# Metodický postup pro posouzení dopadů malých vodních nádrží na hydrologickou bilanci a vodní zdroje

**Adam Beran, Josef V. Datel, Václav David, Adam Vizina, Pavel Treml, Roman Kožín, Radovan Tyl**

***METODICKÝ POSTUP***

*Praha 2022*

# Metodický postup pro posouzení dopadů malých vodních nádrží na hydrologickou bilanci a vodní zdroje

**Metodický postup**

**Adam Beran, Josef V. Datel, Václav David, Adam Vizina, Pavel Treml, Roman Kožín, Radovan Tyl**

---

*Praha, červen 2022*

**Autoři:**

**Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, v. v. i.**
Ing. Adam Beran, Ph.D., RNDr. Josef V. Datel, Ph.D., Ing. Adam Vizina, Ph.D., Mgr. Pavel Treml, Ing. Roman Kožín

**České vysoké učení technické, Fakulta stavební**
Ing. Václav David, Ph.D.

**Český hydrometeorologický ústav**
Ing. Radovan Tyl, Ph.D.

**Zástupce zadavatele:**
Ing. Josef Reidinger
Ministerstvo životního prostředí ČR

**Oponenti:**
doc. Ing. Petr Máca, Ph.D.
Česká zemědělská univerzita v Praze, Fakulta životního prostředí, Kamýcká 1176, 165 00 Praha - Suchdol

RNDr. Renáta Kadlecová
Česká Geologická Služba, Klárov 3, 118 21 Praha 1

Financováno na základě projektu TAČR Beta2 TITSMZP809 Vliv malých vodních nádrží na hladinu podzemních vod a celkovou hydrologickou bilanci s důrazem a suchá období řešeného v letech 2019 až 2022.

Metodický postup pro posouzení dopadu malých vodních nádrží (MVN) na hydrologickou bilanci a vodní zdroje je výstupem projektu TITSMZP809.

Předložený metodický postup charakterizuje indikátory posouzení vlivu MVN na hydrologickou bilanci a lze jej doporučit pro posouzení budoucích i stávajících MVN, zejména z hlediska dopadu MVN na hydrologickou bilanci a vodní zdroje v okolí MVN (pro rozhodování o podpoře výstavby, obnovy a posouzení pozitivních a negativních vlivů MVN).
Předpoklad uplatnění je ve státní správě (např. vodoprávní úřady), u vlastníků a subjektů spravujících MVN a autorizovaných osob zpracovávající posuzování vybraných MVN.

Výsledná verze je volně ke stažení z webových stránek MŽP, webových stránek projektu a www.suchovkrajine.cz.

# *Obsah*

Obsah ..... 5
1. Úvod ..... 6
2. Popis jednotlivých částí posouzení vhodnosti umístění MVN ..... 8
2.1. Úvodní informace ..... 8
2.2. Hodnocení dílčích dopadů ..... 8
2.2.1. Vhodnost MVN z pohledu využití MVN a jejího dopadu na okolí ..... 8
2.2.2. Velikost plánovaných odběrů vody ..... 9
2.2.3. Vliv vstupů a výstupů hydrologické bilance na MVN ..... 10
2.2.3.1. Přítok vody do MVN ..... 10
2.2.3.2. Odtok vody z MVN ..... 10
2.2.3.3. Srážky, výpar a další meteorologické veličiny ..... 11
2.2.3.4. Podzemní voda ..... 16
2.2.3.5. Období pro hodnocení dat ..... 18
2.2.4. Vliv okolních aspektů ..... 18
3. Souhrnné hodnocení pozitivních a negativních dopadů MVN ..... 19
3.1. Zhodnocení pozitivních aspektů ..... 19
3.2. Zhodnocení negativních aspektů ..... 19
3.3. Zhodnocení nulové varianty ..... 20
3.4. Doporučení vhodnosti MVN ..... 20
4. Zdroje ..... 21
Přílohy ..... 21
Příloha 1 ..... 21
Příloha 2 ..... 21

# *1. Úvod*

Realizace (obnova) vodní nádrž (MVN) se plánuje vždy s konkrétním účelem - např. k ochraně před povodněmi, rekreaci, chovu ryb, závlahám, jako požární nádrž, nádrž na akumulaci vody pro průmysl nebo energetiku, či retenci vody pro ostatní účely (technické zasněžování apod.). Konkrétním účelem může ovšem být pouze retence vody v krajině nebo vytvoření vodní plochy v krajině s účelem rozšíření biodiverzity.

Navrhování, výstavba, rekonstrukce a provoz MVN se řídí normou ČSN 75 2410 (752410) Malé vodní nádrže. Podle zmíněné normy se jedná o MVN, pokud jsou splněny následující podmínky:

a) objem nádrže po vodní hladinu ovladatelného prostoru není větší než 2 mil. $m^3$

b) největší hloubka nádrže nepřesahuje 9 m.

Před samotným procesem povolení výstavby (resp. obnovy) MVN je potřeba zvážit:

- posouzení klimatických veličin (srážky, výpar, sluneční svit, teploty vzduchu), zda je reálné a efektivní MVN v dané lokalitě vybudovat/provozovat – aby MVN plnila svůj účel a nevysychala
- posouzení hydrologických poměrů (N-leté průtoky – takový průtok, který je dosažen nebo překročen v dlouhodobém průměru jednou za N-let – $Q_1$, $Q_2$, …; M-denní průtoky – označuje průtok, který je v dlouhodobém průměru dosažen nebo překročen po dobu M dní v roce – $Q_{30d}$, $Q_{355d}$ apod.; průměrné průtoky - $Q_a$) – aby se MVN naplnila a významně negativně neovlivnila hydrologickou bilanci vodního toku
- posouzení hydrogeologických poměrů dané lokality – zda nebude docházet k vysokým ztrátám vody do podloží MVN, jak ovlivní výšku hladiny podzemní vody v okolí, zda a jak ovlivní případné podzemní vodní zdroje v okolí MVN.

Posouzení vhodnosti realizace MVN je rozděleno do 4 částí:

1) V úvodu je na schematické mapce zobrazena poloha MVN a představen hlavní účel budované MVN.
2) Druhá část se zabývá problematikou vhodnosti MVN pro danou lokalitu z pohledu plánovaného využití MVN a jejího dopadu na okolí, analyzuje velikost plánovaných odběrů vody a rozebírá vliv jednotlivých vstupů a výstupů hydrologické bilance na MVN.
3) Třetí část sumarizuje pozitivní a negativní dopady MVN a obsahuje hodnocení nulové varianty (zachování současného stavu).
4) Ve čtvrté části je uvedeno doporučení, jakým způsobem rozhodnout o vhodnosti MVN. Jsou uvedeny hlavní důvody, proč výstavbu (či obnovu) MVN doporučit nebo zamítnout. V případě nejednoznačných podkladů mohou být doporučeny další odborné podklady pro hodnocení vlivu MVN. Na závěr čtvrté části je jednoslovně uvedeno, zda je MVN vhodná (možnosti: ano, ne, požadovány další odborné podklady).

Číselné podklady metodického postupu se zpracovávají v měsíčním časovém kroku. Délka zpracovávané řady klimatických a hydrologických dat by měla být alespoň 30 let. Pokud není výše uvedená řada dat k dispozici, je vhodné použít řady klimatických a hydrologických dat s minimální délkou alespoň 10 až 15 let. Záleží na dostupnosti dat, zejména hydrologická data mohou být hůře dostupná. Časové řady je možné získat pro daný vodní útvar na portálu hamr.chmi.cz. V některých

případech bude nutné se omezit pouze na hodnoty N-letých průtoků, m-denních průtoků a průměrných dlouhodobých průtoků (základní hydrologické údaje).

Součástí metodického postupu jsou dvě přílohy. První příloha představuje příklady aplikace metodického postupu v podobě případových studií. Druhou přílohou je popis práce se softwarovým nástrojem MAVONA.

Předmětem metodického posouzení je dopad MVN na hydrologickou bilanci a vodní zdroje v jejím nejbližším okolí. Metodický postup se nezabývá problematikou, jež není v dokumentu popsána, nicméně je nutné jí brát v úvahu. Jedná se například o možný vliv oteplování vody v MVN a následně pod profilem hráze, transport sedimentů, jehož přerušení může mít kladné i záporné efekty, vyčíslení hodnoty pozemku pod MVN podle bonitace půdy a důsledky vzniklé její ztrátou, bezprostřední vliv na mikroklima okolí MVN atd.

# *2. Popis jednotlivých částí posouzení vhodnosti umístění MVN*

## 2.1. Úvodní informace

V této části se slovně uvede hlavní plánovaný účel MVN, popřípadě další možné účely MVN. Jsou zde i odkazy na tabulky s parametry MVN a obrázek, z něhož je patrná poloha MVN.

## 2.2. Hodnocení dílčích dopadů

### 2.2.1. Vhodnost MVN z pohledu využití MVN a jejího dopadu na okolí

Tato část obsahuje základní údaje o povodí a posuzované MVN a vyjmenovává účely, pro které je MVN určena.

Tabulka 1 shrnuje základní údaje o povodí, kde je MVN navrhována.

Tabulka 2 obsahuje základní číselné údaje o MVN.

Tabulka 3 hodnotí plánované účely MVN. MVN může být víceúčelová, proto se možnému využití MVN přiřadí bodová váha od 0 do 10 [(1)]. Váha 10 se užije pouze v případě, že je MVN budována pouze za jedním dominantním účelem a využití pro ostatní účely je zanedbatelné. Je-li nádrž víceúčelová, přiřadí se hlavním účelům bodová škála mezi 8 a 9. Pokud je daný účel doplňkový, přiřadí se váha v rozmezí od 5 do 7. Hodnotami od 1 do 4 se ohodnotí účely, pro které lze MVN teoreticky využít, ale toto užití se nepředpokládá a 0 značí, že se pro daný účel MVN nehodí. Ve sloupci „Využití k danému účelu“ se pro bodové ohodnocení 5 až 10 zvolí položka ANO, pro hodnoty 0 až 4 položka NE. Položky v tabulce 3 jsou návrhem nejčastěji hodnocených využití MVN, není nutné se vyjadřovat ke všem, pouze k relevantním pro konkrétní MVN.

Tabulka 1 Základní údaje o povodí:

| **Základní údaje o povodí** | **hodnota** | **jednotky** |
|---|---|---|
| **Název vodního toku:** | | |
| **Rozloha povodí:** | | [$km^2$] |
| **Průměrný průtok:** | | [$m^3/s$] |
| **Roční úhrn srážek:** | | [mm/rok] |
| **Roční výpar:** | | [mm/rok] |
| **Roční vláhová bilance (srážky – výpar):** | | [mm/rok] |

[1] Postup bodového ohodnocení jednotlivých účelů je pouze ukázka možného postupu. Bodová škála je na každém posuzovateli, jakou si zvolí. Stejně tak je na každém posuzovateli, jakou váhu přiřadí jednotlivým posuzovaným bodům. Není možné v metodickém postupu zobecnit, jelikož při posuzování MVN musí být zohledněny specifické potřeby dané oblasti apod. Stejně tak platí, že posuzování MVN je zčásti subjektivní záležitostí.

Tabulka 2 Základní údaje o chystané MVN:

| Základní údaje MVN | hodnota | jednotky |
|---|---|---|
| **Plocha** | | [$m^2$] |
| **Objem** | | [$m^3$] |
| **Plánované odběry vody** | | [$m^3$/rok] |
| **Přítok vody do MVN** | | [$m^3$/s] |
| **Odtok vody z MVN** | | [$m^3$/s] |
| **Požadovaný minimální zůstatkový průtok** | | [$m^3$/s] |

Tabulka 3 Plánované využití MVN:

| Plánované využití MVN | Využití k danému účelu | | Bodové hodnocení využití (0 až 10) |
|---|---|---|---|
| **Akumulace vody pro závlahy** | ANO | NE | |
| **Ochrana před povodněmi** | ANO | NE | |
| **Akumulace vody pro chov ryb** | ANO | NE | |
| **Akumulace vody pro průmysl** | ANO | NE | |
| **Akumulace vody pro energetiku (chlazení elektráren apod.)** | ANO | NE | |
| **Akumulace vody pro výrobu elektrické energie (malé vodní elektrárny)** | ANO | NE | |
| **Zásobování pitnou vodou** | ANO | NE | |
| **Akumulace vody pro rekreaci** | ANO | NE | |
| **Akumulace vody pro nadlepšování průtoků v době sucha** | ANO | NE | |
| **Akumulace vody pro hašení požárů (požární nádrž)** | ANO | NE | |
| **Akumulace vody pro účely technického zasněžování** | ANO | NE | |
| **Akumulace vody pro ostatní účely (uvést)** **……..** **……** | ANO | NE | |

### 2.2.2. Velikost plánovaných odběrů vody

V této části bude uvedena velikost plánovaných odběrů vody a tyto požadavky zdůvodněny. Požadavky na odběry vody musí odpovídat hydrologickým poměrům toku a hydrologické bilanci povodí nad MVN. Realizované odběry vody nesmí zásadním způsobem negativně ovlivnit vodnost toku. V případě požadavku vodoprávního úřadu (příp. pro vlastní potřebu) se zpracovává manipulační řád (§ 59 odst. 3 zákona č. 254/2001 Sb. – vodní zákon). Náležitosti zpracování manipulačního řádu nejsou součástí této metodiky.

Součástí kapitoly s názvem Velikost plánovaných odběrů vody je výpočet celkové doby, za kterou by se MVN naplnila, pokud by v ní nebyla žádná voda.

### 2.2.3. Vliv vstupů a výstupů hydrologické bilance na MVN

Velikost zvažovaných odběrů vody je závislá na velikosti hydrologické bilance povodí MVN – zejména na přítoku a odtoku vody z MVN. Dále bilanci MVN ovlivňují místní klimatické poměry a interakce mezi MVN a podzemní vodou.

#### 2.2.3.1. Přítok vody do MVN

Přítok vody do MVN je nejvýznamnějším ukazatelem, jenž ovlivňuje dostatek vody pro udržení požadované hladiny v nádrži. Ta tedy musí být postavena na dostatečně vydatném toku, aby mohl být potřebný (zásobní) objem naplněn. Účel i využití MVN musí odpovídat velikosti přítoku, který zajistí možnost využití zásobního prostoru MVN po celý rok (resp. v období, v rámci něhož se bude voda akumulovat a využívat) při výskytu obvyklých průtoků. Kromě MVN na vodním toku existují i MVN na akumulaci vody z přívalových srážek či akumulaci vody z tajícího sněhu. Tyto MVN jsou (resp. měly by být) napouštěny především při velkých průtocích po přívalových srážkách nebo tání sněhu.

V rámci hodnocení se uvede slovní hodnocení variability průtoků během roku. V tabulce 4 se uvedou základní charakteristiky průtoků a na obrázku zobrazí průběh průtoků za období, z něhož jsou dostupná data (viz. kapitola 2.4.5.).

Tabulka 4 Základní charakteristiky průtoků

| Veličina | Hodnota | Jednotka |
|---|---|---|
| **Průměrný průtok ($Q_a$)** | | [$m^3/s$] |
| **Nejnižší průtok ($Q_{min}$)** | | [$m^3/s$] |
| **$Q_{355d.}$** | | [$m^3/s$] |
| **$Q_{330d.}$** | | [$m^3/s$] |
| **$Q_{300d.}$** | | [$m^3/s$] |
| **$Q_{270d.}$** | | [$m^3/s$] |
| **Medián ($Q_{med}$)** | | [$m^3/s$] |
| **$Q_{30d.}$** | | [$m^3/s$] |
| **$Q_1$** | | [$m^3/s$] |
| **$Q_5$** | | [$m^3/s$] |
| **Nejvyšší průtok ($Q_{max}$)** | | [$m^3/s$] |

#### 2.2.3.2. Odtok vody z MVN

Odtok vody z MVN je množství vody, o které se sníží objem vody v MVN, když odtéká voda z MVN. Za předpokladu, že je velikost ostatních členů hydrologické bilance (výpar, srážky, interakce s podzemní vodou, apod.) zanedbatelná, dochází k napouštění MVN, je-li menší odtok vody z MVN než je přítok do MVN, a naopak, je-li větší odtok vody z MVN, objem vody v MVN klesá.

Odtok vody z MVN je v některých případech řešen tzv. manipulačním řádem MVN (viz. zákon č. 254/2001 Sb. - vodní zákon, a vyhláška MZe č. 216/2011 Sb., o náležitostech manipulačních řádů a provozních řádů vodních děl).

Minimální velikost odtoku z MVN bývá určena limity pro zachování minimálního zůstatkového průtoku pod MVN - s ohledem na zachování podmínek pro živé organismy, hygienickou funkci toku, či další využití vody níže po toku (průmysl, vodní elektrárny apod.).

V této části se popíše, jakým způsobem se bude lišit průtok pod MVN oproti přítoku do MVN s ohledem na účel výstavby (resp. obnovy) MVN.

### 2.2.3.3. Srážky, výpar a další meteorologické veličiny

Srážky, výpar a další meteorologické veličiny se spolupodílejí na přírůstku či úbytku množství vody v MVN. Význam těchto veličin roste s rozlohou MVN a u některých se snižuje s hloubkou v MVN. Vliv meteorologických veličin na množství vody v MVN je buď přímý (naprší voda, odpaří se voda) nebo nepřímý (větší srážky způsobují větší přítok). Nepřímo tyto charakteristiky ovlivňují množství vody přitékající do MVN.

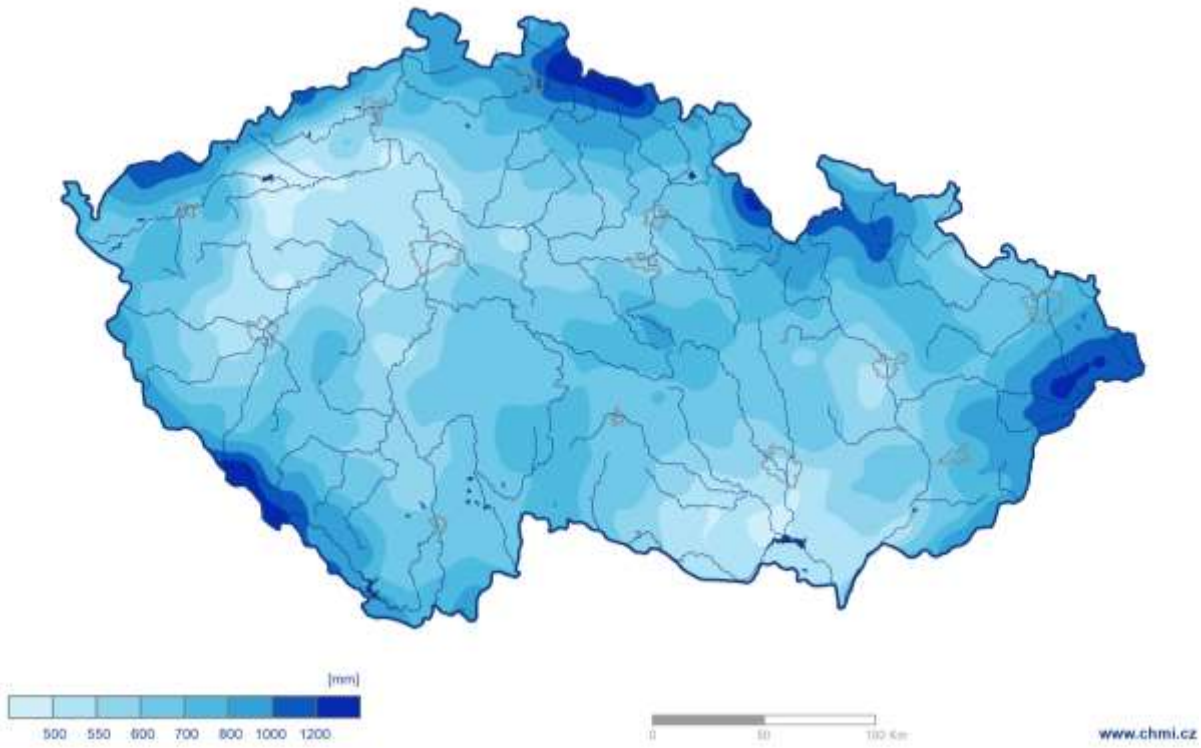
Jiné dopady na bilanci MVN jsou v nížinných polohách, kde jsou zpravidla nižší srážky a vyšší výpar, a jiné ve vyšších nadmořských výškách, kde naopak bývají vyšší úhrny srážek a nižší výpar.

#### *Srážky*

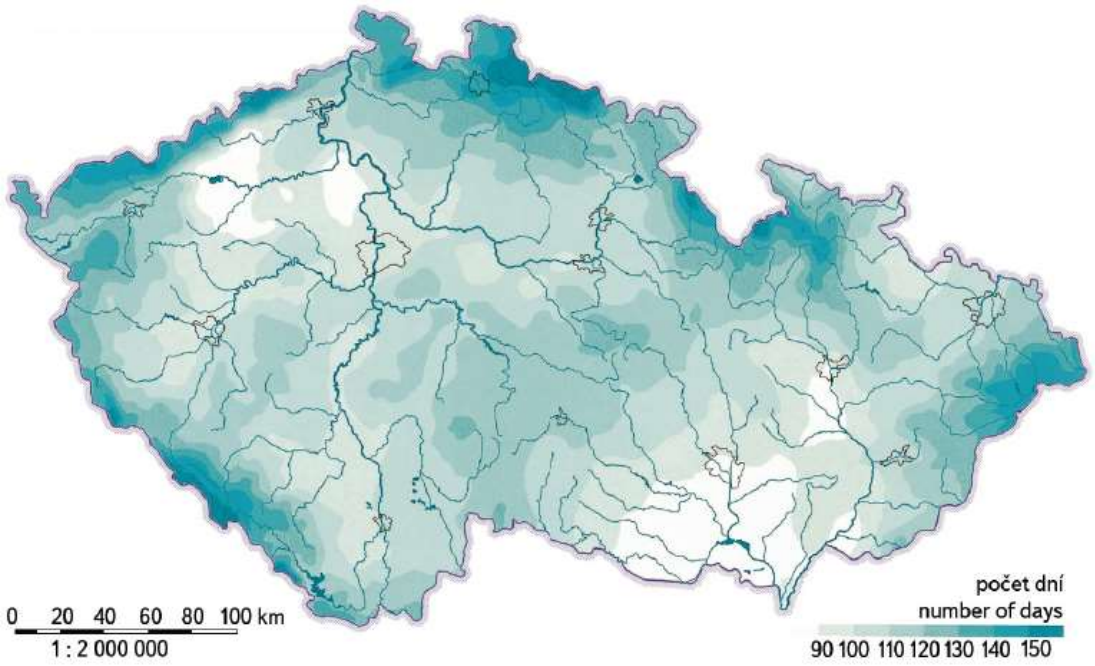
Nejvýznamnější meteorologickou veličinou, která ovlivňuje množství vody v toku, z něhož přitéká voda do MVN, je úhrn srážek. Pokud v oblasti (povodí), z něhož do MVN přitéká voda, neprší (případně netaje sníh), jsou malé průtoky na přítoku do MVN.

Přímý vliv srážek (vyjma přívalových či dlouhodobějších) v rámci plochy MVN na zvýšení průtoku pod nádrží zpravidla není příliš patrný.

Rozložení průměrných ročních úhrnů srážek z území České republiky (ČR) je zobrazeno na obrázku 1. Obrázek 2 pak zachycuje průměrný roční počet srážkových dní s úhrnem vyšším než 1 mm.




Obrázek 1 Průměrný roční úhrn srážek v mm za období 1981–2010 (Zdroj: Český hydrometeorologický ústav/ČHMÚ, 2021b)




Obrázek 2 Průměrný roční počet srážkových dní s úhrnem vyšším než 1 mm za období 1961-2000 (Zdroj: Tolasz a kol., 2007)

V této části posouzení dopadu MVN se popíše variabilita srážek na povodí, včetně uvedení extrémů (nejnižší a nejvyšší srážky). Kromě slovního popisu je součástí posouzení i graf se zobrazením průběhu srážek za hodnocené období.

### *Výpar*

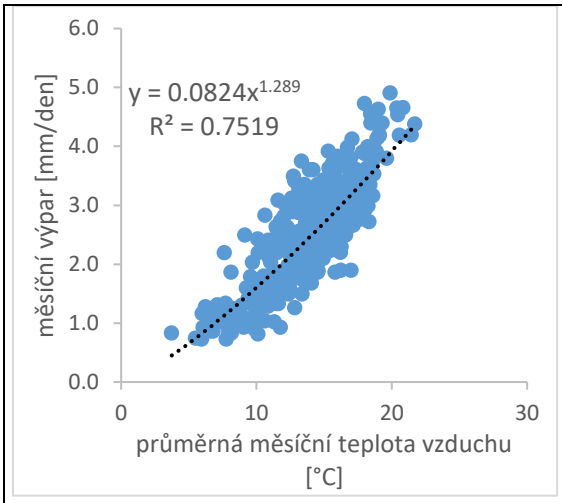
Výpar je meteorologický prvek vyjadřující množství vody, které se za určitou dobu vypaří z nejrůznějších povrchů (evaporace) popř. i prostřednictvím rostlinných těl (transpirace) nebo oběma způsoby (evapotranspirace). Rozlišuje se výpar potenciální (maximálně možný) a výpar skutečný (aktuální, efektivní). Vyjadřuje se obdobně jako úhrn srážek výškou vodního sloupce v mm. Ztráta vody výparem představuje jednu z hlavních složek hydrologické bilance a významně ovlivňuje tepelnou bilanci zemského povrchu a přilehlého vzduchu (ČMeS, 2022).

Při posuzování MVN se uplatňuje tzv. výpar z vodní hladiny, který představuje úbytek vody z plochy MVN. Zjednodušeně lze říci, že výpar z vodní hladiny je stejný jako potenciální evapotranspirace, neboť voda k vypařování je stále dostupná Závisí zejména na teplotě vzduchu, vlhkosti vzduchu, rychlosti větru a v případě MVN i teploty vody v MVN. S rostoucí hodnotou teploty vzduchu výpar roste. Při teplotách vzduchu do 10 °C lze hodnotu výparu považovat za zanedbatelnou.

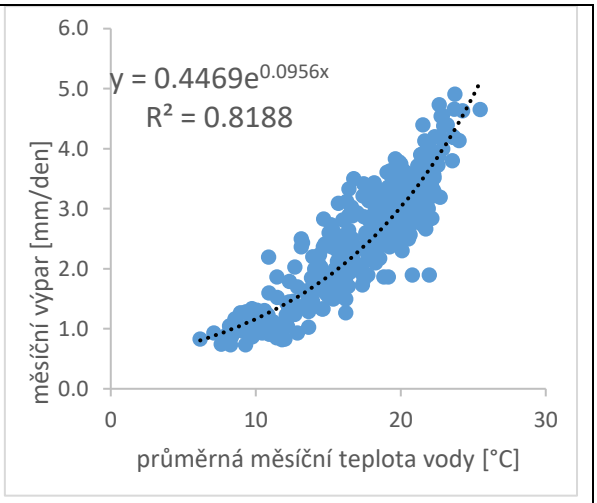
Výpar lze stanovit s využitím rovnic, které byly odvozeny na základě empirických vztahů mezi výparem a veličinami, na nichž hodnota výparu závisí. Empirické vztahy pro výpočet výparu z vodní hladiny z hodnot teploty vzduchu, teploty vody, průměrné denní radiace, relativní vlhkosti vzduchu a rychlosti větru, resp. kombinace těchto veličin odvodila Šuhájková a kol. (2019). Uvedla 16 různě složitých a datově náročných vzorců pro výpočet výparu z vodní hladiny, včetně možné chyby daného vzorce. Na obrázku 3 je ukázána závislost výparu z vodní hladiny na teplotě vzduchu, jenž je nejvýznamnější veličinou, která velikost výparu ovlivňuje. Dále je ukázán vztah mezi výparem z vodní hladiny a sluneční radiací, teplotou vody a relativní vlhkostí vzduchu. Na obrázku 3 jsou uvedeny i vzorce pro výpočet výparu z vodní hladiny z průměrné měsíční hodnoty teploty vzduchu, teploty vody, relativní vlhkosti vzduchu a hodnoty sluneční radiace.

Pro usnadnění výpočtu výparu z vodní hladiny ze vzorců uvedených Šuhájkovou a kol. (2019) byla vytvořená webová aplikace s názvem EvaporEst, která je k dispozici na webové adrese https://shiny.fzp.czu.cz/EvaporEst/.

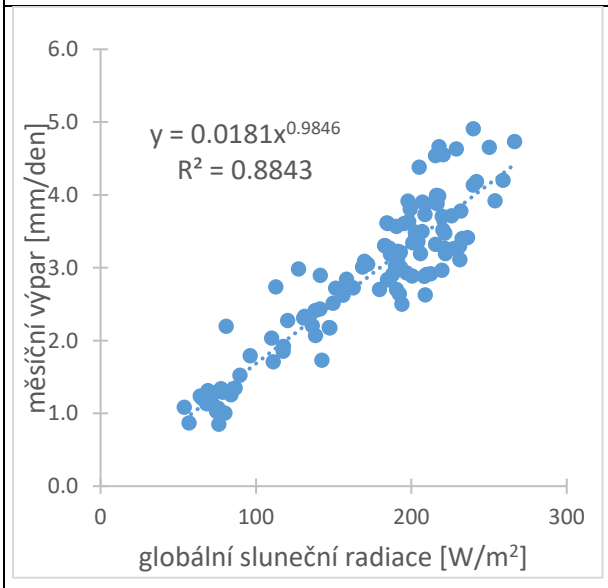
Velikost průměrných hodnot ročního úhrnu výparu z vodní hladiny na území ČR je znázorněna na obrázku 4.



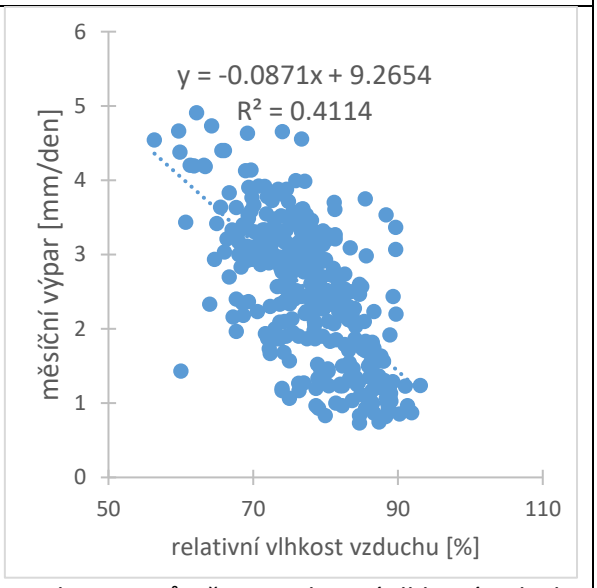

Vztah mezi průměrnou měsíční teplotou vzduchu a výparem z vodní hladiny od roku 1957–2018




Vztah mezi průměrnou měsíční teplotou vody ve výparoměru a výparem z vodní hladiny od roku 1957–2018

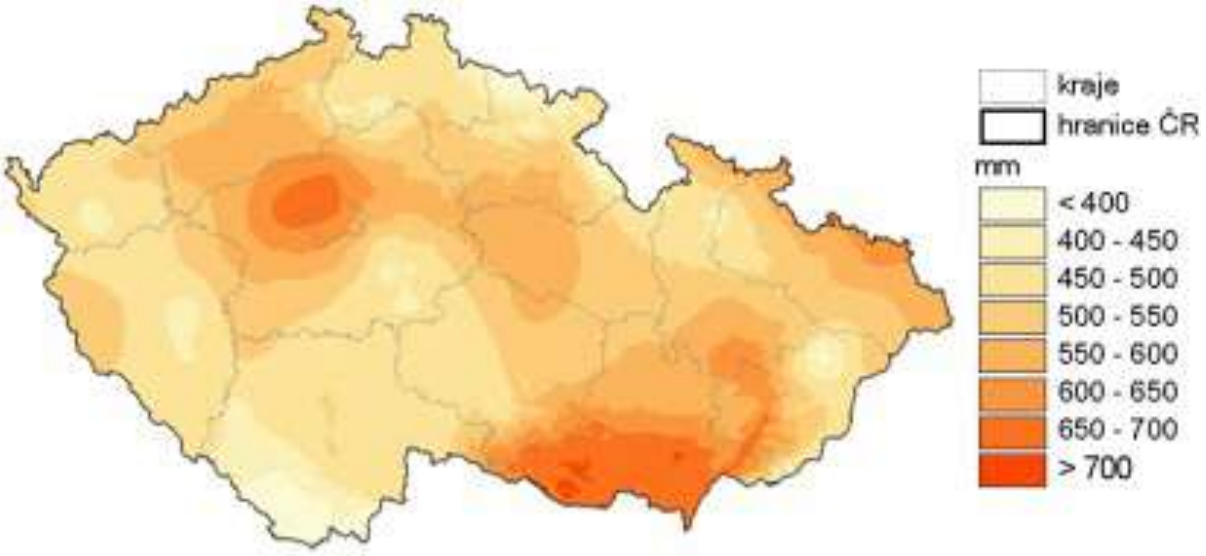



Závislost výparu z vodní hladiny na globální sluneční radiaci (1999–2018)




Vztah mezi průměrnou relativní vlhkostí vzduchu a výparem z vodní hladiny od roku 1965–2018

Obrázek 3 Závislost mezi výparem z vodní hladiny a průměrnou měsíční teplotou vzduchu, teplotou vody, relativní vlhkostí vzduchu a sluneční radiací v období 1957 (resp. 1965, resp. 1999) – 2018 na stanici Hlasivo (Zdroj: Šuhájková a kol, 2019)




Obrázek 4 Průměrný roční úhrn výparu z vodní hladiny v mm za období 1961-2000
(Zdroj: Tolasz a kol., 2007)

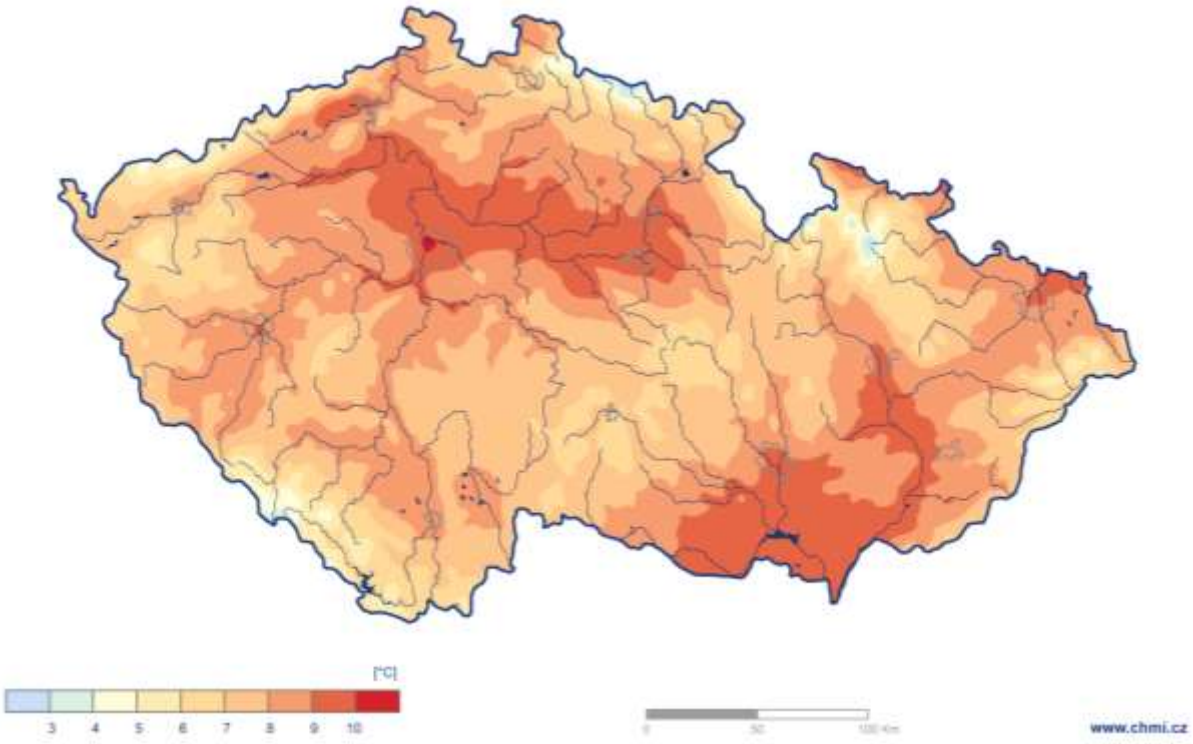
V této části posouzení dopadu MVN se popíše variabilita celkového výparu v povodí, včetně uvedení extrémů (nejnižší a nejvyšší výpar). Kromě slovního popisu je součástí posouzení i graf se zobrazením průběhu celkového výparu za hodnocené období.

### *Teplota vzduchu*

Teplota vzduchu je hlavní veličina, která ovlivňuje velikost výparu. S rostoucí teplotou vzduchu roste i výpar, a tím i ztráta vody v MVN.

Pokud v zimě leží sněhová pokrývka, přispívá rostoucí teplota k tání sněhu, což má za následek zvětšení průtoků v toku a tím i možnosti naplnění MVN vodou. Naopak u záporných hodnot teploty vzduchu (srážky padají ve formě sněhu v povodí a v této formě se v povodí akumulují) dochází ke zmenšení odtoku z území a možnosti naplnění MVN.

Velikost průměrných hodnot roční teploty vzduchu z území České republiky je zobrazena na obrázku 5.

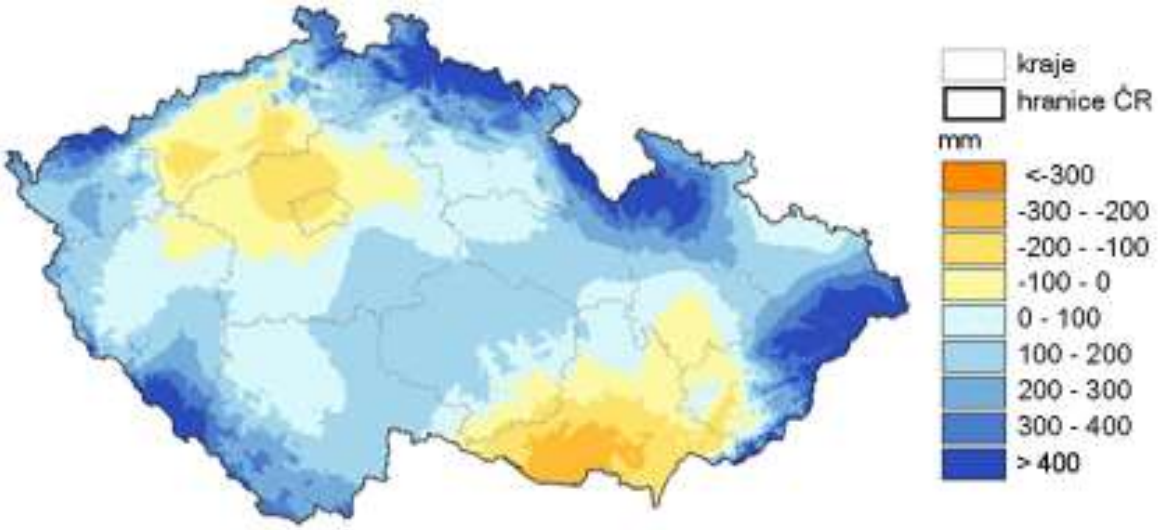



Obrázek 5 Průměrná roční teplota vzduchu ve °C na území České republiky za období 1981–2010 (Zdroj: ČHMÚ, 2021a)

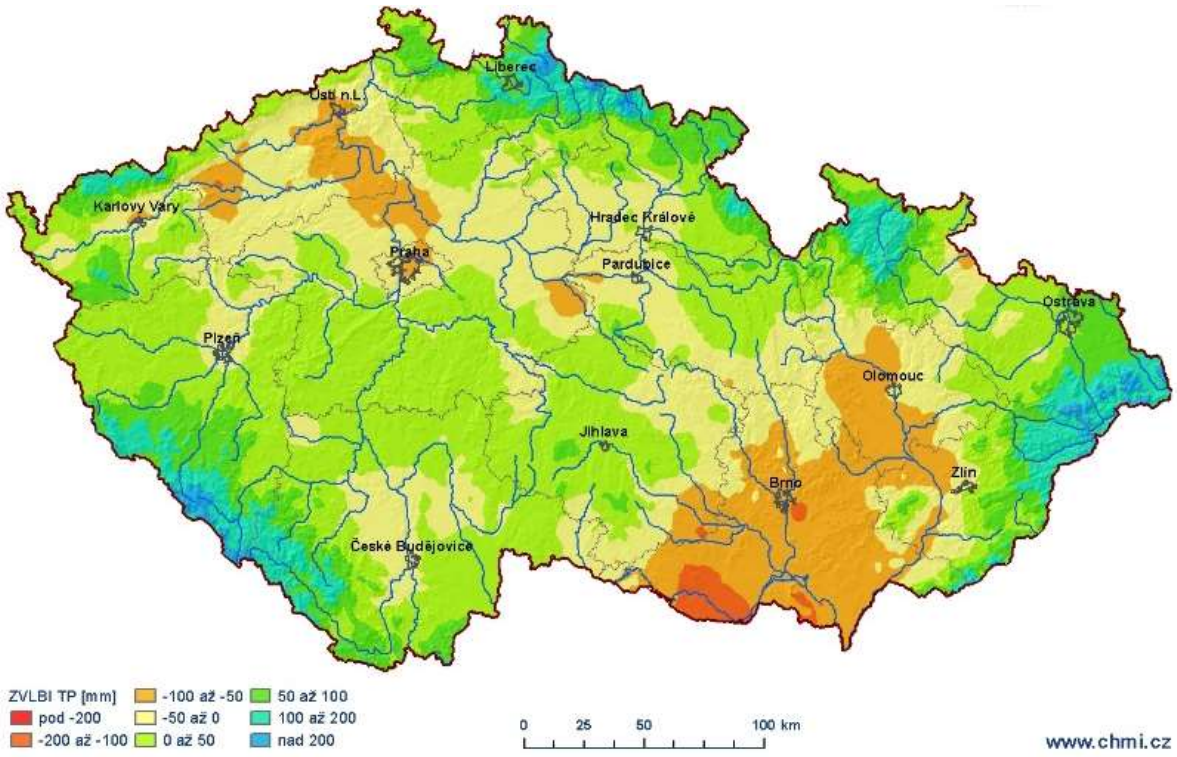
Teplota vzduchu ovlivňuje hydrologickou bilanci prostřednictvím výparu. U teploty vzduchu je součástí zprávy s posouzením vlivu na MVN graf se zobrazením průběhu teploty vzduchu za hodnocené období.

### *Vláhová bilance (rozdíl srážek a výparu)*

Pojem vláhová bilance označuje rozdíl mezi výškou srážek a výparem. Pokud je kladná, převládají srážky (a tím i odtok), pokud je záporná, převládá výpar. Kladná je v horských oblastech, záporná v nížinách. Dlouhodobé rozložení vláhové bilance je zobrazeno na obrázku 6. Příklad vláhové bilance pro travní porost pro konkrétní období (období březen až květen 2021) je ukázán na obrázku 7.




Obrázek 6 Průměrná roční vláhová bilance v mm za období 1961-2000 (Zdroj: Tolasz a kol., 2007)




Obrázek 7 Ukázka aktuální vláhové bilance travního porostu, úhrn za období od 1. 3. do 30. 5.2021 (Zdroj: ČHMÚ, 2021c)

Z pohledu spolehlivé funkce MVN je vhodné tyto stavby umisťovat do regionů s převažující roční kladnou vláhovou bilancí. V případě MVN postavené v oblasti s negativní vláhovou bilancí může výpar negativně ovlivnit množství akumulované vody v MVN. Je proto potřeba posoudit, zda díky kombinaci vysokého výparu a nízkého průtoku nemůže dojít k významnému zmenšení množství akumulované vody v MVN. Na druhou stranu může realizace MVN v oblastech s negativní vláhovou bilancí rozšířit možnosti v celkovém hospodaření s vodou v krajině. Mimo to jsou MVN v takovýchto oblastech naopak žádoucí v případě potřeby akumulace vody například pro potřeby závlah na zemědělských pozemcích. Obdobně jako u ostatních veličin je součástí zprávy s posouzením vlivu na MVN graf se zobrazením průběhu rozdílu srážek a výparu za hodnocené období.

### 2.2.3.4. Podzemní voda

Množství vody v MVN může ovlivnit i vzájemná interakce mezi podzemní a povrchovou vodou v MVN. Velikost interakce závisí na vzájemném poměru úrovně výšky hladiny podzemní vody v okolí vůči úrovni výšky hladiny povrchové vody v MVN, a také na propustnosti dna MVN. Vzdutí hladiny povrchové vody v MVN bude znamenat i vzdutí okolní hladiny podzemní vody, a tedy lokální zvýšení statických zásob mělké podzemní vody (většinou v kvartérních fluviálních, deluviofluviálních nebo deluviálních sedimentech).

Toto místní zvýšení hladiny podzemní vody se může projevit zvýšením hladiny podzemní vody v okolních studnách či mokřadech (většinou jde o pozitivní vliv, někdy je vliv ale i negativní, např. příliš velké zvýšení hladiny může mokřadní společenstva ohrozit), ale i zamokřením některých pozemků či základů staveb. V některých případech může dojít i ke snížení stability svahů (negativní vliv), zvláště pokud dojde k nárůstu hladiny podzemní vody ve spodní části svahů. Hladina podzemní vody nacházející se v okolí MVN mělce pod terénem je obvykle v hydraulické spojitosti s hladinou povrchové vody MVN. S kolísáním hladiny povrchové vody v MVN může být spojeno i výraznější kolísání hladiny podzemní vody v okolí MVN např. při vypuštění MVN (kdy může dojít dočasně k poklesu hladiny podzemní vody v bezprostředním okolí MVN). Kolem hráze MVN lze očekávat výrazný hydraulický

gradient hladiny podzemní vody (spád hladiny), což se může projevit ve větších rychlostech proudění a v riziku vyplavování materiálu z horninového podloží i z vlastního tělesa hráze (sufoze). Pečlivá příprava stavby MVN a s ní spojené průzkumné práce by se proto neměly omezovat jen na zmapování základních parametrů hydrologické situace povrchových a podzemních vod, ale dále i na identifikaci všech potenciálních pozitivních i negativních dopadů existence MVN a jejich vzájemné posouzení i v širších souvislostech, včetně případného návrhu opatření k eliminaci negativních vlivů při celkovém hodnocení MVN.

Z hlediska hydrologické bilance MVN může její existence přispívat pozitivně ke zvýšení množství podzemní vody v jejím okolí, neboť díky vzdutí hladiny MVN může docházet k dotaci podzemní vody. Tato dotace zvyšuje přírodní zdroje podzemních vod, jejichž část tvoří tzv. využitelné množství podzemních vod (např. odběrem). Na značné části území ČR (v nižších nadmořských výškách) jsou dlouhodobé úhrny srážek poměrně blízké velikosti potenciální evapotranspirace. Kromě retardace povrchového odtoku a propustnosti horniny, množství vody infiltrované do horninového prostředí závisí i na časovém průběhu srážek, teplot vzduchu a dalších meteorologických veličin. Dotace podzemní vody ze srážek je proto v průběhu roku proměnlivá, zpravidla s letními a podzimními minimy a jarními maximy.

Lze proto definovat dva základní režimy interakce povrchové a podzemní vody, které se v průběhu roku víceméně pravidelně střídají, v závislosti na variabilitě klimatických poměrů:

V období vyšších srážek a nižšího výparu je v důsledku vyšší infiltrace hladina podzemní vody vysoko, výše než hladina povrchové vody v MVN, do které se podzemní voda odvodňuje a tak dotuje zásobu povrchové vody v MVN (v našich podmínkách obvykle období březen – květen). V závislosti na době zdržení podzemní vody v mělkém kolektoru může tato dotace pokračovat i do teplých letních měsíců, a tak přispět k udržení a zpomalení poklesu hladiny vody v MVN v letním období.

V období vysokého výparu v důsledku vysokých teplot, kdy srážkové úhrny nepokrývají výpar, dochází k zaklesávání hladiny podzemní vody, v důsledku nízké dotace podzemní vody. Hladina podzemní vody v okolí MVN klesá, postupně se dostává do úrovně hladiny povrchové vody a přestává se do MVN odvodňovat (obvykle období srpen – říjen). Ve zvláštních případech může dojít až k poklesu hladiny podzemní vody pod úroveň hladiny povrchové vody v MVN (např. v důsledku intenzívního odběru podzemní vody pro zásobování obyvatel pitnou vodou, zavlažování apod.) – pak se začne uplatňovat tzv. břehová infiltrace, povrchová voda z MVN prosakuje dnem a břehy směrem do okolního horninového prostředí, kde je hladina podzemní vody níž než v MVN (za předpokladu, že břehy a dno MVN jsou propustné). Důsledkem je pak rychlejší pokles hladiny v MVN, než by odpovídalo pouze vlivu výparu. Tato nepříznivá situace je obvykle kompenzována podzimními a zimními srážkami (pokud jsou v kapalné formě), nebo táním sněhu na konci zimy spojeném s jarními dešti.

Toto pravidelné sezónní střídání obou režimů může být narušeno netypickým průběhem klimatických charakteristik:

Delší období sucha (zvláště suché zimy a nedostatek jarních srážek) se projeví nižším (až nulovým) podzemním odtokem vody (a tedy žádným přítokem podzemní vody do MVN či toku), což má obvykle fatální dopad i na množství vody v MVN a na povrchovém toku. Vysoký výpar z volné hladiny v teplých letních měsících může v období sucha akcelerovat pokles hladiny povrchové vody v MVN, což se následně (vlivem vyššího hydraulického gradientu mezi povrchovou a podzemní hladinou) projeví v rychlejším odtoku podzemní vody, a tedy i poklesem její hladiny. Podobný dopad bude mít i pokles hladiny v MVN vlivem intenzívních odběrů povrchové vody z MVN.

Na povrchovém toku se občas projeví i povodňové stavy, např. v důsledku vysokých srážek. Ty mohou způsobit extrémní nárůst hladiny vody v MVN (i v toku). Povrchová hladina se dostane výrazně výše než je hladina podzemní vody v okolí MVN, krátkodobě může dojít i k rozlivu vody na okolní pozemky. S tímto procesem je spojena zvýšená infiltrace povrchové vody do vody podzemní, což se projevuje v

nárůstu hladiny podzemní vody i dynamických přírodních jevů (zrychlení proudění podzemní vody). Po opadnutí povodňové vlny se pak zachycená infiltrovaná voda postupně se zpožděním vrací „drenáží“ zpět do toku či MVN.

Lze tedy konstatovat, že povrchová a podzemní voda bývá v místě MVN úzce propojeným systémem, vzájemně se ovlivňujícím. Tento vliv může být pozitivní i negativní (v případě, že jsou vyšší stavy v jedné části systému, příznivě se to odráží i v lepší situaci druhé části systému, a naopak - nižší stavy jedné části systému obvykle zhoršují i stav druhé části). Tyto dopady jsou obvykle časově zpožděny podle toho, jaká je doba zdržení podzemní vody v horninovém prostředí (u mělké podzemní vody lze průměrně počítat s dobou tohoto zdržení v týdnech až prvních měsících). Bilance povrchové a podzemní vody v místě MVN by proto měla zohledňovat tyto různé režimy a vodní stavy, jak ty pravidelně se opakující, tak i extremity, aby byla zajištěna optimální funkce MVN za různých hydrologických a klimatických podmínek.

Pro celkové zhodnocení interakce povrchové a podzemní vody v místě MVN jsou nezbytné mj. informace o hloubce hladiny podzemní vody. K jejich získání se použijí měření z existujících studní a vrtů v okolí, případně hladiny podzemní vody z mělké sondáže kolem hranic MVN, pokud je zastižena souvislá hladina podzemní vody. Měřená data se interpolují do plochy území s přihlédnutím k výškovým úrovním místních vodotečí a pramenů a se zřetelem k morfologii terénu lokality. Je vhodné ověřit, zda v lokalitě se zvažovanou realizací MVN existují režimní měření hladiny podzemní vody a jejích změn za různých hydrologických a klimatických stavů, ze kterých je možné získat i dobu zpoždění reakce mezi povrchovou a podzemní vodou. Z dalších potřebných informací lze uvést údaje o odběrech podzemní vody a vsakování přečištěných odpadních vod do vod podzemních. Vyhodnocení hydrogeologického režimu se pak provede komplexně s vyhodnocením hydrologických a klimatických dat v jejich vzájemné souvislosti, ideálně ve spolupráci hydrologa a hydrogeologa.

#### 2.2.3.5. Období pro hodnocení dat

Klimatická data by měla být minimálně v měsíčním časovém kroku, ideálně za referenční období 1991 - 2020. V případě neexistence dat z referenčního období 1991 - 2020 se zpracují data za referenční období 1981–2010. Období, z něhož jsou zpracovávaná časová data, musí být uvedeno ve studii posouzení vhodnosti MVN.

Minimální délka vyhodnocované časové řady musí být 10 let. Před samotným použitím dat je potřeba provést homogenizaci dat.

Délka hydrologických dat a dat o výšce hladin podzemních vod bude záležet na dostupnosti. Časové řady je možné pro daný vodní útvar získat od ČHMÚ nebo dlouhodobé průměry z portálu hamr.chmi.cz. V některých případech bude nutné se omezit pouze na hodnoty N-letých průtoků, m-denních průtoků a průměrných dlouhodobých průtoků. Pro daný profil vodního toku je možné je získat od ČHMÚ.

Řešení by mělo být provedeno pro jednotlivé měsíce zahrnující různé hydrologické stavy, podle dostupnosti dat.

### 2.2.4. Vliv okolních aspektů

Je potřeba zhodnotit i vliv MVN na okolí, resp. okolí na umístění MVN. V případě, že to legislativa požaduje, provést i posouzení dopadů EIA (viz. zákon 100/2001 Sb.). To se týká nádrží s objemem větším než 100 tis. $m^3$. U nádrží o objemu větším než 10 mil. $m^3$ je nutno provést posouzení EIA vždy.

*Typ MVN*

Z pohledu dopadu MVN na okolí je důležité, zda leží MVN na toku nebo mimo tok. MVN umístěná na toku má na hydrologické poměry toku významnější dopady. U MVN umístěné mimo vodní tok lze přítok a odtok z MVN regulovat optimálně a snížit její negativní dopady na hydrologické poměry toku.

MVN může být buď hrazená, nebo hloubená, příp. vytvořená kombinací obou způsobů výstavby. Většinou se jedná o zemní hrazení, možné je i využití hrází železobetonových, betonových či zděných. Existují i specifické typy hrazení, kdy jsou MVN hrazeny pomocí železobetonových kvádrů (viz. např. akumulační nádrž na zasněžování v Janských Lázních). Ostatní typy nádrží, např. uzavřené nádrže pod objekty a parkovišti, nespadají do kategorie MVN. Je nutno konstatovat, že jiné než zemní hráze jsou v případě MVN výjimečné.

*Tvar reliéfu (geomorfologie)*

Tvar reliéfu je hlavní faktor, který zpravidla rozhoduje, zda je v dané lokalitě efektivní realizovat MVN, kde je vhodné vybudovat její hráz a jak velkou rozlohu může MVN mít. Obecně platí princip využít tvaru údolí a realizovat hráz s co nejmenším objemem při maximalizaci množství zadržené vody.

Je-li vliv nádrže na okolí významný a požaduje-li legislativa posouzení před její výstavbou (u nádrží o objemu nad 100 tis. $m^3$), provádí se posouzení v rámci EIA. V opačném případě jsou uvedeny dopady MVN na okolí ve zprávě s posouzením vlivu MVN v části „Zhodnocení pozitivních a negativních dopadů MVN“ podle této metodiky (viz příl. 1).

# *3. Souhrnné hodnocení pozitivních a negativních dopadů MVN*

Zatímco ve druhé části byl proveden stručný popis plánovaného využití MVN, klimatických a hydrologických charakteristik, ve třetí části posouzení vhodnosti výstavby (obnovy) MVN následuje syntéza poznatků uvedených ve druhé části. Syntéza obsahuje přínosy (pozitivní dopady) a negativa výstavby (obnovy) MVN. Součástí hodnocení je i popis nulové varianty, jaká by byla situace v území bez výstavby (či obnovy) MVN.

## 3.1. Zhodnocení pozitivních aspektů

V této části textu se zhodnotí pozitivní přínosy výstavby (obnovy) MVN. Například MVN může dočasně přispívat k nadlepšování průtoků ve vodním toku pod nádrží nebo dotaci podzemní vody (zvýšení hladiny podzemní vody), může být využívána pro závlahy, rekreaci, lze předpokládat pozitivní ovlivnění mikroklimatu apod. V neposlední řadě by měl být posouzen i dopad na ekosystémy, který může být pozitivní z pohledu vytvoření prostředí pro vodní a na vodu vázané organizmy.

## 3.2. Zhodnocení negativních aspektů

V této části textu proběhne zhodnocení závažných negativních dopadů výstavby (obnovy) MVN. Může se jednat např. o odvodňování nebo naopak zamokření území, ovlivnění morfologie toku, ovlivnění teplotních poměrů toku, znečištění toku, změnu chodu splavenin, ovlivnění výskytu vzácných druhů rostlin nebo živočichů, zábor půdy apod.

Kromě provedení hydrologického posouzení by proto mělo proběhnout i zoologické, botanické a pedologické hodnocení poměrů v navrhované lokalitě výstavby (obnovy) MVN s cílem identifikovat případné škody na ekosystémech, chráněných druzích a životním prostředí.

## 3.3. Zhodnocení nulové varianty

Zhodnocení nulové varianty spočívá v posouzení stavu, který by nastal v případě, že by záměr realizace (resp. obnovy) MVN nebyl uskutečněn. Zvážen by měl být především vztah k uvažovanému účelu nádrže, posoudit však je nutno i ostatní aspekty.

Z pohledu hydrologického posouzení se v této části využije zjednodušený výpočet hydrologické bilance použitím volně dostupného softwarového nástroje MAVONA, který lze nalézt na http://mvn.vuv.cz a v Příloze 2. Software vyhodnocuje význam jednotlivých členů hydrologické bilance pro zadané konkrétní podmínky MVN na základě vložení vstupních dat – plocha MVN, objem MVN, přítok do MVN, odtok z MVN. Na základě tohoto výpočtu lze posoudit vliv plánované výstavby MVN na hydrologický režim blízkého okolí.

## 3.4. Doporučení vhodnosti MVN

Ve čtvrté části hodnocení vhodnosti výstavby (obnovy) MVN, kde se zpracovatel vyjádří k vhodnosti MVN (ANO – NE – jsou potřeba dopracovat další odborné podklady), je formulováno závěrečné stanovisko. Závěrečné stanovisko obsahuje posouzení převažujících vlivů podle významnosti jednotlivých negativních a pozitivních aspektů.

Níže je uveden návrh postupu hodnocení na základě bodování na škále od 0 do 10. Tento postup není závazný, jedná se o možný postup řešení. Je na každém posuzovateli, aby jednotlivé části zhodnotil podle místních potřeb, jež se mnohdy v různých lokalitách liší, stejně tak bodové hodnocení je jednou z možností.

Je možné použít tabulkový seznam pozitiv a negativ MVN, kde každému aspektu bude přiřazena váha od 0 do 10. Hodnota 10 odpovídá dominujícímu faktoru, hodnota 0 odpovídá zanedbatelnému faktoru. Hodnota 10 se použije, pouze pokud se MVN primárně staví kvůli danému faktoru, resp. jeho eliminaci (např. pro nadlepšování průtoků v toku pro období sucha). U negativních vlivů, pokud je daný jev zásadní a kvůli němu je výstavba MVN zcela nevhodná (např. malá nádrž na malém toku, kde vlivem výparu může dojít v krátké době k odpaření veškeré vody v MVN, či k vyschnutí toku). Hodnoty 8 a 9 se použijí, pokud jsou vlivy zásadní, kdy může dojít k pozitivnímu i negativnímu významnému ovlivnění průtoků v desítkách procent, avšak z pohledu MVN se nejedná o kritický vliv (jako u hodnoty 10). Pokud je faktor zanedbatelný a je uveden pouze s ohledem na komplexnost přehledu, má hodnotu 1 nebo 2 (typicky se jedná např. o výpar v oblastech, kde převažují srážky nad výparem - výpar v těchto oblastech sice může ovlivnit průtoky a množství vody v MVN, ale dopady jsou zanedbatelné a zpravidla pouze v letních měsících). Faktory, které jsou přínosem (resp. záporem), ale jsou doplňkového charakteru, by měly mít váhu maximálně 5. Pozitiva budování MVN se označují v bodovém ohodnocení kladným znaménkem, negativa budování MVN záporným znaménkem. Bodové hodnocení se týká vždy daného účelu, pro který se MVN primárně staví (tzn. pro jednotlivé účely může být hodnocení vlivu odlišné - např. jiné podmínky jsou pro MVN určenou pro chov ryb a jiné pro MVN s účelem nadlepšování průtoků). Výsledné doporučení nevzniká součtem bodů za pozitivní a negativní vlivy pro výstavbu MVN, ale na základě komplexního posouzení kladných a záporných vlivů.

Pokud existuje více neznámých a není možné se přiklonit k jasnému doporučení či nedoporučení MVN, je vhodné navrhnout další odborné posouzení projekční firmě z oboru vodního hospodářství.

# *4. Zdroje*

Česká meteorologická společnost [online]: Elektronický meteorologický slovník (eMS) [cit 10.05.2022]. Dostupné z: http://slovnik.cmes.cz

ČHMÚ (2021a) Průměrná roční teplota vzduchu na území České republiky za období 1981 – 2010. [online]. [cit. 2.6.2021]. Dostupné z WWW: https://www.chmi.cz/files/portal/docs/meteo/ok/charakteristiky_klimatu/img/T8110.gif.

ČHMÚ (2021b) Průměrný roční úhrn srážek za období 1981 – 2010. [online]. [cit. 2.6.2021]. Dostupné z WWW: https://www.chmi.cz/files/portal/docs/meteo/ok/charakteristiky_klimatu/img/SRA8110.gif.

ČHMÚ (2021c) Aktuální vláhová bilance travního porostu, úhrn za období od 1. 3. do 30. 5. 2020. [online]. [cit. 2.6.2021]. Dostupné z WWW: https://www.chmi.cz/files/portal/docs/hydro/sucho/zvlbi_akt.jpg.

ŠUHÁJKOVÁ, P., KOŽÍN, R., BERAN, A., MELIŠOVÁ, E., VIZINA, A., HANEL, M. (2019) Aktualizace empirických vztahů pro výpočet výparu z vodní hladiny na základě pozorování výparu ve stanici Hlasivo. VTEI 61, 4: 4 - 11.

TOLASZ, R., BRÁZDIL, R, BULÍŘ, O., DOBROVOLNÝ, P., DUBROVSKÝ, M. a kol. (2007) Atlas podnebí Česka. Praha: Český hydrometeorologický ústav. ISBN 978-80-86690-26-1.

# *Přílohy*

Přílohy ukazují, jakým způsobem by se mohla problematika MVN řešit v praxi. *Přílohu 1 tvoří vzorové případové studie, p*řílohou 2 *je popis a* podpůrný software.

## Příloha 1

Přílohu 1 tvoří vzorové případové studie, které podrobněji rozebírají vstupní a výstupní parametry na reálných lokalitách. Posuzovatel si může udělat představu, jak může probíhat posouzení vhodnosti návrhu na výstavbu MVN. Je proveden i modelový výpočet s posouzením za pomoci software, který je samostatně součástí Přílohy 2.

## Příloha 2

Přílohou 2 je software MAVONA, který slouží k usnadnění hodnocení míry dopadu MVN na hydrologickou bilanci a vodní zdroje. Ve své základní verzi slouží jako pomůcka pro zaměstnance (např. vodoprávních úřadů), kteří budou s jeho využitím schopni získat základní představu o vlivech plánované MVN na hydrologickou bilanci a vodní zdroje v okolí. Software obsahuje zjednodušenou kalkulačku pro posouzení jednotlivých členů hydrologické bilance. Odkaz na software Mavona s dokumentací: http://mvn.vuv.cz