

Ztráta vody výparem z volné vodní hladiny

ADAM BERAN, LADISLAV KAŠPÁREK, ADAM VIZINA, PETRA ŠUHÁJKOVÁ

Klíčová slova: výpar z vodní hladiny – celkový odtok – hydrické rekultivace – hydrologická bilance

SOUHRN

Vliv výparu z vodní hladiny na celkovou hydrologickou bilanci povodí může být značný, a to především v letech s nízkými srážkovými úhrny. Na povodích s významným zastoupením vodních ploch se vlivem oteplování jeho význam zvyšuje. V příspěvku je vyčíslena ztráta vody výparem z rybníční soustavy jižních Čech s dopady na celkový odtok z povodí Lužnice. Je také zmíněn vliv výparu z jezer vzniklých hydrickými rekultivacemi území zasažených povrchovou těžbou v severních Čechách.

ÚVOD

Průběh počasí v posledních letech, zejména v letech 2014 až 2018, kdy se vyskytují vysoké teploty vzduchu a nízké celkové srážkové úhrny, je vhodným důvodem pro vyhodnocení vlivu zvyšujícího se výparu z vodní hladiny na celkový odtok z povodí.

V popředí zájmu je klimatická změna, jejíž dopady mají dalekosáhlý vliv na různé oblasti lidských činností. Vodní hospodářství, jež je v ČR výlučně závislé na srážkových vodách, je z tohoto hlediska dopady klimatické změny významně ohroženo a může být citelně zasaženo. Aktuálně se jako největší problém jeví zvyšující se teplota vzduchu, jež má za následek zvyšování územního výparu a výparu z vodních ploch. Tyto ztráty vody z hydrologického systému nejsou dostatečně nahrazeny srážkovými úhrny, jež jsou na území ČR nerovnoměrně rozloženy, a tím pádem se v ČR vyskytují oblasti, kde celkový výpar převyšuje srážky a dochází k projevům sucha (např. [1, 2]). Na extrémní projevy klimatické změny je zapotřebí reagovat za pomoci navrhování adaptačních opatření, jež dokáží negativní dopady klimatické změny zmírnit, nebo jim zabránit.

V článku je popsán vliv výparu z vodní plochy na povodí Lužnice po uzávěrový profil Bechyně. Na tomto území se nachází nejvýznamnější rybníční soustava v ČR. Vyhodnocení suchých let s extrémně nízkými úhrny srážek 2015 a 2018 Českým hydrometeorologickým ústavem (ČHMÚ) [3] dává důležitý podklad pro zamýšlení se nad navrhováním malých vodních nádrží a jejich lokalizaci. Ty mohou při využití pro rybochovné potřeby a špatným umístěním zhoršovat celkovou hydrologickou situaci na povodí. V závěru jsou v příspěvku uvedeny hlavní výsledky studie VÚV TGM, jež se mj. zabývala určením výparu z vodní hladiny jezera Most. Problematika výparu z vodní hladiny je v souvislosti se zatápěním jam po povrchové těžbě vzhledem k charakteru počasí v posledních letech vysoce aktuální. Zejména se řeší vhodnost hydrických rekultivací u neprůtočných jezer, tam kde je výpar vyšší než srážkové úhrny.

DATA A METODY

Zájmové oblasti

Pro popsání vlivu rybníční soustavy na celkový odtok z povodí bylo vybráno povodí Lužnice po profil Bechyně (*obr. 1*), které je typické vysokým zastoupením vodních ploch na svém území. Nachází se zde rybníční soustavy jižních Čech, jež svou plochou zaujímají 82,64 km², z celkové plochy povodí 4 055 km². Podíl vodních ploch na celkovém území je přibližně 2 %. Rybníky jsou většinou využívány k umělému chovu ryb. Ne všechny rybníky jsou propojeny s říční soustavou, nicméně prezentované výsledky výpočtu výparu mají spíše informativní charakter a jsou uvedeny pro řádovou představu vlivu výparu z vodních ploch na celkový odtok z povodí během suchých období. Dlouhodobý průměr teploty vzduchu na povodí Lužnice je 7,5–8 °C, dlouhodobé roční srážkové úhrny 600–650 mm [5].

Druhou zájmovou lokalitou je jezero Most, vzniklé zatopením bývalého povrchového Dolu Ležáky sloužícího do roku 1999 k těžbě hnědého uhlí. Jezero má plochu 311 ha a objem vody přibližně 70 mil. m³. Kompletně napuštěno bylo v roce 2014. Dlouhodobý průměr teploty vzduchu na území jezera Most je 8,5–9 °C, dlouhodobé roční srážkové úhrny 500–550 mm [5].

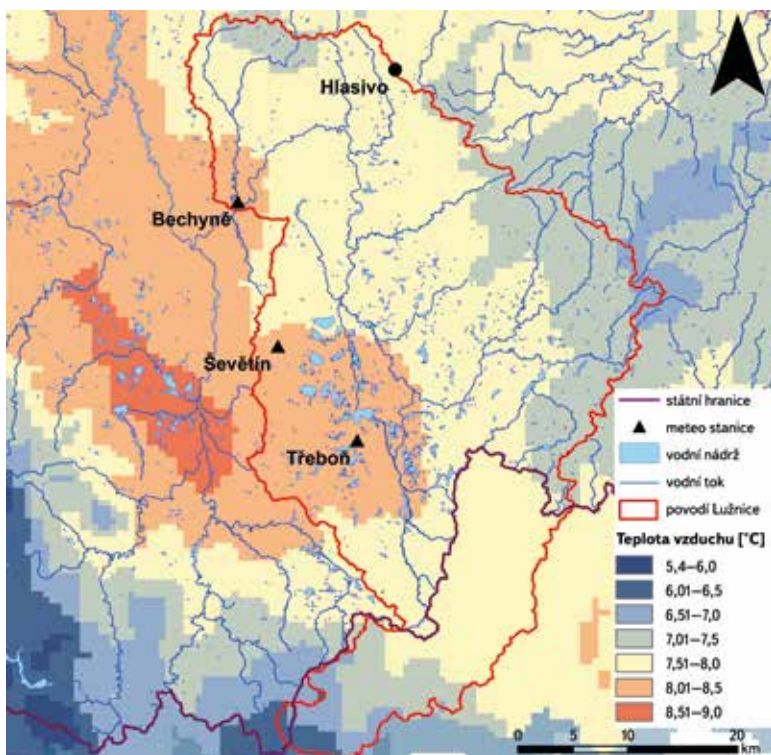
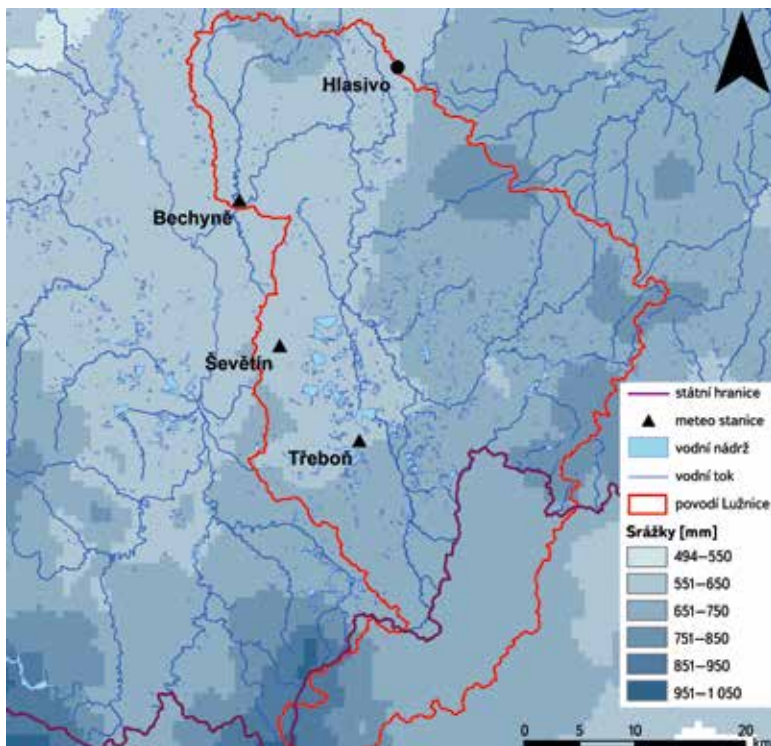
Hlavním zdrojem dat pro odvozování empirických vztahů pro výpočet výparu z vodní hladiny je výparoměrná stanice Hlasivo u Tábora.

Výparoměrná stanice Hlasivo

Pozorování výparu z vodní hladiny probíhá ve výparoměrné stanici Hlasivo u Tábora od roku 1957, poskytuje tedy dostatečně dlouhou řadu měřeného výparu z vodní hladiny (*obr. 2*) společně s dalšími meteorologickými veličinami (teplota vzduchu, relativní vlhkost vzduchu, teplota půdy v různých hloubkách, rychlost a směr větru, úhrn a intenzita srážek, globální sluneční radiace, teplota vody ve výparoměrech). Pozorování ostatních meteorologických veličin společně s výparem dovoluje odvozování empirických vztahů, jež slouží pro výpočet výparu z vodní hladiny i v jiných oblastech ČR. Na *obr. 2* lze pozorovat nárůst průměrného denního výparu z vodní hladiny cca o 0,5 mm/den v posledních letech, to představuje zvýšení výparu z vodní hladiny ve vegetačním období téměř o 100 mm (pro představu na plochu jezera Most se jedná navýšení o cca 300 tis. m³/rok).

Dlouhodobý průměr teploty vzduchu je 7,5–8 °C, dlouhodobé roční srážkové úhrny 550–600 mm [5].

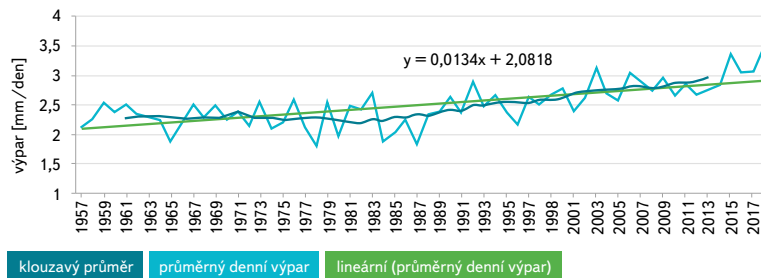
Výpar se měří obvykle v období od dubna (května) do října, kdy se teplota pohybuje většinou nad bodem mrazu a nedochází k zamrznání výparoměrného zařízení. Ve stanici Hlasivo se po mnohaletých zkušenostech omezila měřící perioda na měsíce květen až říjen.



Obr. 1. Zájmová oblast povodí Lužnice po profil Bechyně, výparoměrná a meteorologické stanice (nahore: srážkové úhrny, dole: průměrná teplota vzduchu)

Fig. 1. Lužnice catchment (Bechyně), evaporation and meteorological stations (above: map of precipitation, down: map of average air temperature)

Pro výpočet výparu na vodních plochách na povodí Lužnice byl použit nejjednodušší empirický vztah, jenž vyžaduje pouze měřené hodnoty teploty vzduchu. Tento vzorec (uveden níže) byl odvozen na základě závislosti pozorovaného výparu a teploty vzduchu ve stanici Hlasivo za období 1957–2018. Vzorce s využitím globální sluneční radiace, teploty vody, případně jejich kombinace,



Obr. 2. Průměrný denní výpar v sezoně květen až říjen v letech 1957–2018
Fig. 2. Mean daily evaporation in season May–October in 1957–2018

dávají přesnější výsledky, nicméně tyto měřené veličiny jsme neměli k dispozici a účelem bylo poskytnout přibližný odhad, pro který nám vztah vyhovuje. Odvození empirických vztahů pro výpočet výparu z vodní hladiny je uvedeno v průběžné zprávě projektu TJ01000196 Vytvoření software pro výpočet výparu z vodní hladiny pro podmínky ČR [4]. Odvozený vzorec je:

$$V_{VH} = 0,0824 \times T_{vzd}^{1,289} \quad (1)$$

kde V_{VH} je výpar z vodní hladiny [mm/měsíc],
 T_{vzd} průměrná měsíční teplota vzduchu [°C].

Použitá data

Průběh pozorovaného odtoku a celkových srážek ve vodoměrné stanici Bechyně na Lužnici byl převzat ze zprávy ČHMÚ Sucho v roce 2018 [3]. Ve zprávě je uveden hydrogram průměrných denních průtoků za období duben až říjen 2018 a porovnán s rokem 2015. Tyto dva roky byly extrémní z hlediska nízkých úhrnů srážek, jejich distribucí v průběhu roku a navíc rok 2018 byl nejteplejším rokem na území ČR zaznamenaným v období od roku 1961.

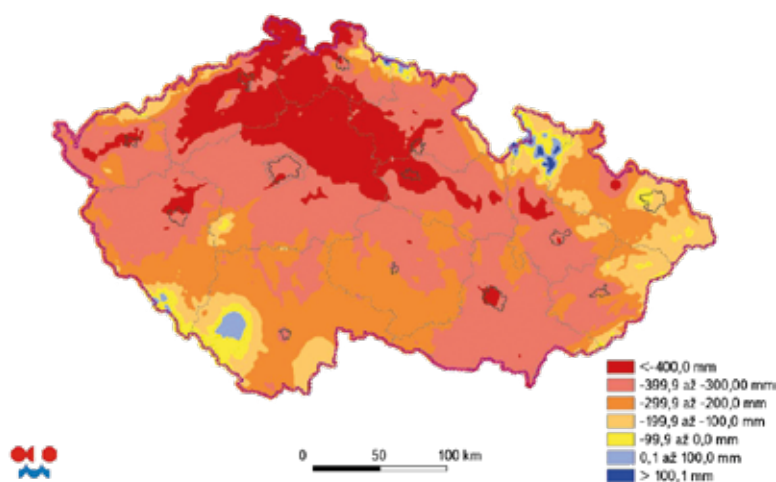
Obrázek 3 ukazuje bilanci srážek a potenciální evapotranspirace, kdy v roce 2018 (duben až září) byly téměř na celém území ČR srážky podstatně nižší.

Celkové rozložení dlouhodobých úhrnů srážek na ploše povodí a v okolí bylo získáno z map v Atlasu podnebí Česka od kolektivu autorů z ČHMÚ [5]. Obrázky 7,8 a 9 byly sestaveny na základě dat ze tří klimatických stanic (Bechyně, Třeboň-Lužnice a Ševětín-Mazelov).

Pro výpočty výparu na jezeře Most byly k dispozici měřené hodnoty výparu z plovoucího výparoměru na jezeře spolu s dalšími měřeními klimatickými veličinami od Palivového kombinátu Ústí, s. p., dále byla k dispozici klimatická data (srážkové úhrny, teplota vzduchu, rychlost větru) z nedaleké stanice ČHMÚ Kopisty.

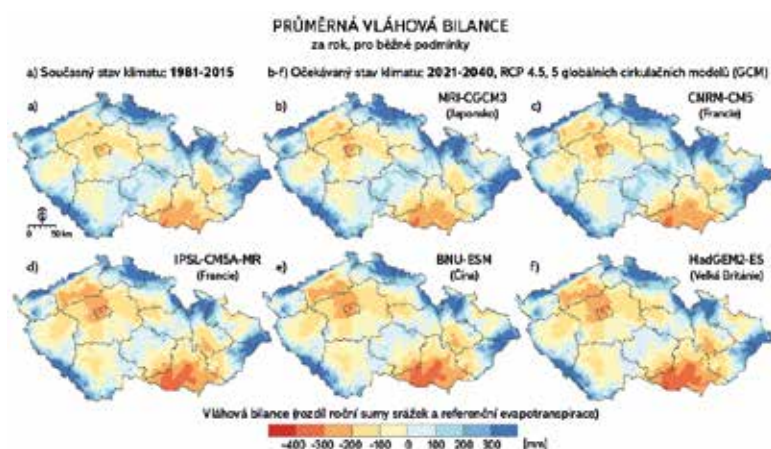
Znárodně dva mapové listy (obr. 4 a 5) zachycující klimatologickou vodní bilanci (rozdíl mezi ročním úhrnem srážek a referenční evapotranspirací) pro kalendářní rok pro současné (1981–2015) klimatické podmínky a podmínky očekávané v období 2021–2040 na základě odhadu pěti globálních cirkulačních modelů. Ty reprezentují jak pomyslný střed rozsahu změn teplot a úhrnů srážek (IPSL), tak modely předpokládající spíše mírný nárůst srážek (CNMR a MRI), resp. pokles srážek (HadGEM, BNU) ve vegetačním období a liší se i mírou nárůstu teplot. Modely HadGEM a CNMR zastupují modely s větším nárůstem teploty a modely MRI a BNU spíše s menším nárůstem teplot. Na prvním obrázku je zachycena vláhová bilance pro běžný rok (medián) a na druhém pro tzv. 10leté sucho (10% percentil). Z map je zřejmé, kde se nacházejí oblasti, které jsou bilančně deficitní. Odhad vývoje klimatu naznačuje prohlubující se vodní deficit pro všech pět globálních cirkulačních modelů a zvýšení deficitu vláhové bilance na většině území jak v běžném roce, tak v případě 10letého sucha. Výsledky vychází z Generelu vodního hospodářství krajiny ČR [6].





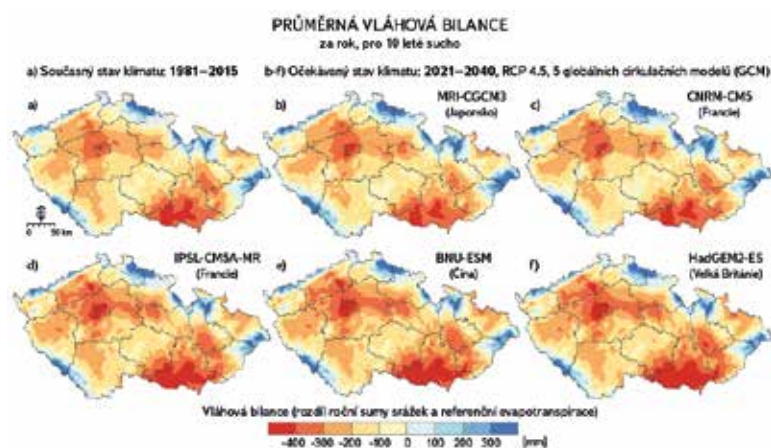
Obr. 3. Rozdíl sumy srážek a potenciální evapotranspirace travního porostu v mm za duben až září 2018 [3]

Fig. 3. Difference rainfall-potential evapotranspiration in mm (April–September 2018) [3]



Obr. 4. Vláhová bilance za období leden–prosinec pro běžný rok pro současné klimatické podmínky (1981–2015) a očekávané v období 2021–2040 pro 5 GCM modelů [6]

Fig. 4. Average moisture balance for period from January to December for current climatic conditions (1981–2015) and for predictions of 5 GCM models for the period 2021–2040 [6]



Obr. 5. Vláhová bilance za období leden–prosinec pro 10leté sucho pro současné klimatické podmínky (1981–2015) a očekávané v období 2021–2040 pro 5 GCM modelů [6]

Fig. 5. Moisture balance in a 10 year drought for the period from January to December for current climate conditions (1981–2015) and for predictions of 5 GCM models for the period 2021–2040 [6]

VÝSLEDKY

Povodí Lužnice

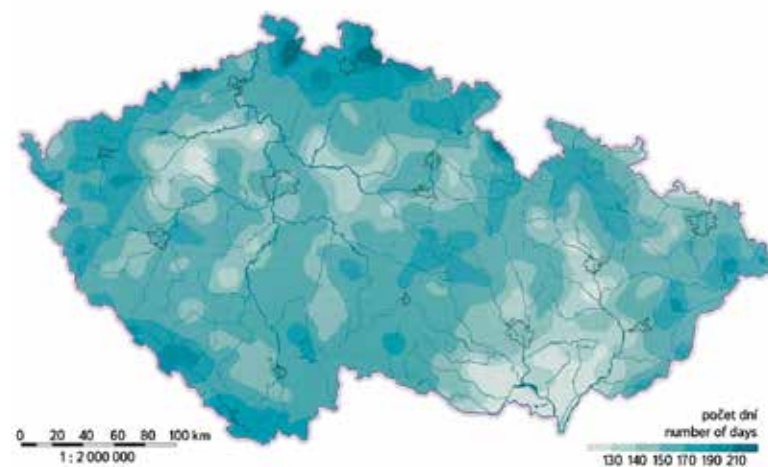
VLIV RYBNÍČNÍ SOUSTAVY NA ZVÝŠENÍ SRÁŽEK

První řešenou úlohou bylo posoudit, jestli rybníční soustava zvětšuje srážky a do jaké míry. Jde o efekt takzvaného malého oběhu vody.

Na mapě průměrného ročního srážkového úhrnu srážek (*obr. 1*) není patrné, že by se přítomnost vodních ploch v povodí Lužnice projevila zvětšením srážek v jejich okolí. Účinek vodních ploch na lokální zvýšení srážek je viditelný z *obr. 6*, kde je znázorněn průměrný roční počet srážkových dní s úhrnem vyšším než 0,1 mm. Nicméně tato skutečnost již není viditelná na mapě průměrného ročního počtu srážkových dní s úhrnem vyšším než 1 mm (*obr. 10*). Na základě výše uvedených skutečností lze konstatovat, že účinkem vodních ploch v povodí Lužnice je zvětšení počtu srážek jen do velikosti 0,1 mm. Značná část srážek velikosti do 0,1 mm je patrně tvořena usazenými srážkami, které v suchých obdobích prospívají vegetaci. Rozdíl počtu dní se srážkami do 0,1 mm v okolí rybníční soustavy od okolního území je přibližně 50 dní. Roční zvýšení srážek je tedy cca 5 mm. Z hlediska celkového ročního úhrnu je to méně než 1 %, což je v hydrologické bilanci území zanedbatelné. Podle [7] se z výparu nad pevninou do tvorby srážek zapojuje v pásu dlouhém 500 km 8,8 %. Při odhadnuté šíři pásu, ve kterém se srážka z rybníční soustavy v povodí Lužnice uplatňuje hodnotou 20 km, by voda vypařená z rybníků zvětšila srážky v území $20 \times 500 \text{ km}$ o 0,06 mm/měsíc. Tento fakt potvrzuje i graf na *obr. 7*, který porovnává četnosti srážkových úhrnů s daným úhrnem (jedná se o vyhlazený histogram), pro dvě meteorologické stanice nacházející se v rybníční soustavě a jednu mimo ni (viz *obr. 1*, *tabulka 1*). Na grafu je možné pozorovat rozdíl četností nižších denních srážkových úhrnů, kdy stanice Ševětín a Třeboň vykazují vyšší počet dnů se srážkovým úhrnem. V *tabulce 1* jsou uvedeny počty dní v roce se srážkovým úhrnem pro jednotlivá období. Průměrný počet dní se srážkou větší než 0,1 mm za období 1961–2016 je u stanic nacházejících se v rybníční soustavě 165, o 20 více než ve stanici Bechyně. *Obrázek 8* reprezentuje časový vývoj v počtu dní se srážkovým úhrnem. Je zřejmé a zajímavé, že tento počet dní v posledních letech roste, a to právě u srážky s nízkým úhrnem (*obr. 9*).

VLIV VÝPARU NA CELKOVÝ ODTOK Z POVODÍ V OBDOBÍ SUCHA

Na *obr. 11* jsou uvedeny hydrogramy průměrných denních průtoků na Lužnici v profilu Bechyně pro roky 2015 a 2018. Z průběhu je možné vypočítat, že průběh denních průtoků byl v období od dubna do listopadu velice podobný,

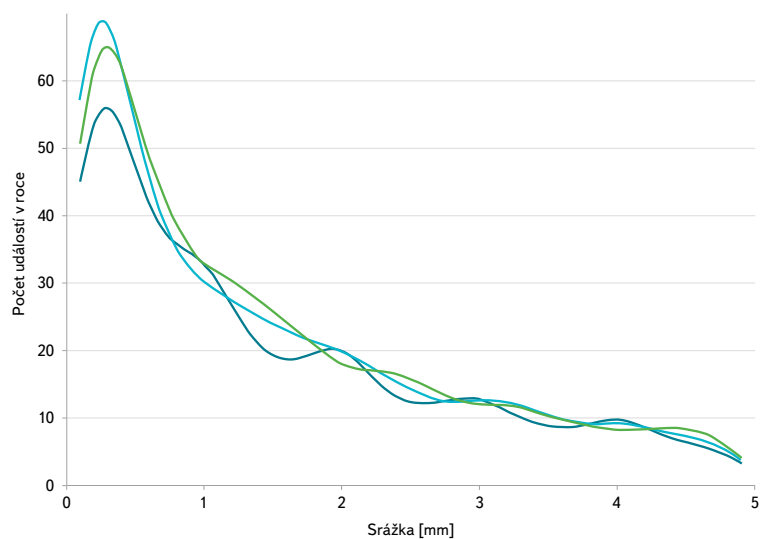


Obr. 6. Průměrný roční počet srážkových dní s úhrnem vyšším než 0,1 mm [5]

Fig. 6. Mean annual number of days with rain higher than 0.1 mm [5]

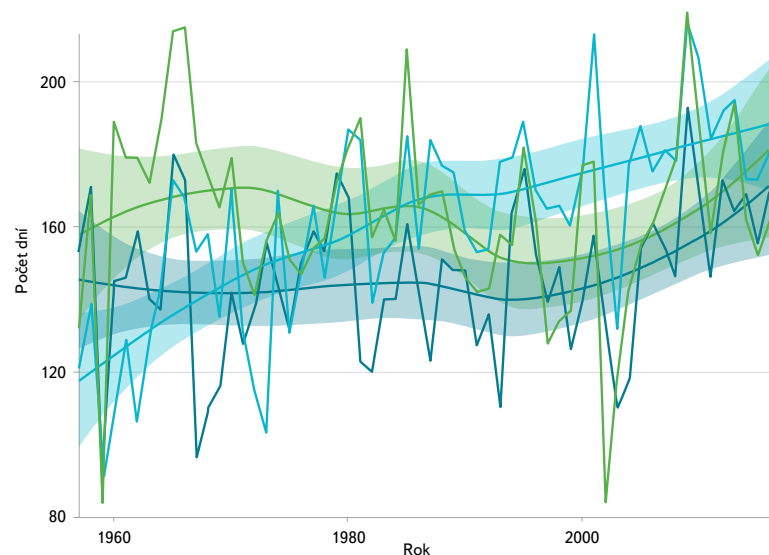
Tabulka 1. Počet dní se srážkovým úhrnem větším než 0,1 mm včetně
Table 1. Number of days with a total precipitation higher than 0.1 mm (inclusive)

| CHMI_ID | Název stanice | Nadm. Výška [m n. m.] | Počet dní 1961–1980 | Počet dní 1981–2010 | Počet dní 2010–2016 | Počet dní 1961–2016 |
|----------|------------------|--------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| C2BECH01 | Bechyně | 406 | 145 | 144 | 163 | 146 |
| C2TREB01 | Třeboň, Lužnice | 428 | 171 | 160 | 168 | 165 |
| C2SEVE01 | Ševětín, Mazelov | 438 | 146 | 173 | 183 | 165 |



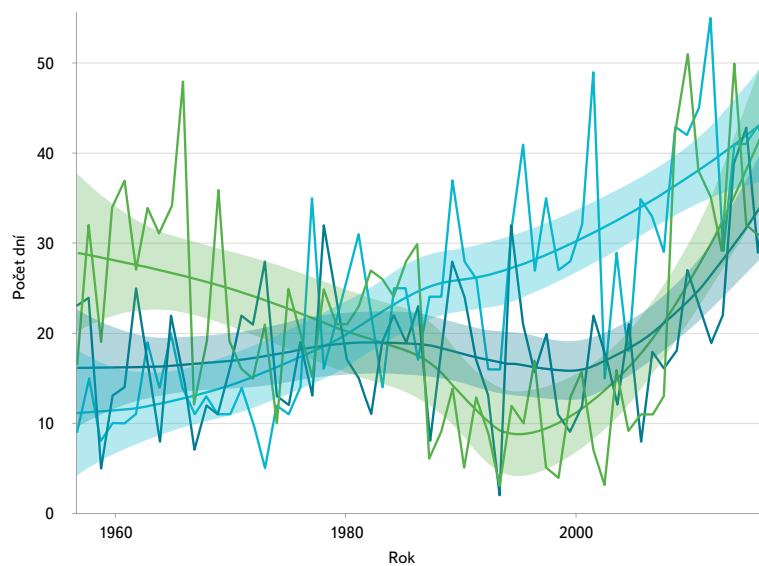
Stanice Bechyně Stanice Ševětín Stanice Třeboň

Obr. 7. Výskyt srážkových úhrnů od 0,1 mm (včetně) do 5 mm pro jednotlivé stanice
Fig. 7. Occurrence of precipitation amounts from 0.1 mm (inclusive) to 5 mm for selected stations



Stanice Bechyně Stanice Ševětín Stanice Třeboň

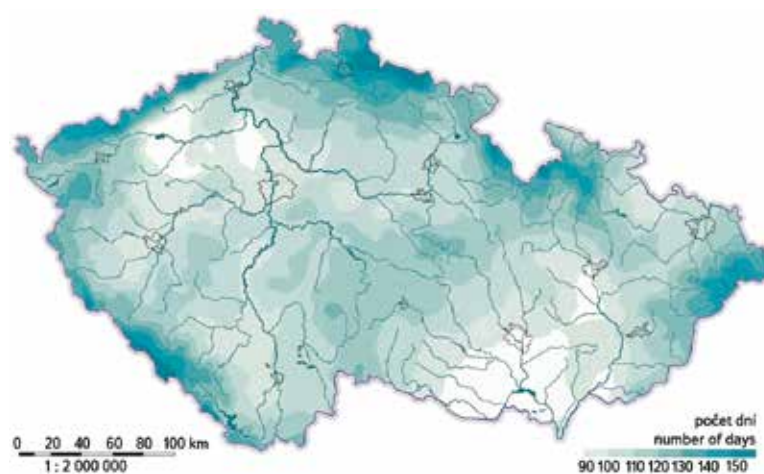
Obr. 8. Počet dní se srážkovým úhrnem větším než 0,1 mm včetně v jednotlivých letech (křivka je vyhlazena metodou loess); barevný pás značí interval spolehlivosti na 0,95
Fig. 8. Number of days with total precipitation higher than 0.1 mm inclusive (the curve is smoothed by loess method); color belt represents confidence interval level 0.95



Stanice Bechyně Stanice Ševětín Stanice Třeboň

Obr. 9. Počet dní se srážkovým úhrnem větším než 0,1 mm a menším než 0,2 mm včetně v jednotlivých letech (křivka je vyhlazena metodou loess); barevný pás značí interval spolehlivosti na 0,95

Fig. 9. Number of days with total precipitation higher than 0.1 mm and less than 0.2 mm inclusive (the curve is smoothed by loess method); color belt represents confidence interval level 0.95



Obr. 10. Průměrný roční počet srážkových dní s úhrnem vyšším než 1 mm [5]

Fig. 10. Mean annual number of days with rain higher than 1 mm [5]

v období od půlky července až do konce září průměrné denní průtoky nedosahovaly ani hodnoty Q_{364} v obou zmiňovaných rocích.

Pro vyčíslení vlivu výparu z vodních ploch na povodí Lužnice byl na základě průměrných měsíčních teplot vzduchu z výparoměrné stanice Hlasivo spočítán průměrný výpar, od kterého byly dále odečteny průměrné srážky. Tato průměrná ztráta vody výparem byla na základě celkové plochy vodních ploch na povodí (82,64 km²) převedena na průtok v jednotkách m³/s (obr. 12). Z grafu je patrné, že vliv výparu z vodních ploch na povodí Lužnice značnou část vegetační sezony od května do září převyšuje v profilu Bechyně m-denní průtok Q_{364} (1,78 m³/s), v maximech dosahuje dokonce hodnot Q_{355} (2,91 m³/s).

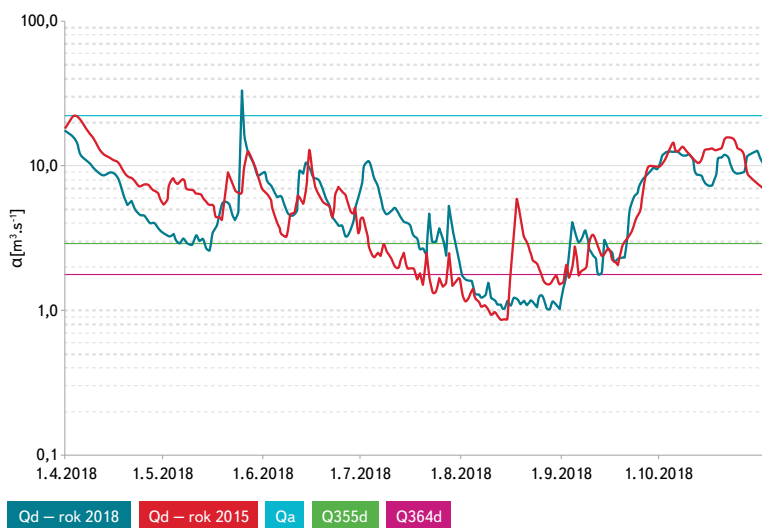
VLIV VÝPARU Z VODNÍ HLADINY NA ZTRÁTU VODY Z JEZERA MOST

Podle mapy z Atlasu podnebí Česka [5] je v lokalitě jezera Most dlouhodobý průměrný roční úhrn srážek mezi 450 až 550 mm a dlouhodobý průměrný roční výpar z vodní hladiny v pásmu 600 až 650 mm. Pokud od sebe odečteme průměrné hodnoty z těchto rozmezí, dostaneme 625 - 500 = 125 mm, což způsobuje dlouhodobý průměrný roční pokles hladiny o 12,5 cm. Podle mapy dlouhodobé roční vláhové bilance (půdňi) je průměrný roční deficit 200 mm. V případě suchých a teplých let, což je případ posledních roků, jsou srážky

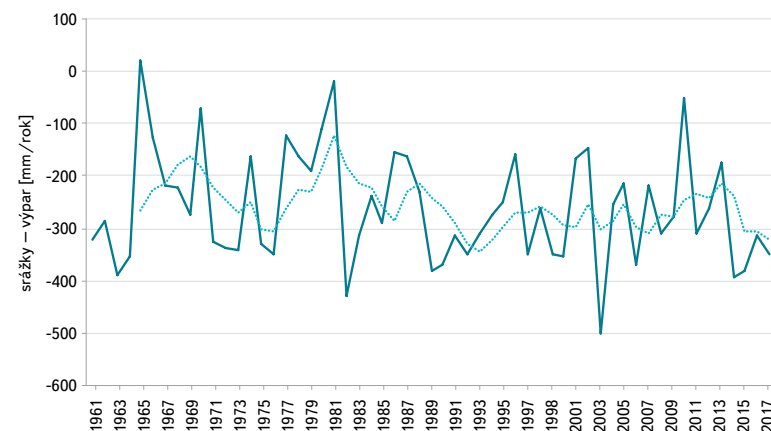
podstatně nižší a výpar z vodní hladiny vyšší, vodní bilance je tedy více deficitní. Na základě pozorovaných srážkových úhrnů od roku 1961 a výparu z vodní hladiny vypočteného na základě pozorované teploty vzduchu se roční deficit srážky – výpar pohybuje v posledních letech okolo hodnoty -300 mm/rok, jak je patrné z obr. 13.

Z porovnání pozorovaných hodnot výparu plovoucím výparoměrem na jezeře Most a dat z výparoměrné stanice Hlasivo (obr. 14) pro období 13. 7. 2017 (začátek místního pozorování) až 31. 10. 2017 je vidět vysoká míra shody v letních měsících a vyšší výpar z vodní hladiny jezera Most v měsících září a říjen. Tento rozdíl je způsobený rozdílem teploty vody, kdy si jezero drží vyšší teplotu než malý výparoměr, který na změny teploty vzduchu reaguje téměř okamžitě [8]. Navíc výpar z jezera je více ovlivněn rychlostí větru.

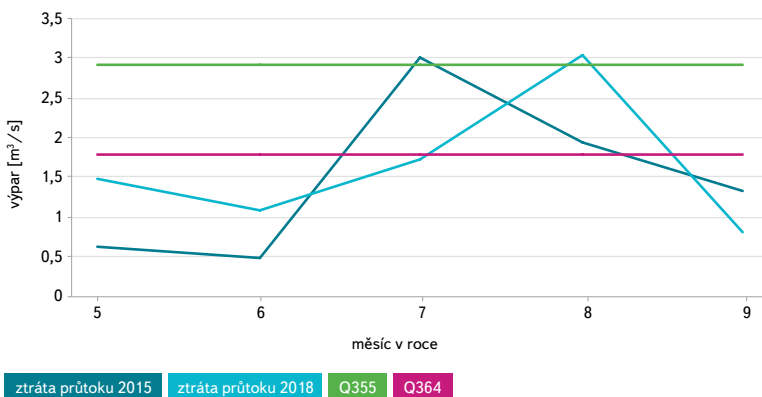
V letech 2016 a 2017 byl na lokalitě jezera Most vypočítán výpar z vodní hladiny v rozmezí 700–900 mm za rok. V období let 1961 až 2017 docházelo ke zvyšování průměrné teploty vzduchu s průměrným gradientem 0,378 °C za 10 let, což mělo za následek zvyšování průměrného výparu z vodní hladiny a zvyšování deficitu srážky – výpar. Nárůst teploty vzduchu pro oblast jezera Most do roku 2055 se očekává v rozmezí 0,27–0,37 za 10 let, roční srážkové úhrny zůstanou spíše stejné, lze proto očekávat další zvyšování vláhového deficitu ve prospěch ztrát vody. Tyto výsledky jsou převzaty z výzkumné zprávy Beran a kol. [8]. Pro představu lze uvést, že zvýšení průměrného denního výparu o 1 mm se rovná zvýšení úbytku vody na ploše jezera o přibližně 3 000 m³ vody za jeden den.



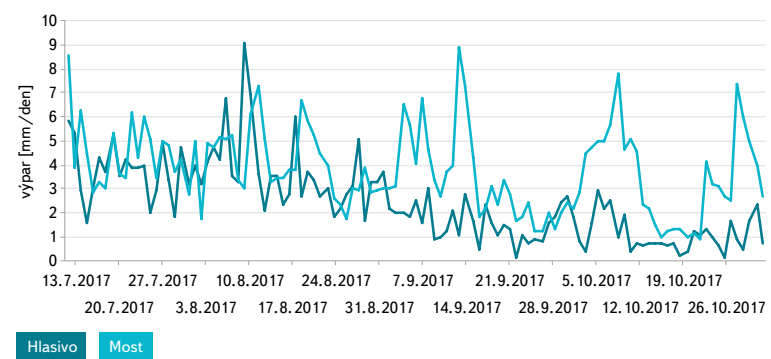
Obr. 11. Hydrogram průměrných denních průtoků na Lužnici v profilu Bechyně [3]
Fig. 11. Daily mean runoff (Lužnice, Bechyně) [3]



Obr. 13. Rozdíl srážky – výpar pro období 1961–2017 na jezeře Most (tečkovaně 5letý klouzavý průměr)
Fig. 13. Difference rainfall – evaporation in the period 1961–2017 in the area Lake Most (dotted 5-year moving average)



Obr. 12. Výpar z celkové plochy rybníků v povodí Lužnice nad Bechyní redukováný o srážky a převedený do měřítka průtoků v porovnání s Q_{355} a Q_{364}
Fig. 12. The evaporation of the total area of the ponds in the Lužnice catchment, reduced by precipitation and converted into a flow rate compared to Q_{355} and Q_{364}



Obr. 14. Porovnání pozorovaného výparu z plovoucího výparoměru na jezeře Most a ze stanice Hlasivo
Fig. 14. Comparison of observed evaporation from floating evaporator on Lake Most and from Hlasivo station

ZÁVĚR

Pokud malé vodní nádrže nebudou určeny pro nadlepšování průtoků v obdobích hydrologického sucha, což neumožňuje jejich využití k intenzivnímu chovu ryb, bude jejich efekt na odtok z povodí závislý na tom, zda v období sucha srážky, které na hladinu spadnou, jsou větší než výpar z hladiny. V opačném případě, tj. obvykle, rybníky v období sucha odtok z povodí vlivem intenzivního výparu zmenšují. Významný vliv na zvýšení srážek v bezprostředním okolí nebyl prokázán. Vliv výparu z vodních ploch na povodí Lužnice na celkový odtok z povodí je vlivem vysokého zastoupení vodních ploch značný. V letních měsících dosahuje ztráta vody výparem hodnoty 3 m³/s, což se v profilu Bechyně rovná průtoku Q₃₅₅. Pozitivní vliv na mikroklima a estetické funkce krajiny nebyly v rámci příspěvku řešeny.

Pro zajímavost, byly vyhodnoceny měřené hodnoty výparu z výparoměrné stanice v Praze-Podbabě za období 28. 3.–28. 4. 2019, kdy byla průměrná teplota vzduchu 11 °C a spadlo pouhých 9 mm srážek. Za toto období se vypařilo 56 mm, což v případě podobného průběhu počasí v dalších měsících může mít za následek další rekordní rok z pohledu ztrát vody výparem.

I přes nejistoty spojené s modelováním klimatu v budoucích časových horizontech lze, na základě dosavadního vývoje klimatu ČR v posledních letech, jednoznačně potvrdit zvyšování průměrné roční teploty vzduchu, což má vzhledem ke stagnující velikosti srážkových úhrnů významný vliv na výslednou bilanci výpar-srážkový úhrn. Při plánování hydrických rekultivací na územích po povrchové těžbě je třeba s těmito fakty počítat, jelikož ztráty vody výparem jsou na velkých vodních plochách značné.

Poděkování

Příspěvek byl prezentován na konferenci Rybníky 2019 (13. 6. 2019–14. 6. 2019, Praha). Problematika jezera Most byla řešena v rámci výzkumného úkolu pro objednatel Palivový kombinát Ústí, s. p. (obj. OV-13.65.00-18-0460). Výsledky studie byly prezentovány na konferenci SMART REGION FÓRUM Ústeckého kraje SMART VODA (25. 4. 2019 Chomutov).

Literatura

- [1] BERAN, A. a HANEL, M. Definování zranitelných oblastí z hlediska nedostatku vody na území České republiky. *Vodohospodářské technicko-ekonomické informace*, 2015, roč. 57, č. 4–5, s. 21–24. ISSN: 0322-8916.
- [2] HANEL, M., BERAN, A. a KAŠPÁREK, L. Definování zranitelných oblastí z hlediska nedostatku vody na území České republiky. *Vodohospodářské technicko-ekonomické informace*, 2015, roč. 57, č. 4–5, s. 21–24. ISSN: 0322-8916.
- [3] DAŇHELKA, J. a kol. *Sucho v roce 2018 – Předběžné hodnocení*. Praha: ČHMÚ, 2019.
- [4] BERAN, A., FIALOVÁ, P., KOŽÍN, R., MELIŠOVÁ, E., BLOCHER, J.R. a BAŠTA, P. *Odvození vzorců pro výpočet výparu, využití dálkového průzkumu Země pro výpočet výparu*. Výzkumná zpráva projektu TJ01000196, 2019.
- [5] TOLASZ, R., BRÁZDIL, R., BULÍŘ, O., DOBROVOLNÝ, P., DUBROVSKÝ, M. a kol. *Atlas podnebí Česka*. Praha: Český hydrometeorologický ústav, 2007. ISBN 978-80-86690-26-1.
- [6] TRNKA, M. a kol. Bilanční hodnocení zdrojů a potřeb vody s ohledem na závlahové systémy. Výzkumná zpráva. Praha: CzechGlobe, ČHMÚ, SPÚ, VÚV TGM, 2017.
- [7] BIERKENS, M. and VAN DEN HURK, B. Feedback mechanisms: precipitation and soil moisture. In: Bierkens, M.F.P., Dolman, A.J., Troc, h P.A. (eds.) *Climate and the hydrological cycle*. IAHS Special publication, Mangalore, 2008.
- [8] BERAN, A., KAŠPÁREK, L. a VIZINA, A. *Model průběhu meteorologických veličin pro oblast jezera Most do roku 2050*. Výzkumná zpráva. Praha: VÚV TGM, 2018.

Autoři

Ing. Adam Beran, Ph.D.¹

✉ adam.beran@vuv.cz

Ing. Ladislav Kašpárek, CSc.¹

✉ ladislav.kasperek@vuv.cz

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

✉ adam.vizina@vuv.cz

Mgr. Petra Šuhájková^{1,2}

✉ petra.suhajkova@vuv.cz

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

²Fakulta životního prostředí, Česká zemědělská univerzita v Praze

Příspěvek prošel lektorským řízením.

WATER LOSS BY EVAPORATION FROM FREE WATER SURFACE

BERAN, A.¹; KASPAREK, L.¹; VIZINA, A.^{1,2}; SUHAJKOVA, P.^{1,2}

¹TGM Water Research Institute, p.r.i.

²Faculty of Environmental Sciences, Czech University of Life Sciences Prague

Keywords: evaporation from a free water level – total runoff – hydric recultivation

Evaporation from free water surface is one of the important factors affecting the total water balance of a catchment. Since direct measurement of evaporation is complicated, evaporation is in practice often calculated using formulas based on common meteorological variables. The paper introduces of evaporation from free water surface on the total runoff from the Lužnice river basin, which is characterised by many ponds. Also, the effect of breeding ponds that may, under certain conditions considerably contribute to hydrological drought is demonstrated.