

Obsah



5 Oddělení hydrologie VÚV TGM, v.v.i.

7 Nové možnosti modelu BILAN

Adam Vizina, Stanislav Horáček, Martin Hanel

11 Možnosti zmírnění dopadů změny klimatu využitím území chráněných pro akumulaci povrchových vod

Roman Kožíň, Martin Hanel, Ladislav Kašpárek, Martina Peláková, Adam Vizina, Pavel Tremel



18 Zkušenosti s měřením vodních stavů ve vodoměrných stanicích VÚV (s využitím soustavy tlakových čidel)

Tomáš Hrdinka

23 Definování zranitelných oblastí z hlediska nedostatku vody na území České republiky

Adam Beran, Martin Hanel

27 Pozorované změny složek hydrologické bilance z hlediska využitelných vodních zdrojů

Radek Vlnas

33 Pozorování výparu a dalších meteorologických veličin ve stanici Hlasivo

Adam Beran



34 Hydrologické sucho v podzemních vodách

Eva Soukalová, Radomír Muzikář

42 Autoři VTEI

43 Rozhovor s ministrem životního prostředí Mgr. Richardem Brabcem na téma sucho

Eva Soukalová, Radomír Muzikář

46 Vznik a činnost meziresortní komise VODA–SUCHO

Tomáš Hrdinka

47 Voda pohledem společnosti HEINEKEN

Jiří Hauptmann



49 Představení Global Water Partnership

Jonáš Rieder

51 Události z České vědeckotechnické vodohospodářské společnosti

Vážení čtenáři,

časopis Vodohospodářské technicko-ekonomické informace – VTEI vychází jako samostatný časopis již od roku 1959 a v současnosti je veden v seznamu recenzovaných neimpaktovaných periodik. Do roku 1998 byl samostatným časopisem a od tohoto roku vycházel na základě smlouvy o spolupráci společně s časopisem Vodní hospodářství. Toto číslo, které právě držíte v rukou, je pokusem o změnu jak udělat VTEI atraktivnější pro čtenáře i autory odborných článků. V rámci této změny jsme se rozhodli vrátit k původnímu modelu, tedy že VTEI bude Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, veřejná výzkumná instituce, vydávat a distribuovat samostatně široké odborné veřejnosti, bezplatně, bez reklamních sdělení a v moderní atraktivní podobě. Zahraniční zkušenosti totiž ukazují, že i časopisy s vysokými impakt faktory lze dělat formou, která je vzdálena strohým černobílým vědeckým článkům a více se blíží populárním periodikům tak, aby zaujala čtenáře. A to je jedním z hlavních cílů této změny – propojit teoretické a praktické poznatky s možnými uživateli a lidmi z praxe. A naopak.

Vím, že každá změna vyvolává řadu negativních reakcí, každý z nás má v sobě kulturně zakódovanou přirozenou nechuť k nejistotám, protože tyto nejistoty přináší i značnou míru rizika. Na druhou stranu, chceme-li se posunout alespoň o kousek dál, je nutné podstoupit tuto nechuť ze ztráty jistot, byť je to obtížné. Proto jsme se rozhodli k tomuto kroku znovu vydávat časopis VTEI samostatně, plně financovaný z prostředků Výzkumného ústavu vodohospodářského T. G. Masaryka, v.v.i., jednak jako platformu pro autory a řešitele projektů z různých institucí působících na poli vodního hospodářství, ale také jako prostředek možné budoucí spolupráce akademické a praktické sféry.

Věřím, že se nová podoba časopisu Vodohospodářské technicko-ekonomické informace – VTEI stane atraktivní pro autory i čtenáře. Závěrem bych chtěl poděkovat časopisu Vodní hospodářství za dlouholetou spolupráci.



Mgr. Mark Rieder
ředitel VÚV TGM, v.v.i.



Mgr. Mark Rieder, ředitel VÚV TGM, v.i. a Ing. Josef Nistler, ředitel odboru ochrany vod Ministerstva životního prostředí ČR

Resort životního prostředí

zaměstnává řadu kvalitních expertů a světově uznávaných vodohospodářských odborníků. Proč tedy nemáme samostatné periodikum, v rámci kterého by se práce těchto lidí mohla prezentovat a zúročit takřkajíc pod jednou střechou? Tuto otázku jsme si položili před pár měsíci, v době, kdy jsme spolu s kolegy z Výzkumného ústavu vodohospodářského T. G. Masaryka, v.v.i., měli naplánovány aktivity na rok 2015. Právě v tu chvíli se zrodila myšlenka představit práci těchto lidí prostřednictvím samostatně vydávaného časopisu. Možná až úsměvná se zdá být prvotní myšlenka vytvořit něco jako vodařský „National Geographic“. Byla to však myšlenka, která nás navedla k tomu, jak by časopis mohl vypadat, tj. postavit jej na odborných, ale čtivých článcích podpořených kvalitními fotografiemi. To vše s odkazem na nově budované webové prostředí, které bude sloužit jako databáze odborných statí s výhledem na možnost ucházet se o zařazení do citační databáze SCOPUS. Jsme teprve na začátku znovuzrození samostatného VTEI. Časopis si bude muset teprve obhájit své jméno a dostat se znovu do povědomí jako samostatně vycházející periodikum.

Popřeji proto časopisu VTEI, aby z vydávaných článků byl cítit elán a radost, se kterou byly příspěvky připravovány, aby redakční rada měla k dispozici tolik psaného a fotografického materiálu, že se při sestavování nově vydávaného čísla pořádně zapotí, aby časopis VTEI našel své čtenáře nejen u čistokrevných vodařů, ale našel si cestu i k lidem, kteří s vodařskou problematikou nepřicházejí do každodenního styku.

Přeji hodně štěstí. Těším se.



Ing. Josef Nistler
ředitel odboru ochrany vod
Ministerstva životního prostředí ČR

Oddělení hydrologie VÚV TGM, v.v.i.

Oddělení hydrologie je jedním z klíčových vědeckých pracovišť Výzkumného ústavu vodohospodářského T. G. Masaryka, v.v.i., a současně i špičkovým hydrologickým pracovištěm v rámci České republiky. Hydrologický výzkum byl organickou součástí činnosti od založení ústavu v roce 1919 (tehdy Státního ústavu hydrologického). Výzkumná činnost oddělení hydrologie pokrývá celou škálu prací v oboru hydrologie povrchových i podzemních vod. Řešené projekty a úkoly se v průběhu času měnily, jak se proměňovala i společenská poptávka po aplikovaných výstupech hydrologického výzkumu. V čele oddělení stály respektované osobnosti hydrologického výzkumu, z posledních desetiletí je možné jmenovat např. Miroslava Kněžka nebo Ladislava Kašpárka.

Pracoviště při řešení vědeckých projektů úzce spolupracuje s partnerskými institucemi s podobně zaměřeným výzkumem, v první řadě s Českým hydrometeorologickým ústavem, dále s Ústavem hydrodynamiky AV ČR, s Českou geologickou službou, s předními univerzitními pracovišti (Česká zemědělská univerzita, Fakulta stavební ČVUT Praha, Přírodovědecká fakulta Univerzity Karlovy) aj., pracovníci oddělení jsou aktivně zapojeni i v mezinárodním výzkumu. Kromě vlastní výzkumné činnosti oddělení zajišťuje odbornou a metodickou podporu státní správě, především Ministerstvu životního prostředí a Ministerstvu zemědělství.

V současném období se oddělení hydrologie zaměřuje na několik hlavních okruhů výzkumu:

- studium vlivu globální změny klimatu na hydrologický režim a využívání vodních zdrojů, výzkum a vyhodnocování extrémních hydrologických jevů (povodně, sucho), včetně návrhů potřebných adaptačních opatření;
- vývoj a aplikace metod hydrologického modelování a bilancování, studium interakce povrchových a podzemních vod;
- optimalizace využívání povrchových i podzemních vodních zdrojů pro vodárenské a další využití;
- zajišťování hydrologických podkladů pro plány povodí, pro projektování a provoz retenčních i zásobních nádrží, pro projekty rekultivace a revitalizace vodních toků a pro opatření ke zlepšení kvality vody ve vodních tocích;
- nezbytnou součástí většiny prací jsou i různá terénní hydrologická a klimatická měření a sběr dat, dlouhodobě je zajišťován provoz hydrometeorologické stanice Bučnice a výparoměrné stanice Hlasivo.

Výběr významných projektů z poslední doby

- Rebilance zásob podzemních vod – hydrologická část projektu (Aktivita 2 Zpracování zdrojové části hodnocení kvantitativního stavu útvarů podzemních vod, Aktivita 4 Hydrologická měření včetně výstavby vodoměrných profilů na vybraných povrchových tocích, Aktivita 6 Zpracování hydrologických modelů na základě existujících a nově naměřených dat);
- Návrh koncepce řešení krizové situace vyvolané výskytem sucha a nedostatkem vody na území ČR;

- Podpora dlouhodobého plánování a návrhu adaptačních opatření v oblasti vodního hospodářství v kontextu změn klimatu;
- Zajištění jakosti pitné vody při zásobování obyvatelstva malých obcí z místních vodních zdrojů;
- Možnosti kompenzace negativních dopadů klimatické změny na zásobování vodou a ekosystémy využitím lokalit vhodných pro akumulaci povrchových vod.

Odborné články v tomto čísle VTEI představují některé ze stěžejních témat a výsledků činnosti oddělení hydrologie VÚV TGM, v.v.i. Článek A. Viziny, S. Horáčka a M. Hanela shrnuje vývoj hydrologického modelu BILAN během několika posledních let (vývoj nového uživatelského rozhraní doplněného o grafické výstupy a další prvky pro interaktivní práci s modelem, rozhraní pro prostředí R a webová verze).

Článek R. Kožína, M. Hanela a kol. se zabývá dosavadními dílčími výsledky výzkumu ohledně možností zmírnění dopadů změny klimatu využitím lokalit chráněných pro akumulaci povrchových vod (LAPV). Projekt spolufinancovaný Technologickou agenturou ČR si klade za cíl reálně posoudit možnosti kompenzace nedostatku vodních zdrojů způsobeného změnou klimatu pomocí nádrží na LAPV, s přihlédnutím zejména k míře zranitelnosti jednotlivých povodí a zabezpečení funkce nádrží v podmínkách klimatické změny.

Pro účely několika projektů bylo v letech 2012–2015 v rámci celé ČR zřízeno cca sto nových vodoměrných stanic, osazených soustavou automatických tlakových čidel. Cenné praktické zkušenosti s instalací stanic, sběrem dat a vyhodnocováním získaných časových řad obsahuje článek T. Hrdinky. Zkušenosti s měřením vodních stavů ve vodoměrných stanicích VÚV.

Dílčí výstupy v současnosti řešeného projektu Strategie ochrany před negativními dopady povodní a erozními jevy přírodě blízkými opatřeními v České republice shrnuje další příspěvek A. Berana a M. Hanela, obsahující vymezení zranitelných oblastí z hlediska nedostatku vody na území České republiky. Příspěvek upozorňuje podle provedených modelových prognóz na to, že problémy v již dnes na vodu deficitních oblastech jižní Moravy a západní části Středočeského kraje se budou do budoucna dále zhoršovat.

Sledováním časoprostorových změn hydrologické bilance pomocí pokročilé statistické analýzy a vzájemného porovnání časových řad hydrologických bilančních veličin se zabývá článek R. Vlnase.

K odborným článkům je zařazena i krátká informace A. Berana o klimatické a výparoměrné stanici Hlasivo u Tábora, která poskytuje velmi cenná data využitelná mj. pro studium klimatických změn.

Jeden příspěvek vznikl mimo oddělení hydrologie VÚV TGM, v.v.i. Součástí tohoto čísla VTEI je i článek E. Soukalové (ČHMÚ) a R. Muzikáře s názvem Hydrologické sucho v podzemních vodách, který vhodně doplňuje prezentovanou problematiku výzkumu.

RNDr. Josef V. Datel, Ph.D.
vedoucí oddělení hydrologie VÚV TGM, v.v.i.



Krajina česko-saského pomezí, kde probíhá přeshraniční výzkum podzemních vod za účasti VÚV TGM (foto P. Eckhardt)
Landscape of the Czech-Saxony border where international research of underground water takes place with participation of T. G. Masaryk Water Research Institute (photo P. Eckhardt)

Nové možnosti modelu BILAN

ADAM VIZINA, STANISLAV HORÁČEK, MARTIN HANEL

Klíčová slova: hydrologická bilance – model BILAN – grafické uživatelské rozhraní – R – Shiny – webová aplikace

SOUHRN

Model BILAN je používán k simulacím hydrologické bilance na českých i evropských povodích v řadě projektů aplikovaného výzkumu i hydrologických studií. Příspěvek představuje vývoj tohoto modelu během několika posledních let. Popisuje jednak některé změny v modelu samotném (začlenění užívání vod, možnost kalibrace soustavy povodí, ukládání stavových veličin), jednak se zabývá přepracovaným uživatelským rozhraním, doplněným o grafické výstupy a další prvky pro interaktivní práci s modelem. Zmíněno je také rozhraní pro prostředí R a jeho webová verze. Závěrem jsou uvedeny příklady použití modelu ve studiích vyžadujících simulaci chování povodí, ať už pro současný stav, nebo pro podmínky klimatické změny.

ÚVOD

Konceptuální model BILAN, simulující hydrologickou bilanci v denním či měsíčním časovém kroku (popis modelu uvádí například Tallaksen a van Lanen, 2004), je ve Výzkumném ústavu vodohospodářském T. G. Masaryka vyvíjen a používán od 90. let 20. století. V roce 2011 byla původní softwarová implementace modelu BILAN, napsaná v jazyce Object Pascal, kompletně přepsána do jazyka C++, čímž se výrazně zjednodušil další vývoj modelu. Zároveň byla vytvořena dvě rozhraní k modelu (popsaná Beranem aj., 2011): grafické uživatelské rozhraní (GUI) založené na multiplatformní knihovně Qt a balík pro statistické a programovací prostředí R (R Core Team, 2015). Obě rozhraní se vzájemně doplňují – GUI zpřístupňuje model širokému spektru uživatelů a díky vizualizacím představuje efektivní nástroj pro kalibraci povodí, balík pro R umožňuje pokročilým uživatelům využít výhod hromadného zpracování a skriptování modelu v kombinaci s rozsáhlými možnostmi poskytovanými vlastním prostředím R.

Model i obě rozhraní jsou nadále udržovány a rozvíjeny podle potřeb výzkumných úkolů a požadavků uživatelů. Samostatně byl popsán nově implementovaný optimalizační algoritmus využívající evoluční metody (Máca aj., 2013), tento příspěvek poskytuje přehled dalších nových vlastností a možností modelu. Základy propojeného modelu BILAN jsou uvedeny v článku (Vizina a Hanel, 2011). Porovnání výpočetního algoritmu pro denní a měsíční verzi je uveden v příspěvku (Horáček aj., 2009).

ZMĚNY V MODELU A JEHO SOFTWAREVÉ IMPLEMENTACI

Výpočetní jádro

Do bilančních rovnic modelu byly zahrnuty veličiny užívání vod, což rozšířilo oblast použití modelu na řešení vodohospodářské bilance. V případě

zvoleného užívání do modelu vstupují neovlivněné řady pozorovaných odtoků spolu s veličinami užívání vod, jimiž jsou odběry z povrchových vod, odběry z podzemních vod a vypouštění do povrchových vod. Experimentálně je doplnují neevidované odběry z povrchových vod, které mají být iterativně odhadovány podle vodohospodářské bilance.

Nově je možné ukládat aktuální hodnoty stavových veličin modelu (zásoby v nádržích) a následně uložený stav využít při výpočtu začínajícím ve zvoleném časovém kroku. Toho se využívá například při simulaci nově doplněné části časové řady, jež navazuje na stávající řadu, pro niž jsou známé parametry modelu.

V nastavení optimalizace je novinkou možnost stanovit řadu vah, které budou použity při výpočtu optimalizačního kritéria. Lze tak zvýšit vliv významných úseků řady, nebo naopak eliminovat období nespolehlivých dat. Optimalizační kritérium se volitelně počítá také z řad základního odtoku (modelovaného a určitou metodou odvozeného z pozorování).

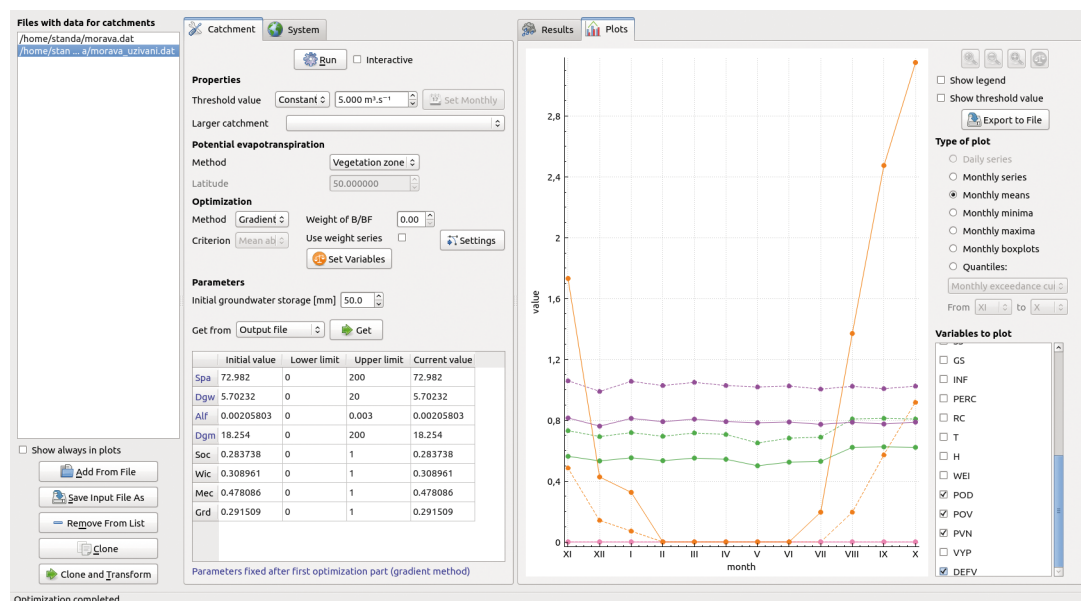
Model BILAN je koncipován jako celistvý, s parametry reprezentujícími celé povodí a kalibrovanými pro toto povodí nezávisle na okolních. Při tomto přístupu se tudíž v hodnotách parametrů nemusí odrazit podobnost sousedních povodí a v určitých případech může model simulovat odtoky z mezipovodí jako záporné. Tento nedostatek vedl k tomu, že byla připravena optimalizace, která zohledňuje vztah mezi odtokem z výše položeného a níže položeného povodí, jehož je menší povodí součástí. Libovolný počet povodí je tak možno uspořádat do soustavy, v níž je stejně jako doposud hydrologická bilance počítána pro každé povodí zvlášť. Při optimalizaci parametrů těchto povodí se využívají stejné algoritmy jako v případě samostatných povodí, liší se však v optimalizačním kritériu, které pro soustavu přidává penalizaci pro záporný odtok z mezipovodí mezi níže a výše položeným povodím.

Kromě těchto hlavních rozšíření byly doplněny funkce týkající se kopírování modelu, načítání a ukládání vstupních a výstupních souborů, transformace veličin, zacházení s chybějícími hodnotami apod.

Grafické uživatelské rozhraní

Jelikož byla předchozí verze grafického uživatelského rozhraní určena pro vyhodnocování jediného povodí, bylo rozhraní zásadně upraveno, aby bylo možno pracovat s více povodími v soustavě. V současnosti se skládá ze tří hlavních oddílů: seznamu načtených povodí či variant výpočtu téhož povodí, nastavení výpočtu a optimalizačního algoritmu (včetně metody výpočtu potenciální evapotranspirace, stanovení mezí parametrů, případně uspořádání povodí v soustavě apod.) a přehledu výsledných hodnot s jejich vizualizací. Grafické prostředí modelu je zobrazeno na obr. 1.

U seznamu povodí byly doplněny nástroje pro manipulaci se vstupními daty. Je možné vytvářet duplikáty vstupních souborů (klonování), popř. vstupní data transformovat (a to i po jednotlivých měsících). Tyto možnosti přispívají k efektivnímu srovnávání variant výpočtu a přípravě scénářových dat, ať už pro meteorologické veličiny, nebo užívání vod.



Obr. 1. Uživatelské prostředí modelu BILAN
Fig. 1. User interface of the BILAN model

Novou volbou v nastavení optimalizace je použití řady vah, které lze automaticky nastavit jako nulové pro chybějící či záporné hodnoty pozorovaného odtoku, případně pro uživatelem zadané období. U modelu s denním časovým krokem lze nově vypočítat řadu základního odtoku metodou klouzavých minim z 30denního časového intervalu, která může být využita při takové kalibraci, jež základnímu odtoku přiřazuje určitou váhu.

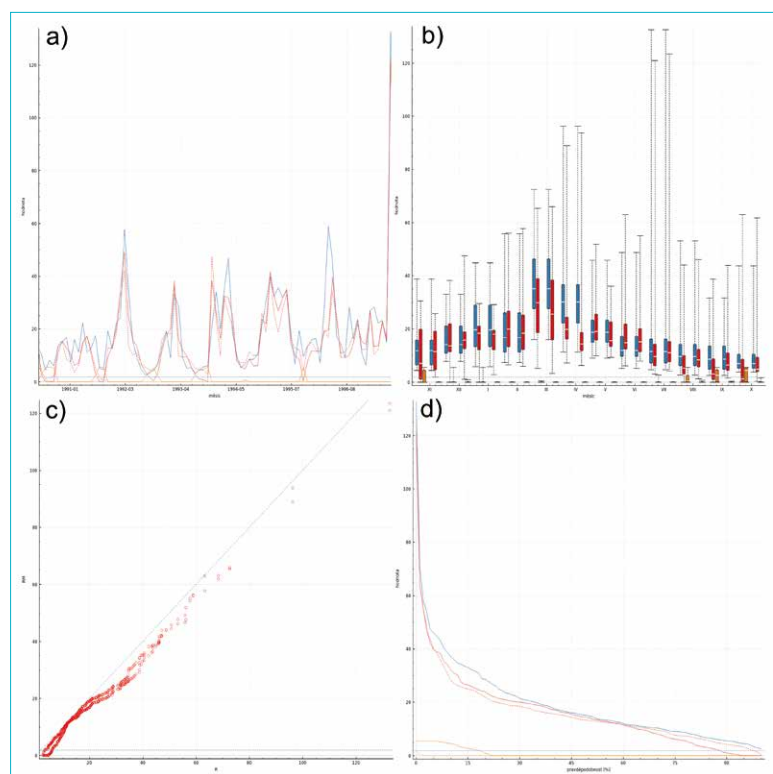
Protože optimalizace soustavy využívá stejné algoritmy jako optimalizace samostatného povodí, neliší se ani její nastavení. Je však samozřejmě nutné zadat strukturu soustavy, která se schematicky zobrazí jako stromový seznam. Nastavení optimalizace je možné uložit do prostého textového souboru pro opětovné použití.

Výsledky modelování, ukládané do výstupních souborů, zahrnují hodnoty kalibrovaných parametrů, denní či měsíční časové řady veličin a jejich měsíční charakteristiky. Přidáno bylo grafické znázornění uživatelem zvolených veličin. K dispozici jsou různé druhy grafů: denní či měsíční řady, měsíční charakteristiky (průměry, minima, maxima, krabicové grafy) a kvantilové grafy, jež zahrnují čáry překročení, Gumbelovy extrémální grafy (grafy počátečních a koncového úseku čar překročení) a Q-Q graf pozorovaného a modelovaného celkového odtoku; tyto grafy lze vyhodnocovat také pro zadanou sezónu. Všechny grafy je možno exportovat, u grafů řad lze interaktivně měnit měřítko a nastavovat období pro kalibraci. Grafy umožňují zobrazit více povodí či variant výpočtů najednou, což opět usnadňuje expertní kalibraci. Možnosti (příklady) grafických výstupů jsou uvedeny na obr. 2.

Veškeré výstupy mohou být kromě jednotek odtokové výšky uváděny také v jednotkách objemu. Z funkcí jádra byly doplněny také veličiny užívání vod, k nim jsou navíc dopočítávány nedostatkové objemy (Bonacci, 1993) za předpokladu, že uživatel určí prahovou hodnotu (například minimální zůstatkový průtok), která může být specifická pro každý měsíc.

Vliv nastavení výpočtu na výsledky lze názorně posuzovat v režimu interaktivního spouštění modelu. V něm dochází k automatickému přepočítání modelu a k aktualizaci výsledků včetně grafů při jakémkoliv změně vstupů (mezi něž spadají volby jako nastavení optimalizace, vstupních parametrů, transformace vstupních veličin nebo velikost prahové hodnoty).

Grafické uživatelské prostředí modelu BILAN je dostupné po domluvě s autory článku. K dispozici je i uživatelská příručka dostupná na webových stránkách bilan.vuv.cz (v českém a anglickém jazyce), jež pokrývá všechny vlastnosti programu a jejíž součástí je také popis matematického konceptu modelu.



Obr. 2. Příklady grafických výstupů modelu BILAN: a) časové řady (modře – pozorovaný odtok, červeně – modelovaný odtok, hnědě – nedostatkové objemy), b) krabicový graf, c) Q-Q graf mezi modelovaným a pozorovaným odtokem, d) čáry překročení pro odtoky a nedostatkový objem

Fig. 2. Examples of graphical outputs from the BILAN model: a) time series (blue – observed runoff, red – modelled runoff, brown – deficit volumes), b) boxplot chart type, c) qq plot between modelled and observed runoff, d) flow duration curve for runoffs and deficit volumes

Balík pro prostředí R

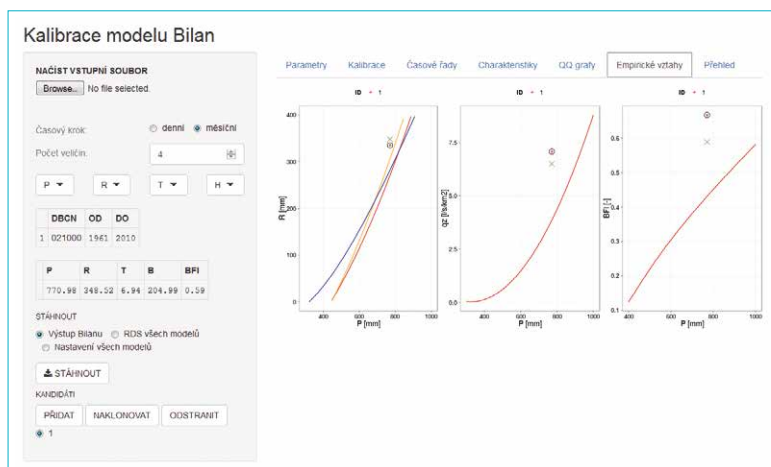
Do balíku pro prostředí R nazvaného „bilan“ (Kašpárek aj., 2014) byla převzata podpora pro nové vlastnosti jádra (užívání vod, aktuální stav, soustava povodí atd.), balík na rozdíl od GUI obsahuje veškerou novou funkcionalitu. Balík zároveň slouží pro experimentování s nově připravovanými funkcemi, v současnosti je v něm tak možné používat libovolný časový krok (v praxi například týdenní), testovat pozměněnou strukturu modelu či využít při kalibraci jiné veličiny než celkový a základní odtok.

Balík obsahuje kompletní dokumentaci všech funkcí a lze jej kompilovat na více platformách. V závěru roku 2013 byl zveřejněn na oficiálním úložišti balíků pro R zvaném CRAN (Comprehensive R Archive Network), kde zůstává v současnosti archivován, kvůli problémům nalezeným dynamickou analýzou kódu již však tato verze není přímo přístupná.

Webová aplikace

Pro prostředí R vzniklo několik nástrojů určených pro tvorbu webových aplikací, z nichž se nejvýznamnějším stal balík Shiny (Chang aj., 2015). Tento balík umožňuje snadno připravit webovou aplikaci sestávající z uživatelského rozhraní a serverové části, a to pouze prostřednictvím jazyka R, bez znalosti webových technologií. Takovou aplikaci lze provozovat jak lokálně, tak pomocí serverového programu Shiny Server.

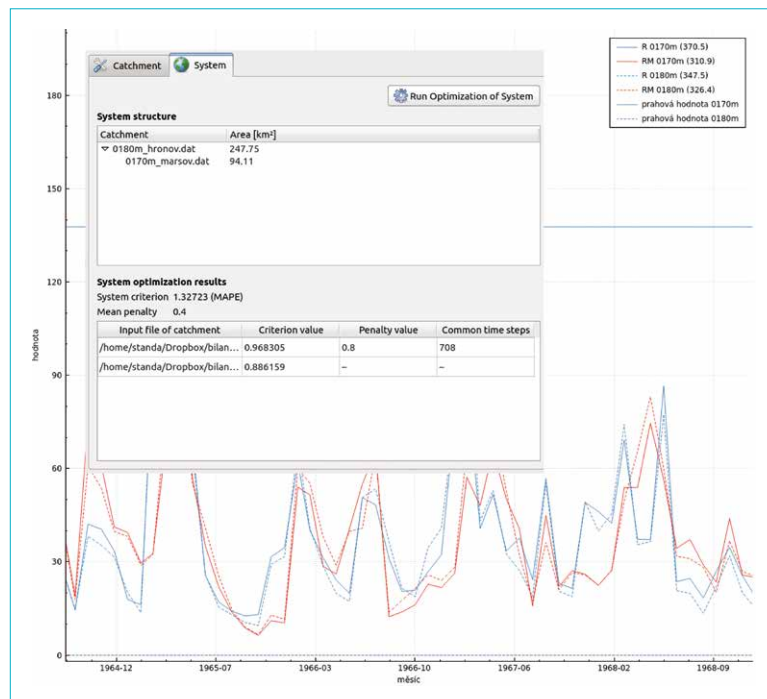
Pro model BILAN je webová aplikace využívající Shiny dostupná na adrese bilan.vuv.cz/shiny/bilan. Aplikace obsahuje vzorová data pro povodí, lze však načíst i data vlastní. Nastavení kalibrace odpovídá možnostem balíku, k dispozici je rovněž vytváření více modelů a jejich vzájemné srovnávání. To ve spojení s nástroji na diagnostiku úspěšnosti modelu (včetně různých typů grafů) nabízí podobně efektivní způsob kalibrace povodí jako desktopová aplikace, nevýhodou však je pomalejší odezva a absence interaktivního režimu. Příklad výstupu webové aplikace je uveden na obr. 3.



Obr. 3. Webová aplikace – zobrazení empirických vztahů mezi srážkou a odtokem, specifickým odtokem a indexem základního odtoku
Fig. 3. Web application – showing the empirical relationships between precipitation and runoff, specific runoff and baseflow index

MOŽNOSTI POUŽITÍ MODELU BILAN

Využití modelu BILAN je možné rozdělit do několika úrovní. Mezi primární patří modelování hydrologické bilance na povodí, které je hydrologicky



Obr. 4. Příklad optimalizace dvou povodí DBC 0170 a DBC 0180 na toku Metuje (červené jsou zobrazeny odtoky pro obě povodí, modře pozorované odtoky)
Fig. 4. An example of optimization of two river basins DBC 0170 and DBC 0180 of the Metuje River (red – modelled runoff for the both basins, blue – observed runoff)

uzavřené. Hydrologická bilance je složená z odtokových (odtok povrchový, přímý a základní) složek a složek zásobních (zásoba vody v půdě, podzemních vodách a ve sněhu). Vazby mezi jednotlivými složkami jsou reprezentovány jednotlivými parametry, které lze přenášet na hydrogeologicky podobná povodí. Tento přístup byl také zvolen pro modelování hydrologické bilance v projektu Rebilance zásob podzemních vod (Kašpárek, Hanel aj., 2014), kde pro celé hydrogeologické rajony, které nejsou hydrologicky uzavřené, byly parametry modelu přeneseny z jednotlivých povodí vyskytujících se v daném rajonu. Pro pilotní povodí v České republice byly navíc odvozeny odhady hodnot parametru zásoby vody v půdě (Spa) a parametru ovlivňujícího základní odtok (Grd). Výpočetní algoritmus modelu byl znovu ověřen tím, že výsledky byly porovnávány s výstupy modelů HBV a GR4J (Vizina aj., 2014).

Další možností využití modelu BILAN je modelování dopadů změn klimatu na hydrologickou bilanci, kdy je model nakalibrován pro současné podmínky a následně jsou parametry modelu využity pro modelování výhledových stavů. Vstupem bývají výstupy z regionálních klimatických modelů nebo upravená vstupní data, např. zvýšení teploty vzduchu o 1 °C. Následně je provedena analýza změn hydrologické bilance porovnáním výhledového stavu se současným. Pro současné a výhledové podmínky je navíc možné modelovat dopady při změněném užívání vod, které je uskutečněno pomocí transformace odběrů z povrchových a podzemních vod. Transformace mohou být provedeny pomocí přičtení či odečtení v jednotlivých měsících nebo pomocí násobku jednotlivého odběru. V modelu je též možné nastavit hodnoty neevidovaných odběrů či jejich odhad. Následně je provedena simulace. Pro posouzení, zda je daný zdroj pro zvolený odběr dostatečný, je možné použít výpočet nedostatkových objemů. Nedostatkové objemy lze nastavit na libovolnou limitní hodnotu, a to jako konstantní, nebo variabilní v jednotlivých měsících. Obvykle se nastavuje hodnota minimálního zůstatkového průtoku nebo průtokové kvantily.

V modelu je možné simulovat soustavu více povodí. Výsledky automatické kalibrace pro dvě povodí jsou uvedeny na obr. 4. Výhodou tohoto propojení

je, že nedochází k záporným odtokům na mezipovodí, které v dřívějších simulacích jednotlivých povodí způsobovalo problémy při následných simulacích vodohospodářských soustav.

ZÁVĚR

Model hydrologické bilance BILAN je vyvíjen ve Výzkumném ústavu vodohospodářském v Praze od 90. let 20. století, avšak za poslední roky doznal výrazných změn, a to především v použitelnosti pro koncové uživatele. Hlavní výhodou modelu je nenáročnost na vstupní data a robustnost. Pro modelování stačí denní či měsíční řady teplot vzduchu a srážkových úhrnů.

Současná verze modelu BILAN poskytuje plnohodnotné grafické uživatelské prostředí, které prostřednictvím interaktivních prvků a grafických výstupů umožňuje pohodlnou expertní kalibraci modelu. Výhodou je také možnost přizpůsobit optimalizační algoritmus, například pro optimalizaci nízkých či vysokých průtoků. Hromadné zpracování dat (např. modelování dopadů klimatické změny na hydrologickou bilanci) usnadňuje prostředí R, v němž lze model použít ve formě balíku. Model je k dispozici také jako webová aplikace. Jednotlivé verze modelu jsou dostupné po domluvě u autorů příspěvku.

Poděkování

Článek vznikl na základě výsledků projektu „Udržitelné využívání vodních zdrojů v podmínkách klimatických změn“ (TA01020508), který byl financován Technologickou agenturou České republiky.

Literatura

- Beran, A., Horáček, S. a Hanel, M. (2011) Zjednodušení metody výpočtu potenciální evapotranspirace v nové verzi modelu BILAN. *VTEI*, 53, 2011, mimoř. č. III, s. 17–20, příl. *Vodního hospodářství* č. 11/2011.
- Bonaccini, O. (1993) Hydrological identification of drought. *Hydrological Processes*, 7, p. 249–262.
- Chang, W., Cheng, J., Allaire, J.J., Xie, Y., and McPherson, J. (2015) Shiny: Web Application Framework for R. Dostupné z: <http://CRAN.R-project.org/package=shiny>.
- Horáček, S., Rakovec, O., Kašpárek, L. a Vizina, A. (2009) Vývoj modelu hydrologické bilance BILAN. *VTEI*, 51, mimořádné číslo I, s. 2–5, příloha *Vodního hospodářství* č. 11/2009.
- Kašpárek, L., Hanel, L., Horáček, S., Máca, P., and Vizina, A. (2014) Bilan: Bilan water balance model. R package version 2013.12. Dostupné z: <http://CRAN.R-project.org/package=bilan>, Praha: VÚV TGM., v.v.i.
- Kašpárek, L., Hanel, M. aj. (2014) Rebilance zásob podzemních vod – Stanovení velikostí přírodních zdrojů podzemní vody v 53 hydrogeologických rajonech – (Aktivita 6, Hydrologické modely) – Souhrnná zpráva. Praha: VÚV TGM., v.v.i., 27 s.
- Máca, P., Vizina, A. a Horáček, S. (2013) Optimalizace parametrů modelu BILAN metodou SCDE. *VTEI*, 55, 2013, č. 4, s. 1–4, příl. *Vodního hospodářství* č. 8/2013.
- R Core Team (2015) R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Dostupné z: <http://www.R-project.org>.
- Tallaksen, L.M. and van Lanen, H.A.J. (eds) (2004) Hydrological Drought – Processes and Estimation Methods for Streamflow and Groundwater. Amsterdam.
- Vizina, A. a Hanel, M. (2011) Eliminace ovlivnění průtoku pomocí propojeného modelu hydrologické a vodohospodářské bilance. *VTEI*, 53, č. 3, s. 20–22, příloha *Vodního hospodářství* č. 11/2010.
- Vizina, A. aj. (2014) Udržitelné využívání vodních zdrojů v podmínkách klimatické změny. Technická zpráva. Praha: VÚV TGM.

Autoři

Ing. Adam Vizina, Ph.D.^{1,2}

✉ adam_vizina@vuv.cz

Ing. Stanislav Horáček, Ph.D.¹

✉ stanislav_horacek@vuv.cz

doc. Ing. Martin Hanel, Ph.D.^{1,2}

✉ martin_hanel@vuv.cz

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

² Česká zemědělská univerzita v Praze, Fakulta životního prostředí

Příspěvek prošel lektorským řízením.

RECENT DEVELOPMENTS OF THE BILAN MODEL

VIZINA, Adam^{1,2}; HORACEK, Stanislav¹; HANEL, Martin^{1,2}

¹ T. G. Masaryk Water Research Institute, p.r.i.

² Czech University of Life Sciences in Prague

Key words: hydrological balance modelling – BILAN model
– graphical user interface – R – Shiny – web application

The BILAN model has been used in a number of research projects and hydrological studies dealing with estimation of water balance for European catchments. This paper is focused on the recent development of the model during last years. The model changes include both core development (new variables representing water use, optional calibration for a system of catchments, saving of state variables) and enhanced user interface that was extended by new graphical outputs and controls allowing interactive use of the model. The R package interface and web application are also introduced. Finally, studies that use the model for simulation of catchment behaviour for current and climate change conditions are mentioned.

Možnosti zmírnění dopadů změny klimatu využitím území chráněných pro akumulaci povrchových vod

ROMAN KOŽÍN, MARTIN HANEL, LADISLAV KAŠPÁREK, MARTINA PELÁKOVÁ, ADAM VIZINA, PAVEL TREML

Klíčová slova: vodní nádrže – deficit – změna klimatu – adaptace

SOUHRN

V České republice existuje od počátku 20. století seznam lokalit vhodných pro akumulaci povrchových vod (LAPV). Tento seznam byl do současnosti redukován z několika set na 65 lokalit, které jsou popsány v Generelu LAPV. Pro LAPV byly v minulosti zpracovány základní údaje o možném objemu nádrží, o jejich dopadu na zástavbu, ochranu přírody atp. V souvislosti s možnou změnou klimatu v budoucích desetiletích je nezbytné prověřit, nakolik se zvýší četnost a intenzita suchých období a nakolik by byly potenciální nádrže na LAPV schopny tyto negativní změny kompenzovat. Předložený článek podává informaci o počátku řešení této problematiky, jehož hlavním výsledkem budou podklady pro aktualizaci Generelu LAPV jak z hlediska vhodnosti jednotlivých lokalit, tak z hlediska jejich parametrů.

ÚVOD

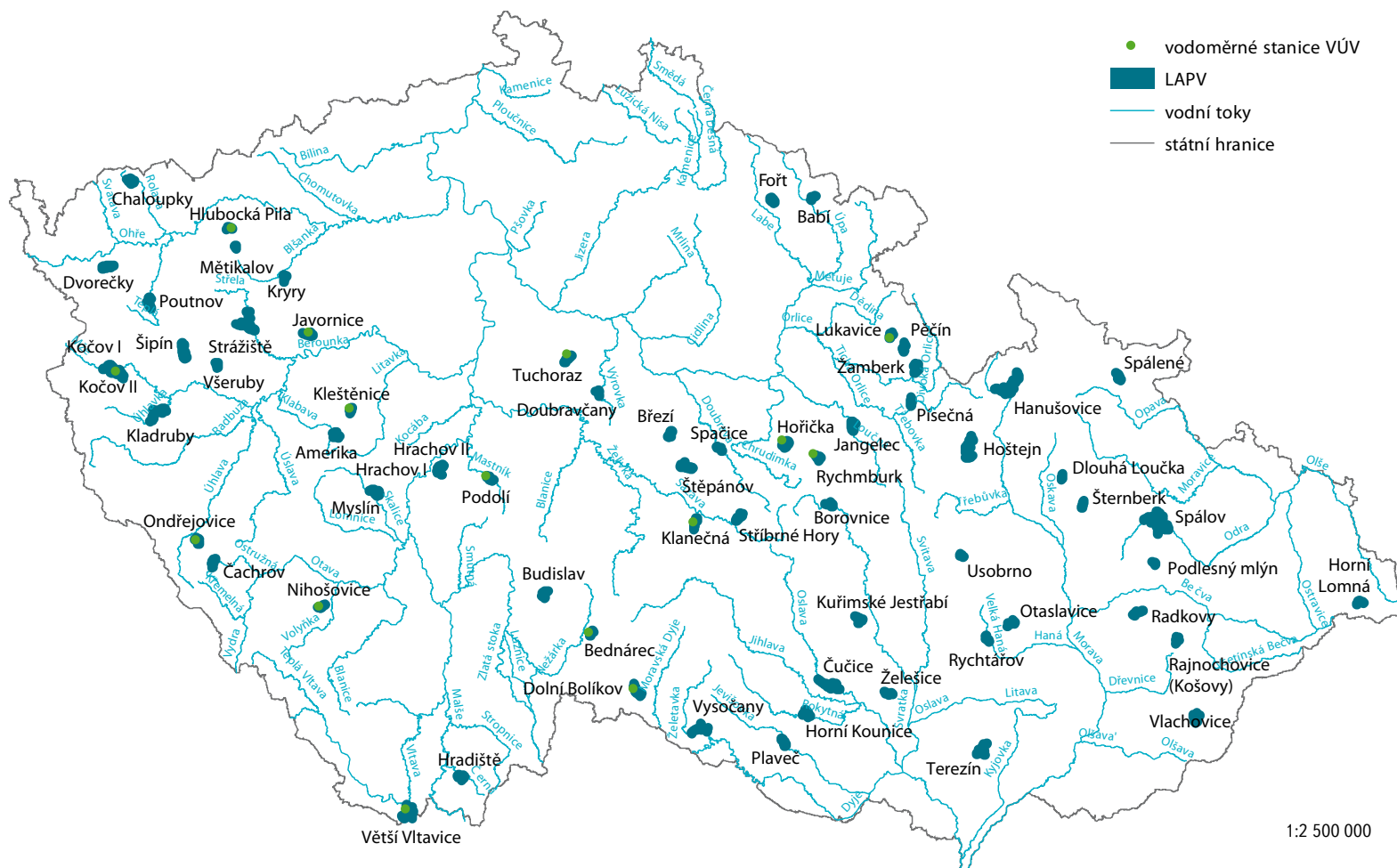
V souvislosti s předpokládanou změnou klimatu v průběhu 21. století je ve světě i v ČR věnována značná pozornost návrhům adaptačních opatření vedoucích ke zmírnění dopadů klimatické změny a k zajištění dlouhodobě udržitelného využívání vodních zdrojů. Je zřejmé, že adaptační opatření je vhodné podle míry předpokládané změny diverzifikovat, nicméně naplní-li se projekce klimatických modelů, budou pravděpodobně klíčová opatření vedoucí k navýšení (respektive ke kompenzaci poklesu) vodních zdrojů v povodí. Z dosavadních zkušeností při řešení problému nedostatku vodních zdrojů v důsledku probíhajících změn klimatu vyplývá, že z těchto opatření jsou z hlediska efektivity a proveditelnosti často nejvhodnější opatření technická, mezi nimi i rekonstrukce starých či konstrukce nových vodních nádrží (viz např. Hanel aj., 2011; Horáček aj., 2012).

V ČR existuje od počátku 20. století seznam lokalit vhodných pro akumulaci povrchových vod (LAPV). Tento seznam byl do současnosti redukován z několika set na 65 lokalit, které jsou popsány v Generelu LAPV (MZe a MŽP, 2011). Pro LAPV byly v minulosti zpracovány základní údaje o možném objemu nádrží, o jejich dopadu na zástavbu, ochranu přírody atp. Dosud používané hydrologické podklady, které jsou pro funkci potenciálních nádrží rozhodující, pocházejí ze Směrného vodohospodářského plánu z let 1970–1975 a byly převážně odvozeny hydrologickou analogií. V řadě případů tak neodpovídají současnému vývoji hydrologických poměrů a vyžadují zpřesnění. Navíc je vzhledem k předpokládanému zvyšování variability hydrologického režimu v důsledku změny klimatu nezbytné prověřit schopnost potenciálních nádrží plnit své funkce i v případě děletrvajících a častěji se opakujících období sucha.

Z tohoto důvodu bylo v polovině roku 2014 zahájeno řešení projektu s názvem Možnosti kompenzace negativních dopadů klimatické změny na zásobování vodou a ekosystémy využitím lokalit vhodných pro akumulaci povrchových vod. Projekt spolufinancuje Technologická agentura ČR a na jeho řešení se kromě Výzkumného ústavu vodohospodářského T. G. Masaryka (VÚV TGM) podílí i Česká zemědělská univerzita. Projekt si klade za cíl reálně posoudit možnosti kompenzace nedostatku vodních zdrojů způsobené změnou klimatu pomocí nádrží na LAPV s přihlédnutím zejména k (1) míře zranitelnosti jednotlivých povodí a (2) pravděpodobné zabezpečení funkce případných nádrží v podmínkách klimatické změny. K tomu využije (3) zpřesněné hydrologické údaje týkající se jednotlivých LAPV, které jsou získávány na základě doplněných datových zdrojů (pokud existují), i účelového automatického měření v profitech vybraných LAPV, které probíhá od konce roku 2014. Využití hájených lokalit k realizaci vodních nádrží by mělo jako technické řešení nastoupit až tehdy, když budou vyčerpány možnosti ostatních opatření k zajištění vodohospodářských služeb. V případě, kdy dopady klimatických změn nebudou řešitelné jinými prostředky, budou alternativně posouzeny i (4) možnosti zvýšení retence vody v povodí pomocí opatření v ploše povodí, včetně vlivu na celkovou hydrologickou bilanci zejména v obdobích nedostatku vodních zdrojů.

Již v minulých letech vzniklo několik studií, které se zabývaly vyhodnocením potenciálu LAPV vzhledem k možnostem kompenzace dopadů změny klimatu. Např. Peláková a Boersema (2005) a Hanel aj. (2011) na základě porovnání průměrné změny nedostatkových objemů v důsledku změny klimatu (popisované různými scénáři) konstatují, že ve většině případů jsou schopny nádrže na LAPV kompenzovat (za určitých zjednodušujících předpokladů) změny nedostatkových objemů. Hanel aj. (2013) tyto studie rozšířili o vyhodnocení změn celého rozdělení nedostatkových objemů. Žádná z výše zmíněných studií nicméně neřeší zabezpečení zásobní funkce posuzovaných nádrží – tj. nedostatkové objemy jsou porovnávány s potenciálním objemem nádrží a navíc se předpokládá, že na počátku deficitního období jsou nádrže plné. Tyto předpoklady mohou do jisté míry ovlivnit hodnocení využitelnosti jednotlivých nádrží na LAPV.

Cílem článku je podat základní informaci o projektu a seznámit s prvními výsledky řešení, tj. zejména s vyhodnocením reálně dostupných objemů nádrží a s jejich porovnáním s nedostatkovými objemy pro povodí 3. řádu. Uvažovány jsou i potenciální převody vody a využití nádrží položených na horním toku povodí. V následující kapitole jsou stručně popsány jednotlivé LAPV, vodoměrné stanice VÚV TGM a základní přístup k řešení projektu. Kapitola Hydrologická bilance pro profily LAPV popisuje kalibraci modelu Bilan pro profily LAPV. V kapitole Vyhodnocení vodohospodářské bilance je představeno zjednodušené vodohospodářské řešení zásobní funkce nádrží na LAPV. Poznatky jsou shrnuty v Závěru.



Obr. 1. Mapa ČR s rozmištěním 65 LAPV a 17 účelových stanic

Fig.1. Map of the Czech Republic with 65 localities suitable for accumulation of surface water and 17 gauging stations

LAPV A PŘÍSTUP K ŘEŠENÍ JEJICH FUNKCE V PODMÍNKÁCH ZMĚNY KLIMATU

LAPV a účelová měření

V aktuální podobě Generelu LAPV je popsáno 65 lokalit (viz obr. 1) včetně jejich využití, potenciálních objemů, identifikace střetů se zástavbou, komunikacemi, zájmy ochrany přírody aj. Příslušnost LAPV k oblastem povodí je patrná z tabulky 1. Nejvíc LAPV je v oblasti povodí horního a středního Labe (13), nejméně v povodí Odry (3). Suma potenciálních objemů je nicméně nejvyšší v oblastech povodí Moravy (390,9 mil. m³), Odry (322,9 mil. m³) a Berounky (233,2 mil. m³).

Za účelem zpřesnění hydrologických podkladů v profilech LAPV, pro které nejsou k dispozici spolehlivá data z pozorovacích sítí ČHMÚ a podniků povodí, bylo zřízeno 17 vodoměrných stanic s kontinuálním měřením průtoků (viz obr. 1). Stanice byly umístěny zpravidla, pokud to podmínky umožňovaly, do profilu pod uvažovanou hráz, aby mohlo měření pokračovat i v případě výstavby nádrže. Stanice se skládá z kovového tubusu, na kterém je připevněný plastový vodočet a uvnitř zavěšena hladinoměrná sonda – Levelogger značky Solinst. Data jsou stahována manuálně, zpravidla při provádění hydrometrických měření.

Metodika řešení projektu

Zranitelnost jednotlivých povodí k profilům LAPV vůči změně klimatu (pozornost je věnována zejména obdobím sucha a s nimi spojeným nedostatkovým objemům) je posuzována jednak vyhodnocením dopadů již probíhajících změn a dále s využitím scénářů změn klimatu. Na základě návrhových údajů nádrží na LAPV je provedena simulace a vyhodnocení zabezpečení zásobní funkce jednotlivých nádrží pro současné podmínky, simulace využívající scénáře změny klimatu se připravují. Jelikož není jisté, které z nádrží se budou realizovat, jsou jednotlivé nádrže posuzovány převážně odděleně. Tento postup umožňuje identifikaci povodí potenciálně nejohroženějších změnami klimatu a zároveň umožňuje posoudit, zda a do jaké míry by byly jednotlivé nádrže na LAPV schopny tyto změny kompenzovat, zvláště vzhledem k možným změnám časového i plošného rozložení množství srážek.

Uvažované scénáře změny klimatu využívají nejnovější simulace klimatických modelů, které byly provedeny v rámci projektu CMIP5 (Taylor aj., 2012), respektive navazujícího projektu CORDEX (Giorgi aj., 2006). Projekt CMIP5 poskytuje výstupy globálních klimatických modelů (prostorové rozlišení 100 km a více) pro dlouhá časová období (standardně 1850–2100), což umožňuje vyhodnocení simulované dlouhodobé variability srážek, teploty i odtoku. Regionální klimatické modely z projektu CORDEX mají podstatně lepší prostorové rozlišení (50 km a 11 km), nicméně jsou dostupná zpravidla pro období 1950–2100. Simulace z obou projektů

využívají scénáře vývoje koncentrací skleníkových plynů (RCP) (Meinshausen aj., 2011) a v případě obou projektů jsou dostupné desítky simulací. Simulace jsou upraveny pomocí standardních metod statistického downscalingu (např. Hanel a Vizina, 2013) tak, aby je bylo možno využít pro hydrologické modelování. Zároveň jsou využity referenční scénáře změny klimatu, které jsou výstupem projektu TAČR Podpora dlouhodobého plánování a návrhu adaptačních opatření v oblasti vodního hospodářství v kontextu změn klimatu viz rscn.vuv.cz.

HYDROLOGICKÁ BILANCE PRO PROFILY LAPV

Povodí dané profilem LAPV se ve většině případů neshoduje s povodím, které je uzavřené vodoměrnou stanicí ČHMÚ. Neexistují tedy pro něj měřené průtoky. Hydrologická bilance v profilech LAPV je tak počítána pomocí konceptuálního modelu Bilan v měsíčním kroku s využitím hydrologické analogie. Bilan je nakalibrován na povodí s měřenými průtoky (analogon) a parametry takto nakalibrovaného modelu jsou přeneseny na povodí LAPV.

Hlavním výstupem modelování je celkový odtok z povodí LAPV, který pak slouží jako vstup při řešení vodohospodářské bilance. Pro spolehlivější výpočet bilance byly použity co možná nejdéle pozorované řady hydrometeorologických veličin.

Data

Vzhledem k potřebě interpolovat srážky a teplotu vzduchu na 65 povodích nepravidelně rozprostřených po celé ČR byly vytvořeny rastry srážek a teploty v pravidelné síti. Pro oblast Čech byl vytvořen rastr měsíčních srážek z historických staničních dat v období 1879–2003. Pro interpolaci byla použita metoda respektující variabilitu v ploše i nadmořskou výšku. Pro vytvoření rastru teploty byl využit dataset pocházející od Climatic Research Unit (viz Harris a Jones, 2014), který byl pro ČR přeprojektován do pravidelné sítě 2×2 km a korigován podle výškového gradientu 0,65 °C/100 m. Vznikl tak rastr měsíční teploty pro území ČR pro období 1901–2013.

Pro simulaci hydrologické bilance v LAPV ležících na území Čech byly použity srážky a teplota z období 1901–2010. Srážky a teplota v období 1901–1960 pochází z námi vytvořených rastrů. Data z období 1961–2010 pochází z rastru vytvořeného Štěpánkem aj. (2011), který má rozlišení 25×25 km. Na území Moravy a Slezska byla pro simulaci hydrologické bilance použita pouze data od Štěpánka aj. (2011) z období 1961–2010.

Srážky i teplota vzduchu z námi vytvořených rastrů byly validovány s historicky interpolovanými daty na povodí i s rastrovými daty od Štěpánka aj. (2011). Obecně jsou všechny datové zdroje konzistentní, v případě rozporů byly individuálně zvoleny nejlépehodnější datové zdroje.

Kalibrace modelu Bilan

Bilan (viz Vizina aj., 2015) je konceptuální model hydrologické bilance, který je řízen osmi parametry. Srážky jsou transformovány na odtok pomocí soustavy lineárních nádrží. Více o modelu lze nalézt na bilan.vuv.cz.

Jak již bylo uvedeno výše, Bilan byl kalibrován nejprve na analogon, který byl vybrán tak, aby povodí LAPV bylo jeho součástí anebo se nacházelo v bezprostřední blízkosti. Tím je zaručen předpoklad stejných parametrů a výparů na analogonu i povodí LAPV. Následně byly parametry z analogonu přeneseny na povodí LAPV. Interpolované srážky a teplota vzduchu na povodí LAPV sloužily jako nový vstup do již nakalibrovaného modelu (z analogonu), výsledkem simulace jsou řady odtoků v profilech LAPV.

VYHODNOCENÍ VODOHOSPODÁŘSKÉ BILANCE

Uvažované indexy

Vodohospodářská (VH) bilance byla řešena pro celé potenciální objemy navrhovaných nádrží. Bylo provedeno zjednodušené VH řešení (rovnice 1 až 3), kde se hledal maximální možný odběr se 100% zabezpečením pro daný potenciální objem. Výpar z hladiny nádrže uvažován nebyl. Výpočet byl proveden v měsíčním kroku na historických průtocích simulovaných Bilanem, pro LAPV v Čechách za období 1901–2010, na Moravě a Slezsku pak za období 1961–2010.

$$S_i = I_i - O_i \quad (1)$$

$$D_{i+1} = \min(0, D_i + S_{i+1}); D_0 = 0 \quad (2)$$

$$V_{100\%} = -\min(D_i) \quad (3)$$

S – zásoba vody v nádrži, I – přítok, O – odtok, D – deficit v nádrži, $V_{100\%}$ – 100% zabezpečený objem nádrže pro požadovaný odtok, všechny veličiny jsou v m³

Tabulka 1. Počty LAPV v jednotlivých oblastech povodí

Table 1. The number of LASW in each river basin district of the Czech Republic

Název oblasti povodí	Počet LAPV	Celkový potenciální objem [mil. m ³]	Průměrný potenciální objem [mil. m ³]
Oblast povodí horního a středního Labe	13	138,5	10,7
Oblast povodí horní Vltavy	7	97,4	13,9
Oblast povodí Berounky	10	233,2	23,3
Oblast povodí dolní Vltavy	6	56,9	9,5
Oblast povodí Ohře a dolního Labe	6	94,9	15,8
Oblast povodí Odry	3	322,9	107,6
Oblast povodí Moravy	11	390,9	35,5
Oblast povodí Dyje	9	134,2	14,9

Pro povodí 3. řádu byla provedena analýza deficitních objemů z měsíčních průtoků za období 1981–2010. Cílem bylo zjistit, jak velký deficit vznikne, kdyby každé povodí mělo kompenzovat odběr daný součtem odběrů podzemních a povrchových vod, vypouštění a minimálního zůstatkového průtoku (MZP), viz rovnici (4). MZP vypočtený z měsíčních průtoků podle rovnice (5) odpovídá hodnotám MZP počítaných na základě nové metodiky, kterou zpracoval Balvín aj. (2015) pro denní průtoky. Deficitní objemy pro jednotlivá povodí jsou počítána za pomoci rovnic (1) a (2), kde přítok je průtok v závěrovém profilu povodí a odtok je odběr definovaný rovnicí (4). Pro každý rok je posléze vybrán maximální deficit. Deficity, které se rovnají nule, nejsou uvažovány.

Troutman (1976, v McMahon aj., 2007) uvádí, že pokud $\alpha < 1$, viz rovnici (10), tak maximální deficit má zpravidla Gumbelovo (EV1) rozdělení. Při vykreslení deficitu jako závislosti na redukované proměnné Gumbelova rozdělení y je vidět lineární vztah, jak ukazuje obr. 2. N-letý deficit se pak vypočte s využitím koeficientů z regresní přímky a redukované proměnné pro N let y_N .

$$Od = POD + POV - VYP + MZP \quad (4)$$

$$MZP = 0,73 * Q_{10} \quad (5)$$

$$y = -\ln(-\ln(p)) \quad (6)$$

$$p = 1 - \left(\frac{i - 0,3}{N + 0,4} \right) \quad (7)$$

$$T = \frac{1}{1-p} \quad (8)$$

$$y_N = -\ln(-\ln(1 - \frac{1}{N})) \quad (9)$$

Od – celkový odběr z nádrže, POD – odběr podzemních vod, POV – odběr povrchových vod, VYP – vypouštění, MZP – minimální zůstatkový průtok, Q_{10} = 90 % kvantil z průměrných měsíčních průtoků, y – redukovaná proměnná Gumbelova rozdělení, i – pořadí dle velikosti deficitu (řazeno od nejvyššího), p – pravděpodobnost, N – počet let, T – doba opakování, y_N – Gumbelova redukovaná proměnná pro N let opakování

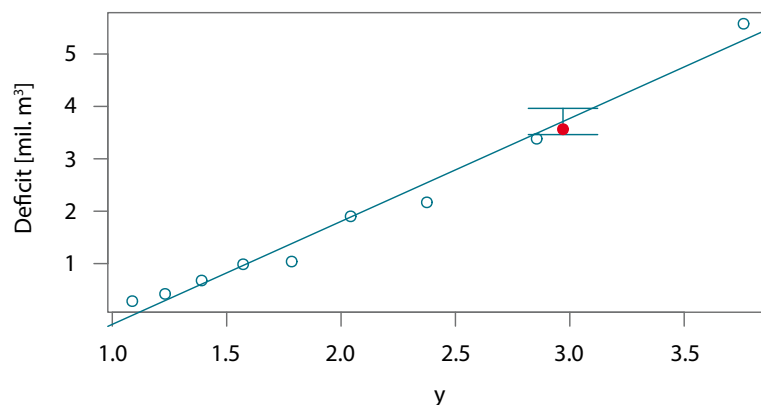
Kromě VH řešení byly spočteny dva základní indexy charakterizující VH nádrže – koeficient nalepšení α a standardizovaný přítok m , který např. Vogel a Bolognese (1995) označují jako index odolnosti. Ukázali, že nádrže, které mají $m < 0,2$, mají tendenci se naplňovat několik let nebo i desetiletí v případě, že nastane porucha. Podle m lze také rozlišit nádrže se sezonním nebo víceletým řízením. Pokud $m \geq 1$ nebo $m \geq C_v$, lze nádrž chápat jako sezonní, v opačném případě jako víceletou. Obě pravidla jsou konzistentní, jak ukázali McMahon aj. (2007). Indexy definují rovnice (10) a (11).

$$\alpha = Q_n / Q_a \quad (10)$$

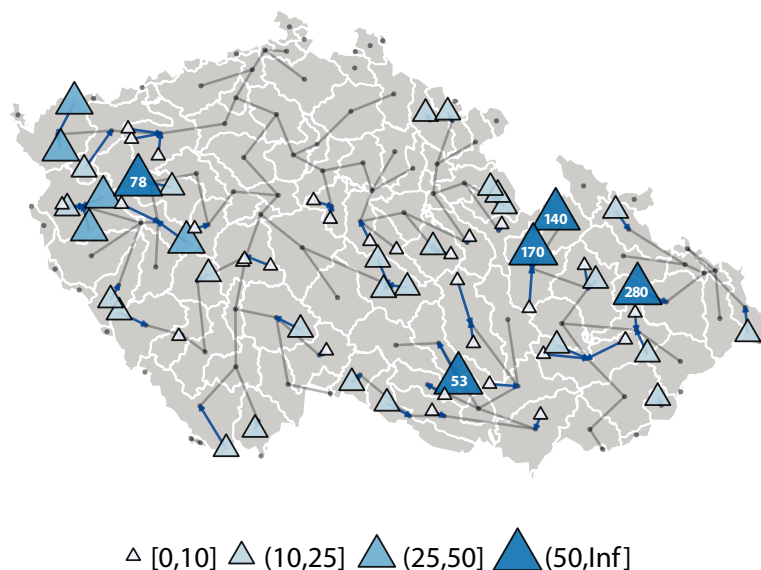
$$m = \left(\frac{1 - \alpha}{C_v} \right) \quad (11)$$

Q_n – nalepšený odtok z nádrže, Q_a – dlouhodobý průměrný průtok, C_v – koeficient variace ročních průměrných průtoků

Pokud rozdělíme nádrže na základě m , vyjde, že sezonní řízení připadá na 27 lokalit, které se nacházejí převážně na území Čech. U ostatních 38 nádrží by bylo pravděpodobně řízení víceleté.



Obr. 2. Maximální deficitní objemy [mil. m³] na povodí Divoké Orlice s vyznačeným 20letým deficitem spočteným podle regrese a jeho intervalem spolehlivosti; červeně je deficit spočtený lineární aproximací
Fig. 2. Maximum deficit volumes [mil. m³] for Divoká Orlice catchment; the 20-year deficit volume estimated from linear regression together with the corresponding 90% confidence interval and the empirical estimate (red)



Obr. 3. Potenciální objemy nádrží na LAPV [mil. m³]; černě je znázorněna síť povodí 3. řádu; modře jsou připojeny nádrže na LAPV
Fig. 3. Potential volumes of reservoirs at LASW [mil. m³] and connection of the reservoirs into the system of 3rd order catchments; black lines represent the system of 3rd order catchments; reservoirs at LASW are connected with blue lines

Předběžné vyhodnocení potenciálu nádrží na LAPV

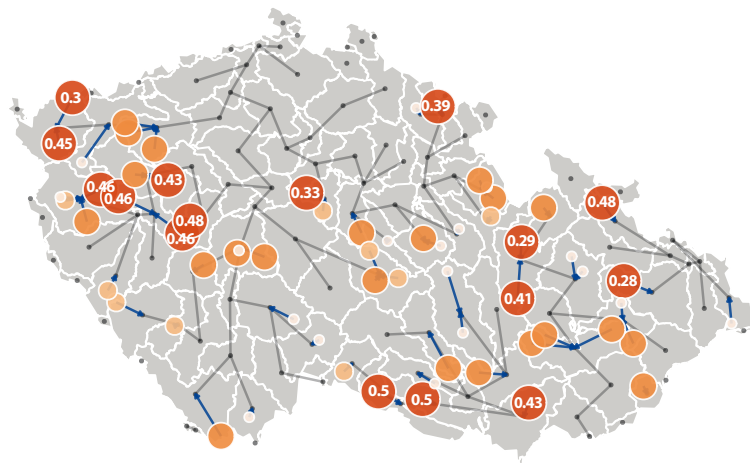
Na obr. 3 jsou znázorněny potenciální dostupné objemy (V_{pot}) nádrží na LAPV. Nejvyšší kapacitu mají LAPV na Moravě – tj. Spálov na Odře (280 mil. m³), Hoštejn na Břežné (170 mil. m³), Hanušovice na Moravě (140 mil. m³) a Čučice na Oslavě (53 mil. m³). Další lokality s vyššími potenciálními objemy se nacházejí v povodí horní Ohře (např. Chaloupky, Dvorcečky), Mže (Šípín, Kladruby), Strěly (Strážístě) a Berounky (Amerika). Průměrný potenciální objem je 23 mil. m³, pět nádrží má potenciální objem nižší než 5 mil. m³ (Písečná na Potočnici, Doubravčany na Výrovce, Hrachov I na Brzině, Mětikalov na Liboci a Kryry na Podvineckém potoce).

Pro představu o zabezpečení zásobního objemu byl vyčíslen i odběr, který je možno dodávat se 100% zabezpečeností $V_{100\%}$ z rovnice (3). Porovnání $V_{100\%}$ [mil. m³/rok] s potenciálním objemem nádrží V_{pot} [mil. m³] udává obr. 4 (nahore). Pro 16 LAPV tvoří $V_{100\%}$ méně než polovinu potenciálního objemu, to se týká i výše jmenovaných velkých nádrží Hoštejn a Spálov. Naopak, pro 18 LAPV je $V_{100\%}$ stejný nebo větší než V_{pot} .

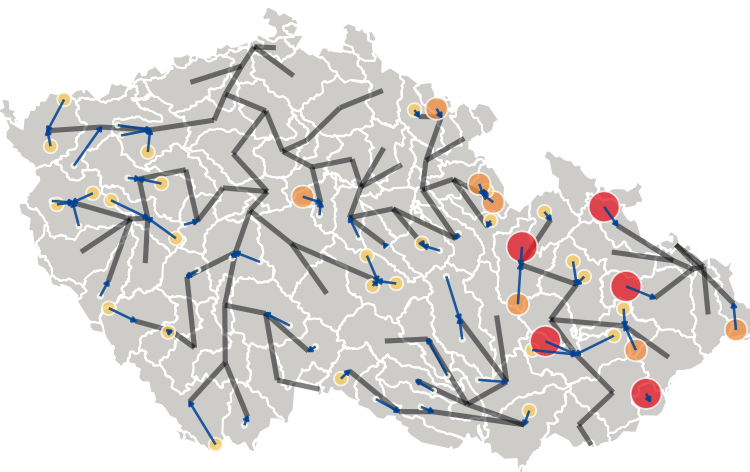
Dalším ukazatelem zabezpečení potenciálního objemu je koeficient m z rovnice (11). V případech, kdy je m malé (např. < 0,2 – tj. koeficient variace je v porovnání s relativním nalepšením velký), může docházet k problémům se znovu naplněním nádrže po poruše. Hodnotu koeficientu m ukazuje obr. 4 (dole). Zejména pro LAPV nacházející se na severovýchodě ČR vycházejí hodnoty nižší než 0,2. V sadě pěti lokalit s $m < 0,2$ jsou opět velké nádrže Hoštejn a Spálov. Z nádrží, pro které vycházel nepříznivý poměr $V_{100\%}/V_{pot}$, je to dále Spálená na Opavici.

Efektivita nádrže není dána pouze pravděpodobností, s jakou nádrž dokáže zabezpečit určitý odběr, ale lze ji chápat i ve vztahu k možnosti kompenzace deficitu v příslušném povodí, dále po toku nebo v případě převodu vody také v přilehlých povodích. Předpokladem takového hodnocení nádrží je i vyčíslení příslušných deficitů v území, jelikož ty spoluurčují optimální zásobní objem. Pro toto řešení jsme využili výsledků projektu Strategie ochrany před negativními dopady povodní a erozními jevy přírodě blízkými opatřeními v České republice, konkrétně odhady hydrologické bilance pro povodí 3. řádu včetně užívání vod (Beran a Hanel, 2015), které umožňují vyčíslení deficitů včetně jejich rozdělení pravděpodobnosti (viz kapitulu Uvažované indexy).

Na obr. 5 jsou znázorněny odhady pětiletého a dvacetiletého nedostatkového objemu [mil. m³]. Vysoké nedostatkové objemy pro povodí 3. řádu často korespondují s intenzivním užíváním vod (např. povodí 1-05-03 – Jizera od Klenice po ústí, 1-09-02 – Želivka, 4-13-02 – Morava od Olšavy po Myjavu).

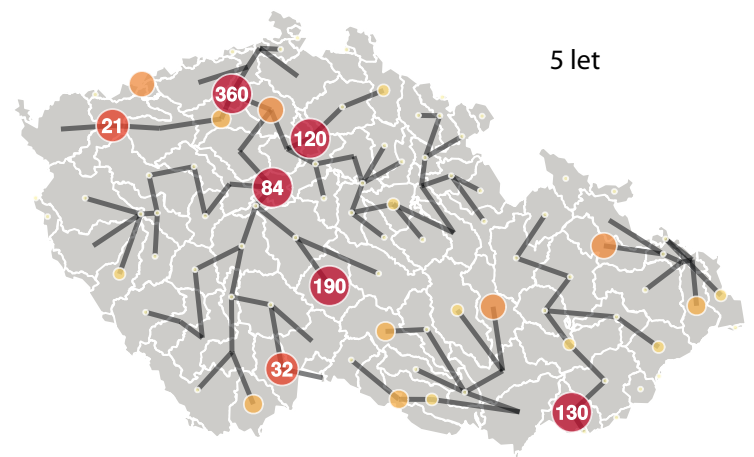


100 % zabezpečený objem [% V_{pot}]
 ● [0,0.5] ● (0.5,0.8] ● (0.8,1] ● (1,Inf]

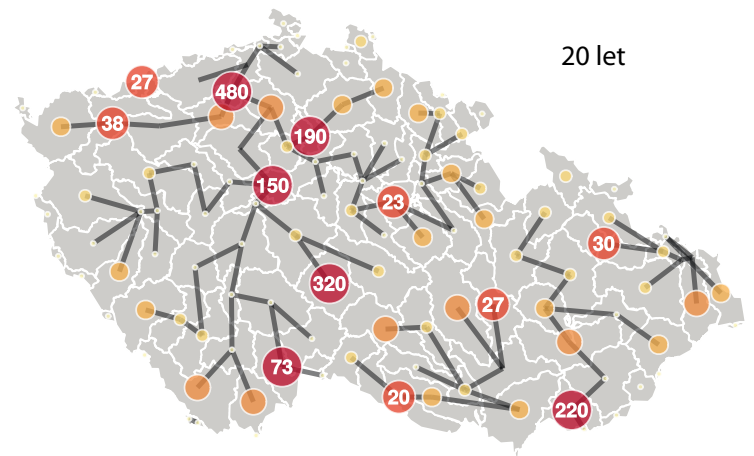


$m[-]$ ● [0,0.2] ● (0.2,0.5] ● (0.5,1] ● (1,Inf]

Obr. 4. (nahore) Poměr $V_{100\%}$ [mil. m³/rok] a V_{pot} [mil. m³]; (dole) koeficient m z rovnice (11); černě je znázorněna síť povodí 3. řádu; modře jsou připojeny nádrže na LAPV
 Fig. 4. (above) Ratio $V_{100\%}$ [mil. m³/year] to V_{pot} [mil. m³]; (below) koeficient m from eq. (11); black lines represent the system of 3rd order catchments; reservoirs at LASW are connected with blue lines



5 let



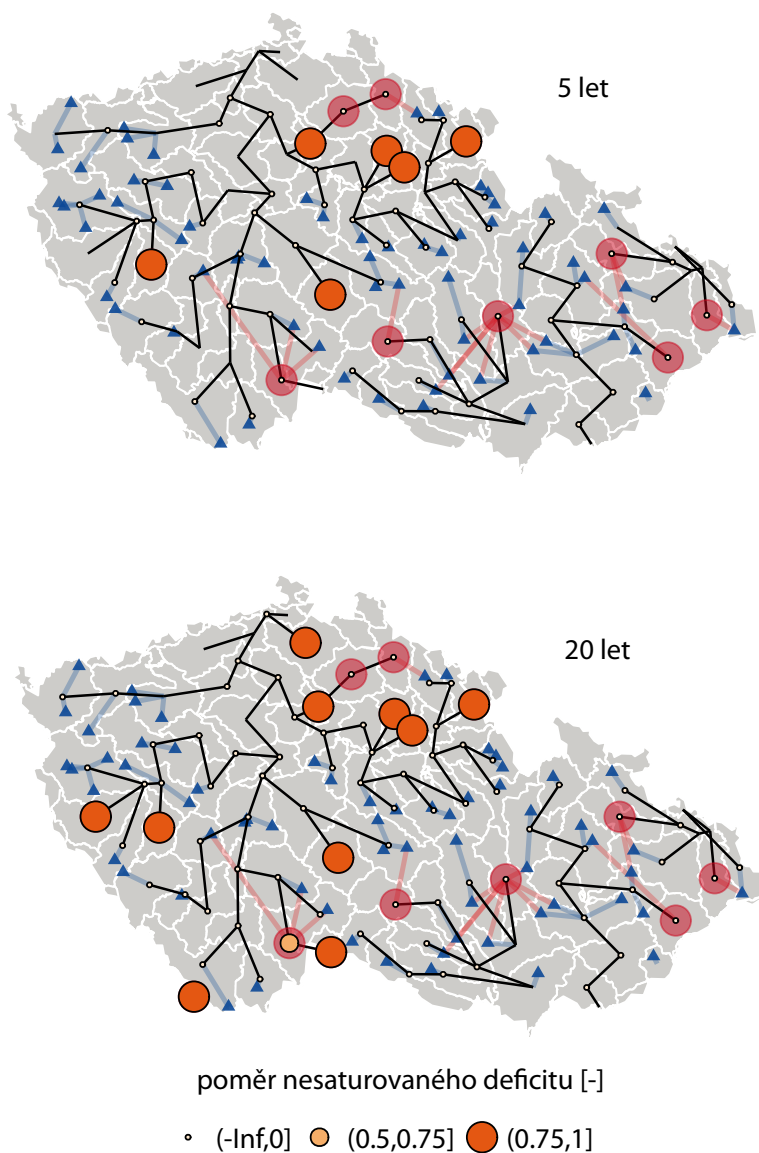
20 let

deficitní objem [mil. m³]

● (0,2.5] ● (2.5,5] ● (5,10] ● (10,20] ● (20,50] ● (50,Inf]

Obr. 5. Odhad nedostatkových objemů s dobou opakování 5 a 20 let; černě je znázorněna síť povodí 3. řádu
 Fig. 5. Estimated 5- and 20-years deficit volumes [mil. m³]; black lines represent the system of 3rd order catchments

Schopnost nádrží na LAPV kompenzovat tyto nedostatkové objemy byla posuzována v několika variantách: (1) deficit pro povodí 3. řádu byl porovnán s objemem nádrží ($V_{100\%}$), které se v tomto povodí nacházejí, (2) deficit pro povodí 3. řádu byl porovnán s objemem všech nádrží ($V_{100\%}$) nacházejících se v daném povodí a v povodích jeho přítoků a (3) byly navíc uvažovány převody vody. Možné převody vody byly identifikovány automaticky na základě prostorové analýzy tak, že pro každou nádrž byl zaveden převod do maximálně jednoho povodí, jehož hranice je blíže než 50 km od nádrže. Pokud je takových povodí víc, je zvoleno povodí s nejvyššími deficity. Toto řešení je pouze orientační, jelikož předpokládá, že veškerá voda z relevantních nádrží (podle variant (1)–(3)) je dostupná pro kompenzaci nedostatkového objemu na daném povodí 3. řádu. Poměr nedostatkového objemu po kompenzaci k původnímu nedostatkovému objemu uvádí obr. 6 (nahore pro variantu (1)+(3), dole pro variantu (2)+(3)), účinek převodů je znázorněn též.



Obr. 6. Velikost nedostatkového objemu, který není možno kompenzovat nádržemi na LAPV nacházejícími se v příslušném povodí 3. řádu (nahore) a nádržemi přispívajícími do příslušného povodí (dole); černě je znázorněna síť povodí 3. řádu; modře jsou připojeny nádrže na LAPV; možné převody vody jsou znázorněny červeně; výsledky bez uvažovaných převodů jsou vyznačeny pomocí kruhů bez ohraničení

Fig. 6. Fraction of deficit volume that cannot be compensated by reservoirs at LASW from the respective 3rd order catchment (above) and together with all reservoirs upstream (below); black lines represent the system of 3rd order catchments; reservoirs at LASW are connected with blue lines; possible water transfers are indicated by red lines

Za těchto zjednodušených předpokladů platí, že kromě povodí, na kterých se LAPV nenachází, jsou deficity relativně účinně kompenzovány. Nicméně pro osm povodí 3. řádu (1-05-01 – Jizera po Kamenici a Kamenice, 1-05-02 – Jizera od Kamenice po Klenici a Klenice, 1-07-02 – Rybná a Lužnice od Rybné po Nežárku, 4-16-01 – Jihlava po Oslavu, 4-15-02 – Svitava, 2-02-02 – Moravice, 2-03-01 – Ostravice, 4-11-01 – Vsetínská Bečva a Rožnovská Bečva) lze pětiletý i dvacetiletý nedostatkový objem kompenzovat pouze s využitím převodů.

ZÁVĚR

Byly shromážděny dostupné meteorologické a hydrologické podklady pro stanovení hydrologické a vodohospodářské bilance pro nádrže na LAPV. Pro tyto nádrže byly stanoveny základní vodohospodářské ukazatele a byl odvozen 100 % zabezpečený objem. Ten byl porovnán s objemem potenciálním. Pro povodí 3. řádu byly odhadnuty pětileté a dvacetileté nedostatkové objemy (uvažováno bylo i užívání vod včetně zachování minimálního zůstatkového průtoku). Tyto nedostatkové objemy byly porovnávány se 100 % zabezpečenými objemy nádrží v příslušných povodích i v povodích do těchto povodí přispívajících.

Hlavní poznatky lze shrnout následovně:

- pro pozorované období jsou vysoké nedostatkové objemy (z hlediska plošného rozložení) primárně spojené s užíváním vody;
- většina nedostatkových objemů může být teoreticky kompenzována pomocí nádrží na LAPV;
- vyčíslení reálné schopnosti kompenzace nedostatkových objemů vyžaduje podrobnější řešení;
- optimální objemy nádrží na LAPV mohou být v řadě případů odlišné od objemů potenciálních.

Prezentované řešení učinilo řadu zjednodušujících předpokladů, které budou do jisté míry eliminovány v průběhu dalšího řešení projektu.

Poděkování

Tento článek vznikl v rámci řešení projektu Možnosti kompenzace negativních dopadů klimatické změny na zásobování vodou a ekosystémy využitím lokalit vhodných pro akumulaci povrchových vod (TA04020501), který je spolufinancován Technologickou agenturou České republiky.

Literatura

- Balvín, P., Vizina, A., Nesládková, M., and Kašpárek, L. (2015) Determining Czech Republic's minimum residual discharges. *The 14th International Symposium in the field of Water Management and Hydraulic Engineering*.
- Giorgi, F., Jones, C., and Asrar, G.R. (2006) Addressing climate information needs at the regional level: the CORDEX framework. *Bulletin of the World Meteorological Organization*, 58, p. 175–183.
- Beran, A. a Hanel, M. (2015) Definování zranitelných oblastí z hlediska nedostatku vody na území České republiky. *VTEI*, 57, č. 4–5, ISSN 0322-8916.
- Hanel, M., Kašpárek, L., Peláková, M., Beran, A., and Vizina, A. (2013) Evaluation of changes in deficit volumes: support for protection of localities suitable for construction of reservoirs. *Considering Hydrological Change in Reservoir Planning and Management*, IAHS-IAPSO-IASPEI Assembly.

Hanel, M., Kašpárek, L., Mrkvíčková, M. aj. (2011) Odhad dopadů klimatické změny na hydrologickou bilanci v ČR a možná adaptační opatření. Praha: Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, v.v.i., 108 s.

Hanel, M. a Vizina, A. (2013) Hydrologické modelování dopadů změny klimatu. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, 102 s.

Harris, I. and Jones, P.D. (2014) CRU TS3.22: Climatic Research Unit (CRU) Time-Series (TS) Version 3.22 of High Resolution Gridded Data of Month-by-month Variation in Climate (Jan. 1901- Dec. 2013). NCAS British Atmospheric Data Centre, 24th September 2014.

Horáček, S. aj. (2012) Možnosti zmírnění současných důsledků klimatické změny zlepšením akumulací schopnosti v povodí Rakovnického potoka (pilotní projekt). Praha: VÚV TGM, 150 s.

Meinshausen, M., Smith, S.J., Calvin, K., Daniel, J.S., Kainuma, M.L.T., Lamarque, J.F., and Van Vuuren, D.P.P. (2011) The RCP greenhouse gas concentrations and their extensions from 1765 to 2300. *Climatic change*, 109 (1–2), p. 213–241.

McMahon, T.A., Pegram, G.G.S., Vogel, R.M., and Peel, M.C. (2007) Revisiting storage-yield relationships using a global streamflow database. *Advances in Water Resources*, 30, p. 1858–1872.

MŽE a MŽP. (2011) Generel území chráněných pro akumulaci povrchových vod a základní zásady využití těchto území. Praha: Ministerstvo zemědělství a Ministerstvo životního prostředí, 153 s.

Peláková, M. a Boersema, M. (2005) Odhad objemu nádrží potřebného pro kompenzaci poklesu odtoku vlivem klimatické změny. Praha: VÚV TGM, 41 s.

Štěpánek, P., Zahradníček, P., and Huth, R. (2011) Interpolation techniques used for data quality control and calculation of technical series: an example of a Central European daily time series. *IDŐÁRÁS – Quarterly Journal of the Hungarian Meteorological Service*, 115 (1–2), p. 87–98.

Taylor, K.E., Stouffer, R.J., and Meehl, G.A. (2012) An Overview of CMIP5 and the experiment design. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 93, p. 485–498.

Vizina, A., Horáček, S. a Hanel, M. (2015) Nové možnosti modelu BILAN. *VTEI*, 57, č. 4–5, ISSN 0322-8916.

Vogel, R.M. and Bolognese, R.A. (1995) Storage-reliability-resilience-yield relations for over-year water supply systems. *Water Resources Research*, 31, p. 645–654.

POSSIBLE COMPENSATION OF NEGATIVE CLIMATE CHANGE IMPACTS USING THE LOCALITIES FOR POTENTIAL ACCUMULATION OF SURFACE WATER

KOZIN, Roman^{1,2}; HANEL, Martin^{1,2}; KASPAREK, Ladislav¹; PELAKOVA, Martina¹; VIZINA, Adam^{1,2}; TREML, Pavel¹

¹T. G. Masaryk Water Research Institute, p.r.i.

²Czech University of Life Sciences in Prague

Keywords: water reservoir – deficit – climate change – adaptation

The list of localities potentially suitable for accumulation of surface water (LASW) exists in the Czech Republic from the beginning of 20th century. It has been reduced several times from several hundreds to 65 localities which are now described in the Master Plan for LASW. The elementary information on the potential volume, conflicts with socio-industrial development, environmental protection etc. has been provided in the past. In the context of possible climate change in the future decades it is necessary to assess the extent to which the drought characteristics (severity, frequency) might change and whether the potential reservoirs at LASW might be able to compensate for such changes. The paper presents first results of a new research project, the aim of which is to provide information for the updates of the LASW Master Plan with respect to the suitability of each locality and the parameters of the reservoirs.

Autoři

Ing. Roman Kožin^{1,2}

✉ roman_kozin@vuv.cz

doc. Ing. Martin Hanel, Ph.D.^{1,2}

✉ martin_hanel@vuv.cz

Ing. Ladislav Kašpárek, CSc.¹

✉ ladislav_kasperek@vuv.cz

Ing. Martina Peláková¹

✉ martina_pelakova@vuv.cz

Ing. Adam Vizina, Ph.D.^{1,2}

✉ adam_vizina@vuv.cz

Mgr. Pavel Tremel¹

✉ pavel_treml@vuv.cz

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

²Česká zemědělská univerzita v Praze

Příspěvek prošel lektorským řízením.

Zkušenosti s měřením vodních stavů ve vodoměrných stanicích VÚV (s využitím soustavy tlakových čidel)

TOMÁŠ HRDINKA

Klíčová slova: barologger – hydrogram – levelogger – kompenzace tlaku – měření vodního stavu – měření průtoku – nejistota měření – tlakové čidlo – úprava a korekce datových řad

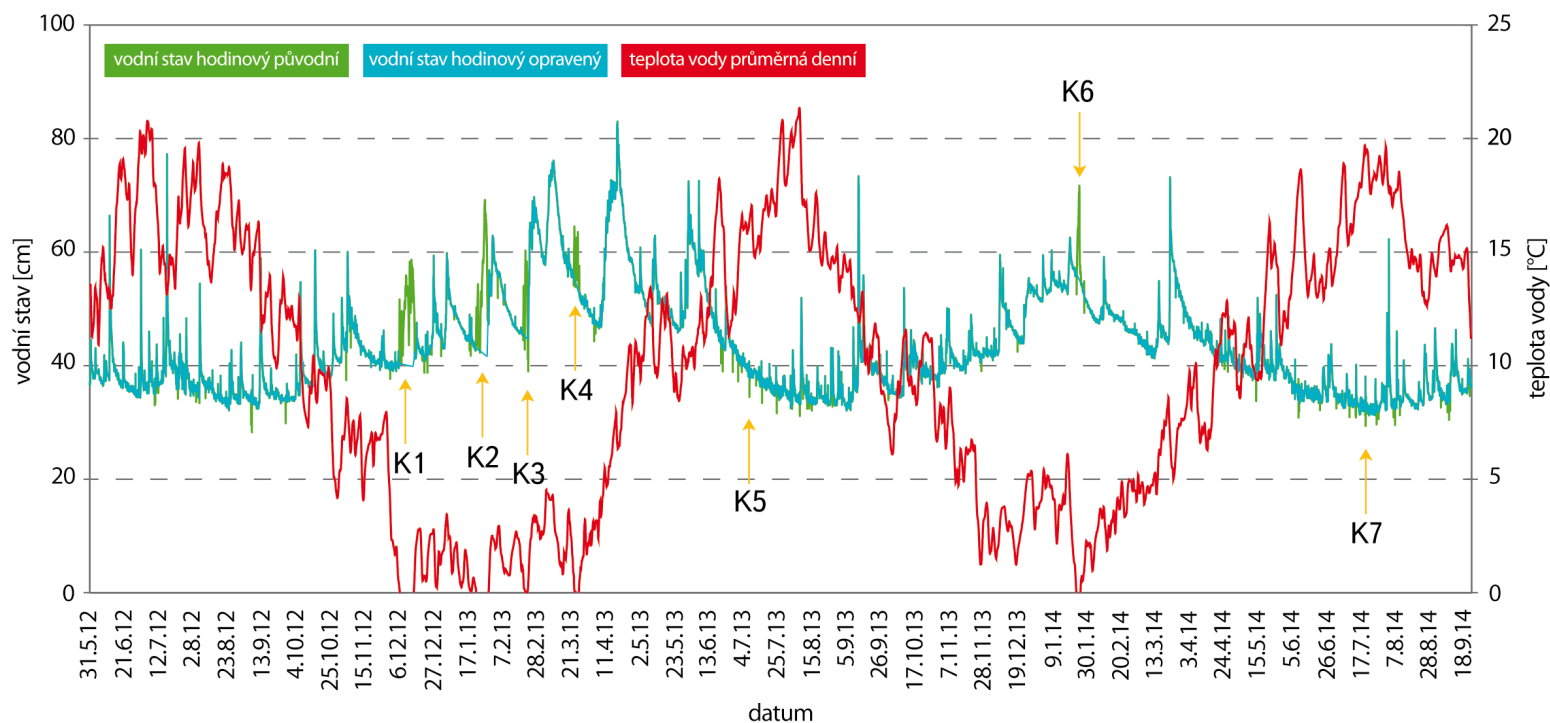
SOUHRN

Článek prezentuje zkušenosti s měřením vodních stavů (zejména nízkých) v přirozených říčních korytech prostřednictvím soustavy čidel zaznamenávajících hydrostatický tlak a tlak vzduchu. Jsou představeny postupy řešení nežádoucího ovlivnění vodního stavu přirozenými, umělými a nahodilými jevy a dále popsány nejistoty spojené s vyčíslením průtoků na základě měření průtoku hydrometrickou vrtulí a pomocí Chézyho rovnice. Dlouhodobé výsledky prokázaly, že uvedená metoda měření vodních stavů je vhodným a přesným nástrojem pro měření malých průtoků v nepozorovaných profilech.

ÚVOD

Pro účely několika projektů, řešených v rámci výzkumné činnosti Výzkumného ústavu vodohospodářského, v.v.i., bylo v letech 2012–2015 v rámci ČR zřízeno přes sto vodoměrných stanic, osazených soustavou tlakových čidel (firma Solinst), umožňujících záznam výšky vodního sloupce jako funkci hydrostatického tlaku vody (čidlo levelogger) kompenzovaného na tlak vzduchu při vodní hladině (čidlo barologger).

Na počátku projektu vždy proběhl předběžný výběr potenciálního umístění vodoměrných stanic na tocích podle cílených hydrografických a hydrogeologických podmínek. Přesné umístění stanic spojené s výběrem vhodného měřného hydrologického profilu, včetně jeho následného geodetického zaměření,



Obr. 1. Hydrogram stanice Oskava-Dolní Libina s vyznačením korekcí vlivu ledových jevů a nahodilých chyb měření
Fig. 1. Hydrograph of Oskava-Dolní Libina hydrometric station showing the correction of the ice-induced and random errors

bylo následně provedeno in situ. Při výběru umístění stanice bylo postupováno v souladu s hydrologickou praxí, aby se minimalizovaly rušivé vlivy ovlivňující výšku zaznamenávaného vodního stavu a pravidelné měření průtoku pomocí hydrometrické vrtule (ČSN EN ISO 748), nebo výšky přepadového paprsku (ČSN ISO 3846) (prizmatické koryto, dostatečná hloubka průtočného profilu a rychlost proudění vody v průtočném profilu, vodoměrný profil bez vegetace, vhodný přístup apod.).

Za dobu trvání projektu byl na jednotlivých stanicích získán téměř tříletý kontinuální záznam výšky hladiny vody nad čidlem (v hodinovém kroku), zavěšeným na řetízku známé délky v ochranném kovovém tubusu opatřeném vodočtem (vodní stav byl pro další účely vždy vztažen k nule na vodočtu) a připevněném ke dnu a bokům říčního koryta, případně k tělesu hráze Thomsonova přelivu. I přes výše uvedená opatření bylo u naprosté většiny vodoměrných stanic nutné přistoupit k vyčištění datových řad, ovlivněných obzvláště extrémními přírodními podmínkami (zejména ledové jevy), ale i dalšími antropogenními (např. stavba mostu, zcizení barologgeru), technickými (nahodilé chyby měření) a náhodnými vlivy (pád větve do profilu, zanesení profilu po povodni apod.). Po stažení dat bylo při vracení leveloggeru do tubusu rovněž nutné se vyvarovat vzpříčení sondy v tubusu nebo jejího protočení v karabině spojující víčko sondy s řetízku tak, aby byla zachována stále stejná vzdálenost čidla k nule na vodočtu. Vyčištění průtoků z vyčištěných datových řad bylo dále spojeno s odpovídající mírou nejistoty při sestavování příslušné konsumpční křivky.

LEDOVÉ JEVY A NAHODILÉ CHYBY MĚŘENÍ

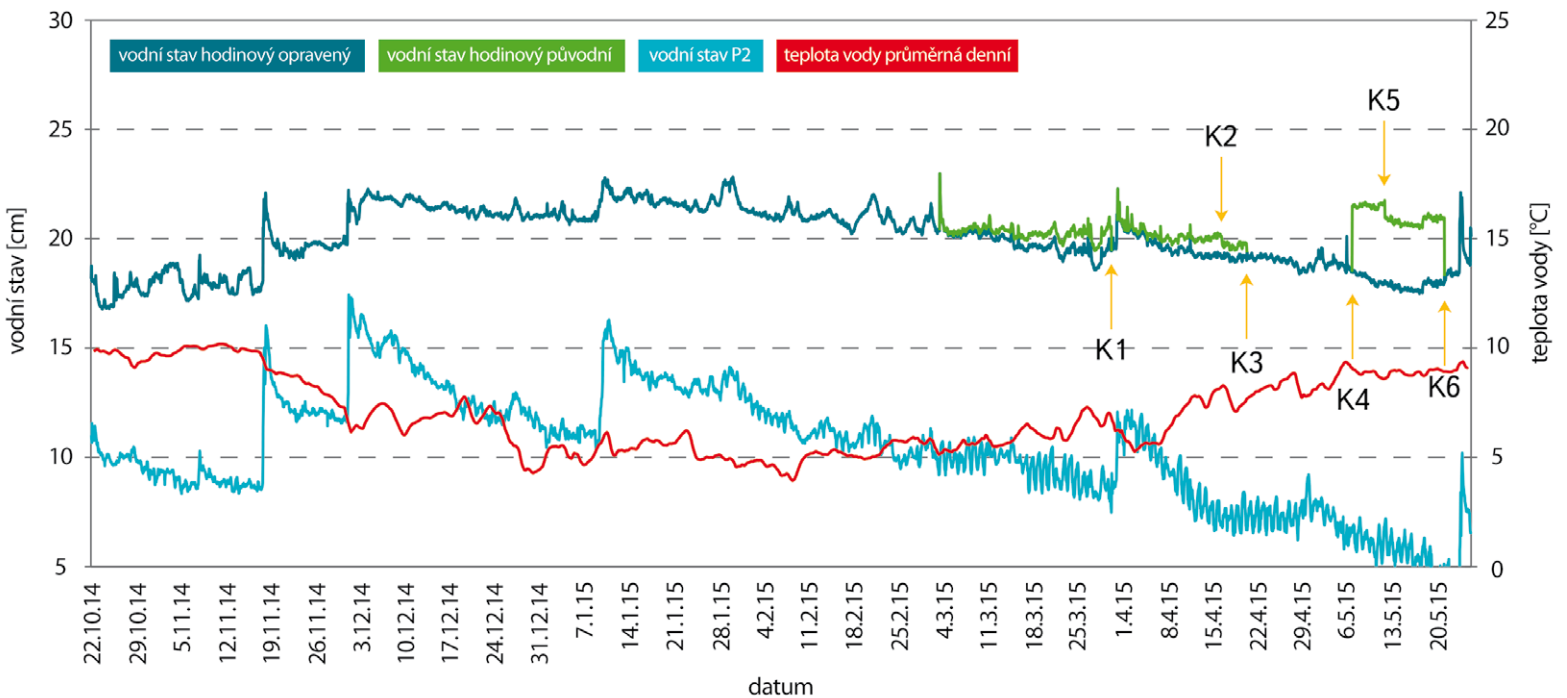
Na 80 % stanic došlo při poklesu průměrné denní teploty vody pod 0 °C k ovlivnění vodního stavu změnou tlakových podmínek proudění vody pod ledem (obr. 2). Tento stav byl nejčastěji charakterizován prudkým nárůstem a kolísáním

vodního stavu bez ohledu na charakter hydrogramu z předchozích dnů (obr. 1). Pro odstranění tohoto vlivu byl určující vodní stav před zamrznutím (průměrná denní teplota vody ~0 °C) a po kompletním rozmrznutí hladiny (průměrná denní teplota vody > 1 °C), kde mezilehlé vodní stavy, odpovídající době zámru hladiny, byly z důvodu absence vhodných analogonů dopočítány aritmetickým průměrováním obou odlehklých hodnot v závislosti na délce zámru a s ohledem na charakter hydrogramu před zámrem a po zámru vodní hladiny (korekce K1–K4 a K6 na obr. 1).



Obr. 2. Vodoměrná stanice VÚV v profilu Oskava-Dolní Libina (severní Morava)
Fig. 2. TGM Water Research Institute (TGM WRI) hydrometric station at Oskava-Dolní Libina (northern Moravia)

Především v letních měsících byly v období nízkých průtoků zaznamenávány četné nahodilé chyby měření, spočívající v náhlém, dočasném (hodinovém) poklesu vodního stavu o několik cm, které nebylo v harmonii s vodními stavy zaznamenanými před a po poklesu. Příslušný chybný vodní stav byl pak nahrazen aritmetickým průměrem předchozí a následující hodnoty (korekce K5 a K7 na obr. 1).



Obr. 3. Hydrogram vodoměrné stanice P8-Skryjský potok s vyznačením korekci vlivu dočasného ucpání (omezení) průtočného profilu Thomsonova přelivu povodňovým plávlím
Fig. 3. Hydrograph of P8-Skryjský Stream hydrometric station showing the correction of temporal blockage (with flood debris) on Thomson weir

ZMĚNY V PRŮTOČNÉM PROFILU, ANтропоGENNÍ OVLIVNĚNÍ

Problémy s dočasným snížením průtočnosti profilu a jeho opětovným vyčištěním, spojené s náhlým zvýšením, resp. poklesem vodního stavu, byly zaznamenávány nahodile, především po větších povodních (říční nánosy, naplavené balvany) a u Thomsonových přelivů (pád větve do horní zdrže, vzpříčení větve v přelivu) (obr. 3 a 4). V případě, že byl na hydrogramu zřetelně identifikován vzestup a pokles vodního stavu, byl příslušný úsek opraven o hodnotu vzestupu/poklesu hladiny (korekce K4 a K6 na obr. 3).



Obr. 4. Vodoměrná stanice P8 osazená Thomsonovým přelivem na štolovém výtoku Skryjského potoka u Dukovan

Fig. 4. P8 hydrometric station fitted with Thomson weir on the underground effluent of Skryjský Stream at Dukovany (southern Moravia)

Pokud došlo vlivem vyčištění průtočného profilu k poklesu hladiny, přičemž odpovídající vzestup hladiny nebyl jednoznačně identifikován, bylo přistoupeno ke zpětné úpravě původních vodních stavů k nejbližší významné povodňové události aritmetickým průměrováním tak, že na začátku události

byl vodní stav ponechán a na konci revidovaného období se již shodoval s hodnotou odpovídající vyčištěnému průtočnému profilu (korekce K1–K3 a K5 na obr. 3). Pro k mezilehlých hodnot byl spočítán průměrný pokles na jednu mezilehlou hodnotu ΔH a ten byl postupně kumulativně odečítán od původních vodních stavů (H_p) dle vztahu:

$$H_i = H_{pi} - (i \times \Delta H), i = 1, 2, \dots, k$$

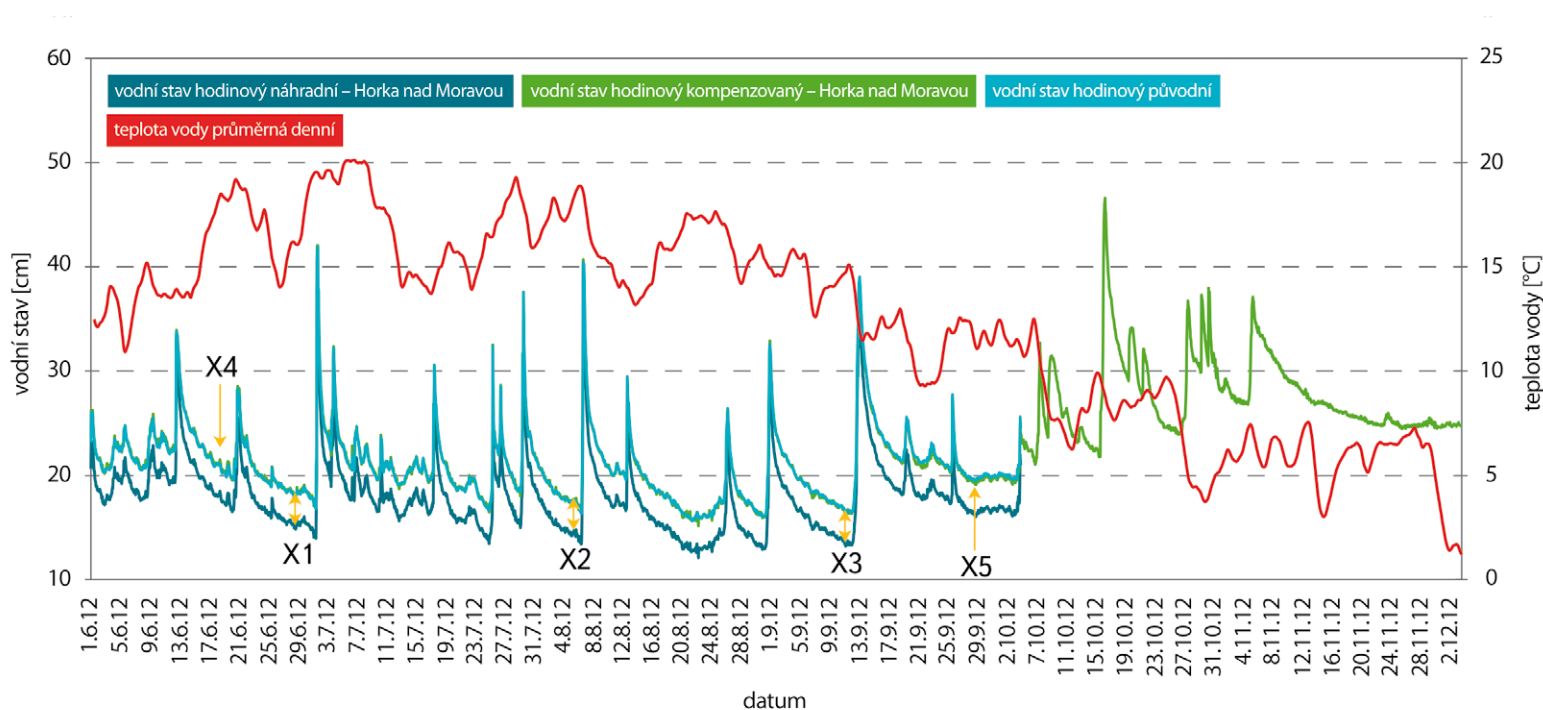
Antropogenní ovlivnění datových řad bylo zaznamenáno především ve spojitosti s nepředpokládanou úpravou koryta toku v okolí stanice (revitalizace koryta, rekonstrukce mostu, výstavba jezu – čtyři stanice) a zcizením barometrické sondy (šest stanic), kdy se např. rekonstrukce mostu spojená se stavbou bednění v řečišti projevila obdobným způsobem, jaký řešily korekce K4 a K6 na obr. 3.



Obr. 6. Čidlo Solinst Barologger 3001 firmy určené pro kompenzaci hydrostatického tlaku na tlak vzduchu

Fig. 6. Solinst Barologger 3001 sensor used for compensation of hydrostatic pressure on air pressure

Při zcizení barologgeru (obr. 6) bylo třeba přistoupit ke kompenzaci na tlak vzduchu z barologgeru na nejbližší vodoměrné stanici (v praxi vzdálenost do 15 km).

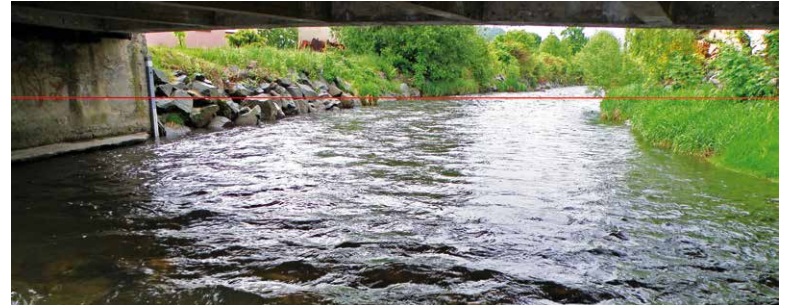


Obr. 5. Vodoměrná stanice Šumice-Náměšť na Hané s vyznačenou korekcí po kompenzaci na tlak vzduchu na náhradní vzduchové čidlo na přílehlé stanici Cholinka-Horka nad Moravou
Fig. 5. Šumice-Náměšť na Hané hydrometric station showing the correction after the air pressure compensation based on substitute sensor (because of a loss) from nearby Cholinka-Horka nad Moravou hydrometric station (central Moravia)

Tlakové změny, dané různou polohou stanic, způsobily změnu vodního stavu typicky v řádu několika centimetrů (obr. 5), což odpovídalo i 10–15% průměrného vodního stavu ve stanici. Na původní datové řadě, která se dochovala z posledního stažení dat, byla proto zjištěna průměrná odchylka vodních stavů za celou dobu pozorování oproti vodním stavům při využití náhradního barologgeru (X1–X3 na obr. 5) a výsledná hodnota pak byla započítána všem následně zaznamenaným vodním stavům po odcizení (na obr. 5 např. +30,3 mm). Specifická poloha obou stanic a s ní spojené změny tlaku vzduchu (v horizontálním i vertikálním směru) se projevily v neúplné shodě mezi původním a náhradním hydrogramem (X4 a X5 na obr. 5), změny se však řádově pohybovaly v prvních jednotkách % měřeného vodního stavu ve stanici a pro účel projektu tak byly dále považovány za nepodstatné.

VYČÍSLLENÍ PRŮTOKŮ Z DATOVÝCH ŘAD

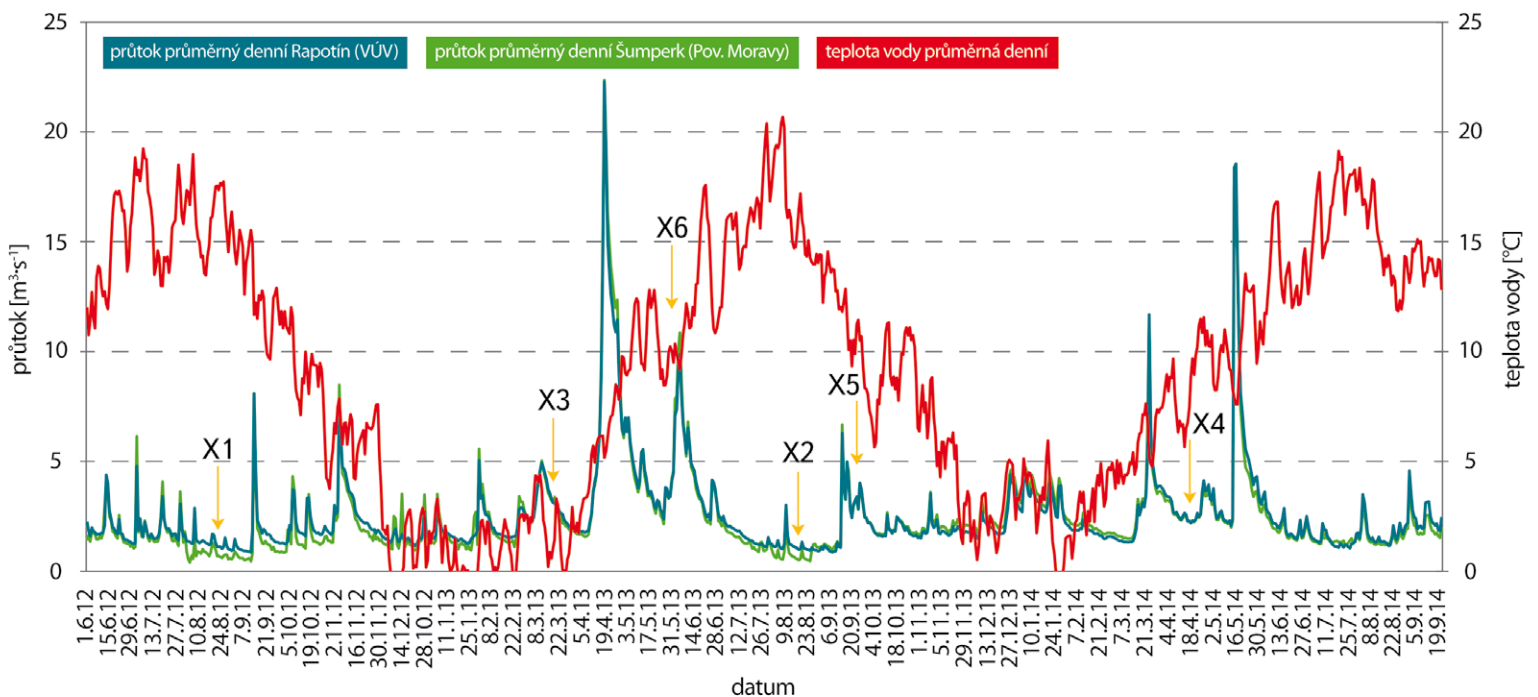
Pro vyčíslení průtoků z vyčištěných datových řad byly využity konsumpční křivky (obr. 9) sestavené na základě měřených průtoků in situ (cca 12 měření především nízkých a středních vodních stavů) a extrémního průtoku vypočteného podle ČSN ISO 1070 (Chézyho rovnice) pro nejvyšší zaznamenaný vodní stav za celou dobu pozorování (drsnostní parametry koryta a podélný sklon koryta zjištěny in situ, plocha průtočného profilu softwarově z geodeticky zaměřeného příčného profilu koryta toku ve stanici) (obr. 8). Konsumpční křivka pro každou stanici je proto tvořena vždy dvěma částmi s vyznačením vodního stavu, kde dochází ke změně výpočtu průtoku, přičemž první část křivky je zprava omezena největším průtokem změřeným in situ a druhá část křivky je empirická, vzniklá proložení největšího změřeného průtoku in situ a průtoku vypočteného pomocí Chézyho rovnice. Pro všechny křivky bylo zvoleno optimalizované proložení prostřednictvím funkce s nejvyšší hodnotou spolehlivosti (koeficient R ve většině případů >95 %).



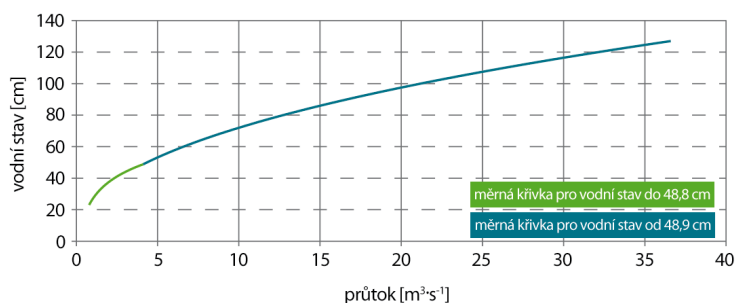
Obr. 8. Vodoměrná stanice Desná-Rapotín s vyznačením nejvyššího zaznamenaného vodního stavu (120,5 cm), pro který byl dopočten odpovídající průtok s využitím Chézyho rovnice

Fig. 8. Desná-Rapotín hydrometric station with the highest recorded water level marked for which the respective water flow was calculated using the Chézy formula

Na obr. 7 je zobrazena průtoková řada ve stanici Desná-Rapotín, porovnaná s průtokovou řadou ze stanice Desná-Šumperk (profesionální stanice povodí Moravy), nacházející se cca 5 km níže na toku. Zatímco v oblastech středních (X3 a X4 na obr. 7) a vyšších průtoků (X5 a X6 na obr. 7) je shoda (a tedy i kvalita měření průtoků ve stanici VÚV) téměř dokonalá, u nízkých průtoků je u stanice Desná-Šumperk patrné jejich velké podhodnocení, a to až o 50% (X1 a X2 na obr. 7). Vzhledem k zaměření projektu spojenému s důsledným měřením především malých průtoků ve stanicích VÚV lze konstatovat, že pokud mezi oběma stanicemi nedochází k zásadním odběrům vody, bylo by žádoucí zpřesnit měrnou křivku ve stanici Desná-Šumperk pomocí účelového hydrometrování.



Obr. 7. Porovnání hydrogramu z vodoměrné stanice Desná-Rapotín (VÚV) s hydrogramem z vodoměrné stanice Desná-Šumperk (povodí Moravy), ležící 5 km po proudu řeky
Fig. 7. Comparison of Desná-Rapotín hydrometric station (operated by TGM WRI) hydrograph with the hydrograph of Desná-Šumperk hydrometric station (operated by Povodí Vltavy, State Enterprise), situated 5 km downstream (northern Moravia)



Obr. 9. Sestrojená konštrukční křivka pro stanici Desná-Rapotín pro vodní stavy do 48,8 cm a nad 48,9 cm

Fig. 9. Constructed rating curve for Desná-Rapotín hydrometric station for water levels up to 48.8 cm and over 48.9 cm

ZÁVĚR

Využití soustavy tlakových čidel ve vodoměrných stanicích Výzkumného ústavu vodohospodářského se vzhledem k jejich mimořádné citlivosti ukázalo jako velice přesný a zároveň spolehlivý způsob měření vodních stavů (včetně extrémně nízkých) na profilech povrchových vod, a to i s ohledem na obtíže, které jsou s měřením vodních stavů a vyčíslením průtoků v nepozorovaných povodích spojeny. Největší nepřesnosti měření vodních stavů byly zaznamenány v souvislosti s pravidelným zamrznáním vodní hladiny v okolí stanice a nahodilými vlivy přírodního i antropogenního původu, které však bylo možné podle zvolené metodiky uspokojivě eliminovat. Nejistota ve vyčíslení průtoků z datových řad byla při použití dané metodiky spojena především s vyššími a povodňovými stavy, u malých a středních průtoků lze výsledky označit za robustní a spolehlivé.

Po praktické stránce se sondy samotné ukázaly jako velice spolehlivý přístroj s minimální chybou a velkým pracovním rozsahem (nejmenší interval měření 0,1 s, paměť na 40 000 záznamů, citlivost měření výšky vodního sloupce 0,01 mm, citlivost měření teploty vody 0,01 °C, nevyměnitelná baterie po třech letech provozu vykazovala 99–100% kapacity, synchronizace času, přehledné uživatelské rozhraní, optický přenos dat). Po stažení dat z dvojice čidel (kvůli kontrole koryta a možnému zcizení barologgeru se provádělo cca 3krát do roka) se pomocí softwaru Solinst Levelogger 4.0.3 provedla příslušná kompenzace na tlak vzduchu, exportovaný soubor typu .csv je možné následně editovat v prostředí MS Office.

Literatura

Manuál k použití vodoměrných zařízení firmy Solinst.

Dostupné z: <http://www.solinst.com/products/dataloggers-and-telemetry/3001-levelogger-series/operating-instructions> [online], 1. 7. 2015.

ČSN EN ISO 748. (2001) *Měření průtoku kapalin v otevřených korytech – Metody rychlostního pole*. Praha: Český normalizační institut, 44 s.

ČSN ISO 3846. (2012) *Měření průtoku v otevřených korytech pomocí přelivů pravoúhlého průřezu se širokou korunou*. Praha: Český normalizační institut, 32 s.

ČSN ISO 1070. (1994) *Měření průtoku kapalin v otevřených korytech. Metoda sklonu a plochy*. Praha: Český normalizační institut, 20 s.

Autor

RNDr. Tomáš Hrdinka, Ph.D.

✉ tomas_hrdinka@vuv.cz

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

Příspěvek prošel lektorským řízením.

EXPERIENCE WITH MEASUREMENT OF WATER LEVELS IN TGM WRI HYDROMETRIC STATIONS (USING THE SYSTEM OF PRESSURE SENSORS)

HRDINKA, Tomas

T. G. Masaryk Water Research Institute, p.r.i.

Key words: adjustment and correction of data series – barologger – hydrograph – levelogger – measurement of water level – pressure compensation – pressure sensor – water flow measurement – uncertainty

The paper describes the experience with measurement of water levels (particularly low ones) in natural river beds using a system of sensors recording hydrostatic pressure and air pressure. Several procedures on how to deal with adverse effects of natural, artificial and random phenomena on water level are described as well as the uncertainties associated with quantifying water flows using a hydrometric propeller and the Chézy formula. Long-term results demonstrate that the method of measuring water levels is suitable and accurate tool for measuring low flows in unobserved profiles.

Definování zranitelných oblastí z hlediska nedostatku vody na území České republiky

ADAM BERAN, MARTIN HANEL

Klíčová slova: hydrologická bilance – klimatická změna – model Bilan – sucho

SOUHRN

V rámci projektu řešeného ve VÚV TGM, v.v.i., Strategie ochrany před negativními dopady povodní a erozními jevy přírodě blízkými opatřeními v České republice byly definovány zranitelné oblasti ČR z hlediska nedostatku vodních zdrojů. Stupeň zranitelnosti byl definován pro povodí 3. řádu jak pro pozorované období 1981–2010, tak pro výhledové časové horizonty 2021–2050 a 2071–2100 pro tři různé scénáře klimatické změny. Hydrologické modely povodí byly sestaveny za použití bilančního modelu BILAN. V článku je popsána metodika prací a vybrané dílčí výsledky.

ÚVOD

Článek seznamuje s dílčími výsledky projektu Strategie ochrany před negativními dopady povodní a erozními jevy přírodě blízkými opatřeními v České republice, který je ve VÚV TGM, v.v.i., řešen v posledních letech. Řešení probíhá ve spolupráci s firmami Sweco Hydroprojekt, a.s., Vodohospodářský rozvoj a výstavba, a.s., WASTECH, a.s., a SINDLAR Group, s.r.o.

V rámci projektu byla modelována hydrologická bilance pro povodí 3. řádu pro pozorované klimatické podmínky i scénáře klimatické změny. Dále bylo řešení zaměřeno na identifikaci zranitelných oblastí České republiky z hlediska nedostatku vodních zdrojů.

Nedostatek vodních zdrojů může být způsoben buď přírodními poměry, nebo nadměrným užíváním. V budoucím časovém horizontu lze spíše očekávat změny přírodních poměrů než zásadní změny ve velikosti užívání, nicméně pro některá odvětví může klimatická změna znamenat podstatné zvýšení nároků na vodní zdroje (např. závlahy, chladicí voda). Z tohoto důvodu byla v projektu vyhodnocována klimatická změna na základě indexů zahrnujících také užívání vod, případné změny v budoucím užívání jsou zanedbány.

Pro sucho je charakteristický jeho pozvolný začátek, značný plošný rozsah a dlouhé trvání (Tallaksen aj., 1997). Neudržitelný způsob hospodaření s vodou (včetně její nadměrné spotřeby a znečištění) a předpokládané dopady klimatické změny mohou vést k rozsáhlým dopadům na přírodní prostředí a na společnost. V článku jsou identifikovány oblasti ČR, které jsou a které s nejvyšší pravděpodobností budou k problémům s nedostatkem vody náchylné z hlediska předpokládaných klimatických změn.

DATA A METODY

Hydrologická bilance

Pro odhad hydrologické bilance pomocí modelu Bilan je nezbytné mít k dispozici (vstupní) časové řady srážek a teploty vzduchu a pro kalibraci modelu i pozorovaný odtok. V případě, že odtok pro území, pro které chceme odhadovat složky hydrologické bilance, není znám (jako v případě povodí 3. řádu), je možné postupovat v zásadě dvěma způsoby:

- odvození odtoku pro zájmové území pomocí odčítání a sčítání odtoků z dílčích povodí, popř. s využitím hydrologické analogie (tj. přepočítání odtoku pomocí velikosti plochy) nebo
- modelování hydrologické bilance pro dílčí povodí a následné průměrování jednotlivých složek na základě velikosti překryvu dílčího povodí s povodím 3. řádu.

První způsob umožňuje kalibraci hydrologického modelu přímo pro povodí 3. řádu. Nicméně odtoky odvozené odečítáním průtoků z dílčích povodí jsou značně ovlivněny chybami měření, v jejichž důsledku často dochází k výskytu záporných hodnot, a takto odvozené řady často neumožňují spolehlivou kalibraci hydrologického modelu. V obou případech je nezbytné mít k dispozici odtoky z povodí, která jsou relevantní pro posuzované povodí 3. řádu. Zpravidla jde o povodí, která alespoň částečně překrývají povodí 3. řádu.

Pro účely této práce jsme zvolili druhý způsob, tj. pro každé povodí 3. řádu jsou vyhledána pozorovaná povodí, která mají s posuzovaným povodím společnou plochu. Pro tato povodí jsou odvozeny časové řady srážek a teploty a je nakalibrován hydrologický model Bilan. Jednotlivé složky hydrologické bilance pro povodí 3. řádu jsou pak spočteny jako vážený průměr dotčených dílčích povodí, přičemž váhy jsou úměrné ploše překryvu dílčího povodí s povodím 3. řádu.

Pro kalibraci hydrologického modelu byly využity měsíční časové řady srážek a teploty pro období 1961–2010. Tyto řady byly odvozeny z datasetu gridovaných srážek a teploty v rozlišení 25 x 25 km. Pro jednotlivá povodí byla interpolací Thiessenovými polygony spočítána průměrná srážka na povodí, která byla následně korigována na základě vrstvy průměrných srážek (stejně období, rozlišení 1 x 1 km, pro toto rozlišení byly k dispozici pouze dlouhodobé průměry) tak, aby průměr srážek pro povodí byl stejný. Podobně byla korigována i teplota – průměrná teplota na povodí z gridované vrstvy byla opravena na základě rozdílu v nadmořské výšce odvozené z gridované vrstvy a z digitálního modelu terénu, přičemž byl uvažován gradient teploty 0,65 °C/100 m.

Pro každé z povodí 3. řádu (na území ČR celkem 120 povodí) byla vybrána pozorovaná povodí aspoň částečně překrývající hodnocené povodí 3. řádu. Pro povodí 3. řádu, pro která nebyla žádná měření k dispozici (zejména malá povodí

na hranicích republiky – celkem 19 povodí), byly analogony přiřazeny ručně. Pro dílčí povodí pak byla modelována hydrologická bilance pomocí modelu Bilan. Pro výpočet výsledné bilance (vážený průměr dílčích povodí) byla velikost překryvu dílčího povodí s povodím 3. řádu vztažena jednak k velikosti povodí 3. řádu, jednak k velikosti dílčího povodí. Ideálně bychom chtěli, aby celé povodí bylo pokryto dílčími povodími a zároveň aby dílčí povodí nebylo významně větší než povodí 3. řádu. Postup je podrobněji rozepsán ve zprávě Hanel aj., 2015b.

Pro výpočet hydrologické bilance byl použit model Bilan s měsíčním krokem výpočtu. Model má osm volných parametrů, výpočtem se modeluje potenciální evapotranspirace, územní výpar, infiltrace do zóny aerace, průsak touto zónou, zásoba vody ve sněhu, zásoba vody v půdě a zásoba podzemní vody. Odtok je modelován jako součet tří složek – přímého, hypotermického a základního odtoku (Horáček, 2009; Máca aj., 2013; Vizina a Horáček, 2015).

Scénáře klimatické změny

Modelování dopadů klimatické změny na hydrologickou bilanci bylo provedeno pro povodí 3. řádu celé ČR, za tímto účelem byla odvozena řada scénářů změny klimatu. Tyto scénáře byly založeny na 15 simulacích regionálních klimatických modelů (RCM), které jsou výstupem projektu ENSEMBLES. Součástí tohoto souboru modelů jsou i referenční scénáře změny klimatu, které byly identifikovány v rámci projektu TA02020320 Podpora dlouhodobého plánování a návrhu adaptačních opatření v oblasti vodního hospodářství v kontextu změn klimatu. Tyto scénáře jsou dále označovány jako rSCEN1 (pesimistický), rSCEN2 (neutrální) a rSCEN3 (optimistický). Právě tyto scénáře byly použity pro odhad zranitelnosti povodí z hlediska nedostatku vody. Tvorba scénářů klimatické změny je podrobně popsána ve zprávě Hanel aj. (2015a), použití simulací regionálních klimatických modelů pro hydrologické modelování je popsáno v Hanel aj. (2010).

Indexy zranitelnosti povodí

Pro porovnání jednotlivých povodí z hlediska zranitelnosti vůči nedostatku vodních zdrojů byly pro každé povodí 3. řádu stanoveny níže uvedené indexy, vycházející z měsíčních řad. Vstupními daty pro jejich výpočet jsou pozorované řady o užívání vod spolu s řadami potenciální evapotranspirace, srážek, minimálního zůstatkového průtoku a 90% kvantilu průtoku spolu s budoucími řadami podle scénářů klimatické změny rSCEN1, rSCEN2 a rSCEN3 (Hanel aj., 2015a). Každý index byl spočítán pro pozorované období 1981–2010, dále pak pro výhledové období 2021–2050 a 2071–2100, pro každý scénář zvlášť.

POSUZOVANÉ INDEXY BYLY NÁSLEDUJÍCÍ:

$$PP = \frac{PET}{P}$$

$$WQ90_ = \frac{POV + POD - VYP + MZP}{Q90}$$

$$WQ90 = \frac{POV + POD + MZP}{Q90}$$

$$WPP_ = \frac{POV + POD - VYP + MZP}{P - PET}$$

$$WPP = \frac{POV + POD + MZP}{P - PET}$$

$$prum = \text{průměr indexů } PP, WPP_ \text{ a } WQ90_$$

kde je PET – potenciální evapotranspirace

P – srážky

POV – odběry z povrchových vod

POD – odběry z podzemních vod

VYP – vypouštění (databáze VÚV TGM, v.v.i.)

MZP – minimální zůstatkový průtok

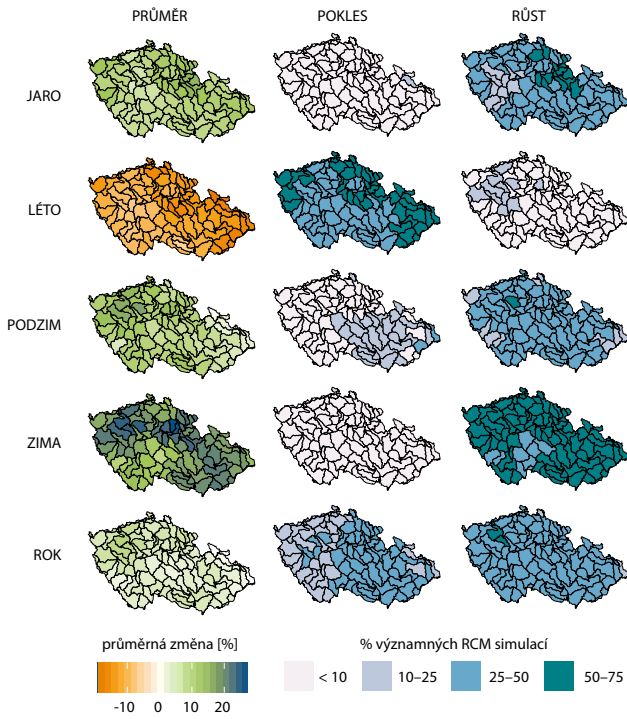
Q90 – 90% kvantil průtoku (z měsíčních průměrných průtoků)

VÝSLEDKY

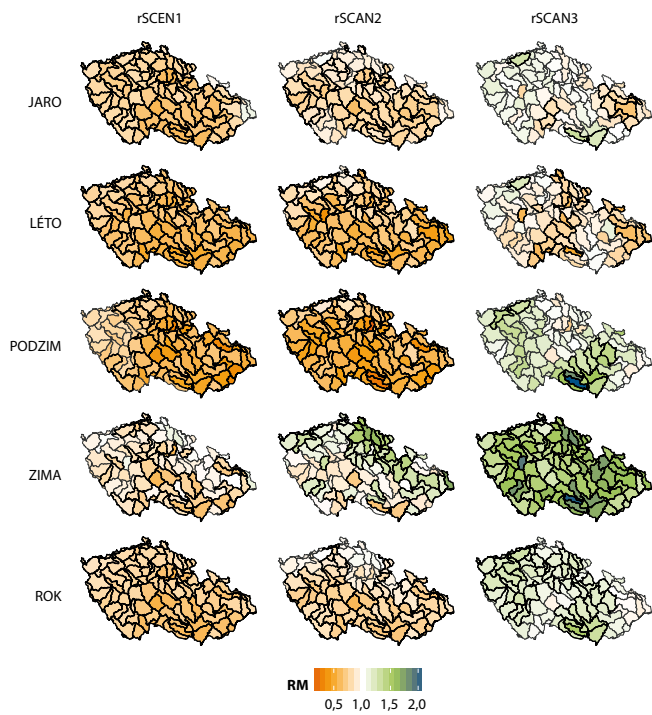
Na základě posouzení probíhajících změn a odhadu změn pro dvě budoucí období podle referenčních scénářů klimatické změny a na základě souboru simulací regionálních klimatických modelů lze konstatovat následující. Pozorované změny obecně spíše nejsou statisticky významné, výjimkou je růst teploty (kromě podzimu), zvyšování jarní a roční evapotranspirace, zvyšování celkového odtoku v zimním období v jižních Čechách a pokles zásoby vody v půdě v jarním období. Pro časový horizont 2021–2050 často nejsou projektované změny statisticky významné, přinejmenším z hlediska vyhodnocení celého souboru klimatických modelů.

V případech jednotlivých simulací se statisticky významné změny projevují relativně často. Pro vzdálenější časový horizont 2071–2100 jsou změny v celém souboru modelů často statisticky významné, především v jednotlivých ročních obdobích. Naopak změny roční bilance jsou často nejisté. Mezi robustní změny lze zařadit zejména: růst teploty ve všech ročních obdobích, zvyšování zimních a snižování letních srážek, růst jarní a zimní evapotranspirace, pokles zásoby vody v půdě v letním období, v roční bilanci a částečně i v jarním období. Z hlediska roční bilance jsou změny srážek, celkového a základního odtoku značně nejisté. Na obr. 1 jsou vidět změny ve srážkách v souboru klimatických modelů pro časový horizont 2071–2100. Na obr. 2 jsou uvedeny změny celkového odtoku pro časový horizont 2071–2100.

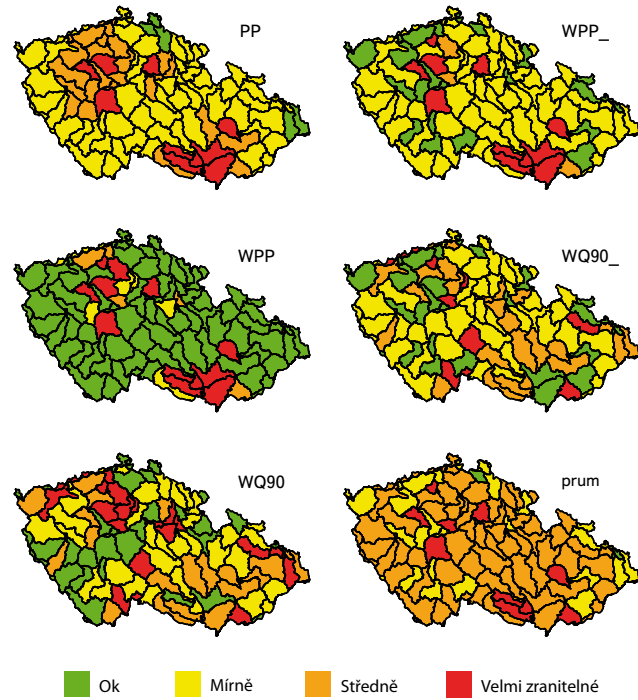
Výsledky modelování změn jednotlivých členů hydrologické bilance, vyjádřené indexy určujícími míru zranitelnosti povodí, byly doplněny o průměrnou hodnotu z indexů PP, WPP_ a WQ90_ (sečteno a vyděleno třemi). Všech šest výsledných indexů bylo kategorizováno do čtyř skupin na oblasti bezproblémové, mírně, středně a velmi zranitelné z hlediska dostupnosti vodních zdrojů. Výsledky pro pozorované období ukazují jako velmi zranitelné oblasti ČR jižní Moravu a západní část středočeského kraje. V těchto oblastech jsou nízké průměrné srážky a vysoká potenciální evapotranspirace. Výsledky z projekcí pro roky 2021–2050 a 2071–2100 tyto oblasti rozšiřují pro pesimistický scénář (rSCEN1) a zanechávají pro optimistický scénář klimatické změny (rSCEN3). Je tedy zřejmé, že volba scénáře je stěžejní, nicméně lze říci, že ke zlepšení neinklinuje ani nejoptimističtější scénář. Na obr. 3 až 5 lze vidět mapy indexů zranitelnosti povodí pro pozorované období 1981–2010, scénář rSCEN1 (2071–2100) a scénář rSCEN3 (2071–2100). Podrobné výsledky jsou uvedeny ve zprávě Hanel aj., 2015b.



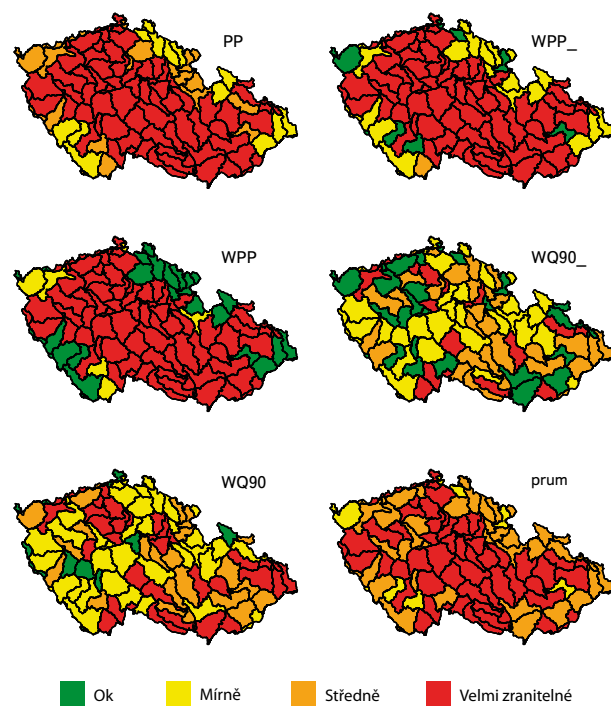
Obr. 1. Simulované změny srážek v souboru klimatických modelů (vlevo), graf vpravo ukazuje procento simulací se statisticky významnými změnami (na hladině významnosti 0,1) k časovému horizontu 2071–2100
 Fig. 1. Simulated seasonal and annual mean changes in precipitation in the climate model ensemble (left), the percentage of statistically significant simulated changes (at the 0.1 significance level) for the time horizon 2071–2100



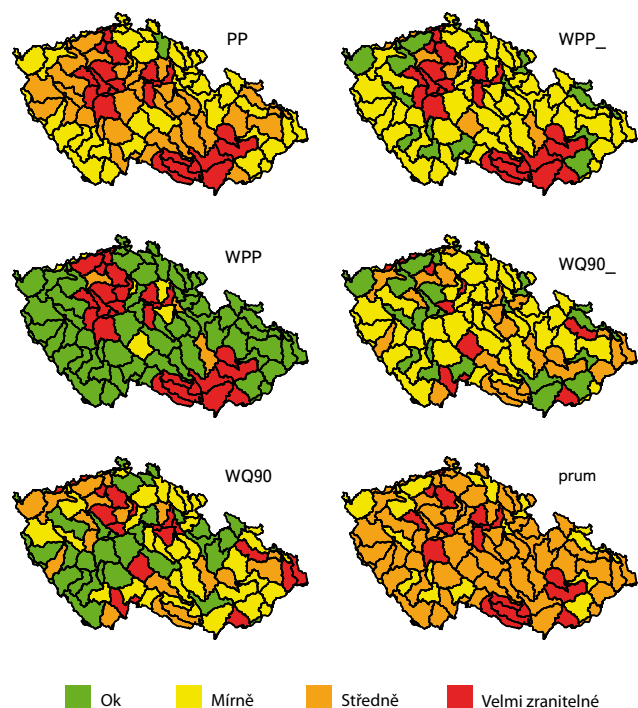
Obr. 2. Simulované změny celkového odtoku na povodích 3. řádu pro časový horizont 2071–2100 (RM – modelovaný odtok)
 Fig. 2. Simulated changes in total runoff for the time horizon 2071–2100



Obr. 3. Posouzení zranitelnosti povodí 3. řádu z hlediska nedostatku vody pomocí vybraných indexů pro pozorované období (1981–2010)
 Fig. 3. Observed period (1981–2010)



Obr. 4. Posouzení zranitelnosti povodí 3. řádu z hlediska nedostatku vody pomocí vybraných indexů pro výhledové období (2071–2100) pro scénář rSCEN1
 Fig. 4. Scenario period (2071–2100) for the rSCEN1 scenario



Obr. 5. Posouzení zranitelnosti povodí 3. řádu z hlediska nedostatku vody pomocí vybraných indexů pro výhledové období (2071–2100) pro scénář rSCEN3
Fig. 5. Scenario period (2071–2100) for the rSCEN3 scenario

ZÁVĚR

Na základě scénářů klimatické změny byly modelovány předpokládané změny základních členů hydrologické bilance, a to pro časové horizonty 2021–2050 a 2071–2100. Výsledky potvrzují dosavadní prognózy, a sice zvyšování teploty vzduchu a změny v rozložení srážek v jednotlivých ročních obdobích. Tyto změny vycházejí statisticky významně zejména pro vzdálenější časový horizont 2071–2100. Zároveň byly definovány indexy definující zranitelnost oblasti povodí z hlediska možného nedostatku vodních zdrojů. V pozorovaném období 1981–2010 byly určeny jako zranitelné oblasti jižní Morava a západní části středočeského kraje. Modelované výsledky pro budoucí časové horizonty, je možno říci, toto varování zpřísnilo a plošně rozšířilo. Bylo potvrzeno, že ani v případě následování optimistického scénáře vývoje klimatu nebude docházet k výraznému zlepšení situace, co se týká ohroženosti vůči nedostatku vodních zdrojů.

Poděkování

Článek vznikl na základě výzkumu prováděného v rámci projektu *Strategie ochrany před negativními dopady povodní a erozními jevy přírodě blízkými opatřeními v České republice, který je spolufinancován Evropskou unií – Evropským fondem pro regionální rozvoj, Státním fondem životního prostředí ČR a Ministerstvem životního prostředí ČR v rámci Operačního programu Životní prostředí. Scénáře změny klimatu byly vytvořeny v rámci projektu TA02020320, který byl spolufinancován Technologickou agenturou ČR.*

Literatura

- Hanel, M. a Vizina, A. (2010) Hydrologické modelování dopadů změn klimatu v denním kroku: korekce systematických chyb a přírůstková metoda. *Vodohospodářské technicko-ekonomické informace*, 52, mimoř. č. II, s. 17–21, ISSN 0322-8916, příloha *Vodního hospodářství* č. 11/2010.
- Hanel, M., Beran, A. a Kašpárek, L. (2015a) Scénáře změny klimatu. Technická zpráva. Praha: Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, v.v.i.
- Hanel, M., Beran, A. a Kašpárek, L. (2015b) Hydrologická bilance povodí 3. řádu. Technická zpráva. Praha: Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, v.v.i.
- Horáček, S., Rakovec, O., Kašpárek, L. a Vizina, A. (2009) Vývoj modelu hydrologické bilance – BILAN. *Vodohospodářské technicko-ekonomické informace*, 51, mimoř. č. I, s. 2–5, ISSN 0322-8916, příloha *Vodního hospodářství* č. 11/2009.
- Máca, P., Vizina, A. a Horáček, S. (2013) Optimalizace parametrů modelu BILAN metodou SCDE. *Vodohospodářské technicko-ekonomické informace*, 55, č. 4, ISSN 0322-8916.
- Tallaksen, L.M., Madsen, H., and Clausen, B. (1997) On the definition and modelling of streamflow drought duration and deficit volume. *Hydrological Sciences Journal*, 42, 1, p. 15–33, DOI: 10.1080/02626669709492003.
- Vizina, A. a Horáček, S. (2015) Článek Bilan. *Vodohospodářské technicko-ekonomické informace*, 2015, 57, č. 4–5, ISSN 0322-8916.

Autoři

Ing. Adam Beran^{1,2}

✉ adam_beran@vuv.cz

doc. Ing. Martin Hanel, Ph.D.^{1,2}

✉ martin_hanel@vuv.cz

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

² Česká zemědělská univerzita v Praze, Fakulta životního prostředí

Príspevek prošel lektorským řízením.

IDENTIFICATION OF REGIONS VULNERABLE TO DEFICITS IN WATER RESOURCES IN THE CZECH REPUBLIC

BERAN, Adam^{1,2}; HANEL, Martin^{1,2}

¹ T. G. Masaryk Water Research Institute, p.r.i.

² Czech University of Life Sciences in Prague

Key words: hydrological balance — climate change — BILAN model — droughts

The results presented in this paper originate from the research conducted by the Hydrology department of the T. G. Masaryk Water Research Institute, p.r.i., within a project “Landscape strategy protection against negative impacts of floods and erosion processes using actions in consistent with nature in the Czech Republic”. Vulnerable regions of the Czech Republic in terms of lack of water resources were identified. The degree of vulnerability was defined for 3rd order watersheds for the observed (1981–2010) and scenario (2021–2050 and 2071–2100) periods using three different climate change scenarios. The article presents the applied methodology and description of the most important results achieved in the project.

Pozorované změny složek hydrologické bilance z hlediska využitelných vodních zdrojů

RADEK VLNAS

Klíčová slova: hydrologická bilance – trend – R – odtok – vodní zdroje – základní odtok – vrty – prameny

SOUHRN

Příspěvek se zabývá sledováním změn v časových řadách hydrologických bilančních veličin pomocí detekce trendu. K dispozici byla řada různých datových sad, jako jsou data ze zpracování Hydrologické bilance množství a jakosti vody ČR, stanovení přírodních zdrojů podzemních vod a režimu podzemních vod. Tato kombinace dat různých veličin a časových měřítek umožňuje komplexně sledovat případné změny hydrologického cyklu. Jakkoli se jedná o relativně krátké řady délky několika desetiletí, jejich výhodou je podobné zpracovávané období, a tedy možnost vzájemného porovnání. K detekci trendu byl použit Mann-Kendallův test s korekcí autokorelace 1. řádu. Existence, velikost a plošná distribuce trendu byla popsána v řadách měsíčních a ročních srážkových úhrnů, teplot vzduchu, evapotranspirace, odtoku a dalších veličin, dále v měsíčních a ročních průměrech a minimech denních průtoků a základního odtoku a také vydatností pramenů a stavů hladin ve vrtech.

ÚVOD

Snaha pozorovat a vyhodnocovat složky hydrologické bilance stála již u zrodu pravidelných pozorování vodních stavů na našem území. V souvislosti se současnou diskusí o existenci, vývoji a dopadu klimatické změny na vodní zdroje nám tato úloha nabízí další perspektivu. Můžeme si totiž položit otázku, zda a jakým způsobem se složky hydrologické bilance vyvíjely v době pravidelného instrumentálního měření a zda jsou případné změny v souladu s odhady budoucího vývoje klimatu a jeho dopadů. K odpovědi na první část otázky jsme se pokusili přispět s využitím testování existence monotónního lineárního trendu v časových řadách některých vybraných bilančních veličin.

Důvodem použití relativně krátkých časových řad od počátku 70. nebo 80. let do současnosti je jejich příprava a využití v rámci různých pravidelných výkazů ČHMÚ, jakými jsou například každoroční zpráva Hydrologická bilance množství a jakosti vody ČR, stanovení přírodních zdrojů podzemních vod nebo režim podzemních vod v daném roce. Jakkoli se jedná o relativně krátké třiceti až čtyřicetileté řady, jejich výhodou je, že podobné zpracovávané období umožňuje jejich vzájemné porovnání.

Pro celé území ČR hodnotili změny bilančních veličin v poslední době Hanel aj. (2011) v rámci odhadu dopadů klimatické změny na hydrologickou bilanci, a to prostřednictvím rozdílů mezi průměry v období 1961–1980 a 1981–2005. Byl pozorován především nárůst teplot v ročním průměru o asi 0,6–1,2 °C. Růst teplot vede k růstu potenciální evapotranspirace o řádově 5–10 % na jaře a v létě. Růst potenciální evapotranspirace je na velké části území ČR kompenzován růstem srážek. V roční bilanci činí tento nárůst až 10 %. Z rozdílu srážek a potenciální evapotranspirace vyplývá zhoršení vodní bilance na jaře v Čechách a v létě

na Moravě (především severní) a na podzim zlepšení vodní bilance na celém území ČR kromě Polabí, kde ke změně bilance nedochází.

Trendy v řadách sedmidenních klouzavých minim průtoků ve 144 vodoměrných stanicích v období 1961–2005 se zabývali Fiala aj. (2010). V letním období zjistili trend poklesu minim u 12 % stanic, které byly soustředěny v povodí horní a části střední Moravy a dále se vyskytovaly v několika povodích levostranných přítoků středního Labe. Pouze u jedné stanice byl zjištěn trend nárůstu letních minim. Naopak v minimech zimního období našli statisticky významný pozitivní trend u 14 % stanic. Jednalo se o stanice v horských oblastech. Nárůst zimních minimálních průtoků autoři připisují teplejším zimám s větším podílem kapalných srážek.

Hodnocením trendů vydatností pramenů v období 1971–2007, sledovaných jako součást pozorovací sítě ČHMÚ, se zabývali Ledvinka a Lamačová (2015). Jejich hodnocení je zaměřeno spíše na existenci plošně platného trendu v rámci členění ČR na hydrogeologické rajony než na jednotlivé prameny. Výsledky ukázaly, že v ročních řadách vydatností pramenů je ve 12 z 18 rajonů přítomen negativní trend, tedy pokles vydatností, avšak je-li při stanovení Mann-Kendallové statistiky zahrnut také vliv křížové korelace mezi prameny, jak doporučují autoři, klesá vydatnost pouze ve čtyřech rajonech. Tyto rajony se nacházejí ve středních Čechách a na jižní a severní Moravě.

DATA

V této studii byly zpracovány následující tři typy dat: (a) bilanční veličiny z výkazů Hydrologické bilance množství a jakosti vody ČR, kterou podle zákona č. 254/2001 Sb., o vodách a vyhlášky Ministerstva zemědělství č. 431/2001 Sb. každoročně zpracovává ČHMÚ (2015a). Jedná se o tyto veličiny: srážkové úhrny, zásoba vody ve sněhu, teplota a relativní vlhkost vzduchu, potenciální a aktuální evapotranspirace, pozorované a přirozené průtoky. Veličiny jsou evidovány v měsíčních průměrech, popř. úhrnech. Termínem přirozené průtoky se rozumí průtoky očištěné od vlivu odběrů, vypouštění a manipulací na nádržích. Vzhledem k návaznosti na přirozené průtoky, jejichž evidence je vedena od roku 1979, zahrnují všechny uvedené veličiny období 1980–2013. Existence trendu byla šetřena v jednotlivých bilančních povodích (74 povodí) a v bilančních oblastech (10 oblastí) zvláště pro jednotlivé měsíce roku a pro roční agregace veličin.

Další skupinu dat představují (b) data ze zpracování přírodních zdrojů podzemních vod ČR. Jedná se o řady denních pozorovaných průtoků a základního odtoku ve 161 vodoměrných stanicích v období 1971–2013. Základní odtok byl separován metodou podle Eckhardta (2005) s roční korekcí parametru BFI_{max}, který při takové separaci není pro celé období konstantní, ale je odvozen pro každý rok zvláště metodou klouzavých minim. Tento způsob separace lépe

charakterizuje přirozenou víceletou variabilitu odtoku a změn zásob podzemní vody. Přítomnost trendu byla zjišťována v řadách průměrných a minimálních měsíčních a ročních hodnot obou veličin. Pro odstranění vlivu extrémně nízkých hodnot při zpracování minim byly řady před měsíční a roční agregací vyhlazeny pomocí sedmidenních klouzavých průměrů.

Poslední skupinu dat představují (c) údaje o sledování podzemních vod. Jedná se o vydatnosti 114 pramenů a stavy hladin vody v 154 mělkých vrtech hlásné sítě ČHMÚ (2015b) převážně z let 1971–2013 většinou v týdenním, v případě vrtů v posledních letech i v denním kroku. Hluboké vrty nebyly zpracovány vzhledem k jejich krátkému pozorování a víceleté cyklicitě. Všechny řady splňují požadavek minimální délky s počátkem pozorování nejpozději od roku 1981, naprostá většina objektů pokrývá celé období od roku 1971. Za účelem jednotného hodnocení trendu byla i v těchto datech přítomnost trendu zjišťována pro jednotlivé měsíce roku a pro roky a stejně jako u předešlé datové sady opět v oblasti průměrných a minimálních hodnot. Pro umožnění porovnání byla velikost trendu těchto veličin vyjádřena jako změna standardní odchylky (s).

METODA

Existence a velikost trendu byla šetřena pomocí neparametrického Mann-Kendalova testu a Senova odhadu směrnice trendu v prostředí R (R Core Team, 2014). Mann-Kendallův test je často používán pro analýzu trendu v datových sadách environmentálních systémů (Kendall, 1975; Libiseller a Grimvall, 2002). Jedná se o test neparametrický, který nepředpokládá normalitu dat a není citlivý vůči odlehilým hodnotám a nelineárním trendům nízkého stupně. Test lze použít v případech, kdy je v datových sadách předpokládána spojitá monotónní rostoucí nebo klesající funkce času a rezidua rozložena s nulovou střední hodnotou. Jinými slovy za předpokladu, že rozptyl rozložení je v čase konstantní.

Nulová hypotéza testu H_0 je, že pozorovaná data $\{X_i, i=1, 2, \dots, n\}$ jsou nezávislá a se shodným rozdělením. Alternativní hypotéza H_1 je, že ve výběru dat je přítomen monotónní trend. Statistika S Mann-Kendalova testu je definována jako:

$$S = \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n \text{sgn}(X_j - X_i) \quad (1)$$

$$\text{kde } \text{sgn}(\Theta) = \begin{cases} 1 & \text{když } \Theta > 0 \\ 0 & \text{když } \Theta = 0 \\ -1 & \text{když } \Theta < 0 \end{cases} \quad (2)$$

Mann (1945) a Kendall (1975) ukázali, že pro $n \geq 8$ je statistika S přibližně normálně rozdělená se střední hodnotou:

$$E(S) = 0 \quad (3)$$

a rozptylem:

$$V(S) = \frac{n(n-1)(2n+5) - \sum_{m=1}^n t_m m(m-1)(2m+5)}{18} \quad (4)$$

kde t_m je počet skupin (dvojic, trojic atd.) shodných hodnot v rozsahu m , přičemž $m=2$ pro dvojice shodných hodnot, $m=3$ pro trojice atd. Standardizovaná testová statistika Z je potom:

$$Z = \begin{cases} \frac{S-1}{\sqrt{V(S)}} & \text{když } S > 0 \\ 0 & \text{když } S = 0 \\ \frac{S+1}{\sqrt{V(S)}} & \text{když } S < 0 \end{cases} \quad (5)$$

Testová statistika Z má standardní normální rozdělení s nulovou střední hodnotou a rozptylem rovným jedné.

Von Storch (1995) ukázal, že přítomnost autokorelace v časové řadě zvyšuje pravděpodobnost, že Mann-Kendallův test detekuje statisticky významný trend, tzn. že autokorelace zvyšuje pravděpodobnost chyby 1. řádu.

Pro zpracování časových řad byla proto použita varianta testu s korekcí autokorelace 1. řádu (Yue a Pilon, 2002). V této metodě je nejprve spočtena směrnice trendu podle Sena (1968). Je-li směrnice nenulová a statisticky významná, je z časové řady odstraněn trend daný touto směrnicí a v takto upravené řadě posouzena přítomnost autokorelace 1. řádu. Výsledná rezidua by měla být nezávislá. Je-li autokorelační koeficient statisticky významný, je směrnice trendu původní řady uplatněna na rezidua autokorelace a na této řadě je posouzena významnost trendu pomocí Mann-Kendalova testu. Výsledná směrnice trendu b je opět počítána podle Sena (1968), tedy jako medián směrnic všech párů dat podle rovnice:

$$b = \text{med} \left(\frac{X_j - X_i}{j - i} \right), \quad \forall i < j \quad (6)$$

Statistická významnost trendu byla testována na hladině významnosti $\alpha = 0,05$. Do hodnocení byly zahrnuty pouze statisticky významné trendy. Výsledný trend sledovaných veličin je uváděn jako průměrná změna za desetileté období.

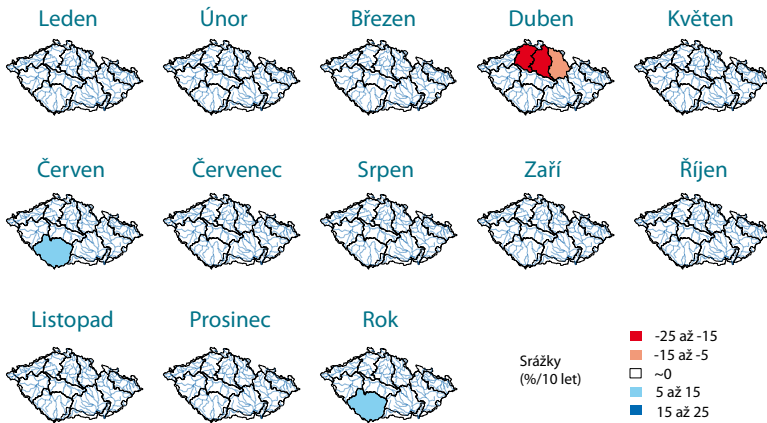
VÝSLEDKY

Bilanční veličiny – průměry

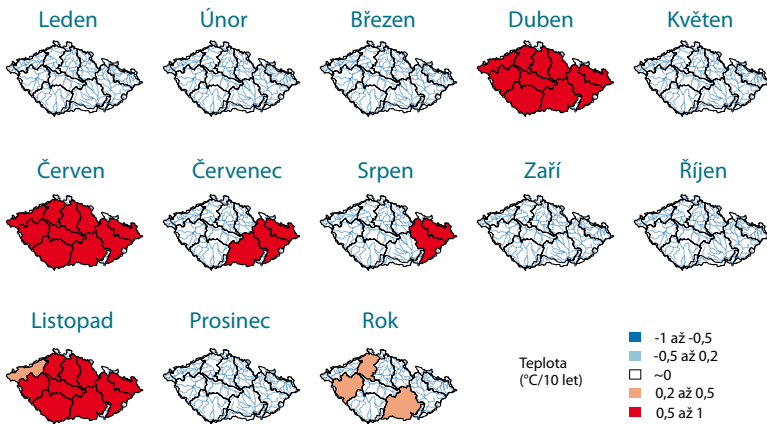
Mapy bilančních veličin jsou pro přehlednost uváděny převážně pouze pro deset bilančních oblastí (BO) a vývoj 74 bilančních povodí, který se v podstatě shoduje s bilančními oblastmi, je až na výjimku v případě odtoku zmíněn pouze v textu, je-li to vhodné pro porozumění souvislostem. Při posuzování map je třeba přihlídnout ke skutečnosti, že četnost extrémních hodnot je dána volbou intervalů barevné škály. Objektivní měřítko toho, co představuje velký pokles nebo velký vzestup, neexistuje.

V rámci změn sezonality srážek (obr. 1) byl v dubnu zjištěn trend jejich poklesu ve třech BO v severních a východních Čechách o průměrně 15–19 %, a naopak jejich nárůst v BO horní Vltava o 13 % v červnu. V ročních řadách srážek byl zjištěn nárůst ročních úhrnů v BO horní Vltava o 5 %.

U zásob vody ve sněhové pokrývce byl zjištěn pokles v BO Odra a Olše v prosinci o 17 %, v ročních agregacích změna zjištěna nebyla. V rámci ročního chodu teplot (obr. 2) byl zjištěn pouze nárůst, a to v celé ČR, v dubnu, červnu a v listopadu o 0,4–0,9 °C a na Moravě i v červenci a srpnu o 0,5–0,7 °C. Zvýšení teploty v jednotlivých měsících je patrné i v ročních agregacích, kde se projevilo v BO dolní Labe, Berounka a Dyje zvýšením o 0,4 °C.



Obr. 1. Lineární trendy (%/10 let) řad měsíčních a ročních úhrnů srážek v deseti bilančních oblastech v období 1980–2013
 Fig. 1. Linear trends (%/10 years) in series of monthly and annual precipitation from 10 balance regions during the 1980–2013 period



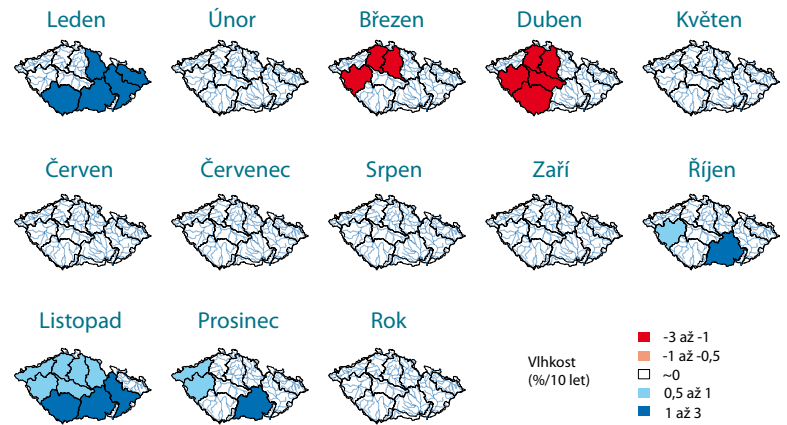
Obr. 2. Lineární trendy (°C/10 let) řad průměrných měsíčních a ročních teplot vzduchu v deseti bilančních oblastech v období 1980–2013
 Fig. 2. Linear trends (°C/10 years) in series of mean monthly and annual air temperature from 10 balance regions during the 1980–2013 period

Relativní vlhkost vzduchu (obr. 3) roste v lednu především na Moravě o 1–1,4 %, v listopadu v celé ČR o 0,5–1,5 % a také v říjnu a prosinci v BO Berounka a Dyje o 0,7–1,3 %, a naopak klesá v březnu a dubnu v části BO v Čechách o 1,2–1,8 %. V ročních průměrech se relativní vlhkost nezměnila.

Plošné rozmístění oblastí se zvyšující se potenciální evapotranspirací odráží zvýšení teplot tamtéž. V souladu se změnou ročního chodu teplot roste potenciální evapotranspirace v celé ČR především v dubnu a v červnu o 3–7 % a v listopadu až o 6–11 %, ovšem absolutní hodnoty potenciální evapotranspirace na konci roku jsou minimální a stejně tak i dopad tohoto zvýšení na vodní bilanci. Ke zvýšení o 2–3 % dochází také na Moravě v červenci a srpnu. Kromě BO horní Labe, horní Vltava, Ohře a Bílina bylo v ročních průměrech zjištěno zvýšení potenciální evapotranspirace v sedmi ostatních BO o 2–3 %, které v dlouhodobé perspektivě vytváří zvýšený tlak na vodní zdroje, podobně jako zvětšení potenciální evapotranspirace v dubnu a červnu.

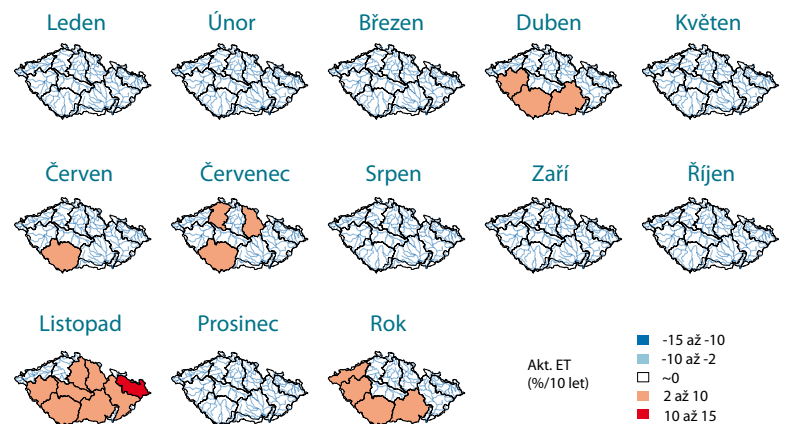
Ke zvýšení aktuální evapotranspirace (obr. 4) dochází v měsících s dostupnou zásobou půdní vody pro výpar v reakci na případné zvýšení teploty, je tedy i výslednicí mírného zvýšení srážek na jihu a západě Čech, které lze dovést z analýzy jednotlivých bilančních povodí. K nárůstu evapotranspirace tak

dochází v dubnu v BO Berounka, horní Vltava a Dyje o 5–7 %, v červnu a červenci v BO horní Vltava o 2–3 %, stejně jako v červenci v BO horní Labe a dolní Labe. Kromě severozápadu Čech byl zjištěn nárůst evapotranspirace v listopadu v celé ČR o 6–10 %, ale jedná se opět o hodnoty málo významné vzhledem k celkově malému výparu při – v rámci ročního chodu – nízkých teplotách.

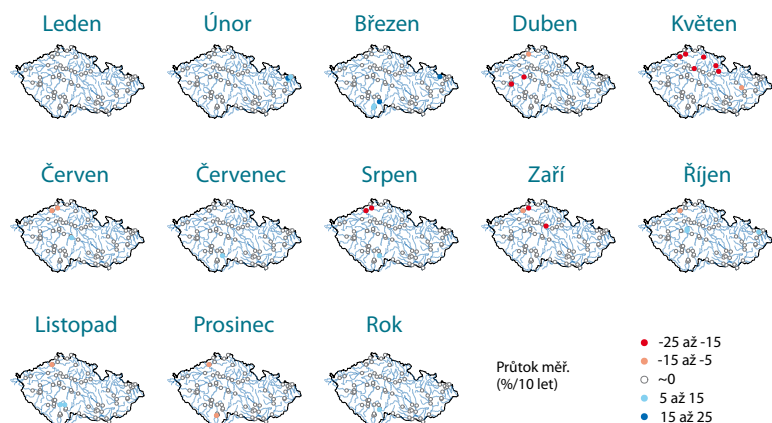


Obr. 3. Lineární trendy (%/10 let) řad průměrných měsíčních a ročních hodnot relativní vlhkosti vzduchu v deseti bilančních oblastech v období 1980–2013
 Fig. 3. Linear trends (%/10 years) in series of mean monthly and annual relative air humidity from 10 balance regions during the 1980–2013 period

V rámci celého roku bylo zjištěno zvětšení evapotranspirace ve čtyřech BO na jihu a západě ČR o 3–4 %. Při posuzování těchto změn je přitom důležité, že velikost roční evapotranspirace je určována především charakterem kombinace teplot a srážek v období od dubna do října, či spíše od května do září.



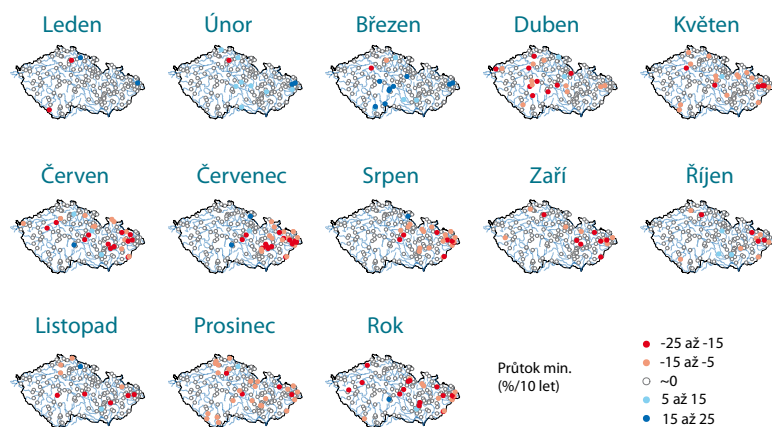
Obr. 4. Lineární trendy (%/10 let) řad měsíčních a ročních hodnot aktuální evapotranspirace v deseti bilančních oblastech v období 1980–2013
 Fig. 4. Linear trends (%/10 years) in series of monthly and annual actual evapotranspiration from 10 balance regions during the 1980–2013 period



Obr. 5. Lineární trendy (%/10 let) řad průměrných měsíčních a ročních měřených průtoků v 74 vodoměrných stanicích uzavírajících bilanční povodí v období 1980–2013
Fig. 5. Linear trends (%/10 years) in series of mean monthly and annual measured discharge from 74 gauging stations monitoring balance river basins during the 1980–2013 period

Změny ročního chodu přirozeného odtoku do značné míry korespondují se změnami měřeného odtoku. V některých BO (Ohře a Bílina) se však výsledky zdají být ovlivněny způsobem očistění průtoků od vlivů především převodů vody, u obou typů odtoku pak i jeho vyčíslením z mezipovodí, které je vždy zatíženo významnou chybou, tedy především v případě BO dolní Vltava a Sázava a BO dolní Labe. Ačkoli tedy byl v BO dolní Labe ve třech měsících detekován nárůst měřeného odtoku o průměrně 15 % a podobně jeho pokles v BO Ohře a Bílina, nelze tyto výsledky vzhledem k povaze ovlivnění dat považovat za průkazné, a to i s ohledem na změny ročního chodu ostatních bilančních veličin, z jejichž vztahů takto výrazné změny odtoku nevyplynají. Změny odtoku jsou proto namísto mapy BO demonstrovány na bodové mapě vodoměrných stanic, které reprezentují ucelená bilanční povodí a kterých je podstatně více, takže případné změny odtoku regionálního rozsahu by byly zřetelnější.

Trend měřeného (obr. 5) i přirozeného odtoku je velmi podobný. Kromě poklesu odtoku v devíti bilančních povodích převážně na severovýchodě Čech o průměrně 17 % v květnu byly v ostatních měsících nalezeny trendy pouze v ojedinělých případech, z kterých nelze vyvozovat obecné závěry. V řadách průměrných ročních měřených a přirozených průtoků nebyl zjištěn trend.



Obr. 6. Lineární trendy (%/10 let) v řadách měsíčních a ročních sedmidenních klouzavých minim měřených denních průtoků pro 161 vodoměrných stanic v období 1971–2013
Fig. 6. Linear trends (%/10 years) in monthly and annual series of 7-day running minimum discharges for 161 gauging stations in the 1971–2013 period

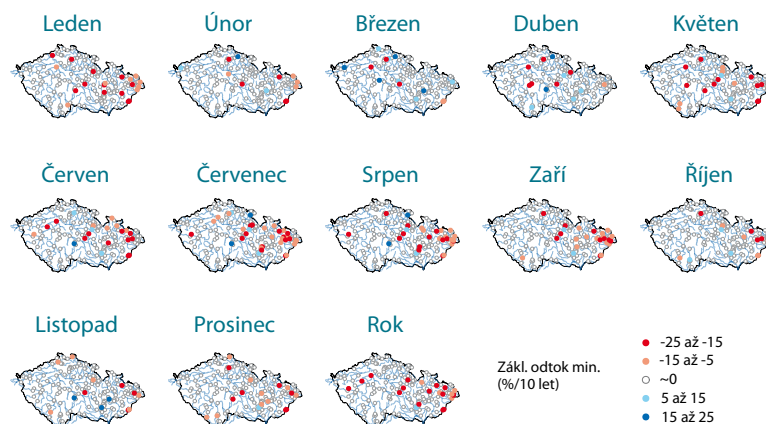
Denní průtoky – průměry a minima

Nejvýraznější charakteristikou trendu měsíčních průměrů denních průtoků ve 161 vodoměrných stanicích, které jsou využívány pro stanovení základního odtoku, je nárůst odtoku v březnu u 31 stanic v pásu z jižních do východních Čech v průměru o 15 % a pokles v květnu u 32 stanic především v severních Čechách a na Moravě o průměrně 13 %, v srpnu u 17 stanic převážně na severní Moravě o průměrně 10 % a v prosinci, opět převážně na Moravě, výrazněji na severní, v průměru o 12 % u 39 stanic. Změna v rámci jednotlivých měsíců není natolik výrazná, aby byla detekována v řadě průměrných ročních hodnot.

Pokles měsíčních minim odtoku (obr. 6) je výraznější než u měsíčních průměrů. Od dubna do prosince převažuje nebo byl zjištěn pouze pokles u 9 až 30 stanic (největší počty stanic v létě) od 12 do 17 %, přičemž poklesy jsou četnější a výraznější na Moravě a v severovýchodních Čechách. Podobně jako u průměrných hodnot i v minimech byl v pásu z jižních do východních Čech zjištěn nárůst odtoku v březnu průměrně o 19 %, ale stanic je méně, pouze 13. Poklesy v měsíčních minimech jsou natolik výrazné a v průběhu roku časté, že se projevují i poklesy ročních minim, kde u 25 stanic byl zjištěn pokles průměrně o 18 %. Nárůsty minim jsou výjimečné, týkají se pouze dvou stanic.

Základní odtok – průměry a minima

Změny průměrného měsíčního základního odtoku z hlediska plošného rozšíření sledují změny celkového odtoku. Poklesy se tedy projevují nejvíce na Moravě (výrazněji na severní), v severovýchodních Čechách, na jaře více v Čechách. Nárůsty jsou výjimečné, zatímco výrazně převažuje pokles kromě března ve všech měsících roku, nejvýrazněji v lednu, v období od května do srpna a v prosinci u 16 až 30 stanic průměrně o 14 až 16 %. Došlo také ke změně ročních průměrů základního odtoku, kdy u 15 stanic byl zaznamenán pokles průměrně o 14 % a u šesti stanic nárůst průměrně o 8 %.



Obr. 7. Lineární trendy (%/10 let) v řadách měsíčních a ročních sedmidenních klouzavých minim separovaného základního odtoku pro 161 vodoměrných stanic na území České republiky v období 1971–2013

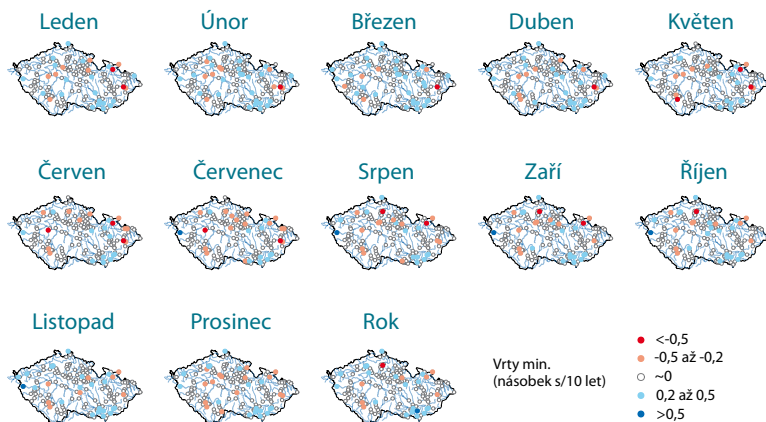
Fig. 7. Linear trends (%/10 years) in monthly and annual series of 7-day running minimum baseflow for 161 gauging stations situated in the Czech Republic in the 1971–2013 period

Plošné rozšíření velikosti a koncentrace změn měsíčních minim základního odtoku je stejné jako u průměrných hodnot, výrazně ale převažuje pokles, kromě března ve všech měsících roku, opět nejvýrazněji v lednu, od května do srpna a v prosinci, a to u 16 až 30 stanic průměrně o 14 až 18 %. Podobně i u ročních minim byl u 22 stanic zjištěn pokles průměrně o 19 % a pouze u dvou stanic nárůst průměrně o 7 % (obr. 7).

Vrty – průměry a minima

U průměrných měsíčních stavů hladin v mělkých vrtech překvapivě převažuje v zimním půlroce (listopad až duben) vzestup hladin (23 až 42 vrtů) nad poklesy (5 až 18 vrtů), v letním půlroce byly zaznamenány přibližně stejně četné vzestupy i poklesy, a to u 12 až 20 vrtů. Poklesy v letní části roku se vyskytují spíše v severovýchodních Čechách a na severní Moravě. Průměrná velikost vzestupu v zimním půlroce činí 0,28–0,32 násobek směrodatné odchylky s . Z hlediska průměrných ročních stavů hladin ve vrtech byl zjištěn u 24 objektů vzestup průměrně o 0,28 s a u 12 objektů pokles o 0,29 s .

U minimálních měsíčních stavů hladin (obr. 8) také převažuje v zimním půlroce vzestup u 22 až 34 vrtů průměrně o 0,26–0,29 s nad poklesy, kterých je pouze 9 až 13 o velikosti průměrně 0,25–0,32 s . V letním půlroce početně mírně převažují poklesy nad vzestupy, objektů se zvyšující se hladinou je 18 až 28 oproti 14 až 19 vrtům, u kterých došlo ke snížení hladiny. Velikost zvýšení je v rozsahu průměrně 0,26–0,31 s a velikost snížení hladiny činí prakticky stejně 0,27–0,35 s . Vrty s poklesem hladiny jsou soustředěny opět v severovýchodních Čechách a na severní Moravě, vrty s vzestupem hladiny poněkud překvapivě na jižní Moravě. U ročních minim stavů hladin převažují vzestupy (24 vrtů; 0,3 s) nad poklesy (15 vrtů; 0,27 s), vzestupy jsou koncentrovány na jihu Moravy.

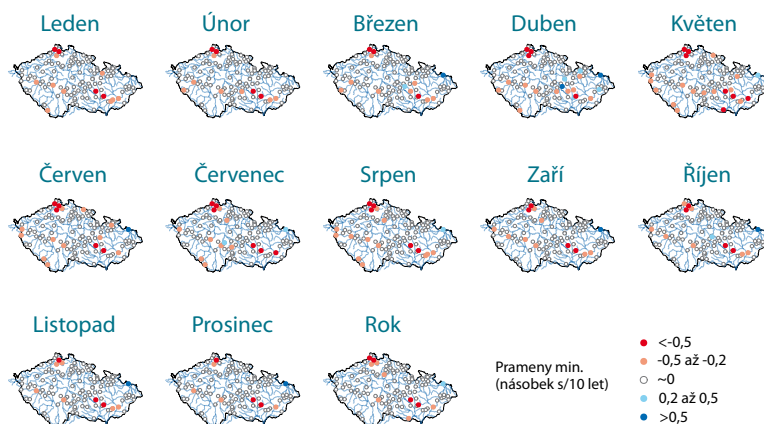


Obr. 8. Lineární trendy (násobek směrodatné odchylky $s/10$ let) minimálních měsíčních a ročních stavů hladiny 154 mělkých vrtů v období 1971–2013

Fig. 8. Linear trends (multiples of standard deviation $s/10$ years) recorded as monthly and annual minima for 154 shallow borehole levels in the 1971–2013 period

Prameny – průměry a minima

Plošné rozšíření i velikost a orientace trendu průměrných i minimálních (obr. 9) měsíčních vydatností pramenů jsou prakticky totožné. S výjimkou března u průměrných vydatností zřetelně po celý rok převažují poklesy nad nárůsty, klesla vydatnost přibližně 16 až 26 pramenů, nárůsty byly zjištěny u jednoho až devíti pramenů. Poklesy jsou větší, o velikosti v případě průměrů nejčastěji 0,35–0,54 s , minim 0,31–0,49 s , s nárůsty velmi podobnými, které u průměrů představují 0,32–0,53 s , u minim 0,32–0,57 s . U ročních průměrných i minimálních vydatností převažují poklesy nad nárůsty, přičemž pokles o velikosti 0,41 s , resp. 0,37 s byl zjištěn u 18, resp. 20 objektů, zatímco vzestup o velikosti 0,39 s , resp. 0,24 s u tří, resp. šesti objektů. Objekty s poklesem vydatnosti jsou výrazně soustředěny na severu Čech, což by bylo možné přičítat spíše způsobu měření a jejich vyhodnocení než přirozeným příčinám. Pokles vydatnosti se také často vyskytuje u pramenů střední Moravy.



Obr. 9. Lineární trendy (násobek směrodatné odchylky $s/10$ let) minimálních měsíčních a ročních vydatností 114 pramenů v období 1971–2013

Fig. 9. Linear trends (multiples of standard deviation $s/10$ years) recorded as monthly and annual minima for 114 springs in the 1971–2013 period

ZÁVĚR

V řadách hodnocených bilančních veličin byl mezi lety 1980–2013 zjištěn především vzestup průměrných ročních teplot v části ČR o 0,4 °C za desetiletí a vzestup teplot v celé ČR v dubnu, červnu a v listopadu o 0,4–0,9 °C a na Moravě i v červenci a srpnu o 0,5–0,7 °C. Srážky poklesly v severních a východních Čechách v dubnu průměrně o 15–19 %, a naopak vzrostly na jihu Čech o 13 % v červnu, což se celkově projevilo nárůstem ročních úhrnů srážek na jihu Čech o 5 %. Zásoba vody ve sněhové pokrývce poklesla v prosinci na severu Moravy o 17 %. U relativní vlhkosti vzduchu došlo ke změně ročního chodu v řádu 0,5–1,5 %. Vlhkost vzrostla v chladnější části roku především na Moravě, popř. v celé ČR, a naopak klesla na jaře v části Čech. K nárůstu evapotranspirace dochází v dubnu, červnu a červenci v jihozápadních Čechách o 2–3 % a o 3–4 % zde vzrostla evapotranspirace i v rámci celého roku.

Z bilančního hlediska tedy došlo k poklesu srážek v severních a východních Čechách v dubnu, jejich nárůstu na jihu Čech v červnu i v rámci roční bilance, k poklesu zásob sněhu na severní Moravě, k vzestupu teplot v teplé části roku v Čechách a ještě výrazněji na Moravě a dále k nárůstu evapotranspirace v jihozápadních Čechách vlivem kombinace vyšších teplot a dostupnosti vody v důsledku vyšších srážek. Kromě vyšších srážek na jihu Čech se jedná výhradně o faktory, které dostupnost vodních zdrojů ovlivňují negativně. Těmto trendům a jejich lokalizaci odpovídá i pokles odtoku v části bilančních stanic na severovýchodě Čech průměrně o 17 % v květnu.

Těmto zjištěním odpovídá i pokles odtoku v sadě 161 vodoměrných stanic mezi lety 1971–2013 v květnu především v severních Čechách a na Moravě o průměrně 13 % za desetiletí, v srpnu a prosinci na severní Moravě. U části stanic ale také odtok vzrostl, nicméně je kompenzován v jiných částech roku. V minimech odtoku poklesy převažují nad vzestupy, nejvíce poklesů je v létě a v průběhu celého roku jsou četnější a výraznější na Moravě a v severovýchodních Čechách, pokles je zřetelný i v roční bilanci. Změny průměrného základního odtoku jsou podobné jako změny celkového odtoku. Poklesy se tedy projevují nejvíce na Moravě, výrazněji na severní, a v severovýchodních Čechách. Minima základního odtoku se mění výrazněji, převažuje pokles nad vzestupy, kromě března ve všech měsících roku, nejvýrazněji v lednu, od května do srpna a v prosinci.

Ačkoli tyto závěry mohou při častém užívání výrazu „pokles“ vyznívat pesimisticky, platí, že na výrazné většině stanic nebyl zjištěn statisticky významný

trend. Na druhé straně je ovšem zřejmá shoda v rozšířeném výskytu z hlediska vodních zdrojů negativního trendu na severovýchodě ČR.

V průběhu roku i v roční bilanci byl dále u průměrných i minimálních vydatností řady pramenů mezi lety 1971–2013 zjištěn pokles kolem 0,4 s za desetiletí, zvětšení vydatností je nevýrazné, ale u většiny objektů nebyla zjištěna žádná změna.

Do celkového obrazu příliš nezapadá vývoj hladin mělkých vrtů. U minim v letním půlroce sice početně mírně převažují poklesy nad vzestupy, oboje o velikosti kolem 0,3 s, ale v zimním půlroce je naopak častější vzestup. V roční bilanci mírně převažují vzestupy hladin, ale u velké většiny objektů nedochází k žádné změně. U průměrných hladin bylo vzestupů hladin zjištěno více.

Poděkování

Článek vznikl na základě dat a výsledků Českého hydrometeorologického ústavu.

Literatura

ČHMÚ. (2015a) Bilance množství a jakosti vody ČR [online], ČHMÚ [cit. 2015-03-20]. Dostupné z: <<http://voda.chmi.cz/opzv/bilance/bilance.htm>>

ČHMÚ. (2015b) Stav podzemních vod [online], ČHMÚ [cit. 2015-03-20]. Dostupné z: <http://portal.chmi.cz/portal/dt?menu=JSPTabContainer/P10_0_Aktualni_situace/P10_2_Hydrologie/P10_2_3_Stav_podzemnich_vod&last=false>.

Eckhardt, K. (2005) How to construct recursive digital filters for baseflow separation. *Hydrological Processes*, 19, p. 507–515.

Fiala, T., Ouarda, T.B.M.J., and Hladný, J. (2010) Evolution of low flows in the Czech Republic. *Journal of Hydrology*, 393, p. 206–218.

Hanel, M. aj. (2011) Odhad dopadů klimatické změny na hydrologickou bilanci v ČR a možná adaptační opatření. Praha: ÚÚV TGM, 108 s., ISBN 978-80-87402-22-1.

Kendall, M.G. (1975) Rank correlation methods. London: Griffin.

Ledvinka, O. and Lamačová, A. (2015) Detection of field significant long-term monotonic trends in spring yields. *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment*, 29, p. 1463–1484. doi:10.1007/s00477-014-0969-1.

Mann, H.B. (1945) Nonparametric tests against trend. *Econometrica*, 13, p. 45–259.

Libiseller, C. and Grimvall, A. (2002) Performance of partial Mann Kendall tests for trend detection in the presence of covariates. *Environmetrics*, 13, p. 71–84.

R Core Team. (2014) R: A Language and Environment for Statistical Computing. *R Foundation for Statistical Computing*, Vienna, Austria. URL <http://www.R-project.org>.

Sen, P.K. (1968) Estimates of the regression coefficient based on Kendall's tau. *Journal of the American Statistical Association*, 63, p. 1379–1389.

Von Storch, V.H. (1995) Misuses of statistical analysis in climate research. In *Analysis of Climate Variability: Applications of Statistical Techniques*, von Storch, H. and Navarra, A. (eds). Berlin: Springer-Verlag, p. 11–26.

Yue, S., Pilon, P., Phinney, B., and Cavadias, G. (2002) The influence of autocorrelation on the ability to detect trend in hydrological series. *Hydrological Processes*, 16, p. 1807–1829.

Autor

Ing. Radek Vlnas^{1,2}

✉ radek_vlnas@vuv.cz

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

² Český hydrometeorologický ústav

Příspěvek prošel lektorským řízením.

OBSERVED CHANGES OF HYDROLOGICAL BALANCE COMPONENTS REGARDING THE AVAILABLE WATER RESOURCES

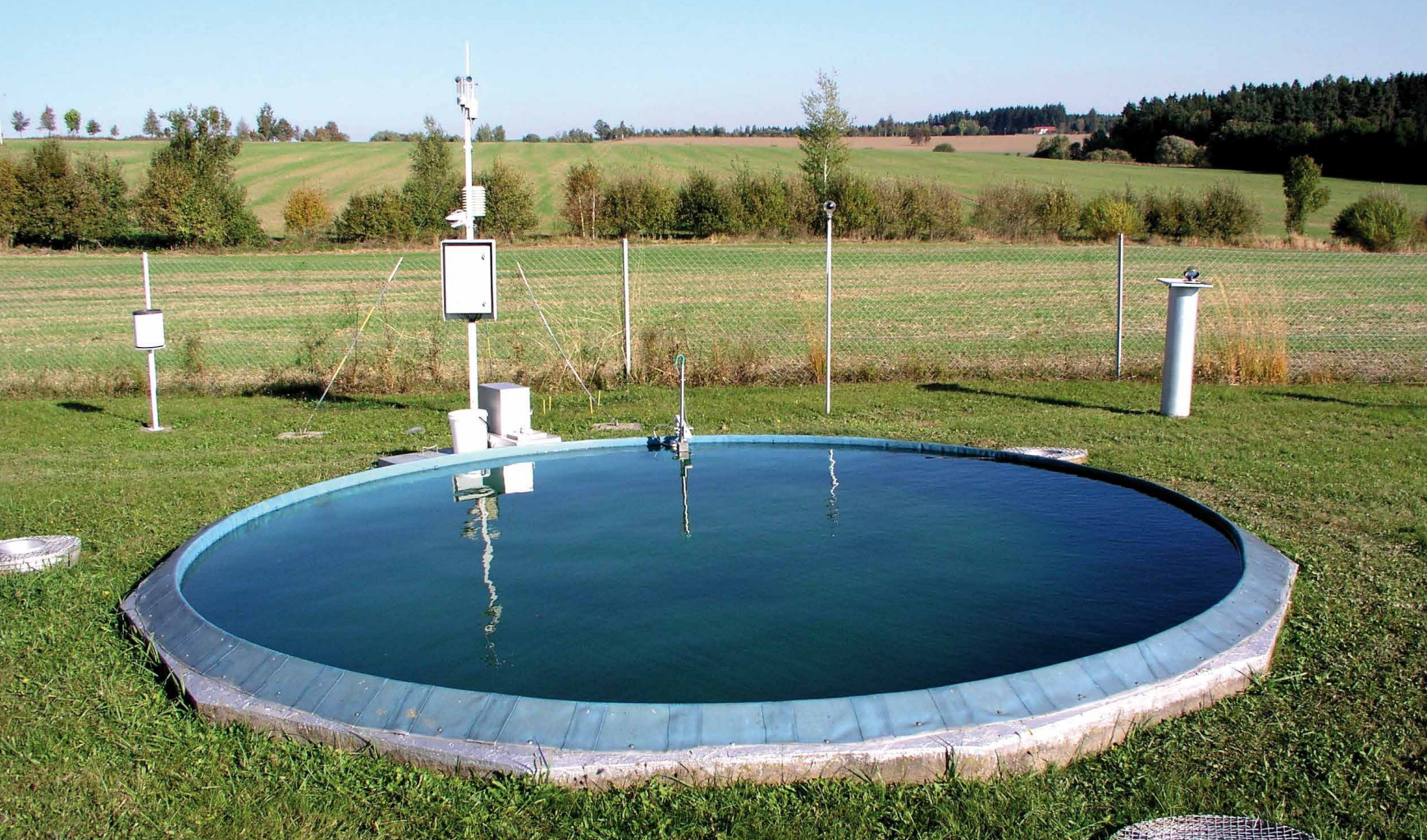
VLNAS, Radek^{1,2}

¹T. G. Masaryk Water Research Institute, p.r.i.

² Czech Hydrometeorological Institute

Keywords: hydrological balance — trend — R — stream flow — water sources — baseflow — boreholes — springs

This study investigated changes in time series of hydrological balance components using trend detection. A various sets of data were available, such as data from the report “Hydrological balance of water quantity and quality in the Czech Republic”, the report of natural sources of groundwater and groundwater regime assessment, in order the potential change of hydrological cycle to be comprehensively observed. Although the time series used are relatively short with length of some 30 or 40 years, the advantage is their similar period and thus possibility of comparison among the series. For trend detection the modified Mann-Kendall test removing lag-1 autocorrelation was used. The magnitude of the trend was described in mean monthly and annual series of precipitation, air temperature, evapotranspiration, stream flow and other variates, as well as in monthly and annual mean and minimum of daily stream flow and baseflow, spring yields and borehole levels.



Obr. 1. Srovnávací výparoměr

Pozorování výparu a dalších meteorologických veličin ve stanici Hlasivo

Výparoměrná stanice v Hlasivu u Tábora byla vybudována v roce 1957 v místech původní výzkumné meteorologické stanice a nyní je jedinou nezrušenou základní výparoměrnou stanicí na území ČR. Zaznamenává data o výparu z volné hladiny (obr. 1) spolu s dalšími meteorologickými prvky (tabulka 1) pro potřeby Výzkumného ústavu vodohospodářského T. G. Masaryka, v.v.i. Výpar z volné hladiny je jedním ze základních prvků vodní bilance. Jeho průměrná hodnota se v průběhu let mění vlivem postupující klimatické změny, stejně jako je tomu u dalších prvků hydrologické bilance. Data ze stanice v Hlasivu jsou přínosná pro studie posuzující vliv klimatické změny na hydrologickou bilanci, stejně tak pro stanovování rovnic pro jeho výpočet a obecně pro bližší poznání

hydrologického cyklu. Význam pozorování je zvětšen potřebou kvantifikovat změny výparu vlivem probíhající změny klimatu. Současný systém financování výzkumu dlouhodobé úkoly nepodporuje, takže pokračování této jediné výparoměrné stanice v České republice s velkoplošným výparoměrem je ohroženo.

Autor

Ing. Adam Beran
✉ adam_beran@vuv.cz

Tabulka 1. Seznam v současnosti měřených veličin

Výpar z volné hladiny (srovnávací výparoměr (obr. 1), GGI 3000, Class-A-Pann)	Teplota půdy v hloubce 30 cm
Teplota vzduchu ve výšce 2 m nad povrchem země	Teplota půdy v hloubce 50 cm
Relativní vlhkost vzduchu ve výšce 2 m nad povrchem země	Rychlost a směr větru 10 m nad povrchem země
Teplota půdy v hloubce 5 cm	Úhrn a intenzita srážek
Teplota půdy v hloubce 10 cm	Globální sluneční radiace
Teplota půdy v hloubce 20 cm	Teploty vody ve výparoměrech

Hydrologické sucho v podzemních vodách

EVA SOUKALOVÁ, RADOMÍR MUZIKÁŘ

Klíčová slova: hydrologické sucho – periodičita – minimální hladiny podzemní vody – pozorovací vrt

SOUHRN

Výskyt sucha v podzemních vodách, které jsou významnou složkou oběhu vody v přírodě a jsou v interakci s povrchovými vodami a dalšími složkami životního prostředí, může vést ke krizovým situacím jak ve složkách životního prostředí, tak i v zásobování obyvatelstva pitnou vodou a v zemědělské výrobě. V předloženém příspěvku jsou uvedeny zákonitosti oběhu podzemních vod se zřetelem na výskyt extrémně nízkých hladin, jejich sezonní a víceletá periodičita a trendy, výskyt minimálních hladin a jejich dopady na složky životního prostředí. Jsou uvedeny i negativní antropogenní zásahy, podílející se na výskytu nízkých hladin. Dále jsou uvedeny možnosti prognóz minimálních hladin jako podkladu pro přípravu rozhodnutí při řešení sucha jako mimořádné situace a opatření pro řešení problematiky sucha.

ÚVOD

Vedle výskytu povodní jako hydrologického extrému je opačným extrémem sucho, kterému byla v minulosti věnována malá pozornost. V předloženém příspěvku jsou uvedeny zákonitosti oběhu podzemních vod se zřetelem na výskyt extrémně nízkých hladin, jejich sezonní a víceletá periodičita a trendy, výskyt minimálních hladin a jejich dopady na složky životního prostředí, antropogenní zásahy a možnosti prognóz minimálních hladin s využitím údajů monitoringu ČHMÚ jako podkladu pro přípravu rozhodnutí vodoprávních úřadů při řešení sucha jako mimořádné situace. Na závěr jsou uvedena opatření pro řešení problematiky sucha.

Hydrologické sucho vzniká následkem nedostatku srážek a projevuje se jako nedostatek zdrojů povrchových a podzemních vod (průtoky ve vodních tocích, hladiny jezer a nádrží, podzemní vody). Přitom je vznik hydrologického sucha ovlivněn i způsobem lidského užívání vody, proto je nutno na hydrologické sucho pohlížet jako na přírodní fenomén, který však může být prohlouben lidským působením.

Nedostatek srážek se v komponentách podzemní části hydrologického cyklu projevuje s určitým zpožděním. Hydrologické sucho je pak nezbytné pojímat jako výsledek působení procesů hydrologického cyklu a antropogenního ovlivnění v rámci celého povodí.

ZÁKONITOSTI OBĚHU PODZEMNÍ VODY V PŘÍRODĚ

Podzemní voda je velmi významnou složkou oběhu vod v přírodě. Je v interakci s povrchovými vodami, s nimiž se v důsledku morfologických, geologických a klimatických podmínek vzájemně ovlivňují. V minulosti se problematika obou řešila většinou odděleně. U povrchových vod byla pozornost zaměřena především na povodňové stavy a využívání vodní energie. Minimálním průtokům se

věnovala malá pozornost (Kněžek, 2013). U podzemních vod převládalo hodnocení jejich využitelnosti pro vodárenské využití. Podzemní vody rovněž ovlivňují terestrické ekosystémy a biologická společenství na vody vázaná. V posledních letech se v důsledku implementace Rámcové směrnice EU o vodách (ES, 2000) do českého zákona o vodách (zákon č. 254/2001 Sb.) hodnotí i stavy povrchových a podzemních vod. Dobrý stav povrchových a podzemních vod zahrnuje i kvalitativní a kvantitativní požadavky na využívání těchto vod i na potřeby biologických společenstev na vody vázaných, včetně terestrických ekosystémů.

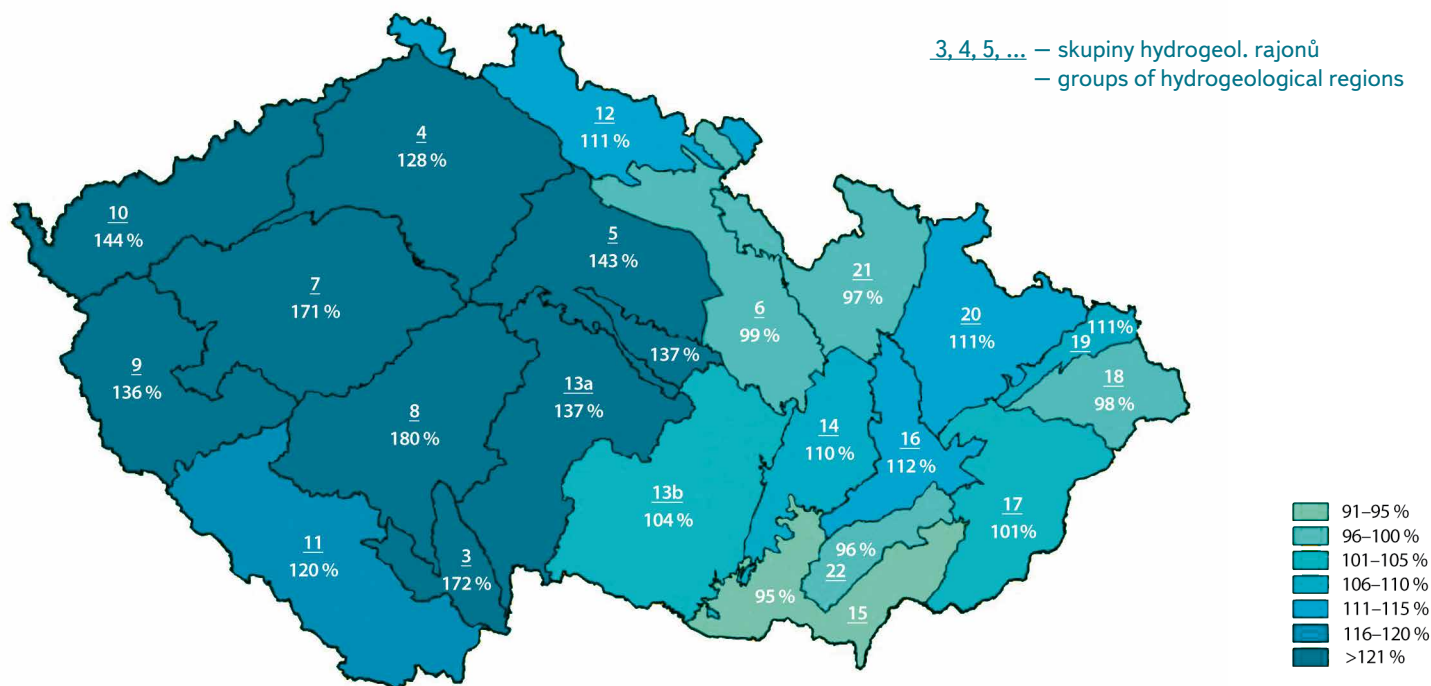
Podkladem pro studium zákonitostí oběhu podzemní vody jsou výsledky systematického pozorování, zajišťovaného Českým hydrometeorologickým ústavem. Bylo zahájeno v trase projektovaného kanálu Dunaj – Odra – Labe na přelomu 30. a 40. let 20. století. Část těchto objektů byla zařazena do státní pozorovací sítě a je sledována dosud. Celoplošná pozorovací síť vznikla postupně v letech 1957 až 1969, s výjimkou pozorovací sítě hlubších zvodní. V dalším období byla doplňována a upravována. Nejdelší doba pozorování v České republice je ve vrtu V 12, situovaném v infiltrační oblasti vodního zdroje Březová nad Svitavou v jižní části ústecké synklinály. Pozorování bylo zahájeno 6. 10. 1899, takže trvá 115 let. Zajišťují jej Brněnské vodárny a kanalizace. Současný stav pozorovací sítě podzemních vod je proto výsledkem vývoje od konce padesátých let až do počátku let devadesátých, kdy byla uskutečněna poslední významná změna, respektive doplnění pozorovaných objektů. Vlastní koncepce byla položena při úvahách již v počátku, kdy objekty byly rozděleny na:

- pozorovací síť pramenů sledující vydatnosti a teploty vody pramenů, vybraných podle jednotné metodiky na základě celoplošného průzkumu;
- pozorovací síť mělkých zvodní, která byla situována do poričních zón a přilehlých terasových stupňů, vytvořenou podle projektů z počátku šedesátých let;
- pozorovací síť hlubokých zvodní, která měla být podle původního záměru jedním z výsledků programu regionálního hydrogeologického průzkumu probíhajícího v období od šedesátých do devadesátých let.

Rozsah pozorovací sítě se mění v souvislosti s jejím postupným budováním a úpravami. V současné době se pozoruje asi 2 000 objektů podzemních vod.

Údaje o hladinách podzemních vod a vydatnostech pramenů představují velmi cenný zdroj informací pro všechny, kdo jakýmkoliv způsobem podzemní vody využívají. Jsou však důležité i při projektování staveb, zejména při ražbě tunelů a jiných rozsáhlých podzemních děl. Zpracované údaje jsou nepostradatelné při rozhodování o využívání a ochraně zdrojů vod, stejně jako pro ochranu životního a přírodního prostředí a jsou výchozím podkladem pro hydrologickou a vodo hospodářskou bilanci a zjišťování stavu podzemních vod.

Dalším zpracováním údajů lze stanovit množství podzemních vod, které je k dispozici a tvoří součást průtoku v povrchovém toku. Tento údaj se nazývá základní odtok (*obr. 1*). Stanovuje se pro desítky dílčích povodí, následně se převádí pro hydrogeologické rajony a slouží jako podklad pro využívání podzemních vod.



Obr. 1. Základní odtok v roce 2013 v % dlouhodobého průměru 1981–2010 (zdroj ČHMÚ)
Fig. 1. Base flow in year 2012, percentage of 1981–2010 long-term average (source CHMI)

Uvedený rok 2013 byl výjimečný vysokými srážkami v letním období, kdy v povodí Vltavy a dolního Labe došlo až k padesátileté povodni. Po měsíci následovala další, poněkud menší. Toto období je v dlouhodobých normálech u podzemních vod za normálního stavu v oblasti minim, které byly takto podstatně zvýšeny.

Odběry podzemní vody tvoří 23 % z celkových odběrů vod, z toho odběry pro vodovody pro veřejnou potřebu představují 82 % z celkového množství odběrů podzemní vody. Druhým největším odběratelem je průmysl, včetně dobývání nerostných surovin, který odebírá 9,2 % z celkového množství. Ostatní odběratelé podzemní vody jako zemědělství, stavebnictví či energetika odebírají méně než 4,8 % z celkového odebíraného množství. Odběry podzemní vody pro vodovody tvoří 49 % z celkového množství vody odebírané pro vodovody. Vzhledem k tomu, že 93,8 % obyvatel je zásobováno z veřejných zdrojů, bude zbývajících 6,2 % obyvatel zásobováno ze zdrojů vlastních, tj. většinou z domovních studní, takže podíl odběrů podzemní vody pro zásobování pitnou vodou bude vyšší než 49 %.

Na území ČR je přibližně 80 % využitelného množství podzemních vod soustředěno na zhruba 30 % plochy. K nejvýznamnějším územím náleží část české křídové pánve (vymezená přibližně Jizerou, dolním tokem Labe a státní hranicí), východní Čechy na pomezí s Moravou a třeboňská a budějovická pánev na jihu Čech. Všechna tato území musí být chráněna proti znečištění a nadměrným odběrům podzemních vod a dalším činnostem, které by mohly ohrozit jejich množství nebo kvalitu. Aktuální informace o stavu hladin podzemní vody lze získat na http://hydro.chmi.cz/hpps/hpps_pzv.php.

Podzemní voda proudí z oblasti infiltrace do oblasti odvodnění. Systémy podzemního odtoku z oblasti doplňování se liší velikostí a hloubkou, přičemž jeden systém může překrývat druhý. Režim podzemních vod mělkých zvodní je velmi dynamický a mezi nimi a povrchovými toky je největší výměna vody (Kněžek, 2013; Muzikář, 2014). V podloží mělkých zvodní se mohou vyskytovat další zvodně, v nichž probíhá oběh vody ve větších hloubkách a cirkulující podzemní voda se v nich zdrží podstatně déle než v mělkých

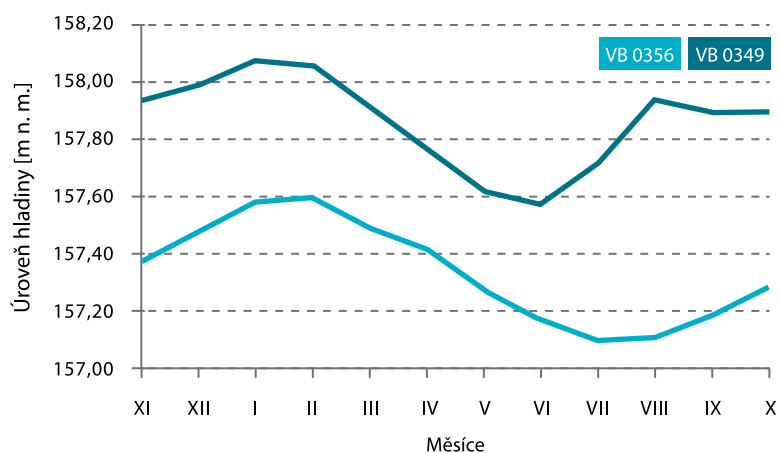
zvodních. Podzemní voda z hlubších zvodní je rovněž drénována povrchovými toky. Povrchové toky proto mohou drénovat více zvodní. Tato drenáž probíhá v různých úsecích vodního toku, které nemusí být shodné s úseky, v nichž se drénují mělké podzemní vody.

Hlavním faktorem pro velikost doplňování zásob podzemní vody jsou atmosférické srážky zmenšené o výpar. V našich podmínkách jsou dva typy doplňování zásob: s celoročním doplňováním zásob a se sezónním doplňováním zásob. Při sezónním doplňování zásob je převážnou část zimního období na území sněhová pokrývka (s celkovým počtem dní s výskytem sněhové pokrývky větším než 50 dní). Sezónní doplňování zásob je rozšířeno na větší části ČR. U obou typů režimu doplňování zásob je obecně známá výrazná sezónní periodicitu, charakteristická výskytem jarních, respektive letních maximálních hladin a podzimních, respektive zimních minimálních hladin. Sezónní trendy mají následující průběh: po výskytu maximálních hladin (většinou začátkem roku) nastává sestupný trend pohybu hladiny podzemní vody, který bývá v ojedinělých případech přerušován mírným vzestupem hladiny, způsobeným vysokým úhrnem srážek v letním období. Tento vzestup hladiny trvá jen krátce, zpravidla několik dní a po jeho odeznění pokračuje opět sestupný trend hladiny až do výskytu roční minimální hladiny, typické většinou pro konec léta. Velikost minimálních hladin velmi dobře koreluje s velikostí maximálních hladin (Muzikář a Soukalová, 1988; Soukalová a Muzikář, 2015). Po výskytu ročních minimálních hladin nastává mírný vzestup hladiny, způsobený podzimními srážkami při nízkém výparu, vyvrcholený vzestupem hladiny na jaře až do výskytu roční maximální hladiny.

Na obr. 2 je graficky znázorněn roční chod hladin podzemní vody se sezónním doplňováním mělkých podzemních vod v povodí Dyje (vrt VB0349) a v povodí Moravy (vrt VB0356).

Vedle sezónního kolísání hladin podzemní vody (sezónní periodicity) existuje víceleté kolísání hladin podzemní vody, které se vyznačuje víceletou periodicitou (angl. secular periodicity). Pro stanovení víceleté periodicity se zpracovávají časové řady ročních charakteristik hladin podzemní vody (roční průměrné, maximální nebo minimální hladiny).

Roční chod hladin PZV 1981–2010



Obr. 2. Roční chod hladin podzemních vod za období 1981–2010 ve vrtu VB0349 Charvatská Nová Ves a VB0356 Mikulčice

Fig. 2. Fluctuations of 1981–2010 average monthly groundwater levels in monitoring wells VB0349 Charvatská Nová Ves and VB0356 Mikulčice

PERIODICITA A TRENDRY HLADIN PODZEMNÍ VODY

Pro studium periodicity, trendů a prognózy hladin podzemní vody se používají časové řady. Časová řada je chronologické uspořádání výsledků pozorování provedených v pravidelných časových intervalech. Hydrologickými časovými řadami jsou řady hladin podzemní vody, vydatnosti pramenů, velikosti podzemního odtoku atd. V případě minimálních hladin podzemní vody se jedná o řady minimálních ročních hladin. Analýza časové řady umožní identifikaci mechanismu její tvorby a na jejím základě předpovídání jejího budoucího chování – vytváření předpovědi. V hydrologických časových řadách je možno vyčlenit: trend, sezonní složku, cyklickou složku víceletou, složku náhodnou a složku katastrofální.

Trend představuje dlouhodobou systematickou změnu v časové řadě (Kisiel, 1969; Muzikář a Soukalová, 1988; Soukalová a Muzikář, 2015). Projevuje se jako dlouhodobý vzestup nebo pokles hladiny podzemní vody, resp. vydatnosti. Po identifikaci trendu testy náhodnosti se přistoupí k jeho aproximaci

matematickými křivkami. Jako nejvhodnější se v hydrologii podzemních vod jeví trend lineární. V případě umělého ovlivnění režimu podzemní vody (například odběry podzemní vody) je nejvhodnější aproximace logaritmickou nebo exponenciální funkcí.

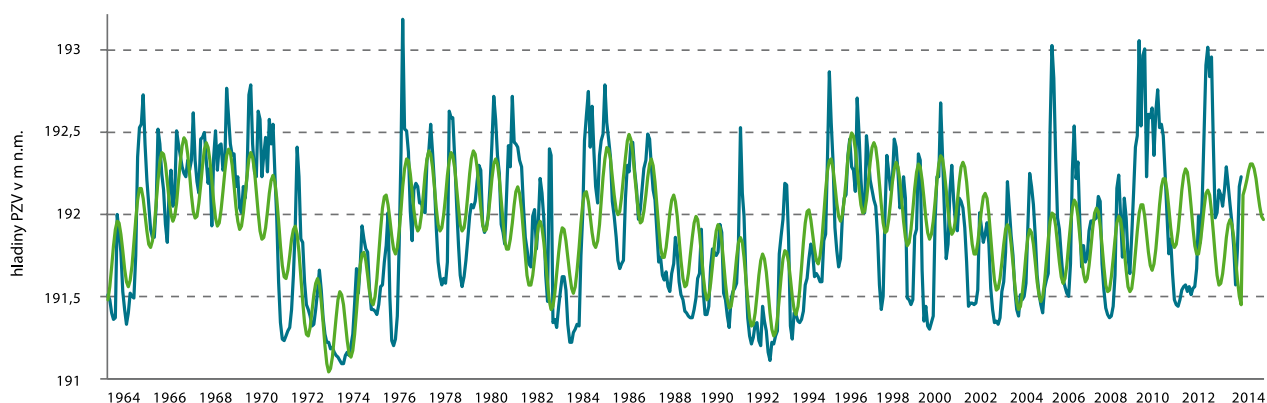
Nejvýznamnější periodou u většiny vrtů je dvanáctiměsíční perioda, která koresponduje se sezonním doplňováním podzemní vody. Druhá nejvýznamnější (platí pro povodí Moravy) je perioda pětiletá. Dvouletá a desetiletá perioda jsou třetí nejvýznamnější. U řad s šedesátiletou řadou pozorování se vyskytují rovněž statisticky významné třicetileté periody, odpovídající tzv. Brücknerově periodě (34leté), známé při popisu přírodních jevů. Na obr. 3 je vyznačen průběh modelových hodnot měsíčních hladin podzemních vod mělkých zvodni stanovených harmonickou analýzou. Délka period v časových řadách ročních minimálních hladin a ročních průměrných hladin je analogická (viz dále).

Periodicita se vyskytuje velmi často s nestejnou délkou amplitud a perioda a je někdy málo výrazná. Proto je vhodnější uvažovat spíše o tendenci k periodicitě nebo o kvaziperiodicitě. Ve víceletém chodu ročních charakteristik se vyskytují seskupení několika za sebou jdoucích let s vysokými hladinami, nebo nízkými hladinami. Mezi nimi je sestupný, nebo vzestupný trend hladiny (Castany, 1978; Cílek, 2011; Kovalevskij, 1976, 1983; Muzikář a Soukalová, 1988). Opačné extrémy se mohou vyskytnout v sousedních letech pouze v krasu nebo v horských zvodních (infiltrační oblasti) a v časových řadách s krátkou dobou monitorování (do 7–10 let). V sezonním i mnohaletém kolísání hladiny podzemní vody se neprojevuje výrazný vliv aktuálních srážek, nýbrž akumulace srážek z předcházejícího období. Doba akumulace srážek roste se vzdáleností posuzovaného místa od infiltrační oblasti a je nepřímo závislá na rychlosti proudění podzemní vody. U víceletého kolísání hladin to může dosáhnout až 5–7 let (Kovalevskij, 1976; Marine, 1963; Muzikář a Soukalová, 1988; Brázdil, 2015).

Periodicita byla pozorována i v minulosti u výskytu srážek. Popsal ji Dr. F. Augustin v roce 1894 (Cílek, 2011). Byla uvedena i tzv. Brücknerova perioda pro srážky a průtoky v povrchových vodách ve Švýcarsku v délce 33–36 let (Brückner, 1890). Podstata periodicity nebyla dosud spolehlivě vysvětlena. Většina badatelů se přiklání k vlivu heliogeofyzikálních faktorů. Kvaziperiodicitu je možno přičíst interferenci různých heliogeofyzikálních faktorů, které se přenášejí přes atmosféru na zemskou kůru a hrají úlohu „filtru“ (Kovalevskij, 1976, 1983). Pro kolísání hladin podzemní vody jsou rozhodující srážky. Významnou roli hraje inerční schopnost zvodněného kolektoru. Roční charakteristiky ovlivňuje úhrn srážek za předcházejících několik let (Kovalevskij, 1976, 1983; Marine, 1963; Muzikář a Soukalová, 1988). Příklady zjištěných period hladin podzemní vody uvádí dále Ramón (1978), Zalcberg (1976, 1980) a Zaporozec (1980).

Periodicita ročních úhrnů srážek, které jsou rozhodujícím faktorem pro tvorbu podzemních vod, koresponduje s periodami v časových řadách

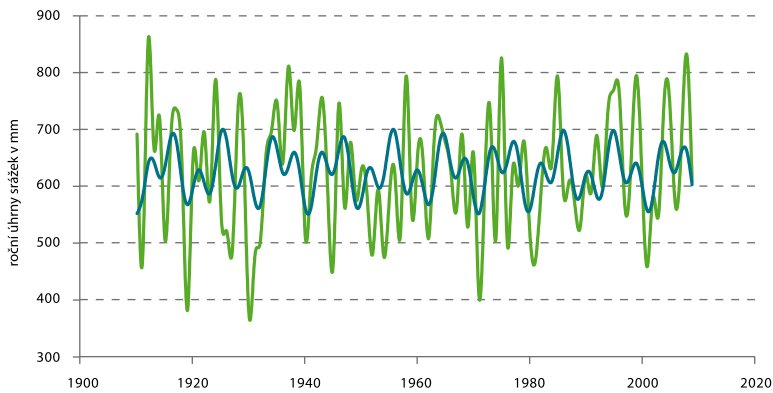
VB0129 Uřičice (okres Přerov, povodí Moravy), průměrné měsíční hladiny 1964–2014, periody 1, 2, 4, 5, 8 let



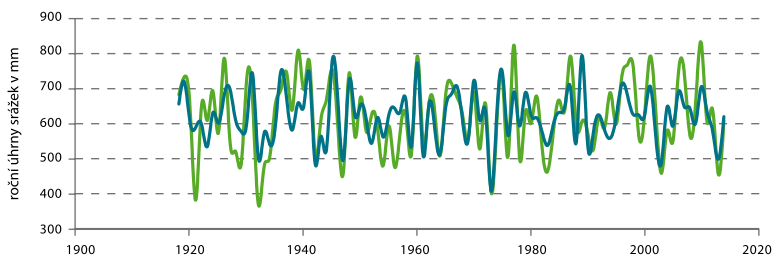
Obr. 3. Modelové a naměřené průměrné měsíční hladiny ve vrtu VB0129 Uřičice
Fig. 3. Modelled and measured average monthly groundwater levels in the monitoring well VB0129 Uřičice

hladin podzemních vod. To dokládá časová řada ročních úhrnů srážek ve stanici Napajedla za období 1915–2014. Nejvýznamnější periody jsou 2 a 10 let (viz obr. 4).

Napajedla – roční úhrny srážek, model: periody: 2, 10 let



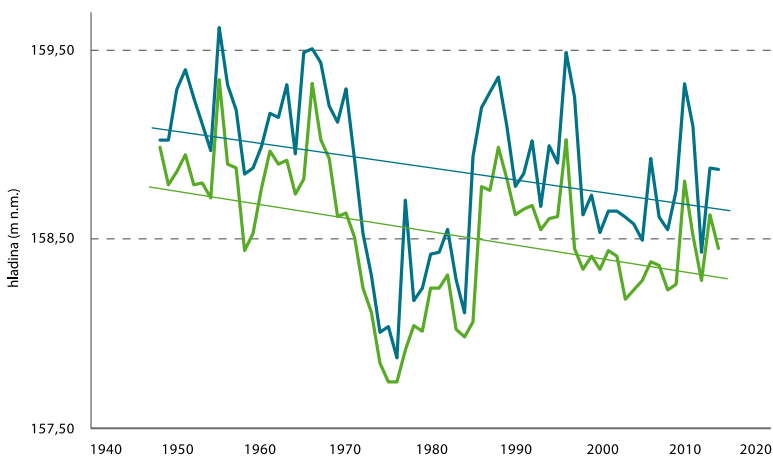
Napajedla – roční úhrny srážek 1915–2014, periody: 2, 10, 5, 4, 3 roky



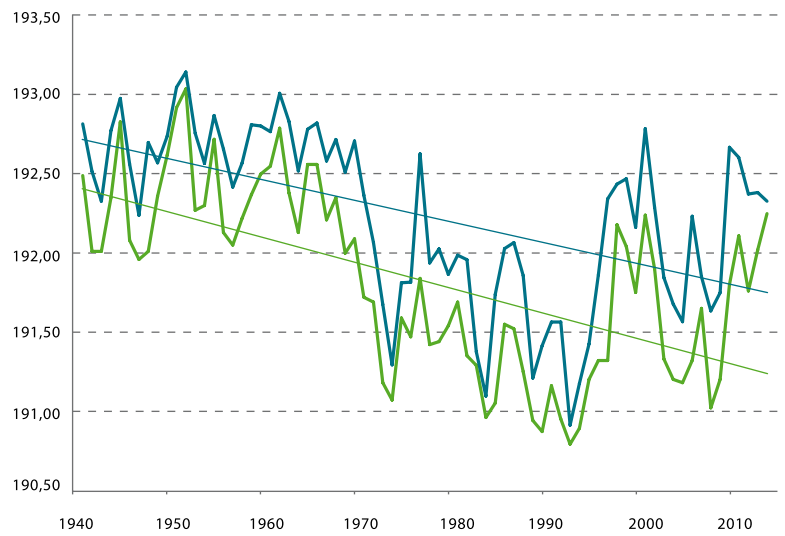
Obr. 4. Významné periody v časové řadě ročních úhrnů srážek ze srážkoměrné stanice Napajedla
Fig. 4. Significant periods in time series of annual precipitation sums from precipitation station Napajedla

Příklady významných trendů ročních průměrných a ročních minimálních hladin v povodí Moravy, Dyje a Jihlavy jsou uvedeny na obr. 5. Ve všech vrtech je patrný sestupný lineární trend.

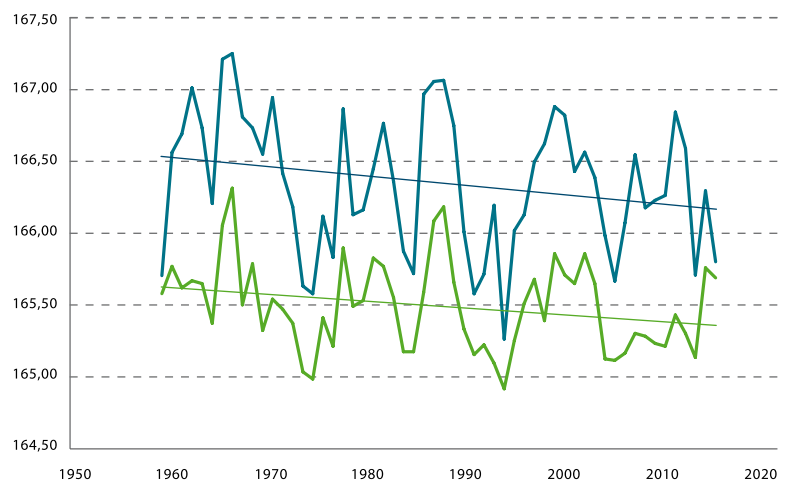
KB0690 Ladaná (povodí Dyje) 1948–2014



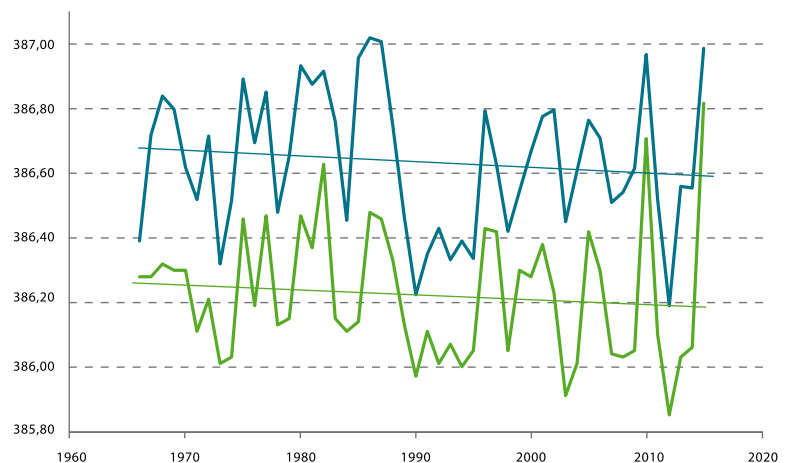
KB0189 Břest– Kyselovice (povodí Moravy) 1941–2014



KB0556 Strážnice (povodí Moravy) 1959–2014



VB0305 Vladislav (povodí Jihlavy) 1966–2014



Obr. 5. Významné trendy ročních průměrných a minimálních hladin podzemních vod
Fig. 5. Significant trends in average annual and minimum annual groundwater levels

Sestupné trendy mohou být způsobeny klimatickými změnami a prostoro-
vým rozložením srážek během roku. V ČR se zatím větší změny v celkovém
objemu srážek nepotvrdily – pomalu se ovšem začíná projevovat změna v rozlo-
žení srážek v průběhu roku – více srážek v zimě, méně na jaře. Dalším indikátorem
klimatických změn je patrně nárůst počtu a intenzity extrémních srážek (více než
150 mm/den). Přívalem srážky rychle odtečou a sníží velikost doplňování zásob
podzemní vody.

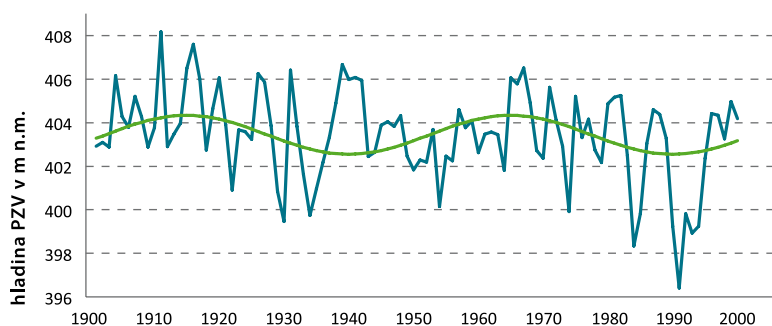
VÝSKYT MINIMÁLNÍCH HLADIN A DOPADY VÝSKYTU MINIMÁLNÍCH HLADIN

Minimální hladiny se vyskytují s přibližně desetiletou periodou. Jako málo
vodné se z hlediska podzemních vod jeví roky 1934, 1944, 1954, 1964, 1974, 1984,
1993, 2003 a 2012. V povodí Moravy byly dosaženy minimální hladiny převážně
v letech 1974, 1993 a 1984, v povodí Jihlavy většinou v letech 1995 a 1983, v povodí
Svratky v letech 1973–1974 a v povodí Dyje v letech 1974, 1983 a 2003. V roce 2012
se hladiny podzemních vod přiblížily nebo překročily absolutní minimální hla-
diny v horním povodí Jihlavy a v povodí Dyje.

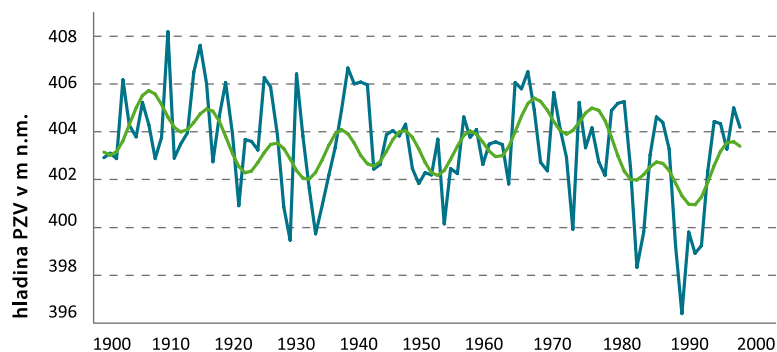
Příklad výskytu minimálních hladin je uveden ve vrtu V 12 s nejděší dobou
pozorování v České republice v infiltrační oblasti vodního zdroje Březová nad
Svitavou. Časová řada průměrných ročních hladin má mírně sestupný trend.
Příčinou je vliv srážek a dále trvalý odběr podzemní vody pro brněnský vodo-
vod. V časové řadě se vyskytuje statisticky významná 25letá perioda. Další
významné periody jsou o délce 2, 5, 10 a 16 let. Tyto periody byly také vybrány
pro modelování pohybu hladin podzemní vody harmonickou analýzou (obr. 6).

Absolutní minimální roční hladina se vyskytla ve vrtu v Baníně v roce 1993.
Nízké hladiny podzemní vody byla i v letech 1990–1992, kdy bylo území České
republiky postižené suchem, jehož bezprostřední příčinou byl značný deficit
srážek. Nedostatek srážek nastal na celém území, nejvíce se projevil ve střed-
ních, východních a jižních Čechách a na jižní Moravě.

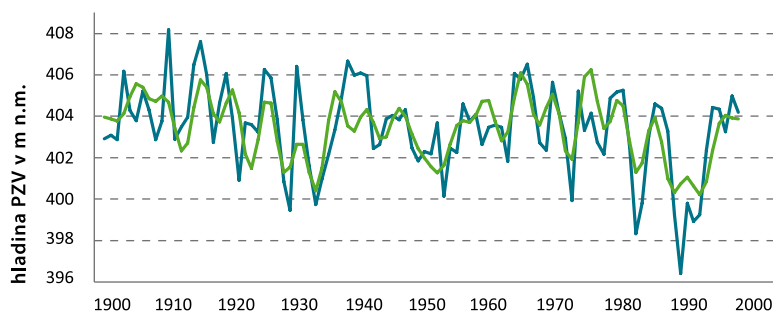
Banín – 25letá perioda



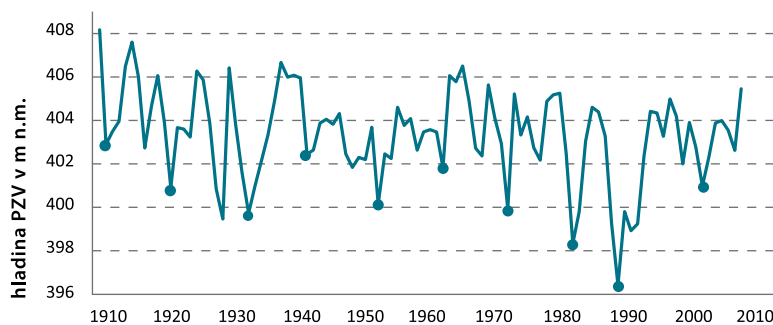
Banín – periody 5, 16, 25 let



Banín – periody 2, 5, 10, 16, 25 let



Banín – výskyt minimálních hladin



Obr. 6. Periody v časové řadě hladin podzemní vody ve vrtu v Baníně a výskyt minimálních ročních hladin

Fig. 6. Periods in the time series of average annual groundwater levels in the Banín monitoring well and occurrence of minimum annual groundwater levels

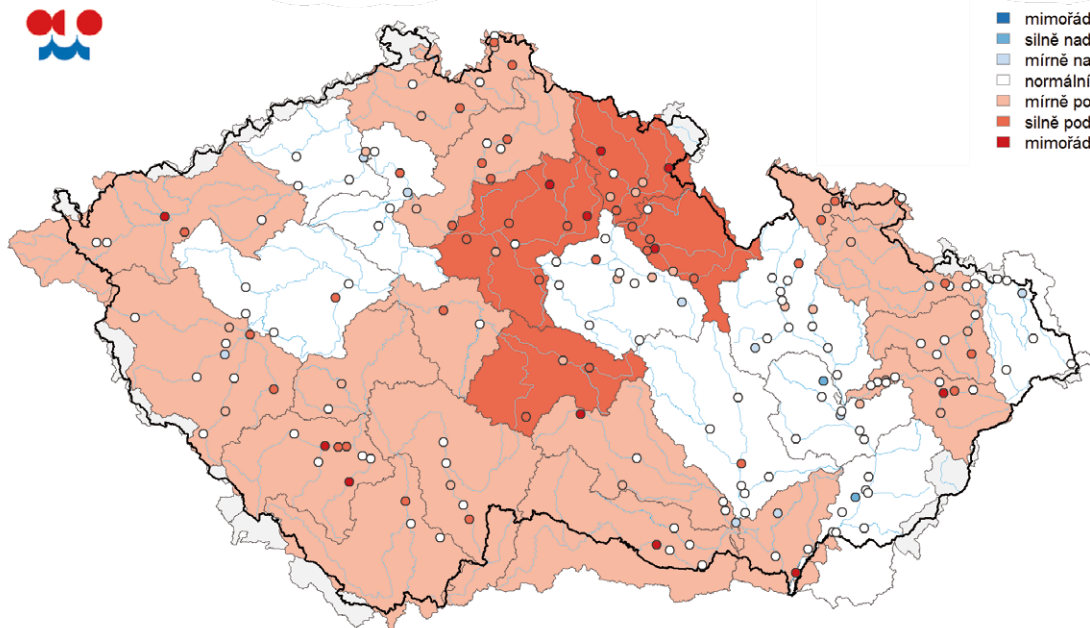
Při sledování dopadu klimatické změny na území našeho státu se ukázalo, že
s velkou pravděpodobností nedochází k poklesu ročního souhrnu srážek, mění
se však jejich rozložení, mírně se zvýšil zimní úhrn a v letním období se změnil
jejich charakter, převažují intenzivnější srážky.

Podstatný vliv však má nárůst teploty, která mírně stoupá již od roku 1980.
K roku 2010 byl její vzestup řádově o jeden stupeň celsia. Tato velikost se zdá
malá, zvýšila však velikost územního výparu přibližně o 20%. To se na někte-
rých povodích (Blšanka, Metuje v polické pánvi) projevilo ztelným zmenše-
ním základního odtoku přibližně o jednu třetinu.

V důsledku výskytu nízkých hladin podzemní vody vzniká významné ovliv-
nění složek životního prostředí. Malé průtoky v povrchových tocích jsou tvo-
řeny podzemní složkou odtoku, takže při nízkých hladinách podzemní vody
ve zvodních, které jsou v hydraulické spojitosti s podzemními vodami, mohou
poklesnout průtoky pod hodnotu minimálního zůstatkového průtoku, jenž
umožňuje obecné nakládání s povrchovými vodami a ekologické funkce vod-
ního toku. Ekosystém je vzájemný vztah živých organismů a jejich prostředí, tj.
geologického prostředí. Geologické prostředí zahrnuje horniny a půdu, pod-
zemní vodu, půdní vzduch a mikroorganismy. Všechny jsou ve vzájemné sou-
vislosti. Organismy se přizpůsobují určitým podmínkám. Po změně podmínek
se buď novým podmínkám přizpůsobí, nebo zahynou. V různých klimatických
podmínkách jsou rostliny geobotanickými indikátory určitých podmínek. Mezi
podmínky, které ovlivňují růst rostlin, patří kvalita půdy, půdní vlhkost a její veli-
kost. Půdní vlhkost závisí kromě režimu srážek i na hloubce hladiny podzemní
vody. Citelným zásahem do ekosystémů je snížení nebo zvýšení hladiny pod-
zemní vody a s ním často i změna půdní vlhkosti zemin nesaturované zóny.
Snížením půdní vlhkosti hynou mokřadní rostliny a vzniká většinou zjedno-
dušený ekologický systém. Vysoké výnosy zemědělských plodin jsou pod-
míněny dostatečným provzdušňováním půdy a optimální vlhkostí půdy. Pro

8. 6. – 14. 6. 2015

- mimořádně nadnormální
- silně nadnormální
- mírně nadnormální
- normální
- mírně podnormální
- silně podnormální
- mimořádně podnormální



Obr. 7. Stav hladiny podzemní vody v mělkých vrtech – týdenní zpráva ČHMÚ
Fig. 7. Groundwater levels in shallow monitoring wells – CHMI weekly report

vyjádření optimální vlhkosti byla zavedena optimální úroveň hladiny podzemní vody v závislosti na typech půdy a typech plodin. Podle výzkumů Petrasovice je například v lehkých půdách optimální úroveň hladiny podzemní vody pro mělce kořenicí vegetaci v hloubce 0,4 m pod terénem. Při hloubce hladiny 0,2 m pod terénem poklesne výnos na 50 % výnosu při optimální hladině a při hloubce hladiny 0,9 m na 60 % (Holý, 1984).

Výskyt minimálních hladin podzemní vody vyvolává suchu v podzemních vodách. Podle Castany (1978) je sucho v podzemní vodě důsledkem deficitu efektivních srážek a vyčerpávání zásob podzemní vody a podle technické zprávy EU (EC, 2008) se sucho projevuje jako významný pokles průměrného dostupného množství vody při výrazném poklesu průměrných hladin podzemní vody. Přes význam podzemních vod bylo doposud řešení dopadů sucha v podzemních vodách věnováno málo pozornosti.

Výskyt minimálních hladin podzemní vody výrazně ovlivňují kromě přírodních faktorů i antropogenní zásahy. Trvalé snížení hladiny podzemní vody nastává účinkem odběrů podzemní vody, odvodňováním ložisek, provozem hydraulických bariér při sanaci kontaminované podzemní vody, trvalým snižováním hladin pod základy staveb v městských aglomeracích a u dopravních staveb, u nichž je niveleta vedena v zářezu pod hladinou podzemní vody a při nichž odebírané množství podzemní vody není vyvážené doplňováním zásob podzemní vody a normami environmentální kvality (tj. dobrý stav podzemních vod). Snižování hladiny podzemní vody vyvolávají i úpravy toků (napřimování meandrů). Podzemní stavby a podzemní sítě (vodovodní a kanalizační potrubí, produktovody) situované pod hladinou podzemní vody mají rovněž drenážní účinek. Zemědělská výroba se rovněž podílí za určitých podmínek na snižování hladiny podzemní vody, například nevhodnými osevními postupy, technologickou nekázní při nasazení těžké techniky na rozbahněných pozemcích a podobně. S výstavbou nových objektů narůstají nepropustné plochy, které snižují velikost infiltrace srážkových vod.

Stav sucha v podzemních vodách je hodnocen podle pravděpodobnosti překročení hladiny ve vrtu v příslušném kalendářním měsíci. Stav sucha je charakterizován třemi kategoriemi závažnosti odvozenými za referenční období 1981–2010. Jako mírné sucho jsou označeny stavy mírně podnormální

s pravděpodobností překročení 75–85 %, jako silné sucho stavy silně podnormální s pravděpodobností překročení 85–95 % a jako mimořádné sucho jsou označeny mimořádně podnormální stavy, které odpovídají nejnižším 5 % pozorování. Analogicky znamená pravděpodobnost překročení 15–25 % mírně nadnormální stav hladiny, pravděpodobnost překročení 5–15 % silně nadnormální stav hladiny a jako mimořádně nadnormální jsou označeny stavy, které odpovídají nejvyšším 5 % pozorování. Hodnocení je prováděno jak pro jednotlivé objekty, tak souhrnně pro definované oblasti povodí.

Popis aktuální situace stavu sucha v rámci hydrometeorologické situace je pravidelně publikován v Týdenní zprávě o hydrometeorologické situaci a suchu na území ČR (obr. 7) <http://portal.chmi.cz>.

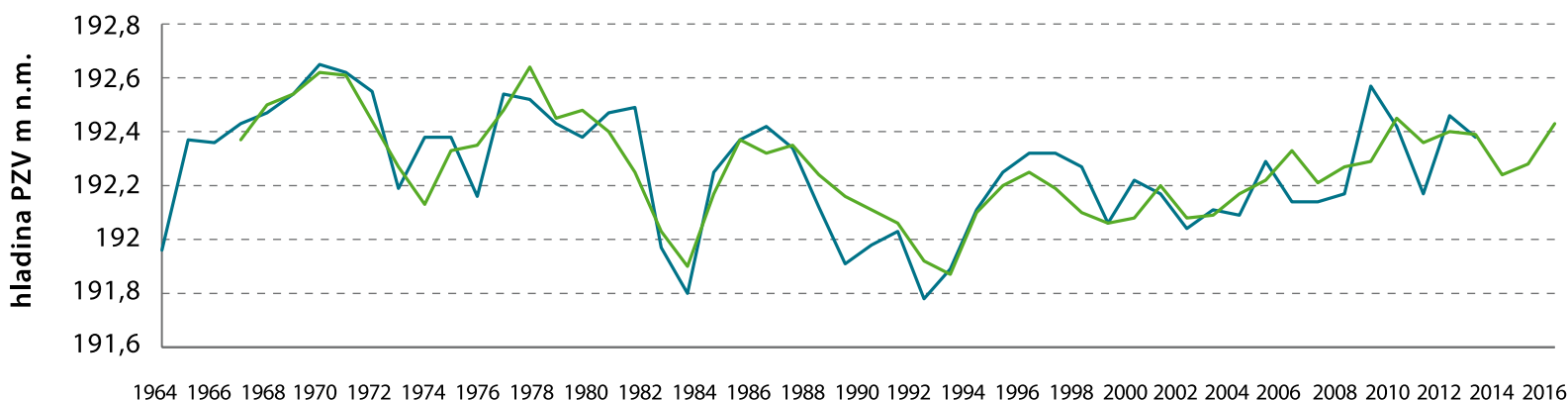
PŘEDPOVĚDI HLADIN PODZEMNÍ VODY

Předpovědi hladin podzemní vody vycházejí nejčastěji z časových řad průměrných měsíčních hladin podzemních vod, z nichž je možno provádět středně dlouhé (sezonní) předpovědi. Prognózy ročních minimálních hladin se mohou stanovit korelační analýzou na základě regresní rovnice měsíčních průměrných hladin (například průměrná měsíční hladina v březnu jako nezávisle proměnná a průměrná měsíční hladina v září jako závisle proměnná). Pro dlouhodobé předpovědi nejlépe slouží časové řady ročních průměrných hladin s aplikací harmonické analýzy a autoregresního modelu.

Na obr. 8 jsou vyznačeny modelové hodnoty průměrných ročních hladin podzemních vod spočítané harmonickou analýzou s prognózou hladin.

Každá předpověď je zatížena chybou předpovědi, tj. rozdílem mezi skutečnou a předpovídanou hodnotou. Stanovuje se přípustná chyba předpovědi $\delta_p = 0,674 s$, kde s je směrodatná odchylka naměřených hodnot. Předpověď se považuje za přijatelnou, jestliže 80 % předpovídaných hodnot má chybu předpovědi nižší než je přípustná chyba předpovědi δ_p . Dále se může provést klasifikace předpovědního modelu. To je podíl směrodatných odchylek předpovídaných hodnot sp a směrodatných odchylek pozorovaných hodnot s . Předpověď může být dobrá ($sp / s = 0,4$), uspokojivá (0,6), slabá (0,8) a neuspokojivá.

VB0129 Uhřičice (okres Přerov, povodí Moravy), roční průměrné hladiny, periody 2, 4, 5, 8 let



Obr. 8. Modelové a naměřené roční průměrné hladiny ve vrtu VB0129 Uhřičice

Fig. 8. Modelled and measured average annual groundwater levels in the monitoring well VB0129 Uhřičice

V povodí Moravy byla provedena prognóza minimálních hladin mělkých zvodní v roce 2013 korelační analýzou ve 33 monitorovacích vrtech hlásné sítě základní mělké sítě podzemních vod. Nezávisle proměnnou byly průměrné měsíční hladiny v březnu a závisle proměnnou byly průměrné měsíční hladiny v září. V posuzovaném období poklesly průměrné měsíční hladiny o 0,05–0,95 m (průměr 0,34 m). Celkem 85 % předpovídaných hodnot mělo chybu předpovědi nižší, než byla přípustná chyba předpovědi δ_p , tzn., že předpověď byla přijatelná.

Uvedené prognózy hladin podzemní vody se vztahují k monitorovanému vrtu. Pro praktickou aplikaci prognóz je nutná plošná extrapolace, pro niž je nutno zvolit indikační vrt. Indikační vrt musí být situován v blízkosti míst, pro něž se má prognóza extrapolovat a nesmí být ovlivněn odběry podzemní vody. Musí mít analogické podmínky jako monitorovací vrt, v němž byla provedena prognóza. Jedná se o hydrogeologické podmínky pro tvorbu zásob podzemní vody, odtok podzemní vody, litologii a mocnost nenasycené a nasycené zóny, jejich propustnost, geomorfologické podmínky a zejména sezonní synchronii kolísání hladin atd. (Muzikář a Soukalová, 1988; Rétháti, 1983; Zalcborg, 1980). V indikačním vrtu se musí měřit hladiny podzemní vody alespoň po dobu dvou let souběžně s monitorovacím vrtem, pro něž byla provedena prognóza a v němž probíhá dlouhodobý monitoring. Pro měsíční průměrné hladiny v obou vrtech se stanoví korelační závislost. Z regresní rovnice se dopočítá prognózní hladina v indikačním vrtu. Z korelačních závislostí vrtů s dlouhodobým monitoringem a s dvouletým monitoringem v povodí Dyje vyplynulo, že v krátkodobě monitorovaných vrtech je možno spolehlivě stanovit 90 % a přesněji 80 % hladiny (Muzikář a Soukalová, 1988).

Prognózní metodiky uvádí dále Heinrichsdorf (1969), Rétháti (1983) či Zalcborg (1976, 1980).

OPATŘENÍ PRO ŘEŠENÍ PROBLEMATIKY SUCHA

Pro řešení problematiky sucha doporučilo Ministerstvo životního prostředí kromě dlouhodobějších opatření i opatření operativní, obdobně jako u povodní: zavedení tří stupňů aktivit – bdělost, pohotovost a nebezpečí. Zpracovává se návrh indikátorů pro sucha a typové plány pro „dlouhodobé sucho“. Pro přípravu opatření při stavech bdělosti, pohotovosti a nebezpečí bude nutno zpracovávat prognózy minimálních hladin podzemní vody a zaměřit se i na plošnou extrapolaci prognóz. Z pohledu dlouhodobých poklesů hladin podzemních vod a jejich dopadu na využívané zdroje podzemních vod zastihuje v současnosti stav „pohotovost“ pravděpodobně 10 % obyvatel. Výskyt sucha a následné

ohrožení zásobování pitnou vodou vyvolávají mimořádné situace, které musí řešit vodoprávní úřady. Jako opatření při mimořádných situacích mohou například vodoprávní úřady omezit nebo zakázat na nezbytně nutnou dobu nakládání s vodami podle platného povolení k odběru vody z vodního zdroje.

Velmi dobrým příkladem jsou stupně mimořádných stavů sucha v podzemních vodách, zpracované pro jímací území Litá (Finfrlová, 2009). Stupně mimořádných stavů sucha zpracovali hydrogeologové, pracovníci ČHMÚ a Vodovodů a kanalizací. Indikační hladinou je hladina v neovlivněném vrtu státní monitorovací sítě. Pro mimořádné stavy sucha v podzemních vodách byla navržena tato opatření:

- Normální stav: 60% překročení hladiny;
- Bdělost: 80% překročení hladiny
zmenšení intervalu měření hladin podzemní vody a hodnocení měsíčních předpovědí počasí;
- Pohotovost: 90% překročení hladiny
částečné omezení spotřebitelů (výzvy k šetření),
aktivace komise pro řešení nedostatku vody a příprava nouzového stavu;
- Nouze: informování krizových složek, omezení spotřebitelů,
neplatí omezení čerpání uvedená v rozhodnutí o nakládání s vodami z hlediska ochrany přírody.

Pro návrh mimořádných stavů sucha v podzemních vodách by bylo vhodné stanovit pro indikační vrt dříve uvedené prognózy minimálních hladin. Řešení dodávky vody a ekologických rizik při výskytu sucha vede ke střetu zájmů, při kterých se přednostně řeší zájmy ochrany přírody. Naše legislativa by měla vést k řešení problematiky rozumnými kompromisy, při nichž bude dosažena rovnováha mezi ekologickými, sociálními i ekonomickými hledisky.

V důsledku vzájemného ovlivňování podzemních a povrchových vod a pro dosažení jejich dobrého stavu při jejich využívání je nutný integrovaný přístup, tzv. integrovaný management vodních zdrojů (water resources management) – UNESCO 2012.

Opatření pro zmírnění dopadů sucha v podzemní vodě zahrnují rovněž zlepšení retenčních schopností krajiny spojené s revitalizací krajiny a efektivnější hospodaření se srážkovými vodami.

ZÁVĚR

Výskyt sucha v podzemních vodách, které jsou významnou složkou oběhu vody v přírodě a jsou v interakci s povrchovými vodami a dalšími složkami životního prostředí, může vést ke krizovým situacím jak ve složkách životního prostředí, tak i v zásobování obyvatelstva pitnou vodou a v zemědělské výrobě. Z tohoto důvodu je nezbytné zpracovat dlouhodobá opatření pro řešení problematiky sucha, včetně prognóz minimálních hladin a zlepšování retenčních schopností krajiny a efektivnějšího hospodaření se srážkovými vodami.

Literatura

- Brückner, E. (1890) Klimatische Schwankungen seit 1700. *Geographische Abhandlungen*, Vol. 14, 325 s.
- Castany, G. (1978) Effets de la sécheresse sur les eaux souterraines. Vulnérabilité a la sécheresse des nappes. *Bulletin du B.R.G.M.* (deuxième série). Section III, no 3, p. 225–227.
- Cílek, V. (2011) Po mokřých letech přicházejí sucha. *Vodní hospodářství*, roč. 61, č. 8, s. 316.
- EC. (2008) Drought Management Plan Report Including Agricultural Drought Indicators and Climate Change Aspects. Water Scarcity and Drought Expert Network, European Commission Technical Report-2008-028. Dostupné z: http://ec.europa.eu/environment/water/quantity/pdf/dmp_report.pdf.
- Heinrichsdorf, F. (1969) Die Mittelfristige Vorhersage des Grundwasserstandes mit Hilfe Regressionsanalyse. *Deutsche Gewässerkundliche Mitteilungen*, Jg. 13, H.G., s. 142–152.
- Holý, M., Dvořák, P., Hálek, V. a Šoltész, J. (1984) Odvodňovací stavby. Praha: SNTL, 472 s.
- Kisiel, Ch.C. (1969) Time series analysis of hydrologic data. New York, London: Academic Press (ruský překlad, Leningrad: Gidrometeoizdat, 1972, 140 s.)
- Kněžek, M. (2013) Jednota hydrologie. In: *Krátké úvahy o vodě*. Praha: ČHMÚ, s. 32–39.
- Kovalevskij, V.S. (1976) Mnogoletnie kolebania urovnej podzemnych vod i podzemnogo stoka. Moskva: Nauka, 276 s.
- Kovalevskij, V.S. (1983) Mnogoletnjaja izmėnčivost' resursov podzemnych vod. Moskva: Nauka, 206 s.
- Marine, W. (1963) Correlation of Water-Level Fluctuations with Climatic Cycles in the Oklahoma Panhandle. Contributions to the Hydrology of the United States, Geological Survey Water-Supply Paper 1669 - K, 10 p.
- Muzikář, R. a Soukalová, E. (1988) Prognózy režimu podzemních vod pomocí stochastických modelů. Praha, Sborník prací ČHMÚ, sv. 36, 112 s.
- Muzikář, R. (2014) Interakce podzemní a povrchové vody. *Vodní hospodářství*, roč. 64, č. 8, s. 18–21.
- Ramón, S. (1978) La prévision des niveaux piézométriques. Trois remarques sur une longue série d'observations. *Bull. du B.R.G.M.* (deuxième série) Sec. III, no. 3, p. 239–245.
- Rétháti, L. (1983) Groundwater in Civil Engineering. Budapešť: Akadémiai Kiadó, p. 430.
- Soukalová, E. a Muzikář, R. (2013) Hydrologické sucho a příprava opatření pro zásobování obyvatelstva podzemní vodou v období sucha. In: *Sborník ze semináře ČVTVHS: Podzemní voda ve vodoprávním řízení X*. 9. října 2013. Praha: ČVTVHS. s. 31–38. ISBN 978-80-02-02487-3.
- Soukalová, E. a Muzikář, R. (2013) Periodicita a předpovědi výskytu sucha v podzemních vodách. In: *Sborník ze semináře ČVTVHS: Podzemní voda ve vodoprávním řízení X*. 9. října 2013. Praha: ČVTVHS. s. 31–38. ISBN 978-80-02-02487-3.
- Soukalová, E. a Muzikář, R. (2015) In: Brázdil, R. a Trnka M. (2015) *Sucho v českých zemích: minulost, současnost, budoucnost*. Centrum výzkumu globální změny akademie věd ČR, v. v. i. Brno, 2015 (v tisku).
- Yevjevich, V. et al. (1977) Drought research needs. In: *Proceedings of Conference on Drought Research Needs*, December 12–15, 1977, Colorado State University, Fort Collins, Colorado, 276 p.
- Zalcbberg, E.A. (1976) Statističeskíe metody prognoza estesvennogo režima gruntovych vod. Leningrad: Nėdra, 101 s.
- Zalcbberg, E.A. (1980) Režim i balans gruntovych vod zony izbytnogo uvlažnjaja. Leningrad: Nėdra, 207 s.
- Zaporozec, A. (1980) Drought and groundwater levels in northern Wisconsin. *Geoscience Wisconsin*, Vol. 5, June, University of Wisconsin: Madison, 92 p.

Související právní předpisy:

ES. (2000) Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2000/ES ze dne 23. října 2000 ustanovující rámec pro činnost Společenství v oblasti vodní politiky (Rámcová směrnice o vodě).

Zákon č. 254/2001 Sb.: Zákon o vodách a o změnách některých zákonů (vodní zákon). Úplné znění zákona uveřejněného ve Sbírce zákonů pod č. 273/2010, v části 101.

Autoři

Ing. Eva Soukalová, CSc.¹

✉ eva.soukalova@chmi.cz

Ing. Radomír Muzikář, CSc.

✉ radomir.muzikar@karneval.cz

¹ Český hydrometeorologický ústav, Brno

Příspěvek prošel lektorským řízením.

HYDROLOGICAL GROUNDWATER DROUGHT

SOUKALOVA, Eva¹; MUZIKAR, Radomir

¹ Czech Hydrometeorological Institute

Key words: hydrological drought — periodicity — minimal groundwater level — monitoring well

The paper deals with the regularities of groundwater circulation with respect to extremely low groundwater level occurrence, seasonal and multiannual periodicity and trends of groundwater levels, occurrence of minimal levels and their impact on the environmental components, methods of groundwater levels forecasts. The forecasts of the minimal groundwater levels can be used as the basis for the decision of water right institutes on solution of drought problem. In the closing, measures for severe water shortages are given.

Autoři VTEI

Ing. Adam Beran

VÚV TGM, v. v. i., Praha

✉ adam_beran@vuv.cz
www.vuv.cz



Zaměstnancem oddělení hydrologie ve VÚV TGM, v. v. i., od roku 2010. V roce 2011 ukončil magisterský obor Environmentální modelování na Fakultě životního prostředí České zemědělské univerzity v Praze. V současné době je studentem doktorského studijního programu se zaměřením na hydrologické modelování. Podílí se na řešení projektů, např. Zajištění dostupnosti vodních zdrojů ve vybraných oblastech Karlovarského kraje, Strategie ochrany před negativními dopady povodní a erozními jevy přírodě blízkými opatřeními v ČR, Rebilance zásob podzemních vod, Výzkum adaptačních opatření pro eliminaci dopadů klimatické změny v regionech ČR.

Ing. Roman Kožín

VÚV TGM, v. v. i., Praha

✉ roman_kozin@vuv.cz
www.vuv.cz



Zaměstnancem oddělení hydrologie ve VÚV TGM, v. v. i., od roku 2010. V roce 2009 ukončil magisterský obor Environmentální modelování na Fakultě životního prostředí České zemědělské univerzity v Praze. V současné době je studentem doktorského studijního programu se zaměřením na hydrologické modelování. Podílel se na řešení projektů Návrh adaptačních opatření pro snižování dopadů klimatické změny na hydrologickou bilanci v ČR a Rebilance zásob podzemních vod. V současnosti spolupracuje na projektu Možnosti kompenzace dopadů klimatické změny na zásobování vodou a ekosystémy využitím lokalit vhodných pro akumulaci povrchových vod.

RNDr. Tomáš Hrdinka, Ph.D.

VÚV TGM, v. v. i., Praha

✉ tomas_hrdinka@vuv.cz
www.vuv.cz



Získal titul doktor přírodních věd na Přírodovědecké fakultě Univerzity Karlovy v oboru fyzická geografie a geoekologie, kde pak v témže oboru dosáhl titulu Ph.D. V rámci doktorského studia pracoval tři roky jako asistent na katedře fyzické geografie a geoekologie. Od roku 2010 pracuje ve Výzkumném ústavu vodohospodářském T. G. Masaryka, v. v. i., jako hydrolog. Účastnil se mnoha projektů v ČR i zahraničí, jako například Rebilance zásob podzemních vod v České republice za podpory MŽP, Návrh koncepce řešení krizové situace vyvolané výskytem sucha a nedostatkem vody na území České republiky v rámci Bezpečnostního výzkumu MV ČR či Kyrgyzstán – analýza rizik a omezení důsledků protržení hrází vysokohorských jezer v rámci zahraniční rozvojové spolupráce MŽP ČR.

Ing. Eva Soukalová, CSc.

Český hydrometeorologický ústav, Brno

✉ eva.soukalova@chmi.cz
www.chmi.cz



Hydroložka, vedoucí oddělení hydrologie pobočky ČHMÚ v Brně. Zabývá se problematikou podzemních vod, včetně statických metod predikce jejich režimu. Českou republiku dlouhodobě zastupuje v mezinárodních aktivitách v povodí Dunaje, za spolupráci s Rakouskem obdržela zlatou medaili za zásluhy o stát Dolní Rakousko.

Ing. Adam Vizina, Ph.D.

VÚV TGM, v. v. i., Praha

✉ adam_vizina@vuv.cz
www.vuv.cz



Zaměstnancem oddělení hydrologie ve VÚV TGM, v. v. i., od roku 2007. V roce 2014 ukončil doktorský studijní program Environmentální modelování na Fakultě životního prostředí České zemědělské univerzity v Praze. Zabývá se hodnocením hydrologické bilance pro současné a výhledové podmínky, hodnocením hydrologických extrémů a hydrologickým modelováním. Je hlavním řešitelem několika výzkumných i soukromých projektů.

Ing. Radek Vlnas

VÚV TGM, v. v. i., Praha

✉ radek_vlnas@vuv.cz
www.vuv.cz



Zaměstnancem oddělení hydrologie ve VÚV TGM, v. v. i., od roku 2008. V roce 1996 ukončil obor Vodní hospodářství na Fakultě stavební Českého vysokého učení technického v Praze. Od té doby působí v oddělení podzemních vod Českého hydrometeorologického ústavu v Praze. Zabývá se modelováním odtoku, problematikou hydrologické bilance a sucha.



Prohlídka velké haly VÚV TGM s hydraulickým modelem

Rozhovor s ministrem životního prostředí Mgr. Richardem Brabcem na téma sucho

Sucho bylo a jistě i bude. Proč se v ČR začíná řešit právě teď? Vždyť již od poloviny 80. let byly v ČR pozorovány jevy, které mohou být považovány za důsledek probíhající klimatické změny.

Výskyt sucha není pro území ČR žádnou novinkou. Český hydrometeorologický ústav jakožto resortní organizace MŽP se problematice sucha stejně jako povodním věnuje dlouhodobě a komplexně.

Novinkou je to, že v dnešní době vnímáme jako riziko fakt, že se sucho může objevit poměrně neočekávaně. Dříve souviselo především s přirozenými meteorologickými událostmi, ovšem dnes vstupují do hry i zásahy člověka v krajině, které dlouhodobě ovlivňují například retenční schopnost krajiny, kromě toho nelze vyloučit ani vliv změn časového a prostorového rozložení srážek v důsledku změny klimatu.

Resort MŽP proto připravil ve spolupráci s ostatními resorty návrh Strategie přizpůsobení se změně klimatu v podmínkách ČR. Ta analyzuje dopady změny klimatu na jednotlivé oblasti lidské působnosti, mj. navrhuje adaptační opatření pro zvládnutí sucha, tedy zejména opatření zlepšující vodní režim krajiny.

Kromě toho jsme ve VÚV vloni spolu s Ministerstvem zemědělství založili mezesortní pracovní skupinu s názvem VODA-SUCHO. Ta reaguje na probíhající klimatické změny a připravuje koncepci s navrženými opatřeními, která bude potřeba realizovat, pokud období sucha nastane.

Jaký problém pro ČR z hlediska vodohospodářské struktury by znamenalo sucho? Jaké struktury by mohly být ohroženy?

Zcela zásadní vliv by sucho mělo na životní prostředí jako celek, samozřejmě i na zemědělství a průmysl.

Z hlediska životního prostředí sucho ohrožuje veškeré ekosystémy, které jsou přímo i nepřímo závislé na vodě, také kvalitu i kvantitu povrchových a podzemních vod. Případný nedostatek zásob vody by se odrazil v zásobování obyvatelstva a kromě dalších problémů znamená sucho i zvýšené riziko vzniku požárů.

Jaký význam mají z hlediska potencionálního sucha vodní nádrže při řešení negativních dopadů?

Vodní nádrže především umožňují akumulovat větší množství vody v době, kdy ještě není sucho, aby se pak zásoby mohly využít. Vodní nádrže pomáhají regulovat během sucha průtoky ve vodních tocích pod nádržemi, například pro lepší ochranu vodních ekosystémů. Zásoby vody lze také využít pro závlahu na ochranu úrody.

Musím ale zdůraznit, že vodní nádrže zadržují vodu pouze ve vodním díle, přínos pro retenci vody mají spíše lokální. Pro udržení příznivého vodního režimu je nutné uplatňovat opatření v krajině, která podpoří přirozenou

retenční schopnost krajiny a přispějí ke zvýšení její odolnosti vůči klimatické změně. Tedy například šetrně hospodařit na zemědělské půdě, pečovat o mokřady a nivy, pěstovat rozmanité lesní porosty a navracet vodní toky pokud možno do jejich původních koryt.

Jaký mají malé vodní nádrže potenciál ve srovnání s velkými nádržemi? Je to lepší cesta z pohledu Ministerstva životního prostředí?

V případě malých vodních nádrží bývají střety s dalšími veřejnými zájmy, jakými jsou ochrana přírody a krajiny i negativní dopady na životní prostředí a jeho složky, většinou malé a snadněji řešitelné, na rozdíl od přehradních nádrží. Vhodně navržené a provozované malé vodní nádrže zadržují vodu v ploše povodí rovnoměrněji.

Na druhou stranu každá budovaná vodní nádrž mění ekosystém tekoucí vody na ekosystém vody stojaté. A znamená zásah do přirozené morfologie a ekologie toku, který se stává pro některé vodní druhy neschůdnou překážkou v běžném životě, mění pohyb sedimentů na jeho dně, mění okysličení vody a její teplotu.

Při řešení problémů s nedostatkem vody by měla v první řadě dostat slovo tzv. „měkká“ opatření v krajině, to znamená remízy, mokřady, protierozní opatření, revitalizace vodních toků a niv, případně stavba malých vodních nádrží.

Se suchem je spojeno vyšší riziko požárů. Jakým způsobem chce toto riziko ministerstvo řešit?

Ve zmíněné meziresortní komisi VODA-SUCHO působí i Ministerstvo vnitra a složky integrovaného záchranného systému. Problematika rizika požárů se řeší v našich koncepčních materiálech k problematice sucha, které právě připravujeme.

Letos na jaře byla zřízena meziresortní komise VODA-SUCHO pro řešení problematiky sucha napříč různými sektory. Co od této skupiny očekáváte?

Meziresortní komise VODA-SUCHO sleduje cíl zamezit negativním dopadům sucha na území ČR. Prvním jejím výstupem je návrh preventivních opatření, dále nastavení legislativy tak, aby bylo možné za vzniku sucha s takovou situací efektivně nakládat. Mimo to navrhuje ekonomická, environmentální a technická opatření, která přispějí k předcházení vzniku sucha na území ČR. Tento materiál bude předložen ke schválení vládě ČR v průběhu následujících týdnů.

Přestože podzemní vody jsou kvalitnější zdroj než vody povrchové, je jejich čerpání dlouhodobě levnější. Jaký na to máte názor?

Nesouhlasím s dnešní situací, která ekonomicky upřednostňuje využívání zdrojů podzemních vod před povrchovými. Zvláště když se zamyslíte nad tím, že pod zemí máme ve srovnání s povrchovými vodami velmi kvalitní vodu a že její zásoby jsou omezené. Logicky by proto měly být tyto zdroje vod cennější. Proto MŽP navrhuje legislativní změny, které povedou k větší ochraně zdrojů podzemních vod.

Jak se Ministerstvo životního prostředí dívá na nové možnosti recyklace vody, např. opětovné využití vyčištěné odpadní vody k zavlažování v zemědělství?

Nové možnosti recyklace vod vítáme. Očekávanému poklesu využitelných vodních zdrojů je možno předcházet i zaváděním a podporou systémů pro další užití vod jako užitkových a systémů pro recyklaci vod, zejména opětovného využití málo znečištěných nebo částečně vyčištěných odpadních vod a vod srážkových.

Problematiku závlah v zemědělství s využitím recyklované vody samozřejmě bude gesčně řešit resort Ministerstva zemědělství.

Jak by ministerstvo vylepšilo management srážkových vod?

Základem řešení podle vodního zákona je decentralizovaný systém hospodaření se srážkovými vodami, který podporuje vsak, retenci, případně využití srážkové vody přímo na pozemku stavebníka.

Pro efektivní odvádění srážkových vod v urbanizovaných oblastech je vhodné zavádět systémy přírodě blízkého odvodnění i na dopravních plochách, a to pomocí zatravněných pásů, propustných povrchů, systémů povrchového odvádění srážkových vod do retenčních a vsakovacích objektů. A také podporovat zřizování vsakovacích technologií na dešťové kanalizaci.

Dále by měly být principy hospodaření se srážkovými vodami promítnuty do územního plánování. Plošný rozvoj obcí, myslím tím vymezení větších zastavitelných ploch, je nutné provádět se zohledněním místních odtokových poměrů a spojit vše s koncepcí odvodnění území v širších územních souvislostech. Tuto problematiku řešíme ve Strategii přizpůsobení se změně klimatu v podmínkách ČR.

Jaký význam mají systémová opatření v krajině při řešení sucha, resp. povodní?

Realizace těchto opatření, k nimž patří třeba obnova krajinných prvků, revitalizace vodních toků, niv a mokřadů, dále podpora přirozených rozlivů v ploše povodí, budování malých vodních nádrží s ekosystémovými funkcemi, pozemkové úpravy a změna zemědělského i lesního hospodaření přispívá k dlouhodobému zvýšení zásob vláhy v půdě, podzemních vod v povodí a k dobré funkci malého vodního oběhu vody v krajině. Samozřejmě má i významný synergický efekt, díky němuž se významně snižují pořizovací a provozní náklady. Taková opatření totiž napomáhají řešit problematiku sucha a současně podstatným způsobem přispívají k řešení protipovodňové ochrany i adaptace na změnu klimatu.

Redakce

Informace MŽP o dotační podpoře ministerstva pro adaptační opatření

Náprava nevhodného stavu krajiny je již dlouhodobě podporována prostřednictvím dotačních programů Ministerstva životního prostředí. Nejvýznamnějším programem v gesci MŽP, co do objemu finančních prostředků, je Operační program životní prostředí. V programovém období 2007–2013 bylo z OPŽP v rámci Prioritní osy 6, oblasti podpory 6.3 – Obnova krajinných struktur a 6.4 – Optimalizace vodního režimu krajiny podpořeno přes 2 000 projektů v objemu cca 8 mld. Kč a dále byly podporovány realizace protipovodňových opatření v rámci oblasti podpory 1.3 v celkové finanční alokaci 3,3 mld. Kč. V rámci těchto oblastí podpory byla podpořena opatření směřující k zvyšování ekologické stability krajiny, jakými jsou realizace prvků územních systémů ekologické stability, zakládání a obnova krajinných prvků, běhových porostů a historických krajinných struktur, opatření k zachování a celkovému zlepšení přírodních poměrů v lesích, rekonstrukce, obnova a odbahnění vodních nádrží a rybníků včetně rekonstrukce výpustných zařízení a bezpečnostních přelivů, dále opatření proti vodní erozi, obnova území pro přirozený rozliv povodní, obnova mokřadů a revitalizace vodních toků a niv atd. V novém programovém období – OPŽP 2014–2020 budou tato opatření nadále podporována v Prioritní ose 4 – Ochrana a péče o přírodu a krajinu, s alokací na specifický cíl 4.3 – Posílit přirozené funkce krajiny cca 4 mld. Kč. Podpora menších, finančně méně náročných projektů (řádově do set tisíc Kč) s obdobným tematickým zaměřením je možná

z národních programů – Programu péče o krajinu a programu Podpora obnovy přirozených funkcí krajiny. Žadatelé mohou být fyzické i právnické osoby. Příjmem žádostí o podporu a administrací žádostí o podporu zmíněných typů opatření v rámci všech tří uvedených programů je pověřena Agentura ochrany přírody a krajiny ČR.

Dále v rámci nového programového období OPŽP 2014–2020, i v prioritní ose 1 budou v rámci specifického cíle 3 podporována opatření pro zajištění povodňové ochrany intravilánu, v rámci specifického cíle 4 preventivní protipovodňová opatření. Konkrétně se jedná v rámci SC 1.3 o zprůtočnění nebo zvýšení retenčního potenciálu koryt vodních toků a přilehlých niv, zlepšení přirozených rozlivů, hospodaření se srážkovými vodami v intravilánu a jejich dalšího využití namísto jejich urychleného odvádění kanalizací do toků, obnova, výstavba a rekonstrukce, popř. modernizace vodních děl sloužící povodňové ochraně, v rámci SC 1.4 o analýzu odtokových poměrů včetně návrhů možných protipovodňových opatření, budování, rozšíření a zkvalitnění varovných, hlásných, předpovědních a výstražných systémů na lokální i celostátní úrovni a digitální povodňové plány.

Řešení již vzniklých staveb urychlujících odtok intravilánových srážkových vod nabízí Operační program Životní prostředí 2014–2020, který umožňuje čerpání finančních prostředků na hospodaření se srážkovými vodami v intravilánu a jejich další využití namísto jejich urychleného odvádění kanalizací do toků. Podporována budou opatření na odpojení srážkových vod, jejich retenci v intravilánu, znovuvyužití srážkových vod či řízené manipulace a jejich odvádění do toku. Jedná se například o přírodě blízké retenční nádrže v intravilánu obce či podzemní zasakovací nádrže.



Návštěva ministra MŽP R. Brabce ve VÚV TGM

Vznik a činnost meziresortní komise VODA–SUCHO

Od poloviny 80. let 20. století dochází na území ČR k prokazatelnému zvyšování teploty vody málo ovlivněných povrchových toků jako důsledek probíhající klimatické změny. Podle standardizovaného průměru byl zaznamenán nárůst teploty vody o 1,15 °C za 28 let (Hrdinka aj., 2015), což odpovídá pesimistickému klimatickému scénáři HIRHAM A2, který předpokládá nárůst teploty vzduchu o 2–3 °C do konce 21. století. Současné modely sice předpokládají značnou nejistotu ve změně celkového ročního úhrnu srážek na území ČR, nicméně s poměrně velkou jistotou předpovídají zvětšující se sezonalitu srážek (v létě méně, v zimě více). A to se zvyšující se evapotranspirací do budoucna představuje zejména v letních měsících značné riziko vzniku sucha regionálního až nadregionálního významu, přičemž se nemusí nutně jednat o již v současnosti suchem postižované oblasti Rakovnicka, Žatecka nebo jižní Moravy.

S vědomím výše uvedeného a v přímé reakci na signifikantní epizodu sucha z přelomu let 2013 a 2014 byly z iniciativy ministra životního prostředí Mgr. Richarda Brabce ve spolupráci s VÚV TGM, v.v.i., učiněny kroky ke vzniku pracovní skupiny SUCHO, která by formulovala výčet opatření proti negativním dopadům potenciálního sucha vedoucí k předejití krizové situace vyvolané jeho výskytem a následným nedostatkem vody. Na prvním jednání pracovní skupiny dne 9. 4. 2014 bylo konstatováno, že problematice povodní bylo za posledních dvacet let na základě významných povodňových událostí věnováno značné úsilí, které vedlo k dnešní uspokojivé připravenosti z legislativního, organizačního i technického hlediska. Cílem zmíněné pracovní skupiny bylo tedy připravit materiál použitelný pro vytvoření rozsáhlejší koncepce, která by v blízké až střednědobé budoucnosti zajistila obdobnou komplexní připravenost z hlediska problematiky sucha.

V tomto ohledu bylo třeba oslovit již existující pracovní skupinu VODA, zřízenou ministrem zemědělství Ing. Marianem Jurečkou v roce 2013 při VÚMOP, v.v.i., tak, aby se problematika sucha po dvaceti letech začala řešit integrálně, napříč zmíněnými resorty, k čemuž se jednohlasně vyjádřili i delegáti Národního dialogu o vodě v Medlově v červnu 2013. Spolupráce byla s ohledem na příznivou politickou situaci navázána po dohodě obou ministrů v červenci 2014, v srpnu 2014 došlo k sjednocení dokumentů obou pracovních skupin, návrhu členů výkonného výboru a poradního orgánu budoucí komise a dne 9. 10. 2014 se uskutečnilo ustavující jednání výkonného výboru meziresortní komise VODA–SUCHO. Zde došlo pod vedením obou spolupředsedů komise Mgr. Marka Riedera a Ing. Jiřího Hladíka, Ph.D., k projednání sloučeného dokumentu opatření, který byl následně doplněn o další opatření z řad výkonného výboru (v současnosti 17 členů z MŽP, MZe, MV, MPO, MMR a jejich zřízených organizací a dalších subjektů) a poradního orgánu komise (v současnosti 31 členů z akademické/vědecké obce a dalších dotčených subjektů) a během podzimu 2014 podroben rozsáhlému připomínkování všemi členy komise.

Druhé jednání výkonného výboru komise proběhlo dne 19. 2. 2015, kdy byli členové obou orgánů komise oficiálně jmenováni ministry MŽP a MZe a finálně byl připomínkován dokument opatření, který byl v dubnu odeslán do meziresortního připomínkového řízení, ukončeného dne 30. 4. 2015. Po vypořádání připomínek byl dokument opatření postoupen Vládě ČR, která jej dne 29. 7. 2015 vzala na vědomí a přijala k němu usnesení s úkoly pro zainteresovaná ministerstva.

Dokument obsahuje obecný úvod do problematiky sucha včetně předkládací zprávy, zdůvodňující jeho potřebnost, a dále výčet přibližně padesáti konkrétních opatření proti negativním dopadům sucha v osmi dílčích kapitolách (monitorovací a informativní opatření, dále opatření legislativní, organizační a provozní, ekonomická, technická, environmentální a jiná), včetně gescí

jednotlivých ministerstev a termínů jejich realizace. Opatření spočívají především ve zpracování odborných studií, které mají posoudit aktuální stav systému z hlediska připravenosti na sucha (z hlediska infrastruktury, související legislativy, využití ekonomických nástrojů, získávání a přenosu informací aj.) a především navrhnout jeho revizi a doplnění za účelem zvýšení jeho robustnosti a efektivity při předcházení a řešení možných negativních dopadů sucha.

Realizace jednotlivých opatření uvedených v dokumentu následně poslouží jako ideový, informační a metodologický základ pro vznik rozsáhlejší koncepce řešení problematiky negativních dopadů výskytu sucha a nedostatku vody s předpokládaným termínem vzniku k datu 30. 6. 2017.

Autor

RNDr. Tomáš Hrdinka, Ph.D.
tajemník komise

Poděkování

Na tomto místě bych jako tajemník komise rád poděkoval všem členům komise a tajemnici Ing. Petře Kulířové za spolupráci na přípravě dokumentu opatření. Věřím v další úzkou spolupráci při jejich realizaci a přípravě budoucí koncepce.

Literatura

Hrdinka, T., Vlasák, P., Havel, L., and Mlejnská, E. (2015) Possible impacts of climate change on water quality in streams of the Czech Republic. *Hydrological Sciences Journal*, 60(2), 192–201.



Firmní dobrovolníci v rámci Engage Day, Starobrnno

Voda pohledem společnosti HEINEKEN

Ochrana vodních zdrojů a rizika spojená s nedostatkem vody jsou témata, která rezonují napříč celou společností. Podle odhadů Informačního centra OSN bude v roce 2025 na světě žít přibližně 8 miliard lidí. S nárůstem populace bude přímo úměrně narůstat i spotřeba a potřeba vody. V současnosti je bez běžného přístupu k vodě přes 760 milionů lidí.

Dnes víceméně neexistuje obor lidského podnikání, který by se obešel bez vody. Přístup firem k nakládání s vodou se tak promítá do všech tří základních oblastí společenské odpovědnosti firem (CSR) – ekonomické, environmentální i sociální. Na zmíněné oblasti soustředí společnost HEINEKEN pozornost prostřednictvím globálního programu Brewing a Better World, který představuje dlouhodobý přístup k budování sdílených a udržitelných hodnot.

HEINEKEN je pivovarnická společnost s největším globálním působením. Piva značek patřících společnosti jsou k dispozici po celém světě, pivo se vaří v 70 zemích a celkem HEINEKEN spotřebuje 834 milionu hektolitrů vody na výrobu téměř 200 milionů hektolitrů piva, a proto firma cítí silný závazek vůči společnosti a voda je skutečnou prioritou v rámci našich udržitelných aktivit globálně i lokálně.

Voda je pro HEINEKEN samozřejmě také klíčovou surovinou, vždyť pivo je z 95 % voda. Ochrana vodních zdrojů patří do bodů odpovědného a udržitelného podnikání, to vše je součástí firemní DNA společnosti HEINEKEN. Na poli udržitelného rozvoje zůstává dlouhodobou ambicí společnosti stát se do roku 2020 nejodpovědnějším výrobcem piva na světě. HEINEKEN si v tomto směru předsevzal několik globálních závazků, kterých chce v následujících pěti letech dosáhnout. Mezi závazky patří: snižování specifické spotřeby vody v pivovarech o 30 % na 3,5 hl/hl a snaha o kompenzaci spotřebované vody v oblastech s nedostatkem vody a v ohrožených oblastech, jako je například Afrika.

V České republice připadá na roční spotřebu výroby piva přibližně osm milionů hl vody. V rámci cílů programu Brewing a Better World v oblasti ochrany vodních zdrojů dosahuje HEINEKEN Česká republika mimořádných výsledků, v celé skupině HEINEKEN je spotřeba vody v ČR jedna z nejnižších.

KDO CHCE ŘÍDIT, MUSÍ VĚDĚT, KDO CHCE VĚDĚT, MUSÍ MĚŘIT

Dobrých výsledků v ČR dosahujeme díky propracovanému systému měření. Každý proces je detailně analyzován a je nastavena minimální nutná spotřeba vody pro zachování přínosu a spolehlivosti výrobního procesu. Spotřebu vody se rovněž daří snižovat díky neustálým inovacím, jako je například opětovné využití vody, pokud to technologický postup dovoluje.

Výsledky tohoto úsilí mluví za vše. V loňském roce klesla měrná spotřeba vody ve společnosti HEINEKEN ČR z 3,7 hl/hl na 3,5 hl/hl. Spotřeba hl vody na hl vyrobeného piva tak představuje 5% pokles. V pivovaru Starobrno dokonce vaříme i se spotřebou 2,5 hl vody na hl vyrobeného piva. Spotřebou vody se řadíme s pivovarem Starobrno na 4. místo v rámci celé skupiny HEINEKEN, což je vzhledem k jeho velikosti mimořádný výkon.

ZÍSKAT ZAMĚSTNANCE A LOKÁLNÍ KOMUNITY PRO DOBRU VĚC V OBLASTI VODY JE ZÁKLAD

Technická a technologická zdatnost je ovšem jen jedna strana mince. Na té druhé jsou lidé. Ať už ti, kteří v pivovaru pracují, tak ti, na které pivovar působí, jako jsou komunity v oblasti činnosti našich pivovarů.

Proto jsme se aktivně pustili do podpory aktivit v regionech a chceme být dobrým partnerem místních komunitních a regionálních organizací. U příležitosti Mezinárodního dne firemního dobrovolnictví (Engage Day) se zaměstnanci společnosti HEINEKEN ČR pravidelně zapojují do regionálních aktivit a pomáhají chránit a udržovat vodní zdroje, které mají i vazbu na naše pivovary. Vloni se pomoc týkala konkrétně CHKO Křivoklátsko a CHKO Moravský kras. Do projektu se zapojilo téměř 70 zaměstnanců společnosti.

Pro zlepšení retence vody v krajině podporuje HEINEKEN ČR monitorování mokřadů s Českým svazem ochránců přírody. Mokřady jsou totiž nedílnou součástí naší přírody a také přírodními rezervoáry vody. Dnes patří mezi jedny z nejohroženějších ekosystémů. Z nedávných výzkumů vyplývá, že za posledních 60 let zmizelo v České republice přes 950 000 ha těchto ploch. Díky projektu Naše mokřady se od začátku kampaně podařilo objevit a zmapovat přes 140 těchto unikátních ekosystémů. Spousta jich ale stále zůstává na okraji zájmu.

S OSTATNÍMI FIRMAMI ZA OSVĚTU A LEPŠÍ PODMÍNKY PRO VODU

HEINEKEN je třetím nejsilnějším hráčem na tuzemském pivním trhu. Míra takové odpovědnosti představuje jistý závazek. V oblasti ochrany vodních zdrojů nezůstává HEINEKEN pouze u aktivit své společnosti, naopak se snaží získávat širší podporu, být vzorem a strhávat touto iniciativou i ostatní firmy.

Proto v roce 2013 byl spoluzakladatelem a generálním partnerem konference Voda 2013, která pod záštitou OSN slouží jako platforma komunikace mezi společnostmi a ostatními zainteresovanými osobami z řad odborníků, neziskových organizací a zástupců dalších zájmových skupin. Tato konference se stala již tradicí a v roce 2015 se konal její třetí ročník.

Tyto aktivity vyústily ve spolupráci s Byznysem pro společnost, což je největší odborná platforma pro sdílení a šíření principů Společenské odpovědnosti firem a udržitelného podnikání v České republice. V roce 2013 iniciovala společnost HEINEKEN ČR založení Tematické expertní skupiny Voda (TES), která se zaměřuje na identifikaci hlavních problémů týkajících se vody a byznysu v Česku. Díky svým expertním zkušenostem jsme byli spoluvůdci brožury Firmy a voda, kterou TES připravila jako manuál a osvětu pro společnosti, které se



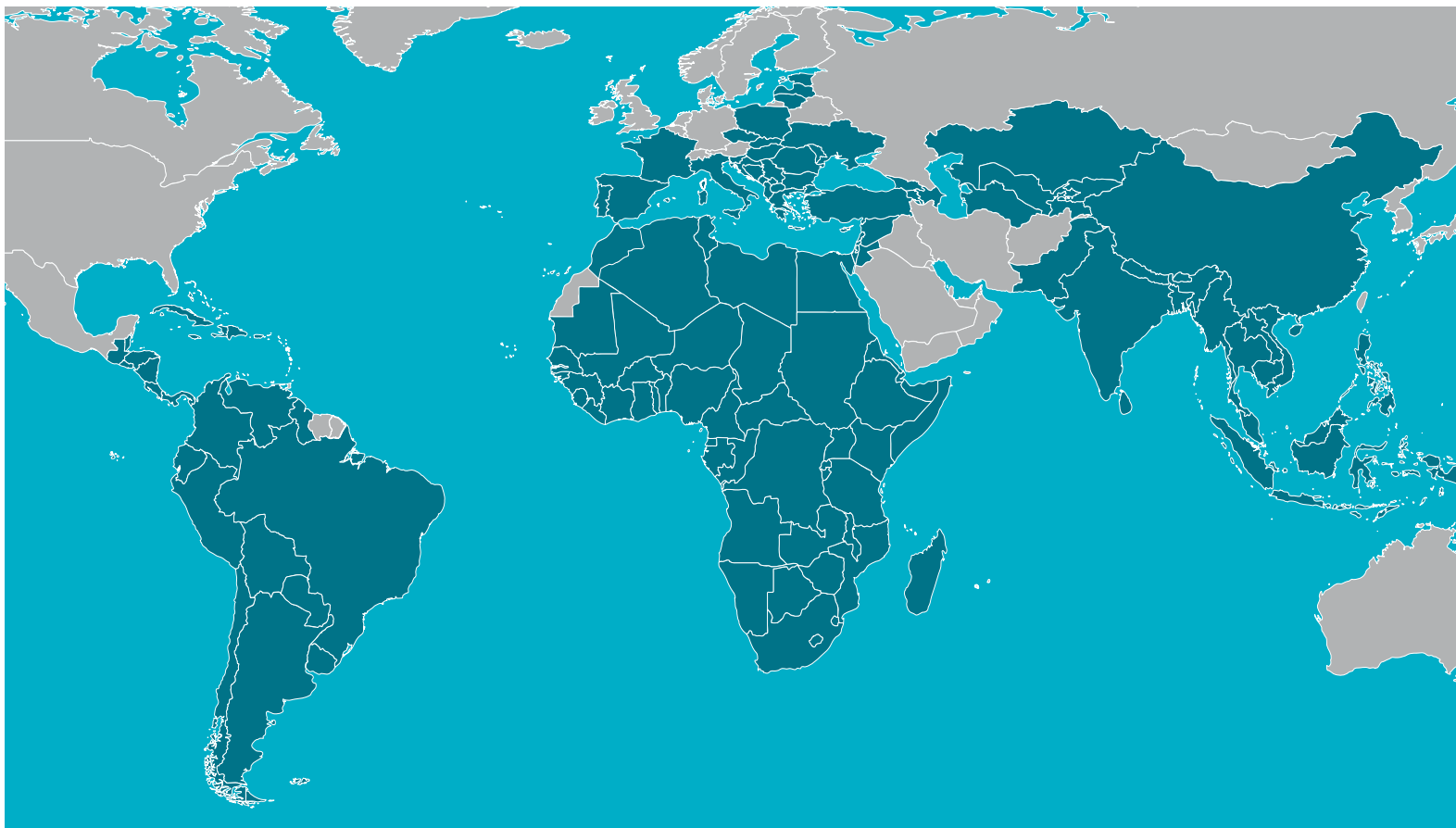
vodou v rámci svého odpovědného podnikání chtějí více zabývat, ale zatím jim chybí patřičné know-how. Na tuto činnost navázalo v následujícím roce prohlášení Firmy a voda 2014+, ve kterém se největší české společnosti zavazují k šetrnému nakládání s vodou ve firemním sektoru a osvětě.

Hlavními cíli Tematické expertní skupiny Voda i HEINEKENu je do budoucna silnější komunikace a osvěta týkající se tématu vody a především lepší a více motivující podmínky pro firmy. Proto vedeme dialog se zástupci státu a chceme poskytovat podněty pro možná zlepšení. Mnohá z nich mohou jen nepatrnými změnami legislativy napomoci výraznému zjednodušení environmentálních investic (integrování povolení, definice BAT atd.) nebo zjednodušení monitorování a reportování (sloučení hlášení požadovaných vodním zákonem do jednoho formuláře apod.). Pozitivní je, že pracovníci státní správy jsou dialogu otevření a spolupracují s námi na zlepšení podmínek pro vodu v naší zemi.

Autor

Ing. Jiří Hauptmann
ředitel korporátních vztahů
HEINEKEN Česká republika, a. s.

Představení Global Water Partnership



Mapa regionálních subdivizí Global Water Partnership

ÚVOD

Global Water Partnership (GWP) bylo založeno společně Švédskou agenturou pro mezinárodní rozvoj (SIDA; Swedish International Development Agency), Rozvojovým programem OSN (UNDP; United Nations Development Programme) a Světovou bankou roku 1996, jako mezinárodní síť za účelem vytvoření sjednoceného přístupu k využívání vodních zdrojů (IWRM; Integrated Water Resources Management), jenž definuje jako proces, který prosazuje sjednocený rozvoj a využívání vody, krajiny a souvisejících zdrojů k maximalizaci ekonomického a sociálního blahobytu s ohledem na udržitelnost ekosystémů a životního prostředí. Hlavní sídlo organizace je ve Stockholmu (www.gwp.org).

GWP je strukturalizováno jako síť otevřená všem organizacím zabývajícím se využíváním vodních zdrojů, kam spadají vládní organizace rozvojových i rozvinutých zemí, nevládní a mezinárodní organizace (agentury OSN, rozvojové banky), výzkumné a vzdělávací instituce, profesní sdružení i soukromý sektor. Nyní se GWP síť skládá z více než 3 000 partnerských organizací ve 173 zemích, 85 státních partnerství a 13 regionálních subdivizí (západní Afrika, východní Afrika, jižní Afrika, centrální Afrika, jihovýchodní Asie, jižní Asie, centrální Asie a Kavkaz, Čína, Středomoří, Karibik, Jižní Amerika, střední Amerika a východní Evropa).

Česká Republika spadá do regionální subdivize pro střední a východní Evropu (GWP CEE) společně s Estonskem, Lotyšskem, Litvou, Maďarskem, Moldávií, Bulharskem, Rumunskem, Polskem, Ukrajinou, Slovenskem a Slovinskem. Partnerem za Českou republiku je Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, na řešení projektu IDMP se podílí Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy.

STRATEGIE TOWARDS 2020

Dne 21. března 2014 představila GWP v rámci oslav Světového dne vody OSN v Tokiu novou strategii plnění do roku 2020. Tato strategie je podložena dialogy a konzultacemi v rozsáhlé síti partnerů a předchozími úspěchy a prací sítě GWP. Podle předsedkyně řídicí komise GWP Dr. Ursuly Schaefer-Preussi, se tato nová strategie zaměřuje na potřebu nových multisektorových přístupů, které mohou poukázat nejen na možné příležitosti, ale také na rizika spojená s udržitelným hospodařením s vodními zdroji v kontextu klimatické změny, dynamického rozvoje urbanizace a narůstajících nerovností ve společnosti.

Tato nová strategie tematicky dělí problematiku do šesti kategorií – klimatická změna, mezinárodní spolupráce, produkce potravin, urbanizace, energetika a ekosystémy. K jejich řešení stanovuje tři strategické cíle:

Urychlení změny správní politiky a praxe

Vývoj efektivní správy, založený na komplexních a vzájemně podpůrných přístupech, nařízeních, partnerstvích, procesech a sdílení informací. Pro Českou republiku bude tento cíl prosazován regionálními dialogy o plánech povodí a přeshraničních povodích, národními dialogy o významných problémech hospodaření s vodou, integrovaným programem řízení sucha a programem udržitelná sanitace.

Vytváření a sdílení znalostí

Vývoj partnerské kapacity ke sdílení znalostí rozvoje spravování a využívání vodních zdrojů. Pro ČR to představuje posílení rozvoje a vytváření kapacit, rozvoje venkova, programů pro mládež a integrovaného programu řízení sucha.

Posílení partnerství

Zlepšení efektivity a životaschopnosti sítě GWP upevněním partnerství, rozšiřováním řad partnerských organizací k urychlení změny, prohloubení vzdělávání a zajištění finanční udržitelnosti. Pro ČR jde zejména o zapojení klíčových regionálních organizací a zviditelnění regionální subdivize pro střední a východní Evropu (GWP CEE).

INTEGROVANÝ PROGRAM ŘÍZENÍ SUCHA (IDMP; INTEGRATED DROUGHT MANAGEMENT PROGRAMME)

Ideou tohoto programu je v širším hledisku flexibilně reagovat na dopady sucha, snížit ekonomické a sociální ztráty a zmírnit chudobu v suchem zasažených regionech světa, a to pomocí integrovaného přístupu k řízení sucha, jež propojuje všechny sektory, disciplíny a právní nařízení a odpovídá specifickým regionálním a státním potřebám a požadavkům.

Cílem plnění této idey je podpora všech zájmových stran na všech úrovních, a to pomocí poradenství ve správě a využívání, sdílení vědeckých informací, vědomostí a nejlepších praktik pro integrované řízení sucha. Díky zlepšování vědeckého porozumění a vkladů pro řízení sucha, monitoringu, předpovědi a včasného varování a legislativních opatření chce tento integrovaný program snižovat rizika vzniku sucha a dosáhnout změny z reaktivního přístupu na přístup proaktivní (<http://www.droughtmanagement.info/>).

Integrovaný program řízení sucha (IDMP) zahrnuje tři regionální programy (Central and Eastern Europe – IDMP CEE, the Horn of Africa – IDMP HoA, West Africa – IDMP WAF). Vlastní idea programu se rozvíjí od roku 2011, v roce 2013 byl program potom GWP a Světovou meteorologickou organizací (WMO) zahájen. Za regionální subdivizi pro střední a východní Evropu (CEE) se na jeho realizaci podílí deset zemí, Českou republiku zastupuje Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, který v rámci tohoto programu mimo jiné řeší demonstrační projekt zaměřený na zvýšení zadržovací kapacity půdy v zemědělství. V rámci programu jsou také organizovány mezinárodní workshopy a národní konzultační dialogy. V rámci řešení tohoto programu vznikla publikace National Drought Management Policy Guidelines – A Template for Action. Ukončení řešení první části tohoto programu se předpokládá na konci roku 2015.

Autor

Jonáš Rieder

Události z České vědeckotechnické vodohospodářské společnosti

Dne 13. května 2015 proběhlo zasedání valné hromady České vědeckotechnické vodohospodářské společnosti. Zápis z této valné hromady je uveden níže.

ZÁPIS Z JEDNÁNÍ VALNÉ HROMADY ČVTVHS, Z.S.

Místo konání: sál č. 417, Klub techniků, Novotného lávka 5, Praha 1
 Datum zasedání: 13. května 2015, 10.00 hod.
 Jednání zahájil: předseda společnosti prof. Ing. Vojtěch Broža, DrSc.
 Jednání řídil: místopředseda společnosti Mgr. Mark Rieder
 Přílohy: Usnesení valné hromady, text upravených stanov a Pravidel pro správu ČVTVHS, z.s.

Program valné hromady:

1. ZAHÁJENÍ

Po formálním zahájení předsedající Mgr. Mark Rieder přivítal kromě přítomných členů ČVTVHS, z.s., kandidátů voleb do výboru i kontrolní komise i hosty: prof. Ing. Jaromíra Volfa, DrSc., předsedu ČSVTS, Ing. Danu Lídlovou z MZe, zastupující ředitelku odboru vodohospodářské politiky a protipovodňových opatření MZe Ing. Binhacovou, Ing. Evženu Zavadila, zástupce ředitele odboru Ochrany vod MŽP a posléze i Ing. Václava Stránského, šéfredaktora časopisu Vodní hospodářství.

2. VOLBA MANDÁTOVÉ A NÁVRHOVÉ KOMISE

Do společné mandátové a volební komise byli navrženi a zvoleni Ing. Josef Bucek, Ing. Petr Kuba, Ph.D., Ing. Miroslav Tesař, CSc., Dr. Ing. Antonín Tůma. Do návrhové komise byli navrženi a zvoleni Ing. Zdeněk Barták, Ing. Radomír Muzikář, CSc., a Ing. Jan Vašátko.

3. ZPRÁVA O ČINNOSTI ČVTVHS, Z.S., V ROCE 2014

Zprávu přednesl předseda společnosti prof. Ing. Vojtěch Broža, DrSc. Informoval v ní o pozici a možnostech společnosti v rámci celkové situace ve vodním hospodářství, o odborné činnosti i činnosti výboru zvláště a o zahraničních vztazích společnosti. Kromě toho předseda společnosti sdělil, že výbor v létě loňského roku kooptoval Mgr. Marka Riedera, ředitele VÚV TGM, v. v. i., který byl pak v listopadu 2014 zvolen místopředsedou výboru.

4. ZPRÁVA O HOSPODAŘENÍ V ROCE 2014 A NÁVRH ROZPOČTU NA ROK 2015

V materiálech valné hromady dostali účastníci tabelární přehled hospodaření a návrh rozpočtu, který byl tajemníkem společnosti Ing. Václavem Bečvářem, CSc. komentován.

Hospodaření v roce 2014 namísto v rozpočtu předpokládané ztráty 431 tis. Kč skončilo ztrátou pouhých 11 615 Kč. Bylo to důsledkem zejména finančně úspěšné většiny uspořádaných odborných akcí a do značné míry i pokračujícího trendu šetření.

Rozpočet na rok 2015 se navrhuje jako deficitní s předpokládanou ztrátou 144 tis. Kč, která by měla být pokryta přebytky z minulých let. Téměř všechny položky rozpočtu jsou předpokládány ve výši srovnatelné s rokem 2014, pouze

Ostatní výnosy a Přijaté příspěvky zohledňují optimistický odhad finančních výsledků odborných akcí a zvýšený příjem členských příspěvků v souladu s jejich schválenou úpravou.

Po loňském schválení finančního vypořádání s ČPV po jeho osamostatnění byla splněna povinnost převést do konce srpna 2014 celkem 522 tis. Kč na účet ČPV, v březnu 2015 pak bylo převedeno dalších 500 tis. Kč spolu s odpovídajícími úroky 3 252 Kč. Do konce ledna 2016 bude převedeno i zbývajících 500 tis. Kč, opět s odpovídajícími úroky.

5. ZPRÁVA KONTROLNÍ KOMISE

Zprávu přednesl člen komise Ing. Vladimír Pytl. Konstatoval souhlas KK se způsobem řízení společnosti výborem, s výsledky hospodaření v roce 2014 a s návrhem rozpočtu na rok 2015 a doporučil valné hromadě, aby předložené zprávy schválila.

6. ZPRÁVA MANDÁTOVÉ KOMISE

Valné hromady se zúčastnilo 25 účastníků s jedním hlasem a 20 pověřených zástupců kolektivních členů původně s vahou pěti hlasů, což tvoří celkovou váhu hlasů 125 ze 170 možných. Valná hromada byla v celém svém průběhu usnášeníschopná a všechna hlasování byla schválena většinou s abstencí 3 až 6 hlasů, popř. jednomyslně.

7. ROZŠÍŘENÍ PROGRAMU VALNÉ HROMADY

Tajemník Ing. Bečvář, CSc., seznámil účastníky s návrhem rozšířit program o souhlas s ukončením činnosti pobočných spolků při Slováckých vodárnách a kanalizacích, a.s., Uherské Hradiště, Vodárenské akciové společnosti a.s., Třebíč a Vodovodech a kanalizacích Přerov, a.s., a to s účinností od 1. 1. 2016. Požádal také o souhlas se jmenováním likvidátorů zmíněných pobočných spolků. Rozšíření programu i oba zmíněné návrhy byly schváleny, podrobné údaje jsou uvedeny v usnesení valné hromady.

8. NÁVRH A SCHVÁLENÍ ÚPRAVY STANOV ČVTVHS, Z.S.

Návrh úpravy stanov byl v předběžné podobě distribuován členům ČVTVHS elektronicky. Vysvětlení přístupu výboru k těmto úpravám vesměs technického či zpřesňujícího charakteru přednesl člen výboru Ing. Jan Plechatý, který také odpovídal na dotazy a návrhy z pléna. Na závěr požádal valnou hromadu, aby navržené úpravy stanov schválila, a to s okamžitou účinností.

9. NÁVRH A SCHVÁLENÍ PRAVIDEL PRO SPRÁVU ČVTVHS, Z.S.

V souladu s usnesením valné hromady v roce 2014 připravil výbor návrh vnitřního předpisu, který umožní měnit se souhlasem valné hromady operativně obecně proměnlivé parametry členských příspěvků, hlasování, povinnosti členů výboru, kontrolní komise, odborných skupin, tajemníka apod., aniž by bylo nutné měnit stanovy. Vysvětlení jednotlivých ustanovení tohoto předpisu opět přednesl člen výboru Ing. Jan Plechatý a také v tomto případě odpovídal na dotazy a návrhy z pléna. V závěru požádal valnou hromadu, aby Pravidla pro správu ČVTVHS, z.s., schválila, a to s okamžitou účinností. Díky tomu se při dalším hlasování a při volbách používala rozdílná váha hlasů kolektivních členů, odvozená od počtu zaměstnanců, resp. přidružených osob.

10. VOLBY VÝBORU A KONTROLNÍ KOMISE

Se způsobem volby seznámil účastníky předseda společné mandátové a volební komise Ing. Miroslav Tesař, CSc. Voleb se zúčastnili všichni přítomní

individuální a čestní členové společnosti a pověřeni zástupci kolektivních členů. Volební lístky byly s ohledem na rozdílnou váhu odlišeny barvou.

11. ČESTNÉ ČLENSTVÍ

Návrh na udělení čestného členství v České vědeckotechnické vodohospodářské společnosti dosavadnímu předsedovi ČVTVHS, z.s., prof. Ing. Vojtěchu Brožovi, DrSc., a dlouholetému tajemníkovi a dosavadnímu členu výboru Ing. Bohumilu Müllerovi, přednesl místopředseda výboru Mgr. Mark Rieder. Využil této příležitosti a novým čestným členům poděkoval za jejich dosavadní práci pro ČVTVHS, z.s. Návrh byl schválen a diplomy čestného členství byly pak předány.

12. UDĚLENÍ DIPLOMU AKADEMKA JEŽDÍKA

Na svém 39. zasedání dne 19. března 2015 projednal výbor návrhy na udělení Diplomu ak. Ježdíka. Doporučení valné hromadě udělit první cenu RNDr. P. Soldánovi, Ph.D., za práci nazvanou „Vývoj komplexní strategie včasného varování a reakce v oblasti ochrany vod“ a druhou cenu RNDr. Jaroslavu Hrabalovi za práci „Vývoj a použití reaktivních bariér na bázi nanoželeza pro sanace kontaminovaných podzemních vod in situ“ přednesli Ing. Müller a Ing. Muzikář, CSc. Návrhy výboru byly schváleny, diplomy a ceny předali společně předseda výboru prof. Ing. V. Broža, DrSc., místopředseda výboru Mgr. M. Rieder a tajemník Ing. Václav Bečvář, CSc.

13. VYHLÁŠENÍ VÝSLEDKŮ VOLEB

Předseda společné mandátové a volební komise seznámil valnou hromadu s výsledky voleb. Bylo odevzdáno celkem 44 volebních lístků, z toho 20 od kolektivních členů s rozdílnou vahou 3, 5 a 7 hlasů a 24 od individuálních nebo čestných členů s vahou jedna. Jmenovitý výsledek voleb je součástí usnesení.

14. DISKUSE

Diskuse byla vedena zejména k návrhu usnesení, návrhu úpravy stanov a návrhu Pravidel pro správu ČVTVHS, z.s. Bylo vzneseno a následně vysvětleno několik připomínek a přijato několik doplnění a oprav. Součástí diskuse byly i informace o konání připravovaných seminářů a konferencí ČVTVHS, z.s., i dalších souvisejících akcí, přípravě s valnou hromadou souvisejících právních předpisů apod.

15. NÁVRH A SCHVÁLENÍ USNESENÍ

Návrh usnesení přednesl předseda návrhové komise Ing. Zdeněk Barták. Na žádost předsedajícího Mgr. Marka Riedera bylo pak usnesení schváleno.

16. ZÁVĚR

Dosavadní předseda společnosti prof. Ing. Vojtěch Broža, DrSc., poděkoval dosavadním členům výboru i kontrolní komise za přípravu valné hromady a zejména za práci odváděnou v celém uplynulém období, přítomným za aktivní účast a nově zvolenému výboru i kontrolní komise popřál úspěšné řízení ČVTVHS, z.s., v následujících letech.

Předsedající Mgr. Mark Rieder pak všechny účastníky valné hromady pozval na oběd do restaurace Klubu techniků a členům výboru připomněl, že po obědě se uskutení v sekretariátu společnosti první jednání výboru, ke kterému byli přizváni i členové dosavadního výboru a dosavadní kontrolní komise.

V Praze dne 13. května 2015

Zapsal: Ing. Václav Bečvář, CSc., tajemník společnosti

Schválil: prof. Ing. Vojtěch Broža, DrSc., předseda společnosti

ODBOBNÉ AKCE

Organizační garance většiny dále uvedených odborných akcí: Ing. Václav Bečvář, CSc., tajemník České vědeckotechnické vodohospodářské společnosti, z. s., Novotného lávka 200/5, 110 00 Praha 1, tel.: 221 082 386, e-mail: voda@cvtvhs.cz

Charakteristiky minimálních průtoků, jejich odvozování a používání

Jako odborný garant byl výborem schválen Ing. Kubát (ČHMÚ, 244 032 327, kubat@chmi.cz), seminář se bude konat 29. 9. v sále 319 Klubu techniků na Novotného lávce. Již se hlásí řada zájemců o objednávku účasti, bude proveden pokus o výměnu sálu za větší.

Vodní nádrže 2015

Konference s mezinárodní účastí se bude konat 6.–7. října 2015 v brněnském hotelu Voroněž pod organizační i odbornou gescí Povodí Moravy (kontakt pro přednášející: Mgr. Dušan Kosour, 606 066 382, 541 637 312, kosour@pmo.cz. Přihlášky: Ivana Frýbortová, 606 704 288, 541 637 222, frybortova@pmo.cz.). ČVTVHS se bude na přípravě podílet obdobně jako v roce. Byla zahájena příprava podkladů pro akreditaci konference Ministerstvem vnitra.

Podzemní voda ve vodoprávním řízení XII

Odborným garantem potvrdil výbor Ing. Muzikáře, CSc., (602 577 796, radomir.muzikar@karneval.cz). Program semináře, který se bude konat 7. 10. v sále 217 Klubu techniků na Novotného lávce, byl již definitivně sestaven. Začne se připravovat žádost o akreditaci semináře Ministerstvem vnitra.

Havarijní stavy na povrchových a podzemních vodách

Odborný garant Ing. Müller (725 875 880, mulerboh@seznam.cz) připravuje jednání pracovní skupiny. Seminář se bude konat 19. 11. v sále 417 Klubu techniků na Novotného lávce.

SAP 2015

Odborný garantem je doc. Dr. Ing. Pavel Fošumpaur z Katedry hydrotechniky ČVUT (224 354 425, fosumpaur@fsv.cvut.cz). Seminář se bude konat 16. 12. v sále 417 Klubu techniků na Novotného lávce.