

VODOHOSPODÁŘSKÉ TECHNICKO-EKONOMICKÉ INFORMACE

VTEI / 2020 / 5

10 / Výzkum významných zdrojů česko-saských přeshraničních podzemních vod

30 / Rozhovor se zahraničními výzkumníky, kteří se rozhodli budovat svoji kariéru v České republice

32 / HAMR: on-line systém pro zvládání sucha – webová prezentace pro veřejnost

Solenická podkova

Solenická podkova nebo-li meandr Vltavské kaskády se nachází ve Středočeském kraji. Jedná se o jeden z nejkrásnějších pohledů na řeku Vltavu v České republice. Název Solenická podkova získal meandr podle vesnice, která přiléhá značnou částí k podkově a nachází se ve velmi krátké vzdálenosti od Orlické přehrady.

Vyhlídka, ze které lze zachytit unikátní meandr, se nazývá Na Altánku. Vyhlídka je poblíž obce Zduchovice v okrese Příbram. Při návštěvě meandru je možné opodál spatřit vodní nádrž Kamýk, která je součástí Vltavské kaskády již od 60. let 20. století.

Podobné zákruty lze vidět v České republice například na řece Moravě v přírodním parku Strážnické Pomoraví.

Redakce



Obsah



3 Úvod

4 VD Vranov: Výzkum spodních výpustí a bezpečnostního přelivu

Jan Hlom, Pavel Balvín



10 Výzkum významných zdrojů česko-saských přeshraničních podzemních vod

Pavel Eckhardt, David Rozman, Zbyněk Hrkal, Ondřej Nol

16 Výpar z výparoměrných stanic VÚV TGM

Petra Šuhájková



29 Autoři

30 Rozhovor se zahraničními výzkumníky, kteří se rozhodli budovat svoji kariéru v České republice

Redakce

32 HAMR: on-line systém pro zvládnání sucha – webová prezentace pro veřejnost

Adam Vizina, Martin Hanel, Miroslav Trnka, Jan Daňhelka



36 Před sto padesáti lety byl vydán vodní zákon č. 71/1870 čes. z. z.

Arnošt Kult



Vážení čtenáři,

prázdniny již máme za sebou, takže můžeme udělat krátkou rekapitulaci léta. Kromě hodnocení, kdo se na dovolenou dostal dále, doputoval do destinace, kam původně skutečně chtěl jet, a navíc se bez umístění do karantény vrátil, jsem měl na mysli především průběh počasí. To se během dovolených stává vděčným tématem konverzace prakticky s kýmkoli, koho potkáme. Letošní léto konečně prolomilo stereotypní sucho, které jsme začali považovat za normální stav. Přeci jenom se však odlišovalo od dřívějšího normálu. Srážky byly místy až nadprůměrné, ale napršely během několika hodin a často jen na malém území, tedy pokud jsme vodu nezadrželi, tak rychle odtekla. To, co zůstalo a nezpůsobilo záplavy, se navíc kvůli zvýšeným teplotám rychleji odpařilo. Posledních několik týdnů však teplota klesla, vody nám zůstalo dost alespoň na částečnou záchranu úrody a hlavně nám přízeň počasí umožnila naplnění mělkých studní prakticky po celé republice. Bohužel na podzemní vody ve větších hloubkách se zatím ještě nedostalo a vodní toky si také ještě neudržely stabilní průtok, na který jsme byli dříve zvyklí. Vodáci byli samozřejmě nadšeni, protože ve srovnání s minulými roky, kdy pádla využívali spíše jako bidla, si tentokrát sjíždění oblíbených řek užívali, ale vodohospodáři mají ke spokojenosti stále daleko.

V dnešním čísle VTEI budeme mít od každé zmíněné oblasti trochu. Dozvíte se další informace o pokračování projektu HAMR na předpovídání sucha, využití plovoucích výparoměrů nebo o podzemních vodách na rozhraní Česka a Saska. Nebudou chybět ani nádrže, i když tentokrát to bude spíše o jejich konstrukci než o zadržování vody. Určitě Vás zaujme i pohled našich zahraničních kolegů na Českou republiku, na práci u nás a samozřejmě i na naše vodní hospodářství.



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

VD Vranov: Výzkum spodních výpustí a bezpečnostního přelivu

JAN HLOM, PAVEL BALVÍN

Klíčová slova: spodní výpust' — bezpečnostní přeliv — fyzikální modelování — matematické modelování

SOUHRN

Vodní dílo Vranov bylo dokončeno v roce 1934, kde byla na tehdejší dobu použita inovativní technologie koncových uzávěrů typu Johnson a válcové uzávěry. Za dobu jejich fungování nevyžadovaly větší opravy, probíhala pouze běžná údržba a drobné opravy. Nicméně, současný stav uzávěrů již nezaručuje z hlediska korozního a provozního poškození dlouhodobý spolehlivý provoz. Povodí Moravy, s. p., si nechalo vypracovat studii rekonstrukce regulačních uzávěrů, výsledkem této studie byl návrh výměny čtyř stávajících uzávěrů za čtyři nové segmentové uzávěry. Cílem výzkumu bylo ověření funkčnosti nově navržených segmentových koncových regulačních uzávěrů spodních výpustí VD Vranov a dále jejich součinnost s korunovým bezpečnostním přelivem a navazující kaskádou. V rámci výzkumu byly postaveny dva fyzikální modely – model jedné spodní výpusti (v měřítku 1 : 14,68) a model hrázového tělesa (v měřítku 1 : 55). V rámci výzkumu na fyzikálním modelu spodní výpusti bylo cílem zejména stanovení kapacity spodní výpusti ve vztahu k hladině vody v nádrži, míře zatopení dolní vodou ve vývaru a stupni otevření segmentového uzávěru. Model hrázového tělesa sloužil pro posouzení prostorového proudění ve vývaru při převádění vody přes přelivná pole, respektive při součinnosti proudů od spodních výpustí a přelivných polí. Dále byla na modelu hrázového tělesa ověřována konzumní křivka bezpečnostního přelivu. Naměřená konzumní křivka na fyzikálním modelu byla následně porovnána s konzumní křivkou získanou z výsekového matematického modelu. Matematický model byl sestaven a vypočítán v programu FLOW-3D.

ÚVOD

Vodní dílo Vranov je tvořeno přehradní hrází ležící nad obcí Vranov nad Dyjí a nádrží sahající při maximální hladině až 30 km proti proudu řeky Dyje s celkovým objemem 132,7 mil. m³, zatopená plocha nádrže činí 7,6 km². Vodní dílo (dále VD) bylo vybudováno v letech 1930 až 1934 v ř. km 175,405 a je součástí dyjské vodohospodářské soustavy. Vodní dílo Vranov je víceúčelová nádrž, mezi hlavní účely VD patří zejména akumulace vody pro zajištění minimálního průtoku a nadlepšení pro odběry, ochrana před velkými vodami a další využití jako např. rekreace, rybolov apod. [1].

Hráz vodního díla

Vzdouvací objekt je tvořen tížnou betonovou hrází z litého betonu skládající se z 19 bloků o šířce 13,5 až 15 m a elektrárenského dvojbloku o šířce 27 m. Délka hráze v koruně je 290,5 m, šířka vozovky na koruně hráze je 4,5 m o kótě 353,39 m n. m., výška hráze od základu činí téměř 60 m.

Bezpečnostní přeliv

Bezpečnostní přeliv pro převádění povodní je vybudován jako korunový s přepadem vody přes betonovou hráz. Přeliv je složen z devíti nehrazených polí o světlé šířce 9 × 13,6 m s pevnými prahy na kótě 350,10 m n. m. Tři přepadová pole mezi elektrárenským dvojblokem a dvojblokem spodních výpustí tlumí přepadající vodu přímo ve vývaru. Pět z šesti polí přiléhajících k levému břehu svádí přepadající vodu přes kaskádu v levém břehu do vývaru. Šesté přepadové pole tlumí přepadající vodu přímo ve vývaru.

Vývar

Vývar je nepravidelného tvaru o průměrné délce 58 m, šířce ve dně 40 m a s hloubkou pod prahem vývaru 4 m. Na dně vývaru jsou umístěny dva mohutné rozrážeče o výšce 4,5 m, které slouží k tlumení energie výtokových paprsků z potrubí spodních výpustí. Betonový práh na konci vývaru je zakončen kamenným záhozem.

Spodní výpusti

Spodní výpusti (dále SV) jsou umístěny v levé části hráze a skládají se ze čtyř potrubí DN 1600 s osou na kótě 307,45 m n. m. V době svého dokončení byly tyto výpusti osazeny koncovými uzávěry na svou dobu s inovativní technologií, dva koncové uzávěry jsou typu Johnson a dva jsou válcové. Před koncovými uzávěry jsou osazeny revizními uzávěry – šoupaty a na návodní straně jsou spodní výpusti hrazeny revizním spustným stavidlovým uzávěrem typu Stony.

Vodní elektrárna a MVE

Vodní elektrárna je situována v pravé části hráze, ve strojovně elektrárny jsou instalovány tři Francisovy turbíny, každá o maximální hltnosti 15 m³/s. Malá vodní elektrárna je situována ve vývaru bezpečnostního přelivu vedle budovy vodní elektrárny, elektřinu generuje Francisova turbína o hltnosti 2,4 m³/s sloužící pro převádění minimálního zůstatkového průtoku.

ZKOUMANÁ PROBLEMATIKA

Hlavní motivací pro rekonstrukci koncových regulačních uzávěrů spodních výpustí je zejména jejich současný nevyhovující technický stav. Za dobu jejich

fungování nevyžadovaly větší opravy, probíhala pouze běžná údržba a drobné opravy. Nicméně, současný stav tohoto zařízení jak z hlediska korozního, tak provozního poškození nezaručuje dlouhodobý spolehlivý provoz. Cílem plánované rekonstrukce je dosažení obnovení plné provozní spolehlivosti, včetně těsnosti na úrovni hodnot průsaků splňující současné normové požadavky a prodloužení životnosti k zajištění dlouhodobé bezpečnosti celého VD [2].

V prvním kroku Povodí Moravy, s. p., zadalo studii rekonstrukce regulačních uzávěrů firmě Aquatis, závěrem studie [2] bylo doporučeno vyměnit všechny koncové uzávěry za čtyři nové segmentové uzávěry.

Dále bylo zpracováno „Posouzení hydraulických poměrů v prostoru spodních výpustí a navazujícího vývaru VD Vranov – rekonstrukce výpustí“ [3], v rámci této práce byly výpočtově ověřeny předpokládané kapacity spodních výpustí, proudové poměry ve vývaru a posouzeno nebezpečí kavitace segmentových uzávěrů. V závěru byly doporučeny zkoušky, které by bylo vhodné provést na fyzikálních modelech VD Vranov.

Navazující fyzikální výzkum byl především zaměřen na:

- stanovení kapacity spodních výpustí ve vztahu k hladině vody v nádrži, míře zatopení dolní vodou ve vývaru a stupni otevření segmentového uzávěru,
- návrh konfuzorové části segmentového uzávěru pro optimalizaci kapacity SV a proudových poměrů ve SV a v navazujícím vývaru,
- stanovení podmínek pro minimalizaci kavitace při manipulaci se segmentovými uzávěry,
- prostorové proudění ve vývaru při samotném převádění vody přes přelivná pole, resp. při součinnosti proudů od spodních výpustí a přelivných polí pro nový návrhový stav, tj. pro osazené segmentové uzávěry vč. stavební úpravy strojovny uzávěrů SV,
- bezpečné převádění povodňových průtoků přes VD s novými koncovými uzávěry spodních výpustí.

FYZIKÁLNÍ MODELY

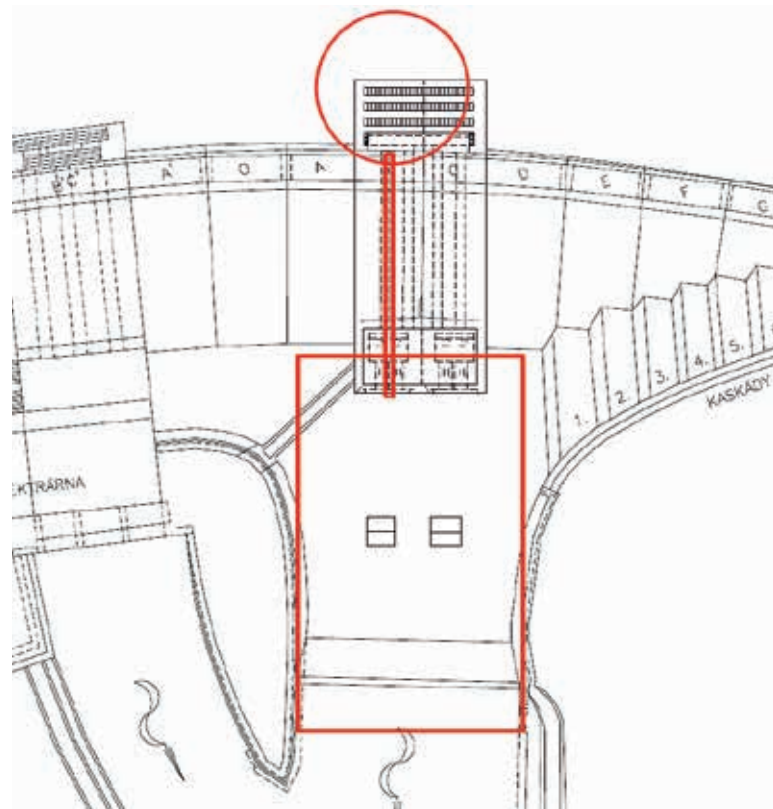
V rámci laboratorního fyzikálního výzkumu byly postaveny dva modely – výsekový model jedné spodní výpusti v měřítku 1 : 14,68 a model hrázového tělesa v měřítku 1 : 55.

Výsekový model spodní výpusti

Výsekový model jedné spodní výpusti zahrnoval kompletní potrubí jedné výpusti s prostorem nátoku v nádrži, nátokovým kusem, otevřeným šoupětem, přechodovým kusem s pohyblivým segmentovým uzávěrem umístěným na konci strojovny uzávěrů a kompletním vývarem zakončeným na prahu vývaru (viz obr. 1). Jednotlivé komponenty modelu jako např. segmentový uzávěr s přechodovým kusem byly vytvořeny metodou 3D tisku. Voda byla na model přivedena přes Thomsonův přeliv, který zajišťoval měření malých průtoků, velké průtoky byly měřeny příložným ultrazvukovým průtokoměrem na potrubí spodní výpusti. Limitním rozměrem mezních podmínek modelování podle Froudova zákona mechanické podobnosti byla výška výtokového otvoru segmentového uzávěru, která by neměla být menší než 60 mm. V měřítku 1 : 15 je výška otvoru 64 mm, toto měřítko bylo označeno jako limitní. Výsledné měřítko 1 : 14,68 bylo odvozeno podle skutečného průměru PE DN110 potrubí, které bylo použito na fyzikálním modelu. Fyzikální model měl půdorysné rozměry cca 3 × 10 m a výšku 3,5 m.

Extrapolaci výsledků z modelu do skutečnosti ztěžoval fakt, že potrubí použité na fyzikálním modelu – PE DN110 lze označit jako hydraulicky hladké, tj. proudění na modelu se nenacházelo v kvadratické oblasti odporů. V rámci daného měřítka a možnostech hydraulické laboratoře nebylo možné dosáhnout přesné podobnosti ztrát třením, proto bylo přistoupeno k jedinému možnému řešení,

kteří doporučují Gabriel a Čábelka [4] – byly určeny čtyři návrhové průtoky, pro které byly vypočítány hodnoty λ ve skutečnosti (průtoky odpovídající otevření SV na 100, 75, 50 a 25 %). Proudění se pro tato otevření ve skutečnosti realizuje v kvadratické oblasti odporů, hodnota součinitele třením λ je cca 0,0138. Hodnota součinitele λ byla proložena vodorovnou přímkou v Moodyho diagramu, místo průsečíků vodorovné přímkou s křivkou pro hladké potrubí odpovídá hodnotě Reynoldsova čísla, pro které jsou ztráty třením v podobnosti, tato hodnota odpovídala otevření cca 75 %. Pro větší otevření byly ztráty třením na modelu mírně menší než ve skutečnosti, pro menší otevření byly ztráty mírně větší (relativní rozdíly ztrát byly v rozsahu cca $\pm 0,5$ %). Pro tyto případy byla v extrapolaci výsledků fyzikálního modelu zavedena příslušná korekce celkového spádu [5].

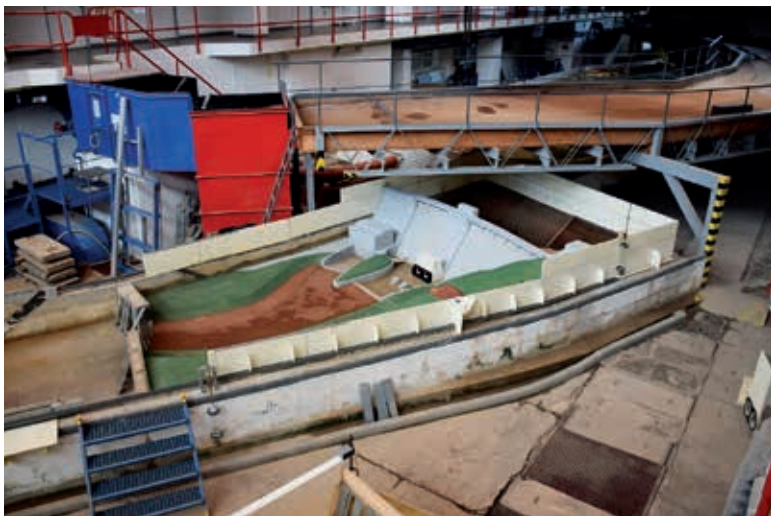


Obr. 1. Rozsah modelu spodní výpusti a fotografie vlastního provedení modelu spodní výpusti

Fig. 1. Bottom outlet physical model range and actual design

Model hrázového tělesa

Model hrázového tělesa zahrnoval nádrž, těleso hráze s devíti poli bezpečnostního přelivu, kompletní kaskádu, vývar, VE, uzavíratelné potrubí spodních výpustí a navazující koryto pod VD Vranov v délce cca 200 m – viz obr. 2. Model byl postaven v měřítku 1 : 55, limitním rozměrem byla výška přepadového paprsku proudnicově zaobleného přelivu, která by měla být větší než 50 mm. Voda na model byla dávkována pomocí Thomsonova měrného přelivu z rozvodného systému laboratoře.



Obr. 2. Model hrázového tělesa

Fig. 2. Dam model

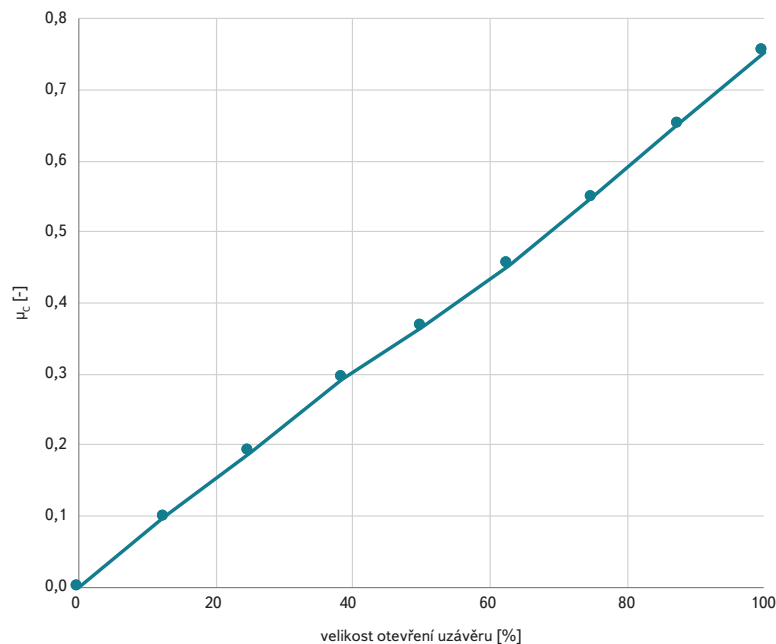
FYZIKÁLNÍ VÝZKUM

Výzkum na modelu spodní výpusti

V první fázi se výzkum orientoval na návrh přechodové části segmentového uzávěru (přechod z kruhového průřezu potrubí na obdélníkový výtokový profil). Přechodový kus a segmentový uzávěr byly navrženy podle podkladu „ČKD Blansko – Segmentové uzávěry“, délka přechodového kusu je 2,7 m, přechodový kus se po obou stranách symetricky rozšiřuje pod úhlem 3,4° a vertikálně je horní část konfuzoru zešíkmena pod úhlem 13,2°, průměr vstupního potrubí je 1,6 m, výtokový otvor je obdélníkový o šířce 1,92 m a výšce 0,96 m se zaoblenými rohy o poloměru 0,16 m. Výtoková plocha je o cca 9 % menší než vstupní kruhový profil potrubí – toto opatření je provedeno z důvodu omezení nízkých tlaků v potrubí spodní výpusti. Takto navržený přechodový kus se v rámci fyzikálního testování osvědčil a byl schválen zástupci Povodí Moravy, s. p.

V rámci pokusů byly posuzovány proudové poměry v potrubí spodních výpustí a ve vývaru, tvar výtokového paprsku, tlumení kinetické energie výtokového paprsku a kapacita potrubí spodní výpusti. Měření bylo prováděno pro otevření segmentového uzávěru 12,5 až 100 %, od minimální hladiny stálého nadržení až po mezní bezpečnou hladinu v nádrži a od minimální hladiny ve vývaru po hladinu odpovídající hladině dolní vody při povodni $Q_{10\,000}$. Celkem bylo realizováno 138 rozdílných stavů.

V rámci realizovaných pokusů nebylo pozorováno nestandardní chování výtokového paprsku, při všech stavech byl výtokový paprsek kompaktní a byl tlumen v prostoru vývaru pomocí stávajících rozrážečů. Pouze při otevření 70 % a menších otevření segmentového uzávěru byl paprsek skloněn směrem dolů a narážel do plánovaného schodu konstrukce pro provizorní hrzení, v závěru výzkumné



Obr. 3. Závislost výtokového součinitele μ_c na velikosti otevření uzávěru

Fig. 3. Dependence of the flow outlet coefficient μ_c on the size of the radial gate opening

zprávy bylo doporučeno tento schod zešíkmit a snížit tak, aby nebyl příliš hydrodynamicky namáhán (výtokový paprsek dosahoval rychlosti až 26 m/s).

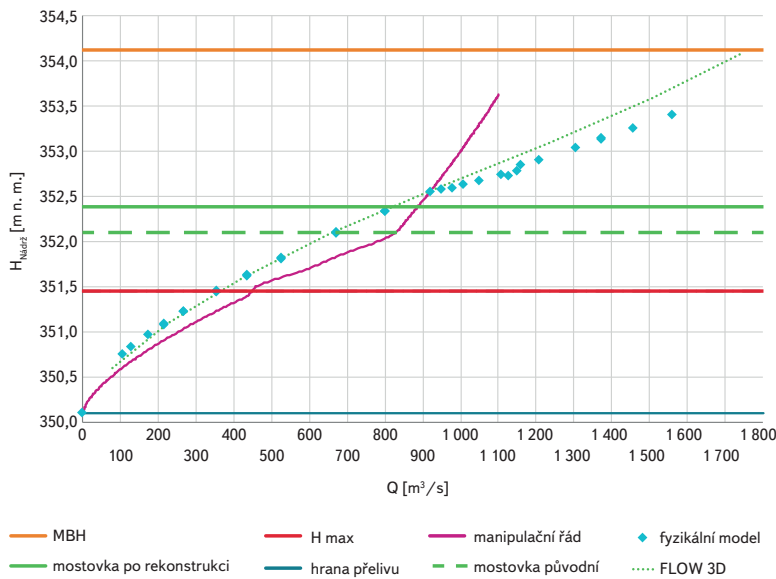
Z naměřených dat byla vyhodnocena kapacita potrubí spodní výpusti a získána závislost mezi % otevření segmentového uzávěru a celkovým výtokovým součinitelem spodní výpusti μ_c , ve kterém jsou zahrnuty veškeré ztráty na výpusti – viz obr. 3 (ztráta na nátoku, tření, ztráta na otevřeném šoupěti, ztráta na přechodovém kusu a ztráta na výtoku ze segmentového uzávěru). Pomocí znalosti tohoto vztahu lze lehce zjistit výpočtem pomocí rovnice (1) (rovnice pro výtok otvorem) průtok spodní výpusti Q na základě znalosti celkového spádu H (rozdíl hladiny v nádrži a dolní vody ve vývaru, respektive osy potrubí, pokud je dolní voda níže), procentu otevření uzávěru (respektive výtokové ploše S_p) a gravitačnímu zrychlení g :

$$Q = \mu_c \cdot S_p \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot H} \text{ m}^3/\text{s} \quad (1)$$

kde g je gravitační zrychlení [m/s^2],
 H spád [m],
 Q průtok [m^3/s],
 S plocha [m^2],
 μ součinitel přepadu [-],
 c celkový,
 p potrubí.

Výzkum na modelu hrázového tělesa

Výzkum na modelu hrázového tělesa byl orientován na ověření kapacity nehrazeného bezpečnostního přelivu, proudění v navazující kaskádě a prostorovém proudění ve vývaru. V rámci pokusů byla testována předsazená konstrukce pro provizorní hrzení koncových segmentových uzávěrů umístěná před strojovnou spodních výpustí a zeď odkláňející proud z kaskády směřující na dělící ostrov mezi vodní elektrárnou a strojovnou spodních výpustí.



Obr. 4. Konzumní křivka bezpečnostního přelivu

Fig. 4. Spillway discharge curve

Prostorové proudění v kaskádě a v navazujícím vývaru bylo posuzováno pro průtoky $Q_1 - Q_{10\,000}$ ($1\,374\text{ m}^3/\text{s}$). V současném stavu představuje nebezpečí zejména proud z kaskády, který míří kolmo na dělicí ostrov mezi vodní elektrárnou a strojovnou spodních výpustí, ostrov je nejvíce ohrožen při průtoku odpovídajícímu cca Q_{50} , kdy dolní voda není příliš vysoká a proud z kaskády má již poměrně velkou kinetickou energii. Toto nebezpečí lze odstranit vhodnou kombinací provozu spodních výpustí, které odkloní proud z kaskády směrem do vývaru mimo dělicí ostrov. Druhou variantou řešení je navrhovaná zeď, která je umístěna v prostoru před strojovnou dolních výpustí a proud z kaskády odklání směrem do vývaru bez nutnosti otevírat spodní výpusti.

Další problém nastává od průtoku Q_{100} ($435\text{ m}^3/\text{s}$), při tomto průtoku je voda přepadající ze tří polí bezpečnostního přelivu, umístěných mezi vodní elektrárnou a strojovnou spodních výpustí, tlumena v prostoru vývaru, který je v cca polovině ukončen dělicím ostrovem mezi vývarem a výtokem z vodní elektrárny. Při průtoku Q_{100} začíná voda narážet na dělicí ostrov a vzniká zde „výron“ vody směrem na travnatou část ostrova, voda zde dosahuje rychlosti až 3 m/s . Řešení tohoto problému je možné pouze radikálním zmenšením dělicího ostrova.

Pro návrhový průtok $Q_{1\,000}$ byly změřeny výšky přelévání vody z kaskády odvádějící vodu z krajních polí bezpečnostního přelivu pro její případné navýšení na návrhový průtok.

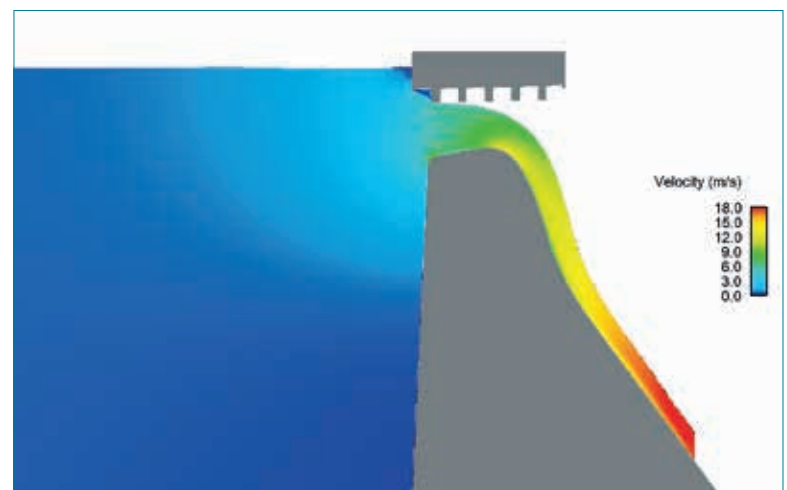
Dalším cílem fyzikálního výzkumu bylo ověření konzumní křivky nehrané bezpečnostního přelivu. V rámci výzkumu byly měřeny stavy od malých povodňových průtoků až po kontrolní povodeň $Q_{10\,000}$. Problém při měření nastal v okamžiku, kdy se hladina v nádrži ocitla na úrovni spodní hrany mostovky, v tomto momentě došlo na přilnutí přepadového paprsku na spodní stranu mostovky a vzniku podtlaků, které způsobily zkreslení naměřených výsledků. Naměřená konzumní křivka zobrazená na obr. 4 je tedy věrohodná pouze do okamžiku dosažení hladiny v nádrži na spodní úroveň mostovky. V tomto případě bylo rozhodnuto o využití matematického modelování pro zjištění kapacity bezpečnostního přelivu při velkých povodňových průtocích a maximální kapacity přelivu při dosažení mezní bezpečné hladiny.

MATEMATICKÉ MODELOVÁNÍ

Matematické modelování bylo použito pro zjištění kapacity bezpečnostního přelivu pro kontrolní povodeň $Q_{10\,000}$, výsledky fyzikálního modelování posloužily pro kalibraci matematického modelu. V rámci matematického modelování byl použit CFD (Computational Fluid Dynamics) program FLOW-3D v12.0. Program FLOW-3D využívá vyvinuté techniky řešení pohybových rovnic tekutin pro řešení trojrozměrných problémů. Program je možné využít pro řešení širokého rozsahu úloh v oblasti proudění tekutin a šíření tepla, úlohy jsou řešeny metodou konečných objemů za použití RANS (Reynolds Avaraged Navier-Stokes) rovnic v definované výpočetní oblasti se specifikovanými okrajovými, respektive počátečními podmínkami.

Vlastní model je tvořen výpočetní oblastí, která je tvořena vzájemně spojitými výpočetními buňkami. Buňky rozdělují zájmový prostor na dílčí výpočetní objemy. Výpočetní buňky tvoří výpočetní prostor, který efektivně parametrizuje reálný fyzikální prostor. Každý parametr tekutiny je ve výpočetní síti charakterizován řadou hodnot v bodech výpočetní sítě. Skalární veličiny jako např. teplota a tlak jsou definovány ve středu výpočetních buněk, vektorové veličiny jako např. rychlost jsou definovány na stěnách výpočetních buněk. Jelikož se jednotlivé fyzikální parametry v prostoru průběžně mění, jemnější výpočetní síť poskytne přesnější popis reality než hrubší výpočetní síť. Jemnější síť ovšem zvyšuje celkové množství výpočetních buněk, a tím zároveň zvyšuje potřebný výpočetní čas. Vytvoření výpočetní mřížky je zásadní krok, který ovlivňuje dobu výpočtu a kvalitu získaných výsledků. Výpočetní síť je tvořena strukturovanou výpočetní sítí (kartézské či cylindrické souřadnice), toto řešení umožňuje stabilní numerické řešení.

Vlastní řešení bylo realizováno na 2D výškovém modelu, který zahrnoval prostor v nádrži o délce 40 m a vlastní těleso přelivu s mostovkou. Výpočetní síť byla tvořena buňkami o rozměrech $10 \times 10\text{ cm}$, v blízkosti přelivu byly buňky zjemněny na $5 \times 5\text{ cm}$. Citlivostní analýzou byla tato velikost buněk prohlášena za dostatečnou, menší buňky poskytovaly stejné výsledky, ale výpočetní čas byl násobně delší. Horní okrajová podmínka byla nastavena jako hladina v nádrži, dolní okrajová podmínka byla určena jako výtok do volna na konci skluzu bezpečnostního přelivu v dostatečné vzdálenosti tak, aby neovlivnila kapacitu přelivu. Výsledky matematického modelu (obr. 5) korespondovaly s výsledky fyzikálního měření, naměřené hodnoty průtoků se lišily maximálně o $\pm 4\%$. Ze získané konzumní křivky (obr. 4) je jasné patrné, že VD Vranov dokáže převést kontrolní povodeň cca 1 m pod mezní bezpečnou hladinou pouze bezpečnostním přelivem, použitím spodních výpustí a vodní elektrárny lze docílit nižší hladiny.



Obr. 5. Rychlostní pole na výškovém modelu (mezní bezpečná hladina)

Fig. 5. Velocity field – 2D model (maximum water level)

ZÁVĚR

Fyzikální výzkum posloužil jako nenahraditelná součást významné rekonstrukce hydrotechnické stavby ve fázi projektové přípravy. Metoda hydraulického modelování v laboratoři je vhodná především pro typy úloh, pro něž není možnost hydraulických výpočtů a matematických modelů na současné úrovni poznání dostatečně spolehlivá. Fyzikální model posloužil zejména při posouzení proudových poměrů a tlumení energie výtokového paprsku ve vývaru při provozu spodní výpusti a k přesnému určení kapacity spodní výpusti. Prostorový model hrázového tělesa umožnil komplexně posoudit proudové poměry ve vývaru při převádění povodňových průtoků. Určení kapacity bezpečnostního přelivu proběhlo v těsné spolupráci fyzikálního a matematického modelování, kdy výsledky fyzikálního modelu byly použity pro kalibraci a verifikaci matematického modelu, na kterém byly posléze simulovány stavy, které nebyly technicky snadno proveditelné na fyzikálním modelu.

Literatura

[1] VÁGNER, J. *Manipulační řád pro VD Vranov na řece Dyji v km 175,405*. Brno: Povodí Moravy, s. p., vodohospodářský dispečink, 2011.

[2] SEHNAL, J. *VD Vranov – rekonstrukce regulačních uzávěrů spodních výpustí: Studie*. Brno. Aquatis, 2016.

[3] ŠULC, J. *Posouzení hydraulických poměrů v prostoru spodních výpustí a navazujícího vývaru VD Vranov: rekonstrukce výpustí*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav vodních staveb, 2017.

[4] ČÁBELKA, J. a GABRIEL, P. *Matematické a fyzikální modelování v hydrotechnice I – Výzkum na hydraulických modelech a ve skutečnosti*. Academia, Praha, 1987.

[5] NOVAK, P., GUINOT, V., REEVE, D., and JEFFREY, A. *Hydraulic modelling – an Introduction: Principles, methods and applications*. London: Spon Press, 2010. ISBN 978-0-419-25020-3.

Autoři

Ing. Jan Hlom

✉ jan.hlom@vuv.cz

ORCID: 0000-0002-1365-3604

Ing. Pavel Balvín

✉ pavel.balvin@vuv.cz

ORCID: 0000-0001-7892-7584

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

Příspěvek prošel lektorským řízením.

DOI: 10.46555/VTEI.2020.08.003

VRANOV DAM: RESEARCH OF BOTTOM OUTLETS AND CROWN SPILLWAY

HLOM, J.; BALVIN, P.

TGM Water Research Institute, p.r.i.

Keywords: bottom outlet – spillway – physical modeling – mathematical modeling

Waterwork Vranov was completed in 1934, where at that time innovative technology of Johnson-type and cylinder regulating valves was used. During their operation, they did not require major repairs, only routine maintenance and minor repairs was made. However, the current condition of the valves no longer guarantees reliable long-term operation in terms of corrosion and operational damage. Povodí Moravy, s. p., commissioned a study on the reconstruction of regulating valves, the result of which was a proposal to replace four existing valves with four new radial gates. The aim of the research was to verify the functionality of the new designed radial gate valves of the bottom outlets of the Vranov dam and their interaction with the crown spillway and the cascade. As part of the research, two physical models were built – a model of one bottom outlet (scale 1: 14.68) and a model of the dam (scale 1: 55). Within the research on the physical model of the bottom outlet, the main goal was to determine the capacity of the bottom outlet in relation to the water level in the reservoir, the water level of the bottom water and the degree of opening of the radial gate. The model of the dam was used to assess the spatial flow in the stilling basin during the transfer of water through the spillway, or the interaction of stream from the bottom outlets and spillway. Furthermore, the discharge curve of the spillway was verified on the model of the dam body. The measured discharge curve on the physical model was then compared with the discharge curve obtained from the 2D mathematical model. The mathematical model was compiled and calculated in the FLOW-3D.



Výzkum významných zdrojů česko-saských přeshraničních podzemních vod

PAVEL ECKHARDT, DAVID ROZMAN, ZBYNĚK HRKAL, ONDŘEJ NOL

Klíčová slova: matematický model – podzemní vody – využívání podzemních vod – ochrana podzemních vod

SOUHRN

Zajímavým a užitečným tématem, které je možné řešit v rámci Evropské unie, je problematika přeshraničních podzemních vod. Podzemní vody jsou jako důležité vodní zdroje často využívány na obou stranách společné státní hranice, a proto může docházet k jejich přeshraničnímu ovlivnění. Na společnou ochranu významných oblastí podzemních vod v česko-saské příhraniční oblasti byl zaměřen mezinárodní projekt ResiBil probíhající v letech 2016–2020. Jako zájmové území uvedeného projektu byly vybrány oblasti křídových sedimentů Děčínského Sněžníku, Česko-saského Švýcarska a Lužických hor. Cílem projektu ResiBil bylo stanovení bilance, zhodnocení možnosti dlouhodobého využívání zdrojů podzemních vod a udržitelného hospodaření s nimi v závislosti na očekávaných dopadech vlivu klimatických změn. Z provedených studií a modelů vyplynulo, že důvodem změn vodního režimu a vodní bilance v krajině jsou v různé míře jak klimatické vlivy, tak i vlivy antropogenní. Využití podzemních vod však má v zájmových oblastech významné rezervy.

ÚVOD

ResiBil je mezinárodní projekt podporovaný Evropským fondem pro regionální rozvoj z Programu podpory přeshraniční spolupráce Česká republika – Svobodný stát Sasko 2014–2020, registrovaný pod číslem 100267011, a Ministerstvem životního prostředí. Projekt probíhal v letech 2016 až 2020.

Na řešení geologických a hydrogeologických podkladů se jako hlavní partner podílela německá strana zastoupená Saským zemským úřadem pro životní prostředí, zemědělství a geologii (LfULG) a na české straně projektoví partneři reprezentovaní Českou geologickou službou (ČGS) a Výzkumným ústavem vodohospodářským T. G. Masaryka, v. v. i. (VÚV TGM).

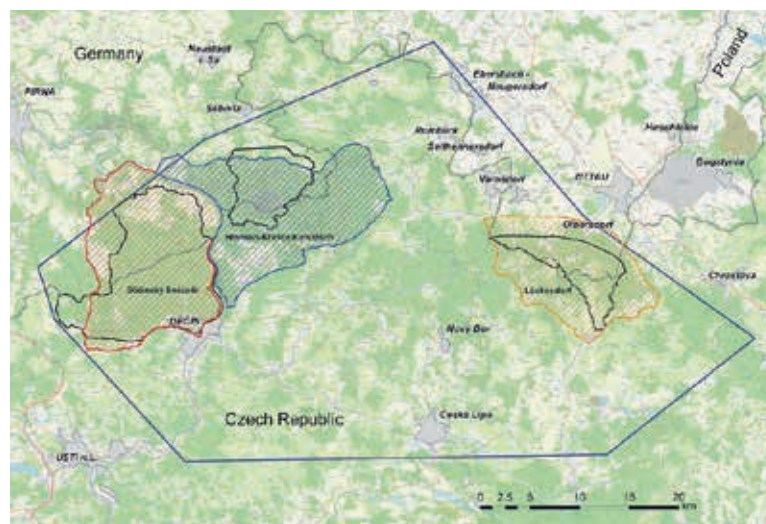
Projekt byl zaměřený na společnou ochranu podzemních vod v česko-saské příhraniční oblasti mimo jiné na základě využití moderních modelových prostředků.

METODIKA

Charakteristika projektového území a přehled prací

Pro projektové práce byly vybrány důležité oblasti významných výskytů přeshraničních podzemních vod. Ty se v zájmovém česko-saském přeshraničním území nacházejí zejména v oblastech silně propustných křídových sedimentů v rámci české křídové pánve [1]. Ostatní česko-saské přeshraniční území je tvořeno horninami krystalinika, které jsou méně hydrogeologicky významné.

V zájmovém území byly vyčleněny tři pilotní oblasti: Děčínský Sněžník, Hřensko-Křinice/Kirnitzsch (oblast Česko-saského Švýcarska) a Lückendorf (oblast Lužických hor). Původně plánovaný rozsah pilotních oblastí při předložení projektu byl menší (černé linie na obr. 1), avšak z důvodu potřeby vytvoření rozsáhlejších hydrogeologických modelů byly oblasti rozšířeny (plochy s červenou, modrou a žlutou šrafovou), jak znázorňuje obr. 1.

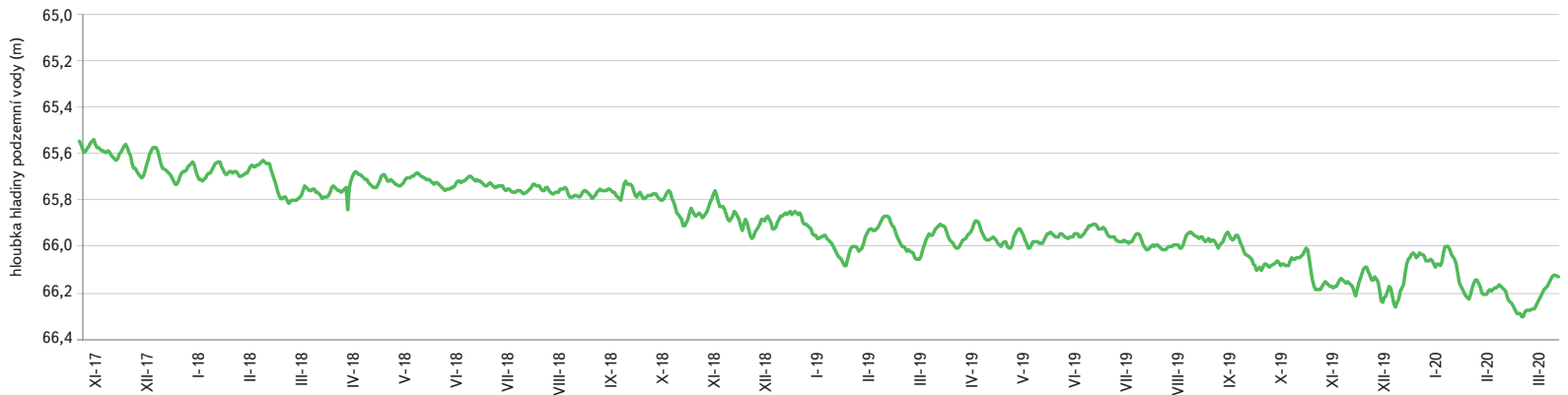


Obr. 1. Mapa zájmového území (modrá linka) a modelových oblastí projektu ResiBil
Fig. 1. Map of the ResiBil project region (blue line) and model areas

Prostřednictvím projektu byl vytvořen systém navazujících modelů, který přispěl k hlubšímu poznání území a k zodpovězení společných otázek v oblasti odhadů zásob, vodohospodářského plánování a institucionální spolupráce. Cílem je efektivní využívání podzemních vod a jejich přeshraniční ochrana.

Základem dalších prací bylo sestavení jednotného přeshraničního geologického 3D modelu, vytvořeného ČGS ve spolupráci s LfULG. Sjednocení různých interpretací geologické stavby na obou stranách státní hranice bylo nezbytnou podmínkou pro navazující sestavení konceptuálního 3D hydrogeologického modelu. Pro jeho návrh byla použita série dva roky probíhajících přípravných terénních prací, které se zaměřily na geometrické vymezení hlavních kolektorů a izolátorů a získání kvantitativních charakteristik. Pro tyto účely byly mj. realizovány dva průzkumné hydrogeologické vrty, které byly po aplikaci komplexních karotážních metod přeměněny na vrty monitorující hladinu podzemní vody. V rámci terénních prací byla provedena podrobná inventarizace pramenních vývěřů a pro modelové řešení byly na vybraných vodních tocích změřeny tzv. postupné profilové průtoky. Jako jeden ze vstupů do hydraulického modelu byl

Sněžník Re001



Obr. 2. Graf poklesu hladiny podzemní vody ve vrtu Sněžník v důsledku suchého období 2017–2020

Fig. 2. Graph of groundwater level decrease in borehole Sněžník in dry period 2017–2020

sestaven hydrologický bilanční model a vytvořena databáze významných jímáných vodohospodářských objektů zahrnující časové řady jejich využití.

Z těchto podkladových materiálů byly sestaveny hydraulické modely, které byly následně kalibrovány na historická data a staly se nástrojem pro simulace dalšího vývoje. Finálním výstupem byla simulace různých variant vývoje sledovaných vodohospodářských struktur a kalkulace využitelných zásob podzemní vody. Následující text představuje výběr výsledků těchto postupů v námi zpracovávaných územích Děčínského Sněžníku a Česko-saského Švýcarska.

TERÉNNÍ HYDROGEOLOGICKÉ PRÁCE

Hydrogeologické vrtné práce

V rámci průzkumných hydrogeologických prací byla nejprve provedena podrobná rešerše všech dosud uskutečněných hydrogeologických vrtných prací. Plošná a prostorová interpretace dat umožnila definovat prostor nejistot, tzn. prostředí, kde pro definování konceptuálního modelu chyběla potřebná data. Mezi tato území spadala především oblast severní (příhraniční) části českého území Děčínského Sněžníku. Zde byly vyprojektovány dva průzkumné hydrogeologické vrty, které byly realizovány v září 2017. Vrty byly situovány v blízkosti státní hranice v lokalitách Sněžník a Maxičky, dosáhly hloubky 99 a 102 metrů. Byly konstruovány k průzkumu hlavního (turonského) kolektoru. Hladiny podzemní vody byly, vlivem morfologie a vysoké propustnosti prostředí, zastiženy až v hloubkách přes 60 metrů pod terémem.

Oba vrty byly osazeny automatickým datalogerem na kontinuální měření hladiny podzemní vody. Tato data byla následně využita při kalibraci modelů. Obrázek 2 demonstruje ukázkou zaznamenaného postupného poklesu hladiny podzemní vody v monitorovacím vrtu RE 001 Sněžník v důsledku období sucha v letech 2017 až 2020.

Karotáž

Na obou vrtech byly realizovány dvě etapy karotážních měření, první byla provedena před definitivním vystrojením vrtu, druhá po jeho dokončení.

Cílem měření před výstrojí bylo detailně rozčlenit litologický profil, zjistit prostorový průběh vrtů (odklon od vertikály a azimut odklonu), zjistit úseky vykavňované horniny, identifikovat otevřené pukliny a zjistit základní fyzikální vlastnosti zastižených hornin. K tomu byly použity tyto karotážní metody: gama

karotáž v hustotní modifikaci, kavnometrie, gama karotáž, neutron neutron karotáž, karotáž magnetické susceptibilitě, odporová karotáž, indukční karotáž, inklinometrie.

Cílem měření po vystrojení bylo objasnit hydrodynamické poměry ve vrtech, zjistit fyzikálně-chemické vlastnosti vody a jejich případnou zonalitu a zkontrolovat kvalitu provedení vrtů. Pro to byly použity následující karotážní metody: televizní prohlídka vrtu kamerou, citlivá termometrie, rezistivimetrie v aplikaci metody ředění označené kapaliny, rezistivimetrie v aplikaci metody konstantního čerpání označené kapaliny, gama karotáž v hustotní modifikaci, kavnometrie, hloubkově spojitě měření fyzikálně-chemických vlastností vody – konduktivity, teploty, pH, redox potenciálu a procenta rozpuštěného kyslíku.

Zastiženy byly sedimenty svrchnokřídového stáří (turon) v písčitém a jílovitopísčitém vývoji. Na základě karotáže byl podrobně rozčleněn litologický profil. Bylo zastiženo souvrství sedimentů, jež mírně upadá směrem k severovýchodu. Vrstvy se v obou vrtech opakují, ve vrtu Maxičky jsou však o 58,5 m níže v porovnání s vrtu Sněžník.

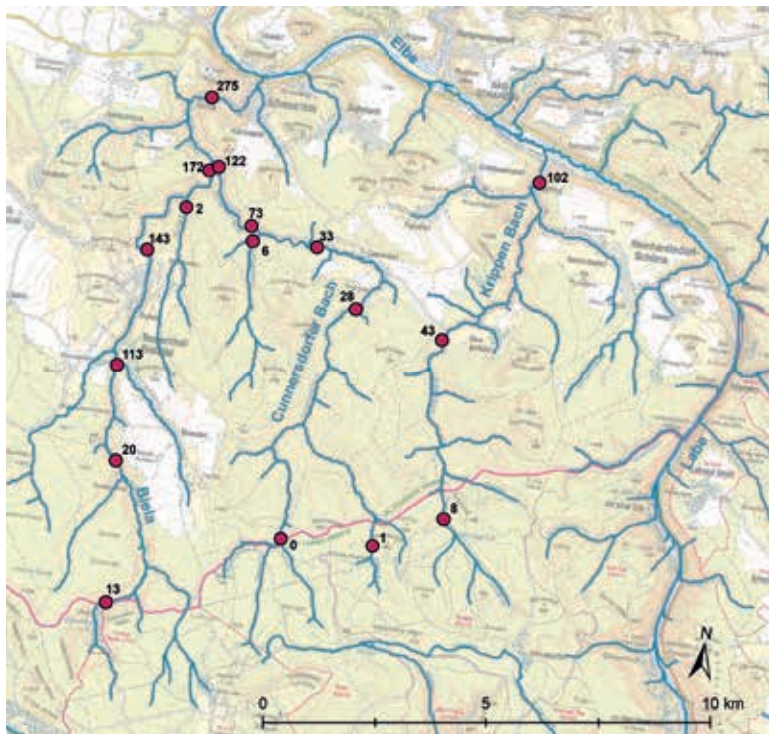
Diametrálně se liší hydrodynamický režim v obou vrtech. Zatímco ve vrtu Maxičky dochází jen k velmi pomalému proudění od hladiny směrem dolů (0,002 l/s), ve vrtu Sněžník bylo zjištěno velmi intenzivní proudění vody. To napříč vrtu dosahuje rychlosti 29,5 m/den, intenzivní je i vertikální složka proudění (1,0 l/s). Rozdíly mezi oběma vrty tak dokládají mj. významný podíl puklinové propustnosti v daném prostředí.

Měření průtoků vodotečí

Hydrogeologické poměry mohou být upřesněny charakterizací povrchových vodotečí. Kolektory podzemních vod jsou většinou propojeny s toky v daném území, do kterých se podzemní vody odvodňují, nebo se z nich naopak doplňují infiltrací. Platí, že pokud je hladina podzemní vody v kolektoru výše než hladina ve vodoteči, dochází k odvodnění kolektoru, a pokud je hladina podzemní vody níže, dochází k dotaci kolektoru.

Odvodnění kolektoru lze specifikovat jako základní odtok vodoteče. Jde o průtok v delším období bez srážek, kdy ve vodoteči už není voda pocházející z povrchového odtoku srážek, ale pouze voda původem z podzemního odtoku z okolních kolektorů. Pokud základní odtok změříme na několika profilech vodoteče, zjistíme intenzitu odvodnění nebo dotace kolektoru pro každý úsek mezi dvěma měřeními. Takové měření nazýváme postupné podélné profilování (PPP). Tímto způsobem můžeme poměrně přesně určit přítoky a odtoky z dané hydrogeologické struktury. Příklad takového provedení přeshraničního

měření uvádíme na obr. 3 (zobrazené hodnoty průtoků jsou v l/s). Z obr. 3 jsou patrné často násobné rozdíly dotace podzemních vod do vodotečí v měřených úsecích, část menších vodotečí byla v době měření bez vody.



Obr. 3. Příklad provedení měření průtoků metodou PPP v oblasti Děčínského Sněžníku
Fig. 3. Sample of flow measurement in Děčínský Sněžník region

Evidence a měření pramenních vývěřů

Pramen je vývěř podzemní vody na povrch. Evidence a měření pramenů patří mezi základní možnosti získání hydrogeologických informací v terénu. Pramene poskytují důležité údaje o stavu a změnách hydrogeologického prostředí. Pramenní existuje v daném území početně podstatně více než využitelných hydrogeologických vrtů.

Pro modelová řešení indikují prameny místa či linie odvodňování jednotlivých kolektorů, ale zejména mohou být podkladem k přesnějšímu vymezení izolátorů a poloizolátorů. Pramene mohou upozornit i na některé jinak hůře podchytilné jevy, jakým je třeba detailní stratifikace kolektorů.

Základním podkladem pro další práce bylo provedení rešerše odborných materiálů k dané problematice, následovalo mapování pramenů v terénu. U všech nalezených pramenů byla měřena vydatnost, konduktivita vody, aktuální teplota vody a vzduchu, poloha pramene a byla provedena fotodokumentace. V každé z oblastí bylo nalezeno a změřeno více než 150 pramenů. Jejich vydatnosti se pohybují v širokém rozmezí od tisíců l/s přes běžné vydatnosti v desetinách l/s až po maximálních více než 10 litrů za sekundu. Část nadprůměrně vydatných pramenů je využívána k zásobování obyvatel pitnou vodou (např. Vlčí a Studený pramen v oblasti Děčínského Sněžníku nebo pramen Pod Pravčickou bránou v oblasti Hřenska).

Pomocí evidence a měření pramenů se podařilo mj. vymežit a upřesnit důležité hydrogeologické struktury pro modelová řešení. Jednalo se například o polohy jednotlivých izolátorů jako bazální křídový izolátor a izolátor A/BC v části oblasti Děčínský Sněžník. V oblasti Hřensko-Křínice byl pomocí pramenů upřesněn rozsah (polo)izolátoru 2/3, respektive rozhraní kolektorů 2 a 3 v sedimentech turonu.

MATEMATICKÉ MODELOVÁNÍ

V rámci projektu bylo k dosažení cílů využito souboru moderních modelových prostředků, část z nich představuje následující text. Modelování a bilancování podzemních vod navazovalo na předchozí práce například [2, 3].

Hydrologické bilanční modelování

Infiltrace srážek a doplňování kolektorů bylo vyhodnoceno pomocí hydrologického modelu BILAN, který simuluje složky vodní bilance v daném povodí. Model byl vyvinut ve VÚV TGM (popsán v publikaci [4]). Struktura modelu vychází ze systému rovnic, které popisují vodní bilanci.

Hydrologické modely byly zpracovány pro jednotlivá povodí, která jsou vymezená podle dostupných časových řad průtoků. Pro vybrané profily jsou pomocí digitálního modelu terénu vymezené plochy příslušných povodí. Následně byly pro každé povodí připravené časové řady srážek a teplot. Hodnoty reprezentativní pro jednotlivá povodí jsou výsledkem interpolace hodnot z meteorologických stanic v povodí nebo v jeho okolí.

Konceptuální model

Konceptuální model je významným krokem při tvorbě hydraulického numerického modelu. Představuje interpretaci hydrogeologických a souvisejících geologických, geomorfologických, hydrochemických a klimatických poměrů hydrogeologického celku, směrů proudění, vyjasnění míst infiltrace a drenáže, a to včetně stanovení okrajových podmínek.

Významné křídové kolektory v zájmovém území tvoří obecně pískovce, zatímco ostatní litologické typy s větším podílem jílu a prachu tvoří izolátory a poloizolátory. Hydrogeologický konceptuální model území rozlišuje čtyři oddělené kolektory s tím, že v některých modelových částech se nemusí všechny zmíněné kolektory vyskytovat:

Modelový kolektor 4, neboli kolektor A, představuje bazální křídový kolektor. Jeho mocnost dosahuje k 80 m na Děčínském Sněžníku a až 140 m u lužické poruchy na severu zájmového území.

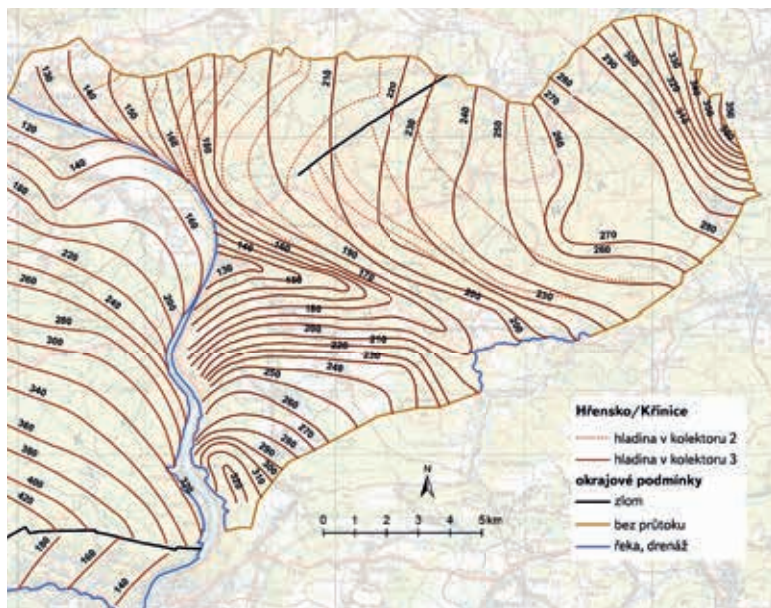
Hlavní křídový kolektor BC s nejvýznamnějšími odběry podzemní vody v oblasti se v severní části zájmového území dělí na spodnější kolektor 3 a svrchní kolektor 2. Izolátor mezi kolektory 3 a 2 (3/2) je lépe definován na severu – v saské části v povodí Křínice. V navazujících částech zájmového území izolátor postupně ztrácí svoji funkci. Jižně od toku řeky Kamenice a v oblasti Děčínského Sněžníku se tento izolátor již významně neprojevuje. Proto v těchto částech konceptuální model předpokládá spojený kolektor 2 + 3 (BC). Jeho mocnost dosahuje až 230 m.

Kolektor 2 je definován v pískovcích středního turonu, byl vymezen v SZ části oblasti Hřensko-Křínice nad izolátorem 3/2. Kolektor 1 (D) představuje menší, často nesouvislé výskyty, zejména svrchnokřídových pískovců, ale i kvartérních sedimentů, má většinou jen lokální význam. Na většině zájmové oblasti jsou svrchní tři kolektory modelované jako kombinované.

Ukázku okrajových podmínek a modelových hladin podzemních vod představuje mapa na obr. 4.

Hydraulické modely

Jako nástroj pro matematické modelování byl v případě oblastí Děčínský Sněžník a Hřensko-Křínice použit proudový model MODFLOW [5]. Je to trojrozměrný model založený na metodě konečných diferencí. Modelovaná oblast se nejprve vertikálně rozdělí do vrstev a uvnitř těchto vrstev se definují elementy



Obr. 4. Mapa okrajových podmínek a hladin podzemních vod v okolí Labe
Fig. 4. Map of boundary conditions and groundwater levels near the Labe River

o obdélníkové základně. V modelované oblasti je možné definovat zdroje a odběry vody, jako jsou plošné zdroje ze srážek, evapotranspirace, čerpané studny, drenáže, vodní toky.

Hydraulický model byl v oblasti Hřensko-Křinice sestaven jako sedmivrstevný, zahrnul čtyři kolektory a tři (polo)izolatory. V oblasti Děčínského Sněžníku byl hydraulický model sestaven jako šestivrstevný, vzhledem k odlišným podmínkám na jihu a v rozsáhlejší severní části, obě části oblasti jsou oddělené děčínským zlomem.

Výsledky hydraulických modelů byly kalibrovány daty o reálném průběhu hladin podzemních vod, bylo simulováno proudění podzemní vody, byly podchyceny vlivy čerpání a infiltrace na režim a stav podzemních vod. Byl proveden výpočet přírodních zdrojů a využitelného množství podzemní vody.

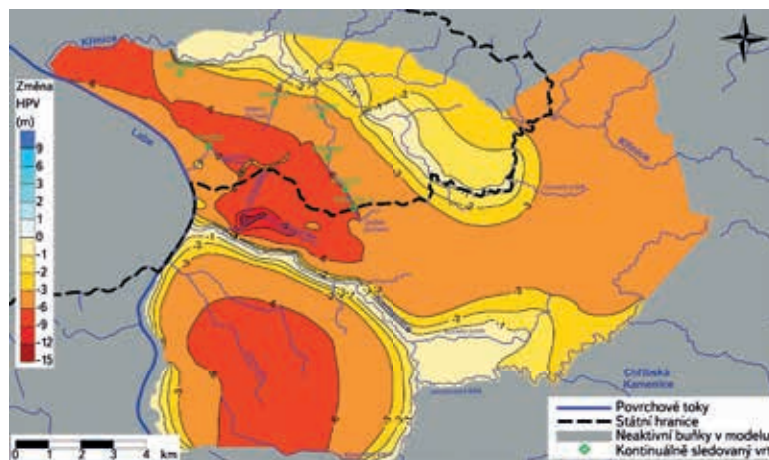
VÝSLEDKY MODELOVÝCH SIMULACÍ

Výslednou etapou prací bylo využití vytvořených nástrojů – matematických hydraulických modelů pro simulace dalšího vývoje zkoumaných hydrogeologických struktur. K dispozici byly klimatické scénáře, které vycházejí z dat IPCC, založené na předpokladu trvalého oteplování. Po zadání předpokládaných teplotních změn do srážkoodtokových modelů můžeme připravit modelové předpovědi, které predikují pokles efektivní infiltrace. Tento pokles jde na vrub zvýšení hodnoty výparu a transpirace vegetačním pokryvem. Po zvážení nejistot jsme se rozhodli realizovat vodo hospodářskou prognózu s výhledem 30 let.

Modely bylo simulováno celkem deset scénářů pro každou zkoumanou oblast, které zohlednily varianty možného klimatického vývoje a předpokládané varianty vývoje využívání podzemních vod. Příklad modelového snížení hladin podzemních vod při scénáři s vyšší evapotranspirací a vyššími odběry podzemních vod znázorňuje obr. 5.

VÝSLEDKY A DISKUSE

Přírodní zdroje na území Hřensko-Křinice (oblast Česko-saského Švýcarska) byly modelem ověřeny na 250 mm za rok, což odpovídá 1 481 l/s. Využitelné množství, které zajistí nepřetížení hydrogeologické struktury, činí 623 l/s. Při současných odběrech ve výši 105 l/s jsou disponibilní zdroje podzemní vody 518 l/s.



Obr. 5. Modelové snížení hladin podzemních vod na příkladu scénáře s vyššími odběry a vyšší evapotranspirací v oblasti Hřensko-Křinice
Fig. 5. Situation of model scenario groundwater levels decreasing by dry period and extension of water use in area Hřensko-Křinice

Přírodní zdroje území Děčínského Sněžníku byly modelem ověřeny na 130 mm za rok, což odpovídá 724 l/s. Využitelné množství, které zajistí nepřetížení hydrogeologické struktury, činí 321 l/s. Při současných odběrech ve výši 78 l/s jsou disponibilní zdroje podzemní vody 243 l/s.

Sestavené modely proudění podzemní vody jsou zjednodušenou simulací přírodních procesů. Modelové zátěžové testy prokázaly, že v oblastech Hřensko-Křinice i Děčínský Sněžník by bylo možné zvýšit čerpání maximálních povolených odběrů hlavního turonského kolektoru až na 115 %, a to i za snížené infiltrace (tedy v suchém období). To by znamenalo pro oblast Hřensko-Křinice na české straně až 125,9 l/s a současně na německé straně 80,5 l/s. Obdobně v oblasti Děčínského Sněžníku by toto zvýšení na české straně mohlo dosáhnout až 106,8 l/s a současně na německé straně 13,8 l/s. V uvedeném případě je však třeba počítat s poklesy hladin podzemních vod až v řádu vyšších jednotek metrů. Případná navýšení odběrů však mohou mít (přeshraniční) dopady nejen na výši hladin podzemních vod, ale i na poklesy vydatnosti až vysychání některých pramenů či drobných vodotečí. Proto je každý významnější odběr podzemních vod třeba důkladně zvážit. K posouzení mohou napomoci i sestavené modely proudění.

Pro potřeby zásobování obyvatelstva pitnou vodou se v daném území využívá převážně turonský kolektor (BC čí 2 + 3), a to pouze ve vybraných oblastech. Vzhledem k tomu, že využití dobře chráněného bazálního křídového kolektoru (A čí 4) je zde nízké, v některých oblastech nulové, je možné považovat tento kolektor za významný rezervní zdroj podzemních vod.

ZÁVĚR

Cílem provedené studie byl výzkum možnosti využití a ochrana přeshraničních podzemních vod. Na přeshraničních česko-saských oblastech s významnými zásobami podzemních vod byl realizován podrobný geologický i hydrogeologický průzkum, zahrnující i provedení dvou hlubokých hydrogeologických vrtů.

Na základě získaných poznatků byly sestaveny matematické modely ve stacionárním a později i v transienčním režimu. V přeshraničních česko-saských oblastech byly mj. vypočteny přírodní zdroje podzemních vod a ověřeny zdroje využitelné. Modelové zátěžové testy prokázaly možné zvýšení odběrů podzemních vod i za klimaticky nepříznivého vývoje, ovšem za cenu poklesů hladin podzemních vod, případně snižování vydatnosti pramenů.

Z provedených studií a modelů vyplynulo, že důvodem změn vodního režimu a vodní bilance v krajině jsou v různé míře jak klimatické vlivy, tak i vlivy antropogenní, zejména odběry podzemních vod. Ve využívání podzemních vod této oblasti existují významné rezervy.

Poděkování

Projekt ResiBil byl financován z Evropského fondu pro regionální rozvoj z Programu spolupráce Česká republika – Svobodný stát Sasko 2014–2020, registrovaný pod číslem 100267011.

Průspěvek vznikl za finančního přispění interního grantu Výzkumného ústavu vodohospodářského T. G. Masaryka, v. v. i.

Literatura

[1] HERČÍK, F., HERMANN, Z. a VALEČKA, J. *Hydrogeologie české křídové pánve*. Český geologický ústav, Praha, 1999, 118 s. ISBN 80-7075-309-9.

[2] BURDA, J., VENERA, Z. a kol. *ID EIS 10051606-SFŽP Rebilance zásob podzemních vod. Závěrečná zpráva. Příloha č. 2/41. Stanovení zásob podzemních vod. Hydrogeologický rajon 4630 Děčínský Sněžník. ČGS, Praha, 2016.*

[3] KALINOVÁ, M. a kol. *Zdroje podzemních vod na česko-saském pomezí I. Oblast Hřensko-Křínice/Kirnitzsch*. Odborná publikace. VÚV TGM, Praha, 2014, 95 s. ISBN 978-80-87402-30-6.

[4] TALLAKSEN, L.M. and VAN LANNEN, H. *Hydrological Drought – Process and Estimation Methods for Streamflow and Groundwater*. Elsevier, Amsterdam, 2004.

[5] HARBAUGH, A.W. and McDONALD, M.G. *User's documentation for MODFLOW- 96, an update to the U.S. Geological Survey modular finite-difference ground-water flow model*, USGS Open-File Report 96-485. 1996.

Autoři

Mgr. Pavel Eckhardt¹

✉ pavel.eckhardt@vuv.cz

ORCID: 0000-0002-4218-5344

Mgr. David Rozman^{1,2}

✉ david.rozman@vuv.cz

ORCID: 0000-0001-9509-3227

doc. RNDr. Zbyněk Hrkal, CSc.^{1,2}

✉ zbynek.hrkal@vuv.cz

ORCID: 0000-0002-8492-394X

Mgr. Ondřej Nol³

✉ ondrej.nol@geology.cz

ORCID: 0000-0002-0081-8211

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

²Přírodovědecká fakulta, Univerzita Karlova

³Česká geologická služba

Průspěvek prošel lektorským řízením.

DOI: 10.46555/VTEI.2020.07001

RESEARCH OF IMPORTANT GROUNDWATER SOURCES OF CZECH-SAXONY TRANSBORDER REGION

ECKHARDT, P.¹; ROZMAN, D.^{1,2}; HRKAL, Z.^{1,2}; NOL, O.³

¹TGM Water Research Institute, p.r.i.

²Faculty of Science, Charles University

³Czech Geological Survey

Keywords: groundwater – numerical model – groundwater use – groundwater protection

An interesting and useful topic that can be addressed within the European Union is the issue of transboundary aquifers. Groundwater is often used as an important water resource on both sides of a common state border and can therefore be affected by cross-border waters. The international project ResiBil, ongoing in 2016–2020, was focused on the joint protection of significant aquifers in the Czech-Saxon border area. The project focused on areas of Cretaceous sediments of Děčínský Sněžník, Czech-Saxon Switzerland and the Lužické Mts. The aim of the ResiBil project was to determine the balance, evaluate the possibility of long-term use of groundwater resources and sustainable management of them, depending on the expected impacts of climate change. The performed studies and models showed, that the reason for changes in the water regime and water balance in the landscape are, to varying degrees, both climatic and anthropogenic influences. However, the use of groundwater has significant reserves in the project area.



Výpar z výparoměrných stanic VÚV TGM

PETRA ŠUHÁJKOVÁ

Klíčová slova: výpar z vodní hladiny – výparoměrná stanice – plovoucí výparoměr – srovnávací výparoměr – výpočet výparu

SOUHRN

Výpar z vodní hladiny významně ovlivňuje celkovou hydrologickou bilanci povodí. Přímé měření výparu je komplikované a není tak běžné jako měření jiných veličin (např. srážek nebo teploty vzduchu). Z tohoto důvodu je výpar často zjišťován ze vzorců, které jako vstupní data vyžadují dostupné měřené meteorologické veličiny.

V příspěvku jsou popsána data z plovoucích a bazénových výparoměrů, jejichž provozovatelem je VÚV TGM. Naměřené hodnoty výparu a meteorologických veličin jsou porovnány mezi jednotlivými lokalitami. Dále jsou uvedeny odvozené vzorce pro výpočet výparu z výparoměrné stanice Hlasivo a jejich aplikace na vybrané lokality. Hodnocení vzorců je provedeno na základě nejvyšší hodnoty průměrné relativní chyby (MRE).

Z výsledků vyplývá, že vzorce odvozené ze stanice Hlasivo jsou vhodné pro výpočet výparu i na jiných lokalitách. Vypočtený výpar koresponduje s naměřeným denním chodem výparu. Pro výpočet výparu s nižší chybou výpočtu je však vhodné používat průměrná měsíční data a počítat výpar v delším časovém horizontu.

ÚVOD

Výpar z vodní hladiny je důležitým členem hydrologické bilance vodních nádrží, zvláště pak v období sucha. V posledních letech je význam výparu umocňován dopady klimatických změn, zejména zvyšováním průměrné teploty vzduchu, jež má za následek zvyšování územního výparu, včetně výparu z vodních ploch. Zvýšený úbytek vody výparem však není kompenzován srážkami. V dlouhodobém horizontu se navíc výrazné průměrné roční změny ve srážkových úhrnech nepředpokládají [1].

Přímé monitorování výparu z vodní hladiny není běžné a výparoměrné stanice jsou náročné na údržbu a obsluhu. Z tohoto důvodu je výpar často určován z matematických vzorců, do kterých vstupují jiné měřitelné veličiny [2]. Závislost výparu na meteorologických veličinách je popsána mnoha autory [3–5]. Vzorce pro výpočet výparu však často obsahují vstupní veličiny, které se běžně neměří na základních meteorologických stanicích a musí být dále odvozeny, např. tlak nasycené vodní páry nebo latentní tok tepla [6, 7]. Z tohoto důvodu byly ve Výzkumném ústavu vodohospodářském T. G. Masaryka odvozeny nové vzorce pro výpočet výparu, do nichž vstupují veličiny, které jsou běžně měřitelné na meteorologických stanicích (např. teplota vzduchu, relativní vlhkost vzduchu, rychlost větru atp.) [8]. Tyto vzorce byly v rámci výzkumu VÚV TGM dále zpřesňovány [9].

Evaporation from TGM WRI evaporimeter stations

PETRA ŠUHÁJKOVÁ

Keywords: evaporation from water surface – evaporimeter station – floating evaporimeter – comparative evaporimeter – calculation of evaporation

ABSTRACT

Evaporation from water surface significantly affects the overall hydrological balance of a river basin. Direct measurement of evaporation is complicated and not as common as the measurement of other quantities (e.g. precipitation or air temperature). Therefore, evaporation is often determined using formulas requiring available meteorological quantities as input data.

This paper describes data from floating and tank evaporimeters operated by TGM WRI. Measured values of evaporation and meteorological quantities are compared among the individual sites. Additionally, the derived formulas for the calculation of evaporation from the Hlasivo evaporimeter station and their application to selected sites are provided. The evaluation of the formulas is performed based on the lowest value of the mean relative error (MRE).

The results indicate that the formulas derived from the Hlasivo station are suitable for the calculation of evaporation on the other sites as well. The calculated evaporation corresponds to the measured daily course of evaporation. However, to calculate the evaporation with a lower calculation error, it is suitable to use the average monthly data and calculate the evaporation over a longer period.

INTRODUCTION

Evaporation from the water surface is an important member of the hydrological balance of water reservoirs, especially in times of drought. In recent years, the importance of evaporation has been exacerbated by the effects of climate change, in particular by the increasing average air temperature resulting in an increase in regional evaporation, including evaporation from water bodies. However, the increased loss of water by evaporation is not compensated by precipitation. In addition, no significant changes in average annual precipitation totals are expected in the long run [1].

Direct monitoring of evaporation from water surface is not common and evaporimeter stations are difficult to maintain and operate. Therefore, evaporation is often determined from mathematical formulas into which other measurable quantities are entered [2]. The dependence of evaporation on meteorological quantities has been described by many authors [3–5]. However, formulas for the calculation of evaporation often contain input quantities that are not normally measured at basic meteorological stations and must be further derived, such as saturated water vapor pressure or latent heat flow [6, 7]. For this purpose, new formulas for the calculation of evaporation have been derived at the TGM Water Research Institute including quantities that are commonly measurable at meteorological stations (e.g. air temperature, relative humidity, wind speed, etc.) [8]. These formulas were further refined in the research of TGM WRI [9].

Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka má ve správě dva plovcoucí výparoměry s meteorologickými stanicemi. Jeden je umístěn na retenční nádrži Zaječice u Jirkova a druhý na Vavříneckém rybníce ve Středočeském kraji. Dále je VÚV TGM provozovatelem dvou výparoměrů, v Hlasivu u Tábora a v Praze v Podbabě (obr. 1).

Cílem výzkumu je porovnat jednotlivé lokality z hlediska naměřených meteorologických veličin a výparu. Dalším cílem je vypočítat výpar v zájmových lokalitách na základě vzorců, odvozených z dat z výparoměrné stanice Hlasivo. Předpokládá se, že tyto vzorce jsou díky své robustnosti vhodné pro výpočet výparu i pro jiné lokality.

The TGM Water Research Institute is in administration of two floating evaporimeters with weather stations. One is located on the Zaječice retention reservoir near Jirkov and the other on the Vavřínecký pond in the Central Bohemian Region. Furthermore, TGM WRI is the operator of two evaporimeter stations, in Hlasivo near Tábor and in Prague in Podbaba (Fig. 1).

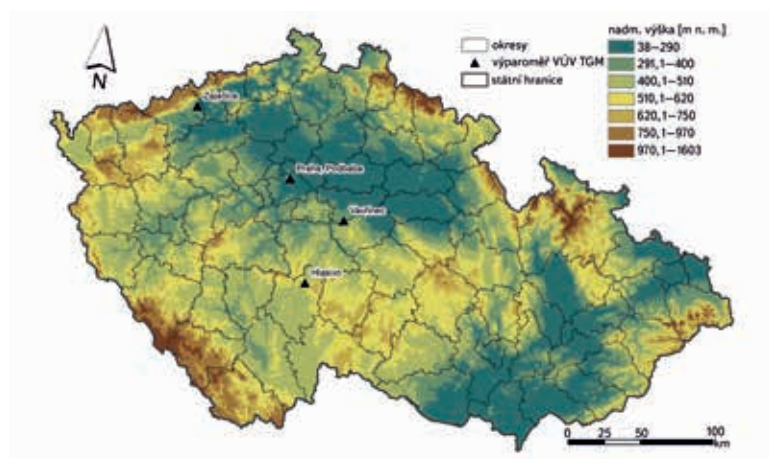
The objective of the research is to compare the individual sites in terms of measured meteorological quantities and evaporation. The other objective is to calculate the evaporation on the sites of interest on the basis of formulas derived from the data from the Hlasivo evaporimeter station. Due to their robustness, these formulas are assumed to be suitable for evaporation calculation for other sites as well.

Seznam zkratk

E	výpar z vodní hladiny [mm/den]
e	základ přirozeného logaritmu
H	relativní vlhkost vzduchu [%/100]
ln	přirozený logaritmus
KGE	Kling-Gupta efficiency
MRE	průměrná relativní chyba
R	globální sluneční radiace [W/m^2]
Ta	teplota vzduchu [$^{\circ}C$]
Tw	teplota hladiny vody [$^{\circ}C$]
V	rychlost větru [m/s]

List of abbreviations

E	evaporation from water surface [mm/day]
e	basis of natural logarithm
H	relative humidity [%/100]
ln	natural logarithm
KGE	Kling-Gupta efficiency
MRE	mean relative error
R	global solar radiation [W/m^2]
Ta	air temperature [$^{\circ}C$]
Tw	water table temperature [$^{\circ}C$]
V	wind speed [m/s]



Obr. 1. Mapa umístění výparoměrů v správě VÚV TGM
Fig. 1. Location map of evaporimeter stations administered by TGM WRI

VÝPAROMĚRNÁ STANICE HLASIVO

Výparoměrná stanice v Hlasivu u Tábora (N 49°29.88738', E 14°45.36117') leží v nadmořské výšce 537 m n. m. a je v provozu již od roku 1957. K letošnímu roku tak máme díky nepřetržitému fungování k dispozici 63letou datovou řadu. Jedná se nejen o hodnoty výparu z volné hladiny, ale i další meteorologické prvky, jež stanice zaznamenává.

Zařízení stanice prošlo mnohými změnami. Od roku 1998 jsou mnohé veličiny zaznamenávány automaticky. Doposud měřené veličiny jsou uvedeny v tabulce 1.

Výparoměrná sezona trvá obvykle od dubna do října, kdy zpravidla nedochází k zamrznutí vodní hladiny ve výparoměru. Díky mnohaletým zkušenostem měření výparu v Hlasivu se tato perioda přizpůsobila meteorologickým podmínkám v této lokalitě a doba měření výparu se omezila na měsíce květen až říjen.



Obr. 2. Výparoměrná stanice Hlasivo
Fig. 2. Evaporimeter station Hlasivo

EVAPORIMETER STATION HLASIVO

The evaporimeter station in Hlasivo near Tábor (N 49° 29.88738', E 14° 45.36117') lies at an altitude of 537 m above sea level and has been in operation already since the year 1957. Owing to this continuous operation, we have available a 63-year data series. This represents not only the values of evaporation from the free water surface, but also other meteorological elements that the station records.

The equipment of the station has undergone many changes. Since 1998, many quantities have been recorded automatically. The quantities measured so far are provided in Table 1.

The evaporation metering season usually lasts from April to October, when the water table in the evaporimeter is usually not frozen. Thanks to the many years of experience in measuring of evaporation in Hlasivo, the measuring period has been adapted to the meteorological conditions on this site and the evaporation measuring period has been limited to the months of May to October.

Raritou této výparoměrné stanice je nejen délka provozu, ale také srovnávací výparoměrný bazén, který má plochu téměř 20 m² (viz obr. 2). Díky takto velké ploše se naměřená výparnost dá považovat za reálný výpar z vodní hladiny.

Tabulka 1. Seznam přístrojů a měřených veličin ve stanici Hlasivo

Měřené veličiny – přístroje	Počátek měření
Srovnávací výparoměr	1957
Výparoměr – GGI ISOL	1957
Výparoměr – GGI 3000	1957
Výparoměr – Class-A-Pann	1958
Teplota vody ve výparoměrech	1957
Teplota vzduchu ve výšce 2 m nad povrchem země	1957
Teplota vzduchu – maximální, minimální a přízemní	1957
Teplota vzduchu ve výšce 2 m – automatická meteostanice	1998
Relativní vlhkost vzduchu – vlasový vlhkoměr	1965
Relativní vlhkost vzduchu – automatická meteostanice	1998
Teplota půdy v hloubce 5 cm	1992
Teplota půdy v hloubce 10 cm	1992
Teplota půdy v hloubce 20 cm	1992
Teplota půdy v hloubce 50 cm	1992
Rychlost a směr větru – automatická meteostanice	1999
Rychlost větru – odhad	1957
Úhrn a intenzita srážek	1957
Globální sluneční radiace	1998
Délka slunečního svitu	1957

VÝPAROMĚRNÁ STANICE PODBABA

V areálu pražské pobočky VÚV TGM byla vybudována meteorologická a výparoměrná stanice (N 50°7.08770', E 14°23.55303'), viz obr. 3. Od roku 2018 jsou v provozu tři výparoměrné bazény o průměru 2 m, v nadmořské výšce 191 m n. m. Od 11. 5. 2018 zde probíhá klasické sezonní měření výparu z vodní hladiny. Později začalo také sezonní měření výparu z hladiny vody s odlišným albedem (voda přirozeně zbarvená chlorofylem). Dále je zde celoročně měřen výpar z výparoměru, ve kterém je rozpuštěná sůl, jež tvoří nemrznoucí směs.

Ve stanici je dále měřena teplota vzduchu, vlhkost vzduchu, globální sluneční radiace, směr a rychlost větru, srážky, teplota vody ve výparoměrech a teplota půdy.

The special feature of this evaporation metering station is not only the length of its operation, but also the comparative evaporation metering tank, which has an area of almost 20 m² (see Fig. 2). Owing to such a large area, the measured evaporation can be considered as real evaporation from the water surface.

Table 1. List of instruments and measured quantities at the Hlasivo station

Measured quantities – instruments	Start of measurement
Comparative evaporimeter	1957
Evaporimeter – GGI ISOL	1957
Evaporimeter – GGI 3000	1957
Evaporimeter – Class-A-Pann	1958
Water temperature in evaporimeters	1957
Air temperature at a height of 2 m above ground level	1957
Air temperature – maximum, minimum and at ground level	1957
Air temperature at 2 m – automatic weather station	1998
Relative humidity – hair hygrometer	1965
Relative humidity – automatic weather station	1998
Soil temperature at a depth of 5 cm	1992
Soil temperature at the depth of 10 cm	1992
Soil temperature at the depth of 20 cm	1992
Soil temperature at the depth of 50 cm	1992
Wind speed and direction – automatic weather station	1999
Wind speed – estimate	1957
Total and intensity of precipitation	1957
Global solar radiation	1998
Sunshine duration	1957

EVAPORIMETER STATION PODBABA

A meteorological and evaporimeter station (N 50° 7.08770', E 14° 23.55303') was built on the site of the TGM WRI Prague branch, see Fig. 3. Since 2018, there have been 3 evaporating tanks in operation with a diameter of 2 m, at an altitude of 191 m above sea level. Since May 11, 2018, a classic seasonal measurement of evaporation from the water surface is implemented here. Later, the seasonal measurement of evaporation from the water surface with a different albedo (water naturally colored by chlorophyll) was also initiated. Furthermore, the evaporation from an evaporimeter, in which salt constitutes an antifreeze admixture, is measured here during the entire year.

The station also measures air temperature, humidity, global solar radiation, wind direction and speed, precipitation, water temperature in evaporimeters and soil temperature.



Obr. 3. Výparoměrná stanice – Praha, Podbaba
Fig. 3. Evaporimeter station - Prague, Podbaba

VÝPAR Z VAVŘINECKÉHO RYBNÍKA

Na začátku července 2019 byl na Vavříneckém rybníce (N 49°54.87885', E 15°2.39373') nainstalován plovoucí výparoměr od firmy Fiedler (viz obr. 4). Vavřínecký rybník leží v nadmořské výšce 375 m n. m. Od 4. 7. 2019 jsou k dispozici desetiminutové záznamy přímého měření výparu z hladiny rybníka. Součástí výparoměru jsou čidla na měření teploty hladiny vody a teploty vody v hloubkách 0,5 m, 1 m, 1,5 m, 2 m a 2,5 m. Výparoměrná nádoba je stejných rozměrů jako u výparoměrů EWM a GGI (3 000 cm²).

Na plovoucím zařízení je také meteostanice, která zaznamenává teplotu vzduchu, relativní vlhkost vzduchu, rosný bod, úhrn srážek, radiaci, rychlost a směr větru. V případě radiace se jedná o rozdíl mezi globální sluneční radiací a radiací odraženou z vodní hladiny. Výparoměrná sezona skončila na začátku října 2019. K dispozici je tedy datová řada tří měsíců. V roce 2020 probíhá měření od března.

VÝPAR Z RETENČNÍ NÁDRŽE ZAJEČICE

Na Zaječické nádrži byl totožný plovoucí výparoměr s meteostanicí (viz obr. 4) nainstalován v srpnu 2019 a byl v provozu až do listopadu 2019. Retenční nádrž



Obr. 4. Plovoucí výparoměr značky Fiedler
Fig. 4. Floating evaporimeter of the Fiedler brand

EVAPORATION FROM VAVŘINECKÝ POND

At the beginning of July 2019, a floating evaporimeter from the Fiedler company was installed on the Vavřínecký pond (N 49°54.87885', E 15°2.39373') (see Fig. 4). The Vavřínecký pond lies at an altitude of 375 m above sea level. From July 4, 2019, ten-minute records of direct evaporation measurement from the pond surface are available. The evaporimeter includes sensors for measuring the temperature at water table level and water temperature at the depths of 0.5 m, 1 m, 1.5 m, 2 m, and 2.5 m. The evaporimeter vessel is of the same dimensions as the EWM and GGI evaporimeters (3,000 cm²).

The floating instrument assembly also includes a weather station recording air temperature, relative humidity, dew point, total precipitation, radiation, wind speed and direction. Regarding radiation, this is the difference between global solar radiation and radiation reflected from the water surface. The evaporating measurement period ended at the beginning of October 2019. A data series of 3 months is therefore available. In 2020, measurements have been taking place since March.

EVAPORATION FROM THE ZAJEČICE RETENTION RESERVOIR

An identical floating evaporimeter with a weather station (see Fig. 4) was installed on the Zaječice reservoir in August 2019 and was in operation until November 2019. The Zaječice retention reservoir (N 50° 9.53530', E13° 28.82097') is located near the village of Jirkov, in the Ústí nad Labem Region, at an altitude of 290 m above sea level. The measured quantities are the same as for the floating evaporimeter on the Vavřinec pond.

VALUES OF MONITORED QUANTITIES

Due to the fact that each evaporimeter station measures over a different time, the comparison of the measured quantities is very limited. The individual sites were therefore compared with the Hlasivo evaporimeter station, which has the longest observation history. The evaporation values are shown graphically on

Zaječice (N 50°29.53530', E 13°28.82097') se nachází u obce Jirkov, v Ústeckém kraji, v nadmořské výšce 290 m n. m. Měřené veličiny jsou stejné jako u plovoucího výparoměru na Vavřinci.

HODNOTY SLEDOVANÝCH VELIČIN

Vzhledem k tomu, že každá výparoměrná stanice měří jinak dlouhou dobu, je srovnání naměřených veličin velmi omezené. Jednotlivé lokality byly tedy srovnávány s výparoměrnou stanicí Hlasivo, která má nejdelší dobu pozorování. Hodnoty výparu jsou graficky znázorněny na obr. 5. Průměrná měsíční teplota vzduchu je zobrazena na obr. 6. Na obr. 7 je znázorněna průměrná měsíční teplota vody ve výparoměrech. Relativní vlhkost vzduchu je zobrazena na obr. 8 a obr. 9 představuje průměrnou měsíční rychlost větru.

VÝPAR

Výpar ve stanici Podbaba je pro sezony červen–říjen 2018 a květen–říjen 2019 nižší ($E = 2,59$ mm/den) než ve stanici Hlasivo ($E = 3,32$ mm/den), přestože zde byla vyšší teplota vzduchu i teplota vody ve výparoměru ($T_a = 17,6$ °C; $T_w = 20$ °C; $H = 69,8$ %) než ve stanici Hlasivo ($T_a = 15,69$ °C; $T_w = 19,32$ °C; $H = 68,4$ %). Celková suma výparu za pozorované období 2018 byla ve stanici Podbaba 436,8 mm a ve stanici Hlasivo 522,6 mm. Za sezonu 2019 činil výpar ve stanici Podbaba 443,6 mm a ve stanici Hlasivo 593,6 mm. Důvodem rozdílného výparu je výrazně nižší průměrná rychlost větru ($V = 0,63$ m/s) oproti stanici Hlasivo ($V = 1,34$ m/s).

Průměrný denní výpar z Vavříneckého rybníka za celou dobu pozorování (červenec–září 2019) činí 4,06 mm/den, což je v přepočtu 373,4 mm za pozorovanou sezonu. Pro stejné období je výpar ve stanici Hlasivo 3,65 mm/den, tedy 336,4 mm. Teplota vzduchu, teplota vody a relativní vlhkost vzduchu je ve vybraných lokalitách velmi podobná. Pro Vavřínecký rybník jsou průměrné hodnoty za období červenec–září: $T_a = 17,9$ °C; $T_w = 20,9$ °C; $H = 76,5$ %. Pro stejné období jsou hodnoty ve stanici Hlasivo: $T_a = 17,1$ °C; $T_w = 21,7$ °C; $H = 75,7$ %. Důvodem rozdílného výparu je pravděpodobně vyšší průměrná rychlost větru ve stanici Vavřínek ($V = 1,9$ m/s) oproti Hlasivu ($V = 1,3$ m/s). Největší rozdíl v naměřeném výparu a zároveň v rychlosti větru je v měsíci září.

Výpar ze Zaječické nádrže je velmi podobný výparu ve stanici Hlasivo. Za období srpen–říjen 2019 se jedná o průměrný denní výpar 2,49 mm/den, tedy 229 mm za pozorované tři měsíce. Ve stanici Hlasivo je pro stejné období průměrný denní výpar 2,4 mm/den, což odpovídá 221 mm. Tyto dvě lokality mají i podobné ostatní měřené veličiny. Průměrná teplota vzduchu je ve stanici Hlasivo 13,9 °C a v lokalitě Zaječice 14,9 °C. Průměrná teplota hladiny vody ve výparoměru je v Hlasivu 17,2 °C. Pro Zaječickou nádrž činí průměrná teplota hladiny vody 17,5 °C. Průměrná relativní vlhkost vzduchu byla ve stanici Hlasivo 82 % a v Zaječicích 80 %. Rychlost větru je ve stanici Hlasivo vyšší, činí 1,34 m/s, oproti Zaječicím, kde je průměrná rychlost větru pouze 0,77 m/s. Z analýzy denního chodu výparu a rychlosti větru u nádrže Zaječice je však zřejmé, že se v pozorovaném období vyskytovaly větrné dny (až 4,5 m/s), které významně ovlivnily intenzitu vypařování. V měsíčním kroku však nejsou tyto výkyvy v rychlosti větru zřejmé.

SRÁŽKY

Na obr. 10 je možné pozorovat měsíční úhrny srážek a sumy výparu v jednotlivých stanicích. Ve stanici Hlasivo spadlo za pozorované sezony 2018 a 2019 celkem 579,4 mm srážek. Oproti tomu činil výpar 1 116,2 mm, což je téměř dvojnásobek toho, co napršelo. Ve stanici Podbaba spadlo za pozorované sezony celkem 530,6 mm srážek.

Fig. 5. The average monthly air temperature is shown in Fig. 6. Figure 7 shows the average monthly water temperature in the evaporimeters. The relative humidity is shown on Fig. 8 and 9 represents the average monthly wind speed.

EVAPORATION

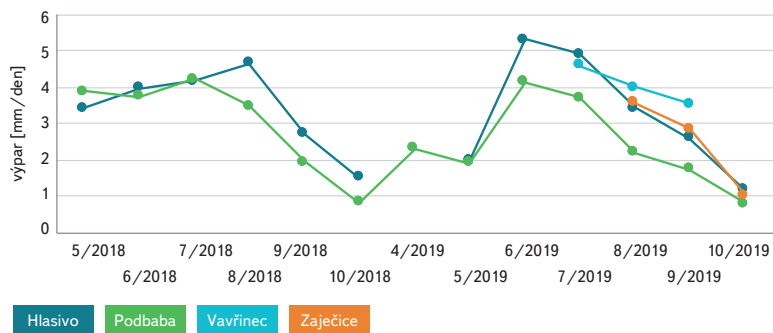
Evaporation at Podbaba station is lower ($E = 2.59$ mm/day) for the periods June–October 2018 and May–October 2019 than at the Hlasivo station ($E = 3.32$ mm/day), although there was higher air temperature and water temperature in the evaporimeter ($T_a = 17.6$ °C; $T_w = 20$ °C; $H = 69.8\%$) than at the Hlasivo station ($T_a = 15.69$ °C; $T_w = 19.32$ °C; $H = 68.4\%$). The total amount of evaporation for the observation period 2018 was 436.8 mm at the Podbaba station and 522.6 mm at the Hlasivo station. During the 2019 season, the evaporation at the Podbaba station was 443.6 mm and at the Hlasivo station 593.6 mm. The reason for the different evaporation is the significantly lower average wind speed ($V = 0.63$ m/s) compared to the Hlasivo station ($V = 1.34$ m/s).

The average daily evaporation from Vavřínecký pond for the entire observation period (July–September 2019) is 4.06 mm/day, which is 373.4 mm per observed season. For the same period, the evaporation at the Hlasivo station is 3.65 mm/day, i.e. 336.4 mm. Air temperature, water temperature and relative humidity are very similar over the selected sites. For Vavřínecký pond, the average values for the period July–September are: $T_a = 17.9$ °C; $T_w = 20.9$ °C; $H = 76.5\%$. For the same period, the values in the Hlasivo station are: $T_a = 17.1$ °C; $T_w = 21.7$ °C; $H = 75.7\%$. The reason for the different evaporation is probably the higher average wind speed at the Vavřínek station ($V = 1.9$ m/s) compared to Hlasivo ($V = 1.3$ m/s). The biggest difference in the measured evaporation and at the same time in the wind speed is in the month of September.

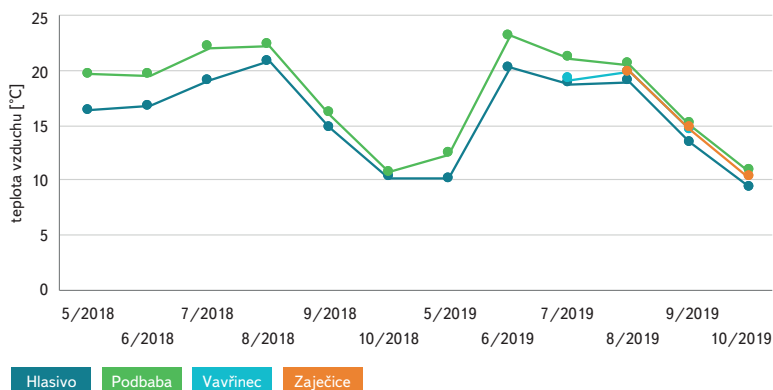
The evaporation from the Zaječice reservoir is very similar to the evaporation at the Hlasivo station. For the period August–October 2019, the average daily evaporation is 2.49 mm/day, i.e. 229 mm for the observed 3 months. In the Hlasivo station, the average daily evaporation for the same period is 2.4 mm/day, which corresponds to 221 mm. The other measured quantities on these two sites are similar. The average air temperature in the Hlasivo station is 13.9°C and at the Zaječice site 14.9°C. The average temperature of the water at water table level in the evaporimeter at Hlasivo is 17.2°C. For the Zaječice reservoir, the average temperature of water at water table level is 17.5°C. The average relative humidity was 82% at Hlasivo station and 80% at Zaječice. The wind speed is higher at the Hlasivo station at 1.34 m/s, compared to Zaječice, where the average wind speed is only 0.77 m/s. However, from the analysis of the daily course of evaporation and wind speed at the Zaječice reservoir, it is clear that in the observed period there were windy days (up to 4.5 m/s), which significantly affected the intensity of evaporation. However, in a monthly step, these fluctuations in wind speed are not obvious.

PRECIPITATION

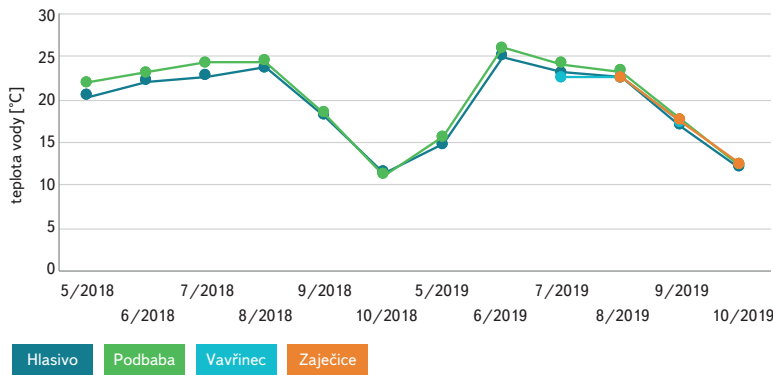
On Fig. 10 it is possible to observe the monthly total precipitation and sum of evaporation at the individual stations. A total of 579.4 mm of precipitation fell at the Hlasivo station during the observed seasons of 2018 and 2019. In contrast, the evaporation was 1,116.2 mm, which is almost double of what it rained. A total of 530.6 mm of precipitation fell at the Podbaba station during the observed seasons. The evaporation again exceeded the precipitation by a total of 880.4 mm. In the period July–September 2019, 171.5 mm rained on Vavřínecký pond, but the evaporation was 373.4 mm, which is more than double the total precipitation. The total precipitation at the Zaječice water reservoir for the months of August–November 2019 was 145.1 mm and the evaporation was 244 mm.



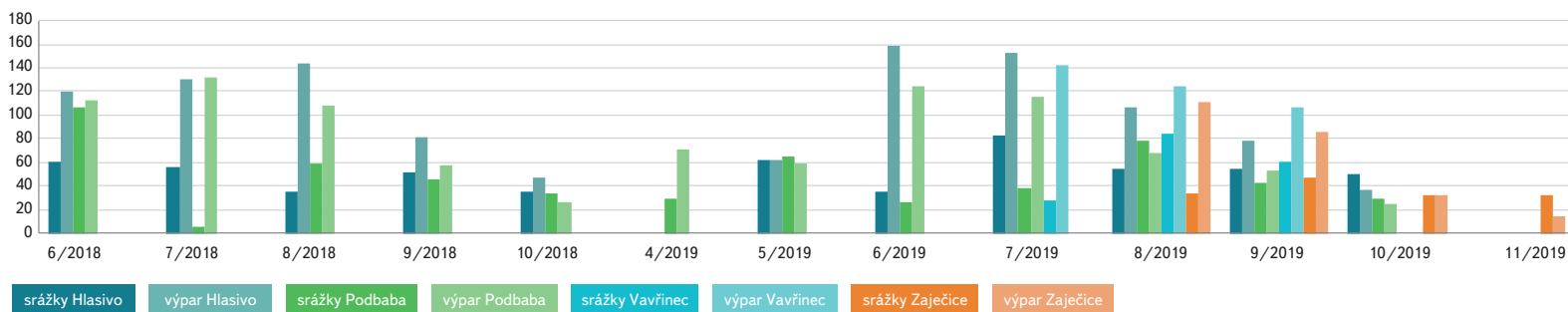
Obr. 5. Výpar ve stanici Hlasivo, Podbaba, Vavřinec a Zaječice
Fig. 5. Evaporation at Hlasivo, Podbaba, Vavřinec and Zaječice stations



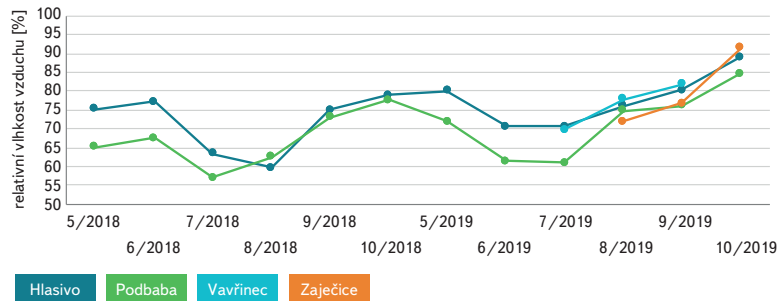
Obr. 6. Teplota vzduchu ve stanici Hlasivo, Podbaba, Vavřinec a Zaječice
Fig. 6. Air temperature at Hlasivo, Podbaba, Vavřinec and Zaječice stations



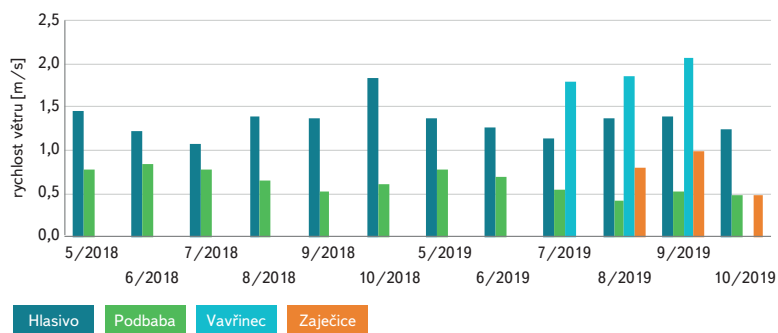
Obr. 7. Teplota hladiny vody ve stanici Hlasivo, Podbaba, Vavřinec a Zaječice
Fig. 7. Water temperature at water table level at Hlasivo, Podbaba, Vavřinec and Zaječice stations



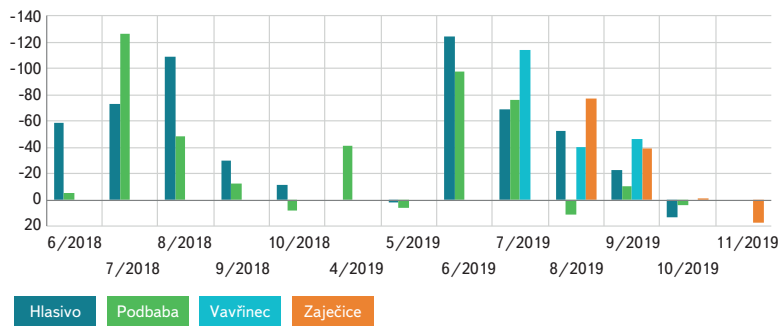
Obr. 10. Srážkové úhrny ve stanici Hlasivo, Podbaba, Vavřinec a Zaječice
Fig. 10. Precipitation totals in Hlasivo, Podbaba, Vavřinec and Zaječice stations



Obr. 8. Relativní vlhkost vzduchu ve stanici Hlasivo, Podbaba, Vavřinec a Zaječice
Fig. 8. Relative humidity at Hlasivo, Podbaba, Vavřinec and Zaječice stations



Obr. 9. Rychlost větru ve stanici Hlasivo, Podbaba, Vavřinec a Zaječice
Fig. 9. Wind speed at Hlasivo, Podbaba, Vavřinec and Zaječice stations



Obr. 11. Měsíční bilance mezi srážkami a výparem ve stanici Hlasivo, Podbaba, Vavřinec a Zaječice
Fig. 11. Monthly balance of precipitation and evaporation at Hlasivo, Podbaba, Vavřinec and Zaječice stations

Výpar zde opět převyšoval srážky s celkovou sumou 880,4 mm. Na Vavříneckém rybníce napršelo v období červenec–září 2019 171,5 mm, výpar však činil 373,4 mm, což je více než dvojnásobek srážkového úhrnu. Na Zaječické vodní nádrži byl srážkový úhrn za měsíce srpen–listopad 2019 145,1 mm a výpar 244 mm.

Na obr. 11 je znázorněn rozdíl mezi srážkovým úhrnem a výparem v jednotlivých měsících. Sloupce směřující vzhůru značí převládající výpar nad srážkami, sloupce mířící dolů mají opačnou vypovídající hodnotu. Z grafu je zřejmé, že v letních měsících zpravidla převládá výpar nad srážkami. V některých měsících přesahoval výpar nad srážkami dokonce o více než 100 mm. Oproti tomu v měsících, kdy srážky převyšovaly výpar, se jedná o rozdíl menší než 20 mm.

VÝPOČET VÝPARU NA ZÁKLADĚ VZORCŮ

Vzhledem k 63leté časové řadě meteorologických veličin a hodnot výparu je výparoměrná stanice Hlasivo vhodná k odvozování vzorců pro výpočet výparu. V rámci projektu TAČR TJ01000196: Vytvoření software pro výpočet výparu z vodní hladiny pro podmínky ČR [9] vznikla univerzální sada vzorců vhodná pro výpočet výparu i pro další lokality v ČR.

Vzorci vznikly na základě lineární a nelineární regrese výparu s meteorologickými veličinami. V prvním kroku byly vyjádřeny párové závislosti průměrného denního výparu z vodní hladiny (v měsíčním kroku) na veličinách: teplota vzduchu, teplota vody ve výparoměru a globální sluneční radiace. Užitím rovnice párové regrese mezi vybranou veličinou a výparem byl vypočítán výpar. Následně byla spočítána rezidua vypočítaného výparu od pozorovaného. V dalším kroku byla vyjádřena závislost vypočítaných reziduí na jiné veličině (Ta, Tw, H, R nebo V). Kombinací dvou regresních vztahů došlo k vytvoření nového vzorce. Tento vzorec byl následně rozšířen o další veličinu, a to stejným způsobem.

Výše popsaným postupem byla vytvořena sada vzorců, zakládající se na lineárním, mocninném, exponenciálním či logaritmickém modelu nebo na jejich kombinacích. Výpočty výparu z odvozených vzorů byly srovnány s naměřeným výparem a hodnoceny na základě nejvyšší hodnoty koeficientu KGE [10] a nejnižší hodnoty MRE. Pomocí těchto dvou parametrů byl vyselektován užší výběr vzorců, viz *tabulka 2*.

Tyto vzorce byly použity pro výpočet výparu v lokalitách Praha-Podbaba, Vavřínecký rybník a vodní nádrž Zaječice. Výsledky vypočteného výparu byly následně porovnány s naměřeným výparem z výparoměrů ve vybraných lokalitách.

Při aplikaci vzorců je nutné brát zřetel na omezení rozsahu vstupních veličin, podmiňující platnost jednotlivých vzorců. Rozsah platnosti veličin (proměnných), vstupujících do vzorců, je dána $Q_{0,05} - Q_{0,95}$ naměřených hodnot ve stanici Hlasivo, viz *tabulka 3*.

APLIKACE VZORCŮ NA DENNÍ DATA

Na obr. 12–14 je znázorněn denní průběh pozorovaného výparu spolu s výparem modelovaným na základě empirických vzorců z *tabulky 2*. Z výsledků je patrné, že vzorce reflektují hodnoty pozorovaného výparu.

Nejvýraznější rozdíly mezi vypočteným a naměřeným výparem ve stanici Podbaba se vyskytly na přelomu července a srpna 2018, v červnu a v září 2019. Vzorce, zakládající se na teplotě vzduchu (HLA_3 a HLA_8) výrazně nadhodnocují skutečný výpar. Například 30. 6. 2019 se jedná o rozdíl až 12 mm (HLA_8), což je více než čtyřnásobek naměřeného výparu. Chyby ve výpočtu jsou způsobené tím, že se v těchto obdobích vyskytovala teplota vzduchu výrazně vyšší (až 31,8 °C), než je rozsah platnosti vzorců pro tuto veličinu.

Figure 11 shows the difference between total precipitation and evaporation in the individual months. The positive columns indicate the predominance of evaporation over precipitation, the negative columns indicate the opposite. It is clear from the chart that in the summer months, evaporation usually predominates over precipitation. In some months, the evaporation even exceeded the precipitation by more than 100 mm. In contrast, in the months when precipitation exceeded evaporation, the difference is less than 20 mm.

EVAPORATION CALCULATION BASED ON FORMULAS

Due to the 63-year time series of meteorological quantities and evaporation values, the Hlasivo evaporimeter station is suitable for deriving formulas for evaporation calculation. Within the project TAČR TJ01000196: Development of software for the calculation of evaporation from water surface in the conditions of the Czech Republic [9] a universal set of formulas suitable for calculation of evaporation for other sites in the Czech Republic was developed.

The formulas were established on the basis of linear and nonlinear regression of evaporation with meteorological quantities. In the first step, the dependences of the average daily evaporation from the water surface (in a monthly step) were determined in pairs with the quantities: air temperature, water temperature in the evaporimeter and global solar radiation. Using the regression equation between the pair of selected quantity and evaporation, the evaporation was calculated. Subsequently, the residues of the calculated evaporation from the observed one were calculated. In the next step, the dependence of the calculated residues on another quantity (Ta, Tw, H, R or V) was expressed. A new formula was derived by combining the two regression relations. This formula was then extended by another quantity, in the same way.

Using the procedure described above, a set of formulas was created, based on a linear, power, exponential or logarithmic model or on their combinations. Evaporation calculations from derived formulas were compared with the measured evaporation and evaluated on the basis of the highest value of the KGE coefficient [10] and the lowest value of MRE. Using these two parameters, a narrower selection of formulas was selected, see *Table 2*.

These formulas were used to calculate evaporation at the of Prague-Podbaba, Vavřínecký pond and Zaječice reservoir sites. The results of the calculated evaporation were then compared with the measured evaporation from evaporimeters at the selected sites.

When applying the formulas, it is necessary to take into account the limitation on the range of input quantities, which determines the validity of the individual formulas. The range of validity of quantities (variables) entering the formulas is given by $Q_{0,05} - Q_{0,95}$ of measured values in the Hlasivo station, see *Table 3*.

APPLICATION OF FORMULAS TO DAILY DATA

Figure 12, 13, and 14 show the daily course of the observed evaporation together with evaporation modeled on the basis of empirical formulas from *Table 2*. It is clear from the results that the formulas reflect the values of the observed evaporation.

The most significant differences between the calculated and measured evaporation at the Podbaba station occurred at the turn of July and August 2018, in June and September 2019. Formulas based on air temperature (HLA_3 and HLA_8) significantly overestimate the actual evaporation. For example, on June 30, 2019, this represents a difference of up to 12 mm (HLA_8), which is more than four times the measured evaporation. The errors in the calculation are caused by the fact that in these periods the air temperature was significantly higher (up to 31.8°C) than the range of validity of the formulas for this quantity.

Tabulka 2. Vzorce pro výpočet výparu pro stanici Hlasivo

ID	Veličiny	MRE	Rovnice
HLA_1	R	11,7 %	$E = 0,0169R^{0,9975}$
HLA_2	T_w	13,7 %	$E = 0,449e^{(0,0954T_w)}$
HLA_3	T_a	16,5 %	$E = 0,5355e^{(0,1063T_a)}$
HLA_4	R,H	11,6 %	$E = 0,0169R^{0,9975} - 1,029435H + 0,8251$
HLA_5	R,H	11,6 %	$E = 0,0169R^{0,9975} - 0,855645 \ln(H) - 0,1949$
HLA_6	T_w, H	13,2 %	$E = 0,449e^{(0,0954T_w)} - 1,879042H + 1,4769$
HLA_7	T_w, H	13,2 %	$E = 0,449e^{(0,0954T_w)} - 1,448396 \ln(H) - 0,3544$
HLA_8	T_a, H	15,8 %	$E = 0,5355e^{(0,1063T_a)} - 1,509806H + 1,2163$
HLA_9	R, T_a, T_w	11,4 %	$E = 0,0169R^{0,9975} + 0,039107T_a - 0,163673 \ln(T_w) - 0,0664$
HLA_10	T_w, V, H	11,9 %	$E = 0,04T_w^{1,4433} + 0,10918V - 3,18944H + 2,4801$
HLA_11	T_a, V, H	14,8 %	$E = 0,0853T_a^{1,2766} - 0,022681 \ln(V) - 3,151185H + 2,7079$

Table 2. Formulas for calculation of evaporation at Hlasivo station

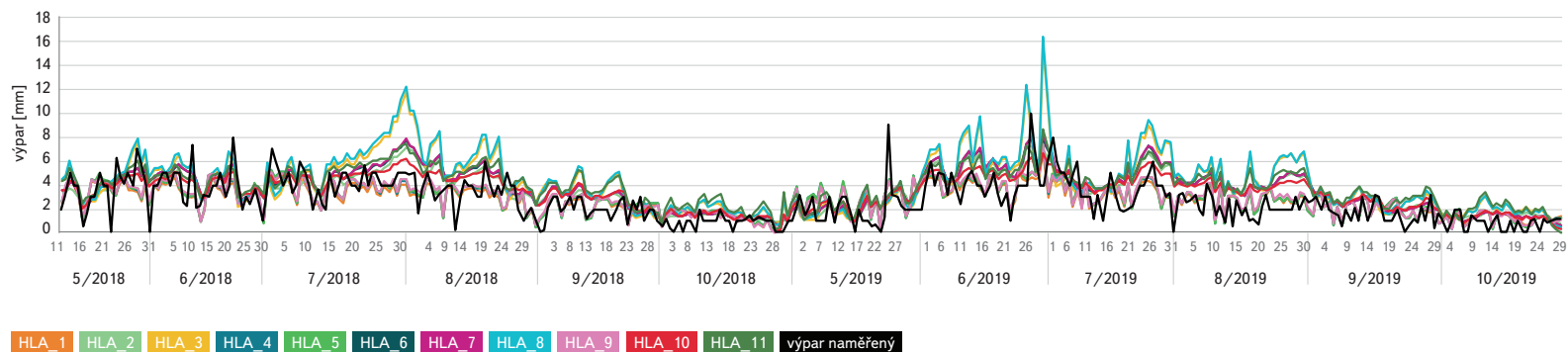
ID	Quantity	MRE	Equation
HLA_1	R	11.7%	$E = 0.0169R^{0.9975}$
HLA_2	T_w	13.7%	$E = 0.449e^{(0.0954T_w)}$
HLA_3	T_a	16.5%	$E = 0.5355e^{(0.1063T_a)}$
HLA_4	R, H	11.6%	$E = 0.0169R^{0.9975} - 1.029435H + 0.8251$
HLA_5	R, H	11.6%	$E = 0.0169R^{0.9975} - 0.855645 \ln(H) - 0.1949$
HLA_6	T_w, H	13.2%	$E = 0.449e^{(0.0954T_w)} - 1.879042H + 1.4769$
HLA_7	T_w, H	13.2%	$E = 0.449e^{(0.0954T_w)} - 1.448396 \ln(H) - 0.3544$
HLA_8	T_a, H	15.8%	$E = 0.5355e^{(0.1063T_a)} - 1.509806H + 1.2163$
HLA_9	R, T_a, T_w	11.4%	$E = 0.0169R^{0.9975} + 0.039107T_a - 0.163673 \ln(T_w) - 0.0664$
HLA_10	T_w, V, H	11.9%	$E = 0.04T_w^{1.4433} + 0.10918V - 3.18944H + 2.4801$
HLA_11	T_a, V, H	14.8%	$E = 0.0853T_a^{1.2766} - 0.022681 \ln(V) - 3.151185H + 2.7079$

Tabulka 3. Intervaly veličin, podmiňující platnost jednotlivých vzorců

	Ta min./max. [°C]		V min./max. [m/s]		H min./max. [%/100]		R min./max. [W/m ²]		Tw min./max. [°C]	
Rozsah veličin	3,7	21,7	0,5	2,4	0,56	0,93	54	283,7	6,2	25,5
Q_{0,05}–Q_{0,95}	3,9	20,6	0,53	2,28	0,59	0,88	56,7	269,5	6,5	24,2

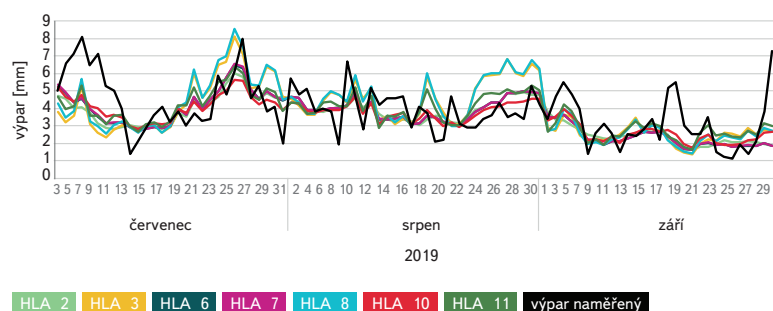
Table 3. Intervals of quantities determining the validity of individual formulas

	Ta min./max. [°C]		V min./max. [m/s]		H min./max. [%/100]		R min./max. [W/m ²]		Tw min./max. [°C]	
Range of quantities	3.7	21.7	0.5	2.4	0.56	0.93	54	283.7	6.2	25.5
Q_{0.05}–Q_{0.95}	3.9	20.6	0.53	2.28	0.59	0.88	56.7	269.5	6.5	24.2



Obr. 12. Výpar naměřený a vypočítaný – Praha-Podbaba, denní chod

Fig. 12. Measured and calculated evaporation – Prague-Podbaba, daily course



Obr. 13. Výpar naměřený a vypočítaný – Vavřínecký rybník, denní chod

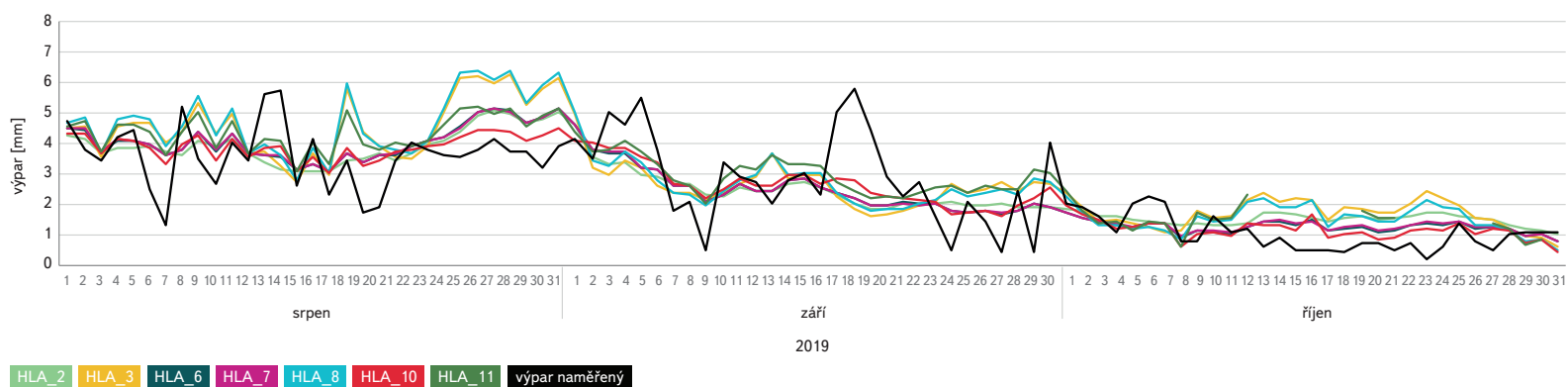
Fig. 13. Measured and calculated evaporation – Vavřínecký pond, daily course

Výrazné vícedenní rozdíly mezi naměřeným a vypočteným výparem na Vavříneckém rybníce můžeme pozorovat na začátku července 2019. V tomto období mají vzorce tendenci výpar podhodnocovat. Například 8. 7. 2019 jsou všechny výpočty nižší o 3–4,5 mm, což je přibližně dvakrát méně než naměřený výpar. Při podrobné analýze desetiminutového kroku výparu s průběhem dalších meteorologických veličin bylo zjištěno, že na začátku července foukal velmi suchý teplý vítr. V odpoledních hodinách, kdy byl výpar nejvyšší, se teplota vzduchu vyšplhala i přes 26 °C (6. 7. 2019 přes 29 °C) a současně relativní vlhkost vzduchu klesala pod 30 %. Ve večerních a ranních hodinách se ovšem hodnoty teploty vzduchu pohybovaly okolo 10 °C a relativní vlhkost se vyšplhala až na více než 80 %. Z tohoto důvodu jsou denní průměry jednotlivých veličin velmi zkršené a vzorce pro výpočet výparu nereflktují skutečný výpar.

Další výrazné odchylky naměřeného výparu od vypočteného můžeme pozorovat 17.–18. 9. 2019. V tomto období přesahuje naměřený výpar 5 mm/den,

Significant differences over several days between measured and calculated evaporation at the Vavřínecký pond can be observed at the beginning of July 2019. In this period, the formulas tend to underestimate the evaporation. For example, on July 8, 2019, all calculations are 3–4.5 mm lower, which is approximately twice less than the measured evaporation. A detailed analysis of the ten-minute evaporation step in relation to the course of the other meteorological quantities revealed that a very dry warm wind was blowing at the beginning of July. In the afternoon, when the evaporation was highest, the air temperature climbed over 26 °C (on July 6, 2019 over 29 °C) and at the same time the relative humidity of the air dropped below 30%. In the evening and morning, however, the air temperature values were around 10 °C and the relative humidity climbed to more than 80%. For this reason, the daily averages of the individual quantities are very distorted and the formulas for calculating the evaporation do not reflect the actual evaporation.

Other significant deviations of the measured evaporation from the calculated one can be observed on September 17–18, 2019. In this period, the measured evaporation exceeded 5 mm/day, in contrast, the calculated evaporation was in the range of 1.7–2.8 mm/day. In these days, the average wind speed was over 3 m/s, which is outside the validity range of HLA_10 and HLA_11 formulas. The same reason applies to the day of September 30, 2019, when the average wind speed was even higher than 6 m/s. On this day, evaporation of 7.3 mm was measured, while the calculated evaporation ranges from 1.8 to 3 mm. Such significant differences between the measured and calculated evaporation are due to the fact that all formulas are based primarily on air temperature or water temperature (or global solar radiation). These quantities have the greatest weight on the result of the calculated evaporation. The wind speed enters the formulas only secondarily or the formulas do not reflect it at all. In the fall,



Obr. 14. Výpar naměřený a vypočítaný – Zaječice, denní chod

Fig. 14. Measured and calculated evaporation – Zaječice, daily course

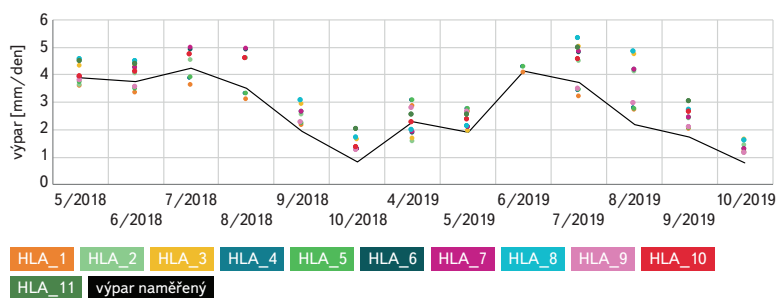
oproti tomu se vypočtený výpar pohybuje v rozmezí 1,7–2,8 mm/den. V těchto dnech byla průměrná rychlost větru přes 3 m/s, což je mimo rozsah platnosti vzorců HLA_10 a HLA_11. Stejný důvod platí i pro den 30. 9. 2019, kdy průměrná rychlost větru byla dokonce vyšší než 6 m/s. V tento den byl naměřen výpar o hodnotě 7,3 mm, zatímco vypočtený výpar se pohybuje v rozmezí 1,8–3 mm. Takto výrazné rozdíly mezi naměřeným a vypočítaným výparem jsou způsobené tím, že všechny vzorce jsou založené především na teplotě vzduchu, anebo teplotě vody (popřípadě na globální sluneční radiaci). Tyto veličiny mají největší váhu na výsledek vypočteného výparu. Rychlost větru vstupuje do vzorců až sekundárně, nebo ji vzorce nereflktují vůbec. Na podzim se ovšem průměrná teplota vzduchu i teplota vody pohybuje velmi nízko, a proto je vypočtený výpar významně podhodnocený.

Největší odchylky naměřeného a vypočteného výparu u vodní nádrže Zaječice můžeme pozorovat v období 3.–5. 9. 2019, kdy podobně jako u Vavříneckého rybníka foukal v odpoledních hodinách velmi suchý teplý vítr. Naproti tomu jsou ranní a večerní hodnoty teploty vzduchu poměrně nízké, relativní vlhkost vzduchu naopak vysoká a rychlost větru klesá na nulu. Z tohoto důvodu jsou ovlivněny denní průměry hodnot a výpočty ze vzorců neodpovídají reálnému výparu, skutečný výpar tak podhodnocují téměř o polovinu.

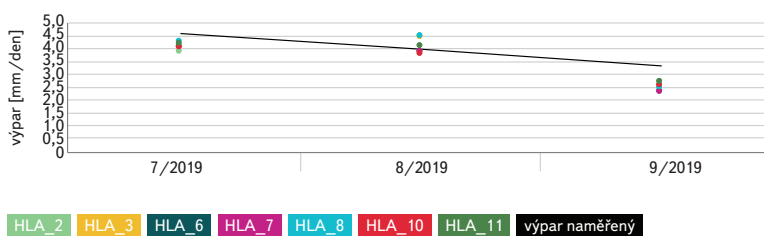
Další významný rozdíl je patrný ve dnech 17.–19. 9. 2019, kdy se opět vyskytovala poměrně nízká teplota vzduchu (jež primárně reflektují vzorce), avšak velmi vysoká rychlost větru. Rozdíl mezi naměřeným (5,8 mm) a vypočítaným výparem (1,8 mm) ve dne 18. 9. 2019 je pro vzorec HLA_3 až trojnásobný.

APLIKACE VZORCŮ NA MĚSÍČNÍ DATA

Výpočet výparu v denním kroku je zatížen vysokou relativní i absolutní chybou. Přesnějšího výsledku je dosaženo při výpočtu měsíčního výparu, kde odchylky výpočtu od naměřeného výparu nejsou tak významné. V první řadě je potlačena náhodná chyba měření, jež je výraznější u denních hodnot výparu [11]. V druhé řadě se hodnoty meteorologických veličin vstupujících do vzorců pohybují obvykle v rozsahu platnosti jednotlivých vzorců.



Obr. 15. Vypočtený výpar pro stanici Podbaba na základě vzorců ze stanice Hlasivo
Fig. 15. Calculated evaporation for the Podbaba station based on formulas from the Hlasivo station



Obr. 16. Vypočtený výpar pro stanici Vavříneck na základě vzorců ze stanice Hlasivo
Fig. 16. Calculated evaporation for the Vavříneck station based on formulas from the Hlasivo station

however, the average air temperature and water temperature are very low, and therefore the calculated evaporation is significantly underestimated.

The largest deviations of the measured and calculated evaporation at the Zaječice reservoir can be observed in the period of September 3–5, 2019, when, similarly to Vavřínecký pond, a very dry warm wind blew in the afternoon. On the contrary, morning and evening air temperatures are relatively low, relative humidity is high and wind speed drops to zero. For this reason, the daily averages of the values are affected and the calculations from the formulas do not correspond to the real evaporation, thus underestimating the actual evaporation by almost half.

Another significant difference is evident in the days of September 17–19, 2019, when there was again a relatively low air temperature (which is primarily reflected in the formulas), but a very high wind speed. The difference between the measured (5.8 mm) and calculated evaporation (1.8 mm) on September 18, 2019 is up to three times for the formula HLA_3.

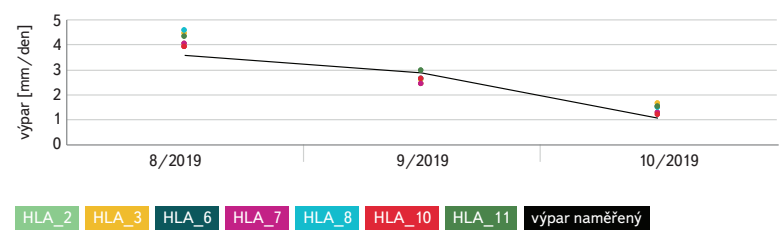
APPLICATION OF FORMULAS TO MONTHLY DATA

The calculation of evaporation in a daily step is burdened with a high relative and absolute error. A more accurate result is achieved when calculating the monthly evaporation, where the deviations of the calculation from the measured evaporation are not so significant. Firstly, the random measurement error is suppressed, which is more pronounced for daily evaporation values [11]. Secondly, the values of meteorological quantities entering the formulas are usually within the range of validity of the individual formulas.

To calculate the evaporation based on the average monthly values of the measured quantities, the formulas from Table 2 were again used. The average relative calculation error for the Podbaba station ranges between 22–55%, see Fig. 15. The black line indicates the measured evaporation. Points above this curve indicate calculations that overestimate the result. The points below this line indicate underestimated result values. The high relative error is caused mainly by the fall values when the measured evaporation is so low that an absolute error of 0.4 mm can represent a relative error higher than 50%.

The best performance is achieved for formulas where global solar radiation is entered - yellow dots (MRE = 21.6–24.4%). The formulas based on air temperature are the lower performing - blue dots (MRE = 46.9–55.1%). Values that are outside the range of measured values in the Hlasivo station were omitted from the calculation.

Formulas for calculating the evaporation from the Hlasivo station were further applied to the data from the floating evaporimeter at Vavřínecký pond (see Fig. 16) and at the Zaječice retention reservoir (see Fig. 17). The formulas global solar radiation is entered could not be used because the floating weather stations record radiation as the difference between global solar radiation and radiation reflected from the water surface.



Obr. 17. Vypočtený výpar pro stanici Zaječice na základě vzorců ze stanice Hlasivo
Fig. 17. Calculated evaporation for the Zaječice station based on formulas from the Hlasivo station

Pro výpočet výparu na základě průměrných měsíčních hodnot naměřených veličin byly opět použity vzorce z *tabulky 2*. Průměrná relativní chyba výpočtu pro stanici Podbaba se pohybuje mezi 22–55 %, viz *obr. 15*. Černá linie značí naměřený výpar. Body nad touto křivkou označují výpočty, které výsledek nadhodnocují. Body pod touto linií mají opačnou vypovídající hodnotu. Vysoká relativní chyba je způsobena především podzimními hodnotami, kdy je naměřený výpar tak nízký, že absolutní chyba o hodnotě 0,4 mm může znamenat relativní chybu vyšší než 50 %.

Nejlépe vycházejí vzorce, do kterých vstupuje globální sluneční radiace – žluté body (MRE = 21,6–24,4 %). Nejméně vycházejí vzorce, které se zakládají na teplotě vzduchu – modré body (MRE = 46,9–55,1 %). Hodnoty, které se pohybují mimo rozsah naměřených hodnot ve stanici Hlasivo, byly z výpočtu vynechány.

Vzorce pro výpočet výparu ze stanice Hlasivo byly dále aplikovány na data z plovoucího výparoměru na Vavříneckém rybníce (viz *obr. 16*) a na Zaječické retenční nádrži (viz *obr. 17*). Vzorce, do kterých vstupuje globální sluneční radiace, nebylo možné použít, jelikož plovoucí meteostanice zaznamenávají radiaci jako rozdíl mezi globální sluneční radiací a radiací odraženou z vodní hladiny.

Pro Vavřínecký rybník se průměrná relativní chyba výpočtu pohybuje mezi 11 % (vzorec HLA_11) až 14 % (vzorec HLA_3).

Na Zaječické nádrži byl výpar měřen od srpna do listopadu 2019. V listopadu se ovšem veličiny pohybují mimo rozsah platnosti vzorců ze stanice Hlasivo. Výpar je tedy modelován pouze pro měsíce srpen–říjen. Průměrná relativní chyba výpočtů se pohybuje mezi 8,8 % (vzorec HLA_10) až 29,3 % (vzorec HLA_3).

ZÁVĚR

Článek popisuje čtyři výparoměrné stanice ve správě VÚV TGM a porovnává naměřená data jednotlivých meteorologických veličin a výparu. Z výsledků vyplývá, že všechny lokality během výparoměrné sezony trpí srážkovým deficitem. Výpar významně převyšuje srážky především v letních měsících. Bilanci mezi výparem a srážkami bohužel není možné vyčíslit mimo výparoměrnou sezónu, která je obvykle od dubna do října. Řešením by mohl být celoroční výparoměr, který je testován ve stanici Podbaba. Do tohoto výparoměrného bazénu je přidána sůl, která brání zamrznání hladiny.

Vzorce pro výpočet výparu, vzniklé na základě dat ze stanice Hlasivo, byly aplikovány na další výparoměrné stanice. Z výsledků vyplývá, že vzorce se dají aplikovat jak na denní data, kde je ovšem nutné počítat s vyšší relativní i absolutní chybou, tak na data měsíční, která jsou pro výpočet výparu vhodnější. Tímto se potvrdila hypotéza, že vzorce, odvozené z dat ze stanice Hlasivo, jsou vhodné pro výpočet výparu i pro jiné lokality. Při aplikaci vzorců je ovšem nutné brát zřetel na omezený rozsah platnosti jednotlivých veličin, vstupujících jako proměnné do jednotlivých vzorců.

Z výsledků porovnání mezi jednotlivými lokalitami dále vyplývá, že rychlost větru hraje patrně významnější roli pro přesnější určení výparu, než zohledňují současné vzorce ze stanice Hlasivo. Budoucí inovace vzorců by mohla spočívat nejen v prodlužování časové řady, ale také v přípravě nových vzorců, které by více zohlednily rychlost větru a také vzorce, které by byly cíleny na konkrétní roční období.

Poděkování

Článek vznikl v rámci projektů Vytvoření software pro výpočet výparu z vodní hladiny pro podmínky ČR (TJ01000196) financovaný Technologickou agenturou ČR a Analýza adaptačních opatření ke zmírnění dopadů změny klimatu a urbanizace na vodní režim v oblasti vnější Prahy (CZ.071.02/0.0/0.0/16_040/0000380) financovaný z operačního programu Praha – Pól růstu ČR.

For the Vavřínecký pond, the average relative calculation error ranges between 11% (formula HLA_11) to 14% (formula HLA_3).

On the Zaječice reservoir, evaporation was measured from August to November 2019. In November, however, the quantities are outside the scope of the formulas from the Hlasivo station. The evaporation is therefore modeled only for the months August–October. The average relative error of the calculations ranges between 8.8% (formula HLA_10) to 29.3% (formula HLA_3).

CONCLUSION

This paper describes four evaporation stations managed by TGM WRI and compares the measured data of individual meteorological quantities and evaporation. The results show that all sites suffer from a precipitation deficit during the evaporation measurements season. The evaporation significantly exceeds precipitation, especially in the summer months. Unfortunately, the balance between evaporation and precipitation cannot be quantified beyond the evaporation season, which is usually from April to October. The solution could be a year-round evaporimeter, which is being tested at the Podbaba station. Salt is added to this evaporation tank to prevent the surface from freezing.

The formulas for calculating evaporation, based on data from the Hlasivo station, were applied to the other evaporimeter stations. The results show that the formulas can be applied both to daily data, where it is necessary to take into account the higher relative and absolute error, and to monthly data, which are more suitable for the calculation of evaporation. This confirmed the hypothesis that the formulas derived from the data from the Hlasivo station are suitable for the calculation of evaporation for the other sites as well. When applying the formulas, however, it is necessary to take into account the limited range of validity of individual quantities entering as variables into the individual formulas.

The results of the comparison between the individual sites also show that the wind speed probably plays a more important role in more accurate determination of evaporation than the current formulas from the Hlasivo station reflect. Future innovation of formulas could involve not only extending the time series, but also the development of new formulas that reflect more the wind speed and also formulas focusing on specific seasons of the year.

Acknowledgments

The paper was written as part of the projects Creation of software for calculation of water surface evaporation for the conditions of the Czech Republic (TJ01000196) financed by the Technology Agency of the Czech Republic and Analysis of adaptation measures to mitigate the impacts of climate change and urbanization on the water regime in the outer Prague area (CZ.071.02/0.0/0.0/16_040/0000380) financed from the Operational Programme Prague – Growth Pole of the Czech Republic.

Literatura

- [1] BERAN, A. a HANEL, M. Definování zranitelných oblastí z hlediska nedostatku vody na území České republiky. *VTEI*, 2015, roč. 57, č. 4–5, s. 21–24. Dostupné z: <https://www.vtei.cz/2015/08/definovani-zranitelnych-oblasti-z-hlediska-nedostatku-vody-na-uzemi-ceske-republiky/>
- [2] ALLEN, R.G., PEREIRA, L.S., RAES, D., and SMITH, M. *Crop evapotranspiration – guidelines for computing crop water requirements. FAO Irrigation and Drainage Paper 56*, 1998.
- [3] PENMAN, H.L. Natural evaporation from open water, bare soil and grass. Proceedings of the Royal Society of London. Series A, *Mathematical and Physical Sciences*, 1948, Vol. 193. No. 1032, p. 120–145. Dostupné z: <https://doi.org/10.1098/rspa.1948.0037>
- [4] BYCZKOWSKI, A. and ŽBIKOWSKI, A. *Hydrologiczne podstawy projektów wodnomelioracyjnych: przepływy charakterystyczne*. Warszawa: Państwowe Wydaw. Rolnicze i Leśne, 1979.
- [5] GASH, J.H.C. and SHUTTLEWORTH, W.J. *Evaporation*. IAHS Press, 2007.
- [6] MONTEITH, J.L. Evaporation and the environment. In: FOGG, G.E. (ed.) *The state and movement of water in living organisms*. Cambridge: Cambridge University Press, 1965, p. 205–234.
- [7] ALLEN, R.G. Penman–Monteith equation. In: HILLEL, D. (ed.) *Encyclopedia of Soils in the Environment*. Oxford: Elsevier, 2005, p. 180–188. ISBN 978-0-12-348530-4.
- [8] BERAN, A. a VIZINA, A. Odvození regresních vztahů pro výpočet výparu z volné hladiny a identifikace trendů ve vývoji měřených veličin ve výparoměrné stanici Hlasivo. *VTEI*, 2013, roč. 55, č. 4.
- [9] BERAN, A., ŠUHÁJKOVÁ, P., KOŽÍN, R. a MELIŠOVÁ, E. *Vzorce pro výpočet výparu z vodní hladiny pro vybrané vodní plochy ČR*. Praha, 2020.
- [10] GUPTA, H.V., KLING, H., YILMAZ, K.K., and MARTINEZ, G.F. Decomposition of the mean squared error and NSE performance criteria: Implications for improving hydrological modeling. *Journal of Hydrology*, 2009, Vol. 377, No. 1–2, p. 80–91.
- [11] MRKVIČKOVÁ, M. Vyhodnocení měření na výparoměrné stanici Hlasivo. *VTEI*, 2007, č. 6, s. 9–11.

Autor

Mgr. Petra Šuhájková^{1,2}

✉ petra.suhajkova@vuv.cz

ORCID: 0000-0002-7379-3246

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

²Fakulta životního prostředí, Česká zemědělská univerzita v Praze

Příspěvek prošel lektorským řízením.

DOI: 10.46555/VTEI.2020.07.002



Autoři VTEI

Mgr. Pavel Eckhardt

VÚV TGM, v. v. i.

✉ pavel.eckhardt@vuv.cz
www.vuv.cz



Mgr. Pavel Eckhardt je zaměstnancem oddělení hydrogeologie VÚV TGM od roku 1999, z toho deset let byl vedoucím oddělení hydrogeologie a ekologických zátěží. Vystudoval geologii na Přírodovědecké fakultě Univerzity Karlovy v Praze. Zabývá se aplikovanou hydrogeologií, problematikou ekologických zátěží a pramenů, obsáhla je i jeho posudková činnost. V letošním roce získal novinářské ocenění Czech Travel Press za vodácké články.

Ing. Jan Hlom

VÚV TGM, v. v. i.

✉ jan.hlom@vuv.cz
www.vuv.cz



Ing. Jan Hlom je výzkumným pracovníkem oddělení hydrauliky ve VÚV TGM, v. v. i., ve kterém pracuje od roku 2015. V roce 2017 ukončil obor Vodní hospodářství a vodní stavby na ČVUT, Fakultě stavební. Zabývá se fyzikálním a matematickým modelováním proudění a dále modelovým výzkumem hydrotechnických staveb a objektů na vodních tocích.

Mgr. Petra Šuhájková

VÚV TGM, v. v. i.

✉ petra.suhajkova@vuv.cz
www.vuv.cz



Mgr. Petra Šuhájková je od roku 2018 zaměstnancem oddělení hydrologie ve VÚV TGM, v. v. i. V roce 2015 ukončila magisterský obor Učitelství biologie a geografie pro SŠ na Přírodovědecké fakultě Univerzity Karlovy. Ve své diplomové práci se věnovala tématu interakce podzemní a povrchové vody za extrémních hydrologických situací. V roce 2019 nastoupila na doktorské studium České zemědělské univerzity v Praze se zaměřením na hydrologické modelování. V rámci své činnosti ve VÚV TGM, v. v. i., a studia na ČZÚ se zabývá především problematikou evaporace z vodní hladiny.



Zleva Ing. Eva Melišová, Ing. Linda Staponites, Mgr. David Rozman

Rozhovor se zahraničními výzkumníky, kteří se rozhodli budovat svoji kariéru v České republice

Už nějakou dobu jste v České republice. Co Vás motivovalo k práci v České republice?

Melišová: K práci v České republice mě motivovalo studium, které jsem absolvovala na České zemědělské univerzitě v Praze, magisterský obor krajinné inženýrství.

Rozman: V mém případě šlo spíš o náhodu. Kdyby mi jako 21letému studentovi geologie v Lublani ve Slovinsku někdo řekl, že se za pár let přestěhuji do Česka, vůbec bych mu to nevěřil. V té době jsem v Česku ještě v životě nebyl. Ale protože rád poznávám nová místa, vydal jsem se tehdy během letních prázdnin právě do Prahy a na Český kras. Tam jsem poznal sympatickou holku, se kterou jsme se pak častěji navštěvovali. A nakonec to dopadlo tak, že jsem v Praze dokončil studium hydrogeologie a našel zaměstnání.

Staponites: Poprvé jsem do České republiky přijela jako studentka programu Erasmus z Německa (Kiel University), kde jsem studovala magisterský obor Environmentální management. Kurzy nabízené na ČZU v Praze byly praktické a odpovídaly mým zájmům. Měla jsem příležitost rozšířit svoji výměnu a pokračovat ve stáži programu Erasmus na ČZU v Praze. Poté jsem si pobyt prodloužila o dalších šest měsíců, abych napsala svoji diplomovou práci zabývající se povodňami na Šumavě. Po ukončení magisterského studia jsem se rozhodla zůstat a pokračovat zde v doktorském studiu. Když jsem přijela do Prahy, měla jsem v úmyslu zůstat po dobu pěti měsíců, ale změnilo se to na téměř pět let, a to díky skvělému bydlení a práci, krásné přírodě a pěkným turistickým stezkám, úžasné veřejné dopravě a levnému/lahodnému pivu!

Liší se studium a zaměstnání v oblasti vodního hospodářství v České republice nějakým způsobem od studia a zaměstnání ve Vaší zemi?

Melišová: Bakalářský obor krajinné inženýrství jsem absolvovala na Slovenskej poľnohospodárskej Univerzite v Nitre (SPU). Rozdíl mezi oborami krajinného inženýrství je nepatrný, oba obory zaručují kvalitní přehled o ochraně půdy, vody, ovzduší, zúrodnování půdního fondu a hodnocení kvality životního prostředí a jeho složek s pomocí využívání výpočetní techniky a programů GIS, CAD a R.

Rozman: Dle většiny Čechů žijeme v malém státě. Vše je ale relativní a ve srovnání se Slovinskem je Česká republika několikanásobně větší. S tím souvisí i poměry ve vědě, výzkumu a vodním hospodářství. Obecně je ve Slovinsku méně prostoru pro úzce specializovaná výzkumná pracoviště. I studijní programy jsou nastavené obecněji. Ke specializaci dochází spíše v měřítku jednotlivých oddělení a výzkumných týmů. Výzkumníci z oblasti vodního hospodářství jsou aktivní na fakultách, ve státní agentuře pro životní prostředí, na geologickém institutu a v různých soukromých podnicích. Neexistuje tam ale ekvivalent vodohospodářského výzkumného ústavu, který sdružuje odborníky z různých odvětví se společným předmětem výzkumu – vodou.

Staponites: Moje profesní zkušenosti v USA byly jiné než v České republice, takže nemohu porovnávat. V USA jsem pracovala jako laboratorní technik, což byla spíše manuální práce, jako například sbírání a analyzování vzorků vody. Práce výzkumného pracovníka nyní vyžaduje více vědeckého čtení a psaní. Se současným příšerným americkým prezidentem, který ruší ekologické předpisy a popírá změny klimatu, se zdá, že USA jsou s ohledem na životní prostředí v úpadku.

Proč jste si vybral/-a práci výzkumného pracovníka ve Výzkumném ústavu vodohospodářském T. G. Masaryka?

Melišová: Práce výzkumného pracovníka je spojena s mým doktorským studiem na ČZU a nabídnuté možnosti si tuto práci osvojit ve VÚV TGM na oddělení hydrologie.

Rozman: Do VÚV TGM jsem nastoupil hned po ukončení studia hydrogeologie. Byla to pro mě dobrá příležitost začlenit se do zkušeného týmu a pracovat v oboru, který jsem vystudoval. Jedná z výhod práce výzkumníka je, že nejde o rutinu, protože se témata projektů neustále vyvíjí.

Staponites: Práce výzkumného pracovníka ve VÚV TGM byla pro mě jako doktorandku perfektním zaměstnáním. Mohu přímo aplikovat znalosti ze studia a pracovat na tématech, která mě zajímají. Práce jako výzkumný pracovník mi umožňuje neustále se učit a zlepšovat.

Jaká je Vaše specializace a kam byste chtěli směřovat svůj výzkum?

Melišová: V současné době dokončuji již zmíněné studium, které se zabývá hydrologií na nepozorovaných povodí a metody kalibrace hydrologických modelů v těchto povodích, pro které se také využívají produkty dálkového průzkumu Země.

Rozman: Jako hydrogeolog se zabývám výzkumem podzemních vod. Baví mě numerické modelování proudění podzemní vody. Jde o velmi užitečný nástroj, se kterým můžeme zpracovat a interpretovat dostupná geologická a hydrologická data, provést simulaci současných hydrogeologických poměrů a dále například modelově otestovat dopady různých změn. Chtěl bych zdokonalit své znalosti v této oblasti a získat další zkušenosti s modelováním.

Staponites: Specializuji se na oblast krajinné ekologie a analyzuji interakce využití půdy a kvality vody. V budoucnu považuji se prospěšné zahrnout do mého výzkumu problematiku dopadů změn klimatu.

Redakce

HAMR: on-line systém pro zvládání sucha – webová prezentace pro veřejnost

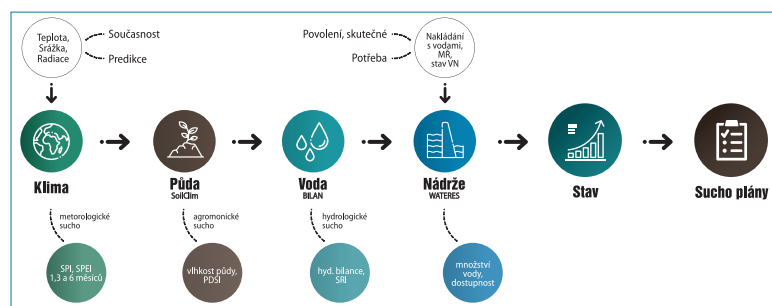
ANOTACE SYSTÉMU

Sucho a nedostatek vody jsou pojmy, které je třeba od sebe správně rozlišovat.

Sucho představuje dočasný pokles dostupnosti vody a je považováno za přirozený jev. Pro sucho je charakteristický jeho pozvolný začátek, značný plošný rozsah a dlouhé trvání. Přirozeně dochází k výskytu sucha, pokud se nad daným územím vyskytne anomálie v atmosférických cirkulačních procesech v podobě vysokého tlaku vzduchu bez srážek, která setrvává po dlouhou dobu nad určitým územím.

Nedostatek vody je definován jako situace, kdy vodní zdroj není dostačující pro uspokojení dlouhodobých průměrných požadavků na vodu.

Sucho se dělí na meteorologické, agronomické, hydrologické a socioekonomické. Z toho vychází samotný název systému HAMR (**H**ydrologické, **A**gronomické, **M**eteorologické a **R**etence), který je znázorněn na obr. 1.



Obr. 1. Schéma systému HAMR

Každá komponenta je reprezentována fyzikálně založeným matematickým modelem (SoilClim, BILAN a Wateres) a následně je hodnocena podle vypočtených indikátorů, na základě kterých danou situaci dělíme do stavů:

- normální stav,
- mírné sucho,
- silné sucho,
- mimořádné sucho.

Opakem je také hodnocení stavů, kdy je dostatek disponibilní vody. Samotné hodnocení probíhá jednou týdně a vyhodnocuje se v rozlišení vodních útvarů, pro které jsou vypočteny jednotlivé indexy. Pro hodnocení odchylek v daném týdnu od normálu se použilo referenční období 1981–2010.

Meteorologické sucho je hodnoceno na základě indexu SPEI (Standardized Precipitation Evapotranspiration Index) zohledňujícího bilanci mezi srážkovým úhrnem a evapotranspirací. Při výpočtu indexu se vychází z hodnot srážkových úhrnů a potenciální evapotranspirace.

Agronomické sucho je vypočteno na základě odchylky od normálu za období 1981–2010 pro daný týden. Za extrémní sucha jsou vyhodnocena ta, která mají pravděpodobnost výskytu nižší než 5 %, výrazné sucho 15 % a mírné sucho 25 %. Analogicky jsou kategorizovány i stavy zvýšeného nasycení.

Hydrologické povrchové se hodnotí podle aktuální hodnoty indexu SRI (Standardized Runoff Index) v daném týdnu. Pro hodnocení povrchových vod se využívá simulovaný průtok modelem Bilan v útvech povrchových vod.

Hydrologické podzemní zobrazuje aktuální hodnoty pozorování v mělkých zvodních. Výhled je následně reprezentován, zdali lze očekávat zlepšení (doplnění zásob) či zhoršení stavu v těchto zvodních.

Nedostatek vody zohledňuje především indexy na hydrologické sucho, kterému je přiřazena vyšší váha než suchu agronomickému a suchu meteorologickému. Dále je výrazně zohledněna potřeba vodních zdrojů (povrchové a podzemní odběry) v daném vodním útvaru. Potřeba je vyhodnocena na základě požadavků na vodní zdroje v daném útvaru a 90% kvantilu dlouhodobého odtoku.

Předpověď je statistická na osm týdnů a krátkodobá se opírá o pět předpovědních modelů, a to:

- IFS Evropského centra pro střednědobou předpověď,
- model GFS Amerického centra pro výzkum atmosféry,
- model GEM (CMC) Kanadského meteorologického centra,
- model UK (GUM) Global britské meteorologické služby,
- ARPEGE model francouzské meteorologické služby.

WEBOVÁ PREZENTACE

Na obr. 2 je úvodní strana webového portálu hamr.chmi.cz, kde se nachází základní mapy pro hodnocení sucha, které jsou skryté v podobě kapek, videokomentář hodnotící aktuální týden, vstup pro odborníky, který poskytuje interaktivní aplikaci (popsána níže) a textové zhodnocení aktualit. V položce menu se dále nachází popis metodiky a kontakty na jednotlivé řešitele.

INTERAKTIVNÍ APLIKACE



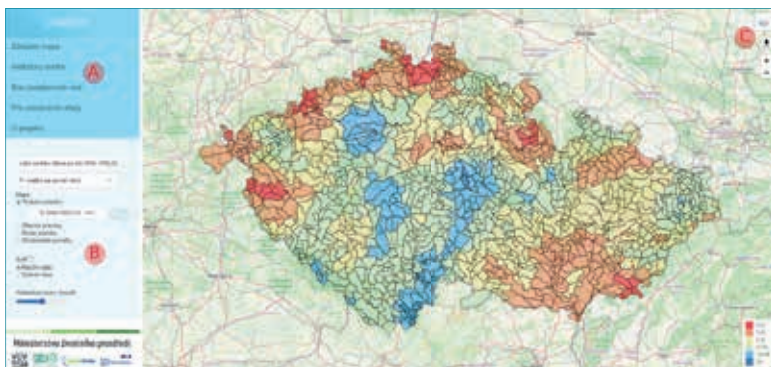
Obr. 2. Úvodní strana webového portálu hamr.chmi.cz

Přes webové stránky hamr.chmi.cz je možné vstoupit do interaktivní aplikace, která je vytvořena ve skriptovacím jazyce JavaScript. Úvodní strana aplikace je zobrazena na obr. 3 a má základní funkcionalitu:

- A. menu, kde lze vybrat typ údajů, které chceme zobrazit:
 - základní mapa,
 - indikátory sucha,
 - stav podzemních vod,
 - pro vodoprávní úřady,
 - o projektu;

B. mapové okno, kde jsou zobrazeny hodnoty vybrané veličiny pro zvolený časový horizont;

C. výběr podkladových map.

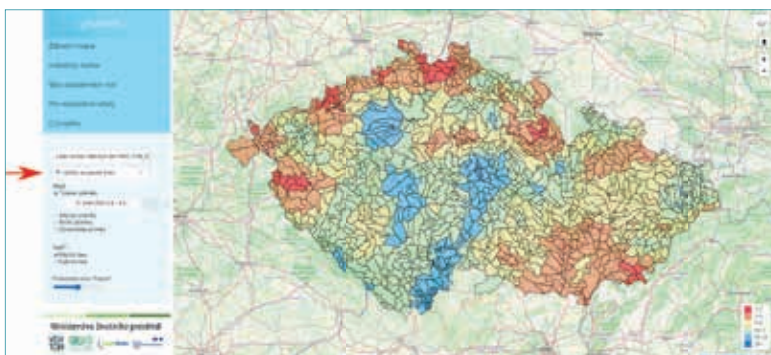


Obr. 3. Úvodní strana aplikace HAMR

ZÁKLADNÍ MAPA

Na obr. 4 je zobrazena základní mapa, která zobrazuje zvolenou veličinu hydrologické bilance (modelovanou modelem Bilan):

- P – srážky na povodí [mm],
- R – odtok (pozorovaný) [mm],
- RM – celkový odtok (simulovaný) [mm],
- BF – základní odtok (simulovaný) [mm],
- PET – potenciální evapotranspirace [mm],
- ET – územní výpar [mm],
- SW – půdní vlhkost (zásoba vody v nenasycené zóně) [mm],
- SS – zásoba vody ve sněhu [mm],
- GS – zásoba podzemní vody [mm],
- PERC – perkolace z půdní vrstvy [mm],
- RC – dotace zásoby podzemní vody [mm],
- T – teplota vzduchu [°C].



Obr. 4. Komponenta základní mapa: výběr veličiny

Data lze zobrazit jako dlouhodobé průměry, hodnoty pro zvolený rok a hodnoty pro jednotlivé měsíce ve zvoleném roce. Pro zobrazení je vytvořena funkcionalita posuvníku šipkami (doprava, doleva: posun o týden/měsíc; nahoru, dolů: posun o rok). Pro mapu lze přepínat mapový podklad:

- základní mapa (Open Street maps),
- ortofoto mapa.

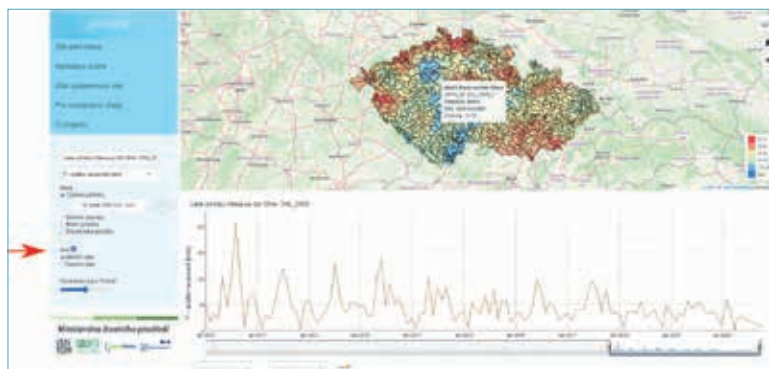
Dále lze zobrazit vrstvy:

- řeky (interaktivní zobrazení toků),
- jezera,
- nádrže,
- kraje,
- okresy,
- povodí.

Pro které je možné zvolit průhlednost vrstvy (tak, aby bylo možné zvolené území lépe identifikovat). Pod mapovým oknem se zobrazí pro zvolený vodní útvar a zvolenou veličinu její průběh od roku 1981 po současnost. Zobrazení je možné pro:

- měsíční data,
- týdenní data.

Pro zvolený vodní útvar a zvolenou veličinu je možné průběh zobrazit na grafu (viz obr. 5). Dále je možné pro zvolený útvar stáhnout data.



Obr. 5. Komponenta základní mapa a podokno grafu

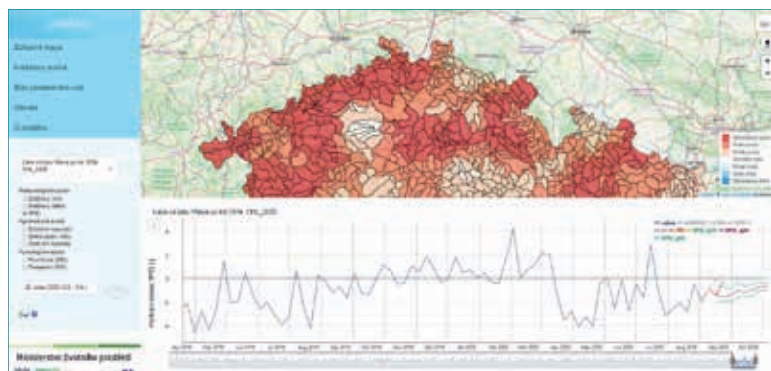
INDIKÁTORY SUCHA

V komponentě indikátory sucha jsou zobrazeny analogicky se základní mapou tzv. indikátory sucha pro:

- meteorologické sucho (srážkový úhrn, srážkový deficit, SPEI),
- agronomické sucho (maximální nasycení půdy, deficit půdní vláhy, retenční kapacita),
- hydrologické sucho (povrchové sucho – SRI, podzemní sucho – SGI, dostupnost vody, dostupnost vody podle M-denních vod).

V rámci meteorologického sucha se hodnotí aktuální srážkové úhrny v daném týdnu, srážkové deficity v daném kalendářním roce a index SPEI, který je založen na rozdílu srážkových úhrnů a potenciální evapotranspirace. Z tohoto rozdílu je index napočítán (analogie pro SRI a SGI). Index SPEI a jeho průběh je zobrazen na obr. 6 v dolní (grafové) části. Zobrazen je vodní útvar OHL_0100 od května 2019 po současnost. V grafu jsou vidět výrazně nízké hodnoty v průběhu letních měsíců (od -2 nastává mimořádné sucho) a jeho následný vývoj. V pravé části potom predikovaný vývoj podle pěti klimatických modelů (model IFS zvýrazněn červeně) na dva týdny dopředu a delší statistickou predikcí (zelená: kvantil 10%, fialová: kvantil 10% a modrá: kvantil 50%).

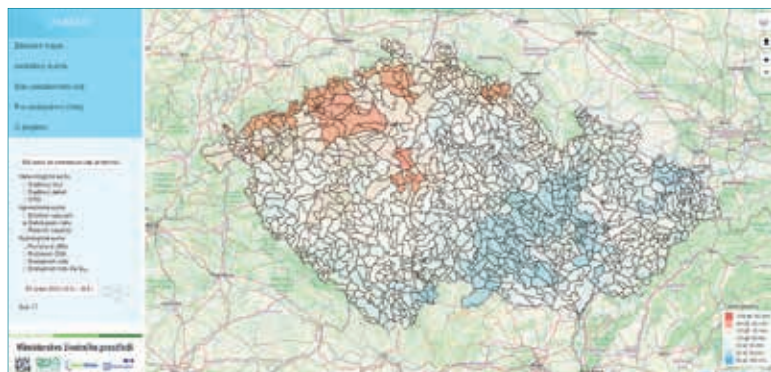
V komponentě agronomické sucha jsou zobrazeny především výsledky modelu SoilClim, které jsou také prezentovány na webu www.intersucho.cz. V tomto případě jsou výsledky modelu agregovány do vodních útvarů, a proto se mohou lehce lišit. V rámci systému HAMR je navíc hodnocena i zvýšená dostupnost vody v půdním profilu. Analogií již zmíněného indexu je deficit půdní vláhy (obr. 7), který je vypočten jako rozdíl aktuální dostupné vody



Obr. 6. Mapové zobrazení indexu SPEI

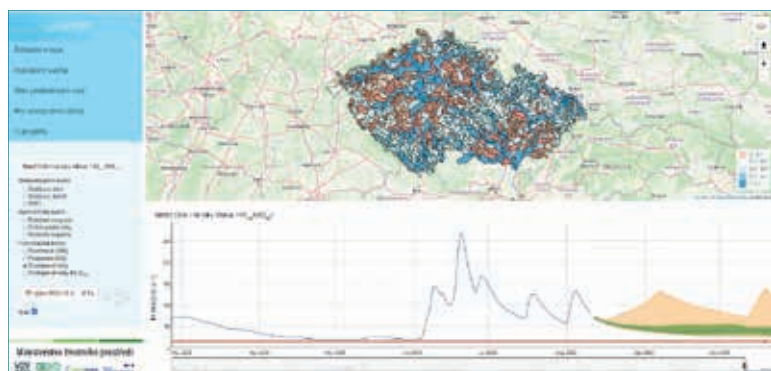
v půdě od dlouhodobého normálu pro daný týden. Pro mnoho lidí je tento index reprezentativnější. Půda má také danou kapacitu udržet vodu (záložka retenční kapacita).

Přirozené odtokové výšky pro jednotlivé vodní útvary jsou převedeny na indikátor SRI (analogie SPEI). Dostupnost vody pro jednotlivé vodní útvary jsou zobrazeny na obr. 8. Jedná se o modelované hodnoty vodohospodářským modelem WATERES, které jsou pro současnost korigovány podle pozorování, na tomto stavu je tvořena predikce na osm týdnů (viz obr. 8, kde je zobrazen také časový průběh s predikcí). Níže je také možné zobrazit dostupnost vody podle M-denních vod.



Obr. 7. Deficit půdní vláh

Mapové zobrazení aktuálního stavu podzemních vod s průběhem hladiny vybraného vrtu se nachází v komponentě Stav podzemních vod. Historie pozorování pro mělké vrtu je od roku 2014. Do budoucna se předpokládá také zobrazení hlubokých zvodní a do komponenty podzemních vod budou implementovány výsledky projektu TA ČR, které poskytnou informaci o disponibilních zdrojích podzemní vody.



Obr. 8. Dostupnost vody

PRO VODOPRÁVNÍ ÚŘADY (KOMPONENTA NAKLÁDÁNÍ S VODOU)

V systému jsou hodnoceny údaje nakládání s vodou na základě databáze vodohospodářské bilance, pro kterou je evidováno nakládání s objemem větším než 6 000 m³/rok nebo 500 m³/měsíc. Nakládání je rozděleno:

- POD – odběr z podzemních vod,
- POV – odběr z povrchových vod,
- VYP – vypouštění do povrchových vod,
- VYZ – vypouštění do podzemních vod.

Do sekce pro Vodoprávní úřady je nezbytné se přihlásit. Z tohoto důvodu zde nejsou uvedeny podrobnější informace.

Autoři

Ing. Adam Vizina, Ph.D.

✉ adam.vizina@vuv.cz

ORCID: 0000-0002-4683-9624

doc. Ing. Martin Hanel, Ph.D.

✉ martin.hanel@vuv.cz

ORCID: 0000-0001-8317-6711

prof. Ing. Mgr. Miroslav Trnka, Ph.D.

✉ trnka.m@czechglobe.cz

ORCID: 0000-0003-4727-8379

RNDr. Jan Daňhelka, Ph.D.

✉ jan.danhelka@chmi.cz

ORCID: 0000-0002-6860-464X



Před sto padesáti lety byl vydán vodní zákon č. 71/1870 čes. z. z.

ÚVOD

V letošním roce je tomu přesně jedno a půl století od vydání českého zákona zemského č. 71/1870 čes. z. z., o tom, která lze vody užívat, ji svozovat a jí se bránit. Šlo o první komplexní předpis pojednávající již souhrnně o celé oblasti vodního práva. Obdobně byl ve stejném roce vydán moravský zákon zemský č. 65/1870 mor. z. z., o používání i provádění vod a obraně proti nim, a slezský zákon zemský č. 51/1870 slez. z. z., o užívání a provádění vod i obraně proti nim. Oba zemské zákony se od českého lišily pouze v některých dílčích ustanoveních.

SITUACE V ČESKÝCH ZEMÍCH PŘED ROKEM 1869 – SNAHA O VYTVOŘENÍ JIŽ MODERNÍ CELKOVÉ KONCEPCE JEDNOTNÉHO SYSTÉMU VODNÍHO PRÁVA PLATNÉHO PRO CELÉ PŘEDLITAVSKO

Vydání základní normy vodního práva se v 19. stol. (oproti např. sousednímu Bavorsku či Prusku) poměrně opožďovalo. S ohledem na uvedenou situaci je proto zapotřebí uvést nejprve krátkou poznámku o některých dalších tehdejších právních předpisech, majících jak přímou, tak nepřímou souvislost s vodoprávní problematikou. Jako význačnou kodifikaci lze jmenovat především císařský patent ze dne 3. prosince 1852, č. 250 ř. z., jímž se vydává lesní zákon s platností od 1. ledna 1853 (zkráceně šlo o tzv. lesní zákon). Problematice plavení dřeva byly věnovány § 27–31. V § 32 bylo ustanovení, které vymezovalo náležitosti povolení stavby sloužící ku plavení dříví – v případě většího počtu uchazečů (pokud by nedošlo mezi nimi k dohodě). V § 33 se stanovily požadavky na zřízení nové stavby potřebné ku plavení dříví. Uvedené problematice pak byla věnována pozornost i v následujících § 34–43. Obdobně (s ohledem na to, že jak říšský vodní zákon č. 93/1869 ř. z., tak zemský zákon č. 71/1870 čes. z. z. byly vydány poněkud „opožděně“) došlo k tomu, že určitá část vodoprávní problematiky byla zahrnuta rovněž do (rovněž dříve vydaného) všeobecného zákona horního, ze dne 23. května 1854, č. 146 ř. z., ve kterém se mj. v § 128 vymezil pojem tzv. důlních vod.

Pokud jde o vlastní vývoj legislativy vodního práva nejen v Českých zemích, ale i v celém Předlitavsku, lze poznamenat, že první snaha o zcela zásadní komplexní kodifikaci vzešla v rámci zasedání Zemědělského kongresu (ve Vídni) již v roce 1849. V následujícím roce došlo k vypracování „Návrhu zákona o právu vodním“, který byl ministerstvem obchodu zaslán k posouzení ministerstvu vnitřní (zde bohužel spis „kafkovsky“ „odpočíval“ až do roku 1862). Určitým problémem též bylo, zda by navrhovaný dokument měl mít působnost pouze zemskou, či naopak jen říšskou (předlitavskou). Vlastní text se nám nepodařilo dohledat – je však zřejmé, že zde byla zdůrazněna právní zásada (v souladu s římským právem) týkající se toho, že tekoucí povrchové vody nemohou být jen předmětem výlučného vlastnického práva. V roce 1862 byla (po delší době) konečně zpracována tzv. vládní předloha vodního zákona. Ta se (až v roce 1866) zaslala všem 17 zemským sněmům (existujících tehdy v rámci celého Předlitavska) k vyjádření („dobrozdání“). Zemské sněmy v Čechách, Haliči, Bukovině, Štýrsku a Tyrolsku se však k návrhu postavily zcela odmítavě s tím, že záležitosti vodoprávní chápou jako součást zemědělské legislativy – tedy plně jako oblast zákonodárství zemského, nikoliv říšského. Sněm Krajiny s výše

uvedeným stanoviskem (též českým) souhlasil – vyjádření přesto Vídní zaslal. Naopak Hornorakouský, Dolnorakouský, Solnohradský, Vorabelský a Korutanský sněm kompetenci Říšské rady, bez jakýchkoliv výhrad, plně uznal.

ŘÍŠSKÝ VODNÍ ZÁKON Č. 93/1869 Ř. Z.

V roce 1869 byl konečně předložen Říšské radě návrh vodního zákona – ten po schválení vyšel jako říšský vodní zákon č. 93/1869 ř. z. (sloužil jen jako právní předpis „rámcový“). Přejal řadu principů římského vodního práva. V první části zákona (§ 1–6) byly vymezeny právní vlastnosti vod. § 1–3 měl následující znění:

„Právní vlastnost vod (vodstva) se posuzuje podle pravidel obecného práva občanského, zvláště pak podle ustanovení § 2–7 tohoto zákona. Řeky a velké řeky jsou od toho místa, odkud na nich začíná používání plavby lodí nebo vorů, i se svými vedlejšími rameny, veřejným majetkem (statkem) – tuto vlastnost si zachovávají i tehdy, jestliže se plavba po nich přechodně přeruší nebo je zcela ukončena. Také části velkých řek a řek, ve kterých se neplaví lodí a vory, též potoky a jezera a jiné tekoucí vody nebo stojaté vody jsou veřejným majetkem (statkem), pokud někomu nenáleží podle ustanovení zákona nebo z nějakého zvláštního soukromoprávního titulu. Tím nejsou dotčena ta ustanovení obecného občanského práva, která chrání vlastnictví.“

Ve druhé části (§ 7–9) bylo pojednáno užívání veřejných vod (vodních toků) k plavení vorů a plavbě lodí – § 7 stanovil, že držitelé břehů jsou povinni zdarma umožnit, aby lodí a vory přistávaly na místech od úřadu k tomu stanovených. Ve třetí části (§ 10–18) lze nalézt ustanovení o vodách (vodních tocích) soukromých, ve čtvrté části (§ 19) pak o právu lovit ryby. Pátá část (§ 20–25) se věnovala tzv. vodním družstvům; v šesté části (§ 26) byly stanoveny povinnosti soukromých vlastníků s ohledem na příslušný příspěvek požadovaný při zřizování vodních staveb prováděných na náklad státu či země. V sedmé části (§ 27) se nacházelo zmocnění zemských sněmů k vydávání dalších zákonů v oblasti užívání povrchové vody a ochrany před ní (včetně provozování plavby). V poslední části (§ 28 a 29) můžeme nalézt ustanovení týkající se platnosti a účinnosti. Podle jak § 18 a 25, tak především § 27 říšského vodního zákona č. 93/1869 ř. z. měly pak zemské sněmy vydat podrobnější vodoprávní předpisy.

PROJEDNÁVÁNÍ NÁVRHU ZNĚNÍ ČESKÉHO ZEMSKÉHO VODNÍHO ZÁKONA VE SNĚMU KRÁLOVSTVÍ ČESKÉHO V ŘÍJNU 1869

O vládní předloze vodního zákona z roku 1866 jsme se již zmínili. Ta byla původně Sněmem Království českého zcela jednoznačně zamítnuta. Určitým (v dřívější době značně diskutovaným) problémem totiž bylo, zda by navrhovaný zákon měl mít působnost zemskou, či jen říšskou. S ohledem na tuto nastalou situaci se legislativní práce opětovně zpomalily – též díky nejednotnému názoru vzešlému z jednotlivých zemí (viz výše). Ministerstvo orby ve Vídni v roce 1869 částečně přepracovalo starší znění tzv. předlohy zemských vodních zákonů z roku 1866 (provedené změny nebyly však významné). Následně byla tato podrobná vládní předloha (určená ke zpracování všech 17 zemských vodních zákonů /mj. č. 71/1870 čes. z. z., č. 65/1870 mor. z. z. a č. 51/1870 slez. z. z./) zaslána všem zemským sněmům v druhé polovině roku 1869. Šlo rovněž o naplnění kompetence stanovené v § 27 říšského vodního zákona č. 93/1869 ř. z. S ohledem na uvedené

Číslo 71.

Zákon, daný dne 28. srpna 1870,

o tom, kterak lze vody užívatí, jí svozovatí a jí se brániti.

S přivolením sněmu Mého království Českého vidí se Mi na základě ustanovení o právé vodním, obsažených v říšském zákoně, daném dne 30. května 1869, čís. 93 zákoníka říšského, naříditi takto:

Částka I.**O právní vlastnosti vod.****§. 1.**

Právní vlastnost vod uvažována buď dle pravidel obecného práva občanského dle toho, co nařizeno v §§. 2—7. tohoto zákona (§. 1. zákoníka říšského).

§. 2.

Řeky a vteky jsou od toho místa, kde po nich počínají jezdit lodě nebo vory i s vedlejšími rameny svými, statkem veřejným a zachovávají tuto vlastnost i tehdy, když plavba po nich na čas se přeruší nebo docela přestane (§. 2. zák. říšského).

§. 3.

Také části vtekek a řek, po kterých nejedí lodě a vory, též potoky a jezera a jiné vody tekoucí neb stojaté jsou statkem veřejným, pokud dle zákona nebo z nějakého zvláštního titulu soukromého někomu nenáleží. Toto netýče se nařízení obecného práva občanského, jimiž držení se ochraňuje (§. 3. zákoníka říšského).

§. 4.

Níže jmenované vody, nejsou-li tomu na odpor práva od jiných nabytá, náležejí držitelé pozemku:

- a) voda podzemní v jeho pozemku uzavřená a z něho se prýstící, až na prameny slané, které jsou monopolem státním, a na vody cementní, k regálu hornímu náležející;
- b) vody shromažďující se na jeho pozemku ze sraženia atmosferních;
- c) voda zavřená v studních, rybnících, cisternách, nebo jiných nádržkách na jeho pozemku se nacházejících, aneb v kanálech, trubách atd. k jeho potřebám soukromým od něho založených;

Nr. 71.

Gesetz vom 28. August 1870

über Benützung, Leitung und Abwehr der Gewässer.

Mit Zustimmung des Landtages Meines Königreiches Böhmen finde Ich auf Grundlage der über das Wasserrecht im Reichsgesetze vom 30. Mai 1869, Nr. 93 R.-G.-Bl., enthaltenen Bestimmungen anzuordnen, wie folgt:

Erster Abschnitt.

Von der rechtlichen Eigenschaft der Gewässer.

§. 1.

Die rechtliche Eigenschaft der Gewässer ist nach den Grundätzen des allgemeinen bürgerlichen Rechtes und insbesondere nach den Bestimmungen der §§. 2 bis 7 dieses Gesetzes zu beurtheilen (§. 1 des Reichsgesetzes).

§. 2.

Flüsse und Ströme sind von der Stelle an, wo deren Benützung zur Fahrt mit Schiffen oder gebundenen Flößen beginnt, mit ihren Seitenarmen öffentliches Gut und behalten diese Eigenschaft auch dann, wenn diese Benützung zeitweise unterbrochen wird oder gänzlich aufhört (§. 2 des Reichsgesetzes).

§. 3.

Auch die nicht zur Fahrt mit Schiffen oder gebundenen Flößen dienenden Strecken der Ströme und Flüsse, sowie Bäche und Seen und andere fließende oder stehende Gewässer sind öffentliches Gut, in soweit sie nicht in Folge gesetzlicher Bestimmungen oder besonderer Privatrechtstitel Jedemdem zugehören. Die den Besitz schützenden Vorschriften des allgemeinen bürgerlichen Rechtes werden hiedurch nicht berührt (§. 3 des Reichsgesetzes).

§. 4.

Nachfließende Gewässer gehören, wenn nicht von Anderen erworbene Rechte entgegenstehen, dem Grundbesitzer:

- a) das in seinen Grundstücken enthaltene unterirdische und aus demselben zu Tage quellende Wasser, mit Ausnahme der dem Salzmonopole unterliegenden Salzquellen und der dem Bergregale gehörigen Gementwässer;
- b) die sich auf seinen Grundstücken aus atmosphärischen Niederschlägen ansammelnden Wässer;
- c) das in Brunnen, Teichen, Cisternen oder anderen auf Grund und Boden des Grundbesitzers befindlichen Behältern, oder in von demselben zu seinen Privat Zwecken angelegten Kanälen, Röhren u. eingeschlossene Wasser;

České a německé znění zákona č. 71/1870 čes. z. z. zveřejněné v Zákoníku zemském Království českého (sbírce zákonů)

nové okolnosti proto Sněm Království českého své dřívější odmítavé stanovisko (z roku 1866) přehodnotil.

K vlastnímu projednávání vládní předlohy Sněmem Království českého pak došlo na podzim roku 1869 (tj. po vydání platného znění zákona č. 93/1869 ř. z. /30. květen 1869/). Byla ustanovena zvláštní komise vedená JUDr. Klierem. Ta částečně vládní předlohu přepracovala již před druhým čtením tohoto zemského zákona, které proběhlo ve dnech 18.–20. října 1869. Návrh znění četl (jako zpravodaj) německy JUDr. Klier, českou verzi pak sněmovní tajemník Schmidt. Čtení bylo zahájeno přibližně v 13:30 v rámci 10. bodu jednání sněmu v pondělí 18. října 1869. V prvním dni se dospělo až k § 24 zákona (včetně). K žádným námitkám nedošlo, návrh znění všech paragrafů byl jednoznačně schválen (podle tehdejšího jednacího řádu se vždy hlasovalo jednotlivě u každého paragrafu). Diskuse (převážně v němčině) byla minimální. Pouze u § 11 se navrhla oprava poměrně nezávažné tiskové chyby.

Druhé čtení pokračovalo též v následujícím dni, tj. úterý 19. října 1869. Zpravodaj JUDr. Klier zahájil čtení u § 25. Až do § 55 proběhlo vše bez závažných připomínek. Nepříliš velké změny byly provedeny pouze u § 55, 60 a 64 návrhu zákona. V § 67 se vypustila jen formulace: „... ani zvláštními zákony“. Ve středu 20. října 1869 se pokračovalo ve druhém čtení zákona od § 74, který byl rovněž částečně přeformulován. K poslední změně v tomto dni pak došlo na základě návrhu poslance JUDr. Knolla, který prosadil (i přes odmítavé stanovisko zpravodaje JUDr. Kliera) vložení nového § 89 za stávající § 88 (všechny následující paragrafy musely být následně přečíslovány). Jeho návrh byl následně Sněmem Království českého schválen. Ve stejném dni proběhlo současně i třetí čtení zákona (množství schválených změn oproti předkládanému návrhu bylo totiž v podstatě minimální). JUDr. Klier opětovně zrekapituloval všechny změny – a tak mohl nejvyšší maršálek dát odhlasovat zahájení třetího čtení (v rámci III. zasedání sněmu /období 1867–1869/). To bylo krátké – zákon byl schválen tak, že všichni přítomní poslanci povstali (nepřítomných bylo přibližně 30 %). Zákon měl vyjít v dubnu 1870, k jeho zveřejnění však došlo později – a to až v srpnu.

STRUČNÝ KOMENTÁŘ K PŘÍSLUŠNÝM USTANOVENÍM ČESKÉHO ZÁKONA ZEMSKÉHO Č. 71/1870 ČES. Z. Z., O TOM, KTERAK LZE VODY UŽÍVATI, JI SVOZOVATI A JÍ SE BRÁNITI

Po vylíčení legislativního procesu v předešlé části tohoto článku se pokusíme ve stručnosti popsat jednotlivá ustanovení uvedeného zemského zákona. Ten (stejně jako říšský zákon č. 93/1869 ř. z.) členil vodní toky („vody“ – „vodstvo“) na veřejné a soukromé. Za veřejné vodní toky prohlásil řeky (a „veleřeky“) od místa používaného k plavbě loděmi a vory ode dne, kdy již vstoupil v platnost říšský vodní zákon (tj. 24. července 1869). Ty byly považovány za veřejný statek (majetek) v celém dalším toku i s vedlejšími rameny, bez ohledu na to, zda šlo o ramena přirozená či uměle vybudovaná. Nacházelo se zde též ustanovení, že veřejným majetkem jsou i ostatní (tekoucí) „vody“, popřípadě jezera („vody stojaté“), u nichž nebude vyvrácena presumpce veřejnosti buď tím, že již podle zákona někomu patří, anebo že k nim někdo prokáže soukromý právní titul (uvedená problematika byla pojednána v § 1–3 českého zákona zemského č. 71/1870 čes. z. z. – při srovnání s § 1–3 zákona č. 93/1869 ř. z. lze konstatovat, že text byl v podstatě nezměněn). U vodních toků platilo, že „byly od toho místa, kde začínala plavba lodí nebo vorů, i se svými vedlejšími rameny, veřejným majetkem, a to i tehdy, pokud se plavba po nich přechodně přerušila nebo zcela ukončila.“ V § 4 se uváděly vody (jak povrchové, tak podzemní), které byly podle zákona soukromými (pouze pro informaci poznamenáváme, že znění § 4 zákona č. 93/1869 ř. z. a § 4 zákona č. 71/1870 čes. z. z. bylo téměř shodné – německé bylo „doslovně“ shodné). Podle jak říšské, tak zemské verze platilo, že soukromou vodou byla především voda podzemní – též i srážková, která na daný pozemek dopadla a zde se případně po určitou dobu akumulovala – rovněž pak i voda shromážděná v (uzavřených) nádržích spolu s vodou nacházející se v kanálech či potrubí. Na základě ustanovení § 5 se v té době potoky pojímaly spíše jako „vody“ (tj. vodní toky) soukromé – též i jako příslušenství daných pozemků. V § 6 bylo dáno, že tekoucí soukromé vodní toky může vláda prohlásit za veřejný statek (podle § 365 ABGB). Úplné znění zákona č. 71/1870 čes. z. z. i podrobný komentář lze nalézt v řadě vydaných publikací i na internetových stránkách.

Ve druhé (poměrně obsáhlé) části zákona č. 71/1870 čes. z. z. (§ 7–40) byla pojednána širší oblast užívání vod (v německé verzi „vodstva“ – dnes by šlo pojmově o povrchové vody). V § 7 se vymezovaly zásady, jak užívat vodní toky k plavbě a též, jak by se měly provozovat soukromé přívozy. V § 8 a 9 se jednoznačně stanovily povinnosti majitelů břehů veřejných řek. Šlo o určitá věcná břemena, která tito museli strpět. Paragraf 10 hovořil o tom, že u soukromých vodních toků lze aplikovat (téměř) neomezené užívání povrchové vody příslušným majitelem pozemku. Podle ustanovení obsaženého v § 11 pak majitel pozemku nesměl povrchovou vodu užívat (spotřebovat nebo převádět) na úkor majitele dolního pozemku. V § 12 se nacházel ten požadavek, že nespotebovaná voda (kterou majitel pozemku odvedl ze soukromého vodního toku) musela být vrácena zpět – a to dříve, než tento vodní tok (většinou potok) přitekne k pozemku jiného (sousedícího) vlastníka. V § 13 bylo obsaženo ustanovení týkající se možné soukromoprávní úmluvy za účelem společného užívání vody. Paragraf 14 stanovil, že u soukromého vodního toku mohou užívat majitelé protějších břehů vždy jen jeho příslušnou polovinu. V § 15 a 16 lze zaznamenat podobná ustanovení, jako jsou ta, která se nacházejí v současném zákonu č. 254/2001 Sb. v § 6 (obecné nakládání s povrchovými vodami). V § 17 pak bylo určeno, že ke každému jinému užívání (ale pouze veřejných vod) je vždy zapotřebí povolení „politického“ (podle dnešního pojetí správního) úřadu. Jednalo se o klíčové ustanovení tohoto zákona. U soukromých vodních toků bylo nutné povolení pouze v případě, že by byla dotčena jiná práva. Rovněž se vyžadovalo získání povolení k vodním dílům, která by mohla změnit tok nebo výšku vody – případně i ohrozit stabilitu břehů. Důležité bylo i znění § 18, ve kterém

se uvádělo, že kterým vodním dílům je nezbytné povolení příslušného „politického“ (správního) úřadu. Šlo o díla, kterými se „voda nahání“ – tj. díla spojená s výstavbou „hnacích strojů“ (dnes by šlo o energetické využití vodního spádu). Dále se pak zmiňovala díla, která sloužila ke vzdouvání vody „zdymadla“. V § 19 byla dána povinnost správního úřadu s ohledem na stanovení bližších podrobností v listině, kterou bylo povolení uděleno, tj. množství vody a vymezení místa, kde se příslušné užívání vody realizovalo. V § 20 bylo doporučeno, aby příslušný úřad při povolování zohlednil i ostatní uživatele, kteří by případně mohli trpět nedostatkem vody. Šlo především o obce, které nejčastěji vodu potřebovaly pro domácnosti (včetně zemědělského hospodářství). Také nemělo dojít k případnému nedostatku vody pro požární potřebu. V § 21 bylo stanoveno, že veškerá vodní díla (a „stroje“ – v 19. století to byla vodní kola nebo turbíny pohánějící mlýny či tovární zařízení /např. transmisí/) musí být zřízena (i provozována) tak, aby nedocházelo k tomu, že by případně voda (nebo i led /ledová tříšť/) nebyla schopna odtékat. Rovněž se pamatovalo na zachování podmínek rybolovu. V § 22 bylo zajímavé ustanovení, které se týkalo záplav pozemků vzniklých vzdouváním vody. Majitel vodního díla musel souhlasit s provedením příslušných stavebních změn. Ty však byly provedeny na útraty těch, kteří požadovali možnost snížení hladiny pro případný stav v době záplav (například zřízení jezových propustí). Zároveň nemělo dojít ke snížení rozsahu energetického využití. Toto ustanovení se stávalo (na základě své určité nejednoznačnosti) příčinou mnoha sporů. Otázkou bylo, do jaké míry záplavy souvisely s vybudováním příslušného jezu (prahu, hráze) – a také, jaká by nastala újma při provedených (majiteli okolních pozemků vyžadovaných) stavebních změnách u vodního díla. S ohledem na dnešní dobu lze za poměrně aktuální označit § 23 – v následujícím § 24 se určovaly povinnosti v případech, že by hladina přestoupila povolenou mez. Majitel vodního díla rovněž musel neprodleně odstranit překážky ve vodním toku – při minimálních hladinách měla být naopak stavidla uzavřena. Při nedodržení tohoto ustanovení šlo o přestupek podle vodního zákona (§ 71 – viz níže). V § 25 byl dán normativně odkaz na (později vydané) vládní nařízení č. 53/1872 z. z. čes. (technické určení typu „cejchu“, tj. vodočtu). V § 26 se vysvětlovalo, že vodní právo se vztahuje k vodnímu dílu, nikoliv k osobě, která povolení získala. Práva a povinnosti přecházely na pozdějšího nabyvatele díla. V § 27 bylo určeno, že užívání vody se musí řídit vodoprávním výměrem, a též dalšími stanovenými podmínkami. Paragraf 28 zahrnoval poměrně rozsáhlá ustanovení – šlo především o nezbytné zajištění veřejného zájmu či o další možné hospodářské využití tzv. soukromých vod a možnou realizaci opatření, která by omezila škodlivé účinky povodní. Vodní zákon umožňoval (odkazem na § 365 ABGB) odejmout vlastnické právo a soukromý vodní tok vyvlastnit – následně pak provést prospěšná opatření. Podle § 28 se mohl (s ohledem na hospodářský zájem) ve prospěch majitele vodního díla zatížit cizí pozemek služebností vedení vody, a to kvůli jejímu lepšímu využití nebo proto, aby bylo zabráněno jejím škodlivým účinkům. V následujícím § 29 pak bylo též stanoveno, že ve vodoprávním povolení musí být vymezena lhůta, do které má být povolení využito – jinak po marném uplynutí zaniklo. Paragraf 30 pojednával o tzv. důlních vodách. O dříve vydaném horním zákonu jsme se již zmiňovali – v dané oblasti byl tehdy zcela jednoznačně nadřazen zákonu vodnímu. Vodoprávní úřady měly kompetenci pouze při používání těchto vod mimo účely horní a v případech, kdy tyto vody ohrožovaly svými účinky veřejný zájem. V § 31 byl dán odkaz na lesní zákon pro případ povolování plavení dříví na řekách (o tomto zákonu jsme se již výše též zmiňovali). Paragraf 32 byl do určité míry obdobný § 28. Šlo zde o určení služebností (za přiměřenou náhradu) v případě výstavby zavlažovacích zařízení, stavidel, hrází atp. Důležitým momentem se stávalo především prokázání tzv. národohospodářské důležitosti navrhovaného opatření. V § 33 byla dána zásada, že každý, kdo vodním dílem přeruší dosavadní komunikaci, se musí postarat o výstavbu mostů či lávek, a to na vlastní náklady. Podle § 34 bylo možné, aby majitel pozemku zatíženého služebností (podle § 28 a 32) mohl žádat o společné využívání daného vodního díla. O výši příspěvku na provoz díla a míře spoluužívání rozhodl příslušný

správní úřad. O nebezpečí požáru pojednával § 35. O povinnostech obcí postarat se v případě trvalého nedostatku vody o krytí nezbytné její potřeby pak § 36 – šlo však o ustanovení do určité míry sporné, protože podle jiných tehdejších právních předpisů nebylo možné obec přímo donutit k opatřením stanoveným v § 36. Z uvedené formulace spíše vyplývala jen možnost případného vyvlastnění, které se vymezovalo v následujícím § 37. U soukromých vodních toků bylo (v rámci jejich užívání) přípustné (pokud je příslušní vlastníci nepotřebovali) – a to za přiměřenou náhradu. V § 38 pak bylo dáno upřesnění, že při nedohodě o výši náhrady související s vyvlastněním (jak podle § 28, tak § 37) se věc řeší soudně. V § 39 byla stanovena možnost vyvlastnění soukromých vod i v případě zajištění potřeby pouze části obce (samoty). V § 40 lze nalézt ustanovení, které pojednávalo o možném ohrožení práva rybolovu výstavbou příslušného vodního díla či užíváním vody.

Třetí část zákona pojednávala o plavbě a ochraně před povodněmi. Paragraf 41 upravoval záležitosti spojené s výstavbou odvodňovacích a zavlažovacích zařízení. Podle § 42 bylo vždy zapotřebí vodoprávní povolení k ochranným a regulačním stavbám na veřejných tocích. Zároveň zde byl obsažen odkaz na § 413 ABGB. Obdobně se v následujícím § 43 nacházel odkaz na § 413 ABGB, a to pro břehy, hráze, koryta a nádrže. V § 44 byla dána povinnost dotčených majitelů vodního díla (strojů) řádně udržovat kanály a umělé náhony. S ohledem na ustanovení § 45 se jednalo o povinnosti v případech škodlivého působení vody nebo při odstraňování škod vzniklé vodou. Šlo však o ty případy, které nevymezoval § 44. Povinnost měli ti, kteří byli působením vody ohroženi. K provedení ochranných staveb se požadovalo vodoprávní povolení. Mohli je budovat (na svůj náklad) majitelé příbřežních ohrožených pozemků. Pokud by byli ohroženi i jiní vlastníci, pak se rozvrhly příspěvky (nutné k provedení opatření nebo ochranných staveb) na základě řízení za účasti znalce. Když se jednalo o ohrožení celých obcí, bylo nutné použít ustanovení § 46. Využil se institut tzv. vodního družstva (podrobně viz níže – šlo o § 52–69). Paragraf 47 řešil speciální situaci, kdy pozemek, na kterém byla vybudována stavba, nikomu nepatřil. V praxi však tento případ v podstatě nikdy nenastal. Paragrafem 48 byla doplněna ustanovení § 407–412 ABGB – a to, že půda získaná na základě regulace vodního toku byla přidělena tomu, kdo tuto regulaci provedl. Paragrafem 49 se dávalo stavitelům nových vodních děl právo na vyvlastnění nemovitostí (případně možnost zatížení služebností) v mnohem širším rozsahu než podle § 28 a 32. Odlišné však bylo to, že se muselo jednat průkazně o tzv. veřejný zájem. Podle ustanovení § 50 se též umožňovalo v tomto zájmu užívat cizí pozemky s ohledem na výstavbu či údržbu vodních děl. Paragraf 51 pojednával o krizové situaci v případě velkého nebezpečí, které by mohlo nastat na základě protřžení hráze či následkem povodně. Bylo dáno zmocnění „politickým“ (správním) úřadům a starostům obcí k provedení nouzových opatření (bez jakéhokoliv správního řízení). Za tím účelem byli oprávněni žádat okolní obce o pomoc, dodání pracovních sil, povozů, nářadí atp. V § 52 se zmiňovaly případy, kdy stát prováděl rozsáhlé regulační nebo jiné stavby, které byly značně nákladné a které by současně mohly některým právnickým osobám či majitelům sousedních pozemků přinášet značná finanční či hospodářská znevýhodnění. V takových případech se mohl na dotčených osobách požadovat příspěvek k vybudování vodních děl.

Ve čtvrté části (§ 52–69) byla pojednána problematika tzv. vodních družstev. Tento institut byl poměrně často využíván v případech, kdy bylo zapotřebí vykonat rozsáhlá opatření, která se dotýkala více zúčastněných majitelů příslušných pozemků. Možným zájemcům o podrobné prostudování uvedeného institutu, obsaženého v samostatné části zákona č. 71/1870 čes. z. z., lze doporučit původní text i komentáře, které mohou nalézt v řadě vydaných publikací – též na internetových stránkách.

Pátá část začínala § 70, ve kterém byla obsažena úvodní ustanovení o přestupcích a trestech. Poškození vodních staveb se posuzovalo obdobně jako poškození polní plyn podle příslušných zákonů o ochraně polního majetku. Předmětem ochrany byly rybníky, sádky, hráze, jezy, studně, vodovody atp. Vlastní přestupky podle vodního zákona stanovil § 71. Za tento čin se pokládalo přestoupení všech vodoprávních předpisů. Většinou šlo o změny na vodních dílech provedené bez povolení příslušného správního úřadu. Podle § 72 byl obviněný povinen též k náhradě škody, kterou způsobil. Dále pak mohl úřad požadovat odstranění tzv. „svémocných novot“, tj. uvedení věcí do původního stavu. Paragraf 73 určil, že všechny vybrané pokuty plynuly do fondu určeného pro podporu vzdělání zemědělské půdy (kupodivu nikoliv na účely vodohospodářské). V § 74 byly definovány promlčecí lhůty.

Šestá část (§ 75–101) pojednávala o úřadech a řízení. Ustanovením § 75 byla všeobecně vymezena působnost „politických“ (správních) úřadů ve vodoprávních věcech – v § 76 pak jejich místní příslušnost. Platila všeobecná zásada, že příslušným byl ten okresní („politický“) úřad (magistrát), na jehož území se dané vodní dílo nacházelo (nebo mělo být vybudováno). Ve složitějších případech (na hranici okresu) bylo rozhodující umístění hlavní části vodního díla. Zemské úřady pak prvoinstančně rozhodovaly ve věcech týkajících se staveb na vodních tocích užívaných k plavbě lodí a vorů. V § 77 byla podrobně pojednána možnost povolit provedení průzkumných prací ještě před vlastním zpracováním projektu a před jeho předložením vodoprávnímu úřadu – a to i na cizích pozemcích. Paragraf 78 určoval, jaké náležitosti má mít předložený projekt a žádost o povolení. Paragraf 79 ukládal povinnost úřadům předběžně posoudit předloženou žádost a dokumentaci především s ohledem na možné ohrožení veřejného zájmu. V případě, že všechny podmínky byly splněny, pověřený referent si následně nechal dát zpracovat posudek úředního technického a zdravotního znalce v oboru. V § 80 bylo stanoveno, že pokud se zjistily závažné pochybnosti o tom, zda zamýšlený účel je dosažitelný, pak měl úřad tyto okolnosti sdělit příslušnému podnikateli (staviteli, investorovi) – ten se mohl k tomu vyjádřit a sdělit své stanovisko. Následující § 81 objasňoval, že v případě, kdy nejsou žádné rozporné okolnosti, je možné zahájit řízení – buď tzv. stručně (zkrácené) nebo ediktálně (vyhláškou). Pokud příslušný podnikatel (stavebník) trval na svém záměru (i přes sdělené pochybnosti, že řízení nebude s největší pravděpodobností úspěšné) – došlo přesto k zahájení. V § 82 bylo procesně popsáno vlastní ediktální řízení. Paragraf 83–89 pojednával o tzv. řízení stručném (zkráceném). V § 90–93 byla opět ustanovení pojednávající o (výše již uváděných) vodních družstvech. V § 94 se řešila problematika konkurence různých zájmů. Šlo především o stav, který by mohl vzniknout na základě žádosti nového stavitele na využití vody při již existujícím vodním právu. Platila zásada, že nabytá vodní práva měla být vždy zajištěna – pouze v případě přebytku vody bylo možné tato částečně propůjčit novému žadateli. Poměrně složité bylo řešení u těch práv, která vznikla před vydáním zákona č. 93/1869 ř. z. (následně pak českého zákona zemského č. 71/1870). V § 95–96 byla popsána možnost odvolání směrem k zemskému úřadu proti rozhodnutí „politického“ (správního) okresního úřadu. V § 97 byl ustanoven institut vodoprávního dozoru. Ten zmocnil vodoprávní úřady, aby povolené vodní dílo podrobily doзору v průběhu stavby a při jeho kolaudaci – a to proto, aby mohly přikázat odstranění závad. Rovněž po vydání kolaudačního výměru mohly úřady příslušnou kontrolu nad vodními díly i nadále provádět. V § 98 bylo dáno zmocnění, že dozor nad vodními díly vykonává též místní policejní úřad. Paragraf 99 vymezoval toho, kdo nesl náklady řízení – byl to převážně žadatel o vydání povolení. V § 100–101 se nacházela ustanovení, která pojednávala o tzv. vodních knihách. Zápisem do těchto knih práva nevznikala, jednalo se pouze o evidenci – a to pouze práv, která byla dána vodním zákonem (nikoliv například rybářských práv).

Na výše popsanou základní normu českého vodního práva navazovaly pak postupně vydávané dalších právní předpisy.

MORAVSKÝ ZÁKON ZEMSKÝ Č. 65/1870 MOR. Z. Z., O POUŽÍVÁNÍ I PROVÁDĚNÍ VOD A OBRANĚ PROTI NIM, A SLEZSKÝ ZÁKON ZEMSKÝ Č. 51/1870 SLEZ. Z. Z., O UŽÍVÁNÍ A PROVÁDĚNÍ VOD I OBRANĚ PROTI NIM

Uvedené dva zemské zákony byly publikovány rovněž v roce 1870. Znění těchto předpisů bylo prakticky stejné jako u českého vodního zákona (existovaly pouze některé odlišné formulace u nemnoha dílčích ustanovení). Na rozdíl od českého zákona zemského č. 71/1870 čes. z. z., o tom, kterak lze vody užívat, ji svozovat a jí se bránit, byly účinné pouze do roku 1942 – jejich platnost byla ukončena vydáním vládního nařízení č. 305/1942 Sb., ze dne 7. srpna 1942, o rozšíření platnosti českého zemského vodního zákona ze dne 28. srpna 1870, č. 71 čes. z. z., na celé území Protektorátu Čechy a Morava a o změně a doplnění některých předpisů tohoto vodního zákona. Platnost českého zemského vodního č. 71/1870 čes. z. z. tak byla rozšířena na celé tehdejší (menší) protektorátní území (včetně „nepatrné“ části bývalého Slezska). Zákon č. 71/1870 čes. z. z. byl následně v platnosti už jen po relativně krátkou dobu – a to do data vydání zákona č. 11/1955 Sb., o vodním hospodářství.

ZÁVĚR

Český zákon zemský č. 71/1870 čes. z. z., o tom, kterak lze vody užívat, ji svozovat a jí se bránit, moravský zákon zemský č. 65/1870 mor. z. z., o používání i provádění vod a obraně proti nim, a slezský zákon zemský č. 51/1870 slez. z. z., o užívání a provádění vod i obraně proti nim, lze označit za již zcela moderní a komplexní vodo-právní normy, které osvědčily svou platnost po dobu 85 let (odmyslíme-li vydání vládního nařízení č. 305/1942 Sb., ze dne 7. srpna 1942, kterým došlo ke zrušení jak moravského zákona zemského č. 65/1870 mor. z. z., tak i slezského zákona zemského č. 51/1870 slez. z. z. /avšak se zněními v podstatě stejnými, jako měl zákon č. 71/1870 čes. z. z./). Jde o úctyhodnou dobu, která svědčí jak o výjimečné kvalitě tehdejších odborných znalců, tak i o právní kompetenci Říšské rady, Sněmu Království českého, Moravského zemského sněmu a Slezského zemského sněmu.

Poznámky

1. Vodoprávní ustanovení se před rokem 1870 nalézala v různých právních předpisech. Především lze zmínit Obecný občanský zákoník (Allgemeines bürgerliches Gesetzbuch), vyhlášený patentem ze dne 1. června 1811 č. 946 sb. z. s. Zde se mj. nacházela též řada paragrafů věnovaných povrchové vodě. Všechny splavné řeky (vodní toky) byly pojímány coby veřejný majetek („statek“) určený k užívání všech (občanů – státních příslušníků) jako „*res publicae, quae in communi usu sunt*“. V § 287 bylo např. obsaženo následující velmi důležité ustanovení: „*Věci, které si smějí přivlastnit všichni členové státu, se nazývají věcmi bez pána. Věci, které jsou jim (občanům) ponechány jen k užívání (potřebě) – jako silnice, veletoky (velké řeky), řeky, mořské přístavy a mořské pobřeží (břežní mořské), se nazývají obecným neboli veřejným majetkem (statkem). To, co je určeno k pokrytí státních potřeb – jako mincovní, poštovní a jiný regál, komorní statky, díla báňská (horní) a solní, daně a cla, je nazýváno státním majetkem (jsou státním jměním).*“ Obecný občanský zákoník rozlišoval jak statek (majetek) státní, tak soukromý – rovněž i „vody“ (vodní toky) dvojitým druhu – a to jednak veřejné, jednak soukromé. Dále byl před rokem 1870 platný též Obecný mlýnský řád ze dne 1. prosince č. 75 sb. zák. pol. S ohledem na vodní právo lze za důležitý označit především článek 1, kde bylo stanoveno: „*Žádná stavba mlýna, žádná změna řečiště (koryta vodního toku), přítoku aneb odtoku, jezu (hráze), stavidla, žádné zvýšení aneb snížení cejchu,*

prahu, stupně, žádné odvádění (vody) z řeky nebo potoka, žádné opevnování břehu nebo zahrazení, rovněž žádná změna mlýna v jinou provozovnu, nesmí být skutečněna bez úředního povolení a bez předběžné dohody s těmi, jejichž zájmy tímto mohou být dotčeny.“ Za další význačný právní dokument z počátku 19. století je možné označit Guberniální dekret ze dne 18. dubna 1825 č. 6684, jímž vyhlašuje se dekret dvorské kanceláře ze dne 13. ledna 1825 č. 989 o zásadách, jimiž mají se úřady spravovat v příčině konkurence při stavbách vodních (Vorzeichnung bestimmter Grundsätze zum Benehmen der Behörden bei den Verhandlungen über die in der Konkurrenz mehrerer Interessenten ausführenden Wasserbaulichkeiten /Pr. G. s. 1825, Bd. VII, Seite 78/). Zcela na závěr je pak nezbytné zmínit Nejvyšší rozhodnutí ze dne 30. října 1830, vyhlášené guberniálním dekretem 19. listopadu 1830 č. 49286, o zásadách řízení při stavbách vodních (Pr. G. s. 1830, Band XII., Seite 582) – tzv. „Wasserbaunormale“ (česky označované též jako „Dekret o stavbách vodních“).

2. Ševčík, J., *Vodní a rybářské právo*, Praha, 1937, s. 404–409.
3. Tamtéž, s. 411. Z uvedeného důvodu byl pak do zákona č. 71/1870 čes. z. z. vložen § 30, který měl následující znění: „*Jaká práva majitelé hor mají k odtékající vodě dolové, a jaká zvláštní práva k vodě jim vůbec přísluší, ustanovuje zákon horní.*“
4. Čížek, K., ed., *Právo vodní dle zákona ze dne 28. srpna 1870 pro království České*, Praha, 1886, s. 17.
5. Říšská rada (Reichsrat) byla nejvyšším zákonodárným sborem Rakouského císařství – její vznik ustanovila tzv. únorová ústava v roce 1861. Po přijetí rakousko-uherského vyrovnání v roce 1867 pak šlo pouze o zákonodárný sbor předlitavské části Rakouska-Uherska. Své sídlo měla samozřejmě ve Vídni. Šlo o dvoukomorový parlament, sestávající se z volené Poslanecké sněmovny a nevolené Panské sněmovny.
6. Tamtéž, s. 18.
7. Starší český překlad z 19. století jsme částečně upravili. Německé znění (původní /podle pravopisu 19. století/) bylo následující: „*Die rechtliche Eigenschaft der Gewässer ist nach den Grundsätzen des allgemeinen bürgerlichen Rechtes und insbesondere nach den Bestimmungen der §§. 2–7 dieses Gesetzes zu beurtheilen. Flüsse und Ströme sind von der Stelle an, wo deren Benützung zur Fahrt mit Schiffen oder gebundenen Flössen beginnt, mit ihren Seitenarmen öffentliches Gut, und behalten diese Eigenschaft auch dann, wenn diese Benützung zeitweise unterbrochen wird oder gänzlich aufhört. Auch die nicht zur Fahrt mit Schiffen oder gebundenen Flössen dienenden Strecken der Ströme und Flüsse, sowie Bäche und Seen und andere fließende oder stehende Gewässer sind öffentliches Gut, in soweit sie nicht in Folge gesetzlicher Bestimmungen oder besonderer Privatrechtstitel Jemandem zugehören. Die den Besitz schützenden Vorschriften des allgemeinen bürgerlichen Rechtes werden hiedurch nicht berührt.*“
8. Peyrer von Heimstätt, C., *Das österreichische Wasserrecht*, Wien, 1880, s. 82.
9. Čížek, K., ed., *Právo vodní dle zákona ze dne 28. srpna 1870 pro království České*, Praha, 1886, s. 19.
10. JUDr. Franz Klier byl poslancem Sněmu království Českého za volební obvod: Děčín, Podmokly, Česká Kamenice a Chříbská. Byl významným českým politikem německé národnosti – od roku 1867 rovněž poslancem Říšské rady (viz též poznámku č. 5) a členem německé liberální Ústavní strany (ta jednoznačně podporovala centralizovaný a liberální model rakouského státu a odmítala

české federalistické tendence). Za výše uvedený volební obvod byl v zemských volbách zvolen již v roce 1861 – stejný mandát obhájil v roce 1867, 1870, 1872 a 1878. Vystudoval práva na Karlo-Ferdinandově univerzitě v Praze. Od roku 1851 působil jako advokát v Děčíně. V Říšské radě působil mj. jako člen mladoněmeckého Klubu sjednocené Pokrokové strany (Club der vereinigten Fortschrittspartei). Byl též členem branného a rozpočtového výboru Říšské rady. V období let 1880–1884 působil jako člen rakouské parlamentní delegace pro jednání s uherskými politiky. Podporoval rozvoj železniční sítě na severu Čech (zastával funkci prezidenta správní rady České severní dráhy). Umřel v roce 1884 (na jeho pohřeb v roce 1884 byl z Prahy do Děčína vypraven zvláštní vlak).

11. Antonín Schmidt, uváděn též jako Antonín Schmied byl českým notářem a politikem. V 60. a 70. letech 19. století zastával funkci poslance Sněmu království Českého a Říšské rady (zvolen v rámci volebního obvodu: Německý Brod /Havlíčkův Brod/, Polná a Humpolec). Pro absenci v září 1868 byl zbaven mandátu – následně opětovně zvolen v září 1869. Nejprve působil jako notář v obci Krościenko v nynějším Polsku a v Nasavkách. V roce 1860 přesídlil do města Polná, kde si rovněž otevřel notářskou kancelář. V srpnu 1868 patřil mezi 81 signatářů státoprávní deklarace českých poslanců, v níž česká politická reprezentace odmítla centralistické směřování státu a hájila české státní právo. Zasedal také od roku 1871 na Říšské radě (viz poznámku č. 5 – ta tehdy ještě nebyla v té době volena přímo /tvořili ji delegáti jednotlivých zemských sněmů/). Vzhledem k politice tzv. pasivní rezistence se nedostavil do sněmovny – proto jeho mandát byl 23. února 1872 prohlášen za zaniklý. V roce 1871 se přestěhoval do Nového Města nad Metují (zde též zemřel v roce 1897).
12. Podrobné stenoprotokoly ze III. zasedání Sněmu království Českého 1867–69 jsou dostupné na stránkách Společné česko-slovenské digitální parlamentní knihovny (<https://www.psp.cz/eknih/>).
13. JUDr. Alfred Knoll byl předlitavským a českým politikem německé národnosti, poslancem Sněmu království Českého (za volební obvod: Karlovy Vary, Loket a Bečov). Zasedal rovněž v Říšské radě (celostátní zákonodárný sbor – viz poznámku č. 5), kam ho vyslal zemský sněm roku 1870 (Říšská rada tehdy nebyla volena přímo – tvořili ji delegáti jednotlivých zemských sněmů). 10. listopadu 1870 složil poslanecký slib. Opětovně jej sem zemský sněm delegoval v roce 1871.
14. Nebyl splněn termín stanovený vídeňským Ministerstvem orby – viz Peyrer von Heimstätt, C., *Das österreichische Wasserrecht*, Wien, 1880, s. 87 (28. duben 1870).
15. Podle dnešní platné vodoprávní terminologie by šlo o vodní toky.
16. Jde o Obecný občanský zákoník (Allgemeines bürgerliches Gesetzbuch – zkráceně nazývaný ABGB), který byl vyhlášen patentem ze dne 1. června 1811 č. 946 sb. z. s. Obecný občanský zákoník byl základem práva pro celé 19. století – vycházel (obdobně jako /ne o mnoho starší/ francouzský Code Civil) jak z tradic římského práva, tak z koncepce tzv. přirozeného práva.
17. Čížek, K., ed., *Právo vodní dle zákona ze dne 28. srpna 1870 pro království České*, Praha, 1886, 643 s.; Müller, B., ed., *Vodní právo: Sbírka nejdůležitějších zákonů a nařízení týkajících se vodního práva pro historické země Čechy, Moravu a Slezsko*, Praha, 1934, 162 s.; Peyrer von Heimstätt, C., *Das österreichische Wasserrecht*, Wien, 1880, 736 s.; Procházka B., *České vodní právo*, Sušice, 1925, 495 s.; Ševčík, J., *Vodní a rybářské právo*, Praha, 1937, 588 s.; <http://alex.onb.ac.at>.
18. Dnes bychom mohli hovořit o přehradách, hrázích a jezích definovaných v současnosti (jako vodní díla) v § 55 odst. 1 písm. a) zákona č. 254/2001 Sb.

19. V řeči dnešního vodního práva by bylo možné provést tuto interpretaci – u vodních děl se přikazovalo měřit výšku hladiny, a to za účelem dodržení stanovené maximální či minimální hladiny.

20. Tak je tomu i v současné platné české právní úpravě.

21. V současnosti by šlo převážně o tzv. drobné vodní toky.

22. Analogické ustanovení lze nalézt ve stávajícím § 12 odst. 1 písm. c) zákona č. 254/2001 Sb.

23. Obdobně jako například později v zákonu č. 138/1973 Sb. či nyní v zákonu č. 254/2001 Sb.

24. Majitelé práva rybolovu měli ve vodoprávním řízení v podstatě obdobná oprávnění, která by v současnosti odpovídala postavení dnešního účastníka vodoprávního řízení.

25. Viz poznámku č. 10.

26. Viz poznámku č. 3.

27. S ohledem na tzv. polní a vodní puch si dovolíme uvést zmínku o starším (než zemský zákon č. 71/1870 čes. z. z.) pouze říšském, právním předpisu – nařízení č. 28 ř. z. ministerstva vnitra a spravedlnosti z 30. ledna 1860, o ustanovení přísežného polního personálu a (správním) řízení při polním puchu (Verordnung der Ministerien des Innern und der Justiz vom 30. Jänner 1860, betreffend die Bestellung eines beeideten Feldschutzpersonales und das Verfahren über Feldfrevel). V tomto nařízení (majícím v dané době mj. platnost říšského zákona) byl již v § 1 definován tzv. polní statek (polní majetek – Feldgut) – a to jako soubor všech věcí (jak nemovitých, tak movitých) majících v co nejširším pojetí souvislost s provozováním polního hospodářství. Šlo nejen o samotné pozemky, ale i například o ovocné stromy, lisovny, stodoly, úly, polní boudy, křoví, stromořadí, úrodu ještě nesklizenou, kupy sena, stohy obilí či dobytek tažný a pastevní – s ohledem na vodoprávní záležitosti zde byly též citovány rybníky, odvodňovací a zavodňovací zařízení, hráze, vodní stavby, studny a vodovody. S takto pojednaným věcným vymezením velmi úzce souvisel právní pojem tzv. polního puchu (Feldfrevel). Již citované nařízení č. 28/1860 ř. z. totiž označovalo za polní puch jakékoliv poškození polního statku (tedy i jeho vodohospodářského „příslušenství“), které, pro svou menší závažnost, nebylo zahrnuto do působnosti, v té době platného, všeobecného trestního zákona. Polní puch se trestal pokutou ve výši 1–40 zl. Důležité ustanovení bylo obsaženo v § 2: „Pro službu ke střežení polí mohou být pod přísahu vzati pouze ti polní hlídači či polní strážci, kteří a) jsou buď ustanoveni obcí k dohlížení na veškerý či jednotlivý polní majetek nalézající se na pozemcích v hranicích dané obce, b) nebo ti, kteří jsou ustanoveni vlastníkem velkého majetkového nebo hospodářského komplexu ke střežení jeho polního majetku.“ V rámci komentáře k uvedenému nařízení si dovolíme ještě upozornit na tu okolnost, že podle § 25 příslušelo vyšetřování a trestání polního (tj. i vodního) puchu politickému úřadu toho okresu, ve kterém byl spáchán („Die Untersuchung und Bestrafung der Feldfrevel steht der politischen Behörde des Bezirkes zu, in welchem sie begangen wurden.“). Obecně v této době platilo, že ve všech záležitostech týkajících se zemědělství, lesnictví, lovu a rybolovu bděly okresní úřady (plně) v obvodu svého okresu nad dodržováním platných předpisů a nařízení. Šlo totiž o období, které následovalo po vydání zákona č. 10 ř. z., z 25. ledna 1853 (s účinností od 12. května 1855), kdy se soudní okresy změnilly v tzv. smíšené politicko-soudní okresy.

28. Nermalou část těchto zastupitelských sborů (podle dochovaných seznamů z té doby) tvořili poslanci s právním vzděláním (s titulem JUDr.).

Literatura

ČELAKOVSKÝ, J. *Právo obce Pražské k řece Vltavě*. V Praze: J. Čelakovský, 1882. 71 s.

ČÍŽEK, K., ed. *Právo vodní dle zákona ze dne 28. srpna 1870 pro království České: doplněno příslušnými zákony a nařízeními a objasněno z rozsudků nejvyšších stolic*. V Praze: Tisk a sklad Jindř. Mercyho, 1886. 643 s. Příruční vydání zákonů s doplňky a výklady; sv. 5.

JIČÍNSKÝ, K. *Vodní právo*. V Praze: Karel Jičínský, 1870. 302 s.

KULT, A. Právo vodní v Českých zemích v období 1870–1955. *Vodní hospodářství*, 2008, roč. 58, č. 11, s. 383–387. ISSN 1211-0760.

KULT, A. Právo vodní. In.: *Encyklopedie českých právních dějin. VII. svazek, Právo pra-Prob*. Vyd. 1. Plzeň: Vydavatelství a nakladatelství Aleš Čeněk, s. r. o. v koedici s KEY Publishing, s. r. o., 2017. s. 620–651. ISBN 978-80-7380-569-2.

KULT, A. Stráž vodní. In.: *Encyklopedie českých právních dějin. XVI. svazek, Správa veřejná-Suché*. Vyd. 1. Plzeň: Vydavatelství a nakladatelství Aleš Čeněk, s. r. o. v koedici s KEY Publishing, s. r. o., 2019. s. 863–867. ISBN 978-80-7380-761-0.

MÜLLER, B., ed. *Vodní právo: Sběrka nejdůležitějších zákonů a nařízení týkajících se vodního práva pro historické země Čechy, Moravu a Slezsko*. V Praze: Spolek československých inženýrů, 1934. 162 s.

PEYRER VON HEIMSTÄTT, C. *Das österreichische Wasserrecht. Zweite vermehrte und verbesserte Auflage*. Wien: K. k. Hof-Verlags und Universitäts-Buchhandlung, 1880. 736 s.

PROCHÁZKA, B. *České vodní právo: systematický výklad norem českého zákona vodního se zřetelem k úchytkám vodního zákona moravského a slezského*. Sušice: Bohuš Procházka, 1925. 495 s.

STRNAD, Z. a kol. *Vodní právo*. Vyd. 2. Vodňany: Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Fakulta rybářství a ochrany vod, 2015. 263 stran. ISBN 978-80-7514-027-2.

ŠEVČÍK, J. *Vodní a rybářské právo: (komentářem a judikaturou opatřená sbírka předpisů vodního a rybářského práva, platného v historických zemích Československé republiky)*. V Praze: V. Linhart, 1937. 588 s.

ŠILAR, J., ed. a BÖHM, A., ed. *Vodní zákon a souvisící předpisy*. Vyd. 1. Praha: SZN, 1975. 319, [1] s. Lesnictví, myslivost a vodní hospodářství.

VOJÁČEK, L., SCHELLE, K. a KNOLL, V. *České právní dějiny. 2., upr. vyd.* Plzeň: Vydavatelství a nakladatelství Aleš Čeněk, 2010. 694 s. ISBN 978-80-7380-257-8.

WEGER, V., ed. *Zákon vodní pro král. České; Zákon, kterak lze vody užívatí, jí svozovati a jí se brániti, daný dne 28. srpna 1870 čís. 71 z. z.; Zákon, aby zemědělství zveleboeno bylo stavbami vodními, ze dne 30. června 1884 čís. 116 ř. z.; Zákon o opatření k neškodnému svádění horských vod, ze dne 30. června 1884 č. 117 ř. z.; Nařízení min. orby, věci vnitřních a obchodu ze dne 14. února 1904 č. 45 ř. z. o zakládání, udržování, užívání a zrušování rybníků; Návod, jak odvodňovati pozemky pomocí podpor zemských a státních*. Písek: Burian, [1906]. 80 s. Burianova Sběrka zákonů; 7.

Autor

Ing. Arnošt Kult

✉ arnost.kult@vuv.cz

VTEI/2020/5

Od roku 1959

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

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

Ročník 62



VTEI.cz

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

Redakční rada:

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

Vědecká rada:

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

Šéfredaktor:

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

Kontakt na redakci:

E: info@vtei.cz

Autoři fotografií tohoto čísla:

Archiv VÚV

Grafická úprava, sazba, tisk:

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

Náklad 1500 ks

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

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



BLEŠIVEC POTOČNÍ

S přicházejícím podzimem nastává tradiční úklid padajícího listí. Ve městech se o tuto službu musí starat lidé, ale v přírodě je to úkol určený zejména půdním organismům, od žížal až po bakterie. Co se ale stane s listím, které spadne do vody? O něj se samozřejmě má také, kdo postarat. V našich vodách můžeme od podzimu do zimy pozorovat dětmi oblíbené „vyžrané kostřičky“ listů, za které mohou např. koryši, a to berušky anebo blešivci, jako blešivec potoční (*Gammarus fossarum*) na snímku.

Text a fotografii dodal Petr Jan Juračka, www.petr.juracka.eu.

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

veřejná výzkumná instituce

VTEI.cz