



11-12 / 2019

VODOHOSPODÁRSKY SPRAVODAJCA

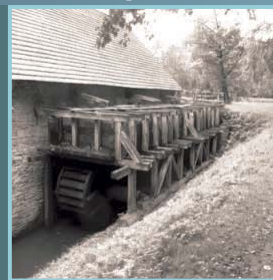
dvojmesačník pre vodné hospodárstvo a životné prostredie



Medzi energiou a spotrebiteľom



**KNOW - HOW
ZO SKÚSENOSTÍ**



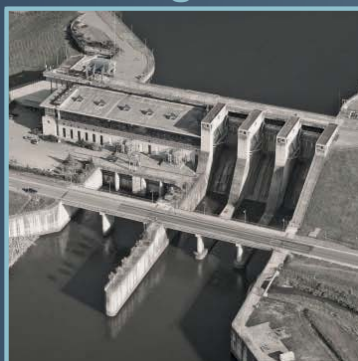
Myšlienka, návrh, projekt

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

energetika

životné prostredie

inžinierske siete



hydrotechnika



Voda je život, chráňme si ju



doprava



riadenie budov

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

Partner Rittmeyer, AG. Baar/CH-6341

TEL/FAX:
+421-2-444 61612
+421-2-443 71766

E-mail:
office@regotrans.sk
www.regotrans.sk



Milí čitatelia, vážení
vodohospodári,

nedávno sme si pripomenuli 65 rokov od platnosti vládneho nariadenia, ktoré ustanovilo Hydrometeorologický ústav a spojilo veľké množstvo meteorologických a hydrologických aktivít pod jednu strechu. Zlúčením meteorologickej a hydrologickej služby došlo aj na Slo-

vensku, aj v Čechách k modernému rozvoju týchto dvoch vedných disciplín a k rozšíreniu praktických aplikácií na základe získaných meraní a spracovaní do celého spektra sociálno-ekonomických sektorov. Plynulo však nadväzujeme na históriu ešte oveľa dávnejšiu, keď prvé prístrojové merania realizoval lekár Šarišskej župy Adam Rayman v Prešove už v roku 1717 – ešte v čase pred zavedením Celsiovej alebo Fahrenheitovej stupnice, alebo na prvé merania vodných stavov Dunaja v Bratislave z roku 1823. Významným medzníkom v našej histórii bolo založenie Československého štátneho ústavu meteorologického a štátneho ústavu hydrologického v roku 1919. Prvá hlásna služba predpovedná a varovná zbierala v roku 1920 údaje zo 16 slovenských a 6 zahraničných vodomerných staníc.

Zrejme prvým impulzom na vznik týchto služieb bola túžba, ako aj narastajúca potreba poznať zákonitosti prejavov počasia, režimu vôd, ich budúci vývoj, ako aj ich vplyv na výskyt extrémnych javov spôsobujúcich prírodné katastrofy spojené s počasím alebo vodou.

Už v roku 1904 formuloval nórsky meteorológ Vilhelm Bjerknes teóriu, podľa ktorej, ak poznáme počiatkový stav atmosféry a zákony, ktorými sa ako fyzikálny systém riadi, mali by sme vedieť budúci stav atmosféry vypočítať. Túto myšlienku podrobnejšie rozvinul anglický meteorológ Lewis Richardson, ktorý v roku 1922 publikoval metódu predpovedania počasia

riešením diferenciálnych rovníc, čím položil základ modernej predpovede počasia.

Dodnes platí, že ak chceme vyhotoviť úspešnú predpoveď, potrebujeme na to poznať dostatočne presne počiatkový stav. Kvalitné hodnoverné namerané či pozorované údaje, ktoré sa získavajú jednotnou metodikou pravidelne kalibrovanými prístrojmi, sú základom, bez ktorého by sme nemohli realizovať ani operatívne alebo režimové hodnotenia stavu prvkov klimatického systému, ani predpovede či výstrahy, ani rôzne štúdie či vedecké práce. Tieto sa snažíme v širokom rozsahu získavať v rámci štátnych pozorovacích sietí, ktoré ako štátna meteorologická a štátna hydrologická služba prevádzkujeme. Hovoríme o náročnej prevádzke monitorovacieho systému, pozostávajúceho z radarov, meteorologických, vodomerných, zrážkomerných a iných staníc, fungujúcich v nepretržitej prevádzke a poskytujúcich údaje v reálnom čase vrátane tisícov manuálnych meraní, ktoré naši pracovníci vykonávajú priamo v teréne či na vodnom toku. V súčasnosti v SHMÚ prevádzkujeme viac ako 4 000 objektov vo viac ako 2 600 lokalitách Slovenska. Získaf čo najpresnejšie informácie o aktuálnom stave atmosféry a vôd je kľúčovým faktorom na zlepšenie predpovedí extrémnych hydrologických javov.

Ako som už spomínal, ďalším kľúčovým bodom je poznanie na prvý pohľad tajomných fyzikálnych zákonitostí, ktorými sa tieto javy riadia, a ich úspešná simulácia v numerických predpovedných modeloch. Zatiaľ čo v časoch Richardsona chýbali akékoľvek nástroje na automatický výpočet zložitých diferenciálnych rovníc, po búrlivom vývoji informačných technológií dnes na moderných vysokovýkonných počítačoch numericky modelujeme budúci stav atmosféry a v podobe obrovského množstva dát a špecializovaných produktov tvoríme meteorologickú aj hydrologickú predpoveď.

Súbor všetkých našich meraní, pozorovaní, hodnotení, štúdií a predpovedí tvorí širokú škálu produktov, vďaka ktorým sme už 65 rokov KAŽDÝ DEŇ S VAMI. A sme s vami radi.

RNDr. Martin Benko, PhD., generálny riaditeľ SHMÚ

© Vodohospodársky spravodajca

dvojmesačník pre vodné hospodárstvo a životné prostredie / ročník 62

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

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

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

Dátum vydania: november 2019

Zodpovedný redaktor: Ing. Mária Rimarciková

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

Príspevky sú recenzované.

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

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

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

Evidenčné číslo: EV 3499/09

ISSN: 0322-886X



Foto na 1. a 4. strane obálky
Slavomír Červeň, Počúvadlianský tajch,
Štiavnické vrchy a foto na 3. strane obálky
Večerný pohľad na vodárenskú nádrž
Štarina, archív SVP, š. p.

3 Úvodník

Editorial

M. Benko

5 Spriechodňovanie migračných bariér na vodných tokoch

Making migration barriers in watercourses passable

M. Bocák

6 Rekonštrukcie stokových sietí a čistiarní odpadových vôd

Reconstruction of sewerage systems and wastewater treatment plants

M. Kohút

8 Manažment povodí a extrémne hydrologické javy

River basin management and extreme hydrological phenomena

T. Hajdin

8 65 rokov Slovenského hydrometeorologického ústavu

65 years of the Slovak Hydrometeorological Institute

I. Garčár

12 Odborno-študijná cesta na vodárenské objekty v Holandsku a Nemecku

Study trip to water supply facilities in the Netherlands and Germany

J. Buchlovičová, D. Barloková

13 45. výročie historickej povodne na hornom Hrone

45th anniversary of the historical flood on the Upper Hron River

T. Ič

15 Vodárenská nádrž STARINA – 30 rokov trvalej prevádzky

STARINA water supply reservoir – 30 years of permanent operation

M. Štančíková, M. Bocák

22 Porovnaní metodík pro stanovení ztrát vody z distribuční sítě na základě vyhodnocení minimálních nočních průtoků

Comparison of methodologies for determining water losses in distribution system based on minimum night flow analysis

J. Nováková, J. Ručka

28 Stanovení retenčního prostoru nádrže v podmínkách nejistot

Determination of tank retention space under uncertainty conditions

S. Paseka

38 Normy STN

Slovak technical standards

D. Borovská

Spriechodňovanie migračných bariér na vodných tokoch

Ing. Marián Bocák

Slovenský vodohospodársky podnik, š. p.

Slovenský vodohospodársky podnik, štátny podnik, v spolupráci so Slovenskou ichtyologickou spoločnosťou pripravil odborný seminár s medzinárodnou účasťou s názvom „Spriechodňovanie migračných bariér na vodných tokoch“, ktorý sa konal 24. 9. 2019 v kongresovom hoteli Dixon v Banskej Bystrici.

Seminára uskutočneného pod záštitou podpredsedu vlády a ministra životného prostredia SR Lászlóa Sólymosa sa ak-

a realizácie rybích přechodů“, „Aktuálne skúsenosti ekologického dozoru pri príprave a realizácii stavieb spriechodňovania migračných bariér“, „Monitoring priechodnosti migračných bariér pre ryby a stavu spoločenstva rýb po obnovení konektivity“.

Seminára sa zúčastnilo takmer 80 odborníkov z vodohospodárskej obce, ale aj zo sektora ochrany prírody a krajiny, akademickej obce a mimovládnych organizácií.



Spriechodňovanie migračných bariér na vodných tokoch

tívne zúčastnili a svoje poznatky a riešenia z pohľadu legislatívy zo skúseností prezentovali zástupcovia Štátnej ochrany prírody SR, Slovenského rybárskeho zväzu, zástupcovia akademickej obce, vodohospodári z Maďarska a Českej republiky, ako aj odborníci zo Slovenského vodohospodárskeho podniku. Odznelo celkovo 18 odborných príspevkov, z toho 4 od zahraničných autorov. Predmetom spoločného stretnutia boli témy ako napríklad: „Prečo ryby potrebujú migrovať?“, „Obnova migračnej priechodnosti tokov na Slovensku z pohľadu legislatívy“, „Malé vodné toky a obnova ich migračnej priechodnosti z pohľadu ochrany prírody a krajiny“, „Skúsenosti s prípravou a realizáciou spriechodňovania migračných bariér“, „Zaujímavé príklady technického riešenia, prípravy

Akciu hodnotili účastníci vysoko pozitívne so záverom, že v budúcnosti by bolo vhodné v obdobných podujatiach pokračovať. Za zmienku stojí odkaz, ktorý zaznel už v úvode: „Pamätajme, že je našou povinnosťou zachovať prírodné bohatstvo našich vôd aj pre generácie, ktoré prídu po nás.“

Celé znenia odborných prezentácií sú zverejnené na internetovej stránke Slovenského vodohospodárskeho podniku: www.svp.sk (sekcia PRESS/na stiahnutie). Veríme, že poznatky zo seminára „Spriechodňovanie migračných bariér na vodných tokoch“ budú cennými informáciami pri odstraňovaní ďalších prekážok a migračných bariér vybudovaných na vodných tokoch v minulosti.

Rekonštrukcie stokových sietí a čistiarní odpadových vôd

Ing. Martin Kohút

Výskumný ústav vodného hospodárstva

V dňoch 15. – 17. októbra 2019 sa konala jedenásta biennialna konferencia „Rekonštrukcie stokových sietí a čistiarní odpadových vôd“. Už tradične sa zvýšil počet jej účastníkov, keď v treťi októbrový týždeň zavítalo do slnečného tatranského Podbanského vyše 280 odborníkov z radov prevádzkovateľov verejných kanalizácií, orgánov štátnej správy, vedec-kých a pedagogických pracovníkov či zástupcov súkrom-ných spoločností zaoberajúcich sa problematikou odvádzania a čistenia odpadových vôd.

Cieľom podujatia bolo najmä oboznámiť účastníkov s aktuálnym stavom, novými poznatkami, postupmi a technológiami v oblasti odvádzania a čistenia odpadových vôd, nakladania s čistiarenským kalom, súvisiacou legislatívou a ekonomickými aspektmi, poskytnúť nové informácie a skúsenosti z výstavby a rekonštrukcií stokových sietí a čistiarní odpadových vôd (ČOV). Konferencie sa zúčastnilo viacero súkrom-ných firiem z oblasti čistenia a odvádzania odpadových vôd, prezentujúcich svoje produkty.

Podujatie organizoval Výskumný ústav vodného hospodárstva (VÚVH) v spolupráci s Ministerstvom životného prostredia Slovenskej republiky (MŽP SR), Združením zamestnávateľov vo vodnom hospodárstve na Slovensku, Asociáciou čistiarenských expertov Slovenskej republiky (ACE SR), Slovenskou vodohospodárskou spoločnosťou (SVHS), členom Zväzu slovenských vedec-kotechnických spoločností (ZSVTS), a Slovenskou vodohospodárskou spoločnosťou pri VÚVH, členom ZSVTS. Partnerom a zároveň spoluorgani-zátorom konferencie bola Asociácia vodárenských spoločností (AVS) a mediálnymi partnermi odborné časopisy Vodohospodársky spravodajca, Vodárenské pohľady a Vodní hospodářství.

Účastníkov na úvod konferencie svojimi príhovormi oficiálne privítali a podujatie zároveň slávnostne otvorili generálna riaditeľka VÚVH Ing. Ľubica Kopčová, PhD., riaditeľ Odboru kvality vôd VÚVH Ing. Peter Belica, CSc., riaditeľka odboru štátnej vodnej správy a rybárstva MŽP SR Ing. Anna Gaálová, vedúca kancelárie AVS Ing. Ivana Mahríková, PhD. EUR ING, predseda ACE SR prof. Ing. Igor Bodík, PhD., a predseda Slovenskej vodohospodárskej spoločnosti (SVHS) Ing. Pavel Hucko, CSc.

Ani tento rok nechýbalo veľké množstvo zaujímavých odborných tém, ktoré boli v rámci deviatich tematických sekcií obsiahnuté v podnetných príspevkoch odprezentovaných ich autormi zo Slovenska aj zahraničia.

Úvodný dvojblok sekcie **Ekonomický a právny background rekonštrukcie stokových sietí a ČOV** sa týkal hlavne aktuálneho stavu, respektíve očakávaných zmien v európskej aj národnej legislatíve, informácií o možnostiach financovania výstavby, rekonštrukcie a obnovy verejných kanalizácií, ako aj ich plánovaného rozvoja.

Sekcia **Stav v odvádzaní a čistení odpadových vôd** bola obsahovo zameraná na charakterizáciu súčasnej situácie a zhodnotenie dosiahnutých výsledkov v oblasti odvádzania a čistenia komunálnych odpadových vôd, plnenie európskej smernice o komunálnych odpadových vodách, znečistenie povrchových vôd, ako aj posúdenie prínosov rekonštrukcií verejných kanalizácií.

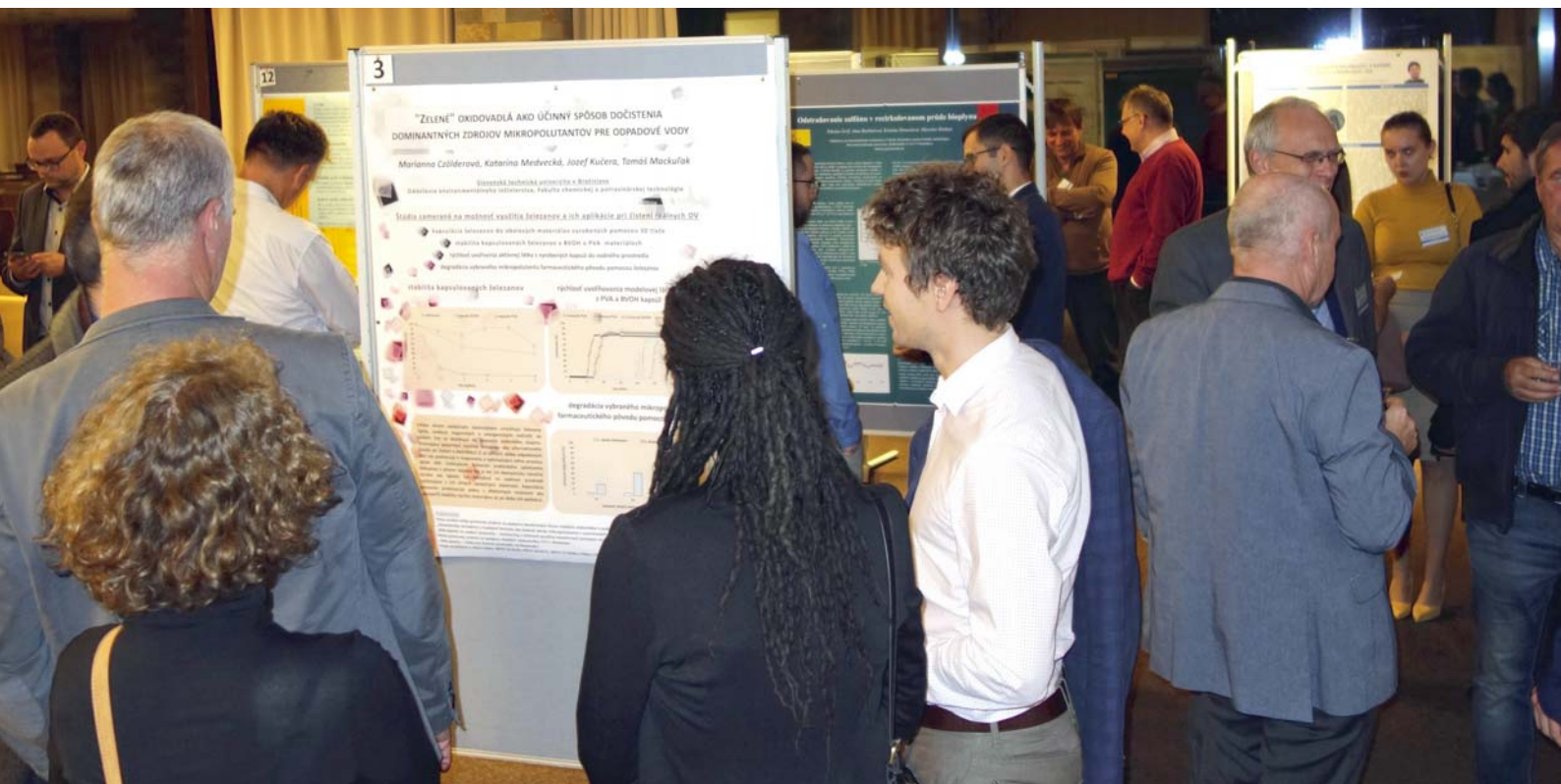
Hlavnou náplňou dvoch častí sekcie **Rekonštrukcia komunálnych ČOV** bolo poskytnutie informácií a skúseností týkajúcich sa financovania obnovy verejných kanalizácií, konkrétnych projektov na rekonštrukciu a intenzifikáciu komunál-



Predsedičky stôl - oficiálne privítanie a otvorenie konferencie.

nych ČOV, bolo poukázané na konkrétne skúsenosti z oblasti čerpania finančných prostriedkov, prípravy, realizácie a prevádzky stavieb verejných kanalizácií vrátane zhodnotenia doterajších výsledkov.

V sekcii **Kalové a plynové hospodárstvo** bol popísaný súčasný stav v oblasti nakladania s kalmi z komunálnych ČOV



Posterová sekcia

na Slovensku, možnosti ďalšieho vhodného využívania kalu, intenzifikácie kalového hospodárstva, ako aj praktické poznatky z prevádzky.

V rámci sekcie **Stokovanie** sa riešili napríklad otázky optimálneho odkanalizovania vidieckych oblastí, moderných spôsobov využívania dažďových vôd a ich monitoringu, optimalizácie prevádzky stokových sietí obohatené o konkrétne poznatky prevádzkovateľov priamo z praxe.

Náplňou tematickej sekcie **Technológie, procesy a priemyselné znečistenie** boli príspevky zaoberajúce sa realizáciou čistenia špecifických priemyselných odpadových vôd vznikajúcich v rámci výrobných procesov a progresívnymi metódami a technológiami čistenia týchto vôd.

Záverečná sekcia konferencie **Mikropolutanty, drogy, farmaceutiká** bola venovaná výskumu a postupom na stanovenie uvedených látok nielen v odpadových vodách.

Na konferencii za VÚVH odznelo spolu 9 príspevkov na témy „Kľúčové tematické otázky a očakávania v súvislosti so smernicou 91/271/EHS pre budúce obdobie“, ktorý predniesla Mgr. M. Kralčáková, „Plán rozvoja verejných kanalizácií pre územie Slovenskej republiky“ od Ing. P. Belicu, CSc., „Plnenie smernice o komunálnych odpadových vodách očami Európskej komisie“ od Ing. D. Drahovskej, „Odvládanie a čistenie komunálnych odpadových vôd v obciach patriacich do aglomerácií pod 2 000 EO za rok 2017“ od Ing. M. Mihalíkovej, „Špecifické znečistenie povrchových vôd“ od Ing. E. Rajczykovej, CSc., „Odhad podielu znečistenia z plošných a bodových zdrojov v povrchových vodách“ od Ing. P. Bertu, PhD., „Prínosy rekonštrukcie verejnej kanalizácie za posledné roky“ od Ing. K. Kozákovej, „Skúsenosti zo

skúšobnej prevádzky rekonštruovanej ČOV s membránovou separáciou v Bánovciach nad Bebravou“ od Ing. K. Kucmana, CSc., a „Nakladanie s kalmi z komunálnych ČOV v SR“ od Ing. L. Sumegovej, PhD.

V rámci programu sa navyše uskutočnila aj samostatná posterová sekcia, v rámci ktorej mali autori príležitosť toto formou prezentovať výsledky svojich prác. Novinkou pre účastníkov bola možnosť počas sekcie hlasovať za najlepší poster, pričom víťazom sa stal príspevok Ing. V. Gregušovej, PhD., s témou „Matematické modelovanie prúdenia v dosadzovacej nádrži“.

Nakoľko bol program konferencie naplnený veľkým množstvom zaujímavých príspevkov, z časových dôvodov sa do diskusií nie vždy mohli zapojiť všetci záujemcovia. Mnohé z dialógov sa preto preniesli z konferenčnej miestnosti aj do sály, kde sa konal diskusný večer, počas ktorého boli vyhodnotené aj tradičné turnaje v kolkoch a šípkach o pohár Rekonštrukcií stokových sietí a ČOV a vyhlásení boli víťazi v kategóriách „Najlepší poster“ a „Najrýchlejší účastník“. Zvyšok večera bol vyplnený najmä odbornými a priateľskými diskusiami.

Aj posledná bienálna konferencia „Rekonštrukcie stokových sietí a čistiarní odpadových vôd“ poskytla dôstojné zázemie na prezentovanie výsledkov prác, výmenu informácií a poznatkov, ako aj neformálne diskusie. Na záver konferencie Ing. P. Belica, CSc., zhodnotil priebeh podujatia a oznámil termín konania nasledujúceho ročníka 26. – 28. októbra 2021 opäť v hoteli Permon v Podbanskom. Organizátori veria, že aj nasledujúci ročník konferencie bude minimálne taký zaujímavý a informačne prínosný ako ten uplynulý.

Foto: archív VÚVH

Manažment povodí a extrémne hydrologické javy 2019

Bc. Tomáš Hajdin

Výskumný ústav vodného hospodárstva

V dňoch 8. – 9. októbra 2019 sa v priestoroch hotela Sitno vo Vyhniach konala konferencia pod záštitou podpredsedu vlády a ministra životného prostredia SR László Sólymosa v poradí už 7. konferencie s medzinárodnou účasťou **Manažment povodí a extrémne hydrologické javy**. Konferenciu usporiadalo Združenie zamestnávateľov vo vodnom hospodárstve na Slovensku v spolupráci s Výskumným ústavom vodného hospodárstva, Ministerstvom životného prostredia SR, Slovenským vodohospodárskym podnikom, štátnym podnikom, Stavebnou fakultou STU v Bratislave, Slovenským hydrometeorologickým ústavom, Vodohospodárskou výstavbou, štátnym podnikom, Ústavom hydrológie SAV, Slovenským priehradným výborom, Slovenskou vodohospodárskou spoločnosťou, členom ZSVTS a Medzinárodnou asociáciou hydrologických vied.

Konferencia bola zameraná na celú šírku problematiky v oblasti integrovaného manažmentu povodí, programov

opatrení, plánov manažmentu povodňového rizika, technických a zelených opatrení, extrémnych hydrologických javov ako aj manažmentu sucha. Vytvoril sa priestor na prezentovanie najnovších poznatkov v uvedených oblastiach a na výmenu informácií, skúseností ako aj identifikáciu problémových otázok. Na konferencii zazneli odborné príspevky autorov zo Slovenska a Čiech.

Počas dvoch rokovacích dní bolo prednesených 40 prednášok rozdelených do šiestich odborných sekcií a bolo prezentovaných 10 posterov. Konferencie sa zúčastnilo 166 registrovaných účastníkov zo Slovenska a Českej republiky. Mediálnymi partnermi konferencie boli časopisy Vodohospodársky spravodajca, Vodní hospodářství a Acta Hydrologica Slovaca.



65 rokov Slovenského hydrometeorologického ústavu

Mgr. Ivan Garčár

Slovenský hydrometeorologický ústav



Tlačová konferencia (zľava Ivan Garčár, Pavol Faško, Jana Poórová, Martin Benko, Norbert Kurilla, Mark Rieder, Radim Tolasz, Jan Daňhelka)

Slovenský hydrometeorologický ústav oslávil v týchto dňoch 65. výročie svojho vzniku. Jeho pracovníci si tento významný medzník pripomenuli spolu so zástupcami Českého hydrometeorologického ústavu. Oslavy sa začali v pondelok 7. októbra 2019 tlačovou konferenciou a pokračovali poobedňajším slávnostným podujatím, ktoré bolo pripomienkou histórie, súčasnosti a budúcnosti oboch inštitúcií. Obedva ústavy si v týchto dňoch spoločne pripomínajú aj 100. výročie vzniku Státního ústavu meteorologického, ktorý založili v roku 1919 v Prahe.

„Prvé známe systematické prístrojové, meteorologické merania na území Slovenska pochádzajú z Prešova z rokov 1717 – 1726. Robil ich župný lekár Šarišskej župy Ján Adam Rayman. Ako prvý v Rakúsko-Uhorsku pravidelne zaznamenával teplotu vzduchu.“ Týmito slovami začal Martin Benko, generálny riaditeľ SHMÚ, výpočet historických mílnikov slovenskej a českej meteorológie a hydrológie na tlačovej konferencii. Neskôr, v roku 1775, sa začali prvé systematické pozorovania (Praha – Klementínium) a od roku 1784 sa zachoval nepretržitý rad údajov. Na Slovensku s niečím podobným začal František Weiss v Trnave (1755 – 1770) a Ján Genersich v Kežmarku (1789 – 1800).

Z ďalších zaujímavých údajov, ktoré M. Benko spomenul, bolo založenie prvého štátneho meteorologického ústavu na území Rakúsko-Uhorska vo Viedni (1851). Bol to Centrálny ústav pre meteorológiu a geomagnetizmus, ktorého úlohou bolo založenie a prevádzkovanie štátnej meteorologickej

siete. Z roku 1860 pochádzajú prvé uverejňované informácie o vodnom stave na Váhu v Trnenci. Na základe rozhodnutia Ministerskej rady z 9. decembra 1919 a Výnosom zo 14. januára 1920 Ministerstvo školstva a národnej osvety Československej republiky schválilo stanovy Československého štátneho ústavu meteorologického. Jeho prvým riaditeľom sa stal Rudolf Schneider (1881 – 1955), ktorý dovtedy pôsobil v Ústrednom ústave vo Viedni.

Na základe zákona č. 295/1939 z 21. septembra 1939 vznikol Štátny hydrologický a meteorologický ústav v Bratislave. V podstate prvýkrát bola spojená hydrologická a meteorologická služba pod jednu strechu. Vládne nariadenie z 27. 11. 1953 o Hydrometeorologickom ústave s účinnosťou od 1. 1. 1954 zabezpečilo výkon hydrológie a meteorológie v rámci jednej organizácie – Hydrometeorologického ústavu so sídlom v Prahe ako ústredného ústavu pre odbor meteorológie, klimatológie a hydrológie. „Opätovným spojením meteorologickej a hydrologickej služby zaznamenávame aj na Slovensku, aj v Čechách moderný rozvoj týchto dvoch vedných disciplín a rozšírenie praktických aplikácií na základe získaných meraní a spracovaní do celého spektra sociálno-ekonomických sektorov,“ dodal M. Benko. Meteorológovia na Slovensku boli už v tom čase úspešnými a uznávanými odborníkmi. Dôkazom je napríklad aj skutočnosť, že dvaja z nich, prof. Mikuláš Konček a Dr. Štefan Petrovič, predpovedali počasie pre nemeckú armádu na dni pádu do Sovietskeho zväzu (operácia Barbarosa, jún 1941).



Generálny riaditeľ SHMÚ Martin Benko odovzdáva Striebornú medailu SHMÚ Ing. Eugenovi Kullmanovi, PhD., vedúcemu odboru Podzemné vody

Ďalšou témou tlačovej konferencie bolo sucha a zmena klímy. „Fenoménu sucha je jedným z prejavov zmeny klímy a jeho vplyvy pociťujeme všetci. Na ministerstve sme preto spojili odborníkov a pripravil sme dokument H₂Odnota je voda, ktorý sa zameriava na konkrétne riešenia, ako čo najviac zadržať vodu v krajine. Na takéto vodozádržné opatrenia môžu mestá a obce čerpať prostriedky z eurofondov v celkovej hodnote 17 miliónov eur,“ povedal štátny tajomník Ministerstva životného prostredia SR Norbert Kurilla. Do výzvy sa môžu zapojiť mestá, obce aj neziskové organizácie. Ministerstvo finančne podporuje projekty budovania dažďových záhrad, zberných jazierok, umelo vytvorených mokradí, vegetačných striech a stien, ale aj zberných systémov na zadržanie zrážkovej vody či zatrávňovacie tvárnice. Celkovo v rámci tejto výzvy ministerstvo dostalo 181 žiadostí, ktoré sú v súčasnosti v rôznom stave posudzovania. Schválených bolo doteraz 24 žiadostí v sume 3,8 mil. eur – ide o EÚ zdroj a štátny rozpočet. Aktuálne prebieha už v poradí 9. hodnotiace kolo.

Podľa slov klimatológa SHMÚ Pavla Faška bola najhoršia situácia koncom apríla 2019, kedy na približne 30 staniciach evidovali podľa indexu SPEI (štandardizovaný zrážkový a evapotranspiračný index) extrémne sucha. Nepriaznivú situáciu klimatológovia zaznamenali aj koncom júna, kedy bolo extrémne sucha na približne polovici územia Slovenska. Bolo to podmienené deficitom zrážok, ktorý trval niekoľko mesiacov, od jesene 2018 približne do polovice jari 2019. Podľa monitoringu pôdneho sucha bolo extrémne sucha na takmer 20% územia na začiatku júla 2019. Deficit pôdnej vlhky bol v tomto období v niektorých regiónoch na severe Slovenska až do 100mm. Relatívne nasýtenie pod bodom zníženej dostupnosti bolo na konci júla až na 84 percentách celkovej plochy.

Odborníci sa na stretnutí s novinármi nevyhli ani otázkam meniacej sa klímy a jej dôsledkom. Každý rok pridáme do ovzdušia 37 až 39 miliárd ton oxidu uhličitého. Vedci tvrdia, že ak toto množstvo výrazne nezredukujeme, teplota na Zemi sa zvýši o 2 stupne. Príroda však nie je schopná adaptovať sa na takúto zmenu. Výsledkom bude nielen zánik ekosystémov, na ktoré sme boli zvyknutí, dôsledky nás zničia aj ekonomicky.

Čo treba urobiť? Ľudia musia prijať aj nepopulárne opatrenia a vlády po celom svete musia znížiť počet emisií vo vzduchu. Niektoré zdroje uvádzajú, že ľudstvo má najviac 12 rokov. Je to interpretácia správy IPCC, ktorú vydali vlni v októbri. Hovorí o tom, ako by mal vyzeráť ďalší vývoj na Zemi do roku 2050, prípadne do roku 2100 vo vývoji emisií. Globálne emisie totiž stále rastú zhruba o alarmujúcich 37 až 39 miliárd ton CO₂ ročne. „Musíme ich výrazne zredukovať, aby sme sa nedostali na spomínané 2-stupňové oteplenie,“ zareagoval klimatológ Jozef Pecho z SHMÚ na informácie zo správy IPCC (Medzivládny panel na zmenu klímy). Práve medzivládny panel spomenul aj Rádím Tolasz z ČHMÚ. „IPCC vydala prvú správu o dôsledkoch zmeny klímy už koncom 80. rokov minulého storočia. Nikto ju vtedy nebral vážne. Dnes, po tridsiatich rokoch, sa táto téma stáva naozaj vážnou a vyžaduje si rôzne opatrenia. To nie je ‘alarmizmus ani aktivizmus’. To je realita,“ dodal R. Tolasz.

Jana Poórová, riaditeľka úseku Hydrologická služba SHMÚ, zhodnotila hydrologické sucha za uplynulé obdobie. „Z doterajšieho hodnotenia podzemnej vody od začiatku roka do konca leta môžeme skonštatovať, že tento kalendárny rok, ako aj minulý rok 2018 je zatiaľ hodnotený ako podpriemerný rok. V rámci hodnotenia jednotlivých mesiacov január až august 2019 iba mesiac jún patrí k priemerným mesiacom, a to v dôsledku intenzívneho zrážkového úhrnu v druhej polovici mesiaca máj.“ Druhým mesiacom, ktorý je hodnotený ako priemerný až mierne podpriemerný, patrí február. Ostatné mesiace sú hodnotené ako podpriemerné mesiace, v ktorých dochádza k poklesu hladín podzemnej vody a výdatností prameňov. Najsuchším mesiacom v tomto hodnotenom období je mesiac apríl 2019.



Prof. Silvia Kohnová, vedúca Katedry vodného hospodárstva krajiny STU Bratislava, po prevzatí Zlatej medaily SHMÚ

Hodnoty priemernej denných prietokov sa najmä v oblasti južného Slovenska začiatkom roka 2019 pohybovali pod 20% dlhodobých mesačných hodnôt. V priebehu februára sa pomerne rýchlo roztopila snehová pokrývka v nižších polohách a hodnota vodnosti dosahovala približne 20% až 60% dlhobehovej februárovej hodnoty, v severnej časti územia hodnoty 60% až 200%. V marci vo Východoslovenskej nížine a v oblasti južného Slovenska vodnosť na tokoch alarmujúco klesla pod 40% príslušného Q_{ma1961-2000}. Uvedená situácia pokračovala aj v apríli, kedy sa výrazne podnormálne hodnoty vyskytovali takmer na celom území Slovenska s výnimkou vysokých horských polôh tokov Vysokých Tatier. Napriek miernemu zlepšeniu hydrologickej situácie v máji, ktorý bol vodnosťou normálny až mierne



Zľava Martin Lakanda, generálny riaditeľ ŠOP, Róbert Ružička, generálny riaditeľ SIŽP, Norbert Kurilla, štátny tajomník MŽP SR, Ľubica Kopčová, generálna riaditeľka VÚVH, Martin Benko, generálny riaditeľ SHMÚ, Richard Muller, generálny riaditeľ SAŽP, Vladimír Novák, generálny riaditeľ sekcie vôd MŽP SR, Pavel Virág, technicko-prevádzkový riaditeľ SVP, š. p.

nadnormálny takmer vo všetkých povodiach, v ďalších mesiacoch vodnosť opäť začala postupne klesať. Leto 2019 bolo preto aj v dôsledku ďalšieho nedostatku zrážok z pohľadu vodnosti podpriemerné. Hydrologické sucho (pod 40 % príslušných dlhodobých mesačných prietokov) významne postihlo veľkú časť Slovenska a nepriaznivá situácia v povodiach pokračovala aj septembri. Hoci sme zatiaľ nezaznamenali pokročenie historických minim, výnimočné v hydrologickej situácii roka 2019 je to, že sme v niektorých vodomerňoch staniach zaznamenali dlhodobé výskyty malých prietokov, a to až pod Q_{355d} nielen v letných mesiacoch, ale aj v apríli, t. j. v mesiaci, ktorý je z dlhodobého pohľadu mesiacom s typicky zvýšeným odtokom.

Najviac postihnuté suchom sú južné oblasti Slovenska, ktoré sú dlhodobo suché a citlivo reagujú na zrážky. Avšak sucho sa tento rok objavilo aj v severných oblastiach. „Suché roky sa nám po roku 2000 objavujú čoraz častejšie. Častejšie sa vyskytuje malá vodnosť, čo znamená, že vody je výrazne menej, ako je jej priemer v danom období, a tak sa nám znásobuje počet suchých období. Vodné zásoby sa tvoria najmä z jarného odtoku, zo snehu, kedy voda pomaly klesá do podzemia. Keď tento odtok chýba, pretože dochádza k prudkému januárovému alebo februárovému otepleniu a výparu, voda nestihne vsiaknuť do podzemia, čím klesajú aj zásoby podzemnej vody,“ poznamenala na stretnutí s novinármi J. Poárová.

Slávnostné podujatie pripravili pracovníci SHMÚ spolu s pracovníkmi Českého hydrometeorologického ústavu. Primárnym dôvodom spojenia v dňoch osláv bola nielen spoločná história, ale aj spoločná súčasnosť a budúcnosť. „Naše inštitúcie majú rovnakú štruktúru, zameranie, ciele a v mnohých aktivitách aj spoločnú budúcnosť. Medzinárodná spolupráca v rámci európskych inštitúcií a projektov funguje výborne, spomeniem napríklad vývoj a prevádzku modelu Aladin a v neposlednom rade aj skutočnosť, že si rozumieme, keď spolu hovoríme každý rodným jazykom. To všetko je predpoklad dobrej spolupráce, ktorá medzi SHMÚ a ČHMÚ funguje výborne,“ povedal Mark Rieder, riaditeľ ČHMÚ.

Na slávnostnom podujatí odznela prezentácia najdôležitejších období, ktoré tvoria históriu meteorológov, hydroológov a klimatológov obidvoch krajín. Stretnutie bolo zároveň aj možnosťou oceniť inštitúcie a jednotlivcov za spoluprácu, bez ktorej by SHMÚ nedokázalo plniť svoje poslanie.

Generálny riaditeľ Martin Benko odovzdal zástupcom spolupracujúcich inštitúcií pamätný dar, fotografiu Tomáša Hulíka, a to Výskumnému ústavu vodného hospodárstva, Ústavu hydrologie Slovenskej akadémie vied, Štátnemu geologickému ústavu Dionýza Štúra, štátnemu podniku Vodohospodárska výstavba, Slovenskej agentúre životného prostredia, Dopravnému úradu a Sekcii krízového riadenia Ministerstva vnútra Slovenskej republiky. Ďalšie ocenenia, ďakovný list, striebornú a bronzovú medailu za zásluhy o rozvoj meteorológie a hydrologie, odovzdal mnohým bývalým a súčasným kolegom, dobrovoľným pozorovateľom, spolupracujúcim odborníkom.

Zlatú medailu SHMÚ udelilo Katedre vodného hospodárstva krajiny Slovenskej technickej univerzity v Bratislave. Ústav ocenil dlhodobú úzku, odbornú spoluprácu. Táto výchovno-vzdelávacia inštitúcia spoločne s SHMÚ rieši úlohy a projekty na národnej, ale aj medzinárodnej úrovni. Napríklad v rámci projektu Tisza v prístupovom období SR do Európskej únie alebo v národnom projekte Aplikovaný výskum metód pre určenie klimatických a hydrologických návrhových veličín. Katedra sa významnou mierou podieľa na tvorbe a implementácii nových metodík v oblasti hydrologie, klimatológie, vodného hospodárstva a ďalších vedných disciplín, ktoré sú nevyhnutné na plnenie úloh SHMÚ. SHMÚ využíva nielen základné výsledky práce katedry, ale aj iné „produkty“. Mnohí absolventi katedry sú dnes zamestnancami ústavu. Cenu prevzala profesorka Silvia Kohnová, vedúca katedry.

Slávnostné podujatie graficky a pútavo dotvorili fotografie a „časozberné“ videá Tomáša Hulíka a o kultúrny program sa postarala dvojica Peter Lipa so synom Petrom. Vo všetkých prezentáciách dominoval slogan KAŽDÝ DEŇ S VAMI. Ide o nadčasové heslo, ktorého úlohou je vyjadriť, resp. identifikovať ciele a produkty SHMÚ, ktoré táto inštitúcia denne ponúka klientom a laickej verejnosti. Nie je to len model Aladin ako najpopulárnejší produkt na webovej stránke SHMÚ, ale aj výsledky monitoringu zo štátnej hydrologickej a meteorologickej siete alebo monitoringu kvality ovzdušia a sucha. To všetko zaujíma veľké množstvo ľudí. Webová stránka ústavu www.shmu.sk sa tak pravidelne radí medzi desať najnavštevovanejších na Slovensku. Mesačne ju navštívi v priemere viac ako 1,2 milióna návštevníkov. Zaželajme SHMÚ mnoho ďalších rokov vyjadrených záujmom spokojných klientov a užívateľov.

Foto: archív SHMÚ

Odborno-študijná cesta na vodárenské objekty v Holandsku a Nemecku

Ing. Jana Buchlovičová, prof. Ing. Danka Barloková, PhD.

Slovenská asociácia vodárenských expertov



Účastníci odborno-študijnej cesty

V dňoch 23. – 27. 09. 2019 Slovenská asociácia vodárenských expertov v spolupráci s Czech Water Association a firmami zaoberajúcimi sa úpravou vody, resp. technológiami a materiálmi využívanými pri úprave vody (ENVI-PUR s.r.o., ProMinent Slovensko, s.r.o. a Vulcascot Wien) zorganizovala odborno-študijnú cestu na vodárenské objekty v Holandsku a Nemecku.

Účastníci cesty navštívili úpravňu vody v Sunderne (Nemecko), ktorá je zameraná na odstraňovanie organických kontaminantov, chlórovaných uhľovodíkov, zákalu a iných rozpustených látok. Technológia úpravy s kapacitou 250 m³/hod. pozostáva z ultrafiltrácie, filtrácie cez aktívne uhlie a dezinfekcie chlórdioxidom.

Ďalším zdrojom pre oblasť Sundernu je nádrž, umelo vybudované jazero Sorpesee, kapacita úpravne Langscheid je 250 m³/hod. Na úpravu vody sú využívané tlakové pieskové filtre, rýchlofiltry s aktívnym uhlím a membránová technológia – ultrafiltrácia.

Ako ďalšiu lokalitu účastníci navštívili úpravňu vody **Andijk III** (Holandsko). Zmodernizovaná úpravňa vody, ktorá upravuje povrchovú vodu použitím mikrofiltrácie s keramikými membránami, s využitím ionexov v predúprave, výkon úpravne je cca 5000 m³/hod, svojím spôsobom patrí medzi najväčšie úpravne vody tohto druhu v Európe.

Ďalšou zastávkou na našej ceste bola návšteva výrobcu aktívneho uhlia **Norit Activated Carbon Cabot** v Amersfoorte (Holandsko), kde sme sa oboznámili s produktami a aplikáciami aktívneho uhlia v rôznych odvetviach hospodárstva, najmä však v úprave vôd, ako i možnosti jeho rekarbonizácie.

V Spolkovej republike Dolné Sasko v meste Osnabrück sme navštívili spoločnosť **GEH Wasserchemie**, spoločnosť, ktorá vyvinula a vyrába adsorpčný materiál hydroxid železitý, využívaný na odstraňovanie ťažkých kovov z vody ako sú: arzén, železo, mangán, vanád, atď. Oboznámili sme sa s jeho výrobou a mali sme možnosť vidieť i jeho využitie v praxi – navštívili sme čistiareň odpadových vôd, v areáli ktorej sa nachádza objekt čistiarene priesakových vôd zo starej skládky, priesakové vody obsahujú vysoké koncentrácie arzénu – až 0,12 mg/l a organických látok. Kapacita úpravne s tlakovými filtermi, v ktorých náplň je tvorená sorpčným materiálom GEH je 0,8 – 8 m³/h.

Na záver by sme sa chceli v mene všetkých účastníkov poďakovať organizátorom a spoluorganizátorom tejto cesty, ako i pracovníkom jednotlivých navštívených lokalít za ich čas venovaný nám, našim otázkam týkajúcim sa nielen technologických zariadení ale aj praktických skúseností z úpravy vody.

Foto: autori

45. výročie historickej povodne na hornom Hrone

Ing. Tomáš Ič

Slovenský vodohospodársky podnik, š. p.

Anotácia

Článok stručne opisuje dôsledky októbrovej povodne 1974 na hornom a strednom Hrone, prípravu a realizáciu aktuálne realizovaných preventívnych protipovodňových opatrení v Banskej Bystrici. V závere sa článok zameriava na budúcu prevádzku realizovanej stavby – potrebu osadenia mobilného hradenia so zohľadnením extrémne krátkeho dotokového času z horného úseku Hrona po Banskú Bystricu.

V tomto roku si pripomíname výročie jednej z hydrologicky najväčších prírodných živelných katastrof v novodobých dejinách. Je ňou októbrová povodeň v roku 1974, ktorá postihla takmer celé územie Slovenska. Jej vzniku predchádzala veľká nasýtenosť pôdy jednotlivých povodí už od tretej septembrovej dekády so stúpajúcou tendenciou od 12. 10. do 19. 10. 1974. Hydrologická situácia vyvrcholila kritickými zrážkami v dňoch 20. – 21. 10. 1974.

Počas tejto historickej povodne dosiahol vodný stav v Banskej Bystrici na rieke Hron dňa 22. 10. 1974 výšku 494 cm pri kulmináčnom prietoku 560 m³/s (priemerný ročný prietok predstavuje 28 m³/s), čo podľa vtedajších prepočtov predstavovalo tisícročnú vodu. 2-dňový úhrn zrážok na povodie dosiahol takmer 100 mm. V niektorých zrážkomerných staniách došlo až k 400% presiahnutiu normálu pre dané obdobie. Nepriaznivou kombináciou povodňových vln z jednotlivých prítokov došlo k vytvoreniu mohutnej povodňovej vlny na Hrone. Pretrvávajúce zrážky a nasýtené povodie spôsobili vylíatie väčšiny vodných tokov v povodí horného a stredného Hrona vrátane zaplavenia časti krajského mesta Banská Bystrica. Pod vodou sa ocitli suterény a pivnice bytových domov na Hronskom (v súčasnosti Štefánikovom) nábreží, pričom nevyhnutná bola aj evakuácia obyvateľov niektorých domov. V krajskom meste došlo k zatopeniu štátnych a miestnych komunikácií, areálu bývalej autobusovej stanice, zimného štadióna a areálu výrobného podniku Smrečina. Zatopená bola veľká plocha mestskej časti Uhlisko na ľavej strane Hrona, ktorú bolo možné zásobovať len na člnoch. Pod vodou sa ocitol mestský park Pod pamätníkom SNP, kde v mieste pôvodného meandra Hrona vzniklo „jazero“. Voda preliala mostné objekty a prakticky odrezala akékoľvek cestné spojenie oboch brehov Hrona v Banskej Bystrici.

Pre vodohospodárov to bola výzva a opodstatnený podnet na začatie príprav na reguláciu a skapacitnenie Hrona na jeho hornom a strednom úseku. Po povodni v roku 1974 boli zo strany vtedajšieho štátneho Podniku pre správu tokov vybudované preventívne protipovodňové opatrenia na rieke Hron s cieľom zamedziť opakovaniu tejto živelnéj pohromy. Korytové úpravy a ochranné hrádze boli vybudované v mestách Zvolen, Sliač, Banská Bystrica a Brezno, ako aj v niektorých ďalších obciach hornej a strednej časti Hrona, a to v úseku

Šalková – Slovenská Ľupča, Brusno a Nemecká. V obci Podbrezová došlo rekonštrukciou pôvodných oporných múrov k ich prevýšeniu na účel ochrany areálu Železiarní.

Napriek realizácii protipovodňových opatrení pred a predovšetkým po roku 1974 je potrebné konštatovať, že Banská Bystrica ostáva posledným krajským mestom na Slovensku, ktoré nemá doriešenú protipovodňovú ochranu, t. j. ochranu na prevedenie aktuálneho Q₁₀₀ ročného prietoku (ochrana vybudovaná po roku 1974 neprevedie korytom ani tzv. 50-ročnú vodu). Začiatkom prvej dekády 21. storočia sa začalo s prípravou protipovodňových opatrení tohto krajského mesta viacerými variantnými riešeniami, z ktorých sa na základe posúdení slovenských aj zahraničných inštitúcií nakoniec vybralo ekonomicky a technicky najvýhodnejšie, a to aj s ohľadom na komplikovanú infraštruktúru tejto aglomerácie.

Projekt protipovodňovej ochrany mesta realizovaný od konca roku 2018 pozostáva z úpravy brehov, navýšenia ochranných hrádzí, vybudovania nových nábrežných múrov a zabezpečenia k nim prislúchajúceho mobilného hradenia. Stavbná časť projektu je rozdelená na šesť úsekov nasledovne:



Obr. 1 Vybreženie Hrona pri zimnom štadióne



Obr. 2 Zaplavenie parku pod Pamätníkom SNP po hotel LUX

- dolný úsek – pozdĺž rýchlostnej cesty R1 od mosta v Kráľovej po zaústenie potoka Bystrica,
- stredný úsek – centrálna časť mesta od zaústenia potoka Bystrica po most pri Smrečine na Uhlisku,
- horný úsek – od mosta pri Smrečine po lávku pre peších v Majeri,
- potok Bystrica od jeho zaústenia po lávku pre peších pri mestskom parku na ulici Janka Kráľa,
- úsek Iliaš – Radvaň,
- úsek mestskej časti Majer.

Ochranné múry zabezpečia prevedenie storočnej vody a v prípade povodne budú dodatočným montovaným hradením zabezpečené aj všetky mosty a ostatné otvory v nábrežnom múre tak, aby sa zamedzilo rozlietaniu vôd mimo koryta (bezpečnosť 1,0m nad Q_{100}). Mobilné hradenie sa osadí na korunu múrov len v prípade potreby, ak by hrozila väčšia než storočná povodeň. Keďže toto mobilné hradenie nebude permanentne osadené, nebude tvoriť ani vizuálnu, ani pevnú prekážku v prostredí. V priemyselnom parku v Šalkovej bol na tento účel vybudovaný sklad mobilného hradenia, v ktorom budú okrem všetkých jeho komponentov umiestnené aj všetky mechanizmy a dopravné prostriedky na jeho prevoz, čerpacia technika a ostatné príslušenstvo na potreby protipovodňových zásahov. Stavba ako celok je v plnom rozsahu riešená v súlade so záväznou časťou územného plánu mesta Banská Bystrica, pričom z veľkej časti využíva trasu už existujúcich nábrežných múrov, ktoré budú odstránené a nahradené novými konštrukciami. Stavebné práce sa realizujú na brehoch rieky s ponechaním jej pôvodného koryta. V procese prípravy stavby sa zohľadňovali existujúce prvky zelenej infraštruktúry a bol stanovený jej ekologicky prijateľný rozsah. Zároveň sa na maximálnu možnú mieru minimalizovali zásahy do sprievodných drevín, ktoré budú kompenzované sadovými úpravami zrealizovanými v závere prác popri promenádnych chodníkoch. Samotná výstavba bude prebiehať po etapách tak, aby v čo najmenšom rozsahu obmedzovala život v meste a dopravu popri rieke Hron, pričom predpokladaný termín ukončenia stavby ako celku je v marci 2021.

Už v súčasnosti v predstihu pred dokončením stavby je potrebné myslieť na jej budúcu prevádzku. Mobilné hradenie ako jej súčasť bude potrebné osadiť v dostatočnom predstihu pred dosiahnutím povodňového prietoku Q_{100} na úseku dlhom približne 5 110m. Avšak prednostne bude potrebné

Literatúra:

Povodeň na Hrone, Slanej, Rimave a Iplí v októbri 1974, Hydrometeorologický ústav – Hydrologické stredisko Banská Bystrica.
Súhrnná správa z povodňovej aktivity 23. 12. 2009 – 7. 1. 2010 na vodných tokoch

zahradiť prieluky v ochranných múroch a mostné objekty proti vyliatiu vody z koryta pri prietoku Q_{100} , čo predstavuje osadenie približne 800m hradenia. Pri rozhodovaní o prioritnom začatí hradenia na prieluky v pevných ochranných múroch a na mostných objektoch bude nevyhnutné brať na zreteľ rýchlosť nástupu povodne a veľmi krátke dotokové časy z horného úseku rieky Hron. Pritom je nutné zdôrazniť, že povodie horného úseku Hrona je charakteristické veľkými výškovými rozdielmi, vysokými sklonmi horského terénu a pomerne úzkym údolím, čo výrazným spôsobom vplýva na veľmi krátke dotokové časy (napr. dotokový čas medzi Breznom a Banskou Bystricou na dĺžke 45 riečnych kilometrov predstavuje 5 až 7 hodín). Časové možnosti prípravy a samotnej realizácie protipovodňových opatrení na hornom a strednom Hrone nie je teda možné porovnávať s väčšími vodnými tokmi v ich stredných a dolných úsekoch, kde sa preventívne opatrenia môžu realizovať s väčším predstihom.

Z uvedeného dôvodu bude veľmi dôležitým faktorom ovplyvňujúcim celkovú funkčnosť protipovodňovej ochrany mesta Banská Bystrica kvalitná hydrologická predpoveď Slovenského hydrometeorologického ústavu s predstihom výrazne väčším, ako je postupový čas povodňovej vlny. Už v súčasnosti v štádiu budovania protipovodňovej ochrany mesta Banská Bystrica správca toku pripravuje komplexný povodňový plán zabezpečovacích prác, do ktorého bude nutné zahrnúť dostatočné množstvo mechanizácie a personálneho vybavenia, a to okrem vlastných kapacít pravdepodobne



Obr. 3 Zaplavenie pravostranného územia Hrona v okolí Pamätníka SNP

aj zložiek Ministerstva vnútra či Ministerstva obrany SR. Realizácia vyššie uvedených opatrení si bude vyžadovať okrem techniky (mechanizácie a dopravy) a vecných prostriedkov aj dostatočné množstvo ľudských kapacít a ich zručnosť pri kladení mobilného hradenia tak, aby sa v budúcnosti predišlo vzniku škôd a neopakoval sa scenár zo 70. rokov 20. storočia.

v správe SVP, š. p., OZ Banská Bystrica. Projektové dokumentácie jednotlivých úsekov protipovodňových opatrení v Banskej Bystrici.

Vodárenská nádrž STARINA – 30 rokov trvalej prevádzky

Ing. Martina Stančíková, Ing. Marián Bocák
Slovenský vodohospodársky podnik, š. p.

ÚVOD

Dňa 19. 9. 2019 sa v Kaštieli Snina uskutočnila slávnostná konferencia pri príležitosti 30. výročia uvedenia vodnej stavby vodárenská nádrž Starina do trvalej prevádzky. Slávnosť sa konala pod záštitou bývalého pána prezidenta Ing. Rudolfa Schustera, PhD., ktorý je vyštudovaný vodohospodár a taktiež sa zaslúžil o to, aby vodu zo Stariny pili obyvatelia celého východoslovenského regiónu, nevynímajúc mesto Košice. Konferenciu zorganizoval správca a prevádzkovateľ vodnej stavby Slovenský vodohospodársky podnik, š. p., OZ Košice, Správa povodia Laborca, Michalovce.

Iste uznáte, že „tridsiatka“ si zaslúži oslavu, o to väčšiu, keď ide o vodnú stavbu, ktorá prináša obyvateľom východoslovenského regiónu ten najvzácnejší poklad – pitnú vodu, a tiež pre jej výnimočnosť, keďže je najväčšou vodárenskou nádržou na Slovensku a v strednej Európe.

Galandová – primátorka mesta Snina, ako aj zástupca spoločnosti COLAS Slovakia, a. s. – sponzor podujatia, PaedDr. Milan Majerský, PhD. – predseda Prešovského samosprávneho kraja, Ing. Pavel Virág – technicko-prevádzkový riaditeľ Slovenského vodohospodárskeho podniku, š. p., GR Banská Štiavnica a Ing. Stanislav Hreha – generálny riaditeľ Východoslovenskej vodárenskej spoločnosti, a. s., Košice.

Vzácnym hosťom bol generálny inžinier stavby Ing. Jozef Vorlíček, ktorý účastníkom konferencie zvlášť osobným a neformálnym spôsobom poskytol v rámci prezentácie „Spmienky projektanta“ okrem nespočetných technických údajov aj ďalšie zaujímavé informácie z obdobia výstavby vodnej nádrže.

Prezentujúcimi účastníkmi konferencie boli organizácie (Vodohospodárska výstavba, š. p. Bratislava, Národný park Poloniny, Slovenský vodohospodársky podnik, š. p.), ako aj prevádzkovateľ distribučnej siete – Východoslovenská vodáren-



Pohľad z vtáčej perspektívy na vodárenskú nádrž Starina

Konferencia bola otvorená originálnym spôsobom – premiérou skrátenej verzie dokumentárneho filmu s názvom „Starina“. Film vyrobila pri príležitosti tohto jubilea v priebehu roka 2019 spoločnosť Promedium a bude sprístupnený aj širokej verejnosti v rámci jeho odvysielania vo verejnoprávnej televízii.

Po úvodnom príhovore sa postupne slova ujal Ing. Jozef Širotník – riaditeľ kancelárie prezidenta SR v Košiciach, Daniela

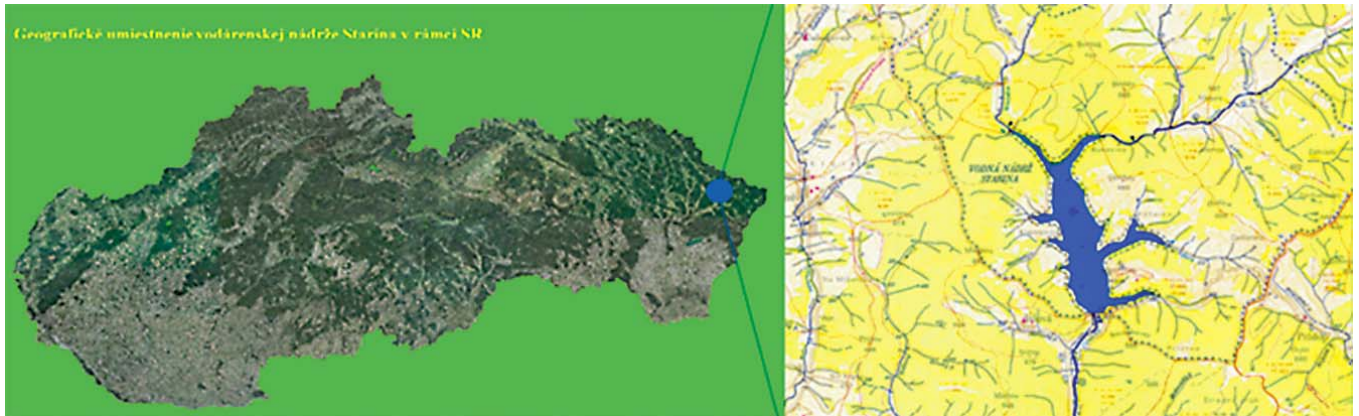
ská spoločnosť, a. s., Košice a v neposlednom rade i zástupca Združenia vysídencov z oblasti vodárenskej nádrže Starina.

Okrem odborných prezentácií bola v deň konania konferencie v galerijných priestoroch kaštiela v Snine sprístupnená výstava pre verejnosť s názvom „STARINA – VODA VIERY“, ktorá zahŕňa prezentáciu troch dokumentárnych projektov. Na konferencii boli vystavené aj výtvarné diela umelcov

p. Kolysníka a Smoláka, ktoré boli inšpirované projektom výstavby nádrže.

ZÁMER VÝSTAVBY VODÁRENSKEJ NÁDRŽE STARINA

V 80. rokoch nastal zásadný obrat v rámci industrializácie Slovenska a priemysel sa začal budovať aj na východnom Slovensku. Rýchlo sa zvyšujúca životná úroveň a rast priemyslu vyvolali zvýšené nároky na zásobovanie pitnou vodou v regióne. Pri navrhovaní starších vodárenských zariadení sa totiž nepredpokladal taký enormný nárast, a preto oblasť vykazovala deficitnú bilanciu potreby pitnej vody.



Geografická pozícia vodnej stavby v rámci SR

Nedostatok zdrojov pitnej vody vo vtedajšom Východoslovenskom kraji, najmä v jeho severnej polovici, si vynútil také riešenie zásobovania pitnou vodou, ktoré pomocou skupinového vodovodu dokáže zásobovať z jedného vodného zdroja pomerne rozsiahlu oblasť. Ako zdroj povrchovej vody sa v tomto prípade vyhládla horná časť povodia rieky Cirocha nad obcou Starina.

V súvislosti s hygienickými požiadavkami na kvalitu vody v nádrži bolo povodie ešte pred samotnou výstavbou rozdelené na 3 ochranné pásma vodárenského zdroja. V rámci I. ochranného pásma sa vysídliť obec Starina. Zbúrali sa obytné domy, asanovali všetky žumpy, hroby z cintorína sa premiestnili do obce Stakčín. Odstránil sa všetok organický materiál, vyrúbali sa stromy.

V II. a III. ochrannom pásme boli vysídlené a asanované obce Dara, Ostružnica, Smolník, Veľká Polana, Zvala a Ruské. Spolu sa z povodia vysídliť 3 463 obyvateľov zo 769 príbytkov. Prevažná časť vysídlených obyvateľov sa usadila v meste Snina či v Humennom. Vysídlenie prebiehalo od jari 1980 až do jari 1986, keď ako poslednú vysťahovali obec Ruské.

Bol to citeľný zásah do života tamojších občanov, no na druhej strane môžeme hľadať vyváženie, že sa takýmto krokom vytvorili podmienky na vysokú životnú úroveň tisícov spoluobčanov vrátane nich samých, keďže bývajú v náhradných bytoch na niektorom sídlisku zásobovanom pitnou vodou práve z tohto zdroja.

Podľa pôvodnej koncepcie mala vodárenská nádrž Starina tvoriť vodný zdroj na zásobovanie okresov Humenné,

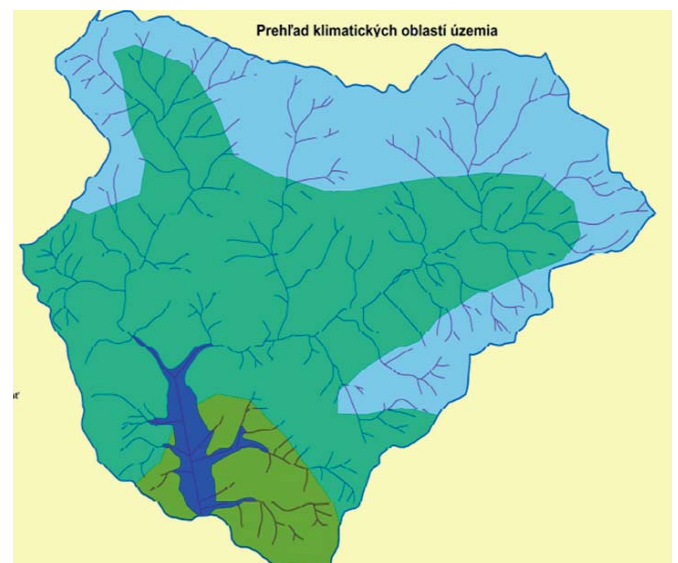
Vranov nad Topľou, Michalovce a Trebišov. Dynamický rozvoj mesta Prešov a deficit vody v meste Košice vyvolali požiadavku na riešenie tejto situácie, a tak vznikla nová koncepcia skupinového vodovodu. Okrem plánovanej výstavby privádzačov pre okresy Michalovce a Trebišov bol zrealizovaný aj privádzač do Prešova a Košíc. [2]

ZÁKLADNÉ ÚDAJE

Vodárenská nádrž Starina sa nachádza v najvýchodnejšej časti Slovenska v severovýchodnej časti Zemplína na území okresu Snina a je najväčšou nádržou na zásobovanie pitnou vodou v strednej Európe.

Vybudovaná bola na vodnom toku Cirocha, v riečnom kilometri 37,250 v rokoch 1981 až 1988. Projektovaný celkový objem vodnej nádrže je 59,8 mil. m³ vody [1]. Vodná nádrž sa rozprestiera na ploche 311,4 ha [1].

Povodie má charakteristický vejárovitý tvar. Plocha povodia k priehradnému profilu predstavuje 130,66 km² [1] a dĺžka údolia Cirochy od prameňa predstavuje 17,3 km [1]. Na severe ho ohraničuje rozvodnica s riekou Vislou, ktorá tvorí zároveň štátnu hranicu s Poľskom.



Vejárovitý tvar povodia vodárenskej nádrže Starina

Vodárenská nádrž bola vybudovaná v rokoch 1981 až 1988 na hornom toku rieky Cirocha v Bukovských vrchoch.

Projektantom bol Hydroconsult Bratislava, generálnym dodávateľom stavebných prác boli Inžinierske stavby Košice.

Prevádzkovateľom vodnej stavby je Slovenský vodohospodársky podnik, š. p., Odštepňý závod Košice, Správa povodia Laborca Michalovce.

PRIEBEH VÝSTAVBY

Súbor stavieb vodárenskej nádrže Starina a skupinového vodovodu patril v čase realizácie medzi najväčšie vodohospodárske stavby na Slovensku. Práce od odberného miesta až po prívod vody do Košíc boli rozdelené do šiestich stavieb.

I. stavba – provizórny odber, prívodné potrubie na úpravňu

vody v Stakčíne a vodojem v Snine. Kapacita úpravne je v prvej fáze vybudovaná na 500 l/s.

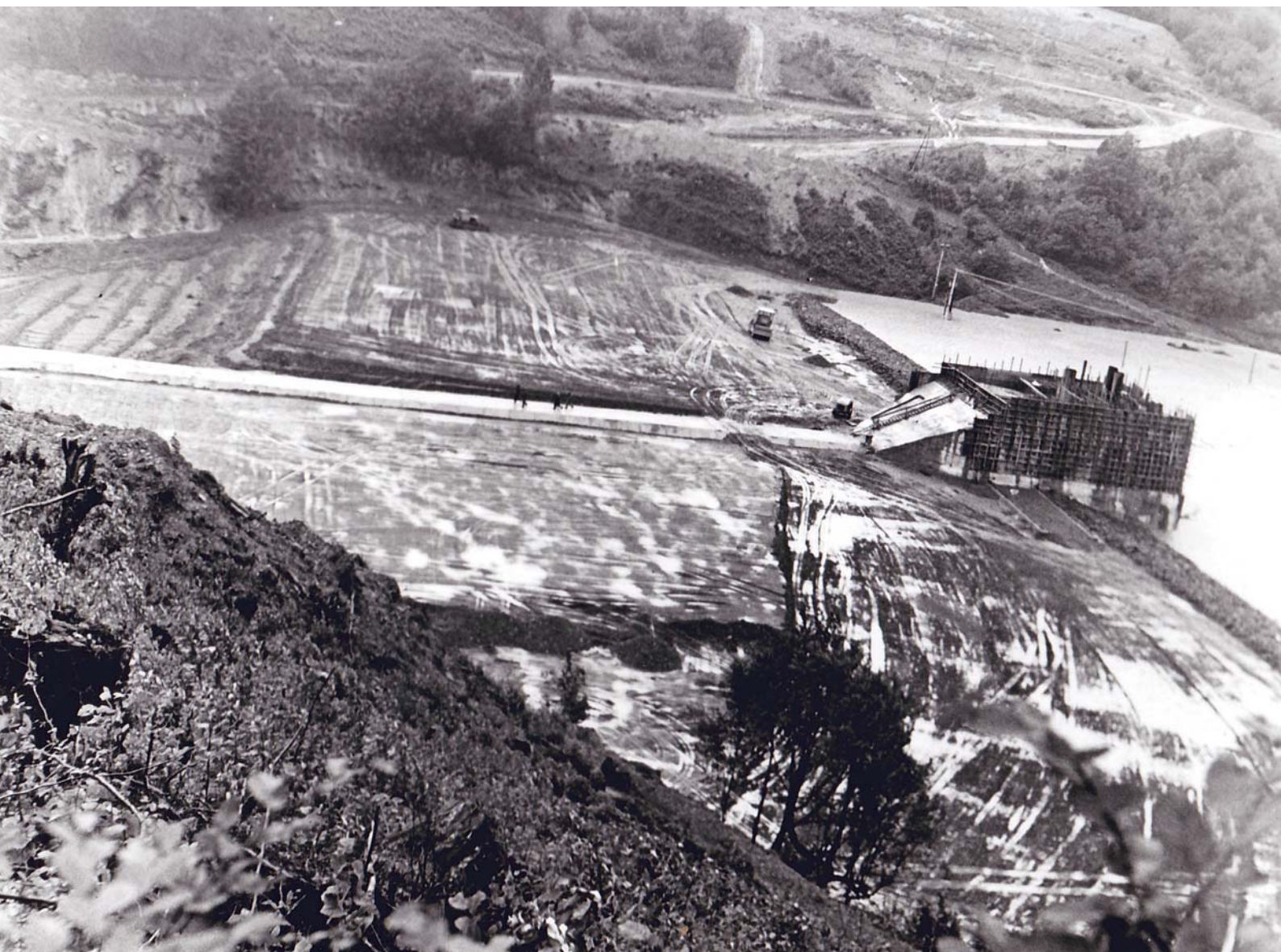
II. stavba – výstavba samotnej priehrady vrátane preložky štátnej cesty v dĺžke 6,6km, ako aj výstavba náhradných lesných ciest v dĺžke 18km. Preložka vedení, terénnych úprav v nádrži a v povodí rieky Cirocha. V tejto etape boli presídlené aj spomínané obce.

III. stavba prívodného potrubia od Sniny do Vranova nad Topľou vrátane vodojemov v Humennom a Vranove.

IV. stavba – vybudovanie prívodu vody z Vranova nad Topľou do Prešova spolu s prečerpávacou stanicou v Hanušovciach nad Topľou a vodojemami v Medziankach a Prešove.

V. stavba – rozšírenie úpravne vody v Stakčíne na 1000 l/s, aby tak dokázala zásobovať pitnou vodou aj mesto Košice.

VI. stavba – dobudovanie prívodu vody z Prešova do Košíc.



Fotodokumentácia z výstavby vodnej nádrže (vrátane 5 obrázkov vpravo)





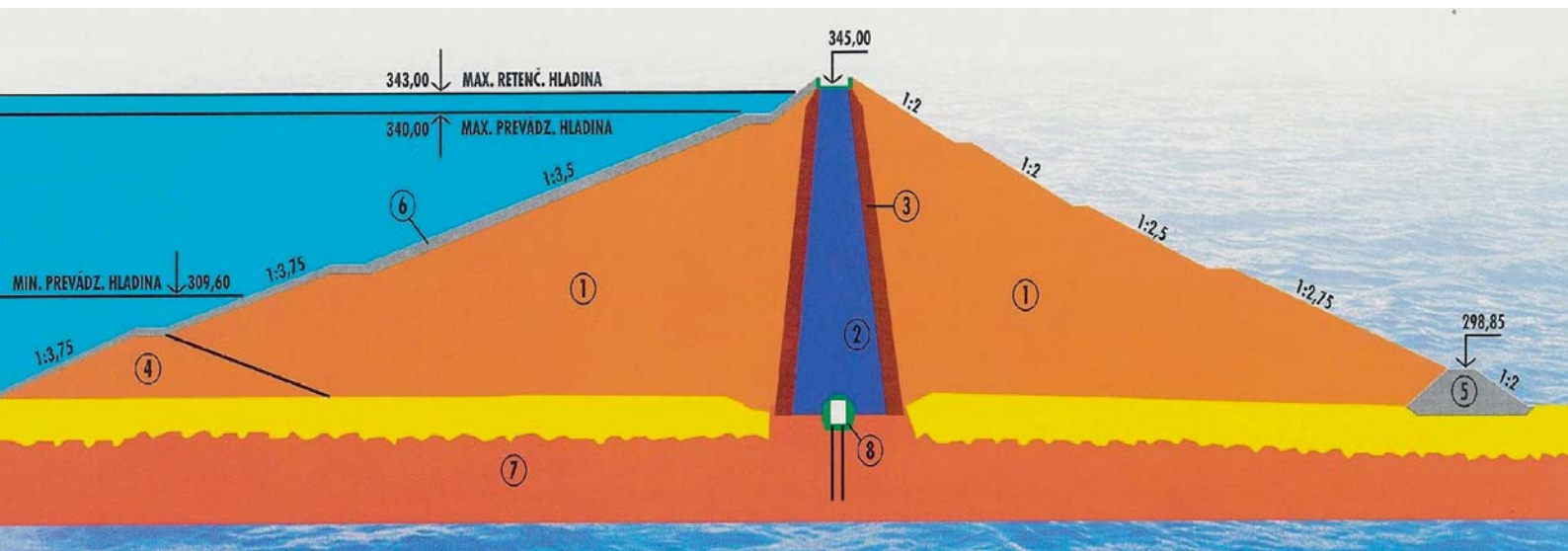
Najrozsiahlejšou a technicky i technologicky najnáročnejšou stavbou bola výstavba hrádze vrátane injekčnej chodby, združeného funkčného objektu spolu s vývarom.

V rámci prvej fázy bola preložená štátna cesta a výstavba dočasného koryta Cirochy. Betonárske práce na funkčnom objekte a odvádzací začali v druhej polovici roku 1982. Sypanie hrádze sa začalo koncom roka 1983 a bolo dokončené v júni 1987. Zhruba v tom istom čase bol dokončený aj

združený funkčný objekt. Dokončovacie práce pokračovali aj v roku 1988, čo bol aj termín privedenia vody do Prešova a následne do Košíc.

S napúšťaním vodného diela sa začalo 20. 8. 1987 o 13.00 hod. a trvalo do 27. 3. 1989. Stavba bola uvedená do trvalej prevádzky dňa 28. 11. 1989.

Celkové náklady na výstavbu vodnej stavby predstavovali viac ako 1 miliardu korún československých.



Pričný rez telesom hrádze VS Starina

Vodná stavba má tieto hlavné časti [1]:

- hrádza akumulácie nádrže,
- združený funkčný objekt (ZFO) s príslušenstvom,
- akumulácia nádrže.

Hlavné parametre nádrže:

- kóta koruny hrádze 345,00 m n. m.,
- šírka koruny hrádze 7,0 m,
- dĺžka hrádze v korune 311,0 m,
- maximálna výška nad dnom údolia 50,0 m.

ÚČEL A VYUŽITIE VODNEJ STAVBY

Hlavný účel: Vodná nádrž Starina slúži na akumuláciu vody a odber surovej vody na zabezpečenie zásobovania obyvateľstva pitnou vodou v okresoch Humenné, Vranov, Prešov a Košice [1].

Ďalšie funkcie vodnej stavby:

- zabezpečenie ochrany pred povodňovými prietokmi Cirochy pod profilom priehrady,
- zabezpečenie minimálnych prietokov Cirochy pod priehradou na úrovni
- $Q = 0,140 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ v období od 1. 10. do 31. 5. kalendárneho roka, vo vegetačnom období (od 1. 6. do 30. 9.) na úrovni $Q = 0,390 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$,
- od roku 1995 energetické využitie minimálneho zostatkového prietoku v MVE [1].

PREVÁDZKA VODNEJ STAVBY

Vodárenská nádrž Starina s úpravňou vody v Stakčíne dokázali náročné požiadavky na množstvo a kvalitu dodávanej surovej vody počas doterajšej prevádzky stopercentne naplniť. V súčasnosti po úprave vody v Stakčíne zásobuje cez diaľkovod, ktorý je v kompetencii Východoslovenskej vodárenskej spoločnosti, a. s., 326 241 obyvateľov v 200 mestách a obciach.

Objem Stariny tvorí 31 % objemu všetkých slovenských vodárenských nádrží pri kvalite surovej vody približujúcej sa tej upravenej [2].

Úpravňa vody v Stakčíne je najväčšou úpravňou vody na Slovensku s projektovanou kapacitou 1000 l/s.

Od decembra 1987, kedy sa začala odoberať voda na pitné účely (aj napriek tomu, že nádrž nebola dokončená), až do roku 2019 bolo pre odberateľov dodaných takmer 510 miliónov m^3 vody. Pre porovnanie to znamená, že obyvatelia doteraz „vypili“ Starinu viac ako 10-krát [2].

ZÁVER

Možno o pár rokov sa tento skvost v rámci vodného inžinierstva stane v dôsledku klimatických zmien a stále častejších extrémov počasia ešte vzácnejším artefaktom vodného hospodárstva, pre východňarov, dá sa povedať, až strategickým.

V kontexte vyššie uvedeného Starine prajeme minimálne ďalších 30 rokov v takej dobrej kondícii, ako je to doposiaľ, a najmä státisíce spokojných konzumentov životodarnej tekutiny – pitnej vody.

Foto: archív SVP, š. p.

Literatúra:

- [1] Manipulačný poriadok pre vodnú stavbu VODÁRENSKÁ NÁDRŽ STARINA
[2] Účelová publikácia Povodia Bodrogu a Homádu, Kol. autorov



Samuel Rybár, Večerná poézia na nive rieky Morava

Porovnání metodik pro stanovení ztrát vody z distribuční sítě na základě vyhodnocení minimálních nočních průtoků

Ing. Jana Nováková, Ing. Jan Ručka, Ph.D.

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav vodního hospodářství obcí

ÚVOD

Snižování ztrát vody, respektive zajištění jejich trvale nízké úrovně, je dlouhodobě jednou z priorit provozovatelů vodovodních sítí. V souvislosti se suchem, které ve větší či menší míře postihuje celé území České republiky, je problematika ztrát vody ve vodovodních distribučních sítích opět aktuálním tématem, i přes fakt, že průměrná úroveň ztrát v ČR je na relativně nízké úrovni. Průměrná hodnota ztrát vody z distribuční sítě, vyjádřena ukazatelem % VNF (procento vody nefakturované), je v České republice průměrně na velice dobré úrovni. V roce 2017 byla hodnota tohoto ukazatele ztrát vody 16,4%, ve velkých městech dosáhla hodnota % VNF nižších úrovní – Praha 15,1%, Brno 10,0%, Ostrava 12,4%. [1] Obecně se Česká republika řadí k zemím, kde je úroveň ztrát vody na velice dobré úrovni, a to i v porovnání s ekonomicky vyspělejšími státy. V některých vodovodních sítích však hodnota ztrát vody přesahuje průměrnou celorepublikovou úroveň, což může být způsobeno kombinací více faktorů, které jsou podrobněji popsány dále v textu. Ukazatel % VNF je nejrozšířenější a nejsnadněji stanovitelný ukazatel ztrát vody. Vyjadřuje procentuální poměr objemu celkového množství vody nefakturované a vody dodané do distribučního systému. Nevýhodou tohoto ukazatele je jeho nízká vypovídající hodnota o technickém stavu distribuční sítě. [2] Jako vhodnější způsob vyjadřování ztrát vody se jeví jejich vyjádření více ukazateli současně, což umožní vzájemné porovnání výsledků a takto stanovené výsledky výrazněji přispějí k obeznámení se s technickým stavem sítě. Pro vyjádření ztrát bylo vytvořeno množství ukazatelů. Kromě již zmíněného % vody nefakturované je to například % vody nefakturované na přípojku (% VNFP), jednotkový únik vody nefakturované (JÚVNF) nebo v zahraničí často používaný index ztrát infrastruktury (Infrastructure Leakage Index – ILI), který vyjadřuje poměr skutečných a teoreticky nevyhnutelných ztrát vody. Další možností, jak vyjádřit ztráty vody v distribuční síti, je jejich vyčíslení na základě vyhodnocení minimálního nočního průtoku. [3]

MINIMÁLNÍ NOČNÍ PRŮTOK

Velmi často dochází v praxi k zaměňování termínů „minimální noční průtok“ (MNP) a „minimální hodinová spotřeba“ (Qmin). Obě veličiny se sice ve vodovodní síti vyskytují ve stejnou denní dobu (tj. mezi 02:00 a 04:00 v noci), ale jejich význam je různý. Qmin vyjadřuje minimální skutečnou spotřebu

vody, zatímco MNP v sobě zahrnuje kromě skutečné spotřeby také ztráty vody, které v důsledku výskytu maximálních hodnot hydrodynamického tlaku v tomto čase dosahují nejvyšších objemů. [3] [4]

Závislostí velikostí úniků vody z potrubí na tlakových poměrech se podrobněji zabývají ve svých publikacích Lambert a Fantozzi. [5] Autoři Je a Cri uvádí ve svém článku i další proměnné ovlivňující velikost úniků, mezi ně patří např. typ zeminy, ve které je potrubí uloženo, materiál potrubí a hydraulika proudění vody. [6]

MNP je tedy složen ze dvou hlavních složek, ze skutečné spotřeby a ztrát vody. [7] Skutečná spotřeba vody je množství vody, které je skutečně odebráno spotřebiteli a je zaznamenáno vodoměry a následně fakturováno. Velký podíl na skutečně odebraném množství vody ze sítě mají průmyslové podniky s nočním směnným provozem a některé stavby občanské vybavenosti (např. vysokoškolské koleje, nemocnice, bary apod.), domácnosti se na skutečné spotřebě vody podílejí v menší míře. [8] Druhou složkou jsou ztráty vody, které vyjadřují rozdíl naměřeného nočního průtoku a skutečné spotřeby. Ztráty vody jsou způsobeny netěsnostmi potrubí, chybou měření vodoměrů nebo neautorizovanými odběry. Tyto ztráty se dále dělí na skryté úniky (Background Leakage) a úniky vlivem poruch (Burst Leakage). Celkem jsou tak MNP tvořeny třemi složkami – skutečnou spotřebou, skrytými ztrátami (skrytými úniky) a ztrátami vlivem poruch (poruchovými úniky). [5]

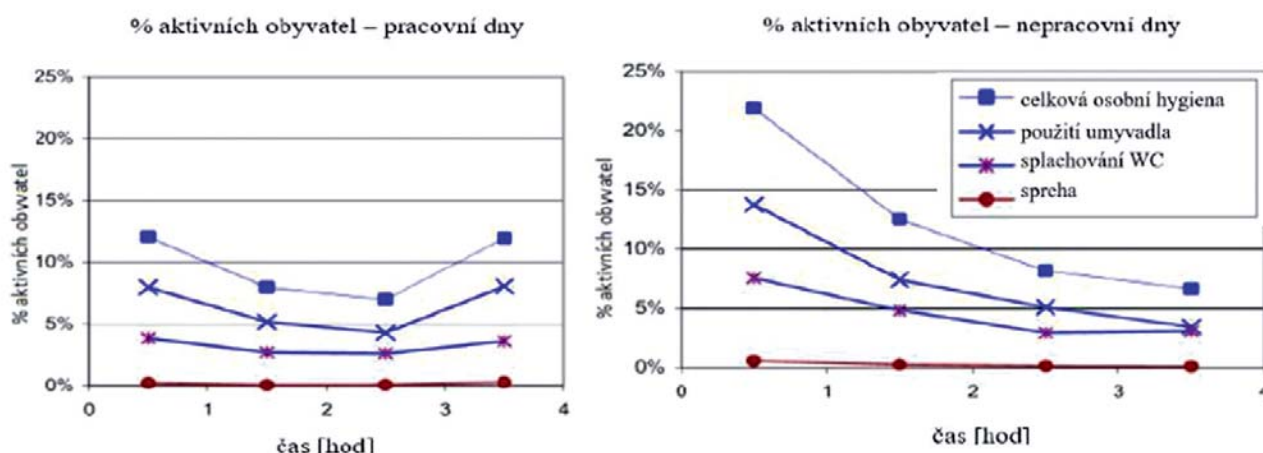
Vyhodnocování MNP lze provádět pouze v hydraulicky oddělených měřicích zónách vodovodních sítí (District Metered Area – DMA), které jsou od zbytku okolní vodovodní sítě odděleny. Toto oddělení může být technicky provedeno buď uzavřenými uzavěry, anebo přerušením potrubí. Objem vody, která do DMA vtéká nebo z ní vytéká, se měří vodoměrem, v optimálním případě průtokoměrem s přenosem dat, který se osadí do armaturní šachty, případně do armaturní komory vodárenského objektu, jedná-li se např. o vodojem, přerušovací komoru či čerpací stanici. Pro každou DMA lze následně jednoznačně stanovit jednotlivé složky objemu vody, která do ní vstupuje. [9]

METODA DEKOMPOZICE MNP A STANOVENÍ ZTRÁT DLE KONCEPTU FAVAD

Dekompozice MNP spočívá v rozkladu tohoto průtoku na tři složky: 1) běžná noční spotřeba vody (QNS), 2) skryté ztráty (úniky) označované jako SU a 3) potencionální poruchový

Tab. 1 Průměrné hodnoty nočních průtoků pro různé drobné odběratele [10]

Kategorie	Počet testovaných celkem	Počet aktivních během noci	Průměrná spotřeba pro aktivní [l.přip ⁻¹ .hod ⁻¹]	Průměrná spotřeba pro všechny [l.přip ⁻¹ .hod ⁻¹]
A. Požární/policejní stanice, banky, kostely, zahrady, úpravny vody, ČOV	123	16	7,0	0,9
B. Obchody, kanceláře, prádelny, garáže, čerpací stanice, farmy	2013	606	20,5	6,2
C. Hotely, koleje, kavárny, restaurace, ubytovny	505	244	26,0	12,6
D. Nemocnice, továrny, veřejné WC, staveniště	205	79	53,0	20,5
E. Domovy důchodců, sanatoria, menší domy a lomy	33	25	80,0	60,6



Obr. 1 Procento aktivních obyvatel v pracovních dnech (vlevo) a v nepracovních dnech [11]

únik QPOR. Níže uváděné postupy pro stanovení dílčích složek nočního průtoků vychází z metodik a poznatků sumarizovaných ve zdrojích [10] a [11].

Běžná noční spotřeba vody

Běžná noční spotřeba pitné vody z vodovodní sítě se stanovuje jako součet běžné noční spotřeby domácnosti, velkoodběratelů a ostatních odběratelů. Běžnou noční spotřebu velkoodběratelů (tj. odběratelů se spotřebou větší než 500 l·hod⁻¹) se doporučuje stanovit měřením průtoků na vodovodní přípojce. Běžná noční spotřeba ostatních odběratelů, kam se řadí stavby občanské vybavenosti, se stanovuje podle tabulkových hodnot. Noční spotřeba domácnostní se stanovuje dle rovnice (1). Přičemž důležitým vstupem je odhad % obyvatel, kteří jsou aktivní v období MNP, a stanovení specifické spotřeby obyvatelstva v období MNP.

$$Q_{NS,D} = \frac{PO \times \% AO \times q_{spec}}{1000} \quad [\text{m}^3 \cdot \text{hod}^{-1}] \quad (1)$$

kde

PO počet obyvatel v DMA,
 % AO procento aktivních obyvatel v období MNP (3 – 10 %),
 q_{spec} specifická spotřeba jednoho obyvatele v období MNP [l·os⁻¹·hod⁻¹].

Skryté ztráty

Pro stanovení skrytých ztrát se využívá konceptu FAVAD (Fixed and Variable Area Discharges). Podle FAVAD se ztráty vody rozdělují na pevné (neměnné) ztráty, které na tlakových poměrech nejsou příliš závislé (tj. trhliny po obvodu potrubí, korozní otvory aj.), a na proměnné (variabilní) ztráty, které jsou lineárně závislé na hodnotě tlaku (skryté úniky, úniky na přípojkách, armaturách, aj.). [5][13][14]

Výpočet skrytých ztrát spočívá v prvotním stanovení objemu skrytých úniků při tlaku 50 m v.s.l. (označováno SU0) a v následném převodu této hodnoty dle konceptu FAVAD na hodnotu ztrát při skutečném tlaku v síti (označováno SU1).

Suma skrytých úniků je součet úniků na vodovodních řadech, přípojkách a vnitřních vodovodech a stanovuje se jako součin měrné jednotky a jednotkového specifického skrytého úniku podle rovnice (2):

$$SU_i = \frac{MJ \times q_{spec}}{1000} \quad [\text{m}^3 \cdot \text{hod}^{-1}] \quad (2)$$

kde

MJ měrná jednotka (tj. délka vodovodního řadu celkem, počet přípojek, počet bytových jednotek),
 q_{spec} jednotkový skrytý únik [l·MJ⁻¹·hod⁻¹].

Hodnota specifických úniků je volena z přípustného intervalu hodnot, který byl stanoven na základě provedených

měření v reálných vodovodních sítích. Hodnota jednotkového specifického úniku je závislá například na technickém stavu sítě, stáří potrubí, způsobu provedení a dalších faktorech.

Převod skrytých úniků stanovených pro hodnotu tlaku 50 m v.sl. se provádí podle rovnice (3):

$$SU_1 = SU_0 \left(\frac{P_1}{P_0} \right)^{N1} \quad [\text{m}^3 \cdot \text{hod}^{-1}] \quad (3)$$

kde

SU_0 suma skrytých úniků při tlaku 50 m v.sl. [$\text{m}^3 \cdot \text{hod}^{-1}$],

SU_1 suma skrytých úniků při průměrném provozním tlaku v DMA [$\text{m}^3 \cdot \text{hod}^{-1}$],

P_0 výchozí tlak [m v.sl.],

P_1 průměrný provozní tlak [m v.sl.],

$N1$ opravný součinitel tlaku.

kde

DL denní únik (Daily Leakage) [$\text{m}^3 \cdot \text{den}^{-1}$],

NLR noční únik v období MNP (Night Leakage Rate) [$\text{m}^3 \cdot \text{hod}^{-1}$] (v terminologii použité při dekompozici MNP se jedná o Q_{POR}),

NDF tzv. denní faktor (Night-Day Factor) [$\text{hod} \cdot \text{den}^{-1}$], může nabývat hodnot 10 – 40.

Night-Day faktor (NDF) se stanoví podle rovnice (7) a jeho hodnota je závislá na typu provozování vodovodní sítě (gravitační, s upravovanými tlakovými poměry pomocí čerpadel nebo regulačních ventilů). Hodnoty NDF byly stanoveny na základě sad měření a pokusů.

Obecně platí, že pokud jsou tlakové poměry v síti vyrovnané, hodnota tohoto koeficientu je blízká hodnotě 24.

Tab. 2 Přibližné hodnoty exponentu N1 a podmínky platnosti těchto hodnot [10]

Hodnota N1	Podmínky platnosti
0,5	Platí pro síť s oblastí fixních ztrát nezávislých na tlaku (zjistitelné úniky, praskliny a díry v tuhém potrubí)
1,0	Platí pro velké DMA a DMA s velkou materiálovou pestrostí ($N1 = 1$ vyjadřuje lineární vztah mezi změnami tlaku a změnami velikostí úniků)
1,5	Platí pro síť s oblastí variabilních ztrát, které jsou závislé na tlaku (nezjistitelné úniky a praskliny)

Hodnota exponentu N1 se pohybuje v intervalu hodnot 0,5 – 1,5. Tento interval byl stanoven na základě reálného testování. Hodnoty exponentu N1 uvádí tab. 2.

N1 je možné stanovit ze základní rovnice konceptu FAVAD (4), a to pokud známe všechny vstupní hodnoty.

$$\frac{L_1}{L_0} = \left(\frac{P_1}{P_0} \right)^{N1} \quad (4)$$

kde

L_0 hodnota úniku (Leakage) při počátečním tlaku P_0 ,

L_1 hodnota úniku po změně tlaku ($P_0 \rightarrow P_1$),

P_0 počáteční hodnota průměrného provozního tlaku [m v.sl.],

P_1 změna provozního tlaku [m v.sl.],

$N1$ exponent změny tlaku a nabývá hodnot 0,5 – 1,5.

$$NDF = CF \times 24 \times \frac{AZP_{ave}}{AZP_{MNF}} \quad [\text{hod} \cdot \text{den}^{-1}] \quad (7)$$

kde

NDF tzv. denní faktor (Night-Day Factor) [$\text{hod} \cdot \text{den}^{-1}$],

CF opravný faktor (Correction Factor),

AZP_{ave} průměrný provozní tlak v DMA (Average Zone Pressure) [m v.sl.],

AZP_{MNF} provozní tlak při minimálním nočním průtoku [m v.sl.].

Hodnota ztrát DL odpovídá dennímu množství vody, které ze sítě unikne jako tzv. poruchový únik. Tento objem ztrát v sobě nezahrnuje skryté úniky (skryté ztráty) vznikající netěsnostmi trubních spojů apod.

STANOVENÍ MNP A OBJEMU ZTRÁT NA ZÁKLADĚ STATISTICKÉ ANALÝZY PRŮTOKŮ

Ve vodárenské praxi se průtok vody v potrubí měří vodoměry, resp. průtokoměry, které již bývají velmi často opatřeny přenosem měřených hodnot do SCADA systému a v podobě časových řad se ukládají v databázích provozovatelů vodárenských systémů. Jedná se často o velké datové soubory, které mohou obsahovat tisíce záznamů. Při zpracování těchto dat se nabízí využít ke stanovení MNP metody statistické analýzy, která umožňuje data efektivně a rychle analyzovat. Dle dosavadních zkušeností, které vycházejí ze srovnávacích analýz několika různých vodárenských systémů, lze statistickou analýzou časové řady průtoků stanovit následující parametry.

Hodnota maximální hodinové spotřeby včetně ztrát, označena jako Q_h , je odhadnuta jako percentil $x_{0,995}$. To znamená, že 99,5% hodnot z celkového souboru dat je menších nebo rovno hodnotě odpovídající $x_{0,995}$.

Hodnota minimálního hodinového průtoku včetně ztrát, tj. MNP, je odhadnuta jako percentil $x_{0,05}$. To znamená, že pouze

Potencionální poruchový únik

Velikost potencionálního poruchového úniku se stanoví podle následujícího vztahu jako rozdíl naměřeného minimálního nočního průtoku, skrytých ztrát při provozním tlaku a skutečné noční spotřeby:

$$Q_{POR} = MNP - SU_1 - Q_{NS} \quad [\text{m}^3 \cdot \text{hod}^{-1}] \quad (5)$$

Denní objem úniků vody

Pro stanovení denního úniku v jednotkách objemu za den se využívá tento vztah:

$$DL = NLR \times NDF \quad [\text{m}^3 \cdot \text{den}^{-1}] \quad (6)$$

Tab. 3 Stanovení MNP a objemu ztrát na základě statistické analýzy průtoků [16]

Krok	Popis	Stanovení
1	Stanovení Q_h	$Q_h = x_{0,995}$
2	Minimální hodinová spotřeba včetně ztrát $Q_{h,min}$	$Q_{h,min} = x_{0,005}$
3	Rozdíl Q_h a $Q_{h,min}$	$Q_h - Q_{h,min}$
4	Minimální noční spotřeba VO (průměr) v DMA MNSVO	měřením
5	Rozdíl Q_h a $Q_{h,min}$ a MNSVO	$Q_h - Q_{h,min} - MNSVO$
6	Minimální noční spotřeba domácností	$MNSD = 5\% (Q_h - Q_{h,min} - MNSVO)$
7	Ztráty vody	$Q_{h,min} - MNSD - MNSVO$

Tab. 4 Charakteristika měřicího okruhu - napájecí uzel VDJ Hrbová

Název charakteristiky DMA zóny	Hodnota charakteristiky	jednotka
Počet zásobovaných obyvatel	2568	obyvatel
Délka vodovodní sítě	9,79	km
Počet vodovodních přípojek	250	ks
Počet bytových jednotek	1397	ks
Počet velkoodběratelů	0	ks
Charakter měřicího okruhu	zástavba rodinných a bytových domů	
Průměrný hydrodynamický tlak	43,42	m v.sl.
Hodnota koeficientu N_1 dle konceptu FAVAD	1,5	-
Hodnota opravného faktoru CF	1	-
Hodnota faktoru NDF	23,75	-
Naměřená hodnota MNP	0,4	l.s ⁻¹

5% hodnot z celkového souboru je menších nebo rovno hodnotě odpovídající $x_{0,05}$. [16]

Dále se vychází z předpokladu, že hodnota minimální noční spotřeby průmyslových podniků v analyzované DMA (včetně ztrát) je zjištěna přímým měřením na vodovodní přípojce. Minimální noční spotřeba domácností (včetně ztrát vody) je stanovena jako 5% z rozdílu maximální a minimální hodinové spotřeby snížené o noční spotřebu průmyslových podniků.

Ztráty vody se pak stanoví jako rozdíl minimální noční spotřeby včetně ztrát a minimální noční spotřeby průmyslových podniků a domácností. Celý postup lze systemizovat po jednotlivých krocích dle tab. 3.

Tab. 5 Dekompozice MNP dle konceptu FAVAD

Charakteristika veličiny	Q l.s ⁻¹	Q m ³ .hod ⁻¹
Maximální hodinová spotřeba Q_h	6,75	24,3
Minimální hodinová spotřeba $Q_{h,min}$ (naměřený MNP)	0,4	1,44
Předpokládaná noční spotřeba domácností QNS	0,11	0,39
Celkový skrytý noční únik SU	0,29	1,03
Potencionální poruchový únik QPOR	0,01	0,03
Ztráty vody celkem	0,3	1,06

Tab. 6 Stanovení MNP a objemu ztrát dle doc. Vouka

Krok	Popis kroku	Q l.s ⁻¹	Q m ³ .hod ⁻¹
1	Maximální hodinová spotřeba včetně ztrát Q_h	6	21,6
2	Minimální hodinová spotřeba včetně ztrát $Q_{h,min}$	0,7	2,52
3	Rozdíl Q_h a $Q_{h,min}$	5,3	19,08
4	Minimální noční spotřeba VO (průměr) v DMA MNSVO	0	0
5	Rozdíl Q_h a $Q_{h,min}$ a MNSVO	5,3	19,08
6	Minimální noční spotřeba domácností	0,27	0,95
7	Ztráty vody	0,44	1,57

Výslednou hodnotu ztrát je dále doporučeno porovnat s přijatelnými hodnotami velikostí ztrát dle různých metodik, tyto akceptovatelné intervaly jsou 0,4 – 0,8 m³.hod⁻¹.1000 obyvatel⁻¹ nebo 1 – 4 l.h⁻¹.přípojku⁻¹.

PŘÍPADOVÁ STUDIE

Obě metodiky byly porovnány na vybraném měřicím okruhu reálné vodovodní sítě. Jedná se o DMA, která není tranzitní. To znamená, že veškerá voda, která do této DMA vstupuje přes průtokoměr, se v této zóně také spotřebovává a nepřechází do žádného dalšího pásma. Vodovodní síť v této DMA zóně je složena z potrubí různého materiálu (plasty, litina, ocel) a dimenzí (DN 80 – DN 600). Další technické charakteristiky jsou uvedeny v tab. 4.

Pro danou vodovodní síť byla zpracována hydraulická analýza, při níž bylo provedeno měření tlaků tlakovými čidly osazenými do hydrantů po dobu minimálně 48 hodin. Tato tlaková čidla zaznamenávala průběh tlaků v časovém kroku 1 sekunda a naměřené průběhy tlaků sloužily pro kalibraci a verifikaci vytvořeného hydraulického modelu. Výsledky obou metodik jsou uvedeny v tab. 5 a tab. 6.

Metodika postavena na základě statistické analýzy průtoků nejprve stanovuje maximální a minimální hodinové spotřeby (resp. průtoky). Při vzájemném porovnání hodnot stanovených touto metodou, kdy se na „surových“ vstupních datech stanovily percentily

vyjadřující Q_h a MNP, a hodnot, kterým předcházela analýza spotřeby vody, se dá říct, že se od sebe hodnoty maximální hodinové spotřeby příliš neliší, zato hodnoty minimální hodinové spotřeby (neboli MNP) se liší takřka dvojnásobně. Metodika dekompozice MNP dle konceptu FAVAD rozlišuje ztráty vody na dvě složky – potencionální poruchový únik a skrytý noční únik. Součet těchto dílčích složek vyjadřuje v tab. 5 poslední položka „ztráty vody celkem“ o hodnotě $0,30 \text{ l.s}^{-1}$. „Ztráty vody celkem“ byly vytvořeny pro možnost porovnání obou metodik, protože metodika založená na statistické analýze průtoků od sebe poruchové a skryté úniky nerozlišuje. Obdobně stejný rozdíl je i ve stanovení minimální noční spotřeby, která v daném měřicím okrsku nastává.

DISKUZE

Každá z uvedených metodik stanovení ztrát vody vyhodnocením minimálních nočních průtoků má své přednosti i nedostatky. Silnou stránkou statistického zpracování časové řady průtoků je jednoznačně rychlost, jednoduchost a transparentnost. Analyzovaná data není nutno před provedením analýzy ručně čistit od různých anomálií, které se v praxi běžně vyskytují (např. výpadky měření, částečně chybějící záznamy, vysoké průtoky při poruchách potrubí nebo při požárních odběrech vody). Drobné problémy způsobuje také pravidelné střídání letního a zimního času. Při tomto postupu také není nutné znát podrobné technické a hydraulické ukazatele vodovodní sítě dané DMA. Toto lze ale do jisté míry zároveň chápat jako nevýhodu, protože velikost analyzované distribuční sítě, tlakové poměry, materiál potrubí, počet přípojek a technický stav sítě jsou faktory, které velikost ztrát značně ovlivňují.

Metodika dekompozice MNP a následného stanovení ztrát vody dle konceptu FAVAD tyto faktory při výpočtu zahrnuje, čímž se tento postup stává komplikovanějším, náročnějším na kvalitu a množství vstupních podkladů, a také časově náročnějším. Značnou nevýhodou tohoto postupu je však subjektivní přístup zpracovatele analýzy při volbě hodnot specifického jednotkového úniku a při volbě procenta aktivního obyvatelstva v nočních hodinách. Odborná literatura uvádí doporučené intervaly hodnot jednotkových skrytých úniků a specifické spotřeby vody v období výskytu MNP, ale volba konkrétní hodnoty závisí na odhadu a zkušenostech zpracovatele analýzy a na úrovni jeho znalostí dané DMA. Další nevýhodou je to, že tyto doporučené intervaly hodnot byly stanoveny na základě dvacet let starého testování na reálných vodovodních sítích v několika státech světa, mezi které Česká republika nepatřila.

Přestože analýza spotřeby vody není součástí metodiky dekompozice MNP a stanovení ztrát za využití konceptu FAVAD, a autoři tohoto postupu analýzu spotřeby vody nevyžadují, hraje její provedení významnou roli. Při analýze spotřeby vody jsou vstupní data, kterými jsou průměrné hodinové průtoky, rozříděna do setů, kdy každý set obsahuje 24 průměrných hodinových průtoků a reprezentuje jeden den. Takto rozříděná data jsou následně očištěna o poruchové průtoky, dny s chybějícími daty atd., k čemuž se využívá statistické pravidlo „ 3σ “. Podle tohoto pravidla na třídění dat se

relevantní hodnoty nacházejí ve vzdálenosti trojnásobku směrodatné odchylky (označení σ) od střední hodnoty (označení μ) na obě strany osy. Očištěním dat podle tohoto pravidla se docílí, že ze souborů budou odstraněny extrémně nízké (resp. nulové) a extrémně vysoké hodnoty, které nereprezentují běžné dlouhodobé provozní stavy vodovodní sítě a mohou výsledky analýzy zkreslovat. Jedná se však o časově náročnější postup.

ZÁVĚR

Příspěvek porovnává dva rozdílné přístupy pro vyhodnocení minimálních nočních průtoků a stanovení ztrát vody ve vodovodních sítích. Jsou popsány silné a slabé stránky obou přístupů a také nejistoty, které do výpočtů vstupují. Ačkoli byly oba postupy různými autory v minulosti testovány na mnoha vodovodních sítích, obtížně se stanovuje, který z obou postupů poskytuje přesnější výsledky. Při stávajícím stavu technické vyspělosti vodárenství je zatím jen málo lokalit, kde lze v reálném čase rozlišit skutečnou spotřebu vody od úniků. V místě, kde voda do vodovodní sítě vstupuje, bývá již dnes téměř vždy osazen vodoměr, resp. průtokoměr, který dává informaci o aktuálním průtoku vody do sítě. Aby se však ověřilo, jaký podíl průtoku tvoří v daném okamžiku spotřeba a jaký podíl je tvořen ztrátami vody, musely by být také všechna místa, kde se voda z vodovodu odebírá, opatřena vodoměrem s přenosem dat. Sumarizací odběrů ve všech místech spotřeby a následným porovnáním s průtokem vody na vstupu do sítě by potom bylo možno relativně přesně určit jednotlivé složky MNP.

Pokud by byla v budoucnosti jednoznačně potvrzena správnost nastavení metodiky založené na statistické analýze průtoků, zejména v parametrech použitých percentilů, poskytla by tato metodika velice rychlý nástroj k prvotnímu odhadu ztrát vody v dané DMA. Tento přístup by byl použitelný a vhodný především pro ty vodovodní sítě, o kterých provozovatel nemá z různých důvodů přesné technické informace. Mezi tyto informace patří počet vodovodních přípojek, délka distribuční sítě, počet zásobovaných obyvatel nebo informace o tlakových poměrech. Vyjma údajů o tlakových poměrech, jsou základní technické informace o vodovodní síti součástí tzv. vybraných údajů majetkové evidence (VÚME). Podle požadavků zákona č. 274/2001 Sb. o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu a o změně některých zákonů a vyhlášky č. 428/2001 Sb. v aktuálním znění, která je prováděcí vyhláškou zákona o vodovodech a kanalizacích, je každý vlastník povinen ročně podávat příslušnému vodoprávnímu úřadu vybrané údaje majetkové a provozní evidence (VÚME a VÚPE). Z toho vyplývá, že by vlastníci a provozovatelé měli mít k dispozici veškeré potřebné podklady pro vyhodnocení ztrát vody v distribuční síti podle obou metodik. Povinnost zaznamenávat průměrné nebo maximální hodnoty provozního tlaku v měřicím okrsku není v žádném právním předpisu stanovena, je proto pouze na provozovateli, zda-li průběh hydrodynamického tlaku v síti monitoruje nebo ne. Jednou z možností, jak získat přehled o tlakových poměrech v síti bez instalace kontinuálního měření, je zpracování kalibrovaného simulačního hydraulického modelu vodovodní sítě.

S nástupem chytrých vodoměrů a rozvojem inteligentních technologií a IT řešení, které se v posledních letech implementují ve vodárenském sektoru, lze očekávat další zpřesňování měření, které zcela jistě povede k aktualizaci obou popsaných metodických postupů tak, aby poskytovaly přesnější informace o jednotlivých složkách minimálního nočního průtoku. Určitá míra nejistoty však z podstaty věci tuto problematiku bude pravděpodobně provázet i nadále.

PODĚKOVÁNÍ

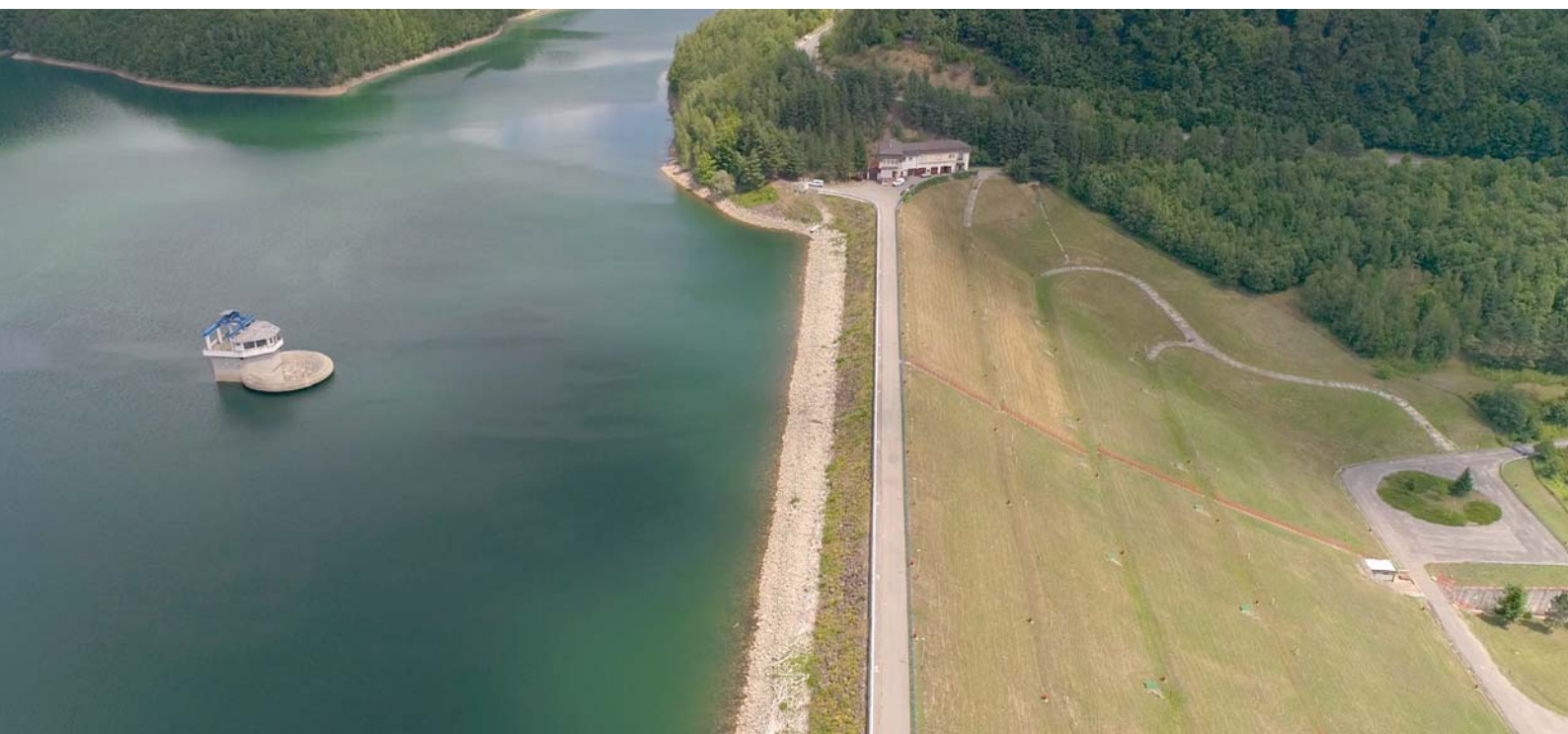
Práce byla financována z rozpočtu projektu „Vybrané problémy systémů veřejného zásobování pitnou vodou“,

registrační číslo FAST-S-18-5526, který je financován z programu Specifického vysokoškolského výzkumu Vysokého učení technického v Brně.

Tento příspěvek byl prezentován na studentské konferenci Fakulty stavební VUT v Brně Juniorstav 2019, kde se stal oceněným příspěvkem a byla mu přislíbená publikace na portálu tzb-info.cz. Příspěvek byl dále prezentován na 8. ročníku konference KOMVY 2019.

Literatúra:

- [1] VLASÁK, O.: SOVAK ČR k zavádějícím informacím dotýkajících se oboru. NAŠE VODA: informační portál o vodě [online]. 13. 8. 2018. Dostupné z: <https://www.nase-voda.cz/sovak-cr-zavadejicim-informacim-dotykajicich-se-oboru/>.
- [2] TUHOVČÁK, L. 2010: Metodika hodnocení technického stavu vodovodních sítí: teze habilitační práce. VUTIUM, Brno 2010. ISBN 978-80-214-4200-9.
- [3] NOVÁKOVÁ, J. 2017: Vyhodnocení minimálních nočních průtoků ve vodovodní síti. Brno 2017. 102 s. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav vodního hospodářství obcí.
- [4] RUČKA, J., SUCHÁČEK, T., ZVEJŠKA, T. 2016: Interpretace minimálních nočních průtoků ve vodovodní síti. In: VODA ZLÍN 2016. Zlín: 2016, s. 161 – 166. ISBN 978-80-905716-2-4.
- [5] FANTOZZI, M., LAMBERT, A. 2010: Legitimate Night Use Component of Minimum Night Flows Initiative. In: Water Loss. 2010, Brazil [online]. Dostupné z: <http://www.acquacon.com.br/waterloss2010/presentations/day9/08h30fantozzi-dia09sala2.pdf>.
- [6] JE, van Z., CRI, C. 2007: The Effect of Pressure on Leakage in Water Distribution System. Proceedings of the Institution of Civil Engineers – Water Management. June 2007, s. 109 – 117. ISSN 1741-7589.
- [7] HAMILTON, S., MCKENZIE, R. 2014: Water Management and Water Loss. IWA Publishing 2014, ISBN: 9781780406350.
- [8] RUČKA, J., HOLEŠOVSKÝ, J., SUCHÁČEK, T., TUHOVČÁK, L.: An Experimental Water Consumption Regression Model for Typical Administrative Buildings in the Czech Republic. Water [online]. 2018, 10(4) [cit. 2018-10-27]. DOI: 10.3390/w10040424. ISSN 2073-4441. Dostupné z: <http://www.mdpi.com/2073-4441/10/4/424>.
- [9] MORRISON, J., TOOMS, S., ROGERS, D. 2007: DMA Management Guidance Notes. Version 1. IWA, February 2007.
- [10] MCKENZIE, R. 1999: Development of a standardized approach to evaluate burst and background losses in water distribution systems in South Africa. Pretoria: Water Research Commission. 1999. ISBN 18-684-5490-8.
- [11] MCKENZIE, R. 1994: Managing leakage: report E-Interpreting measured night flows. London: Water Research Centre, Engineering and Operations Committee, 1994. ISBN 18-989-2010-9.
- [12] FAVAD and N1 Update. Water Leakage and Pressure Management [online]. Dostupné z: <http://www.leakssuite.com/favad-and-n1update/>.
- [13] Fixed and Variable Area Discharges Update. Water Leakage and Pressure Management [online]. Dostupné z: <http://www.leakssuite.com/favad-and-n1update/>.
- [14] LAMBERT, A., FANTOZZI, M., SHEPHERD, M.: FAVAD Pressure & Leakage: How Does Pressure Influence N1? In: Water Leakage and Pressure Management. [online].
- [15] Night-Day Factor NDF. Water Leakage and Pressure Management [online]. Dostupné z: <http://www.leakssuite.com/night-day-factor-ndf>.
- [16] VOUK, D. University of Zagreb, Faculty of Civil Engineering. Osobní sdělení.



Fragment vodárenskej nádrže Starina, archív SVP, š. p.

Stanovení retenčního prostoru nádrže v podmínkách nejistot

Ing. Stanislav Paseka

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav vodního hospodářství krajiny

Anotace

Cílem příspěvku je stanovení retenčního prostoru nádrže v podmínkách nejistot. Pro transformaci povodňových vln je vyvíjen software, který využívá modifikovanou grafickou Klemešovu metodu a rovněž umožňuje zavádět vstupní nejistoty metodou Monte Carlo na povodňových vlnách. Software opakovaně transformuje povodňové vlny a dopočítává kulminace výšek vody v nádrži, které slouží ke stanovení retenčního prostoru nádrže. Tento přístup je testován na stávající vodní nádrži Vír I.

ABSTRAKT

Cílem příspěvku je stanovení retenčního prostoru nádrže v podmínkách nejistot. Tento prostor slouží k vypořádání se s povodněmi neboli k transformaci povodňové vlny. Vzhledem k současným výkyvům počasí v podobě častějších výskytů hydrologických extrémů se v posledních letech v České republice začínají řešit problémy se suchem. Nesmíme ale zapomínat ani na povodně. Vzpomeňme například na velkoplošné regionální povodně z let 1997, 2002, 2009, 2010 a 2013 nebo na stále častější výskytů přívalových povodní. Navíc, čím delší je období bez výskytu velkých regionálních povodní, tím se postupně zvyšuje pravděpodobnost, že tato událost nastane. Proto je žádoucí retenční prostory nádrží podrobněji prozkoumat a v případě potřeby navýšovat.

V tomto příspěvku je pro transformaci povodňových vln použit vyvíjený software, který využívá modifikovanou grafickou Klemešovu metodu a rovněž umožňuje zavádět vstupní nejistoty metodou Monte Carlo na povodňových vlnách použitím generátoru pseudonáhodných čísel. Tyto charakteristiky povodňových vln bývají většinou zatíženy výraznou chybou a v současnosti se při vodohospodářských řešení s nejistotami změn klimatu nebo s nejistotami měření příliš nesetkáváme. Přesto zohlednění nejistot může výsledky ovlivňovat. Proto výzkumy zabývající se zdokonalováním návrhů u plánovaných nebo přepočítávání retenčních prostorů u stávajících nádrží za podmínek nejistot jsou žádané, důležité, ale i aktuální.

V článku jsou podrobně popsány principy obou zmíněných metod pro transformaci povodňových vln v podmínkách nejistot. Vyvíjený software psaný v jazyce Fortran 77 opakovaně transformuje povodňové vlny a dopočítává kulminační výšky vody v nádrži, které následně slouží ke stanovení retenčního prostoru zatíženým nejistotami povodňových situací. Tento přístup byl testován na vodní nádrži Vír I, která mimo jiné plní funkci protipovodňové ochrany. V praktické aplikaci byly testovány 2 varianty řízení nádrže při povodni. První z nich byla bez předvypouštění nádrže, kdy je hladina držena na úrovni plného zásobního objemu, a druhá varianta uvažuje s předvypouštěním nádrže i pod úroveň maximálního zásobního objemu.

Výsledkem je, zda se vodní nádrž Vír I dokáže vypořádat s aktualizovanými povodněmi Q100, Q1000 a Q10 000 zatíženými různě velkými vstupními nejistotami. Vodní nádrž byla testována na neškodný odtok, na kapacitu retenčního prostoru nádrže a na kontrolní mezní hladinu. Byla provedena podrobná analýza a výsledky byly nejprve prezentovány pro deterministická řešení a následně pro stochastická řešení.

Z analýzy byl prokázán zřetelný vliv vstupních nejistot na výsledné hodnoty retenčního prostoru nádrže. Dále byly vidět rozdíly ve výsledcích podle rozdílné manipulaci se spodními výpustěmi. Proto je žádoucí nejistoty povodní do stanovení retenčního prostoru zavádět. Velmi důležitá, ale zároveň obtížná je také vhodná manipulace se spodními výpustěmi na základě operativních předpovědí, protože před povodní jde jen těžko odhadnout a předpovědět, jaká povodeň samotnou nádrž nakonec zasáhne. A pokud bychom nádrž zbytečně výrazně předvypustili a poté by povodeň zásobní prostor ani nenaplnila, byla by především v době převládajících suchých období tato manipulace velmi nevhodná.

Výsledky ukázaly, že se konkrétní testovaná vodní nádrž Vír I dokáže relativně dobře vypořádat s možnými aktualizovanými povodňovými vlnami. Retenční prostor nádrže je pro deterministické řešení dobře navržen a při vhodných manipulacích se vodní nádrž dokáže vypořádat i s extrémními povodněmi včetně nižších vstupních nejistot na povodňových vlnách. Ale při opatrném předvypouštění a snaze držet nádrž co nejvíce naplněnou je i při nižších povodních zatížených vstupní nejistotou stávající retenční objem nevyhovující. Ve výsledcích je na závěr doporučeno konkrétní navýšení stávajícího retenčního prostoru, který by se vypořádal s tisíciletou povodní zatíženou vstupní nejistotou.

Vyvíjený program s použitými metodami prokázal svoji funkčnost pro danou problematiku. Navíc je zdrojový kód programu napsán obecně a software se dá rychle využít k testování retenčních prostorů v jiných nádržích nebo pro návrhy suchých nádrží v podmínkách nejistot. Psaní tohoto programu vzniká v návaznosti na budoucí propojení s programem UNCE RESERVOIR, který slouží ke stanovení zásobního objemu nádrže v podmínkách nejistot. Potom by se mohly víceúčelové nádrže v podmínkách nejistot pojmout komplexněji a řešit

přímo konflikt mezi zásobním a retenčním prostorem nádrže. Oba tyto prostory v některých případech při provozování nádrží na území České republiky začínají být podhodnoceny. K tomu aktuální data v podmínkách nejistot nebo predikovaná data z modelů jen potvrzují vznikající problémy.

ÚVOD

Kombinace zásahu do vodního režimu naší krajiny, které bylo dominantní především v minulém století, s působením klimatické změny s sebou přináší negativní dopady v podobě extrémních povodní a výskytů dlouhotrvajícího období sucha. Následky těchto extrémů jsou pocíťovány především v sektorech zemědělství nebo krajinného a vodního hospodářství v podobě poklesu vydatnosti vodních zdrojů a zanášením vodních toků a nádrží. V neposlední řadě mohou být způsobeny škody na majetku, ale i ohrožení životů obyvatel. V posledních letech se u nás začínají řešit problémy se suchem z důvodu dlouhotrvajících suchých období. Nesmíme ale zapomínat ani na povodně. Vzpomeňme například na velkoplošné regionální povodně z let 1997, 2002, 2009, 2010 a 2013 nebo na stále častější výskyty přívalových povodní. Navíc, čím delší je období bez výskytu velkých regionálních povodní, tím se postupně zvyšuje pravděpodobnost, že tato událost nastane.

Výše zmíněné jen potvrzuje, že Česká republika není připravena na změnu klimatického systému. K tomu vývoj do následujících let s ohledem na četnosti a délky suchých období a výskyty přívalových srážek není příliš optimistický, a to ani v případě, kdyby se plně neprojevil odhad z klimatických modelů. Téma změny klimatu je v poslední době často zmiňovaná mezi odborníky, politiky a médii. Reakcí na toto téma začaly v ČR vznikat strategické dokumenty jako např. (Strategie MŽP, 2015), (Národní akční plán MŽP, 2015), (VODA-SUCHO, 2015). Ze zmíněných dokumentů a z aktuálních i predikovaných hrozeb v podobě povodní a sucha je nepochybně zřejmé, že se v brzké budoucnosti bez adaptačních opatření na našem území neobejdeme. Jedním z vhodných opatření je navyšovat nebo přerozdělovat stávající prostory vody v nádržích, resp. provádět revize manipulačních řádů nádrží novelizací normy (ČSN 75 2405, 2017). Jinými slovy se snažit navyšovat zásobní objemy nádrží za účelem eliminace dopadů sucha na toku pod nádrží a zkapacitnit technické objekty pro bezpečné převedení povodní, ale také navyšovat retenční objemy nádrží pro bezpečné převádění povodní a účinné transformace povodňových vln.

V současné praxi se při vodohospodářských výpočtech ať už s nejistotami změn klimatu nebo s nejistotami měření příliš neseťkáváme. Samotné nejistoty jsou nanejvýš uvažovány velmi zjednodušeně například pomocí zavedení koeficientů. Zohlednění nejistot však může výsledky ovlivňovat, protože při řešení deterministickou metodou nastávají značné ztráty přesnosti na úkor jednoduchosti řešení. Proto výzkumy vedoucí ke zdokonalování návrhů u plánovaných nebo přerozdělení stávajících prostorů vody u nádrží v podmínkách nejistot jsou žádané, důležité, ale hlavně aktuální. Kromě toho charakteristiky povodňových režimů jsou zatíženy výraznou chybou. Podle třídy spolehlivosti hydrologických údajů

se pohybují pravděpodobné chyby pro Q_1 až Q_{10} v rozmezí $\pm 15\%$ až $\pm 50\%$ a pro Q_{20} až Q_{100} dokonce $\pm 25\%$ až $\pm 60\%$ (ČSN 75 1400, 2014). V těchto chybách je mimo jiné zahrnuta nepřesnost při měření velkých průtoků. Nižší hranice je udávána pro hodnoty dlouhodobě pozorovaných přímo v daném profilu nebo v jiném velmi blízkém profilu na téže toku. Naopak vyšší hranice chyb jsou pro údaje odvozené z pozorovaných hodnot do profilu mimo pozorovaný tok nebo ze srážek mimo jeho povodí.

Nejistoty z pohledu dnešního poznání byly nejprve popsány v práci Risk, uncertainty, and Profit (Knight, 1921). Koncept nejistoty je v současné době vnímán z více hledisek, a to jako nejistoty, rizika a nejistoty měření. Nejistotu také lze klasifikovat do dvou kategorií (Kiureghiana a Ditlevsen, 2009) z anglického aleatoric uncertainty, v ČR uvažovanou jako nejistota a epistemic uncertainty jako neurčitost. Nejistoty měření pak patří do skupiny nejistot tzv. aleatoric uncertainty. Do běžné praxe kalibračních laboratoří se nejistoty měření dostaly až v roce 1990 vydáním dokumentu WECC 19/90 Západoevropským kalibračním sdružením (WECC, 1990), ve kterém jsou definovány předpisy pro nejistoty. Po něm následovaly další předpisy, jako Směrnice pro vyjadřování nejistoty při měření (Guide of Uncertainty, 1993), kde je položena základní definice a teorie nejistoty měření, dále Metodika vyjadřování nejistot při kalibracích (Expression of Uncertainty, 1997) nebo rozšiřující dokument (ISO GUM, 2004), který se věnuje distribuci a propagaci nejistot měření využitím simulace Monte Carlo. Z výše zmíněných dokumentů byly sestaveny mezinárodní směrnice a normové předpisy, které jsou pro EU včetně ČR závazné. Český přepis má název Stanovení nejistot při měřeních (TPM 0051, 1993). Aplikace nejistot v hydrologii byly popsány metodou GLUE (Beven and Binley, 1992). Teorii na aplikaci nejistot do obecných vodohospodářských výpočtů je mnoho a jsou zkoumány po celém světě. Zavedení nejistot vstupních hydrologických a technických parametrů do výpočtů lze provádět např. metodou Monte Carlo.

V nejnovějších publikacích zkoumajících rizika a vliv nejistoty na zásobní objem nádrže s využitím Monte Carlo simulace (Štarý, 1984), (Marton a kol., 2011), (Campos a kol., 2014), (Kuria a Vogel, 2014), (Paseka a kol., 2016) a (Marton a Paseka, 2017) bylo potvrzeno, že vstupní nejistoty mají vliv na velikosti zásobního prostoru, ale i na výslednou zabezpečenost nalepšeného odtoku. V pracích (Whitehead a kol., 2009), (Li a kol., 2016), (Chen a kol., 2018) byly naopak nejistoty s využitím metody Monte Carlo aplikovány na nejisté povodňové přítoky s vlivem na možná rizika nádrží.

Retenční prostor nádrže obecně vychází z velikosti a samotné transformace povodňové vlny. Pro transformaci povodňové vlny v nádrži lze využít několik metod, které většinou vychází ze simulace provozu nádrže. Známé jsou např. metody Runge – Kutta 2. řádu, metody Runge – Kutta 4. řádu, grafická metoda Klemešova a další numerické metody, ale lze využít i matematického modelování pomocí dostupných softwarů.

Cílem příspěvku je stanovit retenční prostor nádrže v podmínkách nejistot stanovení povodňových vln. K tomu poslouží vyvíjený software, který pro transformaci povodňových vln využívá modifikovanou grafickou Klemešovu metodu a zavádí vstupní nejistoty metodou Monte Carlo na povodňových

vlnách. Z opakovaných transformací povodňových vln a kulminačních výšek vody v nádrži lze stanovit retenční prostor nádrže. Případová studie je provedena na vodní nádrži Vír I, jejíž funkcí je i protipovodňová ochrana.

METODY

Klemešova metoda

Pro výpočty byl použit vyvíjený program psaný v jazyce Fortran 77, ve kterém je pro transformaci povodňových vln zvolena modifikovaná grafická Klemešova metoda. Jinými slovy byla zaprogramována (zmatematizována) grafická Klemešova metoda (Klemeš, 1960). Princip metody vychází z diferenciální rovnice nádrže, která vyjadřuje vztah mezi přítokem vody do nádrže Q jako funkcí času t , odtokem vody z nádrže O jako funkcí času t a objemem zadržené vody v nádrži V . Diferenciální rovnice nádrže je pak pro Klemešovu metodu upravena na následující tvar.

$$Q\Delta t - O\Delta t = \Delta V \quad (1)$$

Mimo jiné jsou zaváděny následující zjednodušení, přesto že se hodnoty přítoku a odtoku v průběhu děje za časový interval Δt spojitě mění, považujeme je za konstantní neboli rovné průměrným hodnotám přítoku a odtoku v daném intervalu Δt . Metoda realizuje zjednodušení tím, že plynulé křivky přítoku a odtoku nahrazuje stupňovitými čarami, jejichž jednotlivé stupně jsou průsečíky střednic časových intervalů. Přítok i odtok v každém intervalu je tedy reprezentován jedinou okamžitou hodnotou. Samotná Klemešova metoda vstupuje do výpočtu až tehdy, kdy je překročen bezpečnostní přeliv. Pokud je voda pod úrovní bezpečnostního přelivu, tak program pouze bilancuje objem přítoku a odtoku vody k předchozímu objemu nádrže.

Hlavními podklady pro grafickou Klemešovu metodu jsou hydrogram povodně, informace o spodních výpustích, bezpečnostním přelivu a křivek zatopených objemů pro zkonstruování tzv. transformační čáry, která vyjadřuje celkový odtok vody z nádrže v závislosti na jejím plnění. Transformační čára tedy charakterizuje potenciální odtok vody z nádrže a je funkcí objemu. Tato křivka je zároveň přizpůsobena stupňovitému průběhu čáry odtoků pomocí korespondujících bodů. Pro její určení je kapacita spodních výpustí vypočtena podle rovnice (2) (Jandora a Šulc, 2006) a kapacita bezpečnostního přelivu podle rovnice (3) (Jandora a Šulc, 2006).

$$O_v = \mu S \sqrt{2 g h_i} \quad (2)$$

$$Q = m b \sqrt{2 g H_i}^{3/2} \quad (3)$$

kde μ je součinitel odtoku [-], S plocha výtokového otvoru (spodních výpustí) [m^2], g je tíhové zrychlení [m.s^{-2}], h_i je výška vody v nádrži [m], H_i je výška vody nad bezpečnostním přelivem [m], m je součinitel přepadu [-] a b je šířka bezpečnostního přelivu [m].

Dále je nutné pro transformaci zkonstruovat tzv. redukční úhel, který vychází z velikosti průtoku a časového intervalu a charakterizuje úměrnost (ekvivalenci mezi vytvořenou plochou obklopenou přítokem a odtokem v daném časovém intervalu a délkou vodorovné úsečky transformační křivky daného časového intervalu). Tento úhel se zkonstruuje tak, že k libovolnému průtoku q vneseným na svislici je přiřazena vodorovná osa o velikosti průtoku q vynásobeným časovým intervalem Δt . Spojením těchto koncových bodů je získána směrnice přímky svírající redukční úhel.

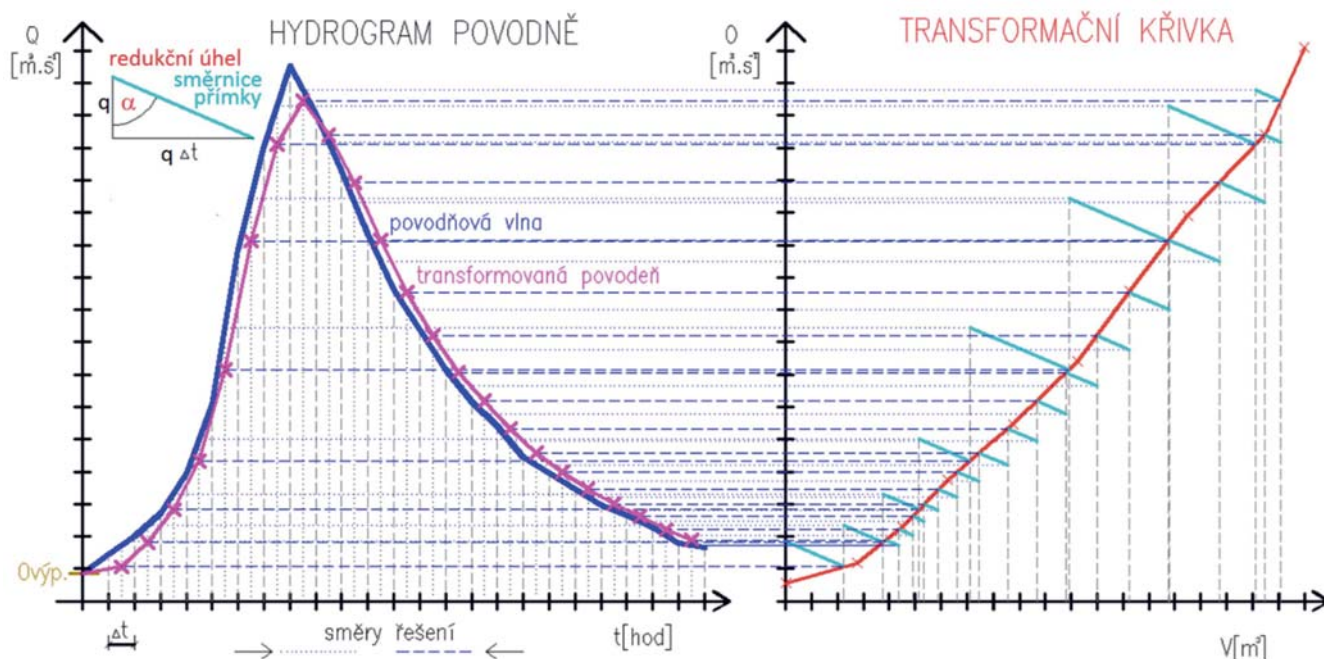
Grafická konstrukce Klemešovou metodou probíhá postupně po jednotlivých časových intervalech nejprve na vzestupné a poté na sestupné větvi povodňové vlny přes zmíněnou transformační křivku a redukční úhel. Konkrétně při překročení bezpečnostního přelivu je vedena pro daný přítok vody do nádrže z nulové svislice transformační křivky směrnice přímky svírající redukční úhel a je hledán průsečík právě s transformační křivkou, který zároveň charakterizuje první hodnotu transformovaného odtoku vody z nádrže. V tomto průsečíku je vytvořena nová svislice pro další krok. Poté je dále postupováno pro každý přítok vody do nádrže v časovém intervalu ze svislice určené z předchozího kroku na transformační křivce vedením směrnice přímky svírající vždy redukční úhel a hledáním průsečíku opět s transformační křivkou. Tento průsečík pak charakterizuje transformovaný odtok vody z nádrže v daném časovém kroku. Popsaný postup Klemešovy metody je charakterizován na obr. 1.

Metoda Monte Carlo

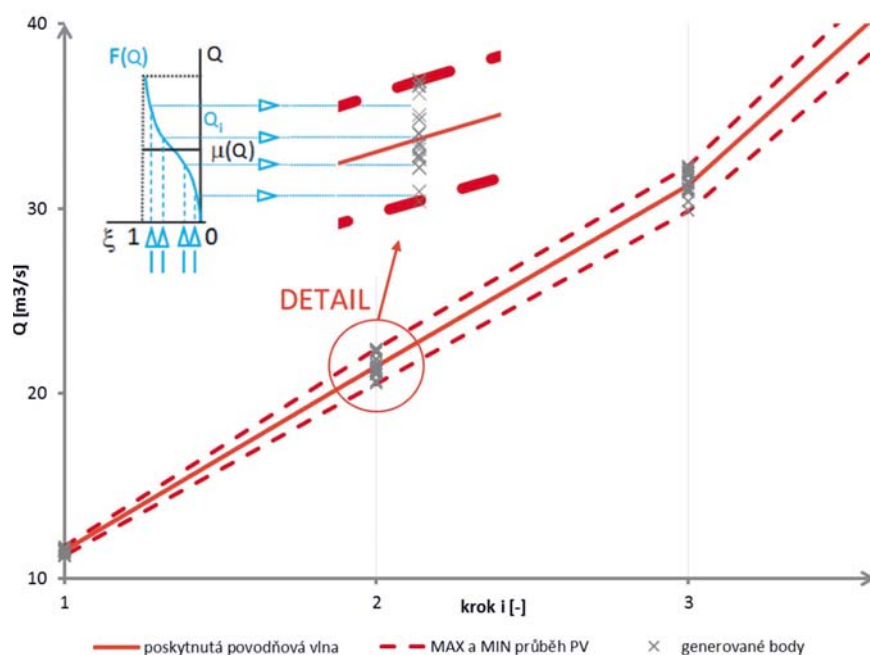
Vyvíjený program zatím umožňuje aplikovat vstupní nejistotu na přítoku vody do nádrže neboli na hydrogramech povodně. Obecný postup generování nejistotou pomocí metody Monte Carlo je následovný. V práci je metoda Monte Carlo definována použitím generátoru pseudonáhodných čísel a příslušných distribučních křivek $F(Q)$, pomocí nichž jsou ke vstupní hodnotě Q_i generovány náhodné polohy hodnot NQ_i v intervalu zadané nejistoty. Veličina Q_i je považována za náhodnou a nezávislou na hodnotě Q_{i-1} a Q_{i+1} . Uvedené předpoklady umožní zavedení normálního rozdělení pravděpodobnosti $N(\mu(Q), \sigma(Q))$. Potom obecná vstupní veličina Q_i je považována za střední hodnotu $\mu(Q)$ a velikost nejistoty je definována jako směrodatná odchylka $\sigma(Q)$. Následně je ke každé střední hodnotě $\mu(Q)$ vytvořena distribuční funkce $F_i(Q)$ normálního normovaného rozdělení pravděpodobnosti. Za použití generátoru pseudonáhodných čísel, který generuje náhodná čísla z intervalu $\xi \in (0,1)$, je dopočítána hodnota náhodné veličiny NQ_i . Obecný princip generování náhodných poloh vstupních parametrů je zobrazen na obr. 2. Zavedením nejistot do vstupní povodňové vlny bude následně i transformovaná povodeň zatížena nejistotami. Stejně tak bude zatížen nejistotami i výsledný retenční prostor nádrže.

PRAKTICKÁ APLIKACE

Případová studie je aplikována na vodní nádrži Vír I, která leží v povodí řeky Svratky. Tato nádrž, jejímž správcem je Povodí Moravy, s. p., slouží převážně k protipovodňové ochraně,



Obr. 1 Princip konstrukce transformace povodňové vlny Klemessovou metodou



Obr. 2 Schéma obecného principu generování nejistot vstupních prvků metodou Monte Carlo

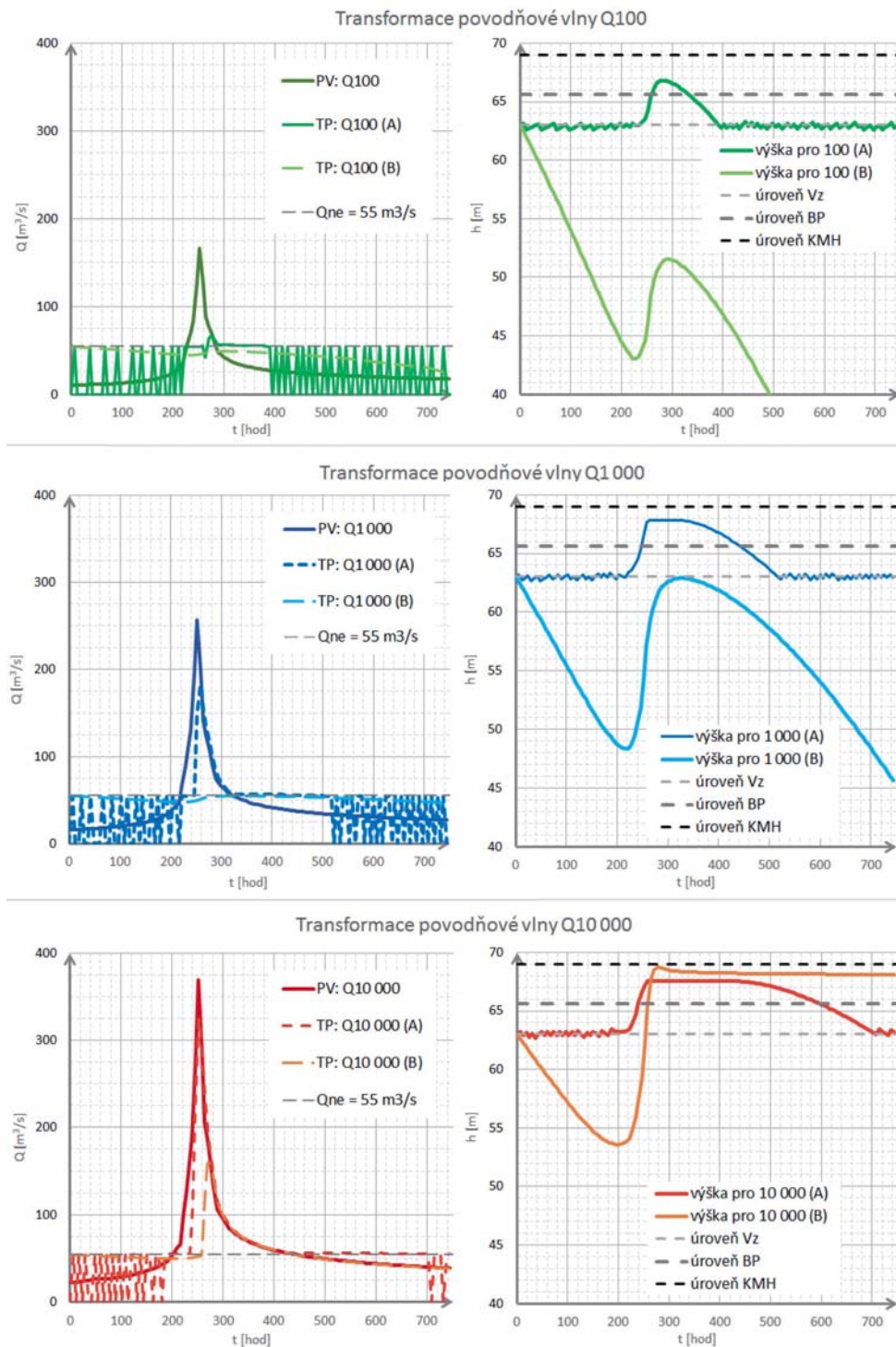
k akumulaci povrchové vody, k vodárenským a hydroenergetickým účelům, na zlepšení průtoků pro závlahy pod Brnem a zajištění minimálních průtoků. Těleso hráze nádrže Vír I je betonové těleso složené z 26 bloků. Délka hráze v koruně hráze je 390 m. Ode dna výpustě po korunu hráze je celková výška

69 m. Šířka hráze v koruně je 9 m. Nádrž disponuje dvěma spodními výpustěmi o DN 1800 mm a jednou asanační výpustí DN 200 mm. Při maximální hladině je průtok spodními výpustěmi maximálně $2 \times 40 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$. Bezpečnostní přeliv na kótě 467,05 je konstrukce korunové nehrazené o celkové délce 60,5 m s kapacitou $180,5 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ na úrovni retenčního prostoru neovladatelného, tedy hladině ve výšce 468,45 m n. m. Neškodný průtok Q_{NE} je $55 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$. Celkový objem nádrže V je 56,193 mil. m^3 . Z toho ochranný objem nádrže V_R je 8,337 mil. m^3 . Uvedené parametry vychází z platného manipulačního řádu k vodnímu dílu (Manipulační řád VD Vír I, 2011).

Pro výpočet byly použity aktualizované povodňové vlny podnikem ČHMÚ z roku 2008. Pro testování byly použity konkrétně Q_{100} , Q_{1000} a $Q_{10\,000}$ dle klasické regrese bez rozlišení sezónality. Dále byla určena tzv. kontrolní maximální hladina KMH v nádrži dle (ČSN 75 2935, 2014) a (Manipulační řád VD Vír I, 2011). Tato hladina je na úrovni koruny hráze, tedy 470,45 m n. m. Startovací hladina byla na úrovni maximálního zásobního

objemu, tedy 464,45 m n. m.

Byly provedeny 2 varianty řízení nádrže při povodni. Varianta (A) bez předvypouštění nádrže a varianta (B) s předvypouštěním nádrže. Ve variantě (A) je držena hladina na úrovni



Obr. 3 Výsledky deterministického řešení průběhu transformací a průběhu výšek vody v nádrži pro velikosti povodňových vln Q_{100} , Q_{1000} a Q_{10000} a pro 2 varianty řízení nádrže

plného zásobního objemu, jakmile je tato úroveň hladiny překročena, spodní výpusti jsou otevřeny na neškodný odtok. Po poklesu hladiny pod úroveň plného zásobního objemu jsou výpusti opět zavřeny v jednom časovém kroku, který má délku Δt 6 hod. Při překročení bezpečnostního přelivu jsou spodní výpusti zavírány a po opadnutí povodně je hladina opět držena na úrovni plného zásobního objemu. Naopak

při variantě (B) je povoleno předvypouštění i pod úroveň maximálního zásobního objemu. Spodní výpusti jsou zavírány až při překročení bezpečnostního přelivu a po opadnutí povodně jsou opět spodní výpusti otevřeny. Aby nebyla překročena hodnota neškodného odtoku při otevření spodních výpustí, jsou otevírány konkrétně obě přibližně z 65 % nebo jedna plně otevřena a druhá otevřena přibližně z 30 %.

Tyto dvě varianty řízení nádrže byly aplikovány na Q_{100} , Q_{1000} a Q_{10000} nejprve deterministicky a poté stochasticky s tzv. vstupní standardní nejistotou typu B $u_B = 5\%$ a 10% na povodni. Počet opakování generace náhodných vstupních parametrů byl vždy volen 300 opakování. Pro vhodnou prezentaci výsledků byly vypočtené hodnoty transformací a dosažených výšek vody statisticky vyhodnoceny pomocí středních hodnot a směrodatných odchylek. Výsledky jsou prezentovány jako rozšířená standardní nejistota U přenásobena koeficientem 2, tedy s pravděpodobností pokrytí cca 95 %. Tento koeficient je pro praxi nejvhodnější. Možný výsledek tedy leží v rozpětí střední hodnoty ± 2 -krát směrodatná odchylka (Starý, 2005).

VÝSLEDKY A DISKUZE

Nejprve jsou na obr. 3 vykresleny jednotlivé transformace Q_{100} , Q_{1000} a Q_{10000} z výpočtu deterministického řešení. V levé části vidíme průtoky povodní a jejich transformace a v pravé části jsou dosažené výšky vody v nádrži při daných transformacích.

Na následujících obrázcích je vykreslen stochastický průběh transformací z vyvíjeného softwaru. Můžeme vidět 300 průběhů transformací povodňových vln a následně 300 průběhů výšek vody v nádrži. Jsou zobrazeny průběhy pro řízení nádrže varianty (A) pro povodňovou vlnu Q_{1000} se vstupní standardní nejistotou povodně 10 % a poté varianta (B) pro povodňovou vlnu Q_{10000} se vstupní standardní nejistotou povodně 5 %.

V těchto obrázcích jsou červeně zobrazeny opakované průběhy přítoků (povodňových vln) do nádrže, modře průběhy odtoků (transformovaných vln) z nádrže a zeleně průběhy plnění a prázdnění (dosažené výšky vody) nádrže.

Na obr. 3 při deterministickém řešení můžeme pozorovat, jak rozdílnou manipulací se spodními výpustěmi můžeme dosáhnout výrazných rozdílů ve výsledcích. Varianty (A) a (B)

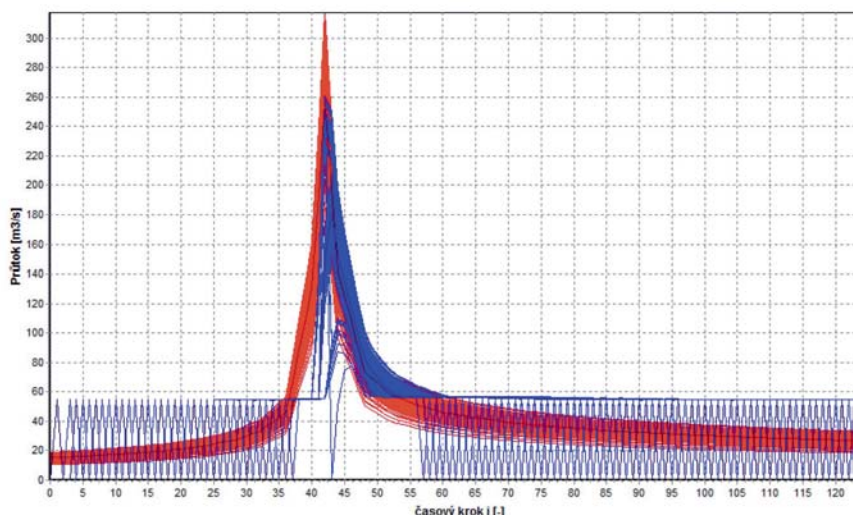
jsou spíše na teoretické úrovni, protože např. při stoleté povodni před samotným nástupem kulminace povodně je přibližně už 25 % zásobního objemu nádrže před vypuštěno a po opadnutí povodně je nádrž téměř prázdná, což je z vodohospodářského hlediska v praxi nepřijatelné. Proto je velmi důležitá, ale zároveň obtížná vhodná manipulace se spodními výpustěmi na základě operačních předpovědí. Pokud bychom nádrž takto výrazně předvypustili (např. na zmíněných 75 % zásobního objemu) a povodeň by nám pak samotný zásobní prostor ani nenaplnila, byla by především v době převládajících suchých období tato manipulace velmi nevhodná.

Na obr. 3 pro transformaci povodňové vlny Q_{10000} je hezky vidět, kdy při variantě (A) dochází k výrazně horší transformaci, ale zároveň voda v nádrži nevystoupá tak vysoko, jako ve variantě (B). Ve variantě (B) naopak voda téměř atakuje KMH, ale zároveň je využit větší objem v zátopě a logicky dochází k lepší transformaci povodňové vlny.

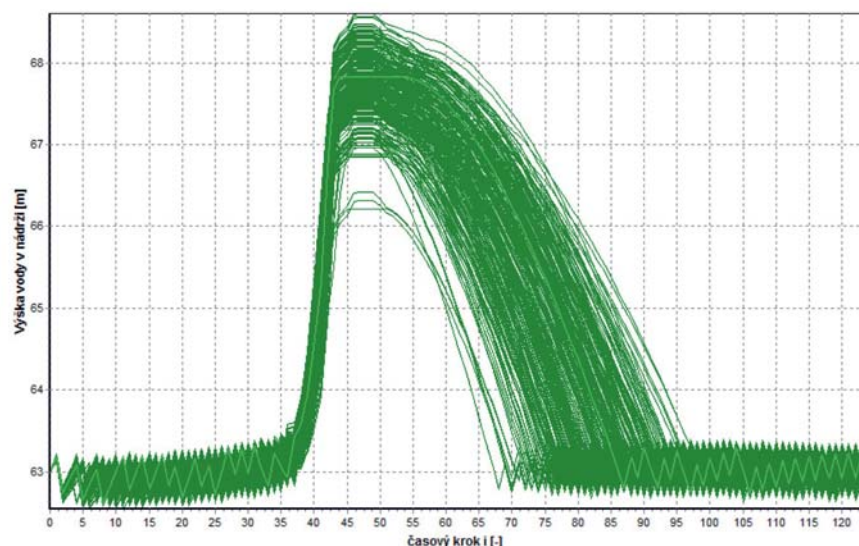
Červeně jsou na obr. 4 a 6 vykresleny generované povodňové vlny a modře pak transformované povodně. Tmavšími odstíny je pak znázorněn deterministický průběh. Obdobně na obr. 5 a 6 jsou zeleně vykresleny dosažené průběhy výšek vody v nádrži pro 300 opakování a světle zeleně je znázorněn deterministický průběh.

Z obrázku výše je vidět zřetelný vliv vstupních nejistot na konečné výsledky. Dále je pozorovatelný větší rozptyl výsledků na obr. 4 a 5, kde byla aplikována vyšší vstupní nejistota. Kompletní výsledky provedené analýzy jsou vyhodnoceny v tab. 1 a 2.

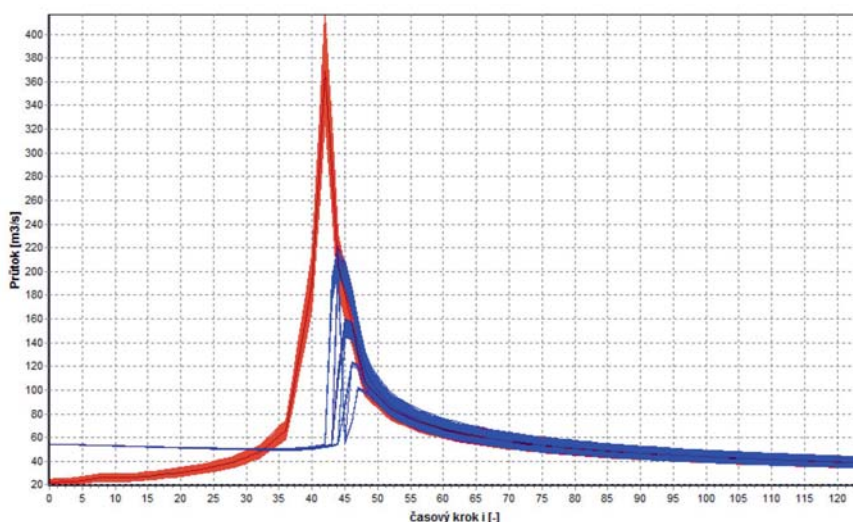
Na obr. 4 se mohou zdát výrazné skoky způsobeny manipulacemi spodními výpustěmi před a po povodni jako nesmyslné, ale jak bylo řečeno, varianty řízení nádrže jsou spíše teoretické. Navíc by tato manipulace mohla být z technického a provozního hlediska dle typu spodních výpustí možná, protože je časový krok 6 hodin. Pokud by ale provozovatel nádrže např. podle manipulačního řádu držel hladinu na úrovni plného zásobního objemu, tak by pravděpodobně manipuloval plynuleji dle přítoku a zkušeností. Na výslednou transformaci tyto manipulace před a po povodni vliv nemají, protože při přítoku větším,



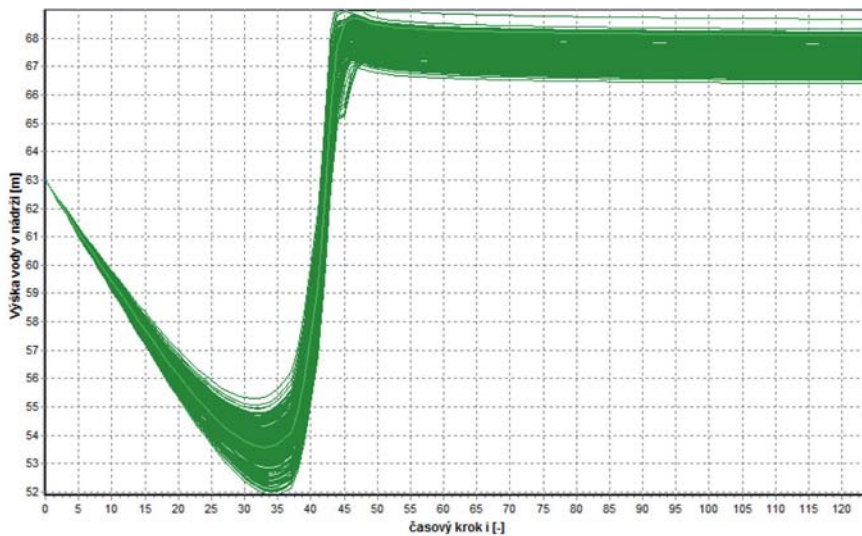
Obr. 4 Výsledky stochastického řešení průběhu transformací pro 300 generovaných povodňových vln Q_{1000} se vstupní nejistotou 10 % pro řízení nádrže varianty (A)



Obr. 5 Výsledky stochastického řešení průběhu výšek vody v nádrži pro 300 generovaných povodňových vln Q_{1000} se vstupní nejistotou 10 % pro řízení nádrže varianty (A)



Obr. 6 Výsledky stochastického řešení průběhu transformací pro 300 generovaných povodňových vln Q_{1000} se vstupní nejistotou 5 % pro řízení nádrže varianty (B)



Obr. 7 Výsledky stochastického řešení průběhu výšek vody v nádrži pro 300 generovaných povodňových vln $Q_{10,000}$ se vstupní nejistotou 5 % pro řízení nádrže varianty (B)

než neškodném bude hladina vody stále přibližně na hladině plného zásobního objemu.

V tab. 1 můžeme vidět výsledky kulminací testovaných povodní s různými vstupními nejistotami a dvěma variantami řízení. Z výsledků je patrné, že pro variantu (A) je vždy překročen neškodný odtok a ve variantě (B) s předvypouštěním není překročen neškodný odtok pro stoletou povodeň, ale pro tisíciletou povodeň pouze bez vstupních nejistot. Červeně jsou

získány dat (délka kroku 1 den) a z celkové délky povodně (1 měsíc). Teoretické vlny tedy byly zjemněny z délky kroku 24 hodin na 6 hodin z důvodu přesnosti a také kvůli problému v odstavci výše. Na druhou stranu se tím prodloužila doba výpočtu. Navíc, při řízení vodní nádrže je uvažováno s manipulací spodními výpustěmi pouze v jednom časovém kroku, a proto tento časový interval musí být vhodně nastaven.

V tab. 2 můžeme vidět výsledky kulminací výšek vody v nádrži s různými vstupními nejistotami a dvěma variantami řízení. Červeně jsou zobrazeny výsledky, kde byl překročen retenční prostor nádrže a červeným křížkem jsou označeny buňky, kde byla překročena KMH.

Tab. 1 Výsledky kulminací průtoků [$\text{m}^3 \text{s}^{-1}$] testovaných transformovaných povodní

$Q_{\text{kulm.}}$ [$\text{m}^3 \text{s}^{-1}$]	Varianta (A)			Varianta (B)		
	bez nejistoty	$s u_B = 5 \%$	$s u_B = 10 \%$	bez nejistoty	$s u_B = 5 \%$	$s u_B = 10 \%$
Q_N						
Q_{100}	66,72	78,3 ± 16,7	79,1 ± 26,6	54,50	54,5 ± 0,0	54,5 ± 0,0
$Q_{1,000}$	182,97	207,4 ± 39,5	188,1 ± 63,8	54,50	54,8 ± 1,5	58,0 ± 15,9
$Q_{10,000}$	324,67	327,1 ± 36,6	-	158,98	177,5 ± 53,1	-

Tab. 2 Výsledky kulminací výšek vody v nádrži [m] testovaných transformovaných povodní

$H_{\text{kulm.}}$ [m]	Varianta (A)			Varianta (B)		
	bez nejistoty	$s u_B = 5 \%$	$s u_B = 10 \%$	bez nejistoty	$s u_B = 5 \%$	$s u_B = 10 \%$
Q_N						
Q_{100}	66,76	66,83 ± 0,53	66,95 ± 0,82	63,00	63,0 ± 0,00	63,0 ± 0,00
$Q_{1,000}$	67,82	67,50 ± 0,53	67,72 ± 0,80	63,00	63,5 ± 1,37	63,92 ± 2,63
$Q_{10,000}$	67,54	67,90 ± 0,55	X	68,71	68,02 ± 0,91	X

zobrazeny výsledky, kde je překročen neškodný odtok a červená proškrtnutá buňka symbolizuje, že výpočty transformací nebyly spočteny z důvodu překročení KMH.

Pro Q_{100} ve variantě (B) můžeme vidět, že rozšířená směrodatná odchylka dosahuje nulových hodnot. To je způsobeno tím, že transformace povodňové vlny pro všechna opakování byla provedena pouze spodními výpustěmi. Obdobně jako stejné dosažené hodnoty $54,50 \text{ m}^3 \text{s}^{-1}$ ve variantě (B) jsou způsobeny, že startovací hladina byla ve výšce 63 m a pro tuto úroveň je kapacita spodních výpustí zmiňovaných $54,50 \text{ m}^3 \text{s}^{-1}$ a v dalších krocích díky předvypouštění nebyla tato výška překročena.

Poněkud zářející se můžou zdát výsledné hodnoty středních nejistot dané povodně, jako např. pro Q_{1000} a variantu (A), kdy deterministické řešení má maximální kulminaci

necelých $183 \text{ m}^3 \text{s}^{-1}$, tak se vstupní nejistotou 5 % je pak střední hodnota kulminací přes $207 \text{ m}^3 \text{s}^{-1}$. Tento rozdíl je pravděpodobně důsledkem velikosti zvoleného časového kroku, který v tomto případě byl 6 hodin. Poté, kdy jednotlivé průběhy překročily bezpečnostní přeliv v jiném časovém kroku, byl hned rozdíl 6 hodin, což je značný rozdíl v objemu povodně a tudíž jednotlivé průběhy „přeskakovaly“ v časových krocích a způsobily skoky v kulminacích. Tento jev je patrný na obr. 4 a 6, kde jsou krásně vidět na sestupných větvích povodní vytvořené „svazky“ transformací. Kdyby byl časový krok menší, tak by průběhy transformací byly plynulejší, a tudíž by byla i výsledná střední hodnota blíže deterministickému řešení.

Časový krok vycházel jednak z poskytnutých dat (délka kroku 1 den) a z celkové délky povodně (1 měsíc). Teoretické vlny tedy byly zjemněny z délky kroku 24 hodin na 6 hodin z důvodu přesnosti a také kvůli problému v odstavci výše. Na druhou stranu se tím prodloužila doba výpočtu. Navíc, při řízení vodní nádrže je uvažováno s manipulací spodními výpustěmi pouze v jednom časovém kroku, a proto tento časový interval musí být vhodně nastaven.

V tab. 2 můžeme vidět výsledky kulminací výšek vody v nádrži s různými vstupními nejistotami a dvěma variantami řízení. Červeně jsou zobrazeny výsledky, kde byl překročen retenční prostor nádrže a červeným křížkem jsou označeny buňky, kde byla překročena KMH.

Podle tab. 2 aktuální retenční objem vyhoví pouze na Q_{100} ve variantě (A) bez vstupních nejistot a ve variantě (B) pro Q_{100} a $Q_{10,000}$ včetně nejistot. Naopak nádrž ve většině případů vyhoví na KMH, pouze při vstupní nejistotě 10 % teoretické povodňové vlny $Q_{10,000}$ nádrž nevyhoví na KMH, v tomto případě by nastalo přelíh samotné hráze.

Jak bylo řečeno, ochranný objem nádrže V_R je $8,337 \text{ mil. m}^3$ na úrovni 468,45 m n. m. Pokud bychom chtěli navrhnout retenční prostor nádrže např. na Q_{1000} se vstupní nejistotou povodňové vlny 5 % bez předvypouštění nádrže jako ve variantě (A) a zároveň nezasahovali do velikosti zásobního prostoru, pak by podle tab. 2 byl retenční prostor na úrovni $67,50 \pm 0,53$, tedy v rozmezí hodnot 66,97 m až 68,03 m. Na stranu bezpečnou je žádoucí přiklonit se na horní mez 68,03 m. Tato hodnota by odpovídala $10,775 \text{ mil. m}^3$, tedy navýšení retenčního prostoru o $2,438 \text{ mil. m}^3$.

Na této nádrži by hladina ochranného prostoru reálně navýšit šla aktualizací manipulačního řádu nádrže, ale na jiných typech hrází, jako jsou třeba sypané, by mohl vzniknout problém s navýšováním hladiny ke koruně hráze. V těchto případech by tento problém mohl být vyřešen zásahem do zásobního

objemu nádrže, což je hlavně v dnešní době, kdy zaznamenáváme poklesy hladin v nádržích, méně vhodné. Proto v budoucnu nastane ještě větší problém, jak se vypořádat z hydrologickými extrémy u víceúčelových nádrží. Jinými slovy, jak zabezpečit odtok vody z nádrže dostatečně kapacitním zásobním objemem v podmínkách nejistot a zároveň jak zvládat a eliminovat extrémní povodně. V současné době ale většina nádrží v České republice spíše na vyšší průtoky čeká, aby se vyřešil problém s nízkými stavy vody v nádrži. V tomto přetrvávajícím suchém období, kdy je nádrž pod normálem, by se s větší povodní bez problému vypořádala i testovaná nádrž.

ZÁVĚR

Výsledky ukazují, že se testovaná vodní nádrž Vír I dokáže relativně dobře vypořádat s možnými aktualizovanými povodňovými vlnami. Retenční prostor nádrže je pro deterministické řešení dobře navržen a při vhodných manipulacích se vodní nádrž vypořádá i s extrémními povodněmi včetně nižších vstupních nejistot na povodňových vlnách. Při snaze držet nádrž co nejvíce naplněnou bez předvypouštění je i při

nižších povodní se zavedením vstupních nejistot stávající retenční objem nevyhovující a bylo by vhodné tento retenční prostor navýšit.

Vyvíjený program prokázal, že použité metody se dají bez problému aplikovat na transformaci povodňových vln neboli na stanovení retenčního prostoru nádrže v podmínkách vstupních nejistot. Zdrojový kód programu je napsán obecně a software se dá rychle využít k testování i jiných nádrží nebo na návrhy suchých nádrží. Navíc se tento vznikající program dá v návaznosti využít i s programem UNCE RESERVOIR (Marton a kol., 2015) na stanovení zásobního objemu nádrže v podmínkách nejistot. Potom by šel celý problém víceúčelových nádrží v podmínkách nejistot pojímat komplexněji. Otázkou spíše zůstává, jak velké vstupní nejistoty aplikovat do vodohospodářských řešení.

PODĚKOVÁNÍ

Tento příspěvek je výsledkem specifického juniorského projektu FAST-J-19-5798 „Stanovení funkčních objemů nádrže s uvažováním nejistot vstupních dat“.

Literatura:

- [1] Dokument: *Strategie přizpůsobení se změně klimatu v podmínkách ČR. Ministerstvo životního prostředí* [online]. 2015 [cit. 2018-09-21]. Dostupný z: [http://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/zmena_klimatu_adaptacni_strategie/\\$-FILE/OEOK-Adaptacni_strategie-20151029.pdf](http://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/zmena_klimatu_adaptacni_strategie/$-FILE/OEOK-Adaptacni_strategie-20151029.pdf)
- [2] Dokument: *Národní akční plán adaptace na změnu klimatu. Ministerstvo životního prostředí* [online]. 2015 [cit. 2018-09-21]. Dostupný z: [https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/narodni_akcni_plan_zmena_klimatu/\\$FILE/OEOK-NAP_cely_20170127.pdf](https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/narodni_akcni_plan_zmena_klimatu/$FILE/OEOK-NAP_cely_20170127.pdf)
- [3] Dokument: *Příprava realizace opatření pro zmírnění negativních dopadů sucha a nedostatku vody. Meziřesortní komise VODA-SUCHO* [online]. 2015 [cit. 2018-09-21]. Dostupný z: [https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/negativni_dopad_sucha_opatreni/\\$FILE/OOV-Sucho_20150806.pdf](https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/negativni_dopad_sucha_opatreni/$FILE/OOV-Sucho_20150806.pdf)
- [4] Česká technická norma ČSN 75 2405 *Vodohospodářské řešení vodních nádrží. Český normalizační institut, Hradec Králové*, 2017.
- [5] Česká technická norma ČSN 75 1400 *Hydrologické údaje povrchových vod. Český normalizační institut, Hradec Králové*, 2014.
- [6] Knight, F. H. 1921: *Risk, Uncertainty, and Profit*. Boston, Hart, Schaffner & Marx; Houghton Mifflin Company, Boston 1921.
- [7] Kiureghian, A. D., Ditlevsen, O. 2009: *Aleatory or epistemic? Does it matter?* Structural Safety, Volume 31, Issue 2, 2009.
- [8] WECC doc. 19 – 1990: Western European Calibration Cooperation, 1990.
- [9] Dokument: *Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement* (Směrnice pro vyjadřování nejistoty při měření), BIPM, IEC, IFCC, ISO, IUPAC, IUPAP, OIML, 1993.
- [10] Dokument: *Expression of the Uncertainty in Measurement in Calibration* (Metodika vyjadřování nejistot při kalibracích) EA 4/02, 1997 (v ČR ALE-R2, 1997).
- [11] Dokument: ISO GUM Suppl. 1 (DGUIDE 99998) *Guide to the expression of uncertainty in measurement* (GUM) — Supplement 1: Numerical methods for the propagation of distributions, ISO 2004.
- [12] Dokument: TPM 0051 – 93 *Stanovení nejistot při měřeních, podnikové normy ÚNMZ – TPM*, Český metrologický institut, 1993.
- [13] Beven, K. J. and Binley, A. M. 1992: *The future of distributed models: model calibration and uncertainty prediction*, Hydrological Processes, 6, p. 279 – 298.
- [14] Starý, M. 1984: *Zpráva o výsledcích řešení při spolupráci na normalizačním rozborovém úkolu HDP VH 83/6 RÚ*, VUT FAST v Brně, Brno, 1984.
- [15] Marton, D., Starý, M., Menšík, P. 2011: *The Influence of Uncertainties in the Calculation of Mean Monthly Discharges On Reservoir Storage*, Journal of Hydrology and Hydromechanics, November 2011, Volume 59, Issue 4, p. 228 – 237, ISSN (Print) 0042-790X, DOI: 10.2478/v10098-011-0019-3.
- [16] Campos, J. N. B., Souza Filho, F. A. and Lima, H. V. C. 2014: *Risks and uncertainties in reservoir yield in highly variable intermittent rivers: case of the Castanhão Reservoir in semi-arid Brazil*. Hydrological Sciences Journal, 59 (6), 1184 – 1195.
- [17] Kuria, F. W and Vogel, R. M. 2014: *A Global Reservoir Water Supply Yield Model With Uncertainty*, Environmental Research Letters, 9 095006 doi:10.1088/1748-9326/9/9/095006, 2014.
- [18] Paseka, S., Marton, D., Menšík, P. 2016: *Uncertainties of reservoir storage capacity during low water period. In SGEM Conference Proceedings. International multidisciplinary geoconference SGEM. Hydrology and Water Resources*. 51 Alexander Malinov Blvd., 1712, Sofia, Bulgaria: STEF92 Technology Ltd., 2016. s. 789 – 796.
- [19] Marton, D., Paseka, S. 2017: *Uncertainty Impact on Water Management Analysis of Open Water Reservoir*. Environments, 2017, roč. 4, č. 1.
- [20] Whitehead, P., Hornberger, G. a Black, R. 2009: *Effects of parameter uncertainty in a flow routing model/Les effets de l'incertitude des paramètres dans un modèle du calcul du cheminement*, Hydrological Sciences Bulletin, 24:4, 445 – 464, 2009.
- [21] Li, B., Liang, Z., Zhang, J., Chen, X., Jiang, X., Wang, J., Hu, Y. 2016: *Risk analysis of reservoir flood routing calculation based on inflow forecast uncertainty*. Water 2016, 8:486.
- [22] Chen, J., Zhong, P.-A., Wang, M.-L., Zhu, F.-L., Wan, X.-Y., Zhang, Y. 2018: *A risk-based model for real-time flood control operation of a cascade reservoir system under emergency conditions*. Water, 10, 167, 2018.
- [23] Klemeš, V. 1960: *A simplified solution of the flood-routing problem*. Vodohospod. čas. 8(4), 1960. 317 – 326.
- [24] Jandora, J., Šulc, J. 2006: *Hydraulika (MODUL 01)*. Brno: VUT v Brně – Fakulta stavební, 2006. 178 s.
- [25] Manipulační řád pro vodní dílo Vír I na řece Svatce. Brno: Povodí Moravy, s. p., 2011.
- [26] Česká technická norma ČSN 75 2935 *Posuzování bezpečnosti vodních děl při povodních*, Český normalizační institut, Praha, 2014.
- [27] Starý, M. 2005: *Hydrologie (MODUL 01)*. Brno: VUT v Brně – Fakulta stavební, 2005, 213 s.
- [28] Marton, D., Starý, M. a Menšík, P. 2015: *UNCERESERVOIR – Vodohospodářské řešení zásobní funkce nádrže*. 2015. Dostupný z: <http://uvhk.fce.vutbr.cz/software.php>

Slovenská vodohospodárska spoločnosť, člen ZSVTS,
Slovenská vodohospodárska spoločnosť pri VÚVH Bratislava, člen ZSVTS,
Výskumný ústav vodného hospodárstva Bratislava,
Združenie zamestnávateľov vo vodnom hospodárstve na Slovensku,
Slovenská asociácia vodárenských expertov,
Zväz slovenských vedeckotechnických spoločností,
Slovenský národný komitét IWA,
Česká vědeckotechnická vodohospodářská společnost, z. s.
a OS Vodárenství při Asociaci pro vodu ČR

organizujú

XLIII. ROČNÍK KONFERENCIE S MEDZINÁRODNOU ÚČASŤOU HYDROCHÉMIA 2020

27. – 28. mája 2020 v Bratislave

Tematické okruhy konferencie:

- problematika hydrochémie vo vzťahu k legislatíve EÚ,
- aplikácia analytických a vzorkovacích metód v praxi (voda, kaly, sedimenty, biologické a iné matrice),
- výmena skúseností a praktických poznatkov z oblasti hydrochémie v prevádzkovej praxi,
- medzilaboratórne testy a akreditácie vodohospodárskych laboratórií,
- uplatnenie hydrochemických procesov pri úprave pitných vôd a čistení odpadových vôd.

V prípade záujmu o účasť na konferencii s prednáškou, resp. posterom prosím pošlite stručný súhrn obsahu príspevku v dĺžke cca 20 riadkov na adresu pavel.hucko@vuvh.sk do 31. januára 2020

Viac informácií na www.vuvh.sk v sekcii konferencie

Slovenská vodohospodárska spoločnosť pri VÚVH Bratislava, člen ZSVTS
Kontaktné osoby: Ing. Pavel Hucko, CSc., Eva Podrazilová
Nábr. arm. gen. L. Svobodu 5, 812 49 Bratislava, Slovensko
tel.: +421-2-59343424, -59343473
e-mail: pavel.hucko@vuvh.sk

Zveme všechny biology, hydrology, hydrochemiky, pracovníky ve vodárenském průmyslu,
zástupce laboratoří, vědecké pracovníky a pracovníky vysokých škol
i vysokoškolské studenty uvedených odborů
k účasti na již tradiční konferenci

VODÁRENSKÁ BIOLOGIE 2020

5. – 6. února 2020
Interhotel Olympik, CONGRESS sál Artemis
U Sluncové 14A, Praha 8, 186 76

HLAVNÍ BLOKY KONFERENCE:

- Legislativa a normy, ukazatele kvality vod
- Biologické a mikrobiologické metody, metody molekulární biologie (teorie a praxe)
- Mikroskopie, digitální fotografie, analýza obrazů v technologii vod
- Detekční systémy a screeningové metody v hygieně vody
- Sucho, péče o zdroje vody, polutanty, pesticidy, sinice
- Nádrže, rybníky a koupaliště, vodní toky
- Biologie ve vodárenské praxi
- Biologie v čistírenské praxi, šedé vody
- Rezistentní organismy, geny rezistence
- Aplikovaná hydrobiologie a mikrobiologie
- Technologické procesy (ve vodárenství, čistírenství)
- Riziková analýza (WSP, HACCP) ve vodárenství
- Posterová sekce

Cirkulář s předběžnou přihláškou naleznete na stránkách www.ekomonitor.cz

Za programový a organizační výbor, kontaktná osoba: Bc. Alena Pecinová

NOVÉ TRENDY V OBLASTI ÚPRAVY PITNEJ VODY

3. pokračovanie konferencie

29. – 30. apríl 2020, Atrium Hotel, Nový Smokovec

Kontaktná osoba: Ing. Jana Buchlovičová
VodaTím, s. r. o., Zvolenská 27, 821 09 Bratislava,
mobil: +421 903 268 508, e-mail: buchlovicova@vodatim.sk

Informácie o nových STN

Mgr. Daša Borovská

Výskumný ústav vodného hospodárstva

V septembri a októbri 2019 vyšli v oblasti vodného hospodárstva tieto slovenské technické normy:

STN EN 17218: 2019 (75 7854) Kvalita vody. Pokyny na odber vzoriek mezozooplanktónu z morských a brakických vôd pomocou sieťí

Norma vyšla v anglickom jazyku.

STN EN 1295-1: 2019 (75 0210) Statický výpočet potrubí uložených v zemi pri rôznych zaťažovacích podmienkach. Časť 1: Všeobecné požiadavky

Norma vyšla v anglickom jazyku.

Vydaním STN EN 1295-1: 2019 sa zrušilo predchádzajúce vydanie tejto normy STN EN 1295-1: 2001.

STN EN ISO 13163: 2019 (75 7041) Kvalita vody. Olovo 210. Kvapalinová scintilačná skúšobná metóda

Norma vyšla v anglickom jazyku.

STN EN ISO 9698: 2019 (75 7616) Kvalita vody. Trícium. Skúšobná metóda pomocou kvapalinového scintilačného merania

Norma vyšla v anglickom jazyku.

Vydaním STN EN ISO 9698: 2019 sa zrušilo predchádzajúce vydanie tejto normy STN EN ISO 9698: 2016.

STN EN ISO 5667-3: 2019 (75 7051) Kvalita vody. Odber vzoriek. Časť 3: Konzervácia vzoriek vody a manipulácia s nimi

Norma vyšla v slovenskom jazyku.

Vydaním STN EN ISO 5667-3: 2019 v slovenskom jazyku sa zrušilo vydanie tejto normy STN EN ISO 5667-3: 2018 v anglickom jazyku, t. j. nejde o nové vydanie normy, len o preklad do slovenského jazyka.

Zrušenie noriem:

Od 1. 10. 2019 boli zrušené tieto slovenské technické normy:

STN EN 12176: 2000 (75 7910) Charakterizácia kalov. Stanovenie hodnoty pH

Dôvodom zrušenia normy bolo jej zrušenie v rámci Európskeho výboru pre normalizáciu (CEN). Stanovenie hodnoty pH kalov je v súčasnosti pokryté normou STN EN 15933: 2013 Kaly, upravené bioodpady a zemina. Stanovenie pH.

STN EN ISO 11969: 1999 (75 7454) Kvalita vody. Stanovenie arzénu. Metóda atómovej absorpčnej spektrometrie (hydridový postup)

Dôvodom zrušenia normy bolo jej zrušenie v rámci ISO. Nahradí ju norma STN ISO 17378-2 Kvalita vody. Stanovenie arzénu a antimónu. Časť 2: Metóda atómovej absorpčnej spektrometrie s generovaním hydridov (HG-AAS), ktorá by mala vyjsť ešte v roku 2019.



Jako, s.r.o.

aktivní uhlí, antracit
UV-dezinfekce

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

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

Dodávateľ technologických celkov
čistiarní odpadových vôd a úpravní vôd

envi-pur

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

Technológia MBR je vhodná

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

Výhody technológie MBR

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

Ponúkané ČOV s MBR

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



envi-pur

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

Obchodná kancelária:
Zvolenská 27
821 09 Bratislava
Slovenská republika

www.envi-pur.sk

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



VodaTím

VodaTím s.r.o.

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

Bezpečná pitná voda zdravie a ekológia

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



