675,0	4391,0	6,5455	9,8005
Vysoka610	100	39016,8	2505,68	6,42206%	35584,0	48857,0	13273,0	2,67051	3,30133

Pokračovanie tabuľky 1									
Vysoka615	100	180551,	15195,1	8,41596%	44124,0	203177,	159053,	-29,8472	136,595
Vysoka620	100	180551,	15195,1	8,41596%	44124,0	203177,	159053,	-29,8472	136,595
Vysoka65	100	39944,9	89,1672	0,223225%	39805,0	40087,0	282,0	-0,293938	-3,28321

Hore uvedená tabuľka 1, vzhľadom na obmedzený rozsah článku, nie je v ďalšom texte komentovaná. Je uvedená pre ilustráciu a pre možnosť čitateľa bližšie si pozrieť parametre jednotlivých súborov meraní. V ďalšom postupe prác boli analyzované vybrané prvky uvedenej tabuľky. Výsledky sú uvedené v ďalšom texte.

Ako už bolo uvedené hlavným a najvýhodnejším kritériom pre posúdenie získaných meraní je koeficient variability.

Tab.2. Variabilita meraní reálnej zložky elektrickej impedancie v sondách d1 až d20, (d=číslo pozície="dm", AVG=(average) priemer)

Cv lokality Senné

kanál	číslo pozície					
	d1	d5	d10	d15	d20	AVG
0	0,34%	0,17%	0,27%	0,06%	0,09%	0,19%
1	1,37%	0,22%	0,19%	0,15%	1,60%	0,71%
2	2,36%	0,34%	0,53%	0,14%	0,99%	0,87%
3	2,21%	0,21%	0,46%	0,60%	1,80%	1,05%
4	1,23%	0,27%	1,97%	0,56%	7,88%	2,38%
5	10,84%	1,41%	2,72%	1,40%	6,54%	4,58%
6	13,53%	3,17%	8,03%	3,75%	7,14%	7,12%
AVG	4,56%	0,83%	2,02%	0,95%	3,72%	2,42%

Cv lokality Vysoká

kanál	číslo pozície					
	d1	d5	d10	d15	d20	AVG
0	0,14%	0,10%	0,17%	0,04%	0,38%	0,16%
1	0,08%	0,02%	0,87%	0,04%	0,25%	0,25%
2	0,38%	0,15%	0,96%	0,55%	2,95%	1,00%
3	5,28%	0,11%	0,47%	0,97%	0,69%	1,50%
4	1,46%	0,39%	0,91%	1,15%	6,54%	2,09%
5	2,81%	0,88%	2,21%	5,13%	8,16%	3,84%
6	1,16%	0,22%	6,42%	4,04%	8,42%	4,05%
AVG	1,62%	0,27%	1,72%	1,70%	3,91%	1,84%

Z tabuľky 2 vyplýva, že textúra pórovitého materiálu mala pri rovnakých hydrometeorologických podmienkach malý vplyv na variabilitu meraní. Rozdiel je 0,58%. V prípade oboch druhov pôdných druhov boli identifikované optimálne vzdialenosti meracích sond. Z obrázka 2 vyplýva, že optimálna vzdialenosť meracích sond je cca 0,50 m. Sú to zatiaľ čiastkové výsledky. Výskumné práce prebiehajú.

Záver

Prístroj Z-metr III je založený na meraní elektrickej impedančnej spektrometrie. Je schopný citlivo merať elektrickú impedanciu [Ω] a hodnoty ukladať do počítača alebo diaľkovo prenášať do centra. Je to prístroj novej generácie. Vzhľadom na jeho rozmery je vhodný na hydropedologický a hydrologický terénny prieskum. Prvé skúsenosti s ním ukazujú jeho veľký potenciál pre potreby základného a aplikovaného výskumu. Čiastkové výsledky preukazujú, že v najbližších rokoch je potrebné podrobne realizovať frekvenčnú analýzu pre pórovité prostredie rôznej textúry, kvantifikovať vplyv obsahu vody v pórovitom prostredí s rôznou textúrou a odhad hydrofyzikálnych charakteristík na základe meraní hodnôt elektrickej impedancie.

PodĎakovanie. Príspevok vznikol za finančnej podpory projektu VEGA 2/0062/16 a projektu EUREKA!7614 APPL-EIS. Autori uvedeným agentúram za finančnú podporu vyslovujú poďakovanie.

Literatúra

- [1] PAŘÍLKOVÁ, J. and comp. (2003): Non destructive methods of protective dikes monitoring, Final report of the grant project 103/01/0057, Grant Agency of Czech Republic.
- [2] ŠOLTÉSZ, A., BAROKOVÁ, D., HAŠKOVÁ, L.: 2007. Optimalizácia vodného režimu na Medzibodroží. Acta hydrologica slovacica 8. 2: 173-181.
- [3] ŠOLTÉSZ, A.: 2006. Hydrologicko-hydraulická analýza odvedenia vnúroných vôd na Východoslovenskej nížine. 1. vyd. Bratislava: STU v Bratislave, 2006. 109 s. ISBN 80-227-2427-0.
- [4] GOMBOŠ, M., PAŘÍLKOVÁ, J., TALL, A., PARÍLEK, L., KANDRA, B. 2011. Assessment of the electrical impedance measurements at the different soil moisture values in silky-loamy-clay soils. Proceedings of the 2nd conference and working session EUREKA 2011,E!4981 – EIS method – PEM, Brno University of Technology, Czech Republic, 65-77

ZEMPLÍNSKA ŠÍRAVA – REKONŠTRUKCIA BEZPEČNOSTNÉHO PRIEPADU V ZALUŽICIACH

Ing. Ľuboslav CHVOSTAĽ

Slovenský vodohospodársky podnik, štátny podnik, OZ Košice, Správa povodia Laborca Michalovce

Vajanského 3, 071 80 Michalovce, E-mail: luboslav.chvostal@syp.sk

Vodné dielo Zemplínska Šírava sa vybuďovalo v rámci vodohospodárskych úprav na Východoslovenskej nížine, ktorých hlavným cieľom bolo ochrániť rozsiahle poľnohospodárske územia pred povodňami. Výstavba nádrže sa realizovala v rokoch 1961 až 1966. Investorom výstavby bolo Riaditeľstvo vodohospodárskeho rozvoja Bratislava, generálnym projektantom Hydroprojekt Bratislava, generálnym dodávateľom Pozemné stavby n. p. Prešov – Michalovce. Objekty nádrže boli zahrnuté do šiestej stavebnej časti komplexných úprav. Investičná úloha bola schválená vládou ČSR výnosom 487/61 zo dňa 10.05.1961. Zároveň boli schválené investičné náklady vo výške 207,3 mil. Kčs. Skutočne prestavané náklady činili 188 mil. Kčs. Prevádzkovateľom nádrže je Slovenský vodohospodársky podnik, š. p. Banská Štiavnica, OZ Košice, Správa povodia Laborca Michalovce.

Nádrž sa rozprestiera na ploche 32,9 km² a plní nasledovné funkcie:

- znižuje maximálny prietok Laborca v profile Petrovce nad Laborcom zo 720 m³ na 320 m³ v profile Meďov;
- umožňuje úžitkovým obsahom nádrže doplnkovú závlahu na ploche cca 54 tis. ha a ďalších 25 tis. ha z odpadu chladiacej vody od Elektrárne Vojany;
- nadlepšuje prietoky Laborca vo Vojanoch pre trvalé prietochné chladenie blokov Elektrárne Vojany;
- rekreačné využitie – tento účel nádrže zvlášť v poslednom období mimoriadne stúpol;
- čiastočné využitie nádrže ako prírodnej rezervácie pre sťahovavých vodných vtákov.

Vodné dielo leží na úpätí pohoria Vihorlat severovýchodne od Michaloviec. Je vybudované v povodí Bodrogu na toku Čierna voda ako bočná nádrž Laborca. Zachytáva vody privádzané prevažne z rieky Laborec, ale aj z hornej časti povodia Čiernej vody a to z potokov Trnavský, Viniansky, Kalužský, Klokočovský, Myslina, Kusínsky, Jovsanský a Porubský. Voda sa do nádrže privádza hlavne z Laborca prírodným kanálom od rozdeľovacieho objektu v Petrovciach nad Laborcom.



Bezpečnostný priepad pred rekonštrukciou

Bezpečnostný priepad Zalužice bol vybudovaný v rámci vodného diela Zemplínska Šírava a slúži na odvedenie vody z nádrže do odpadového kanála pomocou korunových nehradených priepadov, hradeného dnového výpustu a výpustu v deliacom pilieri. Je vybudovaný v h.km 1,308 juhozápadnej hrádze. V spodnej časti stavby je umiestnený výpust, ktorý sa zatvára segmentom a na návodnej strane provizórnym tabuľovým uzáverom. Pre prepúšťanie malých prietokov je v pilieri vybudovaná štôlna o rozmeroch 1,20 x 1,20 m uzavierateľná 3 tabuľovými uzávermi. Jej vtok je chránený hrablicami. Dĺžka priepadu medzi piliermi 55,68 m, rozmery otvoru výpustu 2,80 x 12,50 m. Segment sa zatvára elektricky. Segmentový výpust Zalužice má vlastné hradiace teleso, šikmé ramená s ložiskami a armatúry muriva, ktoré sú kotvené do betónu. Segment je po celej dĺžke priechný.

Hlavné údaje:

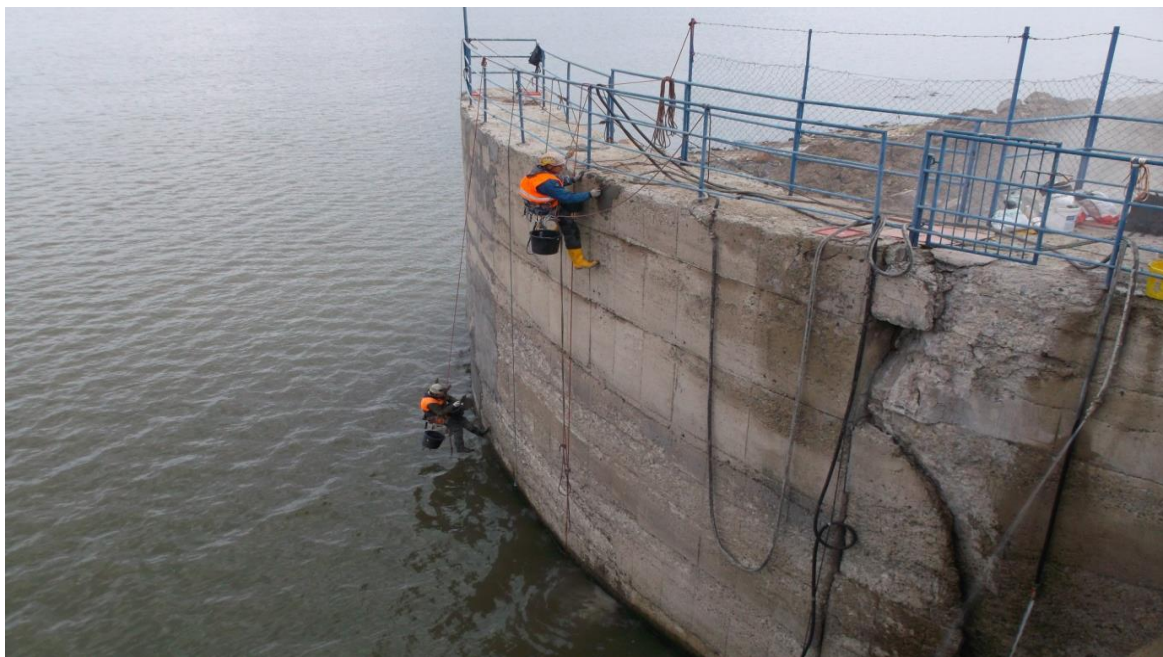
- svetlá šírka výpustného otvoru – 12,5 m
- svetlá výška výpustného otvoru – 2,8 m
- kapacita pri max. retenčnej hladine – 263,05 m³/s.

Výpust v pilieri prepúšťa nižšie prietoky do 16,10 m³/s do Odpadného kanálu. Dĺžka výpustu je 14,7 m, profil výpustu 1,2 x 1,2 m. Z nádrže voda odteká odpadným kanálom, ktorý je trasovaný od bezpečnostného priepadu v juhozápadnej hrádzi smerom k južnému okraju Michaloviec a zašŕuje do Laborca. Pravidelný technicko- bezpečnostný dohľad nad dielom preukázal potrebu rekonštrukcie segmentového uzáveru, ktorá bola zrealizovaná už v roku 2000. Ďalšie sledovanie a samotné posúdenie stavu podhatia v roku 2012 ukázalo, že je nevyhnutá rekonštrukcia hate, vtokových a výtokových krídiel, ako aj odpadného kanála. V nevyhovujúcom stave bola aj samotná mostovka hate.



Poškodené železobetónové konštrukcie mostovky

Betónové konštrukcie oporných múrov vtokových krídiel boli dlhodobo vystavené hydrostatickému, hydrodynamickému tlaku, poveternostným vplyvom a boli značne zvetralé.



Poškodené nápuštné krídla bezpečnostného priepadu



Poškodený vývar a kamenné opevnenie bezpečnostného priepadu

Cieľom projektu bolo stabilizovať podložie samotnej hate, vtokových a výtokových krídiel, oprava poškodených povrchov betónových konštrukcií objektov, vrátane zriadenia sekundárneho vývaru a opravy poškodeného kamenného opevnenia podhatia.

Po vykonaní geofyzikálneho prieskumu betónových konštrukcií zviazaných do telesa hrádze a podložia s doplnením jadrových prieskumných vrtov podľa návrhu projektanta a geologického prieskumu s doplnením diagnostiky betónových konštrukcií sa pristúpilo k vypracovaniu projektu, ktorý vypracoval HYCOPROJEKT a.s. Bratislava.

Rekonštrukcia bezpečnostného priepadu mala sanáciou podložia stabilizovať samotnú hať vrátane vtokových a výtokových krídiel, vývaru a časti odpadného kanálu.

Stavba bola členená na štyri stavebné objekty:

1. SO 01-Hať- tento objekt riešil v osi premostenia podzemnú tesniacu stenu do hĺbky 17,4 m za účelom zabránenia obtekania objektu. Na pravej strane hate v dĺžke 10 m, na ľavej strane 15 m technológiou tryskovej injektáže s vytvorením stĺpov preinjektovanej zeminu priemeru 1 m. Celkový počet vrtov injektáží bol 34 ks.



2. SO 02 Vtokové krídla - za účelom stabilizácie a vylepšenia fyzikálnych parametrov zeminu podložia pod základovou škárou múrov bolo pomocou stĺpov tryskovej injektáže priemeru 1,5 m zrealizovaných 2x38 vrtov. Zároveň boli riešené obnažené miesta ocelevej konštrukcie, zvetrané časti betónov reprofilačnou hmotou a hydroizolačnou stierkou.



3. SO 03 Výtokové krídla - stabilizácia podobným spôsobom ako vtokové krídla s celkový počtom 2x52 vrtov vrátane injektáží. Poškodené časti ocele a betónov boli riešené ošetrením podobne ako vtokové krídla.



4. SO 4 Odpadový kanál - objekt zahŕňal búracie práce v časti sekundárneho vývaru, kde sa zriadil nový vývar, odťazenie sedimentov, novozriadenie kamennej dlažby podhatia a opravenie rozbotrených kamenných svahov.



Na predmetnú stavbu bolo zo strany SVP š. p., OZ Košice v súlade so stavebným zákonom vykonané ohlásenie stavebných úprav – rekonštrukcie. Následne investor pristúpil k zabezpečeniu finančných prostriedkov.

MŽP SR Riadiaci orgán pre Operačný program ŽP rozhodnutím zo dňa 26.02.2015 schválil z Operačného programu životné prostredie prioritná os č. 2 ochrana pred povodňami žiadosť SVP š. p. OZ Košice o nenávratný finančný príspevok vo výške 875 891,81 €. Ďalšie finančné prostriedky boli zabezpečené zo štátneho rozpočtu a z vlastných zdrojov investora. Verejným obstarávaním bol vybraný zhotoviteľ stavby KOSPER podzemní stavby. Dňa 21.08.2015 bolo investorom predmetnej stavby odovzdané a zhotoviteľom stavby prevzaté stavenisko za účelom zriadenia zariadenia staveniska, umiestnenie zmluvne dohodnutej publicity a následnej realizácie rekonštrukcie.

Zároveň bol schválený povodňový plán zabezpečovacích prác pre prípad ohrozenia staveniska povodňami. Prejednal sa a schválil technologický predpis na vykonanie špeciálnych geotechnických prác, kontrolný a skúšobný plán.

Priebeh rekonštrukcie

Po znížení hladiny vody v Zemplínskej Šírave zo 113,95 m n. m. na predpísanú kótu 111,00 m n. m. a odčerpání vody v podhatí bol zistený únik vody cez segment, ako aj cez pilierový výpusť. Po utesnení prítoku zhotoviteľ stavby pristúpil k čerpaniu vody z podhatia a v súčinnosti so SRZ Michalovce boli premiestnené ryby, raky a korýtka riečne do inej časti rybárskeho revíru.

SO 01 - Hať - trysková injektáž - na pravej strane hate bolo zriadených 13 vrtov tryskovej injektáže so zriadením tesniacej clony dĺžky 10 m predpísanej hĺbky 17,4 m. Priemer stĺpov 1,0 m. Podobným spôsobom bola zriadená tesniaca clona na ľavej strane hate s počtom vrtov tryskovej injektáži 19 ks a celkovej dĺžky 15 m tej istej hĺbky. Trysková injektáž predstavuje metódu vylepšenia fyzikálnych parametrov základovej pôdy, kde zemina sa zmieša so suspenziou na báze cementu. Takto vylepšená zemina má staticky vylepšené vlastnosti a zároveň má aj vlastnosti tesniace. Aj keď sa trysková injektáž v Európe používa cca 35 rokov, nie je normatívne pokrytá. Každá trysková injektáž vychádza z miestne zistených podmienok a priebežne sa podľa potreby rutinne upravuje podľa schváleného technologického predpisu. Technológia Soilcretu sa používa v širokom rozpätí zemín od ílovitých až po štrkovité. Teleso Soilcretu sa vytvorí pôsobením prúdu suspenzie vnikajúcej do zeminy rýchlosťou najmenej 100 m/s. Pritom sa častice rozrušenej zeminy zmiešajú s cementovou suspenziou a vzniká teleso Soilcretu v dotknutom priestore. Prebytočné množstvo vznikajúcej zmesi vystupuje pozdĺž vrtného sútyčia na povrch. Suspenzia je ekologicky nezávadná a podľa katalógu odpadov zaradená do skupiny 101314 /O/ ostatný odpad. Erózný dosah lúča Soilcretu je podmienený druhom zeminy, injekčným tlakom, rýchlosťou otáčania a rýchlosťou vyťahovania sútyčia. Takýmto

spôsobom vznikajú prvky Soilcretu vo forme stĺpov, polstĺpov, štvrtstĺpov alebo lamiel. Vzhľadom na závažnosť stability podložia hate a vtokových aj výtokových krídiel bolo nutné denne 2x sledovať pohyb objektov na klincových a dilatometrických skobách s následným vyhodnocovaním a voľbou ďalšieho postupu prác. Pri tryskovej injektáži sa objavili vývery v časti výtokových krídiel a v podhatí, čo znamená, že preferenčné cesty úniku vody boli tryskovou injektážou vyplnené. Priebežne boli zo strany stavebného dozoru kontrolované: hĺbka vrtu, dĺžka stĺpu, plocha podzemnej tesniacej steny, kvalita a množstvo dodaného a zabudovaného materiálu, merná hmotnosť suspenzie, pevnosť v tlaku, priepustnosť, kvalita zámesovej vody, zvislosť a sklon vrtov, rýchlosť ťahania sútyčia, rezný tlak a injektované množstvo. Vzhľadom na krátkosť určeného času ukončenia rekonštrukcie bol zhotoviteľ nútený postupne rozvinúť práce takmer na každom stavebnom objekte súčasne. Na všetkých stavebných objektoch sa súčasne vykonávalo mechanické čistenie, odstraňovanie rias a uvoľnených a zvetralých častí tlakom 500 barov s následnou vysprávkou reprofilačnou hmotou a hydroizolačnou stierkou. Na stavebnom objekte SO 02 Vtokové krídla boli zrealizované vrty s následnou tryskovou injektážou v počte 2x38 o priemere stĺpov 1,5 m. Na stavebnom objekte SO 03 Výtokové krídla sa v zmysle schválenej projektovej dokumentácie zriadilo 2x52 vrtov a tryskovej injektáže stĺpov priemeru 1,5 m vrátane tesniacej steny výšky 3,0 m a hr. 0,3 m. Na stavebnom objekte SO 04 Odpadný kanál sa vykonali búracie práce v podhatí, odčistenie nánosov a následné zriadenie sekundárneho vývaru opevneného nahádzkou z lomového kameňa hr. 80 cm, preliatím betónom, úprava kamennej dlažby svahov a dna podhatia od vývaru po protiprah, zriadenie protiprahu.



Bezpečnostný priepad po rekonštrukcii

Počet povodní v minulosti:

- Od roku 1996 počet povodní: 2 (1999, 2010).
- Priame škody na majetku občanov spôsobené povodňami od roku 1996 predstavujú 1 229 835 €.
- Náklady na odstránenie povodňových škôd od roku 1996 boli vyčíslené na 2 930 690 €.

Prínosy projektu:

- Hlavným prínosom projektu bolo zvýšenie protipovodňovej ochrany v desiatich obciach.
- Realizáciou projektu sa dosiahlo zvýšenie ochrany pred povodňami pre 45 572 obyvateľov.
- Rekonštrukciou bola zabezpečená bezproblémová prevádzka objektu v ďalšom období.

POROVNANIE ZRÁŽKOVÝCH ÚHRNOV DVOCH ROZDIELNYCH LOKALÍT V SLOVENSKEJ REPUBLIKE A MAĎARSKEJ REPUBLIKE

**RNDr. Dana KOTOROVÁ, PhD.¹, Ing. Ladislav KOVÁČ, PhD.¹, Ing. Jana JAKUBOVÁ¹,
Ing. Pavol BALLA, PhD.¹**

Dr. habil. József ZSEMBELI², Dr. Györgyi KOVÁCS², Dr. Róbert CZIMBALMOS²

¹Národné poľnohospodárske a potravinárske centrum – Výskumný ústav agroekológie, Špitálska 1273, 071 01 Michalovce, E-mail: kotorova@minet.sk

² University of Debrecen – Karcag Research Institute, Kisújszállási út 166, 5300 Karcag, Hungary, E-mail: kovacsgyorgyi@agr.unideb.hu

Úvod

Vplyv počasia na vlastnosti pôdy je prvotne podmienený základnými vlastnosťami a funkciami pôdneho prostredia, schopnosťou pôdy prijať, zadržať a odovzdať potrebné množstvo vody a tepla pre optimálny rast a vývin poľných plodín. K faktorom ovplyvňujúcim rast a vývin poľnohospodárskych plodín patrí slnečné žiarenie, teplota vzduchu, zrážky, zloženie a pohyb atmosféry i pôda. Teplota vzduchu ovplyvňuje celkový vývin rastlín a jej aktuálne hodnoty bezprostredne pôsobia na rýchlosť biochemických reakcií, a tým aj na rast rastliny a tvorbu hospodársky cenného produktu. Zrážky vplývajú na vývin poľnohospodárskych kultúr pestovaných v podmienkach bez závlahy. Významným faktorom ovplyvňujúcim rastlinnú produkciu je v mnohých prípadoch nerovnomerné časové rozdelenie zrážok a extrémny priebeh teplôt.

Dlhodobé monitorovanie priebehu počasia v konkrétnej lokalite, prípadne oblasti je veľmi dôležité najmä z pohľadu vplyvu počasia na poľné plodiny. Prebiehajúca klimatická zmena sa najvýraznejšie prejavuje zmenami oproti typickému priebehu počasia. Základnými prvkami počasia, ktoré významným spôsobom vplývajú na vývoj poľných plodín sú zrážky a priemerná teplota vzduchu v období apríl až september, ktoré sa označuje ako vegetačné obdobie. Pre posúdenie vplyvu teplôt vzduchu a sumy zrážok na hospodársku úrodu poľných plodín sú podstatné teploty vzduchu a sumy zrážok v apríli až septembri, teda vo vegetačnom období. Na extrémny priebeh počasia a jeho trendy poukazujú Hlavatá (2015) a Zeleňáková et al. (2015).

V ostatných rokoch sa rozvíja spolupráca medzi výskumnými pracoviskami v Slovenskej republike a Maďarskej republike, ako v prihraničných oblastiach, tak v poľnohospodárskych ako aj univerzitných výskumných centrách. K základným cieľom projektu APVV-SK-HU-2013-0010 „Spolupráca pri vypracovaní nových systémov pôdy“ patrí porovnanie poveternostných podmienok výskumných lokalít, čo je obsahom tohto príspevku.

Materiál a metódy

Experimentálne pracovisko NPPC – Výskumného ústavu agroekológie Michalovce sa nachádza v Milhostove v centrálnej časti Východoslovenskej nížiny (VSN) v nadmorskej výške 101 m, 48°40' s. š., 21°44' v. d. Lokalita patrí do klimatického regiónu T3, ktorý je teplý, veľmi suchý, nížinný, kontinentálny (Linkeš et al., 1996). Poľné pokusy v Milhostove boli založené na fluvizemi glejovej, ktorá je charakterizovaná ako ťažká, ílovito-hlinitá pôda, s priemerným obsahom ílovitých častíc vyšším ako 53 %.

Poľné pokusy Univerzity Debrecen – Centra poľnohospodárskych vied boli založené na Výskumnom ústave v Karcagu (47°29' s. š., 20°88' v. d.). V Karcagu sa nachádza černoziem slancová s priemerným obsahom 45,6 % ílovitých častíc a pôda je charakterizovaná ako ťažká ílovito-hlinitá. Tento pôdny typ je charakteristický pre región povodia rieky Tisa v Maďarsku.

Priemerné teploty vzduchu oboch pokusných lokalít boli porovnané s dlhodobým priemerom (DP) a podľa odchýlky od tohto priemeru sa zhodnotil vývoj priemerných teplôt vzduchu za celý rok a pre vegetačné obdobie rokov 2005 – 2014. Hodnoty sumy zrážok sa najčastejšie porovnávajú

s dlhodobým normálom (DN) tohto parametra z rokov 1961 – 1990 a hodnotia sa podľa dosiahnutia percenta dlhodobého normálu (Kožnarová, Klabzuba, 2002).

Výsledky a diskusia

Oblasť Východoslovenskej nížiny, v ktorej centrálnej časti sa nachádza experimentálne pracovisko Milhostov sa vyznačuje nevyrovnaným priebehom počasia. Ako dôsledok prebiehajúcej klimatickej zmeny stále častejšie zaznamenávame extrémne poveternostné javy prejavujúce sa záplavami, či dlhšie trvajúcimi obdobiami bez zrážok a vysokými teplotami vzduchu.

So zmenami počasia vplyvom klimatickej zmeny súvisí aj skúmanie a využívanie nových spôsobov obrábania pôdy. Pôdoochranné technológie založené na znížení počtu agrotechnických operácií majú prispieť k zachovaniu pôdnej vody, čo pozitívne pôsobí na rast a vývin poľných plodín. V Milhostove i v Karcagu sa využívajú konvenčné i redukované technologické postupy. Vývoj priemerných teplôt vzduchu za roky 2005 – 2014 sa porovnáva aj z tohto dôvodu (tab. 1.)

Tab.1. Priemerná teplota vzduchu za január až december v Milhostove a v Karcagu

Rok	Milhostov			Karcag		
	°C	odch. °C	hodnotenie	°C	odch. °C	hodnotenie
DP	+8,9	0,0	N	+10,9	0,0	N
2005	+9,2	+0,3	N	+9,8	-1,1	N
2006	+9,6	+0,7	T	+10,6	-0,3	N
2007	+11,0	+2,1	VT	+12,0	+1,1	T
2008	+10,3	+1,4	VT	+11,4	+0,5	N
2009	+10,4	+1,5	VT	+11,6	+0,7	T
2010	+9,2	+0,3	N	+10,4	-0,5	N
2011	+9,8	+0,9	T	+11,1	+0,2	N
2012	+10,3	+1,4	VT	+11,5	+0,6	T
2013	+10,3	+1,4	VT	+11,6	+0,7	T
2014	+11,1	+2,2	MT	+12,2	+1,3	VT
\bar{x} 2005 – 2014	+10,1	+1,2	T	+11,2	+0,3	N

kde: \bar{x} (2005 – 2014) – priemer za roky 2005 – 2014; DP – dlhodobý priemer; odch. – odchýlka (teplota – DP); N – normálny; T – teplý; VT – veľmi teplý; MT – mimoriadne teplý

Už z dlhodobého priemeru vyplýva, že teplota počas celého roka v Karcagu, ktorý sa nachádza ešte viac na juh ako Milhostov, je o 2 °C vyššia. Z hodnotenia jednotlivých rokov sledovaného obdobia vyplýva, že v Milhostove sa vyskytli len dva roky teplotne na úrovni dlhodobého priemeru (roky 2005 a 2010), dva roky teplé (roky 2006 a 2011), päť rokov veľmi teplých (2007, 2008, 2009, 2012, 2013) a rok 2014 bol mimoriadne teplý. V Karcagu prevládali roky s normálnym priebehom teplôt (roky 2005, 2006, 2008, 2010, 2011), štyri roky (2007, 2009, 2012 a 2013) boli teplé a rok 2014 bol veľmi teplý. V priemere hodnotené obdobie rokov 2005 – 2014 bolo v Milhostove teplé, zatiaľ čo v Karcagu bolo na úrovni normálu.

Pre optimálny vývoj poľných plodín a pre tvorbu úrody je dôležitý priebeh teplôt vzduchu počas vegetačného obdobia, t. j. v mesiacoch apríl až september. Ako vyplýva z tab. 2., pre Karcag je dlhodobý priemer teploty vzduchu pre vegetačné obdobie 18,5 °C, čo je o 2,5 °C viac ako v Milhostove.

V sledovanom období rokov 2005 – 2014 bolo v Karcagu teplé len vegetačné obdobie v roku 2012, všetky ostatné vegetačné obdobia boli teplotne normálne. Poukazuje to na vyrovnanosť počasia bez veľkých výkyvov. V Milhostove v rokoch 2005 – 2014 prevládali veľmi teplé vegetačné obdobia (roky 2007, 2009, 2012, 2013), pred teplými (roky 2006, 2010, 2013) a normálnymi (roky 2005,

2008). Z tohto porovnania vyplýva, že v Milhostove bolo vegetačné obdobie v priemere za roky 2005 – 2014 teplé, ale v Karcagu bolo normálne.

Tab.2. Priemerná teplota vzduchu za apríl až september v Milhostove a v Karcagu

Rok	Milhostov			Karcag		
	°C	odchýlka °C	hodnotenie	°C	odchýlka °C	hodnotenie
DP	+16,0	0,0	N	+18,5	0,0	N
2005	+16,7	+0,7	N	+17,5	-1,0	N
2006	+17,1	+1,1	T	+17,9	-0,6	N
2007	+17,9	+1,9	VT	+19,0	+0,5	N
2008	+16,5	+0,5	N	+17,8	-0,7	N
2009	+17,7	+1,7	VT	+19,2	+0,7	N
2010	+17,0	+1,0	T	+17,6	-0,9	N
2011	+17,6	+1,6	VT	+19,1	+0,6	N
2012	+18,1	+2,1	VT	+19,7	+1,2	T
2013	+17,4	+1,4	T	+18,6	+0,1	N
2014	+17,2	+1,2	T	+18,2	-0,3	N
\bar{x} 2005 – 2014	+17,3	+1,3	T	+18,5	0,0	N

kde: \bar{x} (2005 – 2014) – priemer za roky 2005 – 2014; DP – dlhodobý priemer; odch. – odchýlka (teplota - DP); N – normálny; T – teplý; VT – veľmi teplý

Pre Milhostov je charakteristické nerovnomerné rozdelenie zrážok, čo spolu s vyššími teplotami vzduchu je prejavom prebiehajúcej klimatickej zmeny. Stále častejšie sa vyskytujú prívalové zrážky rezultujúce do povodní, ale tiež dlhotrvajúce obdobia bez zrážok. Lokalita Karcag je chudobnejšia na dažďové zrážky, čo v porovnaní s Milhostovom (dlhodobý normál 550 mm za rok) je za rok o 49 mm menej (tab. 3.).

Tab.3. Suma zrážok za január až december v Milhostove a v Karcagu

Rok	Milhostov			Karcag		
	mm	% DN	hodnotenie	mm	% DN	hodnotenie
DN	550	100,0	N	501	100,0	N
2005	635	115,5	V	742	148,1	MV
2006	556	101,1	N	584	116,6	V
2007	543	98,7	N	549	109,6	N
2008	554	100,7	N	568	113,4	V
2009	584	106,2	N	547	109,2	N
2010	935	170,0	MV	888	177,2	MV
2011	525	95,5	N	386	77,0	VS
2012	490	89,1	S – N	347	69,3	VS
2013	530	96,4	N	575	114,8	V
2014	613	111,5	V	630	125,7	V
\bar{x} 2005 – 2014	597	108,5	N	582	116,2	V

kde: \bar{x} (2005 – 2014) – priemer za roky 2005 – 2014; DN – dlhodobý normál; VS – veľmi suchý; S – suchý; N – normálny; V – vlhký; MV – mimoriadne vlhký

V Milhostove sa v rokoch 2005 – 2014 vyskytlo šesť rokov na úrovni zrážkového normálu (roky 2006, 2007, 2008, 2009, 2011, 2013), rok 2012 bol na rozhraní suchého a normálneho, roky 2005 a 2014 boli vlhké a rok 2010 bol mimoriadne vlhký. Z uvedeného vyplýva určitá vyrovnanosť zrážok v Milhostove, ale prejavil sa aj extrém, keď v roku 2010 spadlo 935 mm, čo je až 170,0 % dlhodobého normálu. V Karcagu boli v hodnotenom období len dva roky (2007 a 2009) zrážkovo normálne. Roky 2011 a 2012 boli veľmi suché (77,0 %, resp. 69,3 % DN), vo vlhkých rokoch (2006, 2008, 2013 a 2014) zrážky dosiahli 113,4 – 125,7 % DN. V Karcagu boli roky 2004 a 2010 mimoriadne vlhké, keď 742 mm, resp. 888 mm dažďových zrážok predstavovalo 148,1 % DN, resp. 177,2 % DN.

Dlhodobý normál zrážok počas vegetačného obdobia je pre Milhostov 348 mm a pre Karcag 307 mm (tab. 4.). V Milhostove sa suché vegetačné obdobie v hodnotených rokoch nevyskytlo a prevažovali zrážkovo normálne vegetačné obdobia (roky 2006 – 2009, 2011 – 2013). Vegetačné obdobie rokov 2005 a 2014 bolo vlhké (139,1 %, resp. 122,1 % DN) a v roku 2010 mimoriadne vlhké (715 mm, resp. 205,5 % DN).

Tab.4. Suma zrážok za apríl až september v Milhostove a v Karcagu

Rok	Milhostov			Karcag		
	mm	% DN	hodnotenie	mm	% DN	hodnotenie
DN	348	100,0	N	307	100,0	N
2005	484	139,1	V	560	182,4	MV
2006	402	115,5	N	396	129,0	V
2007	328	94,3	N	295	96,1	N
2008	376	108,0	N	404	131,6	V
2009	261	75,0	N	223	72,6	N
2010	715	205,5	MV	591	192,5	MV
2011	390	112,1	N	259	84,4	N
2012	307	88,2	N	207	67,4	S
2013	298	85,6	N	280	91,2	N
2014	425	122,1	V	404	131,6	V
\bar{x} 2005 – 2014	399	114,7	N	362	117,9	N

kde: \bar{x} (2005 – 2014) – priemer za roky 2005 – 2014; DN – dlhodobý normál; S – suchý; N – normálny; V – vlhký; MV – mimoriadne vlhký

V Karcagu bolo vegetačné obdobie roku 2012 suché, v rokoch 2007, 2009, 2011 a 2013 zrážkovo normálne. Vlhké boli vegetačné obdobia rokov 2006, 2008 a 2014 (396 – 404 mm). V roku 2010, podobne ako v Milhostove, bolo vegetačné obdobie mimoriadne vlhké a úhrn 591 mm zodpovedal 192,5 % DN.

Záver

Poznanie dlhších časových radov priemerných teplôt vzduchu a zrážkových úhrnov je dôležité pre voľbu vhodnej pestovateľskej technológie šetriacej pôdnu vlahu a vytvárajúcej vhodné prostredie pre optimálny priebeh produkčného procesu poľných plodín. Výsledkom sledovania vplyvu vybraných prvkov počasia na pôdy, ich vlastnosti a úrody plodín v rozdielnych lokalitách Slovenska a Maďarska bude návrh vhodnej pestovateľskej technológie pre obidve pokusné lokality.

PodĎakovanie. Táto práca bola podporovaná Agentúrou pre podporu výskumu a vývoja na základe zmluvy č. APVV-SK-HU-2013-0010.

Literatúra

HLAVATÁ, H. 2015. Počasie na Východoslovenskej nížine v roku 2014. In: XIX. Okresné dni vody: Recenzovaný zborník referátov. Zemplínska šírava : ÚH SAV Bratislava, VHZ Michalovce – SVP, š. p. OZ Košice, Povodie Laborca Michalovce, 2015, s. 69-74. ISBN 978-80-89139-34-7.

ZELEŇÁKOVÁ, M., PURCZ, P., HLA VATÁ, H., SOLÁKOVÁ, T. 2015. Trendy atmosférických zrážok na východnom Slovensku. In: XIX. Okresné dni vody: Recenzovaný zborník referátov. Zemplínska šírava : ÚH SAV Bratislava, VHZ Michalovce – SVP, š. p. OZ Košice, Povodie Laborca Michalovce, 2015, s. 41-46. ISBN 978-80-89139-34-7.

KOŽNAROVÁ, V., KLABZUBA, J. 2002. Doporučení WMO pro popis meteorologických, resp. klimatologických podmínek definovaného období. In: Rostlinná výroba, roč. 48, 2002, č. 4, s. 190-192.

LINKEŠ, V. – PESTÚN, V. – DŽATKO, M. 1996. Príručka pre používanie máp bonitovaných pôdno-ekologických jednotiek. 3. vyd. Bratislava : VÚPÚ, 1996. 103 s. ISBN 80-85361-19-1.

ANALÝZA SÚČASNÉHO STAVU KVALITY POVODIA RIEKY HORNÁD

Ing. Branislav LOCH¹, doc. Ing. Tomáš BAKALÁR PhD.²

¹ Technická univerzita v Košiciach, Fakulta BERG, Ústav zemských zdrojov, Letná 9, 042 00 Košice,
Branislav.Loch@tuke.sk

² Technická univerzita v Košiciach, Fakulta BERG, Ústav zemských zdrojov, Letná 9, 042 00 Košice,
Tomas.Bakalar@tuke.sk

Úvod

Voda je dôležitým článkom nášho ekosystému, je nutné ju monitorovať a sledovať jej kvalitu, pretože vplýva priamo na náš život. Vo väzbe na spoločnosť, voda zastáva veľkú úlohu, jednak zvýšenými požiadavkami spoločnosti na vodný zdroj a zo strany druhej znečisťovaním vodného zdroja. Povrchová voda tečúca v našich vodných tokoch je vystavená znečisťovaniu ľudským faktorom, priemyslom, poľnohospodárstvom, dopravou a podobne. Hodnotenie kvality vody sa stáva akýmsi merítkom na určenie vodného zdroja pre rôzne oblasti hospodárstva a pre domácnosť samotnú. Neustále monitorovanie procesov vedie k eliminácii znečisťovania povrchových ale aj podzemných vôd.

Materiál a metódy

Podľa dostupných zdrojov je známe, že základný monitoring sa vykonáva v dostatočnom počte útvarov povrchových vôd tak, aby bolo možné zhodnotiť celkový stav povrchovej vody povodia. Na zhodnotenie kvality povrchovej vody v povodí rieky Hornád boli vybrané tri odberné miesta, na začiatku toku, v Hranovnici, v strede toku v Malej Lodine a na konci toku, kde opúšťa rieka územie Slovenska, v mieste Hidasnémeti. Na základe údajov z monitoringu boli v daných odberných miestach namerané ukazovatele pre hodnotenie kvality povrchovej vody. Kvalita vody sa klasifikuje samostatne pre každý jednotlivý ukazovateľ. Pre hodnotenie kvality vody boli stanovené ciele, podľa ktorých bola kvalita vody sledovaná, a to:

- poznanie súčasného stavu povodia rieky Hornád,
- identifikácia a kvantifikácia hlavných problémov znečistenia,
- využitie výsledkov analýzy pre výskumnú činnosť.

Postup výpočtu merania hodnôt ukazovateľov (C90) sa stanovuje po väčšine v norme STN 75 7221. Charakteristická hodnota C90 a jej spôsob výpočtu závisí od početnosti sledovania, pretože ak je početnosť kontroly 24 a viac odberov, charakteristická hodnota zodpovedá hodnote C90 ako hodnota ukazovateľa kvality vody s pravdepodobnosťou neprekročenia 90 %, hodnota ukazovateľa rozpusteného kyslíka je s pravdepodobnosťou prekročenia 90 %. Početnosť v sledovaných miestach odberov je zväčša 12-krát ročne, a preto je potrebné pre výpočet charakteristickej hodnoty spojiť výsledky odberov za 2 roky. Klasifikácia sa preto vzťahuje na dané dvojročie. Ak je početnosť kontroly za dané obdobie od 11 do 23 odberov, charakteristická hodnota sa určuje ako priemer troch najnepriaznivejších hodnôt. Ak je početnosť kontroly nižšia ako 11 odberov, charakteristickou hodnotou je maximálna hodnota.

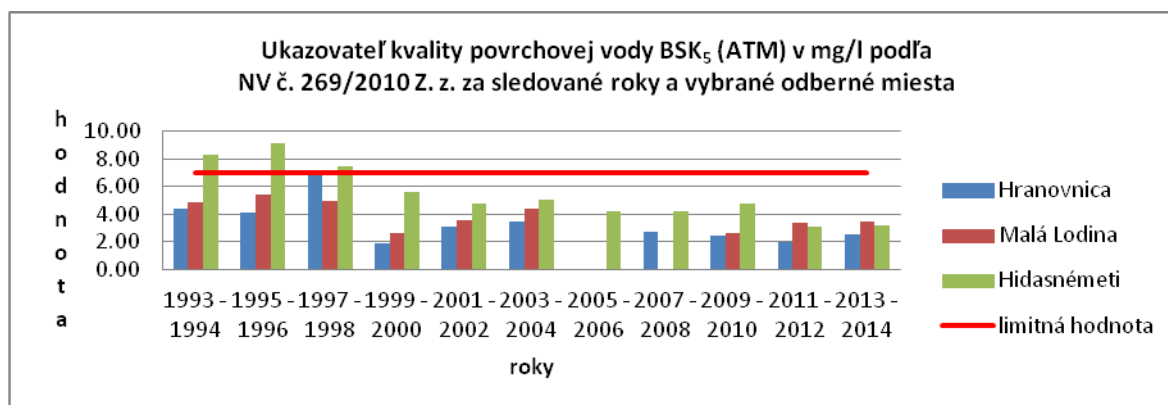
Výsledky a diskusia

Kvalita povrchovej vody bola hodnotená podľa ukazovateľov Nariadenia vlády SR č.269/2010 Z. z. uvedených v jej prílohe č. 1, kde bolo vybraných 18 parametrov. Z nameraných hodnôt boli vykonané analýzy pre stanovenie a monitorovanie kvality povrchovej vody povodia Hornád.

Na základe podrobnej analýzy hodnotenia ukazovateľov pre stanovenie kvality povrchovej vody v rieke Hornád, boli dosiahnuté nasledovné výsledky podľa jednotlivých ukazovateľov kvality povrchovej vody.

Sledované ukazovatele hodnotenia kvality vody

Ukazovateľ BSK₅ (ATM) - pri hodnotení výsledkov analýz ukazovateľa **biochemická spotreba kyslíka** s potlačením nitrifikácie za sledované obdobie sa ako medzná hodnota uvádza 7 mg/l. Z časového hľadiska mierne prekročenie nastalo v rokoch 1993 – 1994 a v rokoch 1997 – 1998. K maximálnemu prekročeniu došlo v minulosti rokoch 1995 – 1996, čo predstavovalo hodnotu 9,16 mg/l.



Obr. 1. Hodnotenie ukazovateľa BSK₅

Ako uvádza graf ukazovateľ **biochemická spotreba kyslíka má klesajúcu tendenciu**. K predmetným prekročeniam došlo v odberných miestach Hornád – Hranovnica a Hornád – Hidasnémeti, kde bolo v roku 1995 dosiahnuté maximálne prekročenie vyjadrené absolútnou hodnotou (18,0 mg/l). Z pohľadu vývoja hodnôt uvedeného ukazovateľa v budúcnosti je možné predpokladať ustálený až klesajúci stav s neprekračovaním medznej hodnoty.

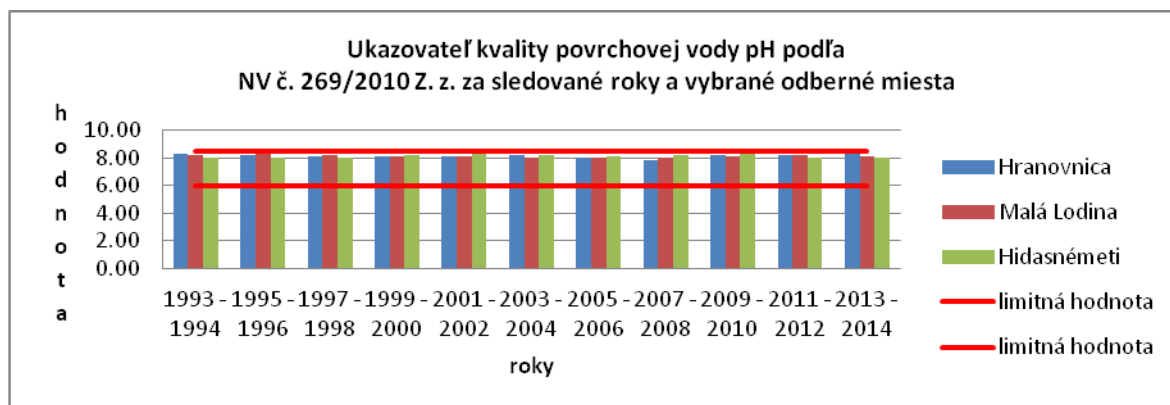
Ukazovateľ CHSK_{Cr} - pri hodnotení výsledkov analýz ukazovateľa **chemická spotreba kyslíka dichrómanom** za sledované obdobie sa ako medzná hodnota uvádza 35 mg/l. Z časového hľadiska k miernemu prekročeniu došlo v rokoch 1993 - 1994 a 2009 - 2010. K výraznému prekročeniu došlo v rokoch 2005 – 2006, v rokoch 2007 - 2008 bolo dosiahnuté maximálne prekročenie s extrémnou hodnotou (47,45 mg/l). K predmetným prekročeniam došlo najčastejšie v odbernom mieste Hornád – Hidasnémeti, kde bolo v roku 1995 dosiahnuté maximálne prekročenie vyjadrené absolútnou hodnotou (129,0 mg/l). Z pohľadu vývoja hodnôt uvedeného ukazovateľa v budúcnosti je možné predpokladať ustálený stav s neprekračovaním, resp. miernym prekročovaním medznej hodnoty.

Ukazovateľ CHSK_{Mn} - pri hodnotení výsledkov analýz ukazovateľa **chemická spotreba kyslíka manganistanom** za sledované obdobie sa ako medzná hodnota uvádza 15 mg/l. Pri uvedenom ukazovateli z časového ani z miestneho hľadiska nedošlo k prekročeniu stanovenej hodnoty. Z pohľadu vývoja hodnôt uvedeného ukazovateľa v budúcnosti je možné predpokladať ustálený stav s neprekračovaním medznej hodnoty.

Ukazovateľ pH - pri hodnotení výsledkov analýz ukazovateľa **reakcia vody** za sledované obdobie sa ako rozpätie hodnôt uvádza 6 – 8,5. Pri uvedenom ukazovateli z časového ani z miestneho hľadiska nedošlo k prekročeniu stanovených hodnôt. Z pohľadu vývoja hodnôt uvedeného ukazovateľa v budúcnosti je možné predpokladať ustálený stav s neprekračovaním rozpätia hodnôt. Ako vidieť na grafe, hodnoty v každom odbernom mieste splňali limitnú hranicu.

Ukazovateľ RL₁₀₅ - pri hodnotení výsledkov analýz ukazovateľa **rozpuštné látky, sušené pri 105 °C** za sledované obdobie sa ako medzná hodnota uvádza 900 mg/l. Pri uvedenom ukazovateli z časového ani z miestneho hľadiska nedošlo k prekročeniu stanovenej hodnoty. Z pohľadu vývoja hodnôt

uvedeného ukazovateľa v budúcnosti je možné predpokladať ustálený stav s neprekračovaním medznej hodnoty.

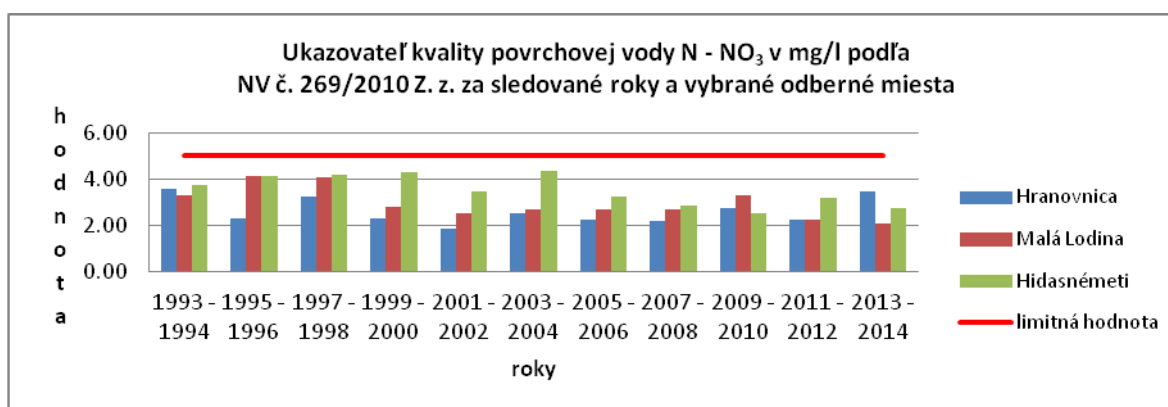


Obr. 2. Hodnotenie ukazovateľa pH

Ukazovateľ Mn - pri hodnotení výsledkov analýz ukazovateľa **mangán celkový** za sledované obdobie sa ako medzná hodnota uvádza 0,3 mg/l. Z časového hľadiska k miernemu prekročeniu došlo v rokoch 1993 – 1994. K výraznému prekročeniu došlo v rokoch 2005 - 2006, kedy bolo dosiahnuté maximálne prekročenie (0,427 mg/l). K predmetným prekročeniam došlo v odbernom mieste Hornád – Hidasnémeti, kde bolo v roku 1995 dosiahnuté maximálne prekročenie vyjadrené absolútnou hodnotou (1,746 mg/l). Z pohľadu vývoja hodnôt uvedeného ukazovateľa v budúcnosti je možné predpokladať ustálený stav s neprekračovaním, resp. miernym prekročovaním medznej hodnoty.

Ukazovateľ N – NO₂ - pri hodnotení výsledkov analýz ukazovateľa **dušitanový dusík** za sledované obdobie sa ako medzná hodnota uvádza 0,02 mg/l. Z časového hľadiska k miernemu prekročeniu dochádzalo každoročne, v rokoch 1995 – 1996 a 1997 - 1998 došlo k výraznému prekročeniu. V rokoch 1993 - 1994 bolo dosiahnuté maximálne prekročenie s extrémnou hodnotou, a to 0,244 mg/l. K predmetným prekročeniam došlo najčastejšie v odbernom mieste Hornád – Hidasnémeti, kde bolo v roku 1993 dosiahnuté maximálne prekročenie vyjadrené absolútnou hodnotou (0,6 mg/l). Pravidelne je medzná hodnota mierne prekročovaná aj v odbernom mieste Hornád – Malá Lodina a Hornád – Hranovnica. Z pohľadu vývoja hodnôt uvedeného ukazovateľa v budúcnosti je možné predpokladať ustálený stav s miernym a ojedinele zvýšeným prekročovaním medznej hodnoty.

Ukazovateľ N – NO₃ - pri hodnotení výsledkov analýz ukazovateľa **dušičnanový dusík** za sledované obdobie sa ako medzná hodnota uvádza 5 mg/l. Pri uvedenom ukazovateli z časového ani z miestneho hľadiska nedošlo k prekročeniu stanovenej hodnoty. Z pohľadu vývoja hodnôt uvedeného ukazovateľa v budúcnosti je možné predpokladať ustálený stav s neprekračovaním medznej hodnoty. Je to jeden z mála ukazovateľ, ktorého hodnota nebola prekročená v žiadnom meranom odbernom mieste, ako uvádza nasledujúci graf:



Obr. 3. Hodnotenie ukazovateľa N-NO₃

Ukazovateľ P_{celk} - pri hodnotení výsledkov analýz ukazovateľa **fosfor celkový** za sledované obdobie sa ako medzná hodnota uvádza 0,4 mg/l. Z časového hľadiska k miernemu prekročeniu došlo v rokoch 1995 – 1996 a 2002 - 2002. K výraznejšiemu prekročeniu došlo v rokoch 2003 - 2004, v rokoch 1993 - 1994 bolo dosiahnuté maximálne prekročenie s extrémnou hodnotou (0,72 mg/l). K predmetným prekročeniam došlo v odbernom mieste Hornád – Hidasnémeti, kde bolo v roku 1993 dosiahnuté maximálne prekročenie vyjadrené absolútnou hodnotou (0,965 mg/l).

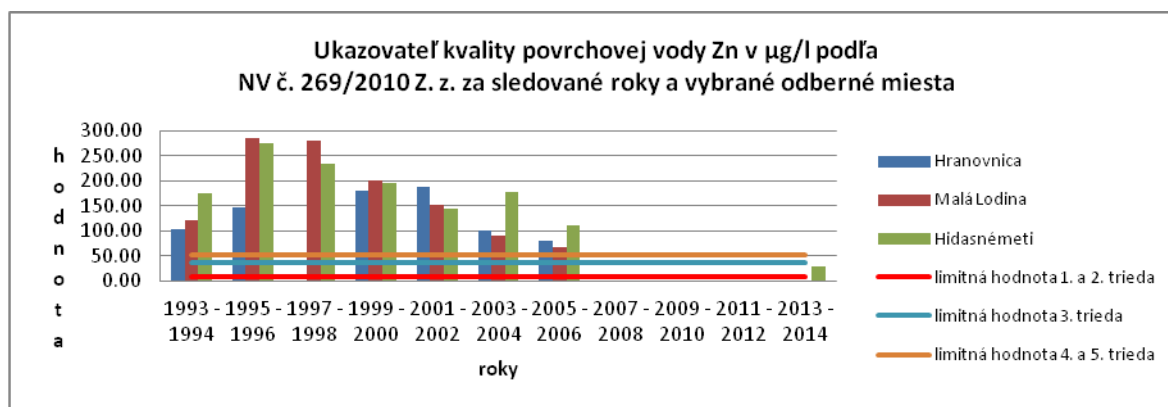
Ukazovateľ Al - pri hodnotení výsledkov analýz ukazovateľa **hliník** za sledované obdobie sa ako medzná hodnota uvádza 200 $\mu\text{g/l}$. Z časového hľadiska k zvýšenému prekročeniu došlo v rokoch 2005 - 2006. V rokoch 2003 - 2004 bolo dosiahnuté maximálne prekročenie s extrémnou hodnotou, a to 2 340,0 $\mu\text{g/l}$. K predmetným prekročeniam došlo v odbernom mieste Hornád – Hidasnémeti, kde bolo v roku 2004 dosiahnuté aj maximálne prekročenie vyjadrené absolútnou hodnotou (2340,0 $\mu\text{g/l}$).

Ukazovateľ NEL - pri hodnotení výsledkov analýz ukazovateľa **nepolárne extrahovateľné látky (ÚV, IČ)** za sledované obdobie sa ako medzná hodnota uvádza 0,1 mg/l. Z časového hľadiska k výraznejšiemu prekročeniu došlo v rokoch 2013 - 2014, v rokoch 1999 - 2000 bolo dosiahnuté maximálne prekročenie s extrémnou hodnotou (0,24 mg/l). K predmetným prekročeniam došlo v odberných miestach Hornád – Hidasnémeti a Hornád – Hranovnica, maximálne prekročenie bolo v roku 1994 dosiahnuté v odbernom mieste Hornád – Malá Lodina vyjadrené absolútnou hodnotou (1,1 mg/l).

Ukazovateľ AOX - pri hodnotení výsledkov analýz ukazovateľa **adsorbovateľné organicky viazané halogény** za sledované obdobie sa ako medzná hodnota uvádza 20 $\mu\text{g/l}$. Z časového hľadiska k miernemu prekročeniu došlo v rokoch 2003 - 2004, 2007 – 2008, 2009 – 2010 a 2013 - 2014. K výraznému prekročeniu došlo v rokoch 2005 - 2006, v rokoch 2003 - 2004 bolo dosiahnuté maximálne prekročenie s extrémnou hodnotou (72,0 $\mu\text{g/l}$). K predmetným prekročeniam došlo v odbernom mieste Hornád – Hranovnica a Hornád – Hidasnémeti, kde bolo v roku 2005 dosiahnuté aj maximálne prekročenie vyjadrené absolútnou hodnotou (75 $\mu\text{g/l}$).

Ukazovatele kvality vody kategorizované ako nesyntetické látky

Ukazovateľ As - pri hodnotení výsledkov analýz ukazovateľa **arzén** za sledované obdobie sa ako medzná hodnota uvádza 7,5 $\mu\text{g/l}$. Z časového hľadiska mierne prekročenie nastalo v rokoch 1993 – 1994, 1995 – 1996, 1997 – 1998, 1999 – 2000 a 2001 – 2002. K výraznému prekročeniu došlo v rokoch 1999 – 2000. K maximálnemu prekročeniu došlo v rokoch 1999 – 2000 s extrémnou hodnotou (77,70 $\mu\text{g/l}$). K predmetným prekročeniam došlo v odberných miestach Hornád – Malá Lodina, Hornád – Hidasnémeti a Hornád – Hranovnica, kde bolo v roku 1999 dosiahnuté aj maximálne prekročenie vyjadrené absolútnou hodnotou (77,70 $\mu\text{g/l}$).



Obr. 4. Hodnotenie ukazovateľov Zn

Ukazovateľ Zn - pri hodnotení výsledkov analýz ukazovateľa **zinok** za sledované obdobie sa ako medzná hodnota pre 1. a 2. triedu uvádza 7,8 $\mu\text{g/l}$, pre 3. triedu uvádza 35,1 $\mu\text{g/l}$ a pre 4. a 5. triedu

uvádza 52,0 µg/l. Z časového hľadiska miernemu a zvýšenému prekročeniu pre všetky triedy došlo takmer každoročne. K maximálnemu prekročeniu došlo v rokoch 1995 - 1996 s extrémnou hodnotou (285,45 µg/l). K predmetným prekročeniam došlo v odberných miestach Hornád – Hranovnica, Hornád – Hidasnémeti a Hornád – Malá Lodina, kde bolo v roku 1996 dosiahnuté aj maximálne prekročenie vyjadrené absolútnou hodnotou, a to 470,1 µg/l.

Ukazovatele kvality vody kategorizované ako syntetické látky

Ukazovateľ PCB - pri hodnotení výsledkov analýz ukazovateľa **polychlórované bifenyly a jeho kongenéry** za sledované obdobie sa ako medzná hodnota uvádza 10 ng/l. Z časového hľadiska k miernemu prekročeniu došlo v rokoch 1993 – 1994, 2001 - 2002, 2003 - 2004, 2005 – 2006 a 2009 - 2010. K výraznejšiemu prekročeniu došlo v rokoch 2003 - 2004. V rokoch 1999 – 2000 bolo dosiahnuté maximálne prekročenie s extrémnou hodnotou (440,0 ng/l). K predmetným prekročeniam došlo v odberných miestach Hornád – Hidasnémeti, Hornád – Malá Lodina a Hornád – Hranovnica, kde bolo v roku 1999 dosiahnuté aj maximálne prekročenie vyjadrené absolútnou hodnotou (440,0 ng/l). Z pohľadu vývoja hodnôt uvedeného ukazovateľa v budúcnosti je možné predpokladať ustálený stav s neprekračovaním, resp. miernym prekračovaním medznej hodnoty.

Ukazovatele kvality vody kategorizované ako hydrobiologické a mikrobiologické ukazovatele

Ukazovateľ KB - pri hodnotení výsledkov analýz ukazovateľa **koliformné baktérie** za sledované obdobie sa ako medzná hodnota uvádza 100 KTJ/ml. Z časového hľadiska k miernemu prekročeniu dochádzalo každoročne, v rokoch 1995 – 1996 a 1997 - 1998 došlo k výraznému prekročeniu. V rokoch 1997 – 1998 bolo dosiahnuté maximálne prekročenie s extrémnou hodnotou (32266,70 KTJ/ml). K predmetným prekročeniam došlo najčastejšie v odberných miestach Hornád – Hidasnémeti, Hornád – Malá Lodina a Hornád – Hranovnica, kde bolo v roku 1998 dosiahnuté maximálne prekročenie vyjadrené absolútnou hodnotou (50000,0 KTJ/ml).

Ukazovateľ TKB - pri hodnotení výsledkov analýz ukazovateľa **termotolerantné koliformné baktérie** za sledované obdobie sa ako medzná hodnota uvádza 20 KTJ/ml. Z časového hľadiska k miernemu až výraznejšiemu prekročeniu dochádzalo každoročne. V roku 2006 bolo dosiahnuté maximálne prekročenie s extrémnou hodnotou (30000,0 KTJ/ml). Pravidelne je medzná hodnota prekračovaná v odbernom mieste Hornád – Malá Lodina a Hornád – Hidasnémeti, v odbernom mieste Hornád – Hranovnica bolo v roku 2006 dosiahnuté maximálne prekročenie vyjadrené absolútnou hodnotou (30 000,0 KTJ/ml).

Ukazovateľ EK - pri hodnotení výsledkov analýz ukazovateľa **črevné enterokoky** za sledované obdobie sa ako medzná hodnota uvádza 10 KTJ/ml. Z časového hľadiska k miernemu prekročeniu dochádzalo každoročne, v rokoch 2003 – 2004 a 2013 - 2014 došlo k výraznému prekročeniu. V rokoch 2011 – 2012 bolo dosiahnuté maximálne prekročenie s extrémnou hodnotou (714,0 KTJ/ml). K predmetným prekročeniam došlo najčastejšie v odbernom mieste Hornád – Hidasnémeti, kde bolo v roku 2011 dosiahnuté maximálne prekročenie vyjadrené absolútnou hodnotou (2 050 KTJ/ml). Pravidelne je medzná hodnota mierne až výrazne prekračovaná aj v odbernom mieste Hornád – Hranovnica.

Záver

Vo všeobecnosti sa dá konštatovať, že vo vývoji sledovaných hodnôt nastalo pri väčšine hodnotených ukazovateľov v priebehu sledovaného obdobia zlepšenie, ukazovatele vykazujú pozitívnu tendenciu s klesajúcim a ustáleným stavom. Pozitívne sa javí neprekračovanie medzných hodnôt pri štyroch ukazovateľoch.

Maximálne hodnoty boli zväčša dosahované v rokoch 1993 – 1998 a 2003 – 2010 s následným poklesom. Ukazovatele kvality vody viažuce sa na priemyselnú činnosť zaznamenali po rokoch 1993 – 1998 a 2003 – 2010 klesajúcu tendenciu, na čo s najväčšou pravdepodobnosťou malo vplyv postupné zastavenie resp. znižovanie priemyselnej produkcie, najmä v oblasti Krompachy. V mnohých

prípadoch sa na zlepšení hodnôt týchto ukazovateľov podieľala aplikácia opatrení, ktoré v jestvujúcich prevádzkach znižujú, resp. úplne eliminujú hodnoty predmetných ukazovateľov. Ďalším prínosom k zlepšovaniu stavu má výstavba priemyselných parkov s už zapracovanými opatreniami na minimalizáciu hodnôt uvedených ukazovateľov.

Ukazovatele kvality vody týkajúce sa infraštruktúry čistiarní odpadových vôd a kanalizačných sústav zaznamenávajú vyrovnaný, avšak nepriaznivý charakter s prekračovaním hraničných hodnôt. Podľa informácií od vodárenských spoločností v pôsobnosti na dotknutom povodí je infraštruktúra čistiarní odpadových vôd a kanalizačných sústav vybudovaná a funkčná na úrovni väčších aglomeráciách (Spišská Nová Ves, Krompachy, Margecany, Kysak, Košice), ale aj niektorých menších obciach, ako sú Hranovnica a Družstevná pri Hornáde. V ostatných menších aglomeráciách je takáto infraštruktúra nevybudovaná, v nefunkčnom, resp. nedostatočne fungujúcom stave, teda odpadové vody sú priamo vypúšťané do toku bez ich predchádzajúceho čistenia. Pozitívom je budovanie a rekonštrukcia čistiarní odpadových vôd a kanalizačných sústav aj v menších obciach s kvalitnými technológiami za využitia štrukturálnych fondov Európskej únie.

Medzi ďalšie ukazovatele kvality vody patria ukazovatele týkajúce sa poľnohospodárskej činnosti, kde sa ako primárne javia prostriedky na jej intenzifikáciu (umelé hnojivá, prostriedky určené na ochranu rastlín a iné) a nezabezpečenými skládkami maštalného hnoja a pod. Pre zlepšenie tohto stavu je nevyhnutné dodržiavanie technologických postupov pri skladovaní, zaobchádzaní a aplikovaní priemyselných a organických hnojív, herbicídov a pesticídov a pod., budovanie čistiarní odpadových vôd pre poľnohospodárske podniky. Niektoré z týchto opatrení sa postupne uvádzajú do praxe, čo sa javí ako pozitívne.

Literatúra

Databáza výsledkov kvality povrchových vôd za roky 1993-2014 – databáza Slovenského vodohospodárskeho podniku, š.p., OZ Košice

Nariadenie vlády Slovenskej republiky č. 296/2010 Z.z., ktorým sa ustanovujú požiadavky na kvalitu a kvalitatívne ciele povrchových vôd a limitné hodnoty ukazovateľov znečistenia odpadových vôd a osobitných vôd.

STN 75 7221: Kvalita vody. Klasifikácia kvality povrchových vôd (1999)

Výročná správa Výskumného ústavu vodného hospodárstva za rok 2014.

MONITORING OBSAHU DUSIČNANOV V DOMOVÝCH STUDNIACH V OBCIACH MICHALOVSKÉHO A SOBRANECKÉHO OKRESU

Ing. Dana PAVELKOVÁ, PhD.¹, Ing. Oliver PETRÍK²

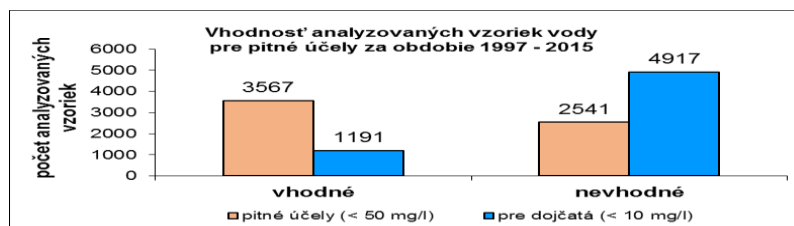
¹ÚH SAV Bratislava – Výskumná hydrologická základňa Michalovce, Hollého 42 pavelkova@uh.savba.sk
²VVS a.s. Košice, Závod Michalovce, Hviezdoslavova 50, Oliver.Petrik@vodarne.eu

Úvod

Pre občanov okresu Michalovce a Sobrance sú každoročne robené bezplatné analýzy vzoriek vody z domových studní na zistenie obsahu dusičnanov (NO_3^-) v podzemnej vode. Je to tradičná sprievodná akcia Okresných dní vody v Michalovciach pre obce, v ktorých nie je vybudovaný verejný vodovod. Záujem o túto akciu stále trvá a v roku 2015 ju využilo 221 obyvateľov. Tento príspevok analyzuje výsledky monitoringu obsahu dusičnanov v pitnej vode z domových studní v rokoch 1997-2015.

Výsledky a diskusia;

Od roku 1997 - počas 19 rokov, čo sa Okresné dni vody v Michalovciach organizujú využilo - **6108** domácností zo **125 obcí** okresu Michalovce a Sobrance možnosť dať si urobiť bezplatnú analýzu vody z domovej studne (tab.1). Na obrázku 1 je znázornené hodnotenie vhodnosti všetkých analyzovaných vzoriek na pitné účely (obsah dusičnanov neprevyšuje 50 mg.l^{-1}) a tiež hodnotenie vhodnosti na prípravu stravy pre dojčatá (obsah dusičnanov neprevyšuje 10 mg.l^{-1}).



Obr. 1. Hodnotenie všetkých 6108 analyzovaných vzoriek vody z domových studní za obdobie rokov 1997-2015 z hľadiska vhodnosti na pitné účely a pre dojčatá.

Počty analyzovaných vzoriek podzemnej vody v okrese Michalovce za monitorované obdobie (1997-2015) sú uvedené v tabuľke 1. Za toto 19 ročné obdobie bolo až 41,6 % (2541) analyzovaných vzoriek podľa obsahu dusičnanov nevhodných na pitné účely. Pri hodnotení týchto vzoriek z pohľadu ich použitia na prípravu dojčenskej stravy pretrvávajú veľmi nepriaznivá situácia. Z tohto pohľadu bolo nevhodných až 80,5 % (4917) analyzovaných vzoriek (obr.1).

V sledovanom období (1997-2015) sa nevhodnosť analyzovaných vzoriek pohybovala od 20,1 % do 60,7 %. Najvyššie percento nevhodnosti hodnotených vzoriek podzemnej vody z domových studní bolo v roku 2003 (60,7 %). Najnižšia nevhodnosť bola zistená v roku 2005 (20,1 %) (obr.2).

Z pohľadu nevhodnosti použitia podzemnej vody z domových studní na prípravu stravy pre dojčatá ($\text{NO}_3^- > 10 \text{ mg.l}^{-1}$) bola zistená najvyššia nevhodnosť v roku 2003 (89,6%). Za celé hodnotené obdobie (1997-2014) sa nevhodnosť pohybovala od 53,2 % do 89,6 %, čo sú skutočne alarmujúce hodnoty (obr.2).

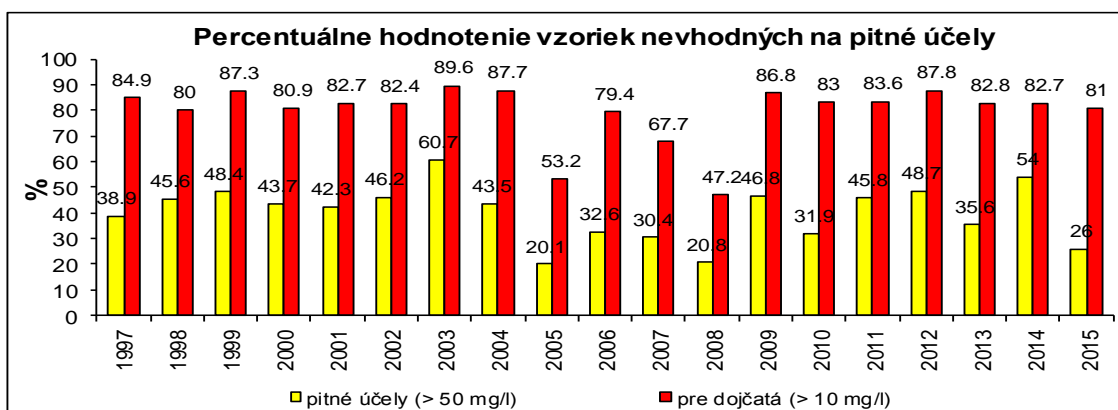
V roku 2015 bolo z 221 analyzovaných vzoriek vody z domových studní zo 65 obcí 163 vzoriek (74 %) vhodných na pitné účely (obsah dusičnanov menší, alebo rovný 50 mg.l^{-1}) a 58 vzoriek (26 %) nevhodných na pitné účely (obsah dusičnanov väčší ako 50 mg.l^{-1}). Z pohľadu vhodnosti používania vody z domových studní na prípravu dojčenskej stravy bola situácia nepriaznivejšia. Z celkového počtu analyzovaných vzoriek bolo pre dojčatá vhodných len 43 vzoriek (19 %) (obsah dusičnanov menší alebo rovný 10 mg.l^{-1}) a až 178 vzoriek (81 %) bolo nevhodných (tab.1).

Percentuálne hodnotenie analyzovaných vzoriek vody vhodných na pitné účely za hodnotené obdobie rokov 1997-2015 je znázornené na obrázku 3.

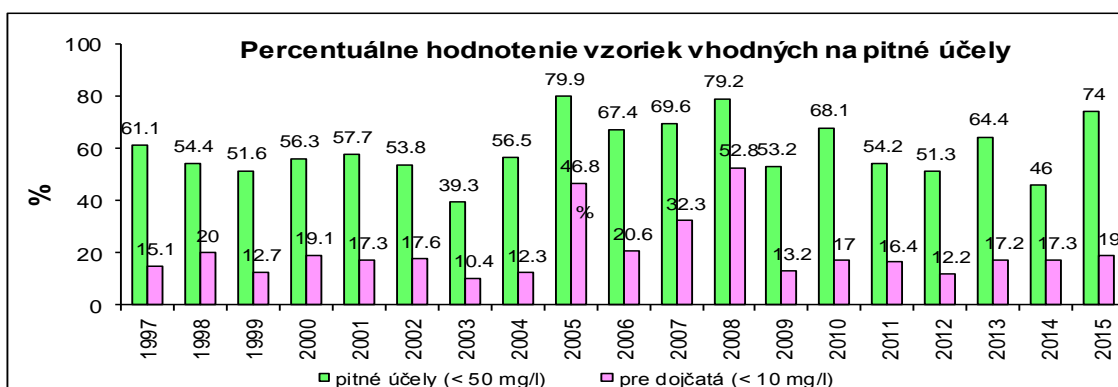
Tab. 1. Počet analyzovaných vzoriek vody z domových studní v okresoch Michalovce a Sobrance v rokoch 1997-2015 a ich vhodnosť / nevhodnosť pre pitné účely

Ukazovateľ		Analyzované vzorky	vhodné pre pitné účely (NO ₃ ⁻ < 50 mg.l ⁻¹)	nevhodné pre pitné účely (NO ₃ ⁻ > 50 mg.l ⁻¹)	vhodné pre príp. doj.potr. (NO ₃ ⁻ < 10 mg.l ⁻¹)	nevhodné pre príp. doj.potr. (NO ₃ ⁻ > 10 mg.l ⁻¹)
1997	počet	285	174	111	43	242
	%	100	61,1	38,9	15,1	84,9
1998	počet	250	136	114	50	200
	%	100	54,4	45,6	20	80
1999	počet	442	228	214	56	386
	%	100	51,6	48,4	12,7	87,3
2000	počet	844	476	368	161	683
	%	100	56,3	43,7	19,1	80,9
2001	počet	317	183	134	55	262
	%	100	57,7	42,3	17,3	82,7
2002	počet	626	337	289	110	516
	%	100	53,8	46,2	17,6	82,4
2003	počet	328	129	199	34	294
	%	100	39,3	60,7	10,4	89,6
2004	počet	218	123	95	27	191
	%	100	56,5	43,5	12,3	87,7
2005	počet	239	191	48	112	127
	%	100	79,9	20,1	46,8	53,2
2006	počet	334	225	109	69	265
	%	100	67,4	32,6	20,6	79,4
2007	počet	405	282	123	131	274
	%	100	69,6	30,4	32,3	67,7
2008	počet	140	111	29	74	66
	%	100	79,2	20,8	52,8	47,2
2009	počet	295	157	138	39	256
	%	100	53,2	46,8	13,2	86,8
2010	počet	135	92	43	23	112
	%	100	68,1	31,9	17	83
2011	počet	391	212	179	64	327
	%	100	54,2	45,8	16,4	83,6
2012	počet	197	101	96	24	173
	%	100	51,3	48,7	12,2	87,8
2013	počet	239	154	85	41	198
	%	100	64,4	35,6	17,2	82,8
2014	počet	202	93	109	35	167
	%	100	46	54	17,3	82,7
2015	počet	221	163	58	43	178
	%	100	74	26	19	81
Spolu 1997 - 2015	počet	6108	3567	2541	1191	4917
	%	100	58,4	41,6	19,5	80,5

V tabuľke 2 sú uvádzané obce s maximálnymi nameranými koncentraciami dusičnanov v pitnej vode z domových studní v okresoch Michalovce a Sobrance od prvých nameraných výsledkov dusičnanov v roku 1997 až do roku 2015. Aj na základe týchto výsledkov VVS, a.s. Košice postupne zapracovávala uvedené obce, za účelom znížiť zdravotné riziko obyvateľstva s vysokými koncentraciami dusičnanov v domových studniach, do svojich rozvojových plánov výstavby verejných vodovodov.



Obr. 2. Percentuálne hodnotenie analyzovaných vzoriek vody nevhodných na pitné účely za hodnotené obdobie rokov 1997-2015.



Obr. 3. Percentuálne hodnotenie analyzovaných vzoriek vody vhodných na pitné účely za hodnotené obdobie rokov 1997-2015.

Tab. 2. Obce s maximálnymi nameranými koncentraciami dusičnanov v pitnej vode z domových studní v rokoch 1997-2015 v okrese Michalovce a Sobrance

Rok	Obec	max NO ₃ ⁻ [mg.l ⁻¹]	Rok	Obec	max NO ₃ ⁻ [mg.l ⁻¹]	Rok	Obec	max NO ₃ ⁻ [mg.l ⁻¹]
1997	Dúbravka	287	2004	Vfbnica	452	2010	Bracovce	150
1998	Vinné	213	2005	Trhovište	183	2011	Moravany	100
1999	Zemplínska Široká	236	2006	Budkovce	276	2012	Vinné	129
2000	Budkovce - Horovce	245	2007	Bánovce n.Ondavou	500	2013	Vinné	120
2001	Bracovce	515	2008	Pozdišovce	341	2014	Trhovište	220
2002	M.Raškovce	453	2009	Vinné	213	2015	Lekárovice	250
2003	Zálužice	224						

V rámci Okresných dní vody sú na túto veľmi nepriaznivú situáciu každoročne upozorňovaní starostovia najmä tých obcí, v ktorých nie je vybudovaný verejný vodovod, ale aj obcí, v ktorých sa obyvatelia na verejný vodovod nenapájajú, aj keď v nich bol vodovod vybudovaný v rámci projektu EU „Zásobovanie pitnou vodou a odkanalizovanie JHV Zemplína“ a ďalších samostatne realizovaných projektov. Je potrebné, aby si tento nepriaznivý stav všimli aj zástupcovia štátnej správy a hľadali prostriedky na riešenie tohto nedostatku.

Na základe uvedeného v roku 2015 VVS a.s. Košice vyhlásila akciu NAPOJME SA! Akcia NAPOJME SA! mala za cieľ zvýšiť povedomie a napojenosť obyvateľstva na vybudované verejné vodovody hlavne v tých obciach, kde boli verejné vodovody vybudované za pomoci EÚ. V pôsobnosti závodu VVS a.s. Košice, závod Michalovce v roku 2015 v 14 tých obciach, kde boli vybudované vodovody v rámci projektu „Zásobovanie pitnou vodou a odkanalizovanie JHV Zemplína“ akcia

NAPOJME SA! podstatne zmenila napojenosť obyvateľstva na verejný vodovod (tab.3). Ako je vidieť z tabuľky č.3 celková napojenosť v obciach zapojených do akcie „NAPOJME SA!“ vzrástla zo 45,72% na 76,64% čo je nárast o 30,92%. Počet prípojok v 14 obciach zapojených do akcie stúpol z 1094 na 1834 prípojok, čo je nárast o 740 nových vodovodných prípojok.

VVS a.s. Košice aj v roku 2016 pripravuje pokračovanie akcie „NAPOJME SA!“ v obciach, ktoré sa v roku 2015 nezapojili, alebo nestihli reagovať na danú akciu.

Tab. 3. Obce zapojené do akcie NAPOJME SA!

P.č.	Obec	Pčet vybudovaných prípojok v rámci stavby	Počet napojených k 31.4.2015	% napojenia pred akciou "Napojme sa"	Projekt "NAPOJME SA"	Počet napojených k 31.12.2015	% napojenia po realizácii akcie "Napojme sa"	% zvýšenie napojenosti o
1	Senné	214	91	42,52	60	151	70,56	28,04
2	Palín	268	84	31,34	96	180	67,16	35,82
3	Kačanov	90	44	48,88	28	72	80,00	31,12
4	Bánovce n/Ondavou	230	118	51,30	59	177	76,96	25,66
5	Malé Raškovce	80	43	53,75	24	67	83,75	30,00
6	Slávkovce	124	66	53,23	53	119	95,97	42,74
7	Hažín	163	74	45,39	51	125	76,69	31,30
8	Hojné	100	55	55,00	19	74	74,00	19,00
9	Stretava	189	72	38,09	70	142	75,13	37,04
10	Stretavka	72	36	50,00	25	61	84,72	34,72
11	Zalužice	412	222	53,88	91	313	75,97	22,09
12	Lúčky	168	77	45,83	46	123	73,21	27,38
13	Falkušovce	191	69	36,12	85	154	80,63	44,51
14	Petríkovce	92	43	46,74	33	76	82,61	35,87
	Spolu prípojok	2393	1094	45,72	740	1834	76,64	30,92

Záver

Analýza obsahu dusičnanov v podzemnej vode v monitorovaných vzorkách vody z domových studní používanej na pitné účely, sa v okrese Michalovce a Sobrance uskutočňuje v rámci Okresných dní vody každoročne od roku 1997. Starostovia obcí aj verejnosť sú o výsledkoch informovaní na Okresných dňoch vody a prostredníctvom časopisu Vodné hospodárstvo na VSN. Z hodnotení týchto vzoriek vyplýva, že naďalej pretrváva veľmi nepriaznivá situácia či už z pohľadu vhodnosti na pitné účely ale hlavne z pohľadu vhodnosti na prípravu dojčenskej stravy. Danú situáciu je potrebné naďalej monitorovať ale aj hľadať prostriedky na riešenie tejto situácie.

Za hodnotené obdobie, aj napriek uvádzaným výsledkom a aktivite pracovníkov vo vodnom hospodárstve jednak organizovaním Okresných dní vody a zároveň výstavbou verejných vodovodov v obciach, v ktorých boli namerané najväčšie hodnoty dusičnanov, naďalej pretrváva nepriaznivá situácia v pripájaní sa obyvateľstva na vybudované kapacity verejných vodovodov.

PodĎakovanie. Táto práca bola podporovaná grantovou agentúrou VEGA 2/0062/16 a VVS a.s. Košice.

Literatúra

PAVELKOVÁ, D., PETRÍK, O. 2015. Analýza dusičnanov v domových studniach v rokoch 1997-2014 v okresoch Michalovce a Sobrance. Oliver Petrík. In XIX. Okresné dni vody : recenzovaný zborník referátov. - Bratislava, s. 87-90. ISBN 978-80-89139-34-7.

FUNKČNÁ DIVERZITA NA ÚZEMÍ SUCHÉHO POLDRA BEŠA

Mgr. Petra SEMANCOVÁ, PhD.¹, RNDr. Dana KOTOROVÁ, PhD.²,
prof. Ing. Danica FAZEKAŠOVÁ, PhD.¹

¹Katedra manažmentu, Fakulta environmentálneho manažmentu, Prešovská univerzita, 17 novembra 1, 080 16
Prešov, petrasemancova@unipo.sk, danica.fazekasova@unipo.sk

²NPPC– Výskumný ústav agroekológie Michalovce, Špitálska 1273, 071 01 Michalovce, kotorova@minet.sk

Úvod

Mikroorganizmy v každom prostredí kde sa vyskytujú vytvárajú spoločenstvá, alebo mikrobiocenózy. Mikrobiocenóza zahŕňa populácie všetkých mikroorganizmov v danom sledovanom ekosystéme. Mikroorganizmy sú prítomné prakticky vo všetkých prostrediach a sú zvyčajne prvými organizmami, ktoré reagujú na chemické a fyzikálne zmeny v prostredí. Zmeny v mikrobiálnych spoločenstvách sú často predzvesťou zmien v oblasti kvality pôdy a životaschopnosti životného prostredia ako celku.

Dôležitým aspektom biodiverzity je diverzita funkčná. Tesfaye et al. (2003) ju definujú ako funkčnú rozmanitosť spoločenstva, podľa DÍAZA a CABIDA (2001) ide o počet funkčných skupín organizmov v spoločenstve. Funkčná diverzita poukazuje na fyziologický stav skúmaného spoločenstva organizmov a je odrazom biologickej a ekologickej kvality prostredia. Je meraná na úrovni spoločenstva a stala sa významným faktorom pri hodnotení vplyvu stresorov na mikroorganizmy.

Významnou zložkou diverzity je okrem iných aj abundancia, resp. biomasa distribuovaná medzi druhmi (Pavoine a Doledec, 2005). Spoločenstvo zložené z desiatich druhov, ktorému dominuje jeden výrazne početnejší druh je menej diverzifikované než spoločenstvo s desiatimi rovnomerne početnými druhmi (Purvis a Hector, 2000).

Cieľom príspevku bol monitoring rozmanitosti mikroorganizmov na území suchého poldra Beša, ktoré je narušované nepravidelným zaplavením.

Materiál a metódy

Polder Beša (obr. 1) je suchá nádrž, ktorá bola vybudovaná v juhovýchodnej časti Východoslovenskej nížiny (VSN) pri obci Beša. Zo severu a západu polder ohraničuje ľavobrežná hrádza Laborca. Južnú hranicu tvorí pravobrežná hrádza Latorice. Z východu je polder ohraničený z časti východnou hrádzou a z časti hrádzou okolo obce Beša, ktorá na sever od obce prechádza vo vyvýšené hony, ktoré tvoria prirodzenú hranicu až po severnú hrádu. Polder Beša je druhým najväčším suchým poldrom v strednej Európe.

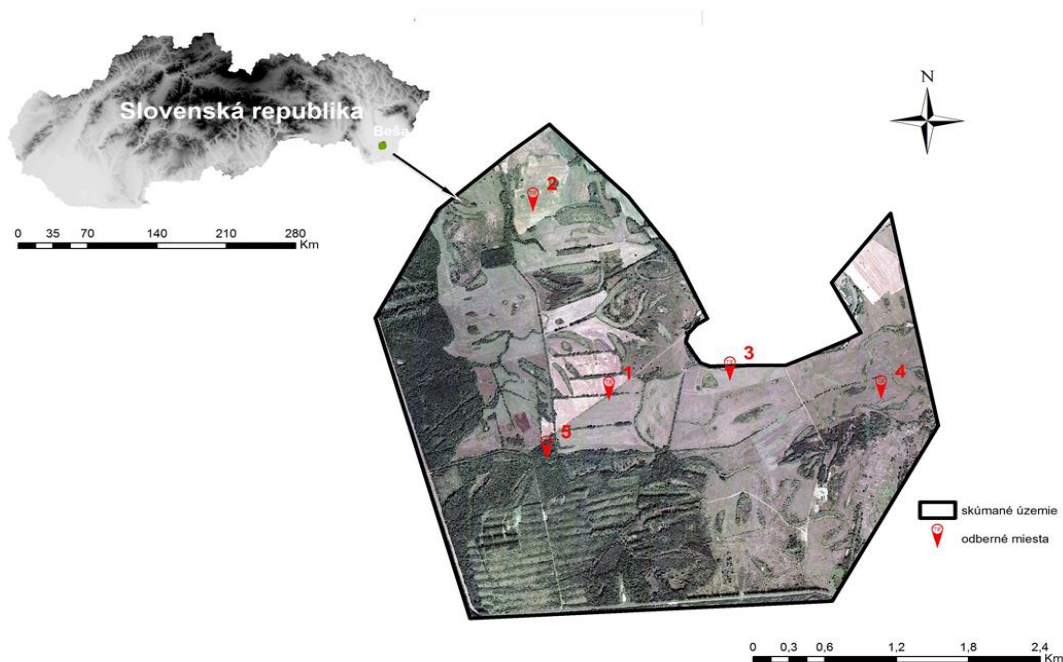
Odber pôdnych vzoriek pre kvantifikovanie mikrobiálneho spoločenstva sa uskutočnil v jarno-letnom období (máj – jún) z piatich výskumných profilov, ktoré sú zobrazené na obr. 1. Odbery pôdnych vzoriek sa vykonali podľa Vyhlášky ministerstva pôdohospodárstva SR č. 338/2005 a STN 10381-6.

Funkčná mikrobiálna diverzita mikroorganizmov sa stanovila metódou BIOLOG EcoPlates™ podľa Insama (1997). V čerstvých pôdnych vzorkách sme hodnotili metabolické profily mikrobiálnych spoločenstiev použitím 96-jamkových mikroplatničiek s označením BIOLOG EcoPlates™, ktorá obsahuje 31 substrátov v troch opakovaníach a tri kontrolné jamky. Mikroplatničky boli inkubované so 150 µl extraktu zo vzorky v 0,9% NaCl, v pomere 1: 10000 pri 27 °C počas 7 dní. Počas inkubácie vzoriek sme použili zariadenie ELx808 TM absorbancie Microplate Reader na denné určovanie hodnoty absorbancie pri 590 nm, zodpovedajúcej aktivite mikroorganizmov na rôznych substrátoch. Hodnota AWCD (Average well color Development) bola vypočítaná podľa Garlanda (1996).

Na vyhodnotenie diverzity sme použili Shannonov index (H'), ktorý zohľadňuje aj vyváženosť abundancie (početnosťou jedincov) jednotlivých druhov. Shannonov index sa vypočítal podľa vzorca:

$$H' = -\sum_{i=1}^s \frac{x_i}{N} \log_2 \frac{x_i}{N}$$

kde: S – celkový počet druhov, ni – počet jedincov i-teho druhu, N – celkový počet jedincov



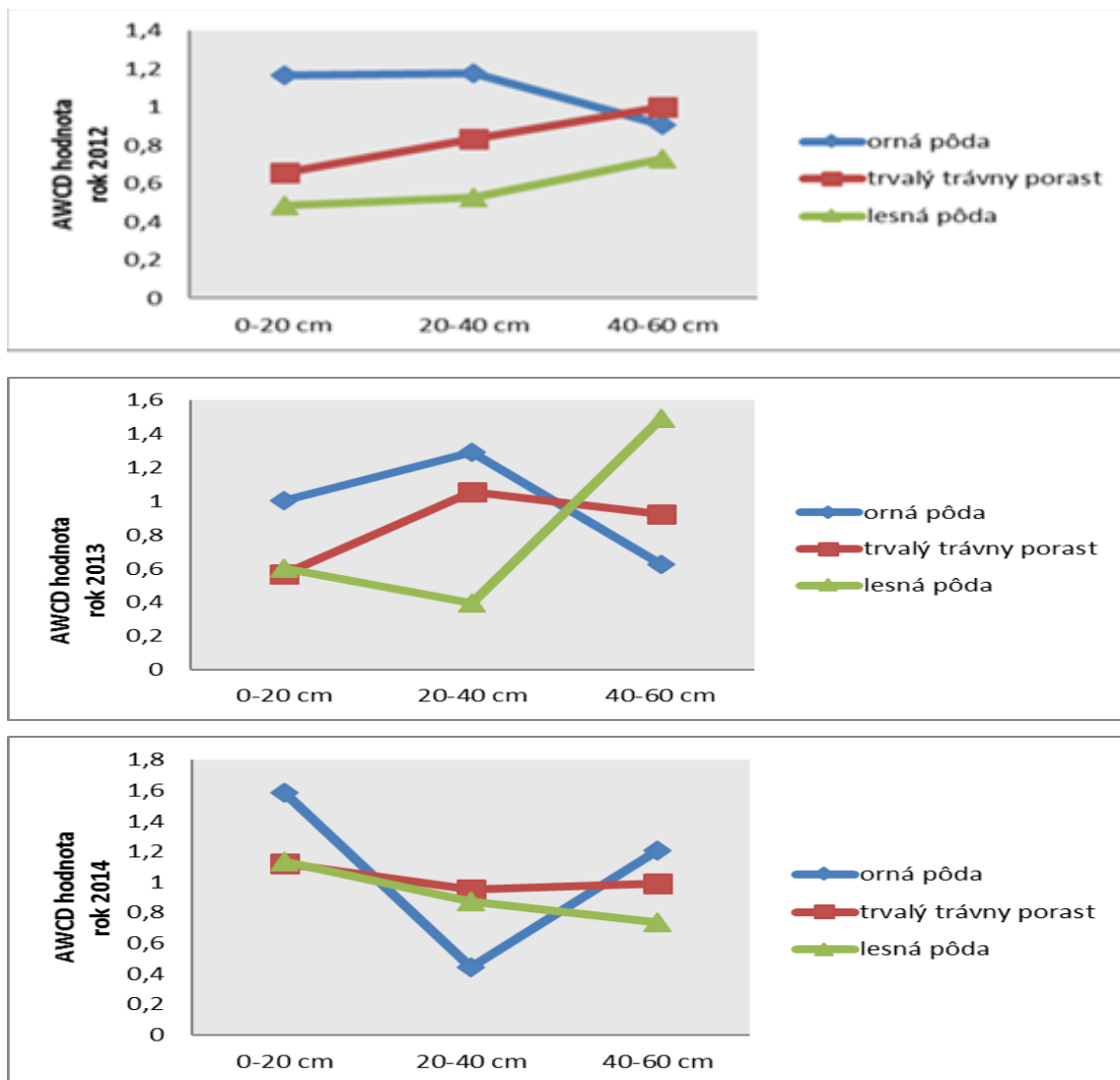
Obr. 1. Mapa vymedzenia územia suchého poldra Beša a lokalizácia miest odberu pôdnych vzoriek (NPPC – VÚPOP)

Výsledky a diskusia

Metóda BIOLOG® Eco Plates (Garland, 1997) umožňuje vyhodnotiť rozmanitosť mikrobiálnych spoločenstiev v pôde. Vývoj farby v jamkách mikroplatničky sa meria ako nárast absorbancie (najčastejšie pri vlnovej dĺžke $\lambda = 590$ nm). Farebný vývoj v každej jamke odráža aktivitu a hustotu druhov, rovnako ako schopnosť bakteriálnej komunity reagovať na jednotlivé substráty (Žák a kol., 1994). Dáta získané kvantifikáciou vyvíjania farby v jednotlivých jamkách sú zvyčajne vyjadrené ako individuálna optická hustota jamky, alebo priemerný vývoj farby (AWCD) (Garland a Mills, 1991; Preston-Mafham et al., 2002; Magurran a McGill, 2011). AWCD hodnota každej mikroplatničky sa získa výpočtom rozdielu medzi surovou optickou hustotou v každej jamke a v kontrolnej jamke, a potom súčtom všetkých týchto hodnôt a vydelením 95. Hodnoty metabolickej aktivity mikroroganizmov (AWCD hodnota) na území suchého poldra Beša sú vyjadrené na obr. 2.

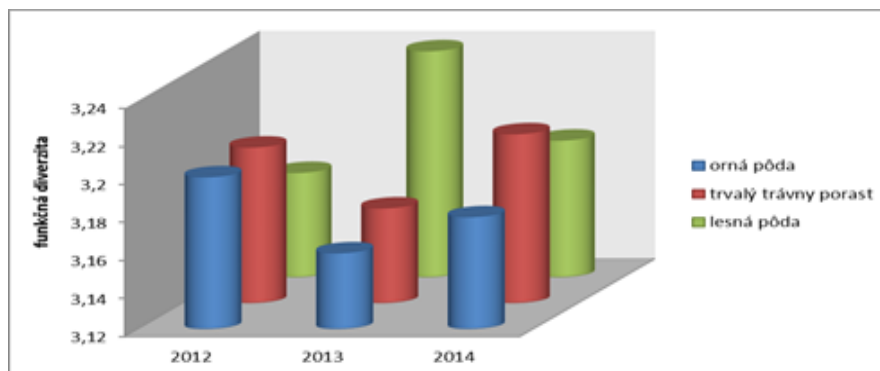
Hodnoty Shannonovho indexu diverzity mikroroganizmov sa pohybovali medzi 3,0 – 3,2 na ornej pôde, na trvalom trávnom poraste medzi 3,1 – 3,2 a od 3,0 – 3,2 v lesnej pôde (obr. 3). Najnižšiu rozmanitosť druhov sme zaznamenali na ornej pôdy, naopak maximálne hodnoty sme zaznamenali na trvalom trávnom poraste. Na základe výsledkov Shannonovho indexu diverzity mikroorganizmov môžeme konštatovať, že rozmanitosť organizmov na sledovaných ekosystémoch je nízka až stredná (2,5 – 3,3). Medzi sledovanými ekosystémami sme počas nášho výskumu zistili len nepatrné rozdiely.

Podľa Petcheya et al. (2006) najnižšiu (nulovú hodnotu) dosahujú monocenózy tvorené jediným druhom a najvyššiu hodnotu dosahujú spoločenstvá, v ktorých každý druh je zastúpený jedným jedincom. V prírode sa stretávame s nerovnomerným rozložením početnosti pre jednotlivé druhy a s rôznorodými hodnotami druhovej diverzity.



Obr. 2. Priemerné hodnoty vývoja farby v mikroplatničke na území suchého poldra Beša

Pre pôdne organizmy je typická vysoká diverzita. Platí hypotéza, že čím je diverzita vyššia, tým sú organizmy menšie, to súvisí pravdepodobne s extrémnou variabilitou pôdneho prostredia na všetkých priestorových úrovniach a obmedzenou schopnosťou migrácie väčšiny týchto organizmov (Gömöryová a kol., 2013).



Obr. 3 Priemerné hodnoty funkčnej diverzity na území suchého poldra Beša

Záver

Poznanie zmien vývoja pôdnych parametrov prispeje k predvídaníu možných negatívnych javov v ekosystéme a tým aj k zachovaniu biodiverzity a udržaniu stability prostredia. Funkčná diverzita poukazuje na fyziologický stav skúmaného spoločenstva organizmov a je odrazom biologickej a ekologickej kvality prostredia. Hodnoty funkčnej diverzity boli na sledovanom území nízke až stredné a poukázali na nepatrné rozdiely medzi sledovanými ekosystémami.

Pod'akovanie. Táto práca bola podporovaná APVV-0163-11, VEGA 1/0627/12, VEGA 1/0127/16 a KEGA 012 PU 4/2012.

Literatúra

- DÍAZ, S., CABIDO, M. 2001. Vive la différence: plant functional diversity matters to ecosystem processes. *Trends Ecol. Evol.*, 16, 646–655.
- GARLAND, J. L., MILLS, A. L. 1991. Classification and characterization of heterotrophic microbial communities on the basis of patterns of community-level-sole-carbon-source utilization. *Applied and Environmental Microbiology* 57, 2351-2359.
- GARLAND, J.L. 1996. Analysis and interpretation of community-level physiological profiles in microbial ecology, *FEMS Microbial Ecology* 24, pp 289-300.
- GARLAND, J. L. 1997. Analysis and interpretation of community-level physiological profiles in microbial ecology. In *FEMS Microbial Ecology*. ISSN 1574-6941, 1997, 24, p. 289-300.
- GÖMÖRYOVÁ, E., STŘELCOVÁ, K., ŠKVARENINA, J., GÖMÖRY, D. 2013 Responses of soil microorganisms and water content in forest floor horizons to environmental factors. *European Journal of Soil Biology*. 55. str. 71-76
- INSAM, H. 1997. A new set of substrates proposed for community characterization in environmental samples. In Insam, H. – Ranger, A. (Eds.). *Microbial communities: Functional versus structural approaches*. Heidelberg: Springer, 1997. pp. 260–261.
- MAGURRAN, A. E., MCGILL, B. J. 2011. *Biological Diversity. Frontiers in Measurement and Assessment*, Oxford University Press, USA.
- PAVOINE, S., DOLEDEC, S. 2005. The apportionment of quadratic entropy: a useful alternative for partitioning diversity in ecological data. *Environmental and Ecological Statistics* 12, 125–138.
- PETCHEY, O.L., GASTON, K.J. 2002. Functional diversity (FD), species richness, and community composition. *Ecol. Lett.*, 5, 402–411.
- PETCHEY, O.L., MCGRADY-STEED, J., MORIN, P.J. 2006. Measuring the functional diversity of food webs. In: *Dynamic Food Webs: Multispecies Assemblages, Ecosystem Development and Environmental Change* (eds De Ruiter, P. , Moore, J.C. & Wolters, V.). Elsevier Press, Amsterdam, pp. 334–347.
- PURVIS, A., HECTOR, A. 2000. Getting the measure of biodiversity. *Nature*, 405, 212–219.
- PRESTON-MAFHAM J., BODDY L., RANDERSON P. F. 2002. Analysis of microbial community functional diversity using sole-carbon-source utilisation profiles – a critique. *Microbiology Ecology* 42, 1-14
- TESFAYE, M., DUFAULT, N.S., DORNBUSCH, M.R., ALLAN, D.L., VANCE, C.P., SAMAC, D.A. 2003. Influence of enhanced malate dehydrogenase expression by alfalfa on diversity of rhizobacteria and soil nutrient availability. *Soil Biol. Biochem.*, 35, 1103–1113.
- ŽÁK, Š., LEHOČKÁ, Z., BIELIKOVÁ, M. 2006. Zmeny agrochemických vlastností pôd v ekologickom a low input systéme. In *Zborník vedeckých prác SCPV – VÚRV Piešťany*, 86- 89.

DODRŽIAVANIE LIMITOV PRI VYPÚŠŤANÍ ODPADOVÝCH VÔD DO VEREJNEJ KANALIZÁCIE

**doc. Ing. Emília SMINČÁKOVÁ, PhD., doc. Ing. Jarmila TRPČEVSKÁ PhD.,
Ing. Jana PIROŠKOVÁ PhD.**

*Technická Univerzita v Košiciach, Hutnícka fakulta, Ústav recyklačných technológií, Letná 9, 042 00 Košice,
E-mail: emilia.smincakova@tuke.sk;*

Úvod

Producent odpadových vôd je povinný dodržiavať legislatívne predpisy, a to zákon č. 442/2002 Z.z. o verejných vodovodoch a verejných kanalizáciách v platnom znení a zákon č. 364/2004 Z.z. o vodách v platnom znení (vodný zákon). Znečistenie odpadových vôd vypúšťaných do verejnej kanalizácie musí byť v súlade s odporúčanými maximálnymi koncentračnými hodnotami, ktoré sú uvedené v prílohe č. 3 Vyhlášky Ministerstva životného prostredia Slovenskej republiky, ktorou sa ustanovujú náležitosti prevádzkových poriadkov verejných vodovodov a verejných kanalizácií (55/2004 Z.z.), v platnom znení (ďalej v texte aj ako „55/2004 Z.z.“).

Tento príspevok sa zaoberá dodržiavaním koncentračných limitov vybraných ukazovateľov pri vypúšťaní odpadových vôd do verejnej kanalizácie. Producentom týchto odpadových vôd je spoločnosť zaoberajúca sa výrobou a spracovaním kovov.

Materiál a metódy

Na analýzu odpadových vôd boli používané kvalifikované bodové vzorky. Kvalifikovaná bodová vzorka je dvojhodinová zlievaná vzorka, ktorá sa získa zlievaním minimálne štyroch objemovo rovnakých čiastkových vzoriek odoberaných v rovnakých časových intervaloch alebo minimálne štyroch čiastkových vzoriek odoberaných proporcionálne z prietoku (55/2004 Z.z.).

Vybranými sledovanými ukazovateľmi v odpadových vodách boli: reakcia vody - pH, koncentrácie Pb, Cu, Cd, Zn a NEL (nepolárne extrahovateľné látky). V Tab.1. pre jednotlivé vybrané ukazovatele je uvedený maximálny koncentračný limit v kvalifikovanej bodovej vzorke a metódy stanovenia t.j. STN normy.

Tab.1. Hodnoty koncentračných limitov na stanovenie najvyššej prípustnej miery znečistenia priemyselných odpadových vôd a osobitných vôd vypúšťaných do verejnej kanalizácie

Ukazovateľ	Max. koncentračný limit v kvalifikovanej bodovej vzorke	Metóda
Reakcia vody (pH)	6,0 – 9,0	STN EN ISO 10523
Meď (Cu)	1,0 mg/l	STN ISO 8288
Kadmium (Cd)	0,1 mg/l	STN EN ISO 15586
Olovo (Pb)	0,3 mg/l	STN EN ISO 15586
Zinok (Zn)	2,0 mg/l	STN ISO 8288
Nepolárne extrahovateľné látky - NEL (uhlíkovodíkový index)	10 mg/l	STN 83 0540 – 4

Obsahy Cu, Cd, Pb a Zn boli zistené metódou atómovej absorpčnej spektrometrie - AAS a nepolárne extrahovateľné látky spektrofotometrickou metódou meraním v ultrafialovej oblasti.

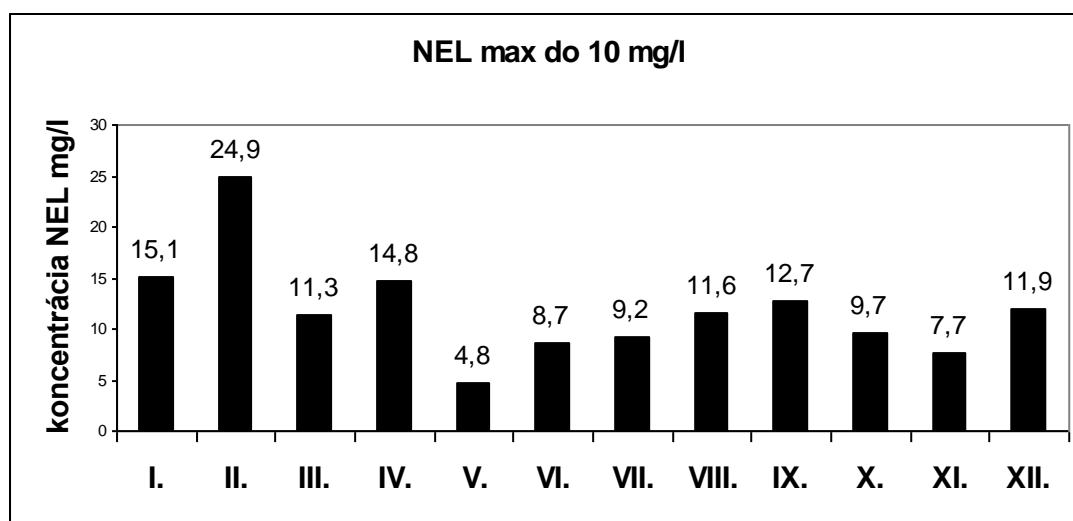
Výsledky a diskusia

Z nameraných hodnôt pH, ktoré sú uvedené v Tab.2 vyplýva, že dve hodnoty nie sú v intervale od 6,0 do 9,0 t.j. v januári pH = 9,1 a v marci bola hodnota pH = 5,9. V prípade zásaditého prostredia, ak je pH > 9, používa sa kyselina sírová na úpravu vypúšťanej odpadovej vody. V prípade kyslého prostredia, ak je pH < 6, je používaný hydroxid sodný na úpravu pH odpadovej vody.

Na účely analýzy kontaminácie životného prostredia ropnými látkami sa zaužíval skupinový ukazovateľ „nepolárne extrahovateľné látky“ (NEL) – produkty ropy (benzín, nafta, minerálne oleje). Ropnými látkami sa podľa STN 75 34 15 označujú uhľovodíky a ich zmesi, ktoré sú pri teplote 40°C ešte kvapalné (Samešová 2006). Hodnoty koncentrácií nepolárnych extrahovateľných látok boli prekročené sedemkrát z 12 meraní oproti maximálne prípustnej hodnote 10 mg/l, ktorá je uvedená v Tab.1 a zobrazená na Obr. 1 pre NEL. Analýzou bolo zistené najvyššie prekročenie v ukazovateli NEL = 24,9 mg/l, čo je hodnota o 14,9 mg/l vyššia koncentrácia ako je maximálne prípustná hodnota t.j. 10 mg/l. Nadlimitné hodnoty NEL majú vplyv nielen na výšku pokuty pre spoločnosť produkujúcu takúto odpadovú vodu, ale v konečnom dôsledku majú negatívny dopad aj na životné prostredie.

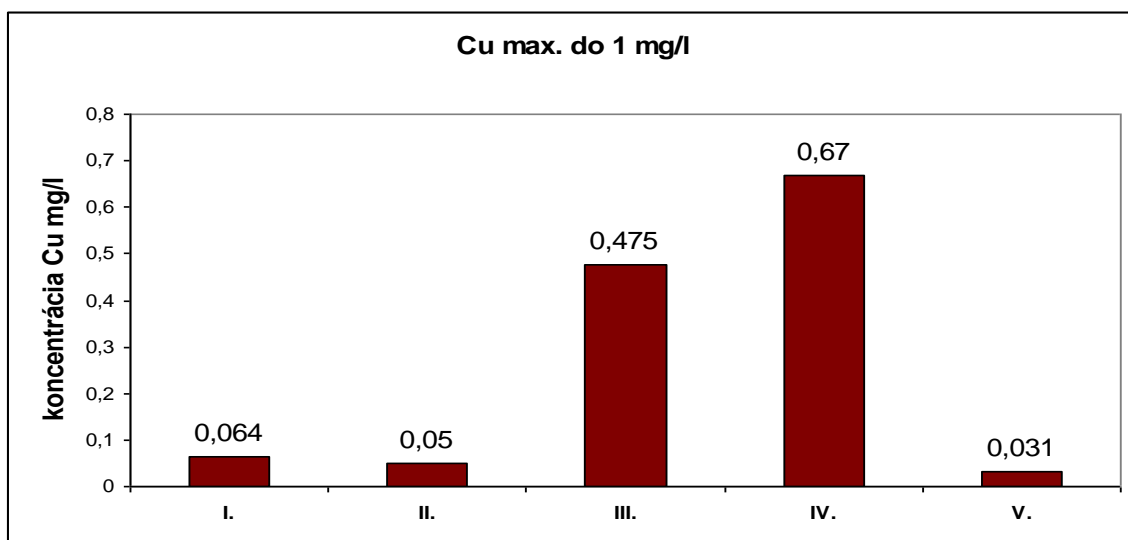
Tab.2. Namerané hodnoty pH a koncentrácií nepolárnych extrahovateľných látok v odpadovej vode

Mesiac	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
pH	9,1	7,75	5,9	7,75	7,96	8,17	7,8	8,52	6,9	8,6	6,1	7,89
NEL [mg/l]	15,1	24,9	11,3	14,8	4,8	8,7	9,2	11,6	12,7	9,7	7,7	11,9

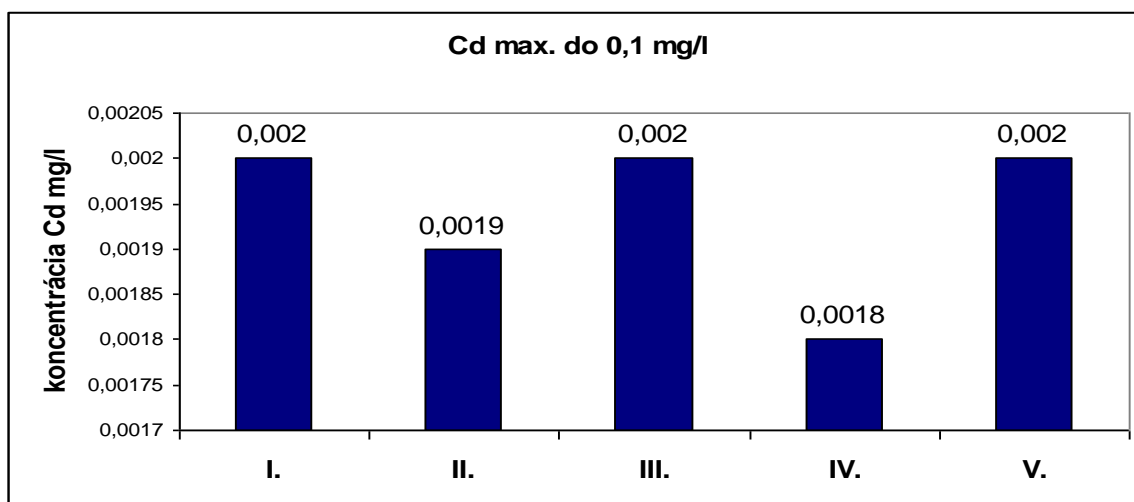


Obr. 1. Namerané hodnoty koncentrácií NEL v odpadovej vode

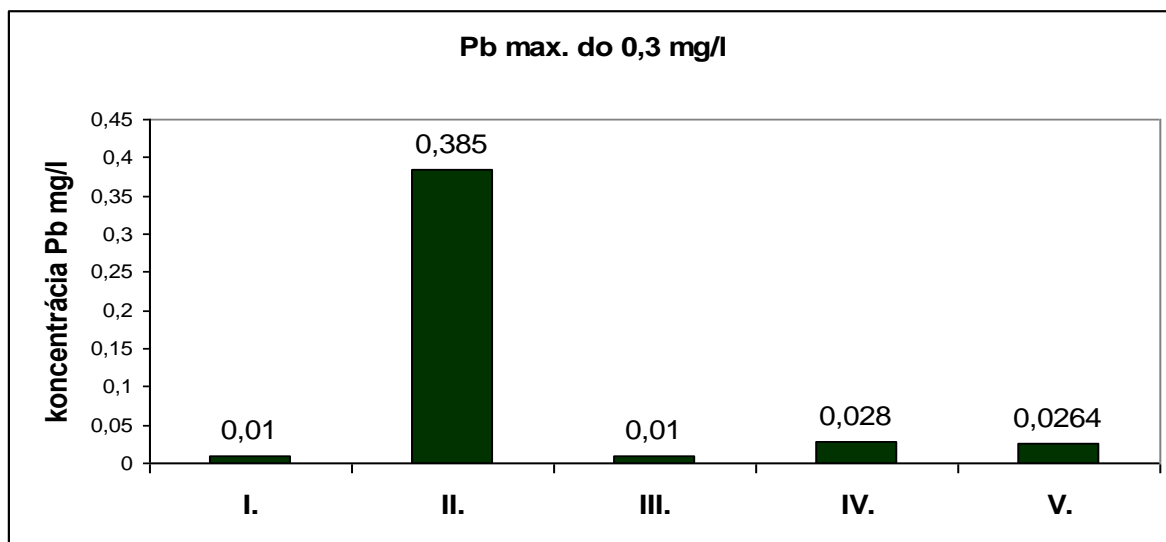
Z grafických závislostí, ktoré sú uvedené na obr. 2 a obr. 3 vyplýva, že ani v jednej vzorke nebola prekročená maximálna prípustná hodnota koncentrácie pre Cu do 1 mg/l a pre Cd do 0,1 mg/l. Hodnoty koncentrácií kadmia vo vypúšťanej odpadovej vode sú nízke oproti maximálnej prípustnej koncentrácii a hodnoty sú $Cd \leq 0,002$ mg/l.



Obr. 2. Namerané hodnoty koncentrácií medi v odpadovej vode



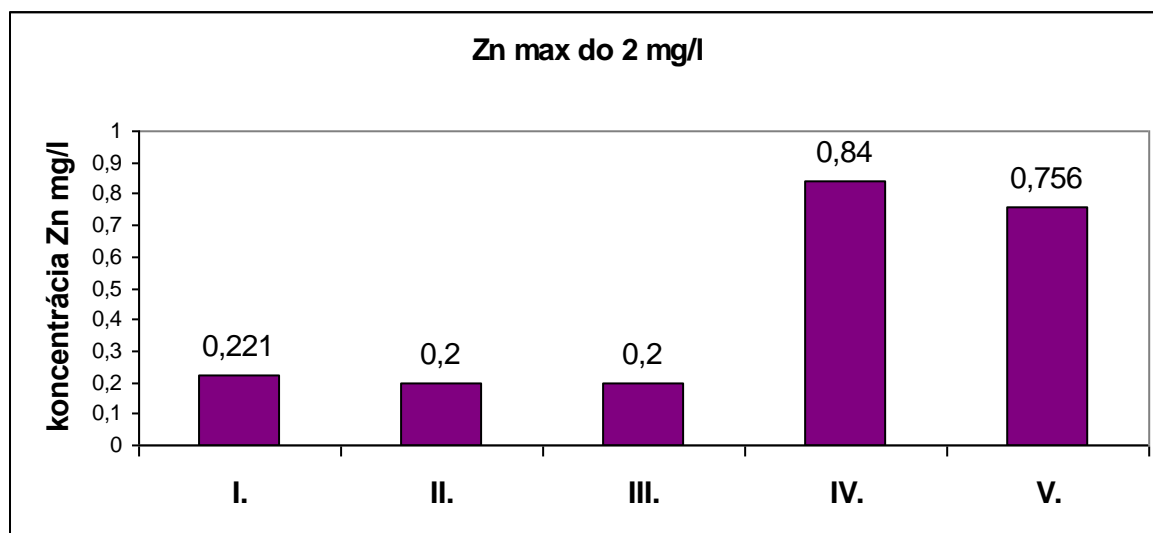
Obr. 3. Namerané hodnoty koncentrácií kadmia v odpadovej vode



Obr. 4. Namerané hodnoty koncentrácií olova v odpadovej vode

Na obr. 4 sú uvedené namerané hodnoty koncentrácií olova v odpadovej vode vypúšťanej do verejnej kanalizácie. V II. mesiaci bola prekročená maximálna prípustná hodnota koncentrácie olova o 0,085 mg/l tzn. že presiahla maximálnu prípustnú hodnotu 0,3 mg/l v zmysle vyhlášky č. 55/2004 Z.z.

Obr. 5 názorne vystihuje hodnoty koncentrácií zinku, ktoré boli nameraná v odpadovej vode. Z uvedeného obrázka vyplýva, že koncentrácia Zn v jednotlivých vzorkách je v súlade s maximálnou prípustnou hodnotou do 2 mg/l.



Obr. 5. Namerané hodnoty koncentrácií zinku v odpadovej vode

Záver

Z vyššie uvedených nameraných hodnôt v odpadovej vode pre jednotlivé ukazovatele (pH, Cu, Cd, Pb, Zn, NEL) vyplýva, že:

- Koncentrácie Cu, Cd a Zn sú v súlade s maximálnymi prípustnými hodnotami v zmysle 55/2004 Z.z.
- Koncentrácia Pb v odpadovej vode bola prekročená nepatrne jedenkrát o 0,085 mg/l.
- Nadlimitné hodnoty koncentrácií pre nepolárne extrahovateľné látky sa pohybujú od 24,9 mg/l do 11,3 mg/l, čím sú prekročené koncentrácie oproti maximálne prípustnej hodnote, ktorá je do 10,0 mg/l.
- Odpadovú vodu pred vstupom do odlučovača oleja je potrebné predupraviť.

PodĎakovanie. Táto práca vznikla za podpory projektu VEGA 1/0425/14.

Literatúra

55/2004 Z.z. Vyhláška Ministerstva životného prostredia Slovenskej republiky, ktorou sa ustanovujú náležitosti prevádzkových poriadkov verejných vodovodov a verejných kanalizácií.

SAMEŠOVÁ, D., LADOMERSKÝ, J. 2006. Occurrence and assessment of oil substances in surface water, Život. Prostr., Vol. 40, No.2, 2006, s.84-87

HYDRAULICKÉ PARAMETRE KANÁLOVEJ SÚSTAVY ŽITNÉHO OSTROVA PRE NUMERICKÚ SIMULÁCIU JEJ HLADINOVÉHO A PRIETOKOVÉHO REŽIMU

Ing. Yveta VELÍSKOVÁ PhD.¹, Ing. Petr DUŠEK¹, Ing. Renáta DULOVIČOVÁ¹, Ing. Danka PAVELKOVÁ PhD.

¹ Ústav hydrológie SAV, Dúbravská cesta 9, 841 04 Bratislava, e-mail: veliskova@uh.savba.sk

Úvod

Predkladaný príspevok je venovaný spôsobu stanovenia hydraulických charakteristík kanálovej siete Žitného Ostrova. Tieto sú potrebné ako vstupné údaje do numerických modelov simulujúcich prúdenie vody v sústave kanálov. Využívanie vodných zdrojov nížinných oblastí počas extrémneho sucha alebo prebytku vody spôsobuje užívateľom závlahových a odvodňovacích systémov vážne problémy. Viaceré z týchto problémov sú spôsobené nedostatkom informácií o možnostiach už existujúcich zariadení účinne regulovať vodný režim územia. Ďalšou otázkou je, akými technickými opatreniami je možné dosiahnuť zväčšenie ich regulačných možností. Pracovným prostriedkom, ktorý je veľmi vhodný pre riešenie takýchto problémov je numerická simulácia rozhodujúcich procesov prúdenia s použitím moderných a hydraulicky korektných modelových prostriedkov.

Oblasť Žitného Ostrova z hľadiska hydrogeologických a hydrologických pomerov

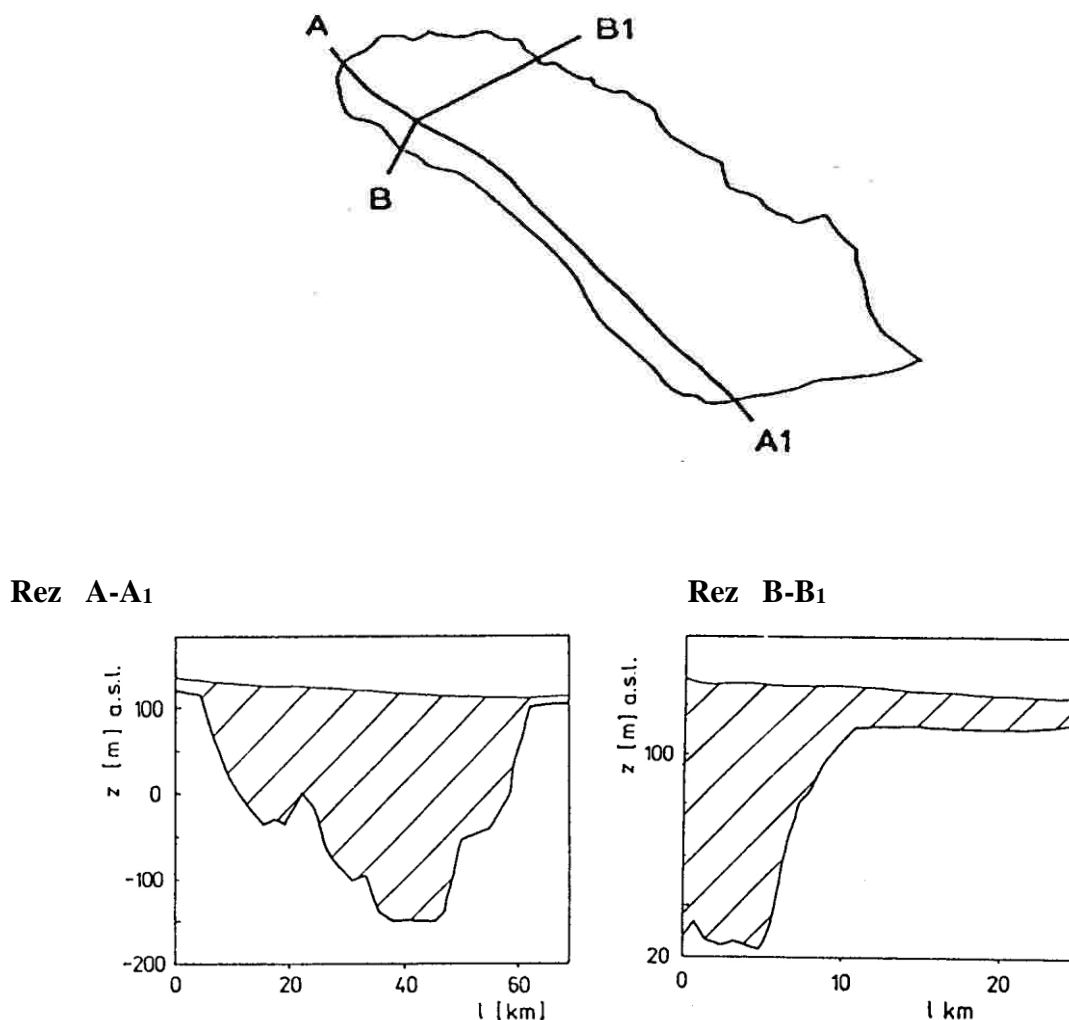
Úloha kanálovej sústavy Žitného Ostrova úzko súvisí s odvodnením zamokrených pôd, so závlahami počas vegetačného obdobia a s regulovaním vodného režimu vzhľadom na ciele, ktoré sa chcú reguláciou dosiahnuť. Celková plocha územia zahrnutá do súčasného systému odvodnenia predstavuje výmeru 1469 km². Plocha odvodňovacích oblastí s vybudovanou kanálovou sieťou má výmeru 1252 km². Celková dĺžka kanálovej siete je takmer 1000km. Jej hustota vychádza približne 1km/1,25km². Sústava kanálovej siete Žitného Ostrova je viacúčelová. Na koncepciu odvodnenia by mala adekvátne nadviazať koncepcia závlah, ktorá sa priamo vnucuje rentabilnosťou poľnohospodárskej produkcie v najteplejšej oblasti Slovenska s najdlhším vegetačným obdobím a s najbohatšími vodnými zdrojmi. Problematika kanálovej siete v podmienkach Žitného Ostrova je relatívne náročná, pretože sa dotýka problémov odvodnenia, závlah a regulovania vodného režimu.

Riešiť hladinový a prietokový režim sústavy kanálovej siete Žitného Ostrova nie je možné bez primeraného poznania hydrogeologických, hydrologických pomerov skúmanej oblasti a hydraulických charakteristík kanálovej siete. Žitný Ostrov ako územný celok ohraničený Dunajom, Malým Dunajom a dolným úsekom Váhu patrí hydrologicky do povodia Dunaja, hydrogeologicky do kvartérneho rajónu.

Hydrogeologické pomery. Žitný Ostrov má dominantné postavenie v strede Podunajskej panvy, ktorej geologická a tektonická stavba je výsledkom a odrazom dlhodobého pôsobenia prírodných javov. Geologickými, tektonickými, morfológickými a hydrologickými zmenami sa vytvorila v časti Žitného Ostrova obrovská „sedimentačná nádrž“ (obr. 1), v ktorej sa činnosťou Dunaja akumulovali štrky a piesky a zároveň sa tak vytvorili priaznivé podmienky pre nahromadenie množstva podzemnej vody, ktorá pre svoju veľmi dobrú kvalitu sa môže využívať aj na zásobovanie obyvateľstva pitnou vodou.

Nepriepustné podložie sedimentačnej nádrže tvoria relatívne nepriepustné íly s vložkami štrkov a pieskov, ojedinele sa vyskytujú rôzne mocné vrstvy rozdielne stmelených pieskovcov. Na nepriepustnom podloží sú uložené kvartérne sedimenty s rozdielnym zrnitostným zložením. Regionálne kvantitatívne posúdenie filtračných vlastností horninového prostredia na území Žitného Ostrova nebolo dosiaľ urobené hydrogeologickým prieskumom a výskumom na takej úrovni, aby používané hodnoty filtračných charakteristík viedli k jednoznačným výsledkom pri riešení rôznych vodohospodárskych problémov. Je teda jasné, že nie je také jednoduché v sústave kanálovej siete Žitného Ostrova schématisovať prírodné pomery a hydrauliku prúdenia podzemnej vody, ale i povrchovej vody a ich vzájomnú interakciu.

Hydrologické pomery. Režim povrchových vôd je odrazom súhrnného pôsobenia viacerých činiteľov, ako sú pomery orografické a morfológické, pomery meteorologické a klimatické ako výsledok zemepisnej polohy, cirkulácie atmosféry, v ktorej sa prejavuje i vplyv pohybu zeme a konečne v stále rastúcej miere sa prejavuje aj pôsobenie človeka. Analogicky základnými činiteľmi ovplyvňujúcimi režim podpovrchových vôd sú pomery geologické, geomorfologické, klimatické, vegetačné a nakoniec i činnosť človeka.



Obr. 1. Schématicky znázornené územie Žitného Ostrova s pozdĺžnym a priečnym prierezom

Hydrologické pomery tohto územia sú vyjadrené cez hydrologické charakteristiky, definované ako štatistické veličiny, ktoré nám dávajú určitú informáciu o súbore základných údajov skúmaného prvku. Jednou z charakteristík hydrologického režimu je rozdelenie zmien prvku počas roka, príp. dlhšieho obdobia, ktoré sa prehľadne znázorňuje čiarou prekročenia skúmaného prvku a udáva početnosť, pravdepodobnosť alebo dobu dosiahnutia alebo prekročenia hodnôt hydrologického prvku za dané obdobie. Základné údaje pre spracovanie hydrologických charakteristík povrchových a podzemných vôd Žitného Ostrova je možné získať z materiálov SHMÚ. Časť podkladov je možné čerpať aj priamo z terénnych meraní, ktoré sa vykonali v rámci výskumných aktivít pracovníkov nášho ústavu v tomto regióne (Burger, Čelková, 1996; Dobiasová, Dulovičová, 1994; Dulovičová, 2000; Dulovičová a kol, 2013; Fratič, 1965; Kosorin, 1975; Kosorin, K. 1997; Novák a kol., 1998; Šútor, Štekauerová, 2000).

Špecifické vlastnosti kanálovej siete

Základnými prvkami kanálovej siete Žitného Ostrova sú kanály, čerpacie stanice a stavidlá, ktoré slúžia predovšetkým odvodňovacej činnosti. K nim pridružujeme vtokové, nápuštné a odberné objekty zamerané na závlahy.

Znižovanie hladín v kanáloch pri vysokých vodných stavoch po optimálnu hladinu vo vegetačnom období priaznivom pre rastlinnú výrobu sa môže uskutočniť v procese prevádzky gravitačným odtokom povrchovej vody do recipientov, odberom povrchovej vody z kanálov zariadeniami užívateľov a prečerpávaním povrchovej vody z kanálov do recipientov, t.j. kooperáciou ČS v rámci platných manipulačných poriadkov.

Zvyšovanie hladín v kanáloch pri nízkych vodných stavoch po optimálnu hladinu vo vegetačnom období priaznivom pre rastlinnú výrobu sa môže uskutočniť v procese prevádzky gravitačným prítokom povrchovej vody, vzdúvaním povrchovej vody v kanáloch, prečerpávaním povrchovej vody z recipientov do kanálov.

Režim prúdenia vody v kanáloch nížinných oblastí je často vo vegetačnom období nepriaznivo ovplyvňovaný bujnou vodnou vegetáciou. Vyskytovať sa tu môže viacero druhov vodných rastlín, väčšinou však trávového typu. Toto rastlinstvo, ak má priaznivé podmienky pre rast, počnúc jarnými mesiacmi až po neskorú jeseň zaplňuje rôznym stupňom zarastenia prietochné profily kanálov prakticky po celej dĺžke. Vyskytuje sa v zhlukoch, ale aj v súvislých koberecch rôznej dĺžky, pričom výška zarastenia dosahuje miestami až 100% celkovej hĺbky vody. Toto platí aj pre kanály Žitného Ostrova. (pozri obr. 2).

Žitný Ostrov je rovinatým územím s veľmi malými výškovými rozdielmi. Povrch Žitného Ostrova klesá juhozápadným smerom. Priemerná hodnota sklonu tohto územia je cca $2,4 \cdot 10^{-4}$, čo bolo jedným z hlavných dôvodov pre budovanie kanálovej siete v tejto oblasti (ako odvodňovací systém). Je teda pochopiteľné, že v podmienkach malých sklonov nielen celého územia, ale aj malých sklonov dna kanálov na tomto území majú extrémne drsnosti zo zarastania rozhodujúci vplyv na hydraulické pomery v korytách kanálov, najmä na ich prietokovú kapacitu. Vyhodnotenie prietokov v kanáloch Žitného Ostrova je teda sťažené vo vegetačnom období značne sa meniacimi drsnosťami koryta, ktoré sú dôsledkom silného zarastania vodnými rastlinami. Ďalším faktorom, ktorý do značnej miery komplikuje vyhodnocovanie prietokov, sú meniace sa sklony vodnej hladiny, ktoré sú dôsledkom manipulácie stavidiel pri prevádzke kanálovej siete Žitného Ostrova.



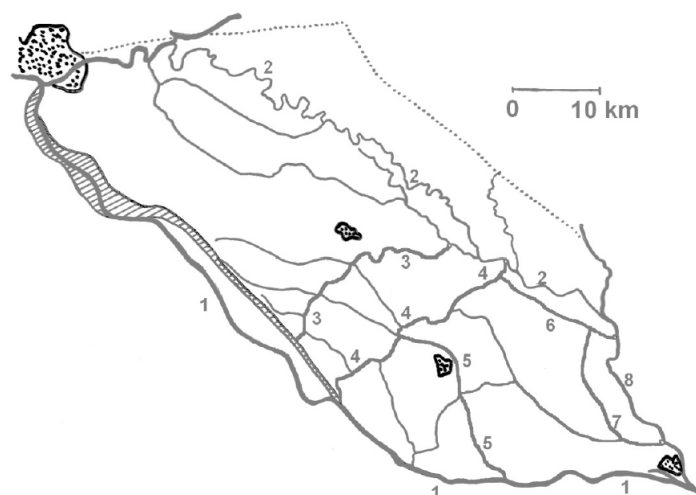
Obr. 2. Ukážka zarastenia kanála Žitného Ostrova

Metodika výpočtu hydraulických parametrov

Dobré zvládnutie účelného hospodárenia s vodou v rámci vodného hospodárstva a poľnohospodárstva, ako aj údržba kanálov vo všeobecnosti predpokladajú poznanie hydraulických parametrov kanálovej

siete, ako sú prietoková plocha, šírka koryta, hydraulický polomer, rozdelenie hĺbky vody po šírke prierehového profilu, prietok, rýchlosť prúdenia, pozdĺžny sklon, atď.

V rámci tohto príspevku je pozornosť sústredená na juhovýchodnú časť Žitného Ostrova, kde je kanálová sieť najhustejšia (pozri obr.3). V tejto časti boli určené tri kanále, ktoré hlavnou mierou ovplyvňujú túto oblasť, a to kanál Gabčíkovo-Topoľníky, Chotárny a Komárňanský kanál. Riešená oblasť v celom rozsahu bola pre simulačné účely ďalej schematizovaná. Výsledok je na obr. 4, kde je zobrazená základná výpočtová schéma záujmového územia použitá pri aplikácii výpočtového modelu. Každý kanál v tejto schéme kanálovej siete bol ďalej rozdelený po dĺžke na dielčie výpočtové úseky – ramena. Rameno v tomto zmysle znamená hladký úsek koryta medzi dvoma singularitami (ovládaci prvok: stavidlo, vstup, výpusť; sútok alebo divergencia kanálov; miestny prítok alebo odber...). Každé rameno v rámci výpočtovej siete bolo ďalej delené na menšie úseky, pričom platilo, že jedno rameno má najmenej tri takéto úseky a dĺžka tohto jedného úseku nesmie prekročiť 500m. Každý úsek je ohraničený dvoma priečnymi profilmi. V rámci vstupného súboru je každý takýto profil identifikovaný svojim číslom, staničením v rámci kanálu, každý je výškovo popísaný cez kóty nadmorskej výšky, pričom sa rozlišuje kineta a berma v profile, a každý profil je charakterizovaný mierou zarastenia. Pre určenie základných hydraulických parametrov sa využívajú základné rovnice hydrauliky.



Obr. 3. Schéma kanálovej siete Žitného Ostrova (1–Dunaj; 2–Malý Dunaj; 3–kanál Gabčíkovo–Topoľníky (S VII); 4–Chotárny kanál (S VI); 5–kanál Čalovo–Holiare–Kosihy; 6–kanál Aszód–Čergov; 7–kanál Čergov–Komárno; 8–kanál Dudváh; 9–Komárňanský kanál)

Vzhľadom na už spomínané špecifiká kanálovej siete Žitného Ostrova, nízke sklony a problém zarastania koryt kanálov, jednou z kľúčových hydraulických charakteristík je rýchlostný súčiniteľ C , príp. modul prietoku K .

Problematikou určenia týchto charakteristík v zarastených korytách sa zaoberali už viacerí autori (Petryk, Bosmajian, 1975; Fratrič, 1965; Komora, Patay, 1975; Kosorin, 1984). Ťažkosť s určením Chézyho rýchlostného súčiniteľa C , príp. modulu prietoku K vyplývajú z nedostatočne vyriešených problémov súvisiacich s vyjadrením vplyvu geometrických vlastností koryta a jeho drsnosti na energetické straty z trenia. Tieto problémy sa prirodzene zväčšujú neprizmaticnosťou koryta a nerovnomernosťou drsnosti.

V praxi najviac zaužívané vyjadrenie Chézyho rýchlostného súčiniteľa C má formu exponenciálnej závislosti

$$C = \frac{1}{n} R^y \quad (1)$$

kde n je tzv. súčiniteľ drsnosti, R je hydraulický polomer a exponent y je podľa Manninga rovný $1/6$, podľa Pavlovského je to funkcia relatívnej drsnosti. Je viacero ďalších vzorcov pre výpočet C , vzťah (1) sa však zaužíval najmä pre svoju jednoduchosť. Tento vzťah (1) však nemá žiadne fyzikálne zdôvodnenie alebo vysvetlenie, a to ani pre prizmatické, nezarastené korytá. Je to empirická závislosť, ktorej pôvod vychádza zo skutočnosti, že pri grafickom vynášaní funkčnej závislosti $v=f(h)$ z nameraných hodnôt strednej profilovej rýchlosti v pri rôznych hodnotách hĺbky h za rovnomerného ustáleného prúdenia v koryte daného pozdĺžneho sklonu i mala krivka $v=f(h)$ približne mocninový priebeh. Nejasnosti a rozpornosť vyjadrení C podľa rov. (1) sa formálne prejavuje napríklad aj v tom, že sa nezachováva rozmerová homogénnosť.

Vzťah pre určenie Chézyho rýchlostného súčiniteľa C pre zarastené korytá, ktorý sme sa rozhodli použiť aj pri stanovovaní hydraulických parametrov kanálovej sústavy Žitného Ostrova odvodil Kosorin. Podrobnosti, týkajúce sa odvodenia vzťahu sú publikované v práci (Kosorin, 1984). Chézyho rýchlostný súčiniteľ pre zarastené, príp. čiastočne zarastené koryto sa určuje teda podľa vzťahu:

$$C = \frac{1}{B} [bC_Z + (B-b)C_N] \quad (2)$$

kde B je celková šírka koryta, b je šírka zarastenej časti,

$$C_Z = \sqrt{g} \left[\frac{k}{h} \sqrt{\frac{d}{\omega h}} + 3 \left(\frac{h}{k} - 1 \right) \right] \quad k/h \geq 0,2 \quad (3)$$

je Chézyho rýchlostný súčiniteľ zarastenej časti, g je tiažové zrýchlenie, k je výška zarastenia, d je charakteristický priemer rastlinnej drsnosti, ω je hustota zarastenia,

$$C_N = \frac{\sqrt{g}}{\kappa} \ln \frac{h}{\Delta} \quad \kappa = 0,4 \quad (4)$$

je Chézyho rýchlostný súčiniteľ nezarastenej časti koryta, Δ je absolútna drsnosť, Δ/h je relatívna drsnosť.

Modul prietoku je možné určiť podľa všeobecne platného vzťahu:

$$K = C \cdot S \cdot R^{1/2} \quad (5)$$

Uvedené vzťahy vyjadrujú miestne hodnoty rýchlostného súčiniteľa, aj modulu prietoku. Keďže sa zarastenie koryta mení po dĺžke kanála, mení sa so vzdialenosťou aj C a K . To spôsobuje nerovnomerné prúdenie aj v prípade vyrovnaného gravitačného odtoku, kedy by mohlo byť v udržiavanom, čistom koryte ustálené rovnomerné prúdenie.

Modelové spracovanie

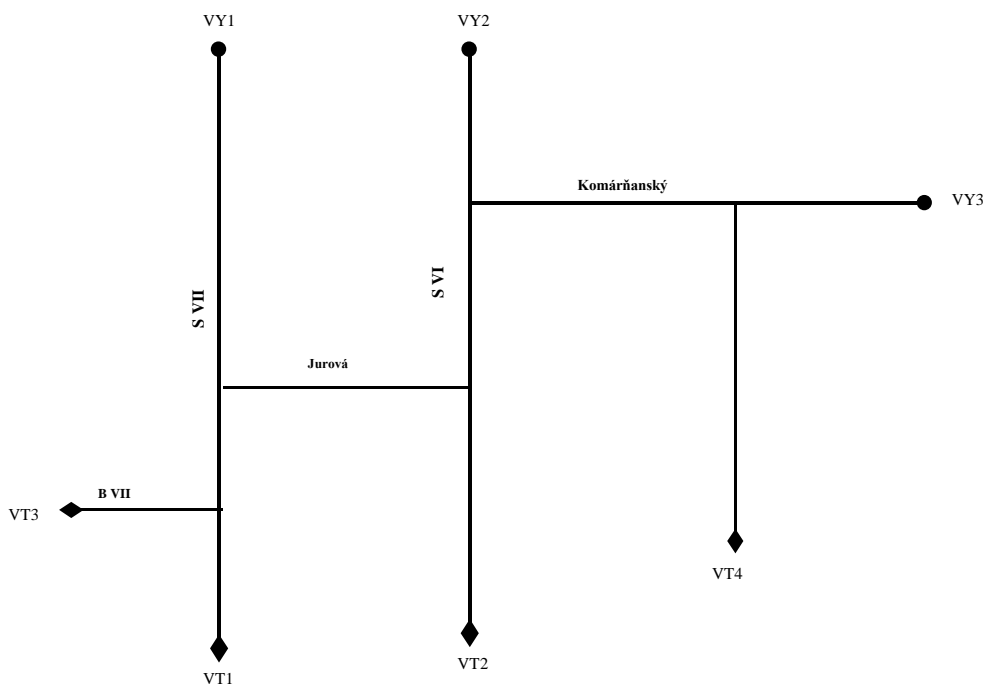
Simulácia prúdenia povrchovej vody v kanáloch

Simulácia prúdenia povrchovej vody v kanáloch bude realizovaná na základe známych okrajových hladín v pozorovacích staniách povrchovej vody, topografie a priečných profilov modelom GSSHA (Downer, Ogden, 2006) (Obr. 5) a MIKE 21 FM(DHI), príp. MIKE SHE (DHI). Potrebné parametre sme schopní doplniť meraním najmodernejšími prístrojmi priamo in situ vďaka realizácii projektu: Dobudovanie infraštruktúry hydrologických výskumných staníc (ITMS kód 26210120009). Je to napríklad hydrodynamické krídlo Flow Tracker (SonTek/YSI Inc), ktoré umožňuje zmerať aj jednotlivé zložky rýchlosti. Ďalšou možnosťou je použitie prístroja River Surveyor alebo AUV EcoMapper.

Model GSSHA (Gridded Surface Subsurface Hydrologic Analysis) je dvojrozmerný model povodia využívajúci diskretizáciu záujmového územia pomocou štvoruholníkových prvkov. Súčasťou modelu je aj jednorozmerný model prúdenia povrchovej vody v tokoch.

MIKE 21 FM je dvojrozmerný model neustáleného prúdenia s flexibilnou výpočtovou sieťou vyvinutú firmou DHI a predstavuje komplexný simulačný prostriedok pre dvojrozmerné modelovanie prúdenia

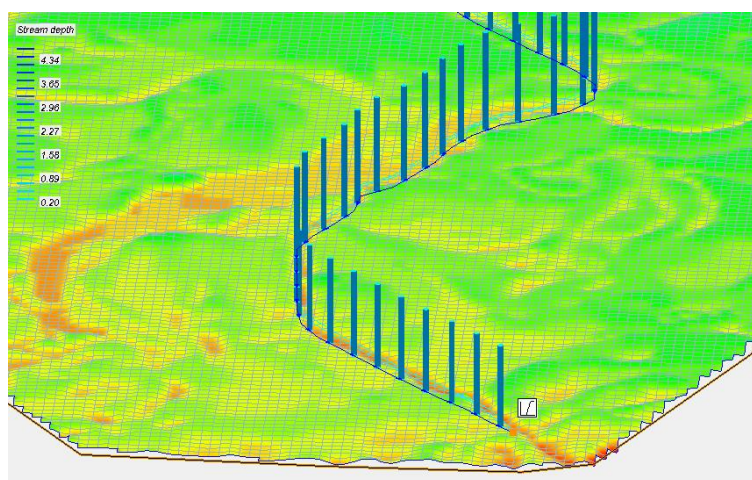
s voľnou hladinou. Je založený na riešení dvojrozmerných RANS (Reynolds averaged Navier-Stokes) rovníc, integrovaných po hĺbke. Základom je hydrodynamický modul, ktorý tvorí výstupy pre celú radu iných modulov (advekčno-disperzný modul, plaveniny, splaveniny, ...).



Obr. 4. Výpočtová schéma riešenej časti kanálovej siete Žitného Ostrova ostrova

Medzi základné výstupy simulácií patrí hĺbka hladiny v toku, rýchlosť prúdenia v toku a prietok v zadaných bodoch.

Uvedené modely umožňujú aj simuláciu infiltrácie a prúdenia podzemnej vody. Výstup z daného numerického modelu povrchového toku slúži ako vstupný parameter pre následnú numerickú simuláciu prúdenia podzemnej vody.



Obr. 5. Ukážka grafického výstupu simulácie 1D modelu toku v GSSHA. Hĺbka hladiny zobrazená formou stĺpcového grafu

Simulácia prúdenia podzemnej vody

Simulácia bola vytvorená v prostredí Aquaveo GMS 9.1 (Aquaveo, 2013), ktoré slúži ako grafická nadstavba pre viaceré numerické modely prúdenia podzemnej vody, z ktorých bol použitý balík MODFLOW – 2000 (Harbaugh, et al., 2000). Ide o trojrozmerný model prúdenia podzemnej vody. Riečne útvary sú reprezentované tromi údajmi – výška hladiny, výška dna toku a parameter špecifikovaný ako konduktancia (conductance) (Aquaveo, 2013), ktorá špecifikuje dnovú priepustnosť sedimentov v toku. Hodnota tohto parametru závisí od nasýtenej hydraulikkej vodivosti dnového sedimentu (k), jeho hrúbky (t) a šírky dna v toku (w).

$$Carc = \frac{k}{t}w \quad (6)$$

Hodnoty parametra konduktancie boli vypočítané z hodnôt nasýtenej hydraulikkej vodivosti dnových sedimentov v kanáloch získané zrnitostným rozborom vzoriek dnových sedimentov. Po zadefinovaní všetkých potrebných parametrov (okrajové podmienky oblasti filtrácie, topografia, hĺbka nepriepustného podlažia zvodnenca, nasýtená hydraulická vodivosť zvodnenca, počiatočné hladiny podzemnej vody, výšky hladín v toku, konduktancia dna toku, prítok zo zrážok) bolo pristúpené ku kalibrácii modelu.

Záver

V príspevku bol opísaný spôsob stanovenia základných hydraulických charakteristík kanálovej siete Žitného Ostrova, ktoré sú potrebné ako vstupné údaje do numerických modelov simulujúcich prúdenie vody v tejto sieti kanálov a pre simuláciu interakcie medzi kanálovou sústavou a podzemnou vodou na území Žitného Ostrova. Vzhľadom na špecifiká riešeného územia a kanálovej sústavy (malý pozdĺžny sklon, zarastanie korýt vo vegetačnom období) sa zvláštna pozornosť venovala stanoveniu Chézyho rýchlostného súčiniteľa, a tým zároveň aj modulu prietoku. V rámci prípravy počítačovej simulácie hladinového a prietokového režimu kanálovej sústavy Žitného Ostrova bola vykonaná schématická dotknutej časti sústavy a boli naplnené vstupné datové súbory, ktoré po počítačovom spracovaní budú slúžiť ako vstupy do modelov simulujúcich prúdenie vody v kanálovej sústave, prúdenie podzemnej vody, ako aj ich vzájomnú interakciu (GSSHA, MIKE 21, GMS 9.1 a MODFLOW – 2000).

PodĎakovanie. Tento príspevok je výsledkom realizácie projektu: Dobudovanie infraštruktúry hydrologických výskumných staníc, ITMS kód 26210120009; podporovaný výskumným a vývojovým operačným programom financovaným z ERDF.



Podporujeme výskumné aktivity na Slovensku/Projekt je spolufinancovaný zo zdrojov EÚ.

Literatúra

AQUAVEO: 2013. GMS User Manual (v9.1) – The Groundwater Modeling System, Aquaveo

BURGER, F. 2004. Model ustáleného stavu prúdenia podzemnej vody v prierečnom zvodnenom kolektore v suchom období pred rozsiahlymi antropogénnymi zásahmi, 12. Posterový deň s medzinárodnou účasťou a Deň otvorených dverí na ÚH SAV “Transport vody, chemikálií a energie v systéme Pôda-rastlina-atmosféra”, ÚH SAV-GFÚ, 15-27.

BURGER, F., ČELKOVÁ, A. 1996. Aplikácia matematických modelov pri vyhodnocovaní vplyvu stavieb na podzemné vody. Zborník z: 2. konferencie "Vplyv vodohospodárskych stavieb na tvorbu a ochranu životného prostredia, SvF STU Bratislava., SvF STU, Bratislava, 118-127

ČERTOUSOV, M. D. 1962. Gidravlika. GEI, Moskva

- DOBIASOVÁ, A. – DULOVIČOVÁ, R. 1994: Súčasný stav zanesenia kanálovej siete Žitného ostrova, J. Hydrol. Hydromech., 42, 1994, 6, 442-448
- DULOVIČOVÁ, R. 2000. Vplyv zmeny parametrov koryta na interakciu toku s podzemnou vodou, Acta Hydrologica Slovaca, roč.1, č.2, 107-114.
- DULOVIČOVÁ, R., VELÍSKOVÁ, Y., BARA, M., SCHÜGERL, R. 2013. Stanovenie vplyvu hrúbky nánosov pozdĺž Chotárneho kanála na interakciu povrchových a podzemných vôd v jeho okolí, Acta Hydrologica Slovaca, Ročník 14, č. 1, 2013, 126 – 134
- FAŠKO, P., ŠTASTNÝ P. 2002. Atlas krajiny Slovenskej republiky. MŽP SR Bratislava
- FRATIČ, I. 1965. Výskum ustáleného nerovnomerného prúdenia a hydraulických parametrov otvorených koryt v nížinných podmienkach. [Výskumná správa.] Bratislava, ÚHH SAV
- GRIŠANIN, K. V. 1969. Dinamika ruslovych procesov. Leningrad, Gidrometeoizdat
- HARBAUGH, ARLEN W., BANTA, EDWARD B., HILL, MARY C., MCDONALD, MICHAEL G. 2000. MODFLOW-2000, THE U.S. Geological Survey modular ground-water model—user guide to modularization concepts and the ground-water flow process, USGS
- KALIŠ, J. 1978. Vplyv drsnosti a prekážok na formovanie prielomovej vlny. Bratislava, VÚVH
- KOMORA, J., PATAY, J. 1975. Výskum hydraulických odporov porastov. [Výskumná správa.] Bratislava, VÚVH
- KOSORIN, K. 1977. Rozdelenie rýchlosti a tangenciálnych napätí v turbulentnom prúde zarasteného koryta. Vodohosp. Čas., 25, 4, s. 352 – 356
- KOSORIN, K. 1980. Štruktúra ustáleného a neustáleného prúdenia v korytách so zvýšenou drsnosťou. [Výskumná správa.] Bratislava, ÚHH SAV
- KOSORIN, K. 1983. Turbulent shear stress and velocity distribution in vegetated zone of open channel; XX. Congress IAHR, Moskva
- KOSORIN, K. 1984. Hydraulické charakteristiky zarastených kanálov. Vodohosp. Čas., 32, 5, s. 486 – 498
- KOSORIN, K., KLOPČEK, A. 1990. Hydraulické výpočty odvodňovacích a zavlažovacích sietí. Vydavateľstvo VEDA, Bratislava, 141 s.
- KOSORIN, K. a kol. 1995. Hydraulické charakteristiky koryta Váhu a priľahlého územia v úseku Sereď - Madunice, Štúdia posudzovania vplyvu VD Sereď na životné prostredie, Bratislava, ÚH SAV.
- KOSORIN, K. 1997. Spatial groundwater dynamics of the Žitný Ostrov aquifer. J.Hydrol.Hydromech., 45, 348 - 364
- KOUWEN, N., UNNY, T. E., Hill Harry, M. 1969. Flow retardance in vegetated channels. Proc. ASCE, J. Irrig. drain. Div., 95
- NOVÁK V. et al. 1998. Modelling of water and solute movement in the unsaturated zone of the Žitný Ostrov Region, South Slovakia. IH SAS Bratislava, Slovakia
- PETRYK, S., BOSMAJIAN, G. 1975. Analysis of flow through vegetation. Proc. ASCE, HY 7
- ŠOLTÉSZ, A., BAROKOVÁ, D. 2006. Analysis, prognosis and design of control measures of Ground water level regime using numerical modelling, Podzemná voda, XII, SAH, Bratislava 2006, č.2, s.113-123
- ŠÚTOR J., ŠTEKAUEROVÁ V. 2000. Hydrofyzikálne charakteristiky pôd Žitného Ostrova. Ústav hydrológie, Bratislava
- THOMPSON, Gene T., ROBERSON, JOHN A. 1976. A theory of flow resistance for vegetated channels. Transactions of the ASAE
- VELÍSKOVÁ, Y., DULOVIČOVÁ, R. 2008. Variability of bed sediments in channel network of Rye island, IOP Conference Series: Earth and Environmental Science

ROZDIELY VLHKOSTI PÔDY NA PLOCHÁCH S A BEZ APLIKÁCIE BIOUHLIA

Ing. Justína VITKOVÁ, PhD., Ing. Peter ŠURDA, PhD.

Ústav hydrologie SAV, Dúbravská cesta 9, 841 04 Bratislava, vitkova@uh.savba.sk

Úvod

Biouhlie, ktoré je svojou konzistenciou na určitej úrovni podobné drevenému uhliu, môže byť využité pre účely v rozmedzí od bežného pôdneho aditíva až po samostatný pestovateľský substrát, ktorý prispieva k zadržovaniu atmosférického oxidu uhličitého, ale aj vody, živín a mikroorganizmov v pôde, čo prispieva k dlhodobu udržateľnému zvýšeniu výnosov poľnohospodárskych plodín. Vyrába sa tzv. pyrolýzou – ide o termo-chemický proces, počas ktorého je zahrievaná biomasa bez prístupu kyslíka. Tento proces predstavuje jedinečný spôsob efektívneho a hospodárneho spracovania poľnohospodárskeho a komunálneho odpadu a odpadových kalov. V priebehu spaľovania nevznikajú škodlivé emisie a energia je vyrábaná bez sprievodných negatívnych účinkov na životné prostredie (E2BEBIS, 2016). Využívanie zuhoľnatej biomasy pre agronomické účely nie je záležitosť posledných desaťročí. Už v roku 1929 vysvetľoval John Morley v časopise *The National Greenkeeper* pozitívne vlastnosti aplikácie hnedého uhlia a následné zlepšenie pôdnej štruktúry (Morley, 1929). V 60-tych rokoch 20. storočia bolo zistené, že na území v Amazónii malo spolupôsobenie spálenej biomasy a ďalších organických materiálov výrazný vplyv na vytvorenie veľmi úrodných pôd, ktoré dnes označujeme ako terra preta (Sombroek, 1966). V dôsledku neustáleho zvyšovania koncentrácie CO₂ v atmosfére sa začalo uvažovať, že aplikáciou materiálu s vysokým obsahom uhlíka (čím biouhlie je), sa bude časť uhlíka dlhodobu ukladať v pôde (Lehmann et al., 2006).

Biouhlie použité pre náš poľný experiment bolo vyrobené z kalov papierového vlákna s obilnými šupkami v pomere 1:1 vzhľadom k hmotnosti (firma Sonnenerde, Rakúsko). Vzniklo pyrolýzou pri teplote 550°C po dobu 30 minút v reaktore Pyreg (Pyreg GmbH, Dörthe, Nemecko). Obsah popola 38,3 % bol stanovený podľa normy DIN 51719. Špecifická plocha povrchu biouhlia bola meraná podľa DIN 66132 / ISO 9277 a jej hodnota je 21,7 m².g⁻¹. Objemová hmotnosť biouhlia bola zistená podľa DIN 66137 a je 0,206 g.cm⁻³. Hodnota pH 8,8 bola meraná na základe normy DIN ISO 10390. Veľkosť frakcie biouhlia bola 0-5 mm. Zloženie biouhlia je zobrazené v tab. 1. (Domanová, Igaz, 2015).

Tab. 1. Zloženie biouhlia

Prvky	C/%	C/g.kg ⁻¹	N/%	N/g.kg ⁻¹	H/%	H/g.kg ⁻¹	O/%	O/g.kg ⁻¹
Zastúpenie	53.1	531	1.4	14	1.84	18.4	5.3	53

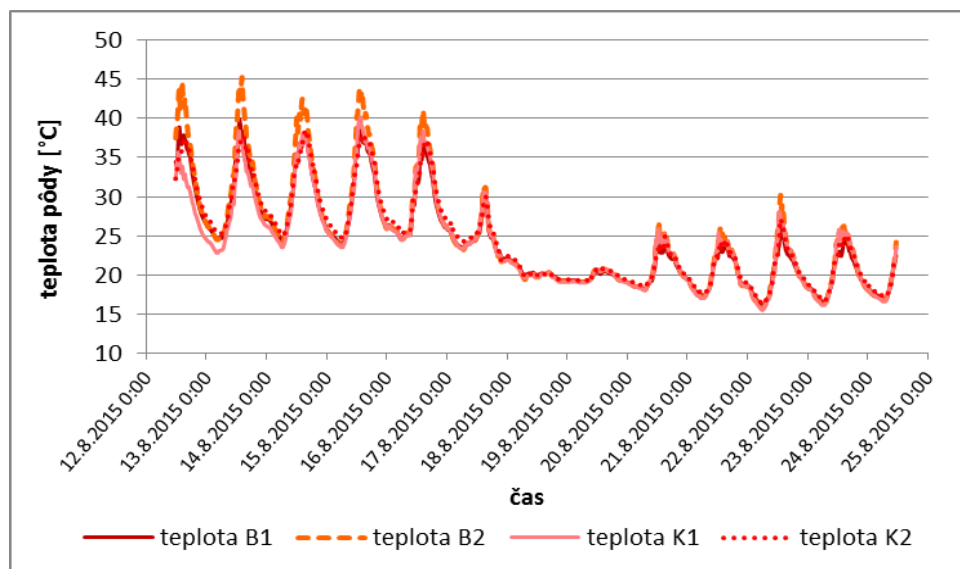
Materiál a metódy

Poľný experiment bol založený na experimentálnej báze v Malante, ktorá patrí Slovenskej poľnohospodárskej univerzite v Nitre. Nachádza sa približne 5 km severo-východne od mesta Nitra (N 48°19'00"; E 18°09'00"). Nadmorská výška lokality je 175 m n.m. Typ pôdy je klasifikovaný ako hnedozem kultizemná (Šimanský et al., 2008). Na danom území boli v marci 2014 vytýčené pokusné plochy s rozmermi 6 x 4 m, na ktorých bolo aplikované biouhlie. Vytvorili sa tri varianty, ktoré boli náhodne rozmiestnené na skúmanom území: kontrolná plocha, plocha s aplikáciou biouhlia 10 a 20 t.ha⁻¹ v 3 opakovaníach. Spolu bolo teda vytvorených 9 pokusných plôch. Pokusné plochy boli označené a oddelené ochrannou zónou šírky 0,5 m. Biouhlie bolo rozmiestnené na povrch pôdy a následne zapracované do hĺbky 10 cm pomocou traktora (Domanová, Igaz, 2015).

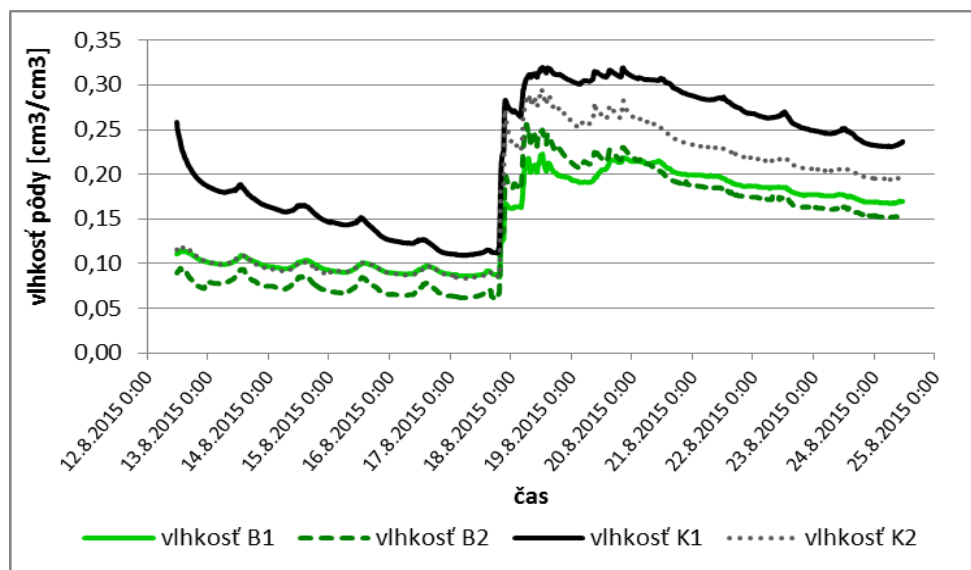
Počas vegetačného obdobia v roku 2015 boli vybraté dve výskumné plochy, na ktoré boli umiestnené dva senzory typu 5TM. Jedna z týchto plôch bola bez prídavku biouhľia ako kontrolná (K), ako druhá plocha bola vybraná plocha s maximálnou dávkou biouhľia 20 t.ha⁻¹ navyše obohatená o dusík (B). Meranie v senzoroch bolo nastavené tak, aby boli zachytené skúmané veličiny v intervale 5 minút. Meranie začalo 12.8.2015 o 11:45 hod. a bolo ukončené 24.8.2015 o 11:20 hod. Počas vegetačného obdobia 2015 sa na skúmanej ploche pestovala kukurica na siláž.

Výsledky a diskusia

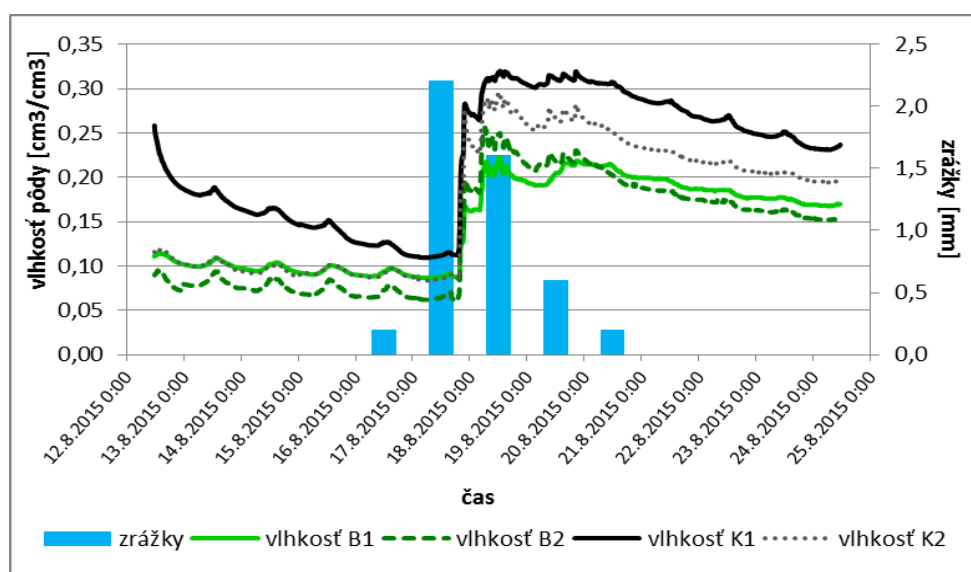
Sledovaný časový interval, ako aj celé leto 2015, boli výrazne suché. Počas celej doby bolo zaznamenaných päť zrážkových udalostí, z ktorých najvýraznejšia prebehla 17.8.2015 podvečer, kedy bol zaznamenaný úhrn zrážok 2,20 mm. Kým do tohto dňa sa priemerná teplota pôdy pohybovala okolo 30°C, potom nastalo menšie „ochladenie“ a priemerná teplota pôdy bola už „len“ 20°C. Rozdiely medzi senzormi v nameraných hodnotách teploty pôdy sú minimálne (obr. 1). Tieto rozdiely vznikli zrejme v dôsledku umiestnenia senzorov, kedy jeden z nich (senzor 2) bol umiestnený na mieste, ktoré bolo menej tienené vegetáciou, o čom svedčia aj vyššie hodnoty teploty pôdy a nižšie hodnoty vlhkosti pôdy. Rovnako boli menšie rozdiely vlhkosti v povrchovej vrstve pôdy zaznamenané na ploche B. K väčšiemu rozdielu nameraných vlhkostí došlo na ploche K, čo ale mohlo byť spôsobené tým, že jeden z dvoch senzorov bol staršieho typu, a teda výsledky nie je možné relevantne posúdiť (obr. 2). Vzhľadom k vlastnostiam biouhľia, ktoré má schopnosť viazať častice vody sme predpokladali, že na ploche s biouhlím budú zaznamenané vyššie hodnoty vlhkosti pôdy, čo sa však nepotvrdilo. Pokles vlhkosti pôdy na ploche B bol takmer o 30% oproti K. Sensory promptne zareagovali na zrážkové udalosti a vlhkosť v sledovanej vrstve pôdy sa zvýšila o takmer 10% obj. (obr. 3).



Obr. 1 Rozdiely nameranej teploty pôdy na dvoch výskumných plochách (K-kontrolná, B-biouhlie) pomocou štyroch senzorov (B1, B2, K1, K2)



Obr. 2 Rozdiely nameranej vlhkosti pôdy na dvoch výskumných plochách (K-kontrolná, B-biouhlie) pomocou štyroch senzorov (B1, B2, K1, K2)



Obr. 3 Porovnanie nameranej vlhkosti pôdy a zrážok na skúmaných plochách

Záver

Výsledky meraní ukázali malé rozdiely medzi senzormi na jednotlivých výskumných plochách, preto sa javia ako vhodné zariadenia na meranie skúmaných veličín. Na základe odborných štúdií sa predpokladalo, že vzhľadom k predpokladaným vlastnostiam biouhlia by plocha bez aplikácie biouhlia mala vykazovať nižšie hodnoty vlhkosti pôdy ako plocha s maximálnou aplikovanou dávkou biouhlia. Z našich meraní, ktoré sa uskutočnili na výskumnej ploche Malanta v auguste 2015 sa táto hypotéza nepotvrdila. Faktom je, že meranie bolo robené vo veľmi krátkom časovom rozpätí (iba 12 dní) počas veľmi suchého roka. Zatiaľ sme nepotvrdili, že výrazne suché obdobie môže ovplyvniť vlastnosti biouhlia. V budúcnosti je potrebné zopakovať meranie v dlhšom časovom intervale, čo môže byť ale

problematické jednak z dôvodu odcudzenia meracieho zariadenia alebo jeho poškodenia zverou. Keďže výskum je zameraný na poľné podmienky chceme vykonať čo najviac meraní priamo v teréne, ale k potvrdeniu hypotéz bude nevyhnutné uskutočniť časť meraní v laboratóriu. Rovnako je dôležité doplniť merania na plochách s menším množstvom aplikovaného biouhlia, čo môže posunúť naše bádanie dopredu.

PodĎakovanie

Tento príspevok bol vytvorený realizáciou projektu ITMS 26240120004 Centrum excelentnosti integrovanej protipovodňovej ochrany územia, na základe podpory operačného programu Výskum a vývoj financovaného z Európskeho fondu regionálneho rozvoja, a tiež s finančnou podporou z projektov Agentúry na podporu výskumu a vývoja APVV-0512-12, APVV-0139-10 a Vedeckej grantovej agentúry VEGA 2/0013/15.

Literatúra

DOMANOVÁ, J., IGAZ, D. 2015. Retenčné charakteristiky pôdy po aplikácii biouhlia. Študentská vedecká konferencia FZKI 2015, zborník príspevkov, Nitra 22.4.2015. s. 38-45. ISBN 978-80-552-1426-9.

E2BEBIS, 2016. [2016-03-11]. Dostupné online: <http://www.e2bebis.eu/>

LEHMANN, J. et al.. 2006. Bio-char sequestration in terrestrial ecosystems – a review. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 2006:11, pp 403-427.

MORLEY, J. 1929. Compost and charcoal, *The National Greenkeeper*, vol. 3, No 9 pp 8-26.

SOMBROEK, W. 1966. *Amazonian soils: A Reconnaissance of the Soil of the Brazilian Amazon Region*. Centre for Agricultural Publications and Documentation, Wagenigen, the Netherlands, 1966.

ŠIMANSKÝ, V. et al., 2008. Soil tillage and fertilization of Orthic Luvisol and their influence on emical properties, soil structure stability and carbon distribution in water-stable macro-aggregates, *Soil Tillage Resources*, 2008:100, pp. 125 –132.

Názov publikácie : XX. Okresné dni vody v Michalovciach

Druh publikácie : Recenzovaný zborník referátov

Autor : Kolektív autorov

Recenzenti : Ing. Rastislav Mati, CSc.
Ing. Dana Pavelková, PhD.
Ing. Milan Gomboš, CSc.
RNDr. Dana Kotorová, PhD.

Editori : Ing. Milan Gomboš, CSc.
Ing. Dana Pavelková, PhD.

Náklad : 120 kusov

Formát : A₄

Vydal : ÚH SAV Bratislava, Výskumná hydrologická základňa Michalovce
Východoslovenská vodárenská spoločnosť a.s. Košice,
závod Michalovce

Vydanie : Prvé, apríl 2016

ISBN : 978-80-89139-37-8

Publikácia vydaná pre potreby účastníkov XX. Okresných dní vody v Michalovciach.